



PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 096599

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN  
LEWAMORI DENGAN METODE BUSUR BAJA BESERTA  
METODE PELAKSANAAN DI KABUPATEN BIMA NUSA  
TENGGARA BARAT**

ULFA FIRMAN WIJAYA  
NRP. 3115.040.518

Dosen Pembimbing  
NUR ACHMAD HUSIN, ST, MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001

JURUSAN DIPLOMA-IV TEKNIK SIPIL - LANJUT JENJANG  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**PROYEK AKHIR TERAPAN - RC 096599**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN  
LEWAMORI DENGAN METODE BUSUR BAJA BESERTA  
METODE PELAKSANAAN DI KABUPATEN BIMA NUSA  
TENGGARA BARAT**

**ULFA FIRMAN WIJAYA  
NRP. 3115.040.518**

**Dosen Pembimbing  
NUR ACHMAD HUSIN, ST, MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001**

**JURUSAN DIPLOMA-IV TEKNIK SIPIL - LANJUT JENJANG  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**FINAL APPLIED PROJECT - RC 096599**

**DESIGN UPPER STRUCTURE OF LEWAMORI BRIDGE  
WITH STEEL ARCH FRAMEWORK WITH  
INSTALLATION METHOD IN BIMA REGENCY NUSA  
TENGGARA BARAT**

**ULFA FIRMAN WIJAYA  
NRP. 3115.040.518**

**Supervisor  
NUR ACHMAD HUSIN, ST, MT.  
NIP. 19720115 199802 1 001**

**DIPLOMA -IV CIVIL ENGINEERING BUILDING DEPARTMENT - FURTHER LEVEL  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute Of Technology  
Surabaya 2017**

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN  
LEWAMORI DENGAN METODE BUSUR BAJA BESERTA  
METODE PELAKSANAAN DI KABUPATEN BIMA NUSA  
TENGGERA BARAT**

**PROYEK AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan  
Pada  
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Mahasiswa



Ulfa Firman Wijaya  
3115.040.518

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Proyek Akhir Terapan:  
Surabaya, Januari 2017



Dosen Pembimbing

27 JAN 2017

27/1/2017



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
PROGRAM LANJUT JENJANG DIPLOMA IV  
TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

No. Agenda :  
080073/IT2.3.1.1.1/PP.05.01/2014

Tanggal : 13 Januari 2017

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Struktur Bangunan Atas Jembatan Buser Lawamori dengan metode pelaksanaan di Kabupaten Bima, Nusa Tenggara Barat		
Nama Mahasiswa	U. Firman Wijaya	NRP	3115040518
Dosen Pembimbing 1	Hur Achmad Husin, ST., MT NIP 19720115 19802 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"><li>- Kontrol lendutan</li><li>- Rata-rata elevasi jembatan</li></ul>	 Prof. Dr. M. Sigit D. M. EngSc., PhD NIP 19630724 198903 1 003
<ul style="list-style-type: none"><li>- Pergerakan bauran beton &gt; 2cm</li><li>- Sempit dengan ukuran vertikal jersi</li><li>- Sambilan balok melintang dengan balok penganting</li></ul>	 Ir. Munira Sulich, MS NIP 19550408 198203 1 003
<ul style="list-style-type: none"><li>- Beton angin</li><li>- Sisa contractor balok memanjang</li></ul>	 Ir. Sukotjo, MT NIP 19521201 198601 1 002
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI					
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
Prof. Dr. M. Sigit D. M. EngSc., PhD NIP 19630724 198903 1 003	Ir. Munira Sulich, MS NIP 19550408 198203 1 003	Ir. Sukotjo, MT NIP 19521201 198601 1 002	NIP -	Hur Achmad Husin, ST., MT NIP 19720115 19802 1 001	NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM STUDI DIPLOMA - JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Kampus ITS Merasor, Jl. Merasor 127 Surabaya 60118  
Telp. 031-8947037 Fax. 031-8938225  
http://www.its.ac.id

### ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : I I LITA PEMANUSIYA 2  
NRP : I I 31200210 2  
Judul Tugas Akhir : DETAIL STRUKTUR B.

Dosen Pembimbing : I I IRI, ACHMAD KHULIQ ET., M.T.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1	11-02-20	- Analisis pembebanan tabel dalam lantai - pembebanan harus dibedakan dari jenisnya - ukuran & lokasi pelat lantai random - harus ada sambungannya - Himpunan preliminary diperlihatkan		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	21-02-20	- Perhitungan yang sederhana di awal - esai di atas lintangan - momen yg di hasil di momen yang - pembebanan di gelagar momen- yang tidak terlalu menyimpang momen akibat torsi dan tumpu		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	22-02-20	- momen yg dibebanin & beranda sangat & SAT yang sangat signifikan - pembebanan untuk yg di output ke SAT, kel, dan - cara ukuran dan di berikan ke SAT yg ada di mana - isiruan sangat banyak dalam detail PONDASI - Himpunan preliminary diperlihatkan (2020)		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Kel. :  
B = Lahir cepat dari jurnal  
C = Sesuai dengan jurnal  
K = Tersebut dari jurnal



### ASISTENSI PROYEK AKHIR

Nama : I Ulini Nurhidayah Wijaya 2  
NRP : I 2120401018 2  
Judul Tugas Akhir : DESAIN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN  
LEWA MATA DENGAN METODE PELAKSANAAN DI KABUPATEN  
MUKI TENGGARA BARAT  
Dosen Pembimbing : NUR ACHMAD HUDA ET, MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
4	4 - 02 - 2016	- Layar gambar 2D & 3D diupload ke email Dosen - Simulasi 2D & 3D diupload ke email memeriksa gambar 2D yg tidak - Periksa detail hasil di lapangan hasilnya		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	17 - 11 - 2016	- Urutan tahapan pembangunan super beam - Gambar pembangunan struktur PM ngan di kemadkan - Potongan aksialnya harus sama - Sambungan topi anker bolt menyanggah & gambar		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6	1 - 12 - 2016	- Notasi detail super head harus dikumpulkan - Susun data bangun detail harus di sampaikan di gambar, proyek 4D - Detail yg harus nilai di download - Susun harus run sama dengan - Urutan penggambaran harus di model kan di SAP untuk maintenance		B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> B C K <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

SEL

- B = Lelah oleh dan jawab
- C = Sesuai dengan jawab
- K = Terlibat dari jawab

**DESAIN STRUKTUR BANGUNAN ATAS JEMBATAN  
LEWAMORI DENGAN METODE BUSUR BAJA  
BESERTA METODE PELAKSANAAN DI KABUPATEN  
BIMA NUSA TENGGARA BARAT**

**Nama mahasiswa : Ulfa Firman Wijaya**

**NRP : 3115.040.518**

**Jurusan : Teknik Sipil**

**Dosen Pembimbing: Nur Achmad Husin, ST, MT.**

**ABSTRAK**

*Jembatan Lewamori yang terletak di kabupaten Bima di Nusa tenggara barat merupakan jembatan penghubung antar fly over yang melintasi laut. Desain jembatan di lapangan menggunakan struktur busur beton bertulang. Dalam tugas akhir ini akan didesain ulang jembatan menggunakan sistem busur baja dengan menggunakan baja WF sebagai material jembatan busurnya. Jika ditinjau ulang penggunaan material beton bertulang memiliki beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan material baja. Pemilihan material baja yang akan digunakan mempertimbangkan kondisi tanah wilayah bima yang masuk wilayah zona gempa tektonik. Apabila konstruksi dirancang menggunakan beton maka dapat menimbulkan*



*permasalahan seperti retakan pada struktur jembatan tersebut, Hal ini dapat dilihat pada kelemahan beton terhadap gaya tarik. dari sisi pengerjaannya untuk mobilisasi bahan maupun alat seperti truk mixer pengangkut beton cor untuk daerah yang terpencil akan sedikit kesulitan pengadaannya. Dalam tugas akhir ini direncanakan jembatan dengan rangka busur baja dengan keunggulan kekuatannya yang besar dalam menahan gaya tekan dan tarik tanpa membutuhkan terlalu banyak volume material penyusun. Dalam sisi pengerjaannya material baja lebih cepat dan lebih mudah pengadaannya.*

*Dari data awal yang ada maka sudah dapat dilakukan penentuan tinggi penampang jembatan dan lebar jembatan. Dan dilakukan preliminary desain dengan menentukan dimensi-dimensi dengan menggunakan material penyusun baja WF. Tahap awal perencanaan adalah perhitungan lantai kendaraan dan trotoar. Lantai kendaraan direncanakan sebagai balok komposit, sedangkan untuk perkerasan digunakan lapisan aspal. Kemudian dilanjutkan dengan perencanaan gelagar memanjang dan melintang, sekaligus perhitungan shear connector. Tahap selanjutnya dilakukan perhitungan beban – beban yang bekerja kemudian di analisa dengan menggunakan software. setelah di analisa kemudian dilakukan kontrol kestabilan dari struktur yang sudah di analisa. Kemudian dilanjutkan perhitungan perencanaan*

*perletakan, dan perhitungan metode pelaksanaan serta bagaimana membahas cara pemasangan busur baja secara singkat.*

*Setelah selesai semua perhitungan dan perencanaan maka hasilnya di tuangkan ke gambar teknik/perencanaan dengan acuan dari analisa yang dilakukan diatas.*

***Kata kunci : Jembatan busur rangka baja***

**“Halaman Ini Sengaja dikosongkan“**

**Student Name** : Ulfa Firman Wijaya  
**Student Number** : 3115.040.518  
**Department** : Civil Engineering  
**Adviser** : Nur Achmad Husin, ST, MT.

## **ABSTRACT**

*Jembatan Lewamori which is in Bima regency in West Nusa Tenggara is connector bridge between fly overs which cross the sea. The existing design uses arch reinforced concrete. In this Final Project will redesign the bridge using arch steel system with WF steel as arch materials. If we review using reinforced concrete have any weaknes if compare to steel materials. Steel material election will consider the soil condition of Bima area which include in tectonic earthquake xone. If the konstruction designed with concrete it will make any problem like cracks at that structure, That can be seen in the weakness of concrete to tensike force, for the mobilitation of the material such as with truck mixer to remote area will be difficult. In this final project will design the bridge with arch framework steel with big advantages when bearing compressive and tensile force with less materials. For installation, steel materials is faster and easier.*

*From the existing datas, will can get high cross-section and the wide of the bridge. And we do preliminary design with*

*consider the dimensions WF steel. First designing step is calculate the concrete plate and side walk. Concrete plate is designed as composite beam and using asphalt for the road. Then continue to cross and long girder, at once the shear connector. Next step is calculate the loads then analysing with software. After analysing then controlling the balance of analysed structure. After control the stability of the structure continued calculation design the bearing pad, and then continued method of implementation installation and how to install the arch steel in a nutshell.*

*After all of calculation and design, the design will be input to shop drawing with analysed data as reference.*

***Key words : Arch steel framework bridge***

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah*, puji syukur saya ucapkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan ridhonya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini yang berjudul “**Desain Struktur Bangunan Atas Jembatan Lewamori Dengan Metode Busur Baja Beserta Metode Pelaksanaan Di Kabupaten Bima Nusa Tenggara Barat**”

Tersusunnya proyek akhir ini tidak lepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah membantu selama proses penyusunan Proyek Akhir ini hingga selesai. Ucapan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas karunia yang diberikan sehingga dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini.
2. Orang tua kami yang telah memberikan kami dorongan baik material maupun moral.
3. Bapak Dr. Machsus, ST, MT. selaku ketua program studi Diploma Teknik Sipil FTSP – ITS.
4. Bapak Nur Achmad Husin ST, MT. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Proyek Akhir ini.
5. Sahabat-sahabat yang selalu menemani dalam suka dan duka.

6. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan Laporan Proyek Akhir ini.

Besar harapan bahwa Proyek Akhir ini kelak bermanfaat bagi para pembaca dan bagi mahasiswa yang akan mengambil Proyek Akhir dengan tema yang sejenis yaitu perencanaan struktur jembatan.

Tugas akhir ini berusaha diselesaikan dengan sebaik – baiknya, namun disadari bahwa Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik diterima demi kesempurnaan laporan Proyek Akhir ini.

Surabaya, Januari 2017

**Penulis**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xxi
DAFTAR NOTASI .....	xxiii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Maksud dan Tujuan.....	5
1.5 Manfaat .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Landasan Teori .....	7
2.2 Jembatan Rangka Busur.....	7
2.2.1 Komponen Struktur pada Jembatan Busur .....	10
2.3 Analisa Pembebanan Jembatan .....	10
2.3.1 Beban Tetap.....	11
2.3.2 Beban Lalu-Lintas .....	11
2.3.3 Beban Lateral .....	20
2.3.4 Beban Lingkungan .....	22
2.4 Perencanaan Struktur Sekunder .....	23
2.4.1 Perencanaan Pelat.....	23
2.4.2 Perhitungan Perencanaan Gelagar Melintang.....	24
2.4.3 Perhitungan Perencanaan Gelagar Melintang.....	25
2.4.4 Perhitungan Perencanaan Bentang Utama.....	26



2.4.5	Perhitungan Perencanaan Perhitungan Ikatan Angin.....	28
2.5	Perhitungan Perencanaan Sambungan Baut dan Pelat ..	28
2.5.1	Perencanaan Sambungan Baut.....	28
2.5.2	Perencanaan Sambungan Las .....	30
2.6	Perhitungan Perencanaan Perletakan.....	33
2.7	Metode Pelaksanaan Pemasangan Jembatan.....	37
2.7.1	Metode Balance Cantilever .....	37
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>		<b>43</b>
3.1	Tujuan Metodologi.....	43
3.2	Pengumpulan Data .....	43
3.3	Studi Literatur .....	43
3.4	Preliminary Desain.....	43
3.5	Pembebanan .....	44
3.6	Analisa Struktur dan Kontrol Gaya.....	51
3.7	Perencanaan Perletakan.....	51
3.8	Penggambaran Hasil Perencanaan .....	52
3.9	Metode Pelaksanaan.....	52
3.10	Bagan Alir .....	53
<b>BAB IV .....</b>		<b>57</b>
<b>PERHITUNGAN PELAT LANTAI KENDARAAN .....</b>		<b>57</b>
4.1	Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan .....	57
4.2	Perhitungan Kekuatan Pelat Menahan Geser Pons .....	57
4.3	Perhitungan omen Pada Pelat Lantai Kendaraan.....	60
4.4	Penulangan Pelat Lantai Kendaraan (Tulangan Tumpuan) ..	62
4.4.1	Perhitungan Tulangan Arah Melintang .....	62
4.4.2	Perhitungan Tulangan Arah Memanjang.....	64
4.5	Penulangan Pelat Lantai Kendaraan (Tulangan Lapangan) ..	64
4.5.1	Perhitungan Tulangan Arah Melintang.....	66
4.5.2	Perhitungan Tulangan Arah Memanjang .....	67
4.6	Perhitungan Tulangan Kerb.....	68

4.7	Perhitungan Lantai Trotoar .....	71
4.7.1	Perhitungan Tulangan Arah Melintang .....	72
4.7.2	Perhitungan Tulangan Arah Memanjang .....	74
4.8	Perhitungan Pipa Sandaran .....	75
4.8.1	Perhitungan Tulangan Tiang Sandaran .....	78
<b>BAB V</b>	.....	<b>83</b>
<b>PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN</b>	.....	<b>83</b>
5.1	Perencanaan Gelagar Memanjang .....	83
5.1.1	Pembebanan .....	84
5.1.2	Kontrol Penampang .....	87
5.1.3	Kontrol Lendutan .....	90
5.1.4	Kontrol Geser .....	91
5.1.5	Menentukan lebar efektif beton.....	93
5.1.6	Shear Connector Balok Memanjang.....	95
5.2	Perencanaan Gelagar Melintang.....	101
5.2.1	Pembebanan .....	101
5.2.2	Kontrol Kekuatan Lentur .....	107
5.2.2.1	Kontrol Rasio .....	108
5.2.3	Kontrol Geser .....	108
5.2.4	Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton.....	109
5.2.5	Kontrol Lendutan .....	112
5.2.6	Shear Connector Balok Melintang .....	116
5.2.7	Sambungan Gelagar Memanjang - Gelagar Melintang .....	121
5.2.8	Sambungan Gelagar Melintang – Batang Tarik.....	123
<b>BAB VI</b>	.....	<b>125</b>
<b>KONSTRUKSI PEMIKUL UTAMA</b>	.....	<b>125</b>
6.1	Umum.....	125
6.2	Batang Penggantung.....	126
6.3	Konstruksi Busur.....	131
6.3.1	Bentuk Geometrik Busur .....	131

6.3.2 Stabilitas Penampang Busur.....	133
6.4 Portal Akhir .....	149
6.5 Kontrol Rangka Busur.....	167
<b>BAB VII.....</b>	<b>177</b>
<b>KONSTRUKSI SEKUNDER .....</b>	<b>177</b>
7.1 Ikatan Angin Pada Busur Atas .....	177
7.1.1 Sambungan.....	185
7.2 Ikatan Angin di Bawah Lantai Kendaraan .....	190
7.2.1 Sambungan.....	192
7.3 Bracing .....	194
<b>BAB VIII DESAIN ELASTOMER BEARING PAD .....</b>	<b>201</b>
8.1 Data Perencanaan Elastomer .....	201
8.2 Dimensi Yang Diasumsikan.....	201
8.3 Perhitungan.....	201
8.4 Dimensi yang Digunakan .....	204
<b>BAB IX .....</b>	<b>205</b>
<b>METODE PELAKSANAAN Dan PEMELIHARAAN.....</b>	<b>205</b>
9.1 Metode pelaksanaan jembatan busur baja .....	205
9.2 Perhitungan Metode Pelaksanaan.....	230
9.3 Pemeliharaan jembatan.....	241
<b>BAB X.....</b>	<b>251</b>
<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>251</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>255</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Jembatan .....	3
Gambar 1. 2 Peta Situasi Jembatan .....	3
Gambar 1. 3 Kondisi Eksisting .....	4
Gambar 1. 4 Rencana Jembatan Busur.....	4
Gambar 2. 1 Jembatan Tipe Deck Arch .....	8
Gambar 2. 2 Tipe Arch Through.....	9
Gambar 2. 3 Tipe Jembatan A Half – Through Arch.....	9
Gambar 2. 4 Beban Terbagi Rata (BTR).....	14
Gambar 2. 5 Grafik Beban Terbagi Rata (BTR) .....	14
Gambar 2. 6 Faktor Beban Dinamis Untuk BGT.....	15
Gambar 2. 7 Penyebaran Pembebanan pada Arah Melintang .....	16
Gambar 2. 8 Distribusi Beban Lajur “D” .....	16
Gambar 2. 9 Pembebanan Truk “T” .....	17
Gambar 2. 10 Grafik Gaya Rem per Lajur 2,75 m (KBU). 18	
Gambar 2. 11 Grafik Pembebanan Untuk Pejalan Kaki.....	19
Gambar 2. 12 Posisi Pembebanan Beban Gaya Angin .....	22
Gambar 2. 13 Gaya Geser Pons .....	23
Gambar 2. 14 Jarak Letak Baut Pada Sambungan Baja .....	29
Gambar 2. 15 Las Tumpul.....	31
Gambar 2. 16 Las Sudut.....	32
Gambar 2. 17 Representasi perletakan bantalan elastomer	34
Gambar 2. 18 Pemasangan Portal Awal dan Akhir.....	37
Gambar 2. 19 Pemasangan Temporary Tower.....	38
Gambar 2. 20 Pemasangan Profil Busur per Segmen .....	38
Gambar 2. 21 Pemasangan Segmen tengah dibantu dengan <i>Temporary Cabel</i> .....	39
Gambar 2. 22 Pemasangan <i>hanger, Cross Girder, dan Main Girder</i> .....	39
Gambar 2. 23 Pemasangan <i>Stinger</i> .....	40

Gambar 2. 24 Pembongkaran <i>Temporary Cabel</i> dan <i>Temporary Tower</i> .....	40
Gambar 2. 25 Setelah Pembongkaran <i>Temporary Cabel</i> dan <i>Temporary Tower</i> .....	41
Gambar 2. 26 Pemasangan Bondek .....	41
Gambar 2. 27 Pemasangan Pembesian lantai Kendaraan ...	42
Gambar 2. 28 Pengecoran lantai Kendaraan .....	42
Gambar 3. 1 Grafik Respons Spectrum 10% 50 Tahun.....	50
Gambar 4. 1 Pelat Lantai Kendaraan.....	57
Gambar 4. 2 Bidang Geser Pons .....	58
Gambar 4. 3 Analisa Struktur Akibat berat lantai Sendiri ..	60
Gambar 4. 4 Gaya yang Bekerja Pada Kerb .....	68
Gambar 4. 5 Detail Pembebanan Pada Trotoar .....	71
Gambar 4. 6 Resultan Pada Pipa Sandaran .....	75
Gambar 4. 7 Detail Tiang Sandaran.....	77
Gambar 4. 8 Detail Tulangan Lantai,Kerb, dan Tiang Sandaran.....	81
Gambar 5. 1 Detail Perencanaan Gelagar .....	83
Gambar 5. 2 Pembebanan Akibat Beban UDL dan KEL ...	86
Gambar 5. 3 Penampang Gelagar Memanjang .....	87
Gambar 5. 4 Garis Pengaruh Akibat Beban Hidup.....	91
Gambar 5. 5 Tegangan Komposit .....	93
Gambar 5. 6 Kondisi Komposit Memanjang .....	96
Gambar 5. 7 Diagram Tegangan Plastis.....	98
Gambar 5. 8 Stud Connector Memanjang.....	99
Gambar 5. 9 Perencanaan Jarak Gelagar Melintang .....	101
Gambar 5. 10 Pembebanan Gelagar Melintang (Sesudah Komposit) .....	102
Gambar 5. 11 Pembebanan Akibat Beban UDL & KEL (kondisi 1) .....	104
Gambar 5. 12 Pembebanan Akibat Beban UDL & KEL (kondisi 2) .....	105

Gambar 5. 13 Pembebanan Akibat Beban Truk (kondisi 1)	105
Gambar 5. 14 Pembebanan Akibat Beban Truk (kondisi 2)	106
Gambar 5. 15 Tegangan Komposit	111
Gambar 5. 16 Beban Akibat BTG dan BTR	113
Gambar 5. 17 Akibat Beban truk	114
Gambar 5. 18 Kondisi Komposit Melintang	117
Gambar 5. 19 Diagram Tegangan Plastis Melintang	118
Gambar 5. 20 Stud Connector Melintang	120
Gambar 6. 1 Konstruksi Pemikul Utama	126
Gambar 6. 2 Detail Sambungan WF 400 300 9 14	128
Gambar 6. 3 Penampang Busur	133
Gambar 6. 4 Detail Sambungan WF 400 400 18 28	133
Gambar 6. 5 Detail Sambungan WF 400 400 20 35	137
Gambar 6. 6 Detail Sambungan WF 400 400 30 50	141
Gambar 6. 7 Detail Sambungan WF 400 400 45 70	145
Gambar 6. 8 Detail Sambungan Rangka Tepi	163
Gambar 6. 9 Detail Sambungan Vertikal	167
Gambar 6. 10 Detail Sambungan Diagonal	171
Gambar 7. 1 Ikatan Angin Atas	177
Gambar 7. 2 Sambungan Ikatan Angin Atas	185
Gambar 7. 3 Titik Simpul 1 Ikatan Angin Atas	185
Gambar 7. 4 Titik Simpul 2 Ikatan Angin Atas	187
Gambar 7. 5 Ikatan Angin Bawah	190
Gambar 7. 6 Bracing	194
Gambar 9. 1 Mobilisasi Segmen 1 dengan Ponton	206
Gambar 9. 2 Segmen 1 Diangkat Menggunakan Crawler Crane	207
Gambar 9. 3 Meletakkan Segmen 1 dan Pemasangan Temporary Kabel	207
Gambar 9. 4 Mobilisasi Segmen 2 dengan Ponton	208

Gambar 9. 5 Meletakkan Segmen 2 dan Pemasangan Temporary Kabel .....	209
Gambar 9. 6 Segmen 2 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	209
Gambar 9. 7 Mobilisasi Segmen 1 dengan Ponton .....	210
Gambar 9. 8 Meletakkan Segmen 3 dan Pemasangan Temporary Kabel .....	211
Gambar 9. 9 Segmen 3 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	211
Gambar 9. 10 Mobilisasi Segmen 1 dengan Ponton .....	212
Gambar 9. 11 Segmen 4 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	213
Gambar 9. 12 Meletakkan Segmen 4 dan Pemasangan Temporary Kabel .....	213
Gambar 9. 13 Mobilisasi Segmen 5 dengan Ponton .....	214
Gambar 9. 14 Segmen 5 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	215
Gambar 9. 15 Meletakkan Segmen 5 dan Pemasangan Temporary Kabel .....	215
Gambar 9. 16 Mobilisasi Segmen 6 dengan Ponton .....	216
Gambar 9. 17 Segmen 6 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	217
Gambar 9. 18 Meletakkan Segmen 6 dan Pemasangan Temporary Kabel .....	217
Gambar 9. 19 Mobilisasi Segmen 7 dengan Ponton .....	218
Gambar 9. 20 Segmen 7 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	219
Gambar 9. 21 Meletakkan Segmen 7 dan Pemasangan Temporary Kabel .....	219
Gambar 9. 22 Mobilisasi Segmen 8 dengan Ponton .....	220
Gambar 9. 23 Meletakkan Segmen 8 dan Pemasangan Temporary Kabel .....	221

Gambar 9. 24 Segmen 8 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	221
Gambar 9. 25 Mobilisasi Segmen 9 dengan Ponton .....	222
Gambar 9. 26 Meletakkan Segmen 9 dan Pemasangan Temporary Kabel.....	223
Gambar 9. 27 Segmen 9 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	223
Gambar 9. 28 Mobilisasi Segmen 10 dengan Ponton .....	224
Gambar 9. 29 Meletakkan Segmen 10 dan Pemasangan Temporary Kabel.....	225
Gambar 9. 30 Segmen 10 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	225
Gambar 9. 31 Mobilisasi Segmen 11 dengan Ponton .....	226
Gambar 9. 32 Segmen 11 Diangkat Menggunakan Crawler Crane .....	227
Gambar 9. 33 Pemasangan Segmen 11 .....	227
Gambar 9. 34 Pemasangan Segmen 12 Menggunakan Crawler Crane .....	228
Gambar 9. 35 Pemasangan Segmen 13 menggunakan crawler crane .....	228
Gambar 9. 36 Segmen 14 .....	229
Gambar 9. 37 Temporary Tower, Temporary Cable, dan Sudut Perhitungan Kabel.....	230
Gambar 9. 38 Kondisi Normal .....	241
Gambar 9. 39 Kondisi 1 .....	242
Gambar 9. 40 Hasil Analisa Sap Kondisi 1 (Tampak Samping) .....	242
Gambar 9. 41 Hasil Analisa Sap Kondisi 1 (Tampak Atas) .....	243
Gambar 9. 42 Gambar Kondisi 2 .....	243
Gambar 9. 43 Hasil Analisa Sap Kondisi 2 (Tampak Atas) .....	244



Gambar 9. 44 Hasil Analisa Sap Kondisi 2 (Tampak Samping) .....	244
Gambar 9. 45 Kondisi 3 .....	245
Gambar 9. 46 Hasil Analisa Sap Kondisi 3 (Tampak Samping) .....	245
Gambar 9. 47 Hasil Analisa Sap Kondisi 3 (Tampak Atas) .....	246
Gambar 9. 48 Kondisi 4 .....	246
Gambar 9. 49 Hasil Analisa Sap Kondisi 4 (Tampak Atas) .....	247
Gambar 9. 50 Hasil Analisa Sap Kondisi 4 (Tampak Samping) .....	247
Gambar 9. 51 Kondisi 5 .....	248
Gambar 9. 52 Hasil Analisa Sap Kondisi 5 (Tampak Samping) .....	248
Gambar 9. 53 Hasil Analisa Sap Kondisi 5 (Tampak Atas) .....	249

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor Beban Akibat Lajur “D” .....	12
Tabel 2. 2 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana.....	12
Tabel 2. 3 Faktor Beban Akibat Pembebanan Truk .....	17
Tabel 2. 4 Faktor Beban Akibat Gaya Rem .....	18
Tabel 2. 5 Faktor Beban Pejalan Kaki.....	19
Tabel 2. 6 Faktor Beban Akibat beban Angin.....	20
Tabel 2. 7 Koefisien Seret Cw.....	21
Tabel 2. 8 Kecepatan Angin Rencana Vw .....	21
Tabel 3. 1 Perhitungan Csm Respons Spectrum .....	48
Tabel 5. 1 Perhitungan Modulus Elastisitas Penampang Komposit .....	95
Tabel 5. 2 Perhitungan Modulus Elastisitas Penampang Komposit .....	112
Tabel 6. 1 Panjang Penggantung .....	127
Tabel 6. 2 Persamaan Parabola Busur .....	132
Tabel 9. 1 Kabel Penarik Jembatan Busur .....	239
Tabel 9. 2 Kabel Penahan Temporary Tower.....	240

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## DAFTAR NOTASI

$b$	= pelat sayap, dinyatakan dalam milimeter (mm)
$l$	= bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m)
$t_s$	= tebal slab/pelat
LF	= Load Factor
$d_3$	= Tebal aspal (m)
$d$	= jarak serat terluar ke pusat tulangan tarik,
$V_n$	= Kuat geser nominal pelat
$\beta_h$	= rasio sisi panjang dan sisi pendek beban terpusat
$S$	= Jarak antar gelagar baja (m)
$b_1$	= Lebar jalur lalu lintas (m)
$R_n$	= Tahanan momen nominal
$\rho_b$	= Tahanan momen maksimum
$\rho_{perlu}$	= Rasio tulangan yang diperlukan
$\rho_{min}$	= Rasio tulangan yang minimum
$A_s$	= Luas tulangan yang diperlukan
$\gamma$	= berat jenis
$q_D$	= beban mati
$q_L$	= beban hidup
$M_D$	= Momen akibat beban mati
$M_L$	= Momen akibat beban hidup
$M_u$	= momen ultimate
$f_c'$	= Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)
$f_y$	= Kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan non prategang
$\rho_{max}$	= Rasio tulangan tarik maksimum
$\rho_{min}$	= Rasio tulangan tarik minimum
$\phi$	= Faktor reduksi kekuatan
$\phi_b$	= Faktor reduksi kuat lentur
$\phi_f$	= Faktor reduksi kekuatan saat fraktur
$\phi R_n$	= kuat rencana
$d_b$	= Diameter tulangan lentur (mm)
$E_c$	= Modulus elastisitas beton (Mpa)
$E$	= Modulus elastisitas baja (Mpa)

- $f_{CR}$  = tegangan kritis  
 $f_y$  = Tegangan leleh (MPa)  
 $f'_c$  = Mutu beton (MPa)  
 $(Afy)_c$  = A, Luas daerah pelat lantai beton yang tertekan, dinyatakan dalam ( $\text{mm}^2$ )  
 $b_e$  = Lebar Pelat Efektif  
 $h_c$  = Tinggi badan profil baja yang tertekan pada perhitungan plastis  
 $h_e$  = Tinggi total gelagar baja (dari serat atas sampai bawah)  
 $C$  = Kekuatan tekanan pada pelat lantai  
 $a$  = Kedalaman daerah tekan pada pelat lantai (mm)  
 $T$  = Kekuatan Tarikan pada gelagar (N)  
 $M_s$  = Kekuatan Lentur Nominal (Nmm)  
 $M_u$  = Kekuatan Lentur Rencana (Nmm)  
 $V_L$  = Gaya geser longitudinal rencana persatuan panjang pada beban tegangan kerja (N)  
 $V_{su}$  = Kekuatan geser statik dari penghubung (N)  
 $V_{LS}$  = Gaya geser izin persatuan panjang pada batas layan (N)  
 $G$  = Modulus geser baja, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa)  
 $h$  = tinggi bersih pelat sayap profil baja (mm)  
 $I$  = Momen inersia ( $\text{mm}^4$ )  
 $I_w$  = konstanta warping, ( $\text{mm}^6$ )  
 $I_x$  = Momen inersia pada sumbu-x ( $\text{mm}^4$ )  
 $I_y$  = Momen inersia pada sumbu-y ( $\text{mm}^4$ )  
 $Z_x$  = Modulus plastis arah x ( $\text{m}^3$ )  
 $Z_y$  = Modulus plastis arah y ( $\text{m}^3$ )  
 $A$  = Luas penampang ( $\text{cm}^2$ )  
 $w$  = Berat penampang (kg)  
 $t_f$  = Tebal sayap (mm)  
 $t_w$  = Tebal badan (mm)  
 $J$  = konstanta torsi ( $\text{mm}^4$ )  
 $I_e$  = Faktor keutamaan gempa  
 $L$  = panjang bentang diantara dua pengekang lateral terhadap displacement lateral dari sayap tekan, atau diantara dua

- pengekang untuk menahan potongan terhadap twist,  
dinyatakan  
dalam milimeter, (mm)
- L<sub>db</sub> = Panjang penyaluran (mm)
- m = Jumlah bidang geser
- M<sub>n</sub> = Kuat lentur nominal (Nmm)
- M<sub>A</sub> = momen absolut pada ¼ bentang
- M<sub>B</sub> = momen absolut pada ½ bentang
- M<sub>C</sub> = momen absolut pada ¾ bentang
- M<sub>p</sub> = momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh disebut juga momen lentur plastis, dinyatakan dalam newton milimeter (N-mm).
- M<sub>r</sub> = momen batas tekuk
- S = Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan
- tw = tebal pelat badan profil baja, dinyatakan dalam milimeter, (mm)
- V<sub>u</sub> = gaya geser terfaktor, dinyatakan dalam newton, (N);
- V<sub>n</sub> = kuat geser nominal pelat badan (N).
- λ = Kelangsingan
- λ<sub>p</sub> = Batas maksimum untuk penampang kompak
- λ<sub>r</sub> = Batas maksimum untuk penampang tak-kompak
- PGA = Percepatan puncak batuan dasar mengacu pada peta gempa indonesia 2010 (gambar 4)
- C<sub>sm</sub> = Koefisien Respons Gempa Elastik
- F<sub>v</sub> = Faktor aplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik
- F<sub>a</sub> = Faktor Amplifikasi getaran terkait percepatan pada periode pendek
- S<sub>1</sub> = Parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada peta gempa indonesia 2010 (Gambar 3 atau Gambar 6)
- SS = Lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik
- S<sub>DS</sub> = Nilai spektra permukaan tanah pada periode pendek (T=0,2 detik)
- S<sub>D1</sub> = Nilai spektra permukaan tanah pada periode 1 detik

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jembatan lewamori yang terletak di kabupaten Bima di Nusa Tenggara barat merupakan jembatan penghubung antar fly over yang melintasi laut. Desain jembatan di lapangan menggunakan struktur busur beton bertulang. Dalam tugas akhir ini akan didesain ulang jembatan menggunakan sistem busur baja dengan menggunakan baja WF sebagai material jembatan busurnya. Jika ditinjau ulang penggunaan material beton bertulang memiliki beberapa kekurangan jika dibandingkan dengan material baja. Pemilihan material baja yang akan digunakan mempertimbangkan kondisi tanah wilayah bima yang masuk wilayah zona gempa tektonik. Apabila konstruksi dirancang menggunakan beton maka dapat menimbulkan permasalahan seperti retakan pada struktur jembatan tersebut, Hal ini dapat dilihat pada kelemahan beton terhadap gaya tarik. dari sisi pengerjaannya untuk mobilisasi bahan maupun alat seperti truk mixer pengangkut beton cor untuk daerah yang terpencil akan sedikit kesulitan pengadaannya. Dalam tugas akhir ini direncanakan jembatan dengan rangka busur baja dengan keunggulan kekuatannya yang besar dalam menahan gaya tekan (dapat dipikul sangat erat kaitannya dengan kelangsingan profil) dan tarik tanpa membutuhkan terlalu banyak volume material penyusun. Dalam sisi pengerjaannya material baja lebih cepat dan lebih mudah pengadaannya.

Pertimbangan dalam pemilihan bentuk dan jenis konstruksi jembatan sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar, besarnya beban, panjang bentang maupun segi estetikanya. untuk desain jembatan ini nantinya mempunyai bentang yang panjang sehingga dipilihlah sistem jembatan busur menggunakan bahan baja. Sistem ini dipilih atas dasar



pertimbangan panjang bentangnya dan kondisi eksisting dilapangan yang mengharuskan jembatan tipe busur digunakan dikarenakan kontur yang amat dalam. Jembatan didesain dengan lantai kendaraan dibawah dikarenakan tinggi bebas jembatan yang kecil dan 1 bentang dengan panjang 104 meter dengan memperhitungkan beban yang bekerja pada fly over sebelum portal awal dan akhir.

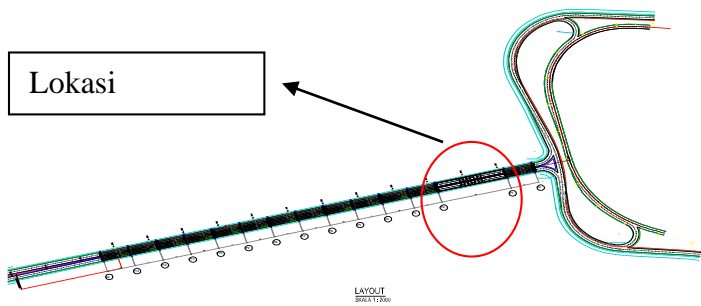
Jembatan Lewamori di kabupaten Bima Nusa Tenggara Barat ini merupakan jembatan untuk menghubungkan fly over yang melintasi laut dengan bentang jembatan mencapai 99 meter (kondisi eksisting). Pada tugas akhir ini penulis akan menggunakan sistem busur baja dalam mendesain jembatan Lewamori ini.

Data jembatan rencana Jembatan Lewamori akan diuraikan sebagai berikut :

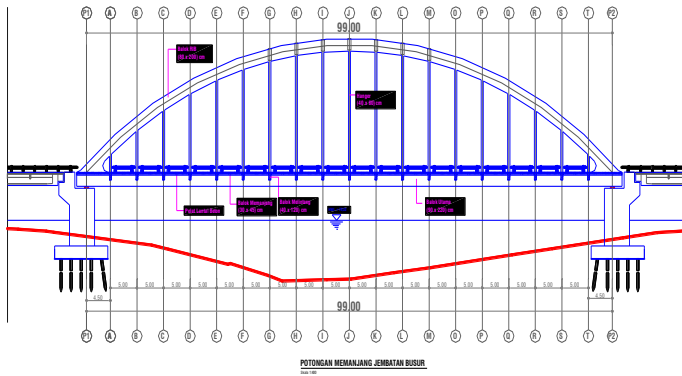
1. Nama Proyek : Perencanaan Teknis Jembatan Lewamori,Bima.
2. Pemilik Proyek : Satuan Kerja Perencanaan dan Pengawasan jalan nasional Provinsi Nusa Tenggara Barat.
3. Lokasi Proyek : Kabupaten Bima.
4. Bangunan Atas : Busur Beton Bertulang
5. Bangunan Bawah : Pondasi tiang pancang
6. Bentang jembatan : 99 meter
7. Lebar jembatan : 16.8 meter (sudah termasuk trotoar 2 x 0,9 m)
8. Tinggi rangka : 25 meter



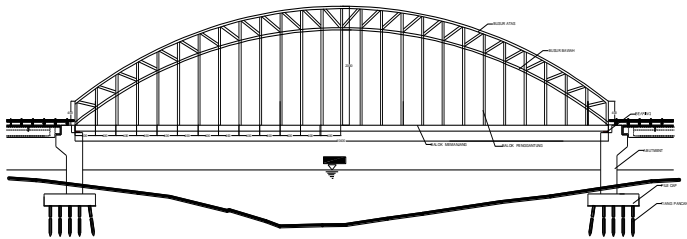
**Gambar 1. 1** Peta Lokasi Jembatan



**Gambar 1. 2** Peta Situasi Jembatan



**Gambar 1. 3 Kondisi Eksisting**



**Gambar 1. 4 Rencana Jembatan Busur**

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, dalam perencanaan struktur jembatan dengan sistem busur baja di kabupaten Bima permasalahan yang ditinjau adalah :

1. Bagaimana merencanakan jembatan dengan sistem busur baja?
2. Bagaimana menerapkan teori tentang perhitungan dengan metode busur baja dan menuangkannya dalam gambar perencanaan?
3. Bagaimana metode pelaksanaan pemasangan jembatan busur dengan menggunakan metode *erection*?

## 1.3 Batasan Masalah

Mengetahui akan luasnya bidang perencanaan yang timbul dan keterbatasan waktu dalam penyusunan tugas akhir ini, maka perlu adanya batasan masalah sebagai berikut :

1. Perencanaan jembatan ini hanya meninjau struktur atas saja.

## 1.4 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penyusunan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat merencanakan jembatan dengan sistem busur baja.
2. Dapat mengetahui hasil akhir dari perencanaan dengan menuangkannya dalam gambar perencanaan.
3. Dapat mengetahui pemasangan jembatan busur dengan menggunakan metode *erection*.

## 1.5 Manfaat

Umum :

Manfaat yang dapat diambil dari perhitungan waktu dan anggaran biaya proyek ini adalah

1. Penulis dapat mengerti teori dan mengaplikasikan teori yang didapat dan dapat menerapkannya dalam bentuk tugas akhir untuk syarat kelulusan.
2. Untuk lebih memahami metode pelaksanaan pemasangan jembatan busur dengan metode *erection*

**“Halaman Ini Sengaja dikosongkan“**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Landasan Teori**

Jembatan lewamori didesain dengan menggunakan konstruksi metode busur beton bertulang. Dalam tugas akhir ini Jembatan lewamori didesain ulang dengan menggunakan busur baja dengan lantai kendaraan dibawah (*through Arch*). Dalam penentuan syarat jembatan busur dipakai refrensi buku jembatan (*H.J. Struyk, K.H.C.W. Van der veen: diterjemahkan ke bahasa indonesia oleh Soemargono*)

Penentuan tinggi muka tampang busur dengan panjang bentang jembatan adalah berkisar 1 : 5 s/d 1 : 8. Sehingga tinggi lengkung jembatan lewamori direncanakan 20 meter. Tinggi tampang busur untuk jembatan rangka batang adalah sekitar  $\frac{1}{40}$  hingga  $\frac{1}{25}$ . Dan jembatan lewamori direncanakan memiliki tinggi tampang busur 4 meter.

Lebar jembatan rangka batang agar busur kaku, maka harus direncanakan memiliki perbandingan lebar dan panjang lebih besar sama dengan 1 : 20. Sehingga lebar minimum jembatan lewamori adalah 5 meter. Dan jembatan lewamori ini direncanakan memiliki lebar jembatan 16 meter.

#### **2.2 Jembatan Rangka Busur**

Konstruksi busur didefinisikan sebagai bukaan bentang anggota struktur dan bekerja sebagai penopang bagi beban diatas bukaa tersebut. Dan konstruksi tersebut dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertical yang bekerja.

Dalam tugas akhir ini direncanakan jembatan dengan rangka busur menggunakan batang tarik, dimana reaksi tumpuannya hanya vertical dan horizontal yang dipikul batang tarik. Sedangkan untuk lantai kendaraan direncanakan berada dibawah.

Dibawah ini disajikan model jembatan dengan lantai kendaraan dibawah (Through Arch), Lantai kendaraan di atas (Deck Arch) dan lantai kendaraan di tengah (A Half – Through Arch).



**Gambar 2. 1 Jembatan Tipe Deck Arch**



**Gambar 2. 3 Tipe Jembatan A Half – Through Arch**



**Gambar 2. 2 Tipe Arch Through**



### 2.2.1 Komponen Struktur pada Jembatan Busur

Deck Girder/Lantai Kendaraan

Deck girder atau lantai jembatan termasuk ke dalam struktur bangunan atas (*Super-structure*). Bagian ini yang berfungsi memikul beban lalu lintas yang melewati jembatan serta menyalurkan beban dan gaya-gaya tersebut ke balok melintang. Biasanya untuk jembatan lengkung baja konstruksi deck menggunakan pelat dari beton bertulang atau baja orthotropic.

Batang Lengkung (Busur)

Merupakan bagian dari struktur yang utama, karena seluruh beban di sepanjang jembatan dipikul batang lengkung. Dan bagian struktur ini mengubah gaya – gaya yang bekerja dari beban vertical dirubah menjadi gaya horizontal/ tekan sehingga menjadi keuntungan sendiri bagi jembatan tersebut. Tinggi busur direncanakan dengan syarat :

$$\frac{1}{5} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{6}$$

Dimana :

f = Tinggi busur jembatan (m)

L = Panjang Bentang Jembatan (m)

### 2.3 Analisa Pembebanan Jembatan

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi saja. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi dari stuktur dapat diketahui secara pasti, namun distribusi beban dari elemen ke elemen, dalam suatu struktur umumnya memerlukan asumsi dan pendekatan. Adapun pembebanan yang akan digunakan pada perencanaan jembatan mengacu pada Peraturan Teknik Jembatan dan **RSNI T-02-2005**. Beban – beban meliputi

### 2.3.1 Beban Tetap

- **Beban Mati**  
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. (**RSNI T-02-2005 pasal 3.6**)
- **Beban Mati Primer**  
Berat sendiri dari pelat dan sistem lainnya yang dipikul langsung oleh masing-masing gelagar jembatan (**RSNI T-02-2005 pasal 3.8**)
- **Beban Mati Sekunder**  
Berat kerb, trotoar, tiang sandaran dan lain-lain yang dipasang setelah pelat di cor. Beban tersebut dianggap terbagi rata di seluruh gelagar. (**RSNI T-02-2005 pasal 3.10**)
- **Beban Hidup**  
Semua beban yang berasal dari berat kendaraan-kendaraan bergerak/lalu lintas dan/atau pejalan kaki yang dianggap bekerja pada jembatan (**RSNI T-02-2005 pasal 3.7**)

### 2.3.2 Beban Lalu-Lintas

Lajur lalu lintas Rencana harus mempunyai lebar 2,75 m. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam Tabel 2.a.2 Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan. (**RSNI T-02-2005 pasal 6.2**)

- Beban Lajur “D”

**Tabel 2. 1 Faktor Beban Akibat Lajur “D”**

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	k	k
Transien	1,0	1,8

- Intensitas Dari Beban “D”  
Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 2.3

**Tabel 2. 2 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana**

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan m (2)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (ni)
Satu Lajur	4,0 - 5,0	1
Dua Arah, Tanpa Median	5,5 - 8,25 11,3-15,0	2 (3) 4
Banyak Arah	8,25 - 11,25	3
	11,3 - 15,0	4
	15,1 - 18,75	5
	18,8 - 22,5	6

**CATATAN (1)** Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang.

**CATATAN (2)** Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.

**CATATAN (3)** Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6.0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa, dimana besarnya  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$  seperti berikut:

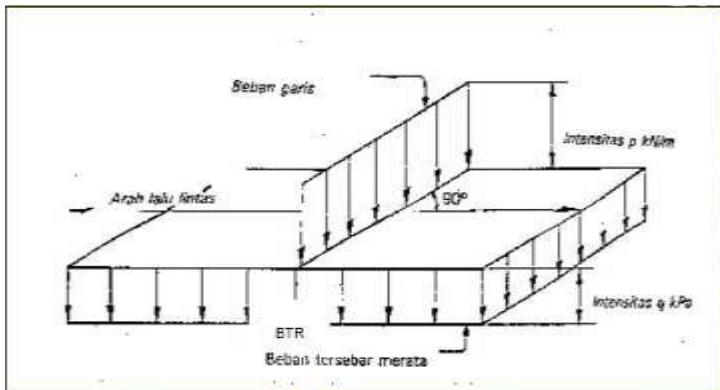
$$L < 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa (1)}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 ( 0,5 + 15/L ) \text{ kPa (2)}$$

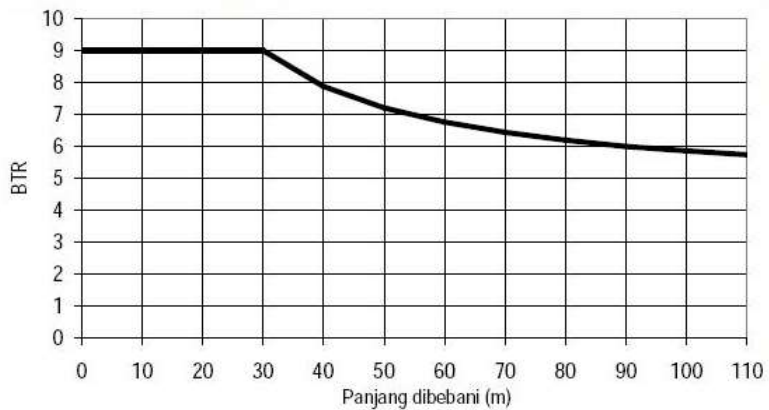
Dengan pengertian :

$q$  adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan

$L$  adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter) Hubungan ini bisa dilihat dalam Gambar 2.4 Panjang yang dibebani  $L$  adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR mungkin harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus. Dalam hal ini  $L$  adalah jumlah dari masing-masing panjang beban-beban yang dipecah seperti terlihat dalam gambar 2.3

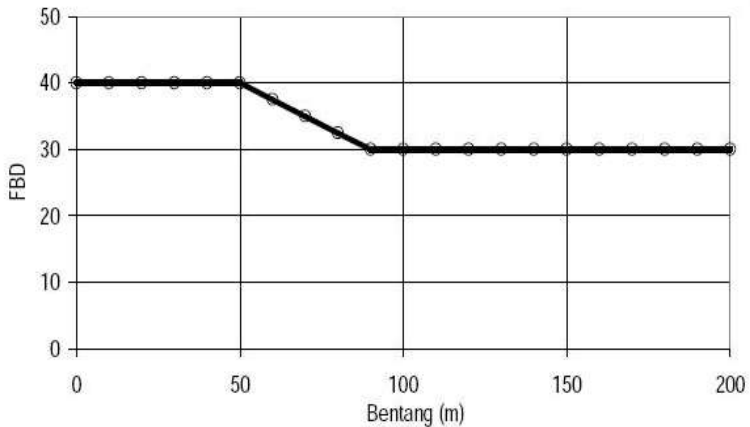


**Gambar 2. 4 Beban Terbagi Rata (BTR)**



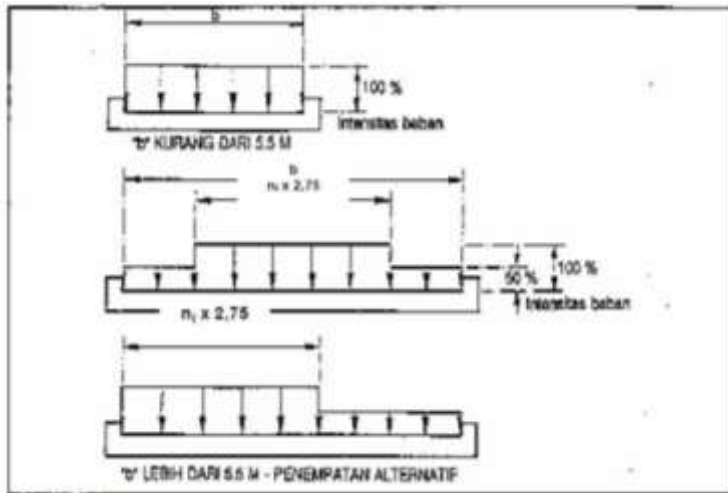
**Gambar 2. 5 Grafik Beban Terbagi Rata (BTR)**

- Beban garis (BGT) dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas  $p$  adalah **49,0 kN/m**. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya, dilihat dalam gambar 2.3



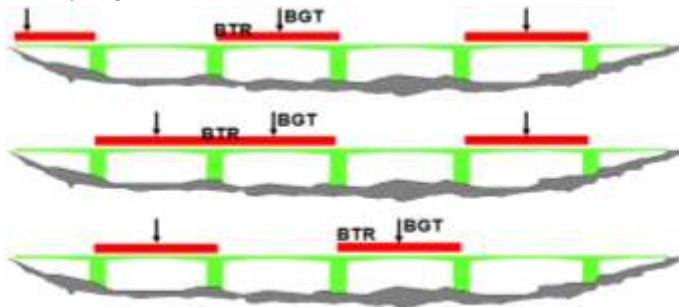
**Gambar 2. 6 Faktor Beban Dinamis Untuk BGT**

- Penyebaran Beban “D” Pada Arah Melintang  
Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban "D" pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut: (*RSNI T-02-2005 pasal 6.3*)



**Gambar 2. 7 Penyebaran Pembebanan pada Arah Melintang**

- Respon Terhadap Beban Lalu Lintas “D”  
Pada arah memanjang jembatan, cara meletakkan beban BTR dan BGT harus diatur sedemikian rupa sehingga mendapatkan reaksi yang maksimum (*RSNI T-02-2005 pasal 6.3.3*)



**Gambar 2. 8 Distribusi Beban Lajur “D”**

- Pembebanan Truk "T"

**Tabel 2. 3 Faktor Beban Akibat Pembebanan Truk**

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	K S;;TT;	K U;;TT;
Transien	1,0	1,8

- Besarnya Pembebanan Truk "T"

Pembebanan truk "T" terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam Gambar 2.8. Berat dari masing-masing as disebarakan 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. (*RSNI T-02-2005 pasal 6.4*)



**Gambar 2. 9 Pembebanan Truk "T"**

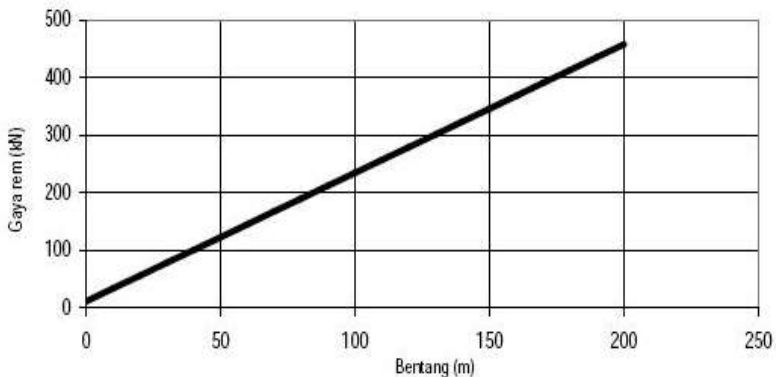


- Gaya Rem

**Tabel 2. 4 Faktor Beban Akibat Gaya Rem**

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	K S;;TB;	K U;;TB;
Transien	1,0	1,8

Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan, akibat gaya rem dan traksi, harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas (Tabel 2.2 dan Gambar 2.5), tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. (*RSNI T-02-2005 pasal 6.7*)

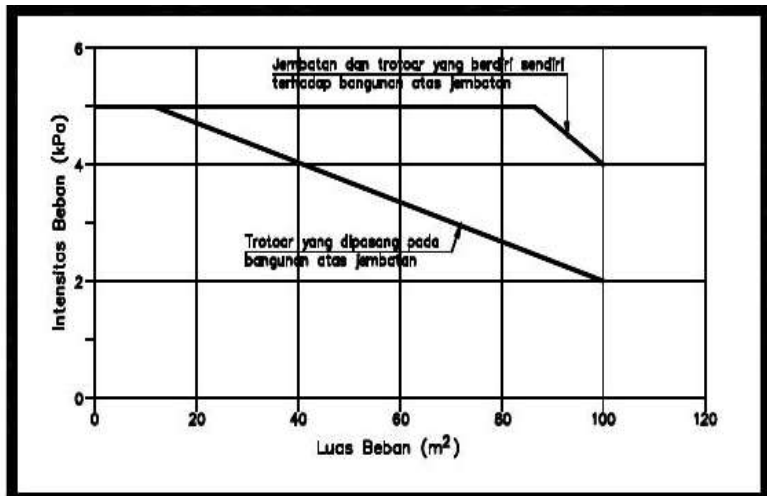


**Gambar 2. 10 Grafik Gaya Rem per Lajur 2,75 m (KBU)**

- Beban Pejalan Kaki

**Tabel 2. 5 Faktor Beban Pejalan Kaki**

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	$K S;;TP;$	$K U;;TP;$
Transien	1,0	1,8



**Gambar 2. 11 Grafik Pembebanan Untuk Pejalan Kaki**

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per  $m^2$  dari luas yang dibebani seperti pada Gambar 2.10. (*RSNI T-02-2005 pasal 6.9*)

### 2.3.3 Beban Lateral

- Beban Angin

**Tabel 2. 6 Faktor Beban Akibat beban Angin**

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	$K S;;EW;$	$K U;;EW;$
Transien	1,0	1,2

Gaya nominal ultimate dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut:

$$T_{ew} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \quad [\text{kN}]$$

Keterangan:

$V_w$  = kecepatan angina rencana untuk keadaan batas yang Ditinjau (m/det)

$C_w$  = koefisien seret ,

$A_b$  = Luas koefisien bagian samping jembatan ( $\text{m}^2$ )

Luas ekivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang massif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini.

dianggap 30% dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian luar, angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas.

Dan apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai seperti rumus berikut ini: (**RSNI T-02-2005 pasal 7.6**)

$$T_{ew} = 0,0012 C_w (V_w)^2 \quad [\text{kN/m}^1]$$

$$C_w = 1,2$$

**Tabel 2. 7 Koefisien Seret  $C_w$** 

Bridge Type <i>Tipe Jembatan</i>	$C_w$
Solid superstructure Bangunan atas masif ; (1), (2) b/d = 1.0 b/d = 2.0 b/d = 6.0	2.1 (3) 1.5 (3) 1.25 (3)
<i>Truss superstructure</i> Bangunan atas rangka	1.2

**Tabel 2. 8 Kecepatan Angin Rencana  $V_w$** 

Limit State Keadaan Batas		Location	Lokasi
		Within 5 km of the coast Sampai 5 km dari pantai	> 5 km from the coast > 5 km dari pantai
Serviceability Daya layan	30 m/s	25 m/s	
Ultimate	35 m/s	30 m/s	



Gambar 2. 12 Posisi Pembebanan Beban Gaya Angin

### 2.3.4 Beban Lingkungan

- Beban Temperatur

Temperatur dapat menyebabkan material jembatan mengalami rangkai dan susut. Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi yang besarnya setengah dari selisih antara temperature maksimum dan temperature minimum rata-rata pada jembatan (**RSNI T-02-2005**).

Temperatur Maksimum rata – rata  $T_{\max} = 40^{\circ} \text{ C}$

Temperatur Maksimum rata – rata  $T_{\min} = 15^{\circ} \text{ C}$

## 2.4 Perencanaan Struktur Sekunder

### 2.4.1 Perencanaan Pelat

$$t_s \geq 200 \text{ mm.....(SNI T-12-2004 psl 5.5.2)}$$

$$\geq 100 + 0,04 (b)$$

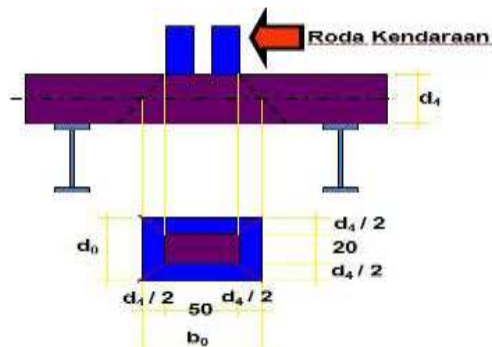
#### - Penulangan Pelat

$$M_n = \frac{M_u}{0,8} \text{ .....(SNI-03-2847-2002)}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_x^2}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right]$$

#### - Geser Spons



**Gambar 2. 13 Gaya Geser Spons**

Luas Bidang Kritis (U) :

$$U = 2 \cdot (b_o + b_o) \times d_4$$

$$V_n = u \times d \times (f_{cv} + 0,3 f_{pe}) \dots\dots(\text{SNI T-12-2004 ps.5.6-2})$$

dimana,

$V_n$  = kuat geser nominal pelat

$u$  = panjang efektif dari keliling geser kritis, mm

$$= 2 \times (b_o + d_o)$$

Gaya roda kendaraan ( $P_u$ ) :  $K_{TT}^U \cdot P \cdot (1 + DLA)$

$$\text{gaya geser (Vc)} : = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$\text{kemampuan geser beton (Vc)} : \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \cdot U \cdot d$$

$$F_{cv} = \frac{1}{6} \left[ 1 + \frac{2}{B_h} \right] x \sqrt{f_c'} \leq 0,34 \times \sqrt{f_c'} \dots\dots(\text{SNI T-12-2004 ps.5.6-4})$$

**12-2004 ps.5.6-4)**

## 2.4.2 Perhitungan Perencanaan Gelagar Melintang

- Mencari momen nominal dari penampang komposit

$$b_p \leq \frac{L}{5} \dots\dots\dots(\text{SNI T-03-2005 ps. 8.2.1})$$

$$b_p \leq S$$

dimana :

$b_p$  = Lebar pelat efektif

$$A_c = b_{\text{eff}} \cdot t_b$$

$$C1 = A_s \cdot f_y$$

$$C2 = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_c$$

$$M_n = C2 \cdot (d1 - d2) + P_y \cdot (d3 - d2)$$

$$a = \frac{c}{0,85 \times f_c' \times b_p}$$

$$d1 = t_b - \frac{a}{2}$$

$$d2 = 0$$

$$d3 = \frac{D}{2}$$

$$M_n = C2 \cdot (d1 - d2) + C1 \cdot (d3 - d2)$$

- Gaya geser maksimum

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \dots\dots\dots(\text{RSNI T-03-2005 psl.6.1-2a})$$

$$V_u < \phi \cdot V_n \dots\dots(\text{RSNI T- 03-2005 psl.7.8})$$

$$V_n = 0,6 fy \cdot A_w$$

dimana :

$V_u$  = Gaya geser terfaktor (N)

$\Phi$  = Faktor reduksi

$V_u$  = kuat geser nominal pelat badan (N)

### 2.4.3 Perhitungan Perencanaan Gelagar Melintang

- Kontrol local buckling :

Syarat penampang kompak

$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}} \text{ dan) } \frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \dots\dots\dots(\text{RSNI T-03-2005 psl.6.1-2a})$$

**2005 psl.6.1-2a)**

- Kontrol lateral buckling :

Syarat Benntanng Panjang

$$M_n \leq M_{cr} \leq M_p \text{ (.....(SNI T-03-2005 psl.7.3.5)}$$

- Momen nominal

$$M_n = M_p < 1,5 My \dots\dots\dots(\text{SNI T-03-2005 } )$$

$$M_p = Z_x \cdot Mn$$

$$My = S_x \cdot Mn$$

- Lendutan

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{800} = \frac{L}{800} \dots\dots\dots(\text{SNI T-03-2005 psl. 4.7.2 } )$$



Lendutan akibat beban hidup (BTR + BGT)

$$\delta_{(BTR+BGT)} = \frac{5}{384} \times \frac{qL\lambda^4}{Ei_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_1\lambda^3}{Ei_x}$$

$$\text{Lendutan akibat beban Truk} = \frac{1}{48} \times \frac{P_1\lambda^3}{Ei_x}$$

- Gaya geser maksimum

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \dots\dots\dots(\text{RSNI T-03-2005 psl.6.1-2a})$$

$$Vu < \phi \cdot Vn \dots\dots(\text{RSNI T- 03-2005 psl.7.8})$$

$$Vn = 0,6 fy \cdot Aw$$

dimana :

$Vu$  = Gaya geser terfaktor (N)

$\Phi$  = Faktor reduksi

$Vn$  = kuat geser nominal pelat badan (N)

## 2.4.4 Perhitungan Perencanaan Bentang Utama

Tinggi busur direncanakan dengan syarat :

$$\frac{1}{5} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{8} \dots\dots (\text{A. Hool \& W.S Kinne})$$

Tinggi tampang busur direncanakan dengan syarat :

$$\frac{1}{40} \leq \frac{h}{L} \leq \frac{1}{25} \dots\dots (\text{A. Hool \& W.S Kinne})$$

- Batang tekan  
Syarat penampang kompak

$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \text{ dan } \frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots(\text{RSNI T-03-2005 psl.6.1})$$

2005 psl.6.1 )

mencari w

$$\lambda_c \leq 0,25 \leq \rightarrow w = 1$$

$$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2 \rightarrow w = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\lambda_c < 1,2 \rightarrow 1,25 \cdot \lambda_c^2$$

perencanaan komponen tekan mengacu pada **RSNI T-03-2005 psl.6.1** .Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor , Nu harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- $N_u < \phi N_n$   
dengan pengertian :  
 $N_n$  adalah kuat tekan nominal struktur tekan (N)
- perbandingan kelangsingan :
  1. kelangsingan elemen penampang  $< \lambda_r$
  2. kelangsingan komponen struktur tekan,  $\lambda = \frac{Lk}{r} < 140 \dots\dots(\text{RSNI T-03-2005 psl.7.4.2.1})$
- penampang struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar nilai  $\lambda_r$ .

- Batang tarik  
Cek kelangsingan

$$\frac{L}{i_{\min}} < 240$$

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor , Nu harus memenuhi :

$$N_u < \phi \cdot N_n$$

Dengan  $N_n$  adalah kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah di beberapa persamaan di bawah ini:.....( **SNI T-03-2005 psl.5.1**)

- kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto :  
 $A_e = 0,85 \cdot A_g \cdot 0,9$  ( Asumsi jumlah baut )  
 $N_n = 0,9 \cdot A_g \cdot F_y$  ( Kuat leleh )
- kuat tarik nominal berdasarkan fraktur pada penampang efektif :  
 $N_n = 0,75 \cdot A_e \cdot f_u$  ( kuat putus ) di pilih yang terkecil
- kuat tarik nominal berdasarkan perencanaan rupture pada penampang :  
 $V_n = 0,6 f_y \cdot A_w$

#### 2.4.5 Perhitungan Perencanaan Perhitungan Ikatan Angin

- Beban angin yang langsgng **bekerja pada konstruksi**

$A_b = 30\%$  luasan bentuk rangka utama

$$T_{ew} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ kN. (RSNI T-02-2005 pasal 7.6)}$$

- Kuat tarik batang

$$A_e = 0,85 \cdot A_g \cdot 0,9 \text{ ( asumsi jumlah baut )}$$

$$N_n = 0,9 \cdot A_g \cdot f_y \text{ ( kuat leleh)}$$

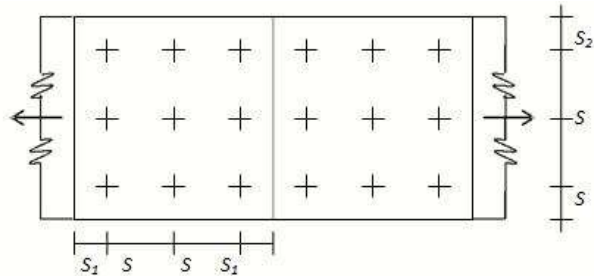
$$N_n = 0,75 \cdot A_e \cdot f_u \text{ ( kuat putus ) di pilih yang terkecil.}$$

## 2.5 Perhitungan Perencanaan Sambungan Baut dan Pelat

### 2.5.1 Perencanaan Sambungan Baut

Ketentuan jarak baut, disamping ditentukan oleh kekuatan dan penyampaian beban pada sambungan juga ditentukan dari segi pelaksanaannya.

Jarak baut dari as ke as, dan jarak baut ketepi pelat ditentukan pada peraturan **SNI 03 – 1729 – 2002**



**Gambar 2. 14 Jarak Letak Baut Pada Sambungan Baja**

$S$  → jarak antara baut

$S_1$  → jarak baut terluar ke tepi plat yang terbebani

$S_2$  → Jarak baut terluar ke tepi plat yang tidak terbebani

Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan:

$$3d \leq S \leq 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$d$  → diameter nominal baut

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$t_p$  → tebal plat tertepis

$$1,25 d \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

- Untuk tepi di potong dengan tangan → 1,75 d
- Untuk tepi di potong dengan mesin → 1,50 d
- Tepi profil bukan hasil potongan → 1,25 d

➤ **Kekuatan Baut Memikul Beban Geser**

Suatu baut yang memikul beban berfaktor  $R_U$ , harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_n \text{ ( 13.2-1) } \quad \phi \rightarrow \text{Faktor reduksi}$$

$R_n$  → Kuat nominal

Kekuatan baut jenis “Tumpu” (bearing type) (sambungan dengan slip). Setelah mempelajari

kemungkinan keruntuhan sambungan, jarak baut, maka dapat di simpulkan bahwa kekuatan sambungan baut dapat berdasarkan atas kekuatan geser atau kekuatan tumpu.

- Kekuatan geser nominal baut  $V_n$  :

$$V_n = r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b \cdot m$$

dengan :  $m$  = jumlah bidang geser

$r_1 = 0,50$  tanpa ulir pada bidang geser baut

$r_2 = 0,40$  ada ulir pada bidang geser baut

$f_u^b$  = tegangan tarik putus baut

kuat rencana  $V_d = \phi_f \cdot V_n$

dengan :  $A_b$  = Luas bruto penampang baut

$\phi_f = 0,75$  faktor reduksi kekuatan putus

- kekuatan tumpu nominal baut dengan plat

Bila  $S_1 > 1,5 d$  dan  $S > 3d$  serta ada lebih dari satu baut pada arah kerja beban

$$R_n = 2,4 d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

berlaku untuk semua

jenis lubang baut

$d_b$  → diametr nominal baut

$t_p$  → tebal plat tertipis

$f_u$  → tegangan tarik putus terkecil antara baut dan pelat

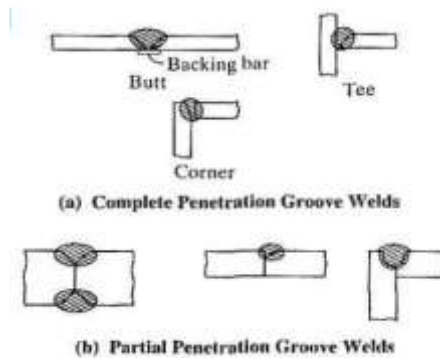
Kuat rencana  $R_d = \phi_f \cdot R_n$  →  $\phi_f = 0,75$  faktor reduksi

## 2.5.2 Perencanaan Sambungan Las

Proses pengelasan merupakan proses penyambungan dua potong logam dengan pemanasan sampai keadaan plastis atau cair, dengan atau tanpa tekanan. Jenis las yang biasa dikenal antara lain las tumpul, las sudut dan las pengisi.

### a. Las tumpul

Las tumpul (*groove weld*) terutama dipakai untuk menyambung batang struktur yang bertemu dalam satu bidang. Karena las tumpul biasanya digunakan untuk menyalurkan semua batang yang disambung.

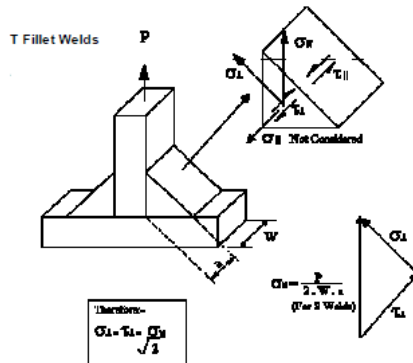


**Gambar 2. 15 Las Tumpul**

### b. Las sudut

Las sudut (*filled weld*) bersifat ekonomis secara keseluruhan, mudah dibuat, dan mampu beradaptasi, serta merupakan jenis las yang banyak dipakai dibanding dengan jenis las dasar yang lain. Las ini pada umumnya memerlukan lebih sedikit banyak presisi dalam pemasangan karena potongannya saling bertumpangan (*overlap*), sedangkan las tumpul memerlukan kesejajaran yang tepat dan tertentu diantara potongan.

Las sudut terutama menguntungkan untuk pengelasan di lapangan dan untuk menyesuaikan kembali batang atau sambungan yang difabrikasi dengan toleransi tertentu tetapi tidak cocok dengan yang dikehendaki.



**Gambar 2. 16 Las Sudut**

### c. Las baji dan pasak

Las baji dan pasak dapat dipakai secara tersendiri pada sambungan. Manfaat utama las baji dan pasak ialah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila ukuran sambungan membatasi panjang yang tersedia untuk las sudut atau las sisi yang lain. Las baji dan pasak juga berguna untuk mencegah terjadinya tekuk pada bagian yang saling bertumpang

## 2.6 Perhitungan Perencanaan Perletakan

- **Perancangan bantalan elastomer**

Beban yang harus dihitung diterima oleh bantalan adalah beban hidup ditambah beban mati rencana. Di dalam perhitungan beban-beban ini harus di konversi menjadi tegangan rata-rata berdasarkan luas area yang menerima beban seperti rumus berikut ini

$$\sigma_s = \frac{F_{DL} + P_{LL}}{A}$$

$$\sigma_L = \frac{P_{LL}}{A}$$

Keterangan :

- $\sigma_s$  : tegangan rata-rata akibat beban total (Mpa)
- $\sigma_L$  : tegangan rata-rata akibat beban Hidup (Mpa)
- $P_{DL}$  : tegangan beban mati rencana (Mpa)
- $P_{LL}$  : tegangan beban hidup rencana (Mpa)
- $A$  : Luas Keseluruhan (mm<sup>2</sup>)

Kekakuan dari bantalan karet ketika dalam kondisi terbebani pada permukaannya terkekang terhadap gelincir, yang tergantung pada factor bentuk (S) yang merupakan rasio dari daerah yang tertekan terhadap area yang bebas untuk menjadi gembung. Factor bentuk untuk lapisan-lapisan elastomer tanpa lubang harus dihitung sebagai berikut :

$$S = \frac{A}{I_p + H_{rI}}$$

$$I_p = 2(L + W)$$

$$A = L \times W$$



Keterangan :

$S$  : Faktor bentuk

$A$  : Luas keseluruhan ( $\text{mm}^2$ )

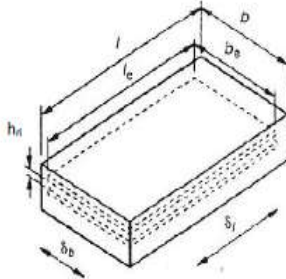
$I_p$  : Keliling elastomer, termasuk lubang (mm)

$H_{rI}$  : Ketebalan efektif karet pada lapisan antara (mm)

$I$  : Panjang efektif keseluruhan elastomer (mm)

$b$  : Lebar efektif keseluruhan elastomer (mm)

Seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini



**Gambar 2. 17 Representasi perletakan bantalan elastomer**

Faktor bentuk ( $S$ ) harus berada dalam batas berikut ini :

- untuk bantalan polos  $1 < S \leq 4$
- untuk bantalan tipe berlapis  $4 < S \leq 12$

Terlepasnya elastomer dari pelat penguatnya juga menjadi hal yang penting untuk dipertimbangkan. Hal ini dapat dikendalikan dengan membatasi tegangan tekan maksimum akibat kombinasi beban pada elastomer sebesar 7.0 MPa untuk bantalan yang mengalami deformasi geser. Terlepasnya elastomer dari pelat penguatnya dicegah dengan menggabungkan batasan tekan yang dipenuhi berdasarkan :

$$\sigma_s \leq 7.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s \leq 1.0 \text{ GS}$$

Keterangan :

$G$  : Modulus geser elastomer (MPa)

$S$  : Faktor Bentuk

$\sigma_s$  : tegangan rata-rata akibat beban total (Mpa)

Untuk bantalan karet tipe berlapis yang dikekang terhadap deformasi geser, besarnya tegangan dapat dinaikkan sebesar 10%.

Rotasi dapat terjadi pada bantalan karet dan harus dianggap sebagai jumlah maksimum dari pengaruh berkurangnya kesejajaran dan subsekuen perputaran ujung gelagar akibat beban-beban *imposed* dan pergerakan yang terjadi. Pemisahan antara ujung bantalan dengan struktur yang menumpu harus dicegah pada saat terjadinya rotasi, karena pemisahan dapat menyebabkan tegangan tarik pada elastomer dan berpotensi menyebabkan sobek. Pemisahan dicegah dengan menggunakan batasan tekan dan rotasi yang dipenuhi. Toleransi rotasi untuk pelaksanaanyang diizinkan menurut AASHTO LRFD 4<sup>th</sup> edition tahun 2007 sebesar 0.005 radian

$$\sigma_s \geq 0.5 G.S \left( \frac{L}{H_{rl}} \right)^2 \times \frac{\theta_{s,x}}{n}$$

$$\sigma_s \geq 0.5 G.S \left( \frac{W}{h_{rl}} \right)^2 \times \frac{\theta_{s,x}}{n}$$

Keterangan :

$n$  : Jumlah lapisan internal karet

$G$  : Modulus geser elastomer (MPa)

$S$  : Faktor Bentuk

- $\sigma_{s,x}$  : Maksimum perputaran pada setiap sumbu (rad)  
 $h_{rl}$  : Ketebalan efektif karet pada lapisan antara (mm)  
 $n$  : lebar dari bantalan elastomer (tegak lurus terhadap sumbu memanjang jembatan (mm)  
 $L$  : Panjang dari bantalan elastomer (tegak lurus terhadap sumbu memanjang jembatan (mm)

Tegangan tarik akan terjadi pada pelat baja karena menahan pergerakan karet. Tegangan tarik ini dapat menentukan tebal pelat yang dibutuhkan, sehingga tebal pelat harus ditentukan berdasarkan :

$$h_s \geq \frac{3h_{max} \sigma_s}{f_y}$$

Untuk perhitungan ketahanan fatik berdasarkan AASHTO LRFD 4<sup>th</sup> edition tahun 2007 pasal 6.6.1.2.5, kebutuhan pelat ditentukan berdasarkan :

$$h_s \geq \frac{2h_{max} \sigma_L}{\Delta f_{TH}}$$

Keterangan :

- $h_{max}$  : Ketebalan maksimum lapisan elastomer pada bantalan (mm)  
 $h_s$  : Ketebalan lapisan pelat pada elastomer (mm)  
 $f_y$  : batas ulur dari pelat baja yang digunakan (MPa)  
 $f_{TH}$  : batas fatik (MPa)  
 $\sigma_s$  : tegangan rata-rata akibat beban total (Mpa)  
 $\sigma_L$  : tegangan rata-rata akibat beban hidup (Mpa)

## 2.7 Metode Pelaksanaan Pemasangan Jembatan

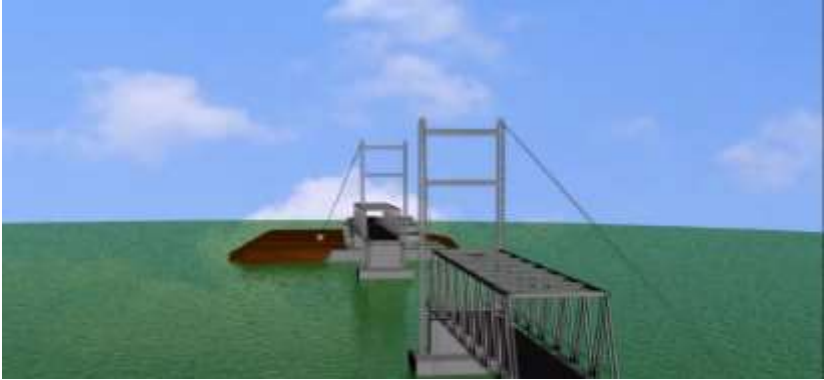
### 2.7.1 Metode Balance Cantilever

Untuk metode yang digunakan dalam pemasangan jembatan busur baja akan dipakai metode yang sesuai agar lebih mudah dan lebih cepat pengerjaannya. Dilihat dari letak jembatan yang melintasi laut, maka jembatan ini dibangun karena adanya syarat bahwa tidak diperbolehkan adanya gangguan pada sisi bawah lantai jembatan maka dipakai metode *balance cantilever*. Pemasangan profil busur jembatan menggunakan alat crane ponton selama proses erection berlangsung. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat ilustrasi gambar dibawah ini.

- Setelah struktur bawah semua selesai maka dilanjutkan dengan pemasangan portal awal dan akhir dan dilanjutkan dengan pemasangan *temporary tower*.

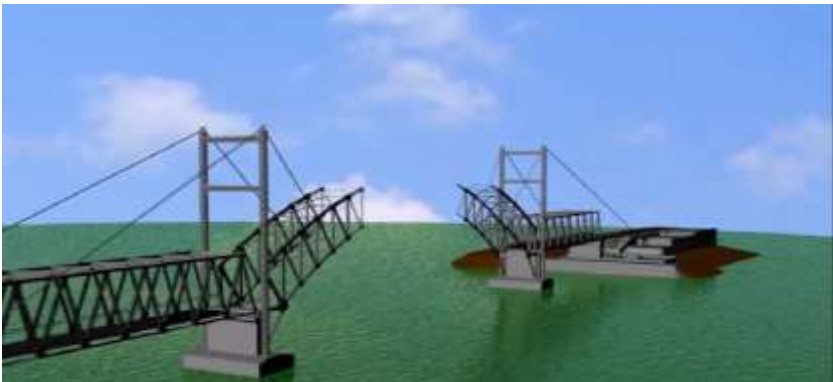


**Gambar 2. 18 Pemasangan Portal Awal dan Akhir**



**Gambar 2. 19 Pemasangan Temporary Tower**

- Pemasangan profil busur dipasang per segmen dikerjakan bersamaan dari 2 portal dengan menggunakan alat crane ponton, dan diikuti pemasangan *temporary kabel* untuk menopang busur bagian tengah dengan mengandalkan gaya tarikan kabel.



**Gambar 2. 20 Pemasangan Profil Busur per Segmen**

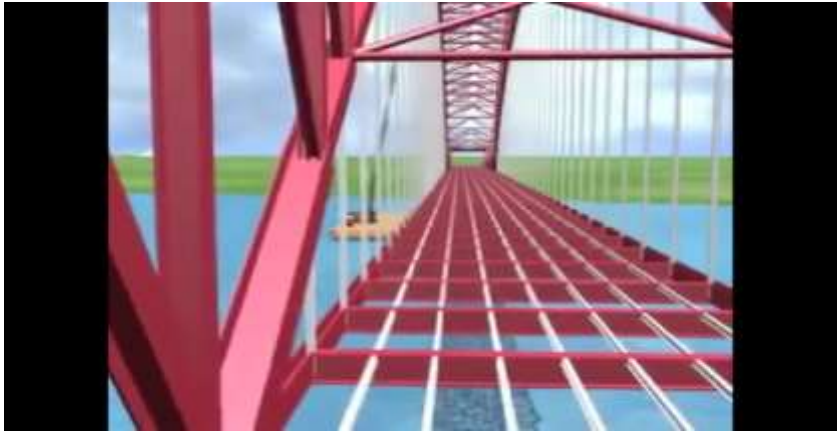


**Gambar 2. 21 Pemasangan Segmen tengah dibantu dengan *Temporary Cabel***

- Setelah bentang tengah terpasang semua dilanjutkan dengan pemasangan hanger, cross girder, main girder dilanjutkan dengan pemasangan stinger



**Gambar 2. 22 Pemasangan *hanger*, *Cross Girder*, dan *Main Girder***



**Gambar 2. 23 Pemasangan *Stinger***

- Dilanjutkan dengan pembongkaran *temporary cabel* dan *temporary tower*



**Gambar 2. 24 Pembongkaran *Temporary Cabel* dan *Temporary Tower***



**Gambar 2. 25 Setelah Pembongkaran *Temporary Cabel* dan *Temporary Tower***

- Dilanjutkan pemasangan bondek, pembersian dan kemudian dilakukan pengecoran lantai kendaraan



**Gambar 2. 26 Pemasangan Bondek**





**Gambar 2. 27 Pemasangan Pembesian lantai Kendaraan**



**Gambar 2. 28 Pengecoran lantai Kendaraan**

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Tujuan Metodologi**

Untuk mempermudah pelaksanaan pengerjaan dari proyek akhir, guna memperoleh pemecahan masalah yang sesuai dengan maksud dan tujuan.

### **3.2 Pengumpulan Data**

1. Gambar Potongan memanjang dan melintang jembatan, Berguna untuk mengetahui panjang dan lebar jembatan.
2. Gambar penampang laut.
3. Data tanah lokasi perencanaan jembatan.

### **3.3 Studi Literatur**

Perencanaan jembatan busur pada tugas akhir ini mengacu pada beberapa peraturan diantaranya :

1. RSNI T-03-2005 Standar Pembebanan Untuk Jembatan
2. RSNI T-02-2005 Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan
3. SNI 03-1729-2002 Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD
4. SNI 03-2847-2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan

Serta referensi buku lain yang berhubungan dengan perencanaan jembatan busur.

### **3.4 Preliminary Desain**

Dimensi dari komponen struktur ditentukan berdasarkan ketentuan BMS maupun peraturan lain atau berdasarkan peraturan umum sebagai berikut :

1. Penentuan dimensi busur

Pada Jembatan Lewamori dibuat busur dengan tipe Busur Baja sebagai struktur utamanya yang mana lantai kendaraan terletak di bawah.

Dalam penentuan dimensi busur yang perlu diperhatikan adalah:

- Dimensi busur
  - Tinggi busur
2. Penentuan dimensi balok memanjang dan melintang  
 Dimensi balok memanjang dan balok melintang diperoleh berdasarkan hasil perhitungan seluruh pembebanan yang berada di atas balok memanjang maupun balok melintang. Dalam perencanaan dimensi balok penghubung busur, aturan yang dipakai adalah (SNI 03-2847-2002)

### 3.5 Pembebanan

Menganalisa seluruh beban-beban yang bekerja pada suatu struktur yang akan digunakan dalam perencanaan. Beban-beban yang bekerja diantaranya :

1. Beban mati sendiri
2. Beban mati tambahan
3. Beban Hidup
4. Beban lalu lintas dan lajur “D”
5. Beban Lingkungan

### Perhitungan Pembebanan

#### 1. Beban Mati

Merupakan beban yang dihitung oleh Sap

#### 2. Beban Mati Tambahan

$$\begin{aligned}
 \text{- Beban plat (beton)} &= BJ_{\text{beton}} \times b_1 \times t_{\text{plat}} \\
 &= 2400 \times 1,75 \times 0,25 \\
 &= 1050 \text{ kg/m (tengah)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Beban plat (beton)} &= \frac{1}{2} \times (2400 \times 1,75 \times 0,25) \\
 &= 525 \text{ kg/m (tepi)}
 \end{aligned}$$

- Beban Aspal =  $B_{\text{aspal}} \times b_1 \times \text{tebal}_{\text{aspal}}$   
=  $2200 \times 1,75 \times (0,05+0,05)$   
=  $385 \text{ kg/m (tengah)}$

Beban Aspal =  $\frac{1}{2}(2200 \times 1,75 \times (0,05+0,05))$   
=  $192.5 \text{ kg/m (tepi)}$

- Berat air hujan =  $\gamma_{\text{air}} \times b_1 \times \text{tebal}_{\text{aspal}}$   
=  $1000 \times 1,75 \times 0.05$   
=  $87.5 \text{ kg/m (tengah)}$

- Beban Trotoar =  $B_{\text{beton}} \times \text{Lebar}_{\text{trotoar}} \times \text{Tebal}_{\text{trotoar}}$   
=  $2200 \times 1,00 \times 0.20$   
=  $440 \text{ kg/m}$   
=  $440 \text{ kg/m} : 2 = 220 \text{ kg/m}$

### 3. Beban Hidup

- Beban Rem

$$L = 100 \text{ m} \rightarrow 230 \text{ kN} \rightarrow 23000 \text{ kg (grafik RSNI T-02-2005)}$$

- Pejalan Kaki = RSNI T-02-2005 Pasal 6.9  
 $= 5 \text{ kpa} = 500 \text{ kg/m}^2$   
 $= 500 \times 0,75$   
 $= 375 \text{ kg/m}$

### 4. Beban Lalu Lintas dan Lalur “D”

- UDL = untuk  $L > 30 \text{ m}$   
 $q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$   
 $= 9 \times (0,5 + 15/L) \times b_1$   
 $= 9 \times (0,5 + 15/100\text{m}) \times 1.75 \text{ m}$   
 $= 1.02 \text{ kN/m}$   
 $= 1023.75 \text{ kg/m (tengah)}$   
 $= 511.875 \text{ kg/m (Pinggir)}$
- KELL =  $49 \text{ kN/m} \times (1 + \text{DLA})$   
 $= 49 \text{ kN/m} \times (1 + 0,3)$   
 $= 6370 \text{ kg/m}$   
 $= 6370 \text{ kg/m} \times 1.75 \text{ m}$   
 $= 11147.5 \text{ kg}$

## 5. Beban Aksi Lingkungan

### a. Beban Angin

Menurut SNI T-02-2005 gaya nominal ultimate pada bangunan atas :

$$T_{EW} = 0.0006 \times C_W \times V_W^2 \times A_b \dots\dots (\text{kN})$$

Dimana :

$$C_W = \text{Koefisien seret (tabel 27 SNI T-02-2005)} \\ = 1.2 \text{ (bangunan atas rangka)}$$

$$V_W = \text{Kecepatan angin rencana} = 35 \text{ m/det. } (\leq 5 \text{ km dari pantai})$$

$$A_b = \text{Luas ekivalen bagian samping jembatan (m}^2\text{)} \\ = 30\% \times \text{Luas ekivalen bagian samping jembatan (m}^2\text{)} \\ \text{(RSNI T-02-2005 psl. 7.6.3)}$$

Menghitung  $A_b$  (jembatan berbentuk busur)

Diketahui data :

$$r = 72.5 \text{ m}$$

$$\varphi = 87^\circ$$

$$\sin 87^\circ$$

$$\text{Panjang Busur} = \frac{\varphi}{360} \times 2 \times \pi \times r \\ = \frac{87}{360} \times 2 \times 3.14 \times 72.15 = 110.03$$

$$\text{Luas tembereng} = \frac{\varphi}{360} \times \pi \times r^2 - \frac{1}{2} \times r^2 \times \sin \varphi \\ = \frac{87}{360} \times 3.14 \times 72.5^2 - \frac{1}{2} \times 72.5^2 \times \sin 87 \\ = 3988.6 - 2628.13 \\ = 1360.5 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Ekivalen} = (\text{Panjang busur}) + (\text{luas tembereng}) \\ = 1800.6 \text{ m}^2$$

$$A_b = 30\% \times \text{luas ekivalen} \\ = 30\% \times 1800.6 \\ = 540.18 \text{ m}^2$$

$$T_{EW} = 0.0006 \times C_W \times V_W^2 \times A_b \dots\dots (\text{kN}) \\ = 0.0006 \times 1.2 \times 35^2 \times 540.18 \text{ m}^2 \\ = 476 \text{ kN/m}$$

Untuk input ke Sap maka dibagi dengan joint yang ada di sap sebanyak 61 joint

$$= 476 : 61 \text{ joint}$$

$$= 7.8105 \text{ kN/m}$$

b. Beban Gempa

Data-data Perhitungan Gempa Respon Spectrum :

$$I \quad : \text{ Dari Tabel 32 RSNI T-02-2005} \quad = 1,0$$

Data-data yang menggunakan RSNI Jembatan 2013 :

$$R \quad : \text{ Tabel 7 Faktor modifikasi respon (R)} \quad = 0,8$$

$$PGA \quad : \text{ Dari Gambar 1 Percepatan Puncak} \quad = 0,3$$

$$S_s \quad : \text{ Dari Gambar 2 Percepatan 0,2 detik} \quad = 0,6$$

$$S_1 \quad : \text{ Dari Gambar 3 Percepatan 1 detik} \quad = 0,2$$

$$F_a \quad : \text{ Dari Tabel periode 0 – 0,2 detik} \quad = 1,5$$

$$F_v \quad : \text{ Dari Tabel Amplifikasi periode 1 detik} \quad = 3,2$$

Perhitungan :

$$S_{D1} \quad : F_v \times S_1 \quad : 3,2 \times 0,2 \quad = 0,64$$

$$S_{DS} \quad : F_a \times S_s \quad : 1,5 \times 0,6 \quad = 0,9$$

$$T_s \quad : S_{D1}/S_{DS} \quad : 0,64/0,6 \quad = 0,711$$

$$T_0 \quad : 0,2 \times T_s \quad : 0,2 \times 0,711 \quad = 0,142$$

$$A_s \quad : F_{PGA} \times PGA \quad : 1,5 \times 0,3 \quad = 0,45$$

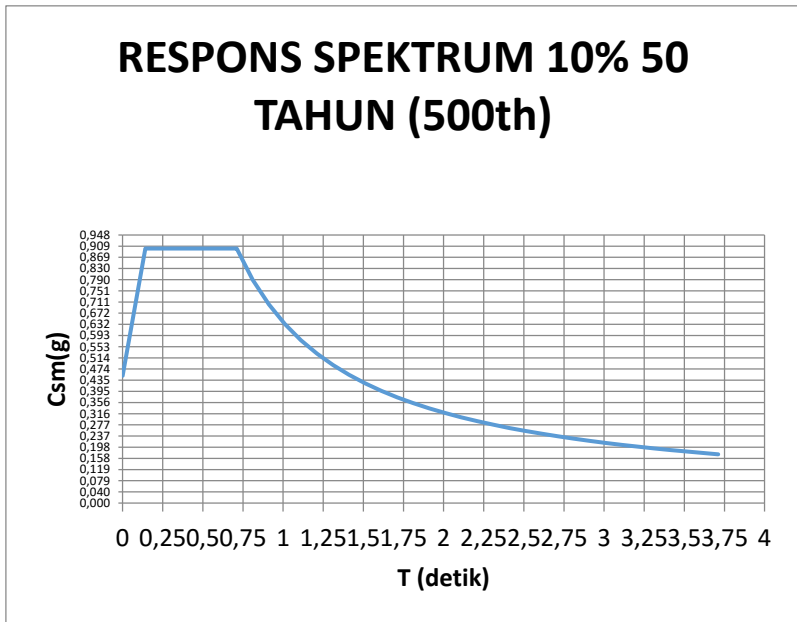
**Tabel 3. 1 Perhitungan Csm Respons Spectrum**

<b>T</b> <b>(detik)</b>	<b>T</b> <b>(detik)</b>	<b>Csm</b> <b>(g)</b>
0	0	0,450
To	0,142	0,900
Ts	0,711	0,900
Ts+0,1	0,811	0,789
Ts+0,2	0,911	0,702
Ts+0,3	1,011	0,633

Ts+0,4	1,111	0,576
Ts+0,5	1,211	0,528
Ts+0,6	1,311	0,488
Ts+0,7	1,411	0,454
Ts+0,8	1,511	0,424
Ts+0,9	1,611	0,397
Ts+1,0	1,711	0,374
Ts+1,1	1,811	0,353
Ts+1,2	1,911	0,335
Ts+1,3	2,011	0,318
Ts+1,4	2,111	0,303
Ts+1,5	2,211	0,289
Ts+1,6	2,311	0,277
Ts+1,7	2,411	0,265
Ts+1,8	2,511	0,255
Ts+1,9	2,611	0,245
Ts+2,0	2,711	0,236
Ts+2,1	2,811	0,228
Ts+2,2	2,911	0,220
Ts+2,3	3,011	0,213
Ts+2,4	3,111	0,206
Ts+2,5	3,211	0,199
Ts+2,6	3,311	0,193
Ts+2,7	3,411	0,188
Ts+2,8	3,511	0,182
Ts+2,9	3,611	0,177
Ts+3,0	3,711	0,172



1. Untuk perioda yang lebih kecil dari  $T_0$ ,  $C_{sm} = (S_{DS} - A_s) T/T_0 + A_s$
2. Untuk perioda lebih besar dari satu atau sama dengan  $T_0$  dan dari atau sama dengan  $T_s$ ,  $C_{sm} = S_{DS}$
3. Untuk perioda lebih besar dari  $T_s$ ,  $C_{sm} = S_{D1}/T$



**Gambar 3. 1 Grafik Respons Spectrum 10% 50 Tahun**

Gaya gempa elastis yang bekerja pada struktur jembatan harus dikombinasikan sehingga memiliki 2 tinjauan pembebanan sebagai berikut :

- Beban Gempa Respons Spectrum X (EQ X) : 100% untuk arah X dan 30% untuk arah Y
- Beban Gempa Respons Spectrum Y (EQ Y) : 100% untuk arah Y dan 30% untuk arah X

Perhitungan *scale factor* beban gempa respons spectrum arah X dan arah Y

$I = 1,0$  (Faktor kepentingan - Tabel 32 RSNI T-02-2005)

$R = 0,8$  (Faktor modifikasi respons - Tabel 7 RSNI gempa jembatan 2013)

$C = 9,81 \text{ m/det}^2$  (Perecepatan Gravitasi)

Perhitungan *scale factor* Beban Gempa Respons Spectrum X (Quake X) :

$U1 = 100\% \times C \times (I/R)$

$$= 100\% \times 9,81 \times (1,0/0,8) = 12,26$$

$U2 = 30\% \times C \times (I/R)$

$$= 30\% \times 9,81 \times (1,0/0,8) = 3,68$$

Perhitungan *scale factor* Beban Gempa Respons Spectrum Y (Quake Y) :

$U1 = 30\% \times C \times (I/R)$

$$= 30\% \times 9,81 \times (1,0/0,8) = 3,68$$

$U2 = 100\% \times C \times (I/R)$

$$= 100\% \times 9,81 \times (1,0/0,8) = 12,26$$

### 3.6 Analisa Struktur dan Kontrol Gaya

1. Permodelan struktur
2. Analisis pembebanan
3. Kontrol Kestabilan dalam tekuk, geser dan Lendutan

### 3.7 Perencanaan Perletakan

1. Perencanaan Pembebanan  
Pembebanan pada perletakan merupakan hasil dari pembebanan bangunan atas yang disalurkan pada tiap 1 perletakan
2. Penentuan Dimensi Struktur  
Merencanakan setiap dimensi perletakan jembatan berdasarkan dimensi yang telah sering digunakan pada perencanaan jembatan
3. Kontrol  
Kontrol pada perletakan yang disesuaikan dengan peraturan yang digunakan

### 3.8 Penggambaran Hasil Perencanaan

Agar desain yang dibuat lebih dimengerti, maka perlu dituangkan dalam bentuk gambar struktur. Gambar struktur meliputi :

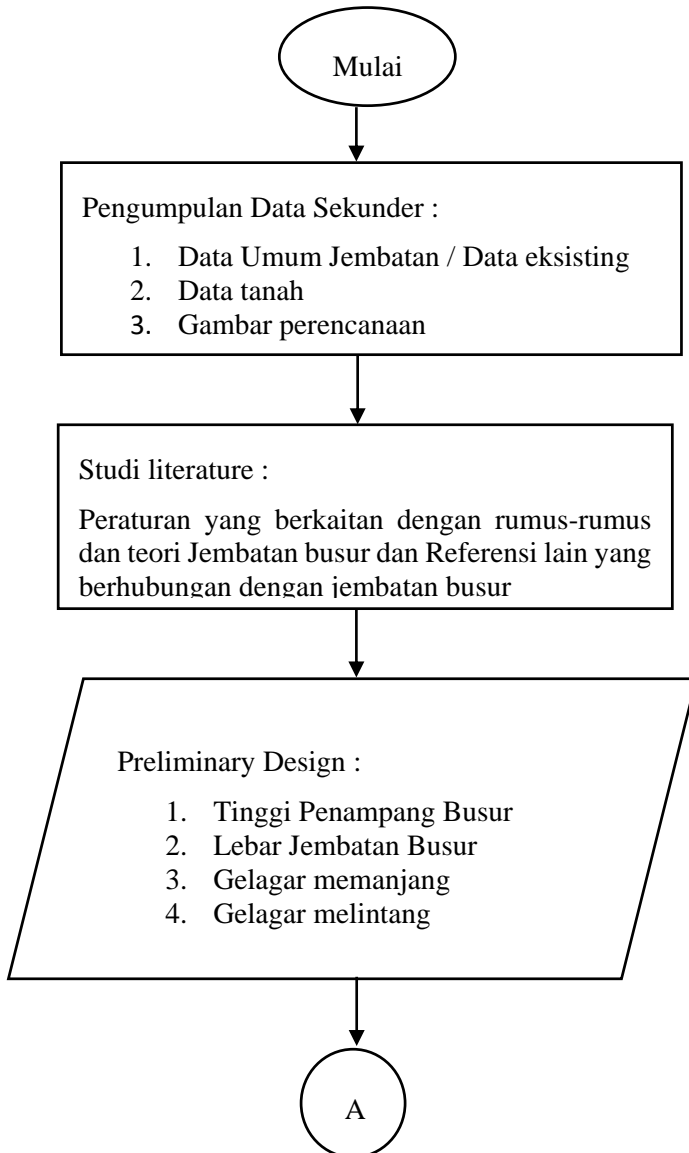
1. Gambar denah jembatan.
2. Gambar potongan memanjang dan melintang jembatan.
3. Gambar denah balok.
4. Gambar profil lengkung jembatan.
5. Gambar detail sambungan dan detail penulangan.

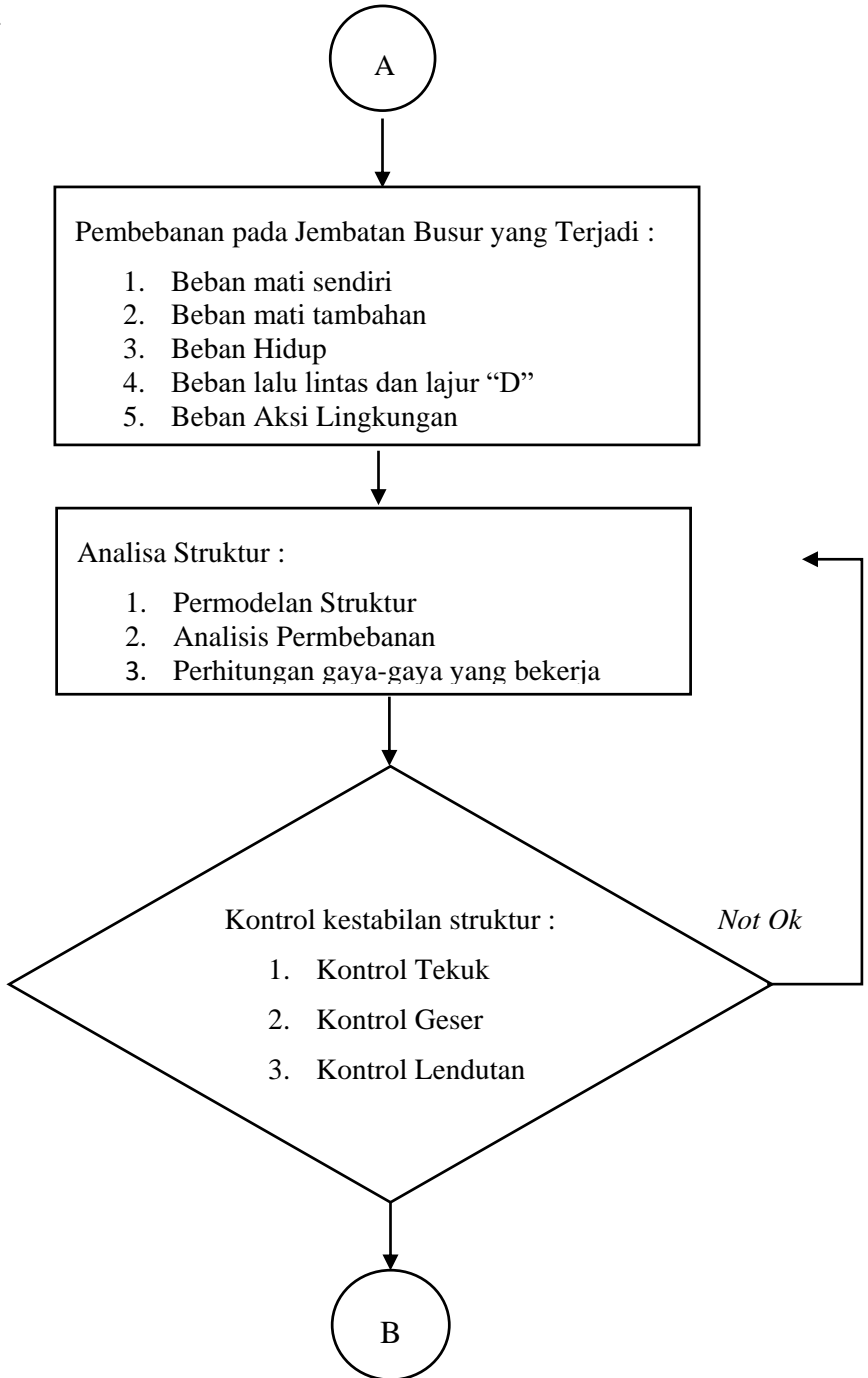
### 3.9 Metode Pelaksanaan

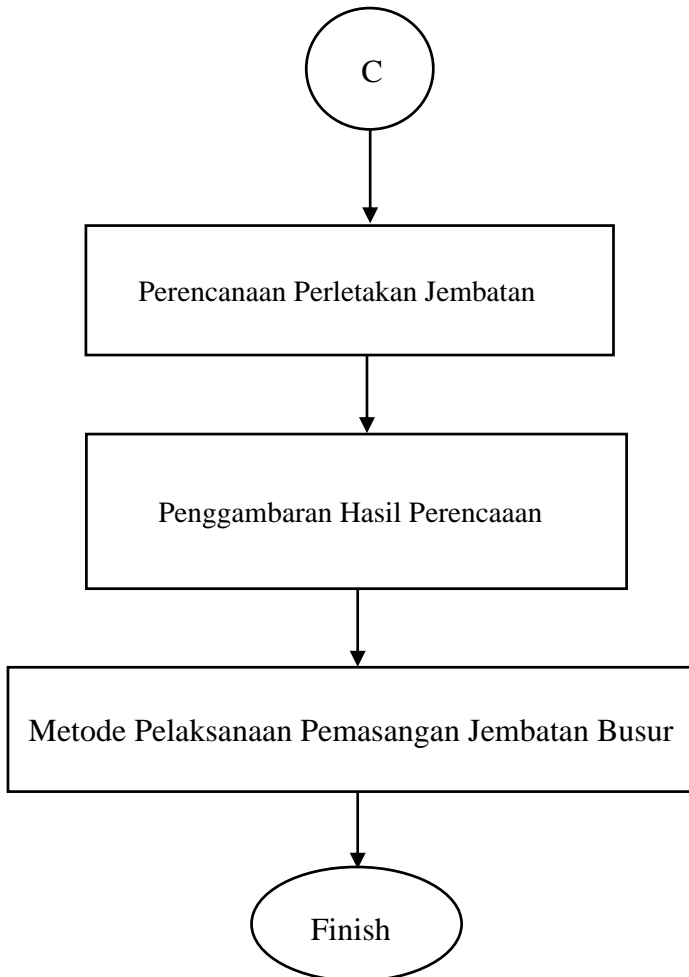
Dalam memudahkan memahami pekerjaan pemasangan Profil busur jembatan diperlukan metode pelaksanaan yang menjelaskan secara detail proses pemasangannya, metode pelaksanaan pemasangan busur jembatan meliputi :

1. Pemasangan *Temporary Tower* dan *Temporary cabel* untuk membantu dalam pemasangan profil busur jembatan
2. Pemasangan dilakukan per segmen dengan bantuan *temporary cabel*
3. Setelah busur terpasang semua dilanjutkan pemasangan hanger, cross girder, main girder, dan stinger
4. Setelah semua bagian jembatan selesai dikerjakan *Temporary Tower* dan *Temporary cabel* kemudian dilakukan pembongkaran
5. Setelah terpasang semua dilanjutkan pemasangan bondek, pembersian, dan pengecoran pelat lantai kendaraan.

### 3.10 Bagan Alir







**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## **BAB IV**

### **PERHITUNGAN PELAT LANTAI KENDARAAN**

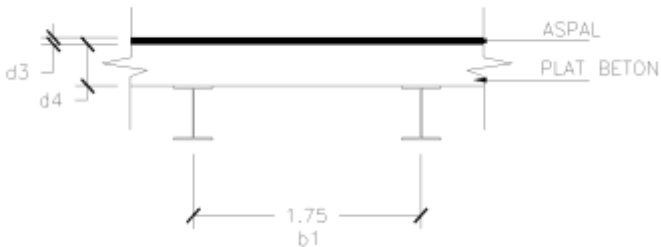
#### **4.1 Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan**

Menurut SNI T-12-2004 ps. 5.5.2 tentang tebal minimum pelat lantai kendaraan, tebal pelat lantai kendaraan harus memenuhi persyaratan berikut :

$$\begin{aligned}d &\geq 200 \text{ mm} \\d &\geq 100 + 0.04 \cdot (b) \\&\geq 100 + 0.04 \cdot 1750 \\&\geq 170 \text{ mm}\end{aligned}$$

Direncanakan tebal pelat lantai kendaraan 250 mm  
dimana :

$$\begin{aligned}d &= \text{tebal lantai kendaraan} \\b &= \text{jarak antar antar tumpuan}\end{aligned}$$



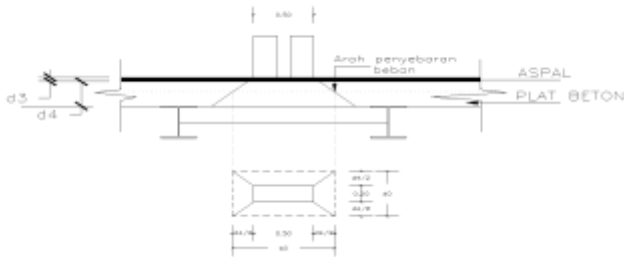
**Gambar 4. 1 Pelat Lantai Kendaraan**

#### **4.2 Perhitungan Kekuatan Pelat Menahan Geser Pons**

Kekuatan geser pelat lantai kendaraan didapat dengan menggunakan rumus :

Karena  $Mv^* = 0$ . sehingga  $Vn = Vno$  ..... SNI T-12-2004  
ps. 5.6.1





**Gambar 4. 2 Bidang Geser Pons**

Maka digunakan rumus :

$$V_n = u \times d \times (f_{cv} + 0.3f_{pe}) \dots\dots \text{SNI T-12-2004 ps. 5.6-2}$$

Dimana.

$V_n$  = Kuat geser nominal pelat

$U$  = panjang efektif dari keliling geser kritis. mm

$$= 2 \times (b_o + d_o)$$

$$b_o = 500 + 200 = 700 \text{ mm}$$

$$d_o = 200 + 200 = 400 \text{ mm}$$

$$U = 2 \times (700 + 400) = 2200 \text{ mm}$$

$d$  = jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$$= d_4 - \text{decking} - \frac{\phi}{2}$$

$$= 250 - 55 - \frac{16}{2}$$

$$= 187 \text{ mm}$$

$$f_{cv} = \frac{1}{6} \left( 1 + \frac{2}{\beta_h} \right) \times \sqrt{f'_c} \leq 0.34 \times \sqrt{f'_c} \dots \text{SNI T-12-}$$

**2004 ps. 5.6-4**

$\beta_h$  = rasio sisi panjang dan sisi pendek beban terpusat

$$= \frac{500}{200} = 2,5$$

$$f_{cv} = \frac{1}{6} \left( 1 + \frac{2}{2,5} \right) \times \sqrt{30} \leq 0,34 \times \sqrt{30}$$

$$= 1.64 \text{ MPa} < 1.86 \text{ MPa} \dots \text{Memenuhi syarat}$$

$f_{pe}$  = tegangan tekan dalam beton akibat gaya pratekan.

$$= 0 \text{ MPa}$$

Maka.

$$V_n = u \times d \times (f_{cv} + 0.3f_{pe}) \dots \text{SNI T-12-2004 ps. 5.6-2.}$$

$$V_n = 2200 \times 187 \times (1,64 + 0)$$

$$= 674696 \text{ N}$$

$$= 674.696 \text{ kN}$$

$$\text{Kekuatan geser efektif} = \phi \times V_n$$

Dimana :

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan geser

$$= 0.7 \dots \text{SNI T-12-2004 ps. 4.5.2}$$

$$\phi V_n = 0.7 \times 674.696$$

$$= 472.287 \text{ kN}$$

$V_u$  = gaya geser yang terjadi (faktor beban ultimate beban  $T_u$ )

$$V_u = 1.8 \times 112.5 \times (1+0.3)$$

$$= 263.25 \text{ kN} < \phi V_n = 472.287 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

Jadi pelat mampu menahan gaya geser terjadi.

Sehingga ketebalan lantai kendaraan yang dipakai 250 mm.

### 4.3 Perhitungan Momen Pada Pelat Lantai Kendaraan

Beban yang bekerja pada pelat lantai kendaraan adalah kombinasi antara beban mati dan beban hidup dihitung per meter panjang. Pada beban mati aspal menurut **RSNI T-02-2005 ps. 5.3.2**

menyatakan bahwa semua jembatan harus bisa memikul beban tambahan yang merupakan aspal setebal 50 mm untuk pelapisan kembali di kemudian hari. maka :

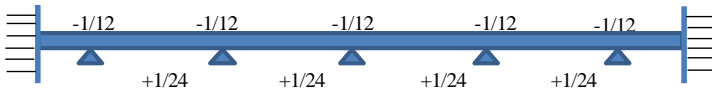
Beban Mati per  $1\text{m}^2$  :

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri Pelat} &= 0.25 \times 1 \times 24 \times 1.3 &= 7.80 \text{ kN/m} \\ \text{Berat Aspal} &= 0.1 \times 1 \times 22 \times 1.3 &= 2.86 \text{ kN/m} \\ \text{Berat Air hujan} &= 0.05 \times 1 \times 10 \times 1.0 &= \underline{0.50 \text{ kN/m}} \\ q_D &= 11.16 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup :

- Menurut **SNI T-02-2005 ps. 6.4.1** tentang besarnya beban truk "T". beban T ditentukan sebesar 112.5 kN
- Faktor beban ultimate untuk beban T = 1.8. Maka total beban  $T_u = 1.8 \times 112.5 \times (1+0.3) = 263.25 \text{ kN}$

Pada balok menerus. rumus sederhana perhitungan momen adalah sebagai berikut :



**Gambar 4. 3 Analisa Struktur Akibat berat lantai Sendiri**

#### 4.4 Penulangan Pelat Lantai Kendaraan (Tulangan Tumpuan)

Momen akibat beban mati :

$$M_D = \frac{1}{12} \times q_D \times b l^2$$

$$= \frac{1}{12} \times 11.16 \times 1.75^2 = 2.85 \text{ kN.m}$$

Dimana :

b1 = Jarak antar balok memanjang

- Momen akibat beban hidup :

$$\begin{aligned} M_L &= 0.8 \times \frac{(b1 + 0.6) \times T_u}{10} \\ &= 0.8 \times \frac{(1.75 + 0.6) \times 263.25}{10} = 49.49 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_D + M_L \\ &= 2.85 \text{ kN.m} + 49.49 \text{ kN.m} \\ &= 52.3 \text{ kN.m} \\ &= 52339125 \text{ N} \end{aligned}$$

Data perencanaan untuk penulangan pelat lantai antara lain:

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$t = 250 \text{ mm}$$

$$\emptyset = 0.8$$

$$\phi \text{ lentur} = 16 \text{ mm (arah x)}$$

$$13 \text{ mm (arah y)}$$

$$\text{Decking} = 55 \text{ mm}$$

$$dx = t - \text{decking} - \frac{\phi \text{tul.lentur } x}{2}$$

$$= 250 - 55 - \frac{16}{2} = 187 \text{ mm}$$

$$dy = t - \text{decking} - \phi \text{tul.lentur } x - \frac{\phi \text{tul.lentur } y}{2}$$

$$= 250 - 55 - 16 - \frac{13}{2} = 172.5 \text{ mm}$$

Dimana :

- dx = jarak antara serat tekan terluar hingga pusat tulangan tarik untuk tulangan arah melintang.
- dy = jarak antara serat tekan terluar hingga pusat tulangan tarik untuk tulangan arah memanjang.

#### 4.4.1 Perhitungan Tulangan Arah Melintang

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{52339125}{0.8} \\ &= 65423906.250 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 30} \\ &= 15.69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} \\ &= 0.0035 \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1}) \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 10.4.3})$$

menurut SNI-T-12-2004 nilai  $\beta_1$  untuk beton dengan  $f'_c \leq 30$  MPa adalah :

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{400} \left[ \frac{600}{600 + 400} \right]$$

$$= 0.0325$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b && \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3)} \\ &= 0.75 \times 0.0325 \\ &= 0.0244\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{Mn}{b \times d_x^2} = \frac{65423906.250}{1000 \times 187^2} \\ &= 1.87 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 1.87}{400}} \right) \\ &= 0.00486\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0.0035 &< 0.00486 < 0.0244\end{aligned}$$

Dipakai  $\rho_{\text{perlu}} = 0.00386$

$$\begin{aligned}A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00486 \times 1000 \times 187 \\ &= 721.56 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jarak terjauh maksimum antara tulangan untuk lebar  $b = 1000$  mm

$$\begin{aligned}S &= \frac{1/4 \times \pi \times d_t^2 \times b}{S} = \frac{0.25 \times 3.14 \times 16^2 \times 1000}{150} \\ &= 1340.41 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Dipasang tulangan **D16-150** (As pasang = 1340.41 mm<sup>2</sup>)

#### 4.4.2 Perhitungan Tulangan Arah Memanjang

Dipasang tulangan susut dengan ketentuan besar rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton untuk struktur yang menggunakan tulangan dengan  $f_y = 400$  MPa sebesar 0.0018. sehingga didapatkan luas tulangan yang digunakan :

$$A_s = 0,0018 \times b \times h$$

$$A_s = 0,0018 \times 1000 \times 250 = 449.10 \text{ mm}^2$$

Jarak terjauh maksimum antara tulangan untuk lebar  $b = 1000$  mm

$$S = \frac{1/4 \times \pi \times d_t^2 \times b}{S} = \frac{0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 1000}{200}$$

$$= 663.66 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan **D13-200** ( $A_s$  pasang =  $663.66 \text{ mm}^2$ )

#### 4.5 Penulangan Pelat Lantai Kendaraan (Tulangan Lapangan)

Momen akibat beban mati :

$$M_D = \frac{1}{24} \times q_D \times b l^2$$

$$= \frac{1}{24} \times 11.16 \times 1.75^2 = 1.42 \text{ kN.m}$$

Dimana :

$b l$  = Jarak antar balok memanjang

- Momen akibat beban hidup :

$$M_L = 0.8 \times \frac{(b l + 0.6) \times T_u}{10}$$

$$= 0.8 \times \frac{(1.75 + 0.6) \times 263.25}{10} = 49.49 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned}
 Mu &= M_D + M_L \\
 &= 1.42 \text{ kN.m} + 49.49 \text{ kN.m} \\
 &= 50.9 \text{ kN.m} \\
 &= 50915063 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Data perencanaan untuk penulangan pelat lantai antara lain:

$$\begin{aligned}
 f'c &= 30 \text{ MPa} \\
 fy &= 400 \text{ MPa} \\
 t &= 250 \text{ mm} \\
 \emptyset &= 0.8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi \text{ lentur} &= 16 \text{ mm (arah x)} \\
 &= 13 \text{ mm (arah y)}
 \end{aligned}$$

$$\text{Decking} = 55 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= t - \text{decking} - \frac{\phi \text{tul.lentur } x}{2} \\
 &= 250 - 55 - \frac{16}{2} = 187 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= t - \text{decking} - \phi \text{tul.lentur } x - \frac{\phi \text{tul.lentur } y}{2} \\
 &= 250 - 55 - 16 - \frac{13}{2} = 172.5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dimana :

dx = jarak antara serat tekan terluar hingga pusat tulangan tarik untuk tulangan arah melintang.

dy = jarak antara serat tekan terluar hingga pusat tulangan tarik untuk tulangan arah memanjang.

#### 4.5.1 Perhitungan Tulangan Arah Melintang

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu}{\phi} = \frac{50915063}{0.8} \\
 &= 63643828.125 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$



$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 30} \\ = 15.69$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} \\ = 0.0035 \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1})$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 10.4.3})$$

menurut SNI-T-12-2004 nilai  $\beta_1$  untuk beton dengan  $f'_c \leq 30$  MPa adalah :

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{400} \left[ \frac{600}{600 + 400} \right] \\ = 0.0325$$

$$\rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3}) \\ = 0.75 \times 0.0325 \\ = 0.0244$$

$$R_n = \frac{Mn}{b \times d_x^2} = \frac{63643828.125}{1000 \times 187^2} \\ = 1.82 \text{ N/mm}^2$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15.69} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.69 \times 1.82}{400}} \right)$$

$$= 0.00473$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0.0035 < 0.00473 < 0.0244$$

Dipakai  $\rho_{\text{perlu}} = 0.00473$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0.00473 \times 1000 \times 187$$

$$= 883.60 \text{ mm}^2$$

Jarak terjauh maksimum antara tulangan untuk lebar  $b = 1000$  mm

$$S = \frac{1/4 \times \pi \times d_t^2 \times b}{S} = \frac{0.25 \times 3.14 \times 16^2 \times 1000}{150}$$

$$= 1340.41 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan **D16-150** (As pasang = 1340.41 mm<sup>2</sup>)

#### 4.5.2 Perhitungan Tulangan Arah Memanjang

Dipasang tulangan susut dengan ketentuan besar rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton untuk struktur yang menggunakan tulangan dengan  $f_y = 400$  MPa sebesar 0.0018. sehingga didapatkan luas tulangan yang digunakan :

$$A_s = 0,0018 \times b \times h$$

$$A_s = 0,0018 \times 1000 \times 250 = 449.10 \text{ mm}^2$$

Jarak terjauh maksimum antara tulangan untuk lebar  $b = 1000$  mm

$$S = \frac{1/4 \times \pi \times d_t^2 \times b}{S} = \frac{0.25 \times 3.14 \times 13^2 \times 1000}{200}$$

$$= 663.66 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan **D13-200** (As pasang =  $663.66 \text{ mm}^2$ )

#### 4.6 Perhitungan Tulangan Kerb

Dalam hal perencanaan kerb digunakan beberapa persyaratan yang terdapat di dalam peraturan SNI T-12-2004 yaitu beban nominal trotoar =  $5 \text{ kPa} = 500 \text{ kg/m}^2$  akibat pejalan kaki. Dan lebar trotoar direncanakan selebar 1 meter.

Data perencanaan kerb :

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

$$d = 180 \text{ mm}$$

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

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

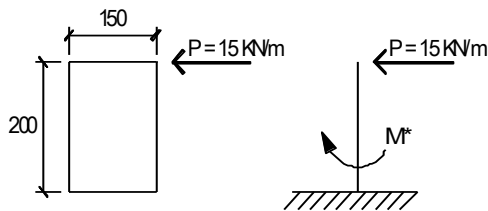
$$f_y = 400 \text{ MPa (tulangan lentur)}$$

$$240 \text{ MPa (tulangan pembagi)}$$

$$\phi = 12 \text{ mm (tulangan lentur)}$$

$$8 \text{ mm (tulangan pembagi)}$$

$$KuTP = 1.8$$



**Gambar 4. 4 Gaya yang Bekerja Pada Kerb**

$$\begin{aligned} Mu &= P \times b \times t \times KuTP \\ &= 15 \times 1 \times 0.15 \times 1.8 \\ &= 4.05 \text{ kN.m} = 4.05 \cdot 10^6 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan :

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'_c} = \frac{400}{0.85 \times 25}$$

$$= 18.82$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} \\ &= 0.0035 \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1})\end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 10.4.3})$$

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0.85 \times 25 \times 0.85}{400} \left[ \frac{600}{600 + 400} \right] \\ &= 0.0271\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3}) \\ &= 0.75 \times 0.0271 \\ &= 0.02\end{aligned}$$

$$M_u = 4.05 \cdot 10^6 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u}{0.8} = \frac{4.05 \times 10^6}{0.8} \\ &= 5.06 \times 10^6 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{5.06 \times 10^6}{1000 \times 180^2} \\ &= 0.156\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{18.82} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.82 \times 0.156}{400}} \right) \\
 &= 0.0004
 \end{aligned}$$

$\rho < \rho_{\min}$  dipakai  $\rho_{\min}$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \times b \times d \\
 &= 0.0035 \times 1000 \times 180 \\
 &= 630 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan  $\phi 12-150$  ( $A_s$  pasang = 791.68 mm<sup>2</sup>)

Tulangan pembagi dipasang tulangan susut dengan :

$$\begin{aligned}
 \rho &= 0.0018 \\
 A_s &= \rho \times b \times h \\
 &= 0.0018 \times 1000 \times 200 \\
 &= 360 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan  $\phi 8-150$  ( $A_s$  pasang = 351.86 mm

## 4.7 Perhitungan Lantai Trotoar

a. Data perencanaan :

$$f'c = 25 \text{ MPa}$$

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

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

$$\emptyset = 0.8$$

$$\phi \text{ lentur} = 16 \text{ mm (arah x)}$$

$$13 \text{ mm (arah y)}$$

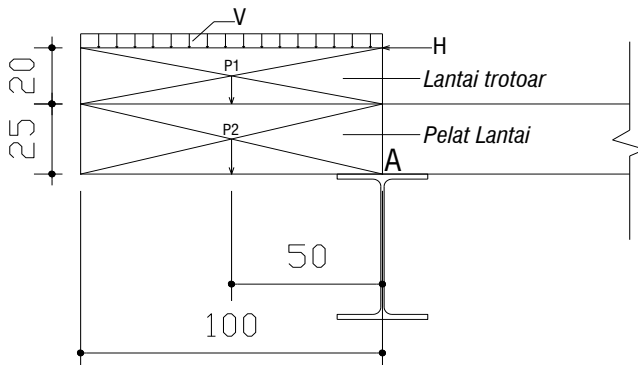
$$\text{Decking} = 40 \text{ mm}$$

$$dx = t - \text{decking} - \frac{\phi \text{ tul.lentur } x}{2}$$

$$= 200 - 40 - \frac{16}{2} = 152 \text{ mm}$$

$$dy = t - \text{decking} - \phi \text{ tul.lentur } x - \frac{\phi \text{ tul.lentur } y}{2}$$

$$= 200 - 40 - 16 - \frac{13}{2} = 137.5 \text{ mm}$$



**Gambar 4. 5 Detail Pembebanan Pada Trotoar**

## b. Pembebanan

## 1. Akibat beban mati

- P1 (berat trotoar)  $= 0.20 \times 1.00 \times 1.00 \times 2500 = 500 \text{ kg}$
- P2 (berat pelat jembatan)  $= 0.25 \times 1.00 \times 1.00 \times 2500 = 625 \text{ kg}$

## 2. Akibat beban hidup

- V (berat pejalan kaki)  $= 1.00 \times 1.00 \times 500 = 500 \text{ kg}$
- H (berat tumbukan (pada trotoar))  $= 1.00 \times 1.00 \times 500 = 500 \text{ kg}$

## 3. Akibat momen yang terjadi di titik A

- MP1  $= 500 \times 0.5 = 250 \text{ kgm}$
- MP2  $= 625 \times 0.5 = 312.5 \text{ kgm}$
- MV  $= 500 \times 0.5 = 250 \text{ kgm}$
- MH  $= 500 \times 0.45 = 225 \text{ kgm}$
- M total (Mu)  $= 1037.5 \text{ kgm}$   
 $= 1037.5 \times 10^4 \text{ Nmm}$   
 $= 10375000 \text{ Nmm}$

**4.7.1 Perhitungan Tulangan Arah Melintang**

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{10375000}{0.8}$$

$$= 12968750 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times f'_c} = \frac{240}{0.85 \times 25}$$

$$= 11.29$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{240} \\ &= 0.0058 \quad \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1)}\end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \quad \text{(SNI-03-2847-2002 ps 10.4.3)}$$

menurut SNI-T-12-2004 nilai  $\beta_1$  untuk beton dengan  $f'_c \leq 30$  MPa adalah :

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \frac{0.85 \times 25 \times 0.85}{240} \left[ \frac{600}{600 + 240} \right] \\ &= 0.0536\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b \quad \text{(SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3)} \\ &= 0.75 \times 0.0536 \\ &= 0.0402\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{Mn}{b \times d_x^2} = \frac{12968750}{1000 \times 152^2} \\ &= 0.561 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$



$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{11.29} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.29 \times 0.561}{240}} \right) \\
&= 0.00267
\end{aligned}$$

Karena  $\rho_{\min} > \rho$

Dipakai  $\rho_{\min} = 0.0058$

$$\begin{aligned}
A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\
&= 0.0058 \times 1000 \times 152 \\
&= 881.6 \text{ mm}^2
\end{aligned}$$

Jarak terjauh maksimum antara tulangan untuk lebar  $b = 1000$  mm

$$\begin{aligned}
S &= \frac{1/4 \times \pi \times d_t^2 \times b}{S} = \frac{0.25 \times 3.14 \times 16^2 \times 1000}{150} \\
&= 1340.41
\end{aligned}$$

Dipasang tulangan **D16-150** ( $A_s$  pasang = 1340.41 mm<sup>2</sup>)

#### 4.7.2 Perhitungan Tulangan Arah Memanjang

Dipasang tulangan susut dengan ketentuan besar rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton untuk struktur yang menggunakan tulangan dengan  $f_y = 240$  MPa sebesar 0.0025. sehingga didapatkan luas tulangan yang digunakan :

$$A_s = 0,0025 \times b \times h$$

$$A_s = 0,0025 \times 1000 \times 200 = 500 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan **D13-200** ( $A_s$  pasang = 663.66) mm<sup>2</sup>

## 4.8 Perhitungan Pipa Sandaran

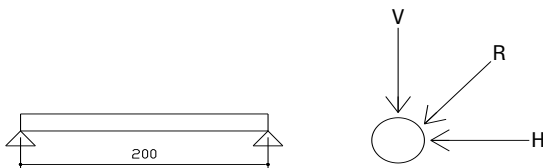
### Spesifikasi teknis :

- Berat Horizontal = 100 kg/m (SNI T-02-2005 pasal 12.5)
- Jarak antar tiang sandaran = 200 cm
- Tinggi tiang sandaran = 120 cm
- Dimensi tiang sandaran = pipa baja galvanis Ø 76.3 mm (2.5 inch), BJ 37 ( $\delta$  ijin = 1600 kg/cm<sup>2</sup>)
- Dari spesifikasi diperoleh T = 4.0 mm  
G = 7.13 kg/m  
W = 15.6 cm<sup>3</sup>

### Pembebanan :

Beban vertikal

- Beban mati = 7.13 kg/m
- Beban hidup = 75 kg/m (SNI T-02-2005 pasal 12.5)
- Beban vertikal = (1.2 x 7.13) + (1.6 x 75) = 128.556 kg/m
- Beban Horizontal = 75 kg/m (SNI T-02-2005 pasal 12.5)



**Gambar 4. 6 Resultan Pada Pipa Sandaran**

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Resultan} &= \sqrt{v^2 + h^2} \\ &= \sqrt{128.556^2 + 75^2} \\ &= 148.83 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Cek kekuatan pipa :

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{1}{8} \times q \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 148.83 \times 2^2 \\ &= 7442 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi :

$$\delta = M_{\max} = 7442 = 477.05 \text{ kg/cm}^2 < \delta \text{ ijin} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

(aman)

Dalam perencanaan tiang sandaran, beban yang dipikul oleh tiang sandaran sebesar :  $w^* = 0.75 \text{ kN/m}$ . (RSNI T-02-2005 psl. 12.5)

Data Perencanaan untuk desain tiang sandaran :

Tinggi tiang sandaran (t) = 1200mm

Jarak antar tiang sandaran (L) = 2000 mm

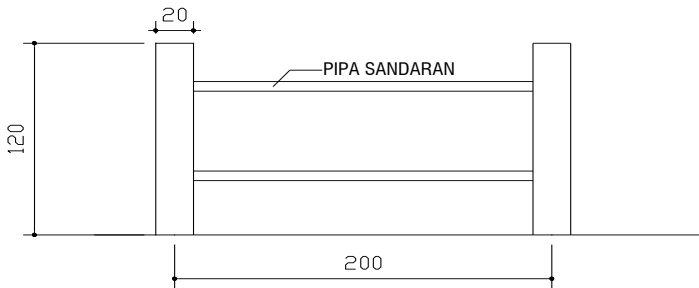
b = 200 mm

h = 200 mm

$\phi$  tul. = 10 mm (tulangan utama)

6 mm (tulangan sengkang)

$$\begin{aligned} d &= 200 - 20 - 10 - \frac{12}{2} \\ &= 164 \text{ mm} \end{aligned}$$



**Gambar 4. 7 Detail Tiang Sandaran**

Untuk mengetahui momen pada kolom tiang sandaran. perlu dihitung beban-beban yang bekerja pada kolom tiang sandaran. Antara lain :

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri tiang} &= b \times h \times L \times \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0.2 \times 0.2 \times 1.2 \times 2400 \\ &= 115.2 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat pipa sandaran} &= q_{\text{pipa}} \times \text{jarak antar kolom} \\ &= 2 \times 7.47 \times 2 \\ &= 29.88 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PD &= \text{berat sendiri kolom} + \text{berat pipa sandaran} \\ &= 115.2 + 29.88 = 145.08 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MD &= PD \times \frac{b}{2} \\ &= 145.08 \times \frac{0.2}{2} = 14.508 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} PL &= qL \times L \\ &= 75 \times 2 = 150 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$ML = PL \times \text{tinggi kolom}$$

$$= 150 \times 1.2 = 180 \text{ Kg.m}$$

Dimana.

PD = gaya yang terjadi akibat beban mati

MD = Momen yang terjadi akibat beban mati

PL = gaya yang terjadi akibat beban hidup

ML = Momen yang terjadi akibat beban hidup

$$\begin{aligned} Mu &= 1.2MD + 1.6ML \\ &= 1.2 \times 14.508 + 1.6 \times 180 \\ &= 305.41 \text{ Kg.m} \\ &= 305.41 \times 10^4 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

#### 4.8.1 Perhitungan Tulangan Tiang Sandaran

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mu}{\phi} \\ &= \frac{305.41 \times 10^4}{0.8} \\ &= 3817625 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0.85 \times f'_c} = \frac{240}{0.85 \times 30} \\ &= 9.41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{240} \\ &= 0.0058 \end{aligned} \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.5.1})$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \left[ \frac{600}{600 + f_y} \right] \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 10.4.3})$$

**10.4.3)**

menurut SNI-T-12-2004 nilai  $\beta_1$  untuk beton dengan  $f'_c \leq 30$  MPa adalah :

$$\beta_1 = 0.85$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0.85 \times 30 \times 0.85}{240} \left[ \frac{600}{600 + 240} \right] \\ &= 0.0645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0.75 \times \rho_b && (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12.3.3}) \\ &= 0.75 \times 0.0645 \\ &= 0.0484 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{Mn}{b \times d_x^2} = \frac{3817625}{1000 \times 164^2} \\ &= 0.946 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9.41} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 9.41 \times 0.946}{240}} \right) \\ &= 0.00402 \end{aligned}$$

Karena  $\rho_{\min} > \rho$

Dipakai  $\rho_{\min} = 0.0058$

$$\begin{aligned} A_{S_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.0058 \times 150 \times 164 \\ &= 143.50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tarik 4Ø 10

$$\begin{aligned} A_s &= 4 \times 0.25 \times 3.14 \times \text{Ø}^2 \\ &= 452 > 147.88 \text{ ..Ok} \end{aligned}$$

Perencanaan tulangan geser :

- $V_u = 1.5 \text{ kN} = 1500 \text{ N}$
- $V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \times b_w \times d = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 150 \times 164$   
 $= 22512.94 \text{ N}$
- $\phi V_c = 0.6 \times 22512.94 = 13.5 \text{ N}$

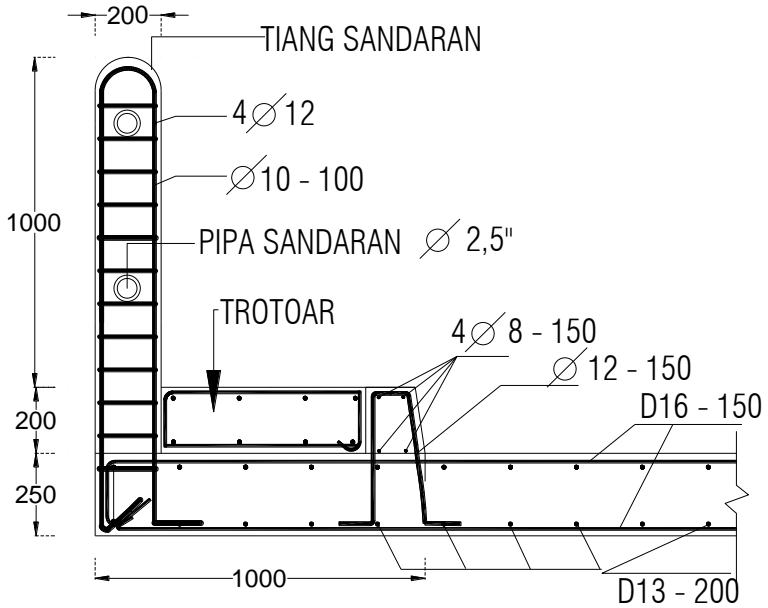
Karena  $V_u \leq \phi V_c \rightarrow$  (Maka tidak perlu tulangan geser).

Walaupun secara teoritis tidak perlu tulangan geser tetapi untuk kestabilan struktur dan peraturan mensyaratkan dipasang tulangan geser 10 mm dengan sengkang 2 kaki

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times 14 \times \pi \times \text{Ø}^2 \\ &= 157.08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S = \frac{A_v \times f_y}{\frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times b} = \frac{157.08 \times 240}{\frac{1}{3} \sqrt{30} \times 150} = 137.66 \text{ mm}$$

Jadi dipakai tulangan **Ø10 – 100** mm untuk geser. dan **4Ø12** untuk lentur.



**Gambar 4. 8 Detail Tulangan Lantai, Kerb, dan Tiang Sandaran**



**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

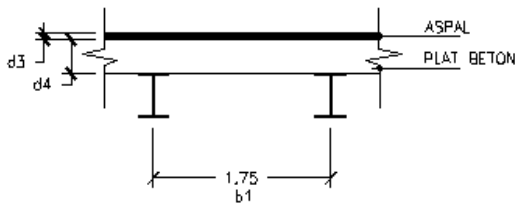
## BAB V

### PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN

Untuk perencanaan gelagar jembatan ini menggunakan profil baja dengan mutu BJ 55, dengan ketentuan sebagai berikut :

- Tegangan leleh →  $f_y = 410 \text{ MPa}$
- Tegangan ultimate →  $f_u = 550 \text{ MPa}$
- Modulus Elastisitas  $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

#### 5.1 Perencanaan Gelagar Memanjang



**Gambar 5. 1 Detail Perencanaan Gelagar**

Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF dengan dimensi : 450 x 200 x 9 x 14

- Data – data profil :

G = 76 kg/m	;	I <sub>x</sub> = 33500 cm <sup>4</sup>
A = 96.76 cm <sup>2</sup>	;	I <sub>y</sub> = 1870 cm <sup>4</sup>
i <sub>x</sub> = 18.6 cm	;	Z <sub>x</sub> = 1490 cm <sup>3</sup>
i <sub>y</sub> = 4.4 cm	;	Z <sub>y</sub> = 187 cm <sup>3</sup>
d = 450 mm	;	S <sub>x</sub> = 1488.9 cm <sup>3</sup>
b = 200 mm	;	t <sub>f</sub> = 14 mm

### 5.1.1 Pembebanan

#### Sebelum Komposit

##### a. Beban Mati

- Berat pelat beton =  $d3 \cdot b1 \cdot \gamma b \cdot LF$   
 $= 0.25 \times 1.75 \times 24 \times 1.3 = 13.65 \text{ kN/m}$
- Berat Bekisting =  $0,5 \cdot b1 = 0,88 \text{ kN/m}$   
 $= 0,5 \times 1,75 = 0,88 \text{ kN/m}$
- Berat sendiri profil =  $w \cdot LF = 0.84 \text{ kN/m+}$   
 $= 0.76 \times 10 / 1000 \times 1.1 = \underline{0.84 \text{ kN/m+}}$

$$Q_{D(U)} = 14,49 \text{ kN/m}$$

- $M_{D1} = \frac{1}{12} \times Qd(u) \times L^2$   
 $= \frac{1}{12} \times 14.49 \times 5^2 = 30,18 \text{ kNm}$   
 $= 30,18 \times 1000 \times 100 / 10$   
 $= 301.791,67 \text{ kg.cm}$
- $V_A = 0.5 \cdot q_{MU} \cdot \lambda = 0,5 \times 14,49 \times 5 = 36,22 \text{ kN}$

#### Sesudah Komposit

- Berat Aspal =  $d4 \cdot \lambda \cdot \gamma_{Aspal} \cdot LF = 14.30 \text{ kN/m}$   
 $= 0.1 \times 5 \times 22 \times 1.3 = 14.30 \text{ kN/m}$
- Berat Trotoar =  $dk \cdot \lambda \cdot \gamma b \cdot LF = \underline{31,20 \text{ kN/m+}}$   
 $= 0.20 \times 5 \times 24 \times 1.3 = \underline{31,20 \text{ kN/m+}}$

$$Q_{D(U)} = 45,50 \text{ kN/m}$$

- $M_{D2} = \frac{1}{12} \times Qd(u) \times L^2$   
 $= \frac{1}{12} \times 45,50 \times 5^2 = 94,79 \text{ kNm}$   
 $= 94,79 \times 1000 \times 100 / 10$   
 $= 947.916,67 \text{ kg.cm}$
- b.  $V_A = 0.5 \cdot q_{MU} \cdot \lambda = 0,5 \times 45,50 \times 5 = 113,75 \text{ kN}$

### Beban Hidup

- Beban terbagi rata (UDL)

Menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps. 6.3.1 (2) untuk :

$$L \geq 30 \text{ m} ; q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa}$$

Pembeban UDL :

$$L = 100 \text{ m} ; q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{100}\right) \text{ kPa}$$

$$q = 5.85 \text{ kPa} = 5.85 \text{ kN/m}^2$$

Beban yang bekerja :

$$\begin{aligned} q_{UDL} &= q \cdot b1 \cdot K_{TD}^U = 5.85 \times 1,75 \times 1,8 \\ &= 18,43 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Beban garis (KEL)

Menurut ketentuan **SNI T-02-2005 Psl 6.3.1 (3)**. beban garis (KEL) sebesar P (kN/m). ditempatkan tegak lurus dari arah lalu-lintas pada jembatan dimana besarnya :

$$P = 49 \text{ kN/m}$$

Faktor beban dinamik yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui persamaan :

$$P_{KEL} = (1 + DLA) \times P \times b1 \times K_{TD}^U$$

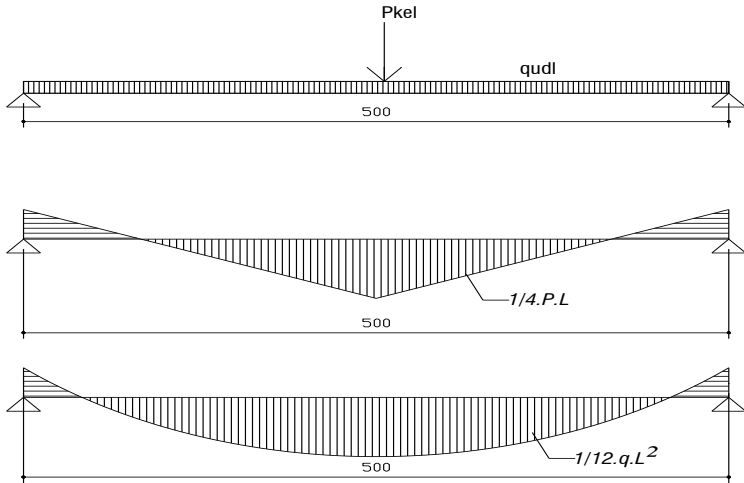
Dengan.

$$DLA = 0.3 ; K_{TD}^U = 1.8$$

Maka.

$$\begin{aligned} P_{KEL} &= (1 + 0,3) \times 49 \times 1,75 \times 1,8 \\ &= 200,66 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berikut merupakan gambar momen akibat pembebanan UDL dan KEL :



**Gambar 5. 2 Pembebanan Akibat Beban UDL dan KEL**

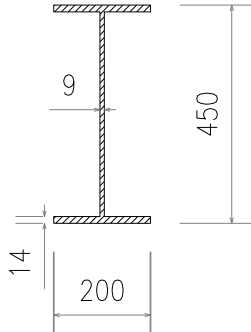
$$\begin{aligned}
 M_{L1} &= \left( \frac{1}{12} \times q_{UDL} \times L^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times P_{KEL} \times L \right) \\
 &= \left( \frac{1}{12} \times 18.43 \times 5^2 \right) + \left( \frac{1}{4} \times 200,66 \times 5 \right) \\
 &= 289.21 \text{ kNm} \\
 V_{L1} &= P_{KEL} + \frac{1}{2} q_{UDL} \lambda \\
 &= 200,66 + \frac{1}{2} \times 18.4 \times 5 = 246.72 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Momen total yang harus diperhitungkan adalah

$$M_{tot} = M_{KEL} + M_L = 94,79 + 289.21 = 384 \text{ KN.m}$$

Jadi, momen total yang terbesar yang dipakai  $M_{max} = 329.82$  KN.m

### 5.1.2 Kontrol Penampang



**Gambar 5.3 Penampang Gelagar Memanjang**

Badan :

$$\begin{aligned} h &= d - 2(t_f + r) \\ &= 488 - 2(18 + 28) = 400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w} \leq \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \dots \text{(SNI 03-1729 Psl. 7.6.4)}$$

**tabel 7.5.1)**

$$\frac{386}{9} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{(Penampang Kompak)}$$

$$42.89 \leq 82.97 \rightarrow \text{OK}$$

a. Sayap :

$$\lambda = \frac{b}{2t_f} \leq \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad \dots \text{ (SNI 03-1729 PsI. 7.6.4)}$$

tabel 7.5.1)

$$\frac{200}{2 \times 14} \leq \frac{170}{\sqrt{410}}$$

$$\lambda < \lambda_p \rightarrow \text{(Penampang Kompak)}$$

$$7.14 \leq 8.40 \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{Penampang kompak : } M_n = M_p$$

### 5.1.2.1 Kontrol Tekuk Lateral

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \dots \text{SNI 03-1729 PsI. 8.3.3 Tbl. 8.3.2}$$

$$= 1,76 \times 4,4 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$= 175,26 \text{ cm}$$

$$L_b = 500 \text{ cm}$$

$$L_r = 433,83 \text{ cm}^3 \text{ (Tabel)}$$

$$L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

$$P_u = V_D + V_L = 113,75 + 246,72 = 360,47 \text{ kN}$$

$$q_u = q_D + q_L = 45,50 + 18,43 = 63,93 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} V_A = V_B &= 0,5 \cdot P_u + 0,5 \cdot q_u \cdot L \\ &= 0,5 \times 360,47 + 0,5 \times 63,93 \times 5 \\ &= 340,06 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_A = M_C &= V_a \cdot \frac{1}{4} \cdot L - 0,5 \cdot q_u \cdot \left(\frac{1}{4} L\right)^2 \\ &= 340,06 \times \frac{1}{4} \times 5 - 0,5 \times 63,93 \times \left(\frac{1}{4} \times 5\right)^2 \\ &= 375,13 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max} = M_B &= V_a \cdot 0,5 \cdot L - 0,5 \cdot q_u \cdot (1/2 L)^2 \\
 &= 340,06 \times 0,5 \times 5 - 0,5 \times 63,93 \times (1/2 \times 5)^2 \\
 &= 650,37 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$C_b = \frac{12,5 \cdot M_{\max}}{2,5 \cdot M_{\max} + 3 \cdot M_A + 4 \cdot M_B + 3 \cdot M_C} < 2,3$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5 \times 650,37}{2,5 \times 650,37 + 3 \times 375,13 + 4 \times 650,37 + 3 \times 375,13} \\
 &= 1,25 < 2,3
 \end{aligned}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y = 1490 \times 4.100 = 6.109.000 \text{ kgcm} = 61.090 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= S_x (f_y - f_r) = 1.488,9 \times (4100 - 700) = 5.062.222 \text{ kgcm} \\
 &= 50.622 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right]$$

$$M_n = 1,25 \left[ 50.622 + (61.090 - 50.622) \frac{433,83 - 500}{433,83 - 175,26} \right]$$

$$M_n = 60.219 \text{ kgm} < M_p = 61.090 \text{ kgm}$$

$$\text{Maka. diambil } M_n = 60.219 \text{ kgm} = 6.021.944 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= M_D + M_L = 94,79 + 289,21 = 384 \text{ kN.m} \\
 &= 384 \text{ KN.m} = 3.840.010,42 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$M_u < \Phi M_n$$

$$3.840.010,42 \text{ kgcm} < 0,9 \cdot 6.021.943,90$$

$$3.840.010,42 \text{ kgcm} < 5.419.749,51 \text{ (OK)}$$



### 5.1.2.2 Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{3.840.010,42}{5.419.749,51} = 0.71 \leq 1 \text{ ...OK}$$

### 5.1.3 Kontrol Lendutan

Persyaratan untuk lendutan perbentang memanjang ( $L = 5 \text{ m}$ )

a. Lendutan ijin :

- $\delta_{\text{ijin}} = \frac{1}{800} \lambda \text{ ..... SNI T-03-2005 Psl. 4.7.2}$   
 $= \frac{1}{800} \times 500 = 0.625 \text{ cm}$

b. Lendutan akibat beban mati :

- $q_D = 45,50 \text{ kN/m} = 45,50 \text{ kg/cm}$

- $\delta_D = \frac{5}{384} \times \frac{q_D \lambda^4}{E I_x}$

$$\delta_D = \frac{5}{384} \times \frac{45,50 \times 500^4}{2100000 \times 71000}$$

$$= 0.55 \text{ cm}$$

c. Lentutan akibat beban hidup ( UDL + KEL ) :

- $q_{udl} = q \cdot b_1 = 5.85 \times 1.75 = 10.2 \text{ kN/m} = 10,24 \text{ kg/cm}$
- $P_{KEL} = P (1+DL) \cdot b_1 = 49 (1+30\%) \times 1.75 = 111.475 \text{ kN}$   
 $= 11.363,40 \text{ kg}$

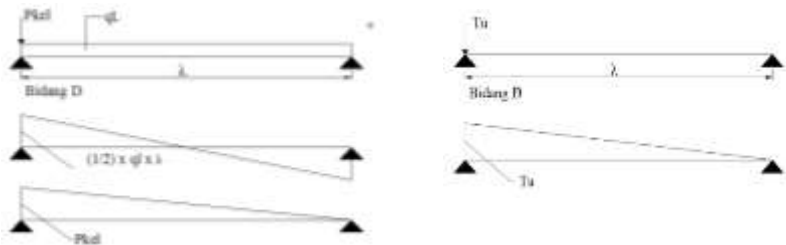
$$\begin{aligned} \delta_L &= \frac{5}{384} \times \frac{q_{UDL} \lambda^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \times \frac{P_{KEL} \lambda^3}{E I_x} \\ &= \frac{5}{384} \times \frac{10.24 \times (500)^4}{2 \times 10^6 \times 33500} + \frac{1}{48} \times \frac{11363.4 \times (500)^3}{2 \times 10^6 \times 33500} \\ &= 0,566 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dipakai beban dari lentutan yang lebih besar yaitu akibat beban hidup = 0,566 cm

- $\delta_L \leq \delta_{ijin}$   
 $0,566 \leq 0,625 \dots \text{ OK}$

#### 5.1.4 Kontrol Geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada pada daerah tumpuan. Dan gambar garis pengaruh yang terjadi seperti gambar di bawah ini :



Gambar 5. 4 Garis Pengaruh Akibat Beban Hidup

a. Untuk beban hidup (UDL + KEL) menentukan :

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad V_{a \max} &= P_{KEL} + \left( \frac{1}{2} \times q_{UDL} \times \lambda \right) + \left( \frac{1}{2} \times q_{MU} \times \lambda \right) \\
 &= 200,66 + \left( \frac{1}{2} \times 18,43 \times 5 \right) + \left( \frac{1}{2} \times 45,50 \times 5 \right) \\
 &= 360,47 \text{ kN} \\
 &= 36.047,38 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Untuk beban T menentukan :

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad V_{a \max} &= Tu + \left( \frac{1}{2} \times q_{MU} \times \lambda \right) \\
 &= 263,25 + \left( \frac{1}{2} \times 45,50 \times 5 \right) \\
 &= 377 \text{ kN} \\
 &= 37.700 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi  $V_a$  yang digunakan adalah  $V_a$  akibat beban truk sebesar 37.700 kg

$$\bullet \quad \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \quad \dots \text{ (SNI 03-1729 Psl. 8.8.2-a)}$$

$$\frac{386}{9} \leq \frac{1100}{\sqrt{410}}$$

$$42,89 \leq 54,33 \dots \text{ OK}$$

$$\bullet \quad V_u \leq \phi \times V_n \quad \dots \text{ (SNI 03-1729 Psl. 8.8.3-a)}$$

$$V_u \leq \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w$$

Dimana.

$$A_w = d \times t_b$$

Sehingga :

$$37.700 \text{ kg} \leq 0,9 \times 0,6 \times 4100 \times 45 \times 0,9$$

$$37.700 \text{ kg} \leq 89.667 \text{ kg} \dots \text{ OK}$$

### 5.1.5 Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

Menurut SNI T-03-2005 ps. 8.2.1 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari :

- 1/5 bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Sehingga, tebal efektif beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- $be_1 \leq S$   
 $\leq 500 \text{ cm}$
- $be_2 \leq \frac{L}{5}$   
 $\leq \frac{500}{5} = 100 \text{ cm}$

Dimana :

$S$  = Jarak antar gelagar melintang

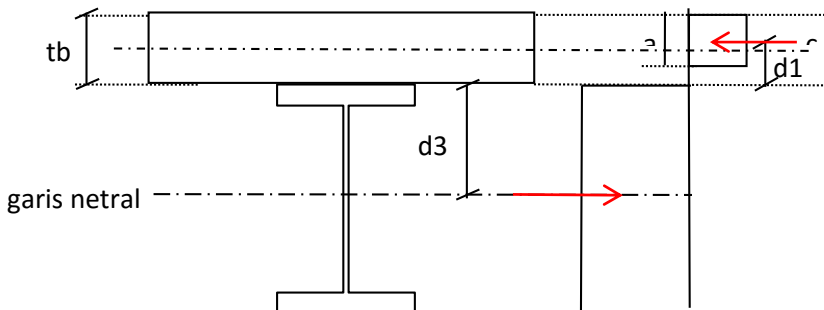
$L$  = Lebar jembatan

Untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil yaitu 336 cm.

a. Menentukan Letak Garis Netral

- Luas beton :

$$A_C = b_{\text{eff}} \times t_b = 100 \times 25 = 2.500 \text{ cm}^2$$



**Gambar 5. 5 Tegangan Komposit**

- Mencari C

$$\begin{aligned} C_1 &= A_s \times f_y \\ &= 96,76 \times 4100 = 396.716,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_2 &= 0,85 \times f'_c \times A_c \\ &= 0,85 \times 300 \times 2500 = 637.500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Nilai C diambil yang terkecil 2084235 kg. Maka dapat disimpulkan letak garis netral berada pada pelat beton.

- Menentukan jarak-jarak dari centroid gaya-gaya yang bekerja

$$a = \frac{C}{0,85 \times f'_c \times b \times e}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{396.716}{0,85 \times 300 \times 100} \\ &= 15,56 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$d1 = t_b - \frac{a}{2} = 25 - \frac{15,56}{2} = 17,22 \text{ cm}$$

$$d2 = 0 \dots \text{karena baja tidak mengalami tekan}$$

$$d3 = \frac{D}{2} = \frac{45}{2} = 22,50 \text{ cm}$$

- Perhitungan momen

$$M_n = C2 \times (d1 + d2) + P_y \times (d3 - d2)$$

$$\begin{aligned} P_y &= A_s \times f_y \\ &= 396.716 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Mn &= 637.500 \times (17,22 + 0) + 396.716 \times (22,50 - 0) \\ &= 19.904.660 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi.Mn &= 0,85 \times 19.904.660 = 16.918.961 \text{ kg.cm} \\ &= 1.691,90 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000}{4700 \times \sqrt{30}} = 7,77$$

$$\text{Lebar efektif setelah komposit} = \frac{bE}{n} = \frac{100}{7,77} = 43,25 \text{ cm}$$

**Tabel 5. 1 Perhitungan Modulus Elastisitas Penampang Komposit**

Komponen	A	y	A x y	Io	d	Io + A .d <sup>2</sup>
	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>4</sup>
Beton	321,8	12,5	4.022,3	16.759,7	8,1	37.827,0
Profil WF	96,8	47,5	4.596,1	33.500	26,9	103.561,7
Jumlah	418,5		8.618,4			141.388,7

$$y = \frac{\Sigma A \times y}{\Sigma A} = \frac{8.618,4}{418,5} = 20,59 \text{ cm}$$

### 5.1.6 Shear Connector balok memanjang

#### ➤ Data-data

Tebal slab                      hc        = 25 cm

Jarak                                S=bo    = 175 cm

Panjang bentang                L        = 5 m

#### ➤ Data Material

##### - Beton

Kuat tekan beton (fc')        = 30 Mpa

Modulus Elastisitas (Ec) =  $4700\sqrt{fc'}$  =  
25742,96Mpa

Berat Beton bertulang        Wc = 25 kN/m<sup>3</sup>

##### - Baja Tulangan

Tegangan leleh baja            fy= 400 Mpa

Diameter tulangan              Ø = 13 mm

### - Baja Profil

Mutu baja	BJ 55
Tegangan leleh baja	$f_y = 410 \text{ Mpa}$
Modulus Elastisitas	$E = 200000 \text{ Mpa}$
Profil WF 450 200 9 14	
$h_s = 38,6 \text{ cm}$	
$A_s = 96,76 \text{ cm}^2$	

### ➤ Lebar efektif penampang komposit

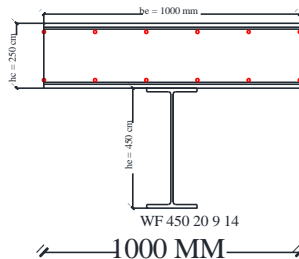
Lebar efektif (RSNI T-03-2005)

$$b_E = L/5 = 5\text{m} / 5 = 1 \text{ meter}$$

$$b_E = b_o = 1,75 \text{ meter}$$

$$b_E = 12 \times h_c = 12 \times (0,25 \text{ m}) = 3 \text{ meter}$$

Sehingga diambil yang terkecil 1 meter



**Gambar 5. 6 Kondisi Komposit Memanjang**

Misal pada lebar efektif 100 cm terdapat 5 buah tulangan  $\varnothing 13 \text{ mm}$  atas dan 5 buah tulangan  $\varnothing 13 \text{ mm}$  pada bagian bawah

- **Kekuatan plastis dan garis netral plastis**  
Anggap garis netral plastis ada pada gelagar

- Kekuatan tekanan pada plat lantai, (C)

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot B_e \cdot h_c + (A_s \cdot f_y) c$$

Dimana:

$$\begin{aligned} (A_s \cdot f_y) c &= (5+5) \cdot \frac{1}{4} \pi (13 \text{ mm})^2 (400 \text{ Mpa}) \\ &= 530.660 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,85 \cdot f_c' \cdot b_E \cdot h_c &= 0,85 (30 \text{ Mpa}) \cdot (1000 \text{ mm}) \cdot (250 \text{ mm}) \\ &= 6.375.000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$C = 530.660 \text{ N} + 6.375.000 \text{ N} = 6.905.660 \text{ N}$$

- Kekuatan tarikan pada gelagar, (T)

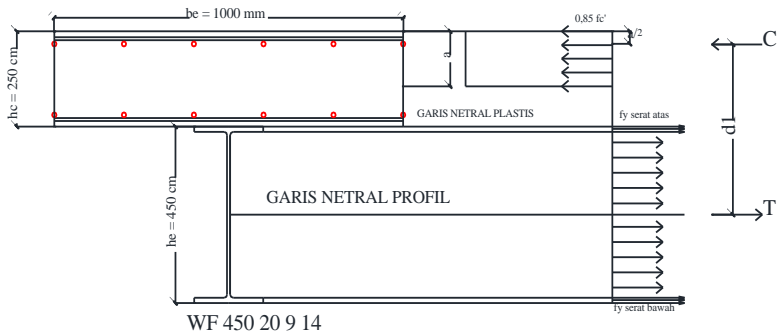
$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot F_y \\ &= (96,76 \times 100 \text{ mm}^2) \cdot (410 \text{ Mpa}) \\ &= 3.967.160 \text{ N} < C \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Kedalaman daerah tekan pada lantai

$$\begin{aligned} a &= \frac{T - (A_s \cdot f_y) \cdot c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_E} \\ &= \frac{3.967.160 \text{ N} - 530.660 \text{ N}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 1000 \text{ mm}} \\ &= 135 \text{ mm} < 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{h_s}{2} + h_c - \frac{a}{2} = \frac{386 \text{ mm}}{2} + 250 \text{ mm} - \frac{135 \text{ mm}}{2} \\ &= 376 \text{ mm} \end{aligned}$$





**Gambar 5. 7 Diagram Tegangan Plastik**

Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur nominal

$$\begin{aligned} M_s &= T \times d_1 \\ &= 3.967.160 \times 376 \text{ mm} \\ &= 1.490.135.305 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kuat Lentur rencana

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \times M_s \\ &= 0,9 \times 1.490.135.305 \text{ Nmm} \\ &= 1.341.121.774 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- Penghubung Geser(Shear connector)  
Berdasarkan RSNI T-03-2005  
Gaya geser longitudinal dalam keadaan batas (ultimit),  
 $V_L = T = 3.967.160 \text{ N}$

Gaya Geser rencana,

$$V_{LS} = \frac{VL}{\phi} = \frac{3.967.160 \text{ N}}{0,75} = 5.289.547 \text{ N}$$

Syarat-syarat :

Dipakai konektor 13 x 75

D = 13 mm < 21 mm →(OK)

L = 75 mm

Jarak antara konektor stud,

1. 60 mm = 60 cm, atau
2. 2 x hc = 2 x (250mm) = 500 mm = 50cm
3. 4 x L = 4 x (75mm) = 300 mm = 30 cm



**Gambar 5. 8 Stud Connector Memanjang**

Mutu Baja konektor, BJ-55

Tegangan putus,  $f_u = 550 \text{ Mpa}$

Kekuatan geser satu konektor stud,

$$\begin{aligned} V_{su} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot f_u \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \cdot (550 \text{ Mpa}) \\ &= 72.965,75 \end{aligned}$$

Jumlah konektor stud

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_{LS}}{0,55 \cdot V_{SU}} = \frac{5.289.547 \text{ N}}{0,55 \cdot 72965,75 \text{ N}} \\ &= 132 \text{ buah (untuk 2 baris)} \end{aligned}$$

= 66 buah (untuk 1 baris)

Rencanakan 1 baris konektor stud 66 buah sepanjang bentang gelagar 5 meter,

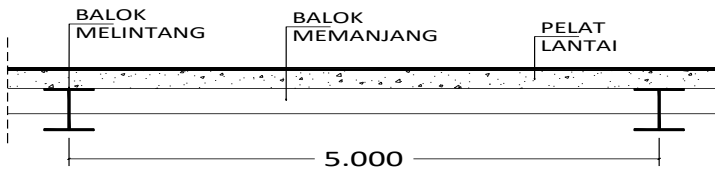
Jarak terjauh antara konektor

=  $(500\text{cm}) / (66 \text{ buah}) = 8 \text{ cm} < 30 \text{ cm}$

Sehingga dipasang dengan jarak  $8 \text{ cm} = 80 \text{ mm}$

## 5.2 Perencanaan Gelagar Melintang

Untuk perencanaan awal gelagar melintang dipilih profil WF dengan dimensi : 1200 x 450 x 16 x 18. dan dibawah ini adalah gambar perencanaan jarak gelagar melintang :



**Gambar 5. 9 Perencanaan Jarak Gelagar Melintang**

Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF dengan dimensi : 1200 x 450 x 16 x 18

- Data – data profil :

W = 411.61 kg/m	;	I <sub>x</sub> = 1344207 cm <sup>4</sup>
A = 524.34 cm <sup>2</sup>	;	I <sub>y</sub> = 57750 cm <sup>4</sup>
i <sub>x</sub> = 50,70 cm	;	Z <sub>x</sub> = 22403 cm <sup>3</sup>
i <sub>y</sub> = 10,40 cm	;	Z <sub>y</sub> = 2566.0 cm <sup>3</sup>
d = 1200 mm	;	t <sub>f</sub> = 38 mm
b = 450 mm	;	t <sub>w</sub> = 16 mm

### 5.2.1 Pembebanan

- a. Beban Mati

Sebelum komposit

Beban Mati

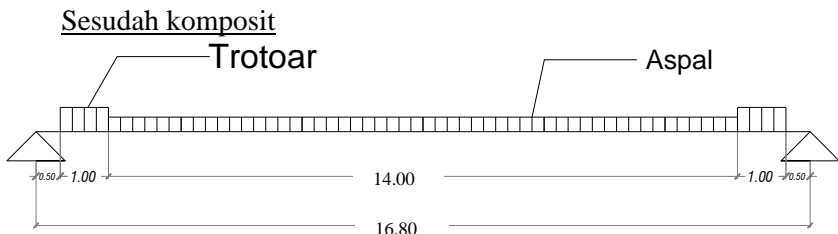
- Berat Balok Memanjang

- 1,510 x 5 x 1,75 x 1,1 = 4,66 kN/m
- Berat Balok Melintang  
4,116 x 1,1 = 4,53 kN/m
- Berat Plat Beton  
0,25 x 24 x 5 x 1,3 = 39 kN/m +

$$Q_d(u) = 48,18 \text{ kN/m}$$

- $M_D = \frac{1}{8} \times Q_d(u) \times L^2$   
 $= \frac{1}{8} \times 48,16 \times 16,8^2 = 1.699,91 \text{ kN.m}$   
 $= 1.699.90,52 \text{ kgm}$

- $V_{QD} = \frac{1}{2} \times Q_d(u) \times L$   
 $= \frac{1}{2} \times 48,18 \times 16,8 = 404,739 \text{ kN}$   
 $= 40.473,93 \text{ kg}$



**Gambar 5. 10 Pembebanan Gelejar Melintang (Sesudah Komposit)**

- Berat aspal  
= 0.1 x 22 x 5 x 1.3 = 14,30 kN/m
  - Berat trotoar  
= 0.2 x 24 x 5 x 1.3 = 31,20 kN/m +
- $q_{D2} = 45,50 \text{ kN/m}$

- $\Sigma M_B = 0$

$$V_a = \frac{(31,20 \times 1 \times 14,9) + (14,3 \times 14 \times 8,4) + (31,20 \times 1 \times 0,9)}{16}$$

$$V_a = \frac{464,88 + 1.681,68 + 28,08}{16.8}$$

$$V_a = 129,44 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{qD2} &= (R_a \times 8) - (31.20 \times 1 \times 7.5) - (14.30 \times 7 \times 3.5) \\ &= (129,44 \times 8,4) - 234,00 - 350,35 \\ &= 502,97 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

b. Beban Hidup

- Beban terbagi rata (UDL)

Menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps. 6.3.1 (2) untuk :

$$L \geq 30 \text{ m} ; q = 9.0 \times \left(0.5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa}$$

Pembeban UDL :

$$L = 100 \text{ m} ; q = 9.0 \times \left(0.5 + \frac{15}{100}\right) \text{ kPa}$$

$$q = 5,85 \text{ kPa} = 5.850 \text{ kN/m}^2$$

Beban yang bekerja :

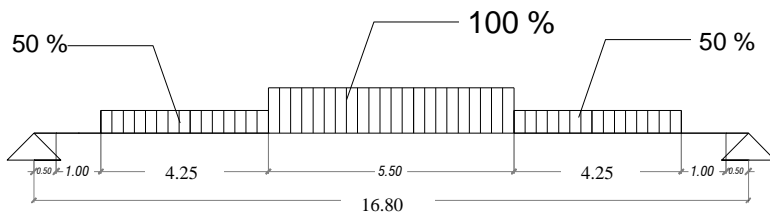
$$q_{UDL} = q \times \lambda \times K_{TD}^U = 5,85 \times 5 \times 1,8 = 52,65 \text{ kN/m}$$

- Beban garis (KEL)

Beban  $P = 49 \text{ kN/m}$  dengan faktor  $DLA = 0,3$  untuk  $L \geq 30 \text{ m}$

Maka beban KEL yang bekerja adalah :

$$\begin{aligned} - P_{KEL} &= (1 + DLA) \times P \times K_{TD}^U \\ &= (1 + 0,3) \times 49 \times 1,8 = 114,66 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Kondisi 1

**Gambar 5. 11 Pembebanan Akibat Beban UDL & KEL  
(kondisi 1)**

$$\begin{aligned}\text{Beban "D"} &= \text{Beban UDL} + \text{Beban KEL} \\ &= 52,65 + 114,66 = 167,31 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}- q_1 &= 100 \% \times 167,31 = 167,31 \text{ kN/m} \\ - q_2 &= 50 \% \times 167,31 = 83,66 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\bullet \Sigma M_B = 0$$

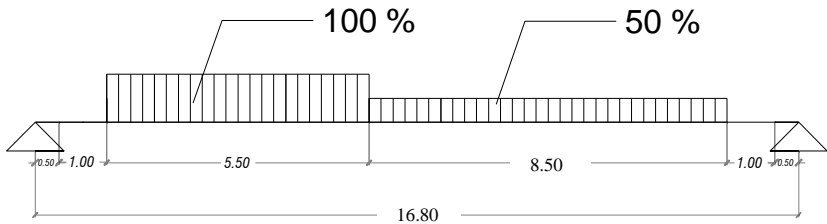
$$V_a \times 16,8 - q_1 \times 5,5 \times 8,4 - q_2 \times 4,25 \times 13,275 - q_2 \times 4,25 \times 3,525 = 0$$

$$V_a \times 16,8 = (167,31 \times 5,5 \times 8,4) + (83,66 \times 4,25 \times 13,275) + (83,66 \times 4,25 \times 3,525)$$

$$V_a = \frac{7.729,72 + 4.719,71 + 1.253,26}{16,8} = 815,64 \text{ kN}$$

$$V_a = 815,64 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}M_{\max L1a} &= V_a \times 8,4 - q_2 \times 4,25 \times 4,88 - q_1 \times 2,75 \times 1,375 \\ &= (815,64 \times 8) - (83,66 \times 3,75 \times 4,63) - (167,31 \times 2,75 \\ &\quad \times 1,375) \\ &= 4.485,48 \text{ kN.m}\end{aligned}$$

Kondisi 2

**Gambar 5. 12 Pembebanan Akibat Beban UDL & KEL  
(kondisi 2)**

- $\Sigma M_B = 0$

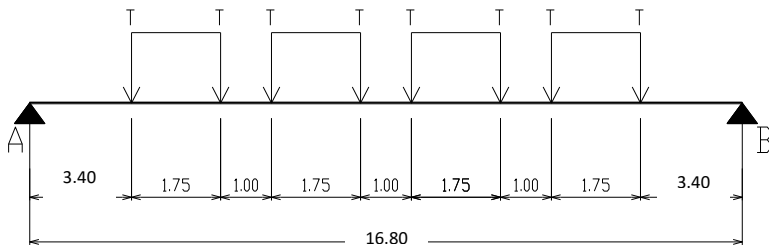
$$V_a \times 16,8 - q_1 \times 5,5 \times 12,65 - q_2 \times 4,25 \times 7,775 - q_2 \times 4,25 \times 3,53 = 0$$

$$V_a \times 16,8 = (167,31 \times 5,5 \times 12,65) + (83,66 \times 4,25 \times 7,775) + (83,66 \times 4,25 \times 3,53)$$

$$V_a = \frac{11.640,59 + 2.764,27 + 1.253,26}{16,8} = 932,03 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_{\max L1b} &= V_a \times 8 - q_1 \times 5,5 \times 2,75 \\ &= (932,03 \times 8,4) - (167,31 \times 5,5 \times 2,75) \\ &= 5.298,50 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

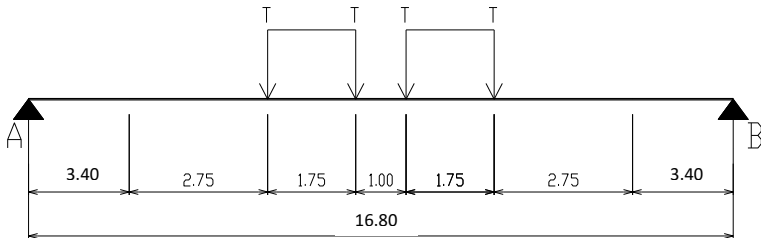
## c. Beban truk "T"

Kondisi 1

**Gambar 5. 13 Pembebanan Akibat Beban Truk (kondisi 1)**

- $T_u = 112,5 \times (1 + 0,3) \times 1,8 = 263,25 \text{ kN}$
- $\Sigma M_B = 0$   
 $V_a \times 16,8 - T_u (13,4 + 11,65 + 10,65 + 8,90 + 7,90 + 6,15 + 5,15 + 3,40) = 0$   
 $V_a = \frac{17.690,40}{16,8}$   
 $= 1053 \text{ kN}$
- $M_{\max L2 a} = V_a \times 8,4 - T_u (5 + 3,3 + 2,25 + 0,5)$   
 $= 1.053 \times 8,4 - 263,25 \times 11$   
 $= 5.949,45 \text{ kNm}$

### Kondisi 2



**Gambar 5. 14 Pembebanan Akibat Beban Truk (kondisi 2)**

- $\Sigma M_B = 0$   
 $V_a \times 16,8 - T_u \times (10,65 + 8,9 + 7,9 + 6,15) = 0$   
 $V_a = \frac{8.845,20}{16,8} = 526,5 \text{ kN}$

$$\begin{aligned}
 M_{\max L2 b} &= V_a \times 8,4 - T_u \times (2,3 + 0,5) \\
 &= 526,5 \times 8,4 - 263,25 \times 2,8 \\
 &= 3.698,66 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Dipakai Momen beban Truk kondisi 1 = 5.949,45 kNm

Dari kondisi di atas. maka dipilih kondisi yang memberikan  $M_{\max}$  terbesar yaitu :

$$M_{\max L2 a} = \mathbf{5949.45 \text{ kNm}}$$



## 5.2.2 Kontrol Kekuatan Lentur

### a. Kontrol Penampang

- Badan :

$$\begin{aligned} h &= d - 2 ( 38 + 28 ) \\ &= 1200 - 2 ( 38 + 28 ) = 1.068 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \dots \text{(SNI 03-1729 Psl. 7.6.4 tabel 7.5.1)}$$

$$\frac{1068}{16} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$$66,75 \leq 82,97 \rightarrow \text{OK}$$

- Sayap :

$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}} \dots \text{(SNI 03-1729 Psl. 7.6.4 tabel 7.5.1)}$$

$$\frac{450}{2 \times 38} \leq \frac{170}{\sqrt{410}}$$

$$5,92 \leq 8,40 \rightarrow \text{OK}$$

Penampang kompak :  $M_n = M_p$

### b. Kontrol Tekuk Lateral

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

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{fy}} \dots \text{SNI 03-1729 Psl. 8.3.3 Tbl. 8.3.2}$$

$$= 1,76 \times 10,66 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$= 414,374 \text{ cm}$$

$L_b < L_p \rightarrow$  **Bentang Pendek**

Karena bentang pendek maka.

$$M_n = M_p$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= f_y \times Z_x \\
 &= 4.100 \times 22.403 = 91.852.300 \text{ kg.cm} \\
 \phi M_n &= 0.9 \times 91.852.300 = 82.667.070 \text{ kg.cm} \\
 &= 8.266,7 \text{ kNm} \\
 M_u &= M_{q_{D1}} + M_L \\
 &= 1.699,91 + 5.949,45 \\
 &= 7.649,36 \text{ kNm} \\
 \phi M_n &\geq M_u \quad \dots \text{ OK}
 \end{aligned}$$

### 5.2.2.1 Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\phi \times M_n} \leq 1$$

$$\frac{7649.36}{0.9 \times 91852300} \leq 1$$

$$0.925 < 1 \dots \text{OK}$$

### 5.2.3 Kontrol Geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan, dapat digambarkan seperti berikut :

- a. Akibat beban lajur "D" (BTG + BTR)

$$\begin{aligned}
 V_{a_{\max}} &= (P_1 \times l) + (q_{L_1} \times \frac{1}{2} \lambda \times l) \\
 &= (114,66 \times 16,8) + (52,6 \times 0,5 \times 16,8) \\
 &= 2057,913 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Akibat beban truk "T"

$$\begin{aligned} V_{a_{\max}} &= T \times (1 + DLA) \times l \\ &= 112,5 \times (1 + 0,3) \times 5 = 263,25 \text{ kN} \end{aligned}$$

Jadi  $V_a$  yang terbesar adalah akibat beban Lalu lintas "D"

$$\bullet \quad \frac{h}{t_w} \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \dots\dots\dots (\text{RSNI T-03-2005, 7.8.2})$$

$$\frac{1068}{16} \leq 1,10 \sqrt{\frac{10,7 \times 2000000}{4100}} \rightarrow k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} =$$

$$10,7$$

$$66,75 < 79,48 \dots\dots \text{OK}$$

$$\bullet \quad V_u \leq V_n$$

$$V_u \leq 0,6 f_y A_w \dots\dots\dots (\text{RSNI T-03-2005, 7.8.3})$$

dimana,  $A_w = d \times t_b$

$$2057,9 \leq 0,6 \times 4100 \times 17088 \times 0,75$$

$$2057,9 \text{ kN} < 3153 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

## 5.2.4 Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

Menurut **SNI T-03-2005 ps. 8.2.1** lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari :

- 1/5 bentang gelagar
- Jarak antar gelagar

Sehingga, tebal efektif beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- $be_1 \leq S$   
 $\leq 500 \text{ cm}$
- $be_2 \leq \frac{L}{5}$   
 $\leq \frac{1680}{5} = 336 \text{ cm}$

Dimana :

S = Jarak antar gelagar melintang

L = Lebar jembatan

Untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil yaitu 336 cm.

Cek kriteria penampang

$$h = d - 2(38 + 28)$$

$$= 1200 - 2(38 + 28) = 1068 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

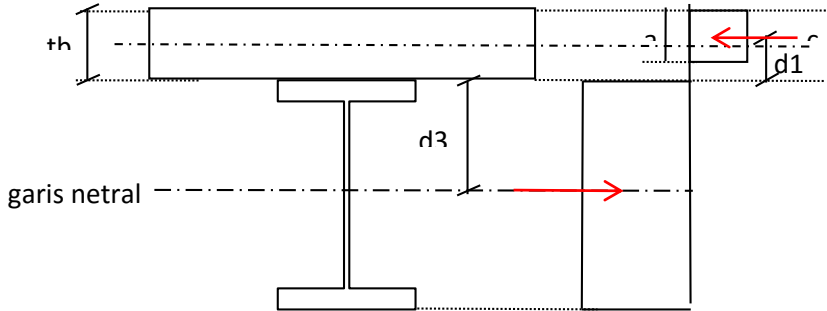
$$\frac{1068}{16} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$66,75 \leq 82,97 \dots$  penampang kompak

b. Menentukan Letak Garis Netral

- Luas beton :

$$A_C = b_{\text{eff}} \times t_b = 336 \times 25 = 8400 \text{ cm}^2$$



**Gambar 5. 15 Tegangan Komposit**

- Luas baja :

$$A_s = 524.34 \text{ cm}^2$$

$$C_1 = A_s \times f_y$$

$$= 524,34 \times 4100 = 2.149.794 \text{ kg}$$

$$C_2 = 0,85 \times f'_c \times A_c$$

$$= 0,85 \times 300 \times 8400 = 2.142.000 \text{ kg}$$

Nilai C diambil yang terkecil 2084235 kg. Maka dapat disimpulkan letak garis netral berada pada pelat beton.

- Menentukan jarak-jarak dari centroid gaya-gaya yang bekerja

$$a = \frac{C}{0,85 \times f'_c \times b \times e}$$

$$a = \frac{2142000}{0,85 \times 300 \times 336}$$

$$= 25 \text{ cm}$$

$$d1 = t_b - \frac{a}{2} = 25 - \frac{25}{2} = 12,5 \text{ cm}$$

$d_2 = 0$  ... karena baja tidak mengalami tekan

$$d_3 = \frac{D}{2} = \frac{120}{2} = 60 \text{ cm}$$

- Perhitungan momen

$$M_n = C_2 \times (d_1 + d_2) + P_y \times (d_3 - d_2)$$

$$P_y = A_s \times f_y$$

$$= 2084235 \text{ kg}$$

$$M_n = 2142000 \times (12.5 + 0) + 2149794 \times (60 - 0)$$

$$= 155.762.640 \text{ kg.cm}$$

$$\phi.M_n = 0,85 \times 155762640 = 132.398.244 \text{ kg.cm}$$

$$= 13.496,25 \text{ kN.m}$$

### 5.2.5 Kontrol Lendutan

Persyaratan untuk balok :

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{800} = \frac{1680}{800} = 2.1 \text{ cm}$$

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{210000}{4700 \times \sqrt{30}} = 7,77$$

$$\text{Lebar efektif setelah komposit} = \frac{bE}{n} = \frac{336}{7,77} = 43,25 \text{ cm}$$

**Tabel 5. 2 Perhitungan Modulus Elastisitas Penampang Komposit**

Komponen	A	y	A x y	Io	d	Io + A .d <sup>2</sup>
	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>4</sup>
Beton	1.081	13	13.515	56.313	24	662.442
Profil WF	524	85	44.569	1.344.207	49	2.594.063
Jumlah	<b>1.606</b>		<b>58.084</b>			<b>3.256.505</b>

$$\bar{y} = \frac{\Sigma A \times y}{\Sigma A} = \frac{58.084}{1.606} = 36,18 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban hidup

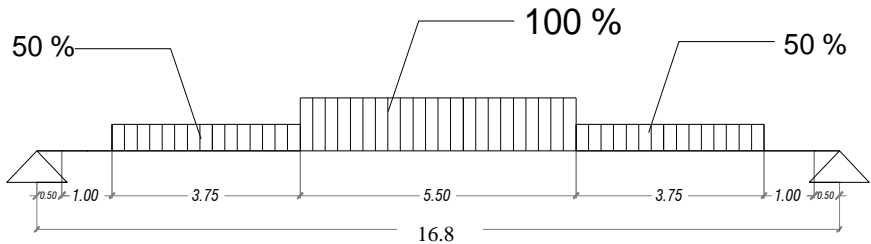
$$\delta = \frac{5}{384} \times \frac{qL\lambda^4}{Ei_x}$$

$$\delta = \frac{5}{384} \times \frac{167.310 \times 1380^4}{210000 \times 3224004}$$

$$= 1.21 \text{ cm}$$

$$1.21 < 2.1 \rightarrow \text{OK}$$

Lendutan akibat beban hidup (BTG + BTR) ditunjukkan seperti gambar di bawah ini :



**Gambar 5. 16 Beban Akibat BTG dan BTR**

Lendutan yang terjadi didapatkan dengan rumus :

$$\delta = \frac{P_1 \times (a^2 \times b^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_2 \times (c^2 \times d^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_3 \times (b^2 \times a^2)}{3 \times E \times I \times L}$$

Dengan,

$$P_1 = P_3 = 50\% \times D \times 1,00$$

$$= 50\% \times 16.731 \times 3,75$$

$$= 31.370,63 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
 P_2 &= D \times 5,50 \\
 &= 16.731 \times 5,50 \\
 &= 92020,50 \text{ Kg} \\
 a &= 327,50 \text{ cm} \\
 b &= 1352,50 \\
 c = d &= 840,00
 \end{aligned}$$

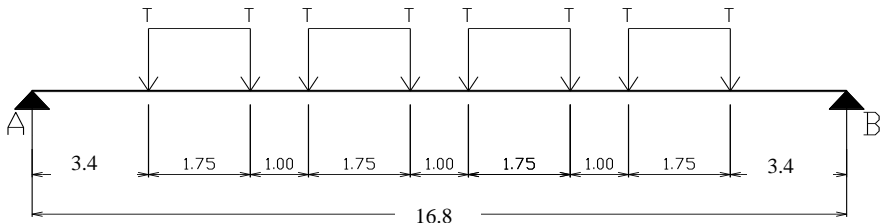
$$\begin{aligned}
 E &= \text{Modulus Elastisitas Baja} \\
 &= 2.100.000 \text{ Kg/cm}^2 \\
 I &= \text{Inersia Komposit} \\
 &= 3.224.003,70 \text{ cm}^4 \\
 L &= \text{Lebar Jembatan} \\
 &= 1680 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lendutan akibat } P_1 \text{ dan } P_3 &= \frac{31.370,63 \times (327,50^2 \times 1352,50^2)}{3 \times 2100000 \times 3.224.003,70 \times 1680} \\
 &= 0,18 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lendutan akibat } P_2 &= \frac{92.020,50 \times (1352,50^2 \times 840^2)}{3 \times 2100000 \times 3.224.003,70 \times 1680} \\
 &= 1,34 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total lendutan akibat beban BTG + BTR} &= (2 \times 0,18) + 1,34 \\
 &= 1,70 \text{ cm} \dots < \delta_{ijin}
 \end{aligned}$$

Lendutan akibat beban Truk ditunjukkan seperti gambar di bawah ini :



**Gambar 5. 17 Akibat Beban truk**



Lendutan yang terjadi didapatkan dengan rumus :

$$\delta = \frac{P_1 \times (a^2 \times b^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_2 \times (c^2 \times d^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_3 \times (e^2 \times f^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_4 \times (g^2 \times h^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_5 \times (g^2 \times h^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_6 \times (e^2 \times f^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_7 \times (c^2 \times d^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_8 \times (a^2 \times b^2)}{3 \times E \times I \times L}$$

Dengan,

$$P1 = P2 = P3 = P4 = P5 = P6 = P7 = P8 = 26325,00 \text{ Kg}$$

$$a = 340 \text{ cm}$$

$$b = 1340 \text{ cm}$$

$$c = 515 \text{ cm}$$

$$d = 1165 \text{ cm}$$

$$e = 615 \text{ cm}$$

$$f = 1065 \text{ cm}$$

$$g = 790 \text{ cm}$$

$$h = 890 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan akibat } P1 \text{ dan } P8 &= \frac{26325 \times (340^2 \times 1340^2)}{3 \times 2100000 \times 3.224.003,70 \times 1680} \\ &= 0,16 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan akibat } P2 \text{ dan } P7 &= \frac{26325 \times (515^2 \times 1165^2)}{3 \times 2100000 \times 3.224.003,70 \times 1680} \\ &= 0,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan akibat } P3 \text{ dan } P6 &= \frac{26325 \times (615^2 \times 1065^2)}{3 \times 2100000 \times 3.224.003,70 \times 1680} \\ &= 0,30 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lendutan akibat } P4 \text{ dan } P5 &= \frac{26325 \times (790^2 \times 890^2)}{3 \times 2100000 \times 3.224.003,70 \times 1680} \\ &= 0,34 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total lendutan akibat beban BTG + BTR} &= (2 \times 0,16) + (2 \times 0,22) \\ &+ (2 \times 0,30) + (2 \times 0,34) \end{aligned}$$

$$= 2,0 \text{ cm} \dots < \delta_{ijin}$$

## 5.2.6 Shear Connector Balok Melintang

### ➤ Data-data

Tebal slab	$h_c$	= 25 cm
Jarak	$S=bo$	= 500 cm
Panjang bentang	$L$	= 16,8 m

### ➤ Data Material

#### - Beton

Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) = 30 Mpa

Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) =  $4700\sqrt{f_c'}$  =  
25742,96Mpa

Berat Beton bertulang  $W_c = 25 \text{ kN/m}^3$

#### - Baja Tulangan

Tegangan leleh baja  $f_y = 400 \text{ Mpa}$

Diameter tulangan  $\emptyset = 13 \text{ mm}$

#### - Baja Profil

Mutu baja BJ 55

Tegangan leleh baja  $f_y = 410 \text{ Mpa}$

Modulus Elastisitas  $E = 200000 \text{ Mpa}$

Profil WF 450 200 9 14

$h_s = 1068 \text{ mm}$

$A_s = 524,34 \text{ cm}^2$

### ➤ Lebar efektif penampang komposit

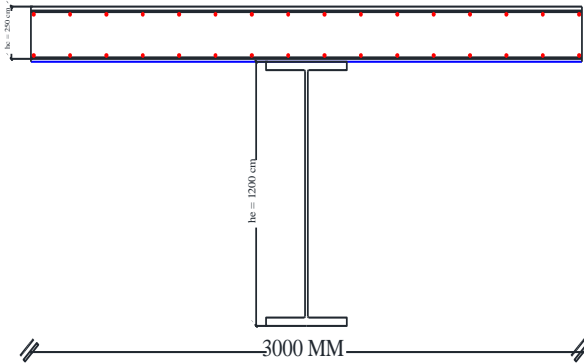
Lebar efektif (RSNI T-03-2005)

$b_E = L/5 = 16,8 \text{ m} / 5 = 3,36 \text{ meter}$

$b_E = bo = 5 \text{ meter}$

$b_E = 12 \times hc = 12 \times (0,25 \text{ m}) = 3 \text{ meter}$

Sehingga diambil yang terkecil 3 meter



**Gambar 5. 18 Kondisi Komposit Melintang**

Misal pada lebar efektif 300 cm terdapat 17 buah tulangan  $\emptyset$  16 mm atas dan 17 buah tulangan  $\emptyset$  16 mm pada bagian bawah

- **Kekuatan plastis dan garis netral plastis**  
Anggap garis netral plastis ada pada gelagar
- Kekuatan tekanan pada plat lantai, (C)

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot B_e \cdot h_c + (A \cdot f_y)c$$

Dimana:

$$\begin{aligned} (A \cdot f_y)c &= (17+17) \cdot \frac{1}{4} \pi (16\text{mm})^2 (400 \text{ Mpa}) \\ &= 2.733.056 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,85 \cdot f_c' \cdot b_E \cdot h_c &= 0,85 (30\text{Mpa}) \cdot (3000 \text{ mm}) \cdot (250\text{mm}) \\ &= 19.125.000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= 2.733.056 \text{ N} + 19.125.000 \text{ N} \\ &= 21.858.056 \text{ N} \end{aligned}$$

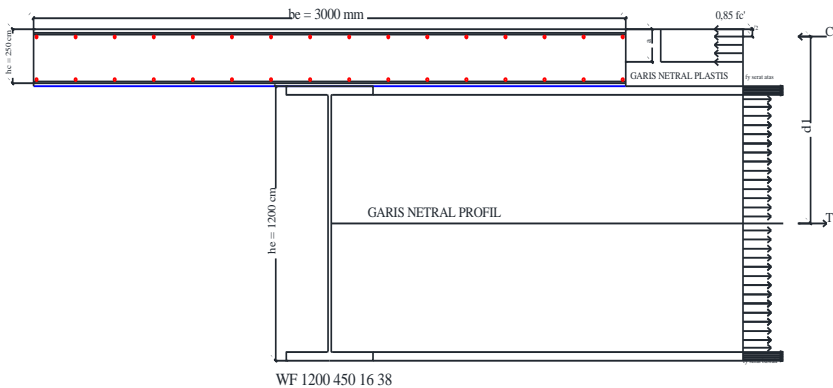
- Kekuatan tarikan pada gelagar (T)

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot F_y \\ &= (524,34 \times 100 \text{ mm}^2) \cdot (410 \text{ Mpa}) \\ &= 21.497.940 \text{ N} < C \text{ (OK)} \end{aligned}$$

- Kedalaman daerah tekan pada lantai

$$\begin{aligned} a &= \frac{T - (A_s \cdot f_y) \cdot c}{0,85 \cdot f_c \cdot b_E} \\ &= \frac{21.497.940 \text{ N} - 2.733.056 \text{ N}}{0,85 \times 30 \text{ Mpa} \times 3000 \text{ mm}} \\ &= 245,29 \text{ mm} < 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_1 &= \frac{hs}{2} + hc - \frac{a}{2} = \frac{1068 \text{ mm}}{2} + 250 \text{ mm} - \frac{245,29 \text{ mm}}{2} \\ &= 661,35 \text{ mm} \end{aligned}$$



**Gambar 5. 19 Diagram Tegangan Plastis Melintang**

➤ Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur nominal

$$\begin{aligned} M_s &= T \times d_l \\ &= 21.497.940 \times 661,4 \text{ mm} \\ &= 14.217.742.147 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kuat Lentur rencana

$$\begin{aligned} M_u &= \phi \times M_s \\ &= 0,9 \times 14.217.742.147 \text{ Nmm} \\ &= 12.795.967.933 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

➤ Penghubung Geser(Shear connector)

Berdasarkan RSNI T-03-2005

Gaya geser longitudinal dalam keadaan batas (ultimit),

$$V_L = T = 21.497.940 \text{ N}$$

Gaya Geser rencana,

$$V_{LS} = \frac{V_L}{\phi} = \frac{21.497.940 \text{ N}}{0,75} = 28.663.920 \text{ N}$$

Syarat-syarat :

Dipakai konektor 16 x 75

$$D = 16 \text{ mm} < 38 \text{ mm} \rightarrow (\text{OK})$$

$$L = 75 \text{ mm}$$

Jarak antara konektor stud,

$$4. \quad 600 \text{ mm} \qquad \qquad \qquad = 60 \text{ cm, atau}$$

$$5. \quad 2 \times h_c = 2 \times (250\text{mm}) = 500 \text{ mm} = 50\text{cm}$$

$$6. \quad 4 \times L = 4 \times (75\text{mm}) = 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$$



**Gambar 5. 20 Stud Connector Melintang**

Mutu Baja konektor, BJ-55

Tegangan putus,  $f_u = 550$  Mpa

Kekuatan geser satu konektor stud,

$$\begin{aligned} V_{su} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot f_u \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16\text{mm})^2 \cdot (550 \text{ Mpa}) \\ &= 110.528 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah konektor stud

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_{LS}}{0,55 \cdot V_{SU}} = \frac{28.663.920 \text{ N}}{0,55 \cdot 110.528 \text{ N}} \\ n &= \frac{28.663.920 \text{ N}}{60.790 \text{ N}} \\ &= 472 \text{ buah (untuk 2 baris)} \\ &= 236 \text{ buah (untuk 1 baris)} \end{aligned}$$

Rencanakan 1 baris konektor stud 236 buah sepanjang

bentang gelagar 16,8 meter,

Jarak terjauh antara konektor

$$= (1680\text{cm}) / (236 \text{ buah}) = 7\text{cm} < 30 \text{ cm}$$

Sehingga dipasang dengan jarak 7 cm = 70 mm

### Sambungan Gelagar Memanjang - Gelagar Melintang

Alat sambung yang digunakan adalah baut mutu tinggi (HTB) yang perencanaannya berdasarkan AISC – LRFD,

- Kekuatan geser nominal satu baut dalam sambungan tipe friksi sebagai berikut :

$$R_n = \phi 1,13 \mu m T_b \rightarrow (T_b = 70\% \cdot f_u^b \times 0,75 \cdot A_b)$$

Dimana,

$\mu$  = 0,35 koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih,

$m$  = adalah jumlah bidang geser

$T_b$  = adalah gaya tarik baut minimum

$\phi$  = 1,0 untuk lubang standar

$\phi$  = 0,85 untuk lubang selot pendek dan lubang besar

$\phi$  = 0,70 untuk lubang selot panjang tegak lurus arah kerja gaya

$\phi$  = 0,60 untuk lubang selot panjang sejajar arah kerja

Data – data perencanaan :

- Profil gelagar memanjang WF 450 x 200 x 9 x 14
- Pelat penyambung  $\rightarrow t_p = 10 \text{ mm}$  ; BJ 55
- Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325  
 $\Phi$  lubang =  $24 + 2 = 26 \text{ mm}$  (dibor)  
 Sambungan pada gelagar memanjang (2 bidang geser)

#### ➤ Sambungan pada gelagar memanjang

-  $V_u = 103.658,25 \text{ Kg}$

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 15.498,94 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{103.658,25}{15.498,94}$$

$$= 8 \text{ baut (tiap sisi 4 baut)}$$

Pemakaian baut ini dibagi antara web dengan flens :  
Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p+100)$$

Jadi :

$$7,2 \text{ cm} \leq 6 \leq 15 \text{ cm}$$

$$3,6 \text{ cm} \leq 6 \leq 14 \text{ cm}$$

- Kontrol pelat siku

- Luas geser pelat siku L 300 100 10

$$A_{nv} = L_{mv} \times t_L$$

$$= (L - n - d_1) \times t_L$$

$$= (30 - 4 - 2,6) \times 1$$

$$= 23,4 \text{ cm}^2$$

- Kuat rencana

$$\phi R_n = \phi \times 0,6 \times f_u \times A_{nv}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 5500 \times 23,4$$

$$= 57.915 \text{ kg}$$

Karena 2 siku maka :

$$2 \phi R_n > P_u$$

$$2 \times 57.915 > 103.658,25 \text{ kg}$$

$$115.830 > 103.658,25 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$



### 5.2.7 Sambungan Gelagar Melintang – Batang Tarik

Dari hasil perhitungan, didapat gaya tekan pada batang horizontal ( gelagar melintang ) yaitu sebesar :

Gaya yang diterima Gelagar melintang:

$$P = 133.988,33 \text{ kg}$$

Profil WF 1200 x 450 x 16 x 38

Direncanakan :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  A325

Pelat  $\rightarrow t_p = 20 \text{ mm}$  BJ 55

#### Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594$$

$$= 15.498,94 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 15.498,94$$

$$= 15.498,94 \text{ kg}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{133.988,33}{15.498,94}$$

$$= 10 \text{ baut (tiap sisi 5 baut)}$$

Pemakaian baut ini dibagi antara web dengan flens :

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$$

Jadi :

$$7,2 \text{ cm} \leq 18 \leq 30 \text{ cm}$$

$$3,6 \text{ cm} \leq 20 \leq 18 \text{ cm}$$

- Kontrol pelat siku
  - Luas geser pelat siku L 1124 150 20
 
$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{mv} \times t_L \\ &= (L - n - d_1) \times t_L \\ &= (112,4 - 5 - 2,6) \times 2 \\ &= 214,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
  - Kuat rencana
 
$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 5500 \times 214,8 \\ &= 513.630 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena 2 siku maka :

$$\begin{aligned} 2 \phi R_n &> P_u \\ 2 \times 513.630 &> 133.988,33 \text{ kg} \\ 1.063.260 &> 133.988,33 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

### 5.2.8 Sambungan Gelagar Melintang – Batang Tarik

Dari hasil perhitungan, didapat gaya tekan pada batang horizontal ( gelagar melintang ) yaitu sebesar :

Gaya yang diterima Gelagar melintang:

$$P = 133.988,33 \text{ kg}$$

Profil WF 1200 x 450 x 16 x 38

Direncanakan :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  A325

Pelat  $\rightarrow t_p = 20 \text{ mm}$  BJ 55

#### Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut
 
$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$
- $V_d = \phi V_n$ 

$$\begin{aligned} &= 1,0 \times 15.498,94 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{V_u}{V_d} = \frac{133.988,33}{15.498,94}$$

$$= 10 \text{ baut (tiap sisi 5 baut)}$$

Pemakaian baut ini dibagi antara web dengan flens :  
Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p+100)$$

Jadi :

$$7,2 \text{ cm} \leq 18 \leq 30 \text{ cm}$$

$$3,6 \text{ cm} \leq 20 \leq 18 \text{ cm}$$

- Kontrol pelat siku

- Luas geser pelat siku L 1124 150 20

$$A_{nv} = L_{mv} \times t_L$$

$$= (L - n - d_1) \times t_L$$

$$= (112,4 - 5 - 2,6) \times 2$$

$$= 214,8 \text{ cm}^2$$

- Kuat rencana

$$\phi R_n = \phi \times 0,6 \times f_u \times A_{nv}$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 5500 \times 214,8$$

$$= 513.630 \text{ kg}$$

Karena 2 siku maka :

$$2 \phi R_n > P_u$$

$$2 \times 513.630 > 133.988,33 \text{ kg}$$

$$1.063.260 > 133.988,33 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

## BAB VI KONSTRUKSI PEMIKUL UTAMA

### 6.1 Umum

- Konstruksi pemikul utama merupakan bagian terakhir dari konstruksi bagian atas jembatan yang menerima seluruh beban yang ada pada lantai kendaraan kemudian diteruskan ke tumpuan.
- Bentuk konstruksi pemikul utama yang dipilih sesuai dengan kriteria yang ada pada bagian bab I adalah konstruksi busur dengan batang tarik. Pendekatan pertama bentuk geometrik busur sebagai persamaan parabola.

$$f = 20 \text{ m} \rightarrow \text{syarat : } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \dots (\text{A. Hool \& W.S Kinne})$$

$$\text{untuk } \frac{f}{L} = \frac{20}{100} = 0.2 \leq 0.2 \dots \text{OK}$$

$$h = 4 \text{ m} \rightarrow \text{syarat : } \frac{1}{40} \leq \frac{h}{L} \leq \frac{1}{25} \dots (\text{A. Hool \& W.S Kinne})$$

$$\text{untuk } \frac{h}{L} = \frac{4}{100} = 0.04 \leq 0.04 \dots \text{OK}$$

Konstruksi pemikul utama ini terdiri dari :

1. Batang penggantung

Batang penggantung merupakan konstruksi penggantung antara konstruksi lantai kendaraan dengan konstruksi pemikul yang berupa busur.

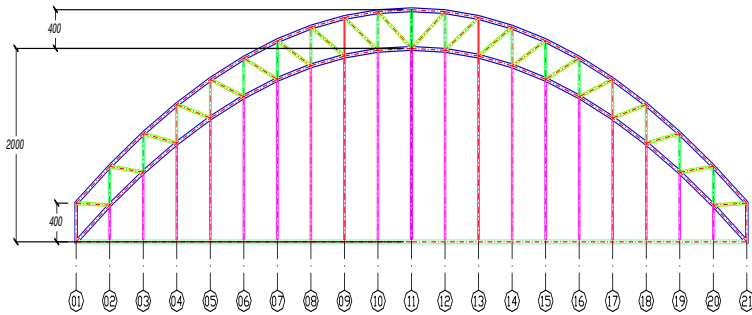
2. Konstruksi busur

Konstruksi pemikul utama yang berbentuk busur ini mempunyai keuntungan yaitu dengan adanya bentuk busur akan terjadi pengurangan momen di lapangan akibat gaya reksi H dan gaya normal pada penampang busur relatif lebih berperan daripada gaya momen, sehingga bentuk busur ini cukup relatif untuk bentang yang panjang.

Penampang busur ini direncanakan menggunakan konstruksi dari rangka.

## 6.2 Batang Penggantung

Panjang dari batang penggantung dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometrik busur.



**Gambar 6. 1 Konstruksi Pemikul Utama**

Persamaan parabola :

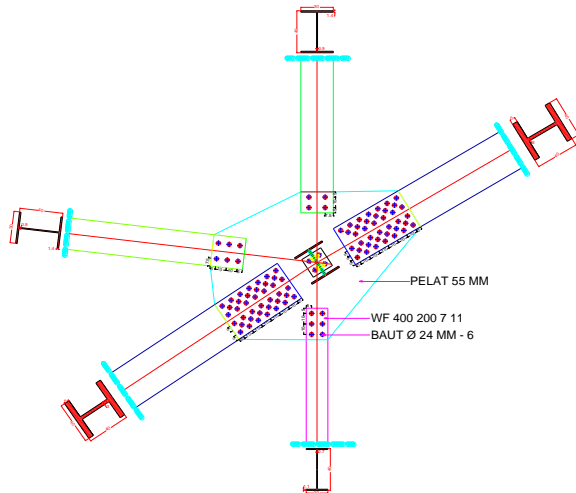
$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2} \dots \dots \text{(A. Hool \& W.S Kinne)}$$

$$L = 100 \text{ m} \quad ; \quad f = 20 \text{ m} \quad ; \quad Y_n' = f - Y_n$$

**Tabel 6. 1 Panjang Penggantung**

TITIK	SEGMENT	X	Y <sub>n</sub>
		m	m
1	-	0	0
2	1-2	5	3.8
3	2-3	10	7.2
4	3-4	15	10.2
5	4-5	20	12.8
6	5-6	25	15
7	6-7	30	16.8
8	7-8	35	18.2
9	8-9	40	19.2
10	9-10	45	19.8
11	10-11	50	20
12	11-12	55	19.8
13	12-13	60	19.2
14	13-14	65	18.2
15	14-15	70	16.8
16	15-16	75	15
17	16-17	80	12.8
18	17-18	85	10.2
19	18-19	90	7.2
20	19-20	95	3.8
21	20-21	100	0

Profil yang dipakai WF 400 x 300 x 9 x 14 dengan data – data sebagai berikut :



**Gambar 6. 2 Detail Sambungan WF 400 300 9 14**

Profil Yang Dipakai WF 400 300 9 14

$g$	$= 94,30 \text{ kg/m}$	;	$I_x$	$= 33700 \text{ cm}^4$
$A$	$= 120,10 \text{ cm}^2$	;	$I_y$	$= 6420 \text{ cm}^4$
$i_x$	$= 16,70 \text{ cm}$	;	$Z_x$	$= 1740 \text{ cm}^3$
$i_y$	$= 7,21 \text{ cm}$	;	$Z_y$	$= 418 \text{ cm}^3$
$d$	$= 400 \text{ mm}$	;	$t_f$	$= 14 \text{ mm}$
$b$	$= 300 \text{ mm}$	;	$t_w$	$= 9 \text{ mm}$
$r$	$= 20 \text{ mm}$			

Kontrol tegangan diambil pada batang tarik terpanjang yaitu :

$$L = 20 \text{ m}$$

$$P = 134.673,08 \text{ Kg (Frame 10)}$$

- Kelangsingan Sebagai batang Tarik

Panjang tekuk :

$$L_x = 20 \text{ m} = 2000 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_{\min}}$$

$$= \frac{2000}{7,21} = 277,39 \text{ cm} < 300$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\phi P_n = \phi \times f_y \times A_g \text{ ,,,, (LRFD 10,1,1-2,a)}$$

$$= 0,9 \times 4100 \times 120,10$$

$$= 547.122,2 \text{ kg} > 134. 673,08 \text{ Kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 120,10 - (2 \times 2,4 \times 1,4) = 113,38 \text{ cm}^2$$

$$A_n 85\% = 113,38 \times 0,85 = 96,37 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{7,5}{2000}$$

$$= 1,00$$

$$A_e = U \times A_n = 1,00 \times 96,4$$

$$= 96 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = \phi \times f_u \times A_e \text{ ,,,, (LRFD 10,1,1-2,b)}$$

$$= 0,75 \times 5500 \times 96$$

$$= 396.047,86 \text{ kg} > 134. 673,08 \text{ Kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{134.673,08}{396.047,86} = 0,34 \leq 1 \text{ ...OK}$$



- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$A_{gt} = 2 \times (7,5 \times 1,4) = 21 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 2 \times (21 - 0,5 \times 2,4) \times 1,4 = 17,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 2 \times (105 \times 1,4) = 294 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times (294 - 5,5 \times 2,4) \times 1,4 = 257,04 \text{ cm}^2$$

$$f_u \times A_{nt} = 5500 \times 17,6 = 97.020 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times A_{nv} = 0,6 \times 5500 \times 257,04 = 848.232 \text{ kg}$$

Karena putus tarik > putus geser

$$P_n = (0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})$$

$$= (848.232) + (4100 \times 21)$$

$$= 934.332 \text{ kg} > 134.673,08 \text{ kg} \rightarrow \text{OK!!}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325

- Pelat  $\rightarrow t_p = 10 \text{ mm}$  ; BJ 55

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594,1$$

$$= 15.498,9 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 15.498,9$$

$$= 15.498,9 \text{ kg}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{134.638,63}{15.498,9}$$

$$= 12 \text{ (tiap sisinya 6 baut)}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$$

Jadi :

$$7,2 \text{ cm} \leq 10 \leq 15 \text{ cm}$$

$$3,6 \text{ cm} \leq 7,5 \leq 14 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$A_b = t_p \times L$$

$$= 1 \times 30$$

$$= 30 \text{ cm}^2$$

- Luas penampang netto

$$A_{net} = A_b - (n \times d_l \times t_p)$$

$$= 30 - (2 \times 2,4 \times 1)$$

$$= 25,2 \text{ cm}^2$$

- Ru baut =  $n \times \phi \times R_n$

$$= 6 \times 1 \times 15499$$

$$= 92.994 \text{ Kg}$$

- Ru plat =  $A_{net} \times \phi \times f_u$

$$= 25,2 \times 0,75 \times 5500$$

$$= 103.950 \text{ Kg}$$

$$R_u \text{ plat} > R_u \text{ Baut}$$

$$103.950 \text{ Kg} > 92.99 \text{ Kg (OK)}$$

## 6.3 Konstruksi Busur

### 6.3.1 Bentuk Geometrik Busur

Persamaan parabola :

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X}{L^2} (L - X)$$

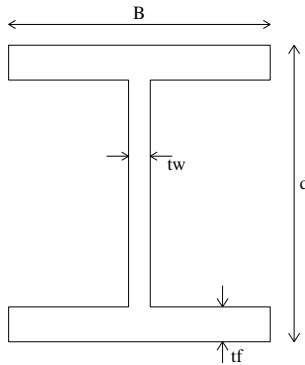
$$L = 120 \text{ m} ; f = 24 \text{ m} ; Y_n' = f - Y_n$$

$$\Delta S_n = \sqrt{(Y_n' - Y_{n-1}')^2 + \Delta X^2}$$

**Tabel 6. 2 Persamaan Parabola Busur**

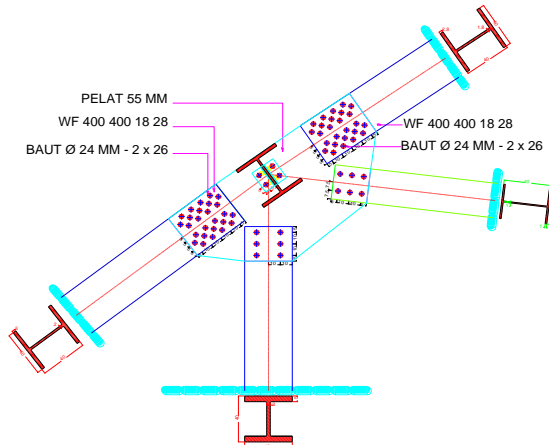
TITIK	SEGMENT	X	$Y_n$	$\Delta S_n$
		m	m	m
1	-	0	0	0
2	1-2	5	3.8	6.28
3	2-3	10	7.2	6.05
4	3-4	15	10.2	5.83
5	4-5	20	12.8	5.64
6	5-6	25	15	5.46
7	6-7	30	16.8	5.31
8	7-8	35	18.2	5.19
9	8-9	40	19.2	5.10
10	9-10	45	19.8	5.04
11	10-11	50	20	5.00
12	11-12	55	19.8	5.00
13	12-13	60	19.2	5.04
14	13-14	65	18.2	5.10
15	14-15	70	16.8	5.19
16	15-16	75	15	5.31
17	16-17	80	12.8	5.46
18	17-18	85	10.2	5.64
19	18-19	90	7.2	5.83
20	19-20	95	3.8	6.05
21	20-21	100	0	6.28

### 6.3.2 Stabilitas Penampang Busur



Gambar 6. 3 Penampang Busur

#### ➤ Kontrol Profil Busur Atas



Gambar 6. 4 Detail Sambungan WF 400 400 18 28

Profil yang dipakai : WF 400 400 18 28

$$A = 295,4 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 232 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ;$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ;$$

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

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

$$h = d - 2 (t_f + r)$$

$$= 400 - 2 \times (28 + 22) = 300 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L_k = 5,83 \text{ m} = 583 \text{ cm}$$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 797.379,14 \text{ Kg (Frame 468)}$$

- Kontrol kelangsingan elemen penampang (RSNI T-03-2005. Tabel 4) :
- a. Pelat Sayap :

Untuk menghindari local buckling,

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{400}{2 \times 28} = 7,14$$

$$\lambda_R = \frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2t_f} = 7,14 \\ \lambda_R = 30,87 \end{array} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- b. Pelat Badan :

Untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan,

$$\frac{h}{t_b} = \frac{300}{18} = 16,67$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_b} = 16,67 \\ \lambda_R = 30,87 \end{array} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{410}} = 32,84$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda = \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{583}{17,7} = 32,94 \leq 140$$

$$\lambda = 32,94$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{32,94}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} = 0,46$$

Untuk :

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,46} = 1,11$$

Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{fy}{\omega} = 295,4 \times \frac{4100}{1,11}$$

$$= 1.092.063,42 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana :

$$N_u = \phi N_n = 0,85 \times 1.092.063,42$$

$$= 797.379,14 \text{ kg} < 928.253,908 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{928.253,908}{797.379,14} = 0,89 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325

Pelat  $\rightarrow t_p = 40 \text{ mm}$  ; BJ 55

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594,1$$

$$= 15.498,94 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 15.498,94$$

$$= 15.498,94 \text{ kg}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{800.687}{19.498,94}$$

$$= 52 \text{ bh (tiap sisinya 26 baut)}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$$

Jadi :

$$7,2 \text{ cm} \leq 12 \leq 60 \text{ cm}$$

$$3,6 \text{ cm} \leq 6 \leq 26 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$A_b = t_p \times L$$

$$= 4 \times 40$$

$$= 160 \text{ cm}^2$$

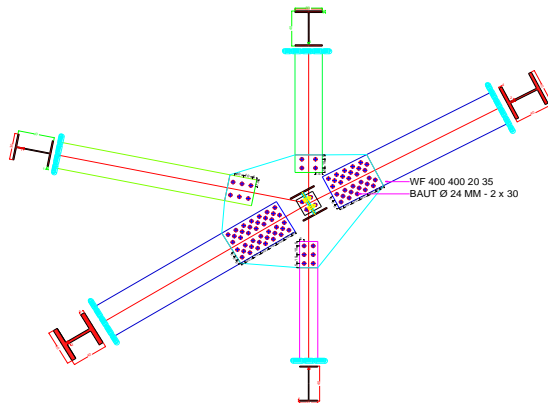
- Luas penampang netto  

$$\begin{aligned} \text{Anet} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\ &= 140 - (6 \times 2,4 \times 4) \\ &= 102,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
  - Ru baut =  $n \times \phi \times R_n$   

$$\begin{aligned} &= 26 \times 1 \times 15499 \\ &= 402.973 \text{ Kg} \end{aligned}$$
  - Ru plat =  $\text{Anet} \times \phi \times f_u$   

$$\begin{aligned} &= 102,4 \times 0,75 \times 5500 \\ &= 422.400 \text{ Kg} \end{aligned}$$
- Ru plat > Ru Baut  
 422.400 Kg > 402.973 Kg (OK)

➤ **Kontrol Profil Busur Bawah**



**Gambar 6. 5 Detail Sambungan WF 400 400 20 35**



Profil yang dipakai : WF 400 400 20 35

$$A = 360,7 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 283 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 18,2 \text{ cm}$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 10,4 \text{ cm}$$

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

$$t_f = 35 \text{ mm}$$

$$h = d - 2 (t_f + r)$$

$$= 400 - 2 \times (35 + 22) = 286 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L_k = 5,64 = 564 \text{ cm}$$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 893.494,81 \text{ Kg (Frame 506)}$$

- Kontrol kelangsingan elemen penampang (RSNI T-03-2005. Tabel 4) :

a. Pelat Sayap :

Untuk menghindari local buckling,

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{400}{2 \times 35} = 5,71$$

$$\lambda_R = \frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87$$

$$\left. \vphantom{\frac{b}{2t_f}} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

c. Pelat Badan :

Untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan,

$$\frac{h}{t_b} = \frac{286}{20} = 14,30$$

$$\lambda_R = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{410}} = 32,84$$

$$\left. \vphantom{\frac{h}{t_b}} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda = \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{564}{10,4} = 54,19 \leq 140$$

$$\lambda = 54,19$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{54,19}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} = 0,76$$

Untuk :

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,76} = 1,31$$

Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{fy}{\omega} = 360,7 \times \frac{4100}{1,31}$$

$$= 1.126.321,70 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana :

$$N_u = \phi N_n = 0,85 \times 1.126.321,70$$

$$= 893.494,8 \text{ kg} < 957.373,44 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{957.373,44}{893.494,8} = 0,93 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325

Pelat  $\rightarrow t_p = 35 \text{ mm}$  ; BJ 55

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594,1 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 15.498,94 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{893.495}{15.498,94} \\ &= 60 \text{ bh (tiap sisinya 30 baut)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 3d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 7,2 \text{ cm} &\leq 12 \leq 67,5 \text{ cm} \\ 3,6 \text{ cm} &\leq 6 \leq 28 \text{ cm} \end{aligned}$$

• Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} A_b &= t_p \times L \\ &= 4,5 \times 40 \\ &= 180 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned} A_{net} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\ &= 180 - (6 \times 2,4 \times 4,5) \\ &= 115,2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Ru baut  $= n \times \phi \times R_n$

$$= 30 \times 1 \times 15499$$

$$= 464.968 \text{ Kg}$$

- Ru plat =  $A_{net} \times \phi \times f_u$

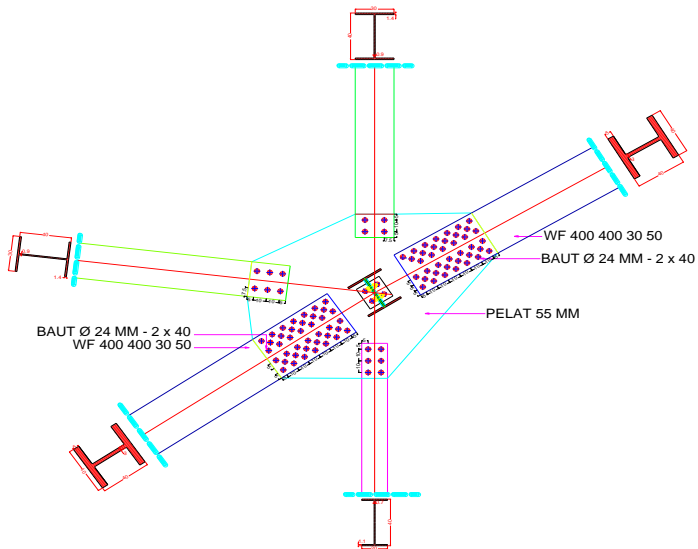
$$= 115,2 \times 0,75 \times 5500$$

$$= 475.200 \text{ Kg}$$

Ru plat > Ru Baut

$$475.200 \text{ Kg} > 464.968 \text{ Kg} \text{ (OK)}$$

➤ **Kontrol Profil Busur Bawah**



**Gambar 6. 6 Detail Sambungan WF 400 400 30 50**

Profil yang dipakai : WF 400 400 30 50

$$A = 528,6 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 415 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 18,8 \text{ cm}$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 10,7 \text{ cm}$$

$$t_b = 30 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}
 h &= d - 2 ( t_f + r ) \\
 &= 400 - 2 \times ( 50 + 22 ) = 256 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 6,05 = 605 \text{ cm}$$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 1.212.731,82 \text{ Kg (Frame 504)}$$

- Kontrol kelangsingan elemen penampang (RSNI T-03-2005. Tabel 4) :

a. Pelat Sayap :

Untuk menghindari local buckling,

$$\begin{aligned}
 \frac{b}{2t_f} &= \frac{400}{2 \times 50} = 4,00 \\
 \lambda_R &= \frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{b}{2t_f} \\ \lambda_R \end{aligned}} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

d. Pelat Badan :

Untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan,

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_b} &= \frac{256}{30} = 8,53 \\
 \lambda_R &= \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{410}} = 32,84
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{h}{t_b} \\ \lambda_R \end{aligned}} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda = \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{605}{10,7} = 56,51 \leq 140$$

$$\lambda = 56,51$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{56,51}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} = 0,80$$

Untuk :

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,80} = 1,34$$

Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{fy}{\omega} = 528,6 \times \frac{4100}{1,34}$$

$$= 1.617.444,97 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana :

$$N_u = \phi N_n = 0,85 \times 1.617.444,97$$

$$= 1.212.731,82 \text{ kg} < 1.374.828,22 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{1.212.731,82}{1.374.828,22} = 0,89 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325

Pelat  $\rightarrow t_p = 60 \text{ mm}$  ; BJ 55

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594,1 \\
 &= 15.498,94 \text{ kg} \\
 V_d &= \phi V_n \\
 &= 1,0 \times 15.498,94 \\
 &= 15.498,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{1.216.697}{15.498,94} \\
 &= 80 \text{ bh (tiap sisinya 40 baut)}
 \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned}
 3d &\leq S \leq 15t_p \\
 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100)
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 7,2 \text{ cm} &\leq 12 \leq 90 \text{ cm} \\
 3,6 \text{ cm} &\leq 5 \leq 34 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned}
 A_b &= t_p \times L \\
 &= 6 \times 40 \\
 &= 240 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned}
 A_{net} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\
 &= 240 - (6 \times 2,4 \times 6) \\
 &= 153,6 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Ru baut =  $n \times \phi \times R_n$

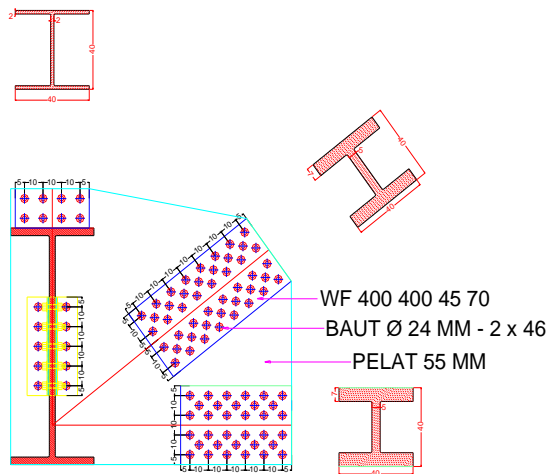
$$\begin{aligned}
 &= 40 \times 1 \times 15499 \\
 &= 619.957,75 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

- Ru plat =  $A_{net} \times \phi \times f_u$

$$\begin{aligned}
 &= 153,6 \times 0,75 \times 5500 \\
 &= 633.600 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Ru plat > Ru Baut  
 633.600 Kg > 619.958 Kg (OK)

➤ **Kontrol Profil Busur Bawah**



**Gambar 6. 7 Detail Sambungan WF 400 400 45 70**

Profil yang dipakai : WF 400 400 45 70

$$A = 770,1 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 605 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 19,7 \text{ cm}$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 11,1 \text{ cm}$$

$$t_b = 45 \text{ mm}$$

$$t_f = 70 \text{ mm}$$

$$h = d - 2 (t_f + r)''$$

$$= 400 - 2 \times (70 + 22) = 216 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :



$$L_k = 6,28 = 628 \text{ cm}$$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 1.415.084,29 \text{ Kg}$$

- Kontrol kelangsingan elemen penampang (RSNI T-03-2005. Tabel 4) :

a. Pelat Sayap :

Untuk menghindari local buckling,

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{400}{2 \times 70} = 2,86 \\ \lambda_R &= \frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

e. Pelat Badan :

Untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan,

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_b} &= \frac{216}{45} = 4,80 \\ \lambda_R &= \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{410}} = 32,84 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda = \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{628}{11,1} = 56,58 \leq 140$$

$$\lambda = 56,58$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{56,58}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} = 0,80$$

Untuk :

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,80} = 1,34$$

Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 770,1 \times \frac{4100}{1,34}$$

$$= 2.354.976,46 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana :

$$N_u = \phi N_n = 0,85 \times 2.354.976,46$$

$$= 1.415.084,29 \text{ kg} < 2.001.729,99 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{1.415.084,29}{2.001.729,99} = 0,72 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325

Pelat  $\rightarrow t_p = 70 \text{ mm}$  ; BJ 55

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594,1$$

$$= 15.498,94 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 15.498,94$$

$$= 15.498,94 \text{ kg}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{1.419.553}{15.498,94}$$

$$= 92 \text{ bh (tiap sisinya 46 baut)}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$2,5d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$$

Jadi :

$$5,5 \text{ cm} \leq 12 \leq 105 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 6 \leq 38 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$A_b = t_p \times L$$

$$= 7 \times 40$$

$$= 280 \text{ cm}^2$$

- Luas penampang netto

$$A_{net} = A_b - (n \times d_l \times t_p)$$

$$= 280 - (6 \times 2,4 \times 7)$$

$$= 179,2 \text{ cm}^2$$

- Ru baut =  $n \times \phi \times R_n$

$$= 46 \times 1 \times 15499$$

$$= 712.951,41 \text{ Kg}$$

- Ru plat =  $A_{net} \times \phi \times f_u$

$$= 179,2 \times 0,75 \times 5500$$

$$= 739.200 \text{ Kg}$$

$$R_u \text{ plat} > R_u \text{ Baut}$$

$$739.200 \text{ Kg} > 712.951 \text{ Kg (OK)}$$

## 6.4 Portal Akhir

### ➤ Balok Portal Akhir

Dari SAP 2000, beban yang bekerja pada balok sebesar :

$$N = 14.499,54 \text{ kg}$$

$$V = 4.555,09 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = 31.219,09 \text{ kg.m}$$

Digunakan profil WF 400 x 400 x 18 x 28 dengan,  
mutu baja BJ 55

$$\begin{aligned} A &= 295,40 \text{ cm}^2 & ; & & g &= 232 \text{ kg/m} \\ d &= 400 \text{ mm} & ; & & i_x &= 17,70 \text{ cm} \\ b &= 400 \text{ mm} & ; & & i_y &= 10,20 \text{ cm} \\ t_b &= 18 \text{ mm} & ; & & I_x &= 92800,00 \text{ cm}^4 \\ t_f &= 28 \text{ mm} & ; & & I_y &= 31000,00 \text{ cm}^4 \\ Z_x &= 4480,00 \text{ cm}^3 & ; & & Z_y &= 1530,00 \text{ cm}^3 \\ S_x &= 4640,00 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

#### • Kontrol lendutan

$$\bar{f} = \frac{L}{300} = \frac{1680}{300} = 5,60 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5 M_0 L^2}{48 E I_x}$$

$$= \frac{5 \times 35.062,11 \times 1680^2}{48 \times 2,0 \times 10^6 \times 92800}$$

$$= 0,49 < 5,60 \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol penampang profil

Flens :

$$\frac{b}{2tf} = \frac{400}{2 \times 28} = 7,143$$

$$\lambda_P = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,3$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2tf} < \lambda_P \rightarrow \text{OK} \\ \frac{b}{2tf} < \lambda_P \rightarrow \text{OK} \end{array} \right\}$$

Web :

$$\frac{h}{tb} = \frac{400}{18} = 19,11$$

$$\lambda_P = \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{410}} = 32,84$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{tb} < \lambda_P \rightarrow \text{OK} \\ \frac{h}{tb} < \lambda_P \rightarrow \text{OK} \end{array} \right\}$$

maka (Penampang kompak,)

- Kontrol lateral buckling

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 10,20 \times \sqrt{\frac{2,0 \times 10^6}{4100}}$$

$$= 396,493 \text{ cm}$$

$$J = \frac{1}{3} d \cdot tb^3 + \frac{2}{3} b \cdot tf^3$$

$$= \left[ \frac{1}{3} \times 34,4 \times 1,8^3 \right] + \left[ \frac{2}{3} \times 40 \times 2,8^3 \right]$$

$$= 652,26 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J A}{2}} \\
 &= \frac{\pi}{4640} \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \times 8 \times 10^5 \times 652,26 \times 295,40}{2}} \\
 &= 265.823,023 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_w &= I_y \frac{h^2}{4} = 31.000 \times \frac{(34,4)^2}{4} \\
 &= 917.104.000,00 \text{ cm}^6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_2 &= 4 \left[ \frac{S_x}{G \cdot J} \right]^2 \frac{I_w}{I_y} \\
 &= 4 \left[ \frac{4640}{8 \times 10^5 \times 652,26} \right]^2 \times \frac{917.104.000}{31.000} \\
 &= 9,36 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_L &= f_y - f_r \\
 &= 4100 - 700 = 3400 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= i_y \left[ \frac{X_1}{(f_y - f_r)} \right] \sqrt{1 + \sqrt{(1 + X_2 f_L^2)^2}} \dots, \dots \text{ (LRFD 8,3,3)} \\
 &= 10,20 \times \left[ \frac{265.823,023}{3400} \right] \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + (9,36 \times 10^{-6} \times 3400^2)}} \\
 &= 2.698,26 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned}
 L_b &= 1680 \text{ cm} \\
 L_p &= 396,49 \text{ cm} \\
 L_r &= 2.698,26 \text{ cm}
 \end{aligned} \right\} L_p < L_b < L_r \rightarrow \text{Bentang Menengah}$$

$$\begin{aligned}
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 4480 \times 4100 \\
 &= 18.368.000 \text{ kg.cm} \\
 &= 183680 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Dari hasil program SAP 2000, didapatkan ;

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 31.219,09 \text{ kgm} \\
 M_A &= 7.804,77 \text{ kgm jarak } \frac{1}{4} L \\
 M_B &= 31.219,09 \text{ kgm jarak } \frac{1}{2} L \\
 M_C &= 23.414,32 \text{ kgm jarak } \frac{3}{4} L
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_b &= \frac{12,5 \times M_{\max}}{2,5 \times M_{\max} + 3 \times M_A + 4 \times M_B + 3 \times M_C} < 2,3 \\
 &= \frac{12,5 \times 31.219,09}{2,5 \times 31.219,09 + 3 \times 7.804,77 + 4 \times 31.219,09 + 3 \times 23.414,32} \\
 &= 1,32 < 2,3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_r &= S_x (f_y - f_r) = 4640 \times (4100 - 700) = 15776000 \text{ kgcm} \\
 &= 157.760,00 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$M_{CR} = C_b \frac{\pi}{L} \times \sqrt{EI_y GJ + \left( \frac{\pi E}{L} \right) I_y I_w} \leq M_p$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,32 \times \frac{3,14}{1680} \times \sqrt{2,0 \cdot 10^6 \times 31 \cdot 10^3 \times 8 \cdot 10^5 \times 652,26 + \left( \frac{3,14 \times 2,0 \times 10^6}{1680} \right) \times 31 \cdot 10^3 \times 917104000} \\
 &= 660252,67 \text{ kg.cm} \\
 &= 66025,27 \text{ kg.m} < M_p = 183680 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

$$M_u = 31.219,09 \text{ kg m}$$

$$M_u < \Phi M_n$$

$$31.219,09 \text{ kgm} < 0,9 \times 66.025,27 \text{ kgm}$$

$$31.219,09 \text{ kgm} < 59.422,74 \text{ kgm}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{31.219,09}{59.422,74} = 0,52 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- Kontrol geser

Gaya geser yang terjadi pada balok portal

$$V_u = 4.555,09 \text{ kg}$$

Syarat :

$$\frac{h}{t_b} \geq 1,1 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \dots, (\text{SNI 03-1729-2002 pers 8,8-4a})$$

$$K_n = 5 \text{ (tanpa pengaku lateral)}$$

$$\frac{400}{18} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2.0 \times 10^5}{4100}}$$

$$19,11 \leq 54,33 \rightarrow \text{OK!!}$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w = 0,6 \times 4100 \times 295,40 = 726.684 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$4.555,09 \text{ kg} \leq 0,9 \times 726.684 \text{ kg}$$

$$4.555,09 \text{ kg} \leq 654.015,6 \rightarrow \text{OK}$$

### ➤ Kolom Portal Akhir

Beban yang bekerja pada kolom portal  $\rightarrow P = 138.777,42 \text{ kg}$

Digunakan profil WF modifikasi 400 x 400 x 30 x 50 dengan mutu baja BJ 55

$$A = 528,60 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 415,00 \text{ kg/m}$$

$$d = 400,00 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 18,80 \text{ cm}$$



$$\begin{array}{ll}
 b & = 400,00 \text{ mm} & ; & i_y & = 10,70 \text{ cm} \\
 t_b & = 50,00 \text{ mm} & ; & I_x & = 187000 \text{ cm}^4 \\
 t_f & = 30,00 \text{ mm} & ; & I_y & = 60500 \text{ cm}^4 \\
 S_x & = 9350,00 \text{ cm}^3 & ; & S_y & = 302500 \text{ cm}^3 \\
 Z_x & = 729,20 \text{ cm}^3 & ; & Z_y & = 8170,00 \text{ cm}
 \end{array}$$

- Kontrol terhadap kolom

Panjang tekuk :

$$L = 780 \text{ cm}$$

$$L_k = K_c \times L = 1 \times 780 = 700 \text{ cm}$$

Tekuk terhadap sumbu x :

$$\lambda_x = \frac{L_k}{i_x} = \frac{780}{18,80} = 41,49$$

$$\begin{aligned}
 N_{crbx} &= \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A_g = \frac{3,14^2 \times 2,0 \times 10^5}{(41,49)^2} \times 528,60 \\
 &= 6.061.545,64 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekuk terhadap sumbu y :

$$\lambda_y = \frac{L_k}{i_y} = \frac{780}{10,70} = 72,90$$

$$\begin{aligned}
 N_{crby} &= \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A_g = \frac{3,14^2 \times 2,0 \times 10^5}{(72,90)^2} \times 528,60 \\
 &= 1.963.519,64 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\lambda = \lambda_y = 72,90 \rightarrow (\text{menentukan})$$

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{72,90}{3,14} \sqrt{\frac{4100}{2.0 \times 10^5}} \\ &= 1,051\end{aligned}$$

Untuk :  $0,25 < \lambda_c < 1,2$

→ Kolom menengah

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 1,051} \\ &= 1,596\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}N_n &= A_g \frac{f_y}{\omega} = 528,6 \times \frac{4100}{1,596} \\ &= 1.358.094,86 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Kuat rencana kolom :

$$\begin{aligned}N_u &= \phi N_n = 0,85 \times 1.358.094,86 \text{ kg} \\ &= 1.154.380,62 \text{ kg} > 138.777,42 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Kontrol Rasio

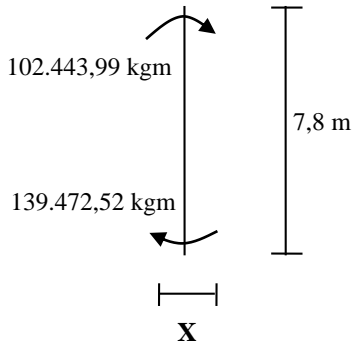
$$\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{138.777,42}{1.154.380,62} = 0,12 \dots \text{OK}$$

- Kontrol kolom :

Gaya yang bekerja  $\rightarrow P = 138.777,42 \text{ kg}$

Terhadap sumbu x :



$$- C_{mx} = 0,6 - 0,4\beta \quad \text{,,,,, (LRFD 7,4-4)}$$

$$= 0,6 - 0,4 \left( \frac{102.443,99}{139.472,52} \right) = 0,306$$

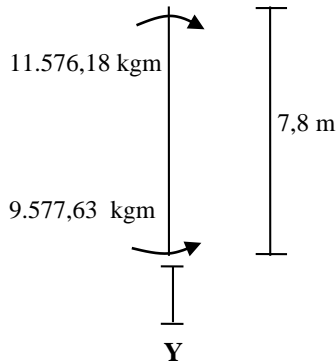
$$\delta_{bx} = \frac{C_m}{1 - \left( \frac{Nu}{N_{crbx}} \right)} = \frac{0,514}{1 - \left( \frac{138.777,42}{6.061.545,8} \right)}$$

$$= 0,313 < 1,0 \rightarrow \delta_{bx} = 1,0$$

$$M_{ux} = \delta_{bx} \times M_{ut}$$

$$= 1,0 \times 139.472,52 \text{ kgm} = 139.472,52 \text{ kgm}$$

Terhadap sumbu y :



$$- C_{my} = 0,6 - 0,4\beta \quad \text{,,,,, (LRFD 7,4-4)}$$

$$= 0,6 - 0,4 \left( \frac{11.576,18}{9.577,63} \right) = 1,08$$

$$\delta_{by} = \frac{C_m}{1 - \left( \frac{N_u}{N_{crby}} \right)} = \frac{1,08}{1 - \left( \frac{138.777,42}{1.963.519,6} \right)}$$

$$= 1,17 > 1,0 \rightarrow \delta_{by} = 1,17$$

$$M_{uy} = \delta_{by} \times M_{ut}$$

$$= 1,17 \times 9.577,63 \text{ kgm} = 11.166,26 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang (Lokal Buckling)

Flens :

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{400}{2 \times 50} = 4$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,386$$

$$\left. \vphantom{\frac{b}{2t_f}} \right\} \frac{bf}{2t_f} > \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

$$\frac{bf}{2t_f} > \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

Web :

$$\begin{aligned} h &= d - 2(tf + r) \\ &= 400 - (2 \times 50) = 300 \end{aligned}$$

$$\frac{h}{tb} = \frac{300}{30} = 10 \quad \left. \vphantom{\frac{h}{tb}} \right\} \frac{h}{tb} < \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97 \quad \frac{h}{tb} < \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

$$\lambda_R = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} = \frac{370}{\sqrt{410 - 70}} = 20,066$$

Penampang kompak

$$\frac{b}{2tf} < \lambda_p$$

$$\begin{aligned} M_{px} &= Z_x \times f_y \\ &= 8170 \times 4100 = 33.497.000 \text{ kgcm} \\ &= 334970 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Kontrol lateral buckling

$$L_b = 780 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 9,26 \times \sqrt{\frac{2,0 \times 10^5}{4100}} \\ &= 415,93 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{3} d \cdot tb^3 + \frac{2}{3} b \cdot tf^3 \\ &= \left[ \frac{1}{3} \times 40 \times 3,0^3 \right] + \left[ \frac{2}{3} \times 40 \times 5,0^3 \right] \\ &= 3.603,333 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{\pi}{9350} \times \sqrt{\frac{2,10 \times 10^6 \times 8 \times 10^5 \times 3.603,33 \times 528,6}{2}}$$

$$= 414.762,09 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_w = I_y \frac{h^2}{4} = 60500 \times \frac{(30)^2}{4}$$

$$= 1.361.250.000,00 \text{ cm}^6$$

$$X_2 = 4 \left[ \frac{S_x}{G \cdot J} \right]^2 \frac{I_w}{I_y}$$

$$= 4 \left[ \frac{9350}{8 \times 10^5 \times 3.603,33} \right]^2 \times \frac{1.361.250.000}{60500}$$

$$= 9,468 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{kg}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$= 4100 - 700 = 3400 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_r = i_y \left[ \frac{X_1}{(f_y - f_r)} \right] \sqrt{1 + \sqrt{(1 + X_2 f_L^2)}}$$

$$= 10,3 \times \left[ \frac{414.762,09}{3400} \right] \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + (9,468 \times 10^{-7} \times 3400^2)}}$$

$$= 2.755,42 \text{ cm}$$

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$  Bentang Menengah

$$M_{rx} = S_x \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 3025 \times (3400) = 10285000 \text{ kgcm}$$

$$M_{ry} = S_y \cdot (f_y - f_r)$$

$$= 9350 \times (3400) = 31790000 \text{ kgcm}$$

$$M_p = Z_x \times f_y$$

$$= 8170 \times 4100 = 33497000 \text{ kgcm}$$

$$= 334970 \text{ kgm}$$

Dari hasil program SAP 2000, didapatkan ;

$$M_{\max} = 139.472,52 \text{ kg m}$$

$$M_A = 5.903,67 \text{ kg m}$$

$$M_B = 2.110,39 \text{ kg m}$$

$$M_C = 14.494,69 \text{ kg m}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} < 2,3$$

$$= \frac{(12,5 \times 139.472,52)}{(2,5 \times 139.472,52) + (3 \times 5.903,67) + (4 \times 2.110,39) + (3 \times 14.494,69)}$$

$$= 0,394 < 2,3$$

$$M_n = C_b \times \left[ M_r + (M_p - M_r) \times \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

$$= 0,39 \times \left[ 317900 + (334970 - 317900) \times \frac{27,55 - 7,8}{27,55 - 4,159} \right]$$

$$= 139.573,87 \text{ kgm} < M_p = 334.970 \text{ kgm}$$

- Terhadap sumbu x

$$M_{nx} = M_{px} - (M_{px} - M_{Rx}) \frac{\frac{bf}{2 \cdot tf} - \lambda_p}{\lambda_R - \lambda_P}$$

$$M_{nx} = (334970) - (334970 - 317900) \frac{4,00 - 8,396}{20,07 - 8,396}$$

$$M_{nx} = 341.399,50 \text{ kgm}$$

- Terhadap sumbu y

$$M_{ny} = M_{py} - (M_{py} - M_{Ry}) \frac{\frac{bf}{\lambda R} - \lambda p}{2 \cdot tf - \lambda P}$$

$$M_{ny} = (334970) - (334970 - 102850) \frac{4,00 - 8,396}{20,07 - 8,396}$$

$$M_{ny} = 422.399,16 \text{ kgm}$$

- Kontrol interaksi kolom

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} < 0,2$$

$$\frac{138.777,42}{0,85 \times 1.358.094,86} < 0,2$$

$$0,12 < 0,2$$

Maka Persamaan yang di pakai :

$$\frac{N_u}{\phi_c N_n} + \left( \frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) < 1,00$$

$$0,120 + \left( \frac{139.472,52}{307.259,55} + \frac{9.577,63}{380.159,24} \right) < 1,00$$

$$0,120 + 0,454 + 0,03 = 0,6$$

$$0,6 < 1,00 \rightarrow \text{OK}$$

Dari perhitungan kontrol di atas maka konstruksi kuat sebagai portal

- **Sambungan**

$$P = 138.777,42 \text{ Kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$  ; A325

Pelat  $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$  ; BJ 55



Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 15.498,94 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{138.777,42}{15.498,94} \\ &= 12 \text{ baut (tiap sisinya 6 baut)} \end{aligned}$$

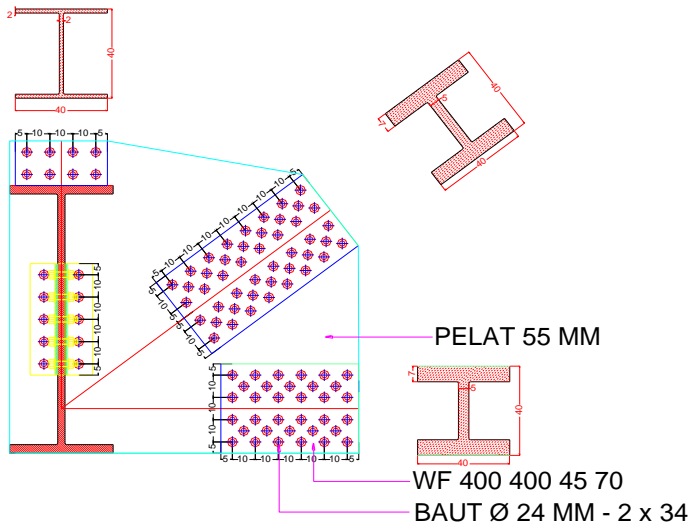
Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 3d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p+100) \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 7,2 \text{ cm} &\leq 10 \leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 6 \leq 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

### ➤ Perhitungan Rangka Batang Tepi



**Gambar 6. 8 Detail Sambungan Rangka Tepi**

Profil yang dipakai : WF 400 400 45 70

A	=	770,1	cm <sup>2</sup>	;	g	=	605	kg/m
d	=	400	mm	;	i <sub>x</sub>	=	19,7	cm
b	=	400	mm	;	i <sub>y</sub>	=	11,1	cm
tb	=	45	mm	;	I <sub>x</sub>	=	298000	cm <sup>4</sup>
tf	=	70	mm	;	I <sub>y</sub>	=	94400	cm <sup>4</sup>

Kontrol terhadap gaya tarik maksimum :

$$P_u = 1.047.075,28 \text{ kg (Frame 551)}$$

Panjang tekuk :

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

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 500 = 500 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \text{ ,,,,, (LRFD 7,6,4)} \\ &= \frac{500}{11.1} = 45,05 \leq 300 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \text{ ,,,,, (LRFD 10,1,1-2,a)} \\ &= 0,9 \times 4100 \times 770,1 \\ &= 3.508.233 \text{ kg} > 1.051.915 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 77010 - (6 \times 24 \times 70) = 66.930 \text{ mm}^2 = 669,3 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} u &= 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{10}{500} \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

$$A_e = U \times A_n = 0,98 \times 568,91 = 557,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e \text{ ,,,,, (LRFD 10,1,1-2,b)} \\ &= 0,75 \times 5500 \times 557,5 \\ &= 2.299.798,46 \text{ kg} > 1.047.075,28 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{1.047.075,28}{2.299.798,46} = 0,46 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$A_{gt} = 2 \times (5 \times 7) = 70 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 2 \times (70 - 0,5 \times 2,4) \times 7 = 53,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 2 \times (51 \times 7) = 714 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times (714 - 8,5 \times 2,4) \times 7 = 428,4 \text{ cm}^2$$

$$f_u \times A_{nt} = 5500 \times 53,2 = 292.600 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times A_{nv} = 0,6 \times 5500 \times 428,4 = 1.413.720 \text{ kg}$$

Karena putus geser > putus tarik

$$\Phi P_n = \phi [(0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})]$$

$$= 0,75 [(1.413.720) + (4100 \times 70)]$$

$$= 1.275.540 \text{ kg} > 1.047.075,28 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325

Pelat  $\rightarrow t_p = 50 \text{ mm}$  ; BJ 55

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594$$

$$= 15.498,94 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 15.498,94$$

$$= 15.498,94 \text{ kg}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{1.051.915}{15.498,94}$$

$$= 68 \text{ bh (tiap sisinya 34 baut)}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$3d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p+100)$$

Jadi :

$$7,2 \text{ cm} \leq 10 \leq 75 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 6 \leq 30 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} A_b &= t_p \times L \\ &= 5 \times 40 \\ &= 200 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned} A_{net} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\ &= 200 - (6 \times 2,4 \times 5) \\ &= 128 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Ru baut =  $n \times \phi \times R_n$

$$\begin{aligned} &= 34 \times 1 \times 15499 \\ &= 526.964,09 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Ru plat =  $A_{net} \times \phi \times f_u$

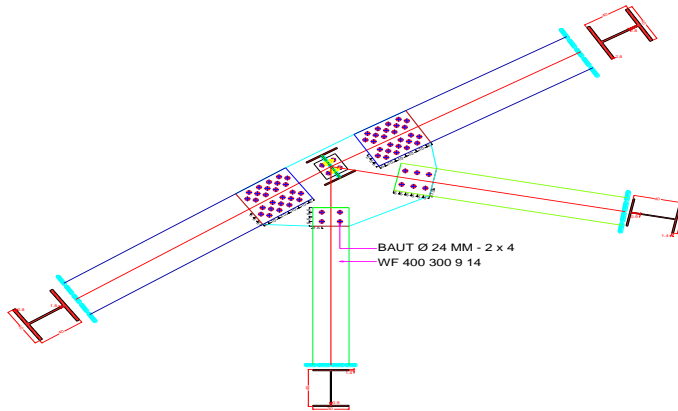
$$\begin{aligned} &= 128 \times 0,75 \times 5500 \\ &= 528.000 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$R_u \text{ plat} > R_u \text{ Baut}$$

$$528.000 \text{ Kg} > 526.964 \text{ Kg} \text{ (OK)}$$

## 6.5 Kontrol Rangka Busur

### Batang Vertikal WF 400 300 9 14



**Gambar 6. 9 Detail Sambungan Vertikal**

P tekan max = 91.497,35 kg (Frame 589)

P tarik max = 80.641,19 kg (Frame 580)

A	=	120,1	cm <sup>2</sup>	;	g	=	94,3	kg/m
d	=	400	mm	;	i <sub>x</sub>	=	16,70	cm
b	=	300	mm	;	i <sub>y</sub>	=	7,21	cm
tb	=	9	mm	;	I <sub>x</sub>	=	33700	cm <sup>4</sup>
tf	=	14	mm	;	I <sub>y</sub>	=	6240	cm <sup>4</sup>

#### **Kontrol terhadap gaya tekan maksimum :**

Panjang tekuk :

L<sub>kx</sub> = 4 m = 400 cm

L<sub>ky</sub> = 2 m = 200 cm

- **Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan**

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{400}{16,7} = 23,95$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{200}{7,21} = 27,74$$

$$\lambda_x < \lambda_y$$

maka pakai :

$$\lambda = 27,74$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{27,74}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\ &= 0,39 \end{aligned}$$

Untuk :

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,39}$$

$$= 1,07$$

Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times \frac{fy}{\omega} = 120,1 \times \frac{4100}{1,07} \\ &= 460.892,18 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Kekuatan rencana**

$$N_u < \phi N_n = 0,85 \times 460.892,18$$

$$91.497,35 \text{ kg} < 391.758,35 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{91.497,35}{391.758,35} = 0,28 \leq 1 \text{ ...OK}$$

- **Kontrol Penampang**

- Pelat sayap :

$$\frac{b}{2 t_f} = \frac{300}{2 \times 14} = 10,71$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2 t_f} = 10,71 \\ \lambda_R = 12,35 \end{array} \right\} \frac{b}{2 t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Pelat badan :

$$\frac{h}{t_b} = \frac{328}{9} = 36,44$$

$$\lambda_R = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\frac{b}{2 t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_b} = 36,44 \\ \lambda_R = 82,97 \end{array} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

$$\frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

### **Kontrol terhadap gaya tarik maksimum :**

Panjang tekuk :

$$L = 2 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 2 = 2 \text{ m} = 200 \text{ cm}$$

- **Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :**

$$\lambda_{\max} = \frac{L_k}{i_{\min}} \text{ .... (LRFD 7.6.4)}$$

$$= \frac{400}{7,21} = 55,48 \leq 300 \rightarrow \text{OK}$$



- **Kontrol kekuatan leleh**

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0.9 \times 4100 \times 120,1 \\ &= 443.169 \text{ kg} > 68.359,42 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- **Sambungan:**

$$P = 91.497,35 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325

Pelat  $\rightarrow t_p = 10 \text{ mm}$  ; BJ 55

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594 \\ &= 15.498,94 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 15.498,94 \\ &= 15.498,94 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{91.497,35}{15.498,94} \\ &= 6 \text{ baut (tiap sisinya 3 baut)}\end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned}3d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100)\end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}7,2 \text{ cm} &\leq 10 \leq 15 \text{ cm} \\ 3,6 \text{ cm} &\leq 7,5 \leq 14 \text{ cm}\end{aligned}$$

- **Kontrol Pelat**

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned}A_b &= t_p \times L \\ &= 1 \times 30\end{aligned}$$

$$= 30 \text{ cm}^2$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned} A_{\text{net}} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\ &= 30 - (2 \times 2,4 \times 1) \\ &= 25,2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Ru baut =  $n \times \phi \times R_n$

$$\begin{aligned} &= 3 \times 1 \times 15499 \\ &= 46.496,83 \text{ Kg} \end{aligned}$$

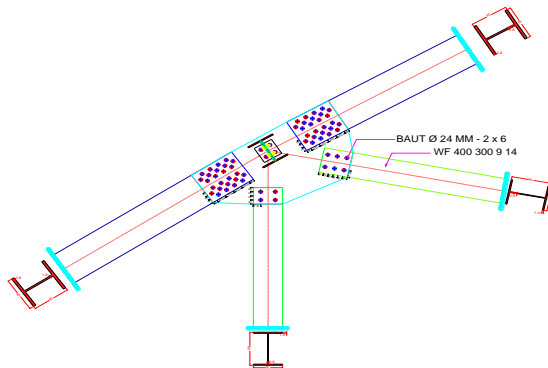
- Ru plat =  $A_{\text{net}} \times \phi \times f_u$

$$\begin{aligned} &= 25,2 \times 0,75 \times 5500 \\ &= 103.950 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Ru plat > Ru Baut

$$103.950 \text{ Kg} > 46.497 \text{ Kg (OK)}$$

### Batang Diagonal WF 400 300 9 14



Gambar 6. 10 Detail Sambungan Diagonal

$$P \text{ tekan max} = 184.488,39 \text{ kg}$$

$$P \text{ tarik max} = 60.586,96 \text{ kg}$$

$$A = 120,1 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 94,3 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 16,70 \text{ cm}$$

$$b = 300 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 7,21 \text{ cm}$$

$$t_b = 9 \text{ mm} \quad ; \quad I_x = 33700 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 14 \text{ mm} \quad ; \quad I_y = 624 \text{ cm}^4$$

**Kontrol terhadap gaya tekan maksimum :**

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 6,28 \text{ m} = 628 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 3,14 \text{ m} = 314 \text{ cm}$$

• **Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan**

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{628}{16,7} = 16,7$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{314}{7,21} = 43,55$$

$$\lambda_x < \lambda_y$$

maka pakai :

$$\lambda = 43,55$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{43,55}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\ &= 0,61 \end{aligned}$$

Untuk :

$$\begin{aligned} 0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,61} \\ &= 1,20 \end{aligned}$$

Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 120,1 \times \frac{4100}{1,20} \\ &= 409.560,22 \text{ kg} \end{aligned}$$

- **Kekuatan rencana**

$$\begin{aligned} N_u &< \phi N_n = 0,85 \times 409.560,22 \\ 184.488,39 \text{ kg} &< 348.126,19 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- **Kontrol Rasio**

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{184.488,39}{348.126,19} = 0,61 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- **Kontrol Penampang**

- Pelat sayap :

$$\begin{aligned} \frac{b}{2 t_f} &= \frac{300}{2 \times 14} = 10,71 \\ \lambda_R &= \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{b}{2 t_f} \\ \lambda_R \end{aligned}} \right\} \begin{aligned} \frac{b_f}{2 t_f} &< \lambda_R \rightarrow \text{OK} \\ \frac{b_f}{2 t_f} &< \lambda_R \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Pelat badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_b} &= \frac{328}{9} = 36,44 \\ \lambda_R &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{h}{t_b} \\ \lambda_R \end{aligned}} \right\} \begin{aligned} \frac{h}{t_b} &< \lambda_R \rightarrow \text{OK} \\ \frac{h}{t_b} &< \lambda_R \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

**Kontrol terhadap gaya tarik maksimum :**

Panjang tekuk :

$$L = 2,52 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 2,752 = 2,52 \text{ m} = 252 \text{ cm}$$

- **Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{252}{7,21} = 34,95 \leq 300 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- **Kontrol kekuatan leleh**

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \quad \dots \text{ (LRFD 10.1.1-2.a)} \\ &= 0,9 \times 4100 \times 120,10 \\ &= 443.169 \text{ kg} > 60.856,96 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- **Sambungan:**

$$P = 184.730,32 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325Pelat  $\rightarrow t_p = 10 \text{ mm}$  ; BJ 55

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 15.498,94 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{184.730,32}{15.498,94} \\ &= 12 \text{ baut (tiap sisinya 6 baut)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned}
 3d &\leq S \leq 15t_p \\
 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p+100) \\
 \text{Jadi :} \\
 7,2 \text{ cm} &\leq 10 \leq 15 \text{ cm} \\
 3,6 \text{ cm} &\leq 7,5 \leq 14 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned}
 A_b &= t_p \times L \\
 &= 1 \times 30 \\
 &= 30 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned}
 A_{net} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\
 &= 30 - (2 \times 2,4 \times 1) \\
 &= 25,2 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Ru baut =  $n \times \phi \times R_n$

$$\begin{aligned}
 &= 6 \times 1 \times 15499 \\
 &= 92.365,16 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

- Ru plat =  $A_{net} \times \phi \times f_u$

$$\begin{aligned}
 &= 25,2 \times 0,75 \times 5500 \\
 &= 103.950 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$R_u \text{ plat} > R_u \text{ Baut}$$

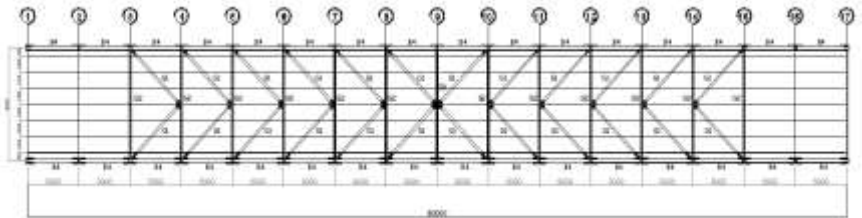
$$103.950 \text{ Kg} > 92.365 \text{ Kg (OK)}$$

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## BAB VII KONSTRUKSI SEKUNDER

### 7.1 Ikatan Angin Pada Busur Atas

Bentuk konstruksi ikatan angin pada busur diasumsikan sebagai konstruksi rangka batang bidang, Dan yang berfungsi sebagai batang horizontal adalah konstruksi busur,



**Gambar 7. 1 Ikatan Angin Atas**

#### ➤ **Batang Horizontal**

Profil yang dipakai : WF 250 250 9 14

$$A = 92,18 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 72,4 \text{ kg/m}$$

$$d = 250 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 11 \text{ cm}$$

$$b = 250 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 6,29 \text{ cm}$$

$$t_b = 9 \text{ mm} \quad ; \quad r = 16 \text{ mm}$$

$$t_f = 14 \text{ mm}$$

$$h = d - 2 ( t_f + r )$$

$$= 250 - 2 \times ( 14 + 16 ) = 240 \text{ mm}$$

#### **Kontrol Sebagai Batang Tekan**

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 7.602,06 \text{ Kg (Frame 1076)}$$

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 16,8 \text{ m} = 1680 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 8,40 \text{ m} = 840 \text{ cm}$$



- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{1680}{10,80} = 155,56$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{840}{6,29} = 133,55$$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_x = 155,56 \\ \lambda_y = 133,55 \end{array} \right\} \lambda_x > \lambda_y$$

$$\lambda = \lambda_x = 155,56$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{155,56}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}}$$

$$= 2,84$$

Untuk :

$$\lambda_c > 1,2 \rightarrow \omega = 1,25 \times \lambda_c^2$$

$$= 1,25 \times 2,24^2 = 6,28$$

- Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 92,18 \times \frac{4100}{6,28}$$

$$= 60.156,89 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana :

$$N_u < \phi N_n = 0,85 \times 60.156,89$$

$$7.602,06 < 57.133,36 \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{7.602,06}{57.133,36} = 0,15 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- Kontrol Penampang :

- Pelat sayap : (LRFD 7,6,4 tabel 7,5-1)

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2 t_f} &= \frac{250}{2 \times 14} = 8,93 \\ \lambda_R &= \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35 \end{aligned} \right\} \frac{b_f}{2 t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Pelat badan : (LRFD 7,6,4 tabel 7,5,1)

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_b} &= \frac{190}{9} = 21,11 \\ \lambda_R &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

### Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

P = 35.555,78 Kg (Frame 1070)

$\phi$  baut = 24 mm

$\phi$  lubang = 24 + 2 = 26 mm

Panjang tekuk :

L = 16,80 m

$L_k = k_c \times L = 1 \times 16,80 = 16,80 \text{ m} = 1680 \text{ cm}$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}}, \dots, \text{ (LRFD 7,6,4)} \\ &= \frac{1680}{6,29} = 267,09 \leq 300 \text{ (struktur sekunder) OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \quad \dots, \text{ (LRFD 10,1,1-2,a)} \\ &= 0,9 \times 4100 \times 92,18 \\ &= 340.144,20 \text{ kg} > 35.555,78 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 92,18 - (2 \times 2,4 \times 1,4) = 85,5 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{62,5}{1680}$$

$$= 0,96$$

$$\begin{aligned}A_e &= U \times A_n = 0,96 \times 85,5 \\ &= 82,3 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 82,3 \\ &= 253.013,10 \text{ kg} > 35.555,78 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$A_{gt} = 2 \times (6 \times 1,4) = 16,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 2 \times (4 - 0,5 \times 2,4) \times 1,4 = 13,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 2 \times (10 \times 1,4) = 28 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times (10 - 2 \times 2,4) \times 1,4 = 14,6 \text{ cm}^2$$

$$f_u \times A_{nt} = 5500 \times 13,4 = 73.920 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times A_{nv} = 0,6 \times 5500 \times 14,6 = 48.048 \text{ kg}$$

Karena putus geser > putus tarik

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= \phi [(0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})] \\ &= 0,75 [(0,6 \times 5500 \times 14,6) + (4100 \times 16,8)] \\ &= 87.696 \text{ kg} > 35.555,78 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- **Sambungan:**

$$P = 35.555,78 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

$$\text{Baut} \rightarrow d_b = 24 \text{ mm} \quad ; \quad \text{A325}$$

$$\text{Pelat} \rightarrow t_p = 10 \text{ mm} \quad ; \quad \text{BJ 55}$$

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 15.498,94 \\ &= 15.498,94 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{35.555,78}{15.498,94} \\ &= 4 \text{ baut (tiap sisinya 2 baut)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$2,5d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p$$

Jadi :

$$5,5 \text{ cm} \leq 10 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 5 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 5 \leq 30,0 \text{ cm}$$

- Kontrol pelat siku

- Luas geser pelat siku L 200 100 10

$$\begin{aligned} A_{nv} &= L_{mv} \times t_L \\ &= (L - n - d_1) \times t_L \\ &= (20 - 2 - 2,6) \times 2 \\ &= 15,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Kuat rencana

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\ &= 0,75 \times 0,6 \times 5500 \times 15,4 \\ &= 38.115 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena 2 siku maka :

$$2 \phi R_n > P_u$$

$$2 \times 38.115 > 35.555,78 \text{ kg}$$

$$76.230 > 35.555,78 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

➤ **Batang Diagonal**

Profil yang dipakai : 2L 200 200 20

$$A = 119,32 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 152 \text{ kg/m}$$

$$d = 200 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 6,09 \text{ cm}$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 6,09 \text{ cm}$$

$$t_f = 20 \text{ mm} \quad ; \quad r = 12 \text{ mm}$$

$$h = d - 2 (t_f + r) \\ = 200 - 2 \times (20 + 12) = 126 \text{ mm}$$

**Kontrol Sebagai Batang Tekan**

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 8.429,68 \text{ Kg}$$

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 10,12 \text{ m} = 1012 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 5,06 \text{ m} = 506 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{1012}{6,09} = 166,17 \quad \left. \vphantom{\lambda_x} \right\} \lambda_x > \lambda_y$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{506}{6,09} = 83,09$$

$$\lambda = \lambda_x = 166,17$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{166,7}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\ = 2,39$$

Untuk :

$$\lambda_c > 1,2 \rightarrow \omega = 1,25 \times 2,39^2 \\ = 7,17$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 152 \times \frac{4100}{2,39} \\ &= 86.923,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan rencana :

$$\begin{aligned} N_u &< \phi N_n = 0,85 \times 86.923,43 \\ 8.429,68 &< 73.884,92 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{8.429,68}{73.884,92} = 0,2 \leq 1 \dots \text{OK}$$

### Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 7.706,20 \text{ Kg (Frame 26)}$$

$$\phi \text{ baut} = 20 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ lubang} = 20 + 2 = 22 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L = 10,12 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 7,00 = 10,12 \text{ m} = 1012 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{1012}{6,09} = 166,17 \leq 300 \text{ (struktur sekunder) OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 152 \end{aligned}$$

$$= 560.880 \text{ kg} > 7.706,20 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 152 - (1 \times 2,0 \times 2,0) = 148 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{50}{10120}$$

$$= 0,995$$

$$A_e = U \times A_n = 0,995 \times 148$$

$$= 147,3 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = \phi \times f_u \times A_e$$

$$= 0,75 \times 5500 \times 147,3$$

$$= 607.483,70 \text{ kg} > 7.706,20 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$A_{gt} = 2 \times (4 \times 2) = 16 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 2 \times (4 - 0,5 \times 2,0) \times 2 = 12 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 2 \times (8 \times 2) = 32 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times (8 - 2 \times 2,0) \times 2 = 16 \text{ cm}^2$$

$$f_u \times A_{nt} = 5500 \times 12 = 66.600 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times A_{nv} = 0,6 \times 5500 \times 16 = 52.800 \text{ kg}$$

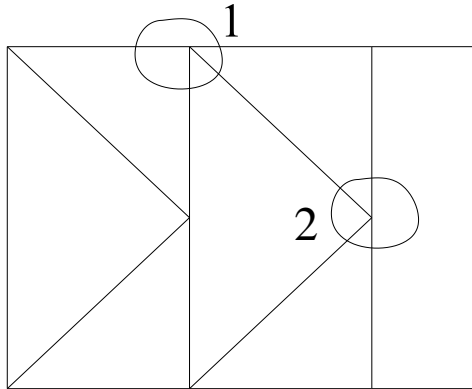
Karena geser fraktur > tarik leleh

$$\Phi P_n = \phi [(0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})]$$

$$= 0,75 [(0,6 \times 5500 \times 16) + (4100 \times 16)]$$

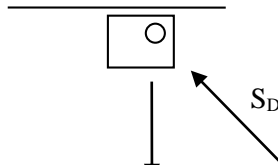
$$= 88.880 \text{ kg} > 7.706,20 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

### 7.1.1 Sambungan



Gambar 7. 2 Sambungan Ikatan Angin Atas

a. Titik simpul 1



Gambar 7. 3 Titik Simpul 1 Ikatan Angin Atas

- **Sambungan batang diagonal ke pelat simpul horizontal,**  
 Gaya batang maksimum yang bekerja  
 $S_D = 8.429,68 \text{ kg}$   
 Pakai baut



$$d_b = 20 \text{ mm} \rightarrow f_u = 825 \text{ MPa}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t_p = 5 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 55}$$

Kekuatan ijin baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= \phi_f \times V_n \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 8250 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 2,0^2 \right) \\ &= 7.771,50 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= \phi_f \times R_n \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 0,5 \times 5500 \\ &= 9.900 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser :  $V_d = 7.771,50 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan batang diagonal ke plat simpul

$$\text{Gaya batang maksimum} \rightarrow S_D = 39862 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{S_D}{V_d} = \frac{8.429,68 \text{ kg}}{7.711,50} \\ &= 1,1 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut : (LRFD 13,4,3)

$$2,5d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$5,5 \text{ cm} \leq 10 \leq 24 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 5 \leq 16,4 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} A_b &= t_p \times L \\ &= 0,5 \times 20 \end{aligned}$$

$$= 10 \text{ cm}^2$$

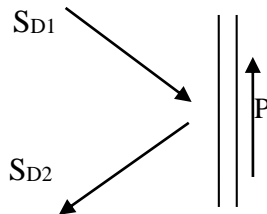
- Luas penampang netto  

$$\begin{aligned} A_{\text{net}} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\ &= 10 - (1 \times 2,4 \times 0,5) \\ &= 8,9 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
  - Ru baut =  $n \times \phi \times R_n$   

$$\begin{aligned} &= 2 \times 1 \times 7.771,50 \\ &= 15.543 \text{ Kg} \end{aligned}$$
  - Ru plat =  $A_{\text{net}} \times \phi \times f_u$   

$$\begin{aligned} &= 8,9 \times 0,75 \times 5500 \\ &= 36.713 \text{ Kg} \end{aligned}$$
- Ru plat > Ru Baut  
 36.713 Kg > 15.543 Kg (OK)

b. Titik simpul 2



**Gambar 7. 4 Titik Simpul 2 Ikatan Angin Atas**

$$S_{D1} = 8.429,68 \text{ kg}$$

$$S_{D2} = 8.429,68 \text{ kg}$$

- **Sambungan batang diagonal ke pelat simpul horizontal,**

Gaya batang maksimum yang bekerja

$$S_D = 8.429,68 \text{ kg}$$

Pakai baut

$$d_b = 20 \text{ mm} \rightarrow f_u = 825 \text{ MPa}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t_p = 5 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 55}$$

Kekuatan ijin baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= \varphi_f \times V_n \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 8250 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 2,0^2 \right) \\ &= 7.771,50 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= \varphi_f \times R_n \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,0 \times 0,5 \times 5500 \\ &= 9.900 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser :  $V_d = 7.771,50 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan batang diagonal ke plat simpul

Gaya batang maksimum  $\rightarrow S_D = 39862 \text{ kg}$

$$\begin{aligned} n &= \frac{S_D}{V_d} = \frac{8.429,68 \text{ kg}}{7.771,50} \\ &= 1,1 \text{ baut} \approx 2 \text{ baut} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut : (LRFD 13,4,3)

$$2,5d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$$

Jadi :

$$5,5 \text{ cm} \leq 10 \leq 24 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 5 \leq 16,4 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat
  - Luas penampang bruto
 
$$\begin{aligned} A_b &= t_p \times L \\ &= 1 \times 20 \\ &= 20 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
  - Luas penampang netto
 
$$\begin{aligned} A_{net} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\ &= 20 - (1 \times 2,2 \times 1) \\ &= 17,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$
  - Ru baut  $= n \times \phi \times R_n$ 

$$\begin{aligned} &= 2 \times 1 \times 7.771,50 \\ &= 15.543 \text{ Kg} \end{aligned}$$
  - Ru plat  $= A_{net} \times \phi \times f_u$ 

$$\begin{aligned} &= 17,8 \times 0,75 \times 5500 \\ &= 73.425 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Ru plat > Ru Baut  
73.425 Kg > 15.543 Kg (OK)

- **Sambungan pelat dengan batang Horizontal(las)**

Sambungan las sudut :

Persyaratan ukuran las :

Maksimum = tebal pelat - 1,6 = 10 - 1,6 = 8,4 mm

Minimum = 6 mm (Buku LRFD, Tabel 7.1)

Maka digunakan las ukuran 10 mm

$t_e = 0,707 \cdot a = 0,707 \times 10 = 7.07 \text{ mm}$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang

$\Phi R_n = (\phi \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw})) \rightarrow$  Mutu las  $f_{uw} = 490 \text{ MPa}$

$= (0,75 \times 7,07 \times 0,60 \times 490) = 1558,935 \text{ N/mm}$

Tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat

$\Phi R_n = (\phi \cdot t \cdot (0,60 \cdot f_u))$

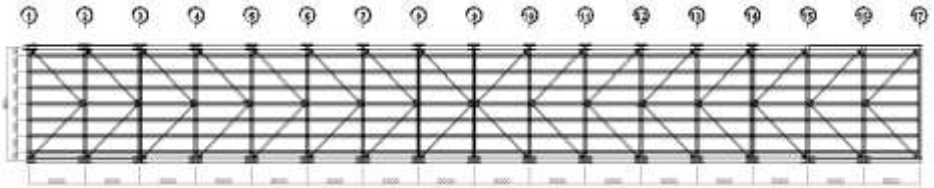
$= (0,75 \times 16 \times 0,6 \times 550) = 2475 \text{ N/mm}$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$

$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{842.968}{1.558,9} = 540,733 \text{ mm} \approx 540 \text{ mm}$$

## 7.2 Ikatan Angin di Bawah Lantai Kendaraan

Pada Ikatan angin di bawah lantai kendaraan, Sebagai batang horizontal adalah gelagar memanjang sedangkan untuk batang vertikal ialah gelagar melintang,



Gambar 7.5 Ikatan Angin Bawah

### a. Dimensi batang diagonal

Profil yang dipakai : 2L 150 x 150 x 15

$$A = 85,48 \text{ cm}^2 ; g = 67,10 \text{ kg/m}$$

$$d = 150 \text{ mm} ; i_x = 4,56 \text{ cm}$$

$$b = 150 \text{ mm} ; i_y = 6,65 \text{ cm}$$

$$t = 15 \text{ mm} ; I_x = 1776 \text{ cm}^4$$

$$T = 12 \text{ mm} ; I_y = 3778,4 \text{ cm}^4$$

Gaya yang terjadi :

$$P_u = 111.253,65 \text{ kg}$$

Panjang tekuk :

$$L = 9,78 \text{ m}$$

$$\phi \text{ baut} = 24 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ lubang} = 22 + 2 = 26 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{978}{4,56} = 214,47 \leq 300 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan leleh

$$\begin{aligned}\varphi P_n &= \varphi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 77,4 \\ &= 237.950,10 \text{ kg} > 111.253,65 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$\begin{aligned}A_n &= 85,48 - (2 \times 2,6 \times 1,5) = 77,7 \text{ cm}^2 \\ u &= 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{37,5}{9780} \\ &= 0,996 \\ A_e &= U \times A_n \\ &= 0,996 \times 77,7 = 77,4 \text{ cm}^2 \\ \varphi P_n &= \varphi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 81,3 \\ &= 249.896,62 \text{ kg} > 111.253,65 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan (Block Shear)

$$\begin{aligned}A_{gt} &= 2 \times 5,0 \times 1,5 = 15 \text{ cm}^2 \\ A_{nt} &= 2 \times 5,0 \times (0,5 \times 2,4) \times 1,5 = 11,4 \text{ cm}^2 \\ A_{gv} &= 2 \times 40,0 \times 1,5 = 120 \text{ cm}^2 \\ A_{nv} &= 2 \times 40,0 \times (5 \times 2,4) \times 1,5 = 88,8 \text{ cm}^2 \\ f_u \times A_{nt} &= 5500 \times 11,4 = 62700 \text{ kg} \\ 0,6 \times f_u \times A_{nv} &= 0,6 \times 5500 \times 88,8 = 293.040 \text{ kg} \\ \text{Karena putus geser} &> \text{putus tarik} \\ \Phi P_n &= \varphi [ (0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt}) ] \\ &= 0,75 [(0,6 \times 5500 \times 88,8) + (4100 \times 15)] \\ &= 265.905 \text{ kg} > 111.253,65 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\Phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{111.253,65}{265.905} = 0.42 \leq 1 \text{ ...OK}$$

### 7.2.1 Sambungan

Gaya maksimum yang terjadi pada batang diagonal :

$$S = 108.484,81 \text{ kg}$$

Pakai baut

$$d = 24 \text{ mm} \rightarrow f_u = 1035 \text{ MPa}$$

Tebal pelat

$$t = 15 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 55}$$

Kekuatan ijin 1 baut (single shear) :

- Kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_d &= \phi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 10350 \times \left( \frac{1}{4} \times \pi \times 2,4^2 \right) \\ &= 14.039,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu :

$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \phi_f \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 2,4 \times 1,5 \times 5500 \\ &= 35.640 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} - \quad n &= \frac{S}{V_d} = \frac{111.253,65}{14.039,57} \\ &= 7,73 \text{ baut} \approx 8 \text{ baut} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut :

$$2,5d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 10 &\leq 15 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 5 &\leq 10,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Kontrol Pelat**

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} A_b &= t_p \times L \\ &= 1,5 \times 15 \\ &= 22,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned} A_{net} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\ &= 22,5 - (2 \times 2,6 \times 1,5) \\ &= 14,7 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Ru baut =  $n \times \phi \times R_n$

$$\begin{aligned} &= 4 \times 1 \times 14.039,57 \\ &= 56.158,27 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Ru plat =  $A_{net} \times \phi \times f_u$

$$\begin{aligned} &= 14,7 \times 0,75 \times 5500 \\ &= 60.637,50 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$R_u \text{ plat} > R_u \text{ Baut}$$

$$60.637,50 \text{ Kg} > 56.158,27 \text{ Kg} \text{ (OK)}$$

- **Sambungan pelat dengan batang Horizontal (las)**

Sambungan las sudut :

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal pelat} - 1,6 = 15 - 1,6 = 13,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm (Buku LRFD, Tabel 7.1)}$$

Maka digunakan las ukuran 10 mm

$$t_e = 0,707 \cdot a = 0,707 \times 10 = 7,07 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang

$$\begin{aligned} \Phi R_n &= (\phi \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw})) \rightarrow \text{Mutu las } f_{uw} = 490 \text{ MPa} \\ &= (0,75 \times 7,07 \times 0,60 \times 490) = 1.558,94 \text{ N/mm} \end{aligned}$$



Tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat

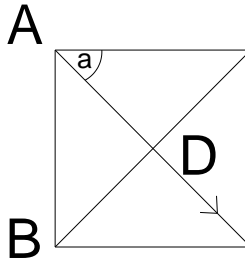
$$\begin{aligned}\Phi R_n &= (\phi \cdot t \cdot (0,60 \cdot f_u)) \\ &= (0,75 \times 15 \times 0,6 \times 550) = 3.712,50 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$

$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{1.112.536,50}{1.558,94} = 713,65 \text{ mm} \approx 720 \text{ mm}$$

### 7.3 Bracing

Pada Breasing, untuk titik simpul pada sisi yang terkena beban, menerima beban  $P$  yang besarnya diambil rata – rata dari jumlah beban  $W$  (beban angin), Beban yang diterima adalah  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_4$  dan  $\frac{1}{2} W_3$ , berikut gambar bentuk ikatan breasing :



Gambar 7. 6 Bracing

Profil yang dipakai : WF 250 250 9 14

$A = 92,18$	$\text{cm}^2$	;	$g = 72,4$	$\text{kg/m}$
$d = 250$	$\text{mm}$	;	$i_x = 10,8$	$\text{cm}$
$b = 250$	$\text{mm}$	;	$i_y = 6,29$	$\text{cm}$
$t_b = 9$	$\text{mm}$	;	$I_x = 10800$	$\text{cm}^4$
$t_f = 14$	$\text{mm}$	;	$I_y = 3650$	$\text{cm}^4$

• Kontrol Sebagai Batang Tekan

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 8.557,08 \text{ Kg (Frame 235)}$$

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 4 \text{ m} = 400 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 2 \text{ m} = 200 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{400}{10,8} = 37,04 \\ \lambda_y &= \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{200}{6,29} = 31,80 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \lambda_x \\ \lambda_y \end{aligned}} \right\} \lambda_x > \lambda_y$$

$$\lambda = 37,04$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{37,04}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\ &= 0,534 \end{aligned}$$

Untuk :

$$\begin{aligned} 0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,534} \\ &= 0,536 \end{aligned}$$

- Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times \frac{fy}{\omega} = 92,18 \times \frac{4100}{0,536} \text{ ,,,,, (LRFD 7,6-3)} \\ &= 704.954,88 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan rencana :

$$\begin{aligned} N_u &= \phi N_n = 0,85 \times 704.954,88 \text{ (LRFD 9,1-1)} \\ &= 599.211,65 \text{ kg} > 8.557,08 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol Rasio

$$\frac{M_u}{\phi M_n} \leq 1$$

$$\frac{8.557,08}{599.211,65} = 0,03 \leq 1 \dots \text{OK}$$

- Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 31.388,39 \text{ Kg (Frame 204)}$$

$$\varphi \text{ baut} = 24 \text{ mm}$$

$$\varphi \text{ lubang} = 24 + 2 = 26 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

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

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 400 = 400 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\lambda_{\max} = \frac{L_k}{i_{\min}}, \dots, \text{ (LRFD 7,6,4)}$$

$$= \frac{400}{6,29} = 63,59 \leq 300 \text{ (struktur sekunder)}$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\varphi P_n = \varphi \times f_y \times A_g, \dots, \text{ (LRFD 10,1,1-2,a)}$$

$$= 0,9 \times 4100 \times 92,18$$

$$= 340.144,20 \text{ kg} > 31.388,39 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 92,18 - (2 \times 2,6 \times 1,4) = 79,86 \text{ cm}^2$$

$$U = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{62,5}{4000}$$

$$= 0,98$$

$$A_e = U \times A_n = 0,98 \times 79,86$$

$$= 78,61 \text{ cm}^2$$

$$\varphi P_n = \varphi \times f_u \times A_e, \dots, \text{ (LRFD 10,1,1-2,b)}$$

$$= 0,75 \times 5500 \times 78,61$$

$$= 324.275,27 \text{ kg} > 31.388,39 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :
 
$$\begin{aligned} A_{gt} &= 2 \times 5,0 \times 1,4 = 14 \text{ cm}^2 \\ A_{nt} &= 2 \times 5,0 \times (0,5 \times 2,4) \times 1,4 = 16,8 \text{ cm}^2 \\ A_{gv} &= 2 \times 15,0 \times 1,4 = 42 \text{ cm}^2 \\ A_{nv} &= 2 \times (15,0 - 3,5 \times 1,2) \times 1,4 = 30,24 \text{ cm}^2 \\ 0,6 \times f_u \times A_{nv} &= 0,6 \times 5500 \times 30,24 = 99.792 \text{ kg} \end{aligned}$$
 Karena putus tarik > putus geser  

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= \phi [(0,6 \times f_y \times A_{gv}) + (f_u \times A_{nt})] \\ &= 0,75 [(0,6 \times 5500 \times 42) + (4100 \times 16,8)] \\ &= 146.790 > 31.388,39 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut  $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$  ; A325

- Pelat  $\rightarrow t_p = 15 \text{ mm}$  ; BJ 55

Kekuatan ijin 1 baut (single shear) :

- Kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_d &= \phi_f \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,4^2\right) \\ &= 11.196,64 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu :

$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \phi_f \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 2,4 \times 1,5 \times 5500 \\ &= 35.640 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} - \quad n &= \frac{S}{V_d} = \frac{31.388,39}{11.196,64} \\ &= 4 \text{ baut} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S &\leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 &\leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 10 &\leq 15 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 5 &\leq 10,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Kontrol Pelat**

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} Ab &= tp \times L \\ &= 1,5 \times 25 \\ &= 37,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned} Anet &= Ab - (n \times dl \times tp) \\ &= 10 - (2 \times 2,4 \times 1,5) \\ &= 30,30 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Ru baut =  $n \times \phi \times Rn$

$$\begin{aligned} &= 2 \times 1 \times 11.196,64 \\ &= 22.393,27 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Ru plat =  $Anet \times \phi \times fu$

$$\begin{aligned} &= 30,30 \times 0,75 \times 5500 \\ &= 124.987,50 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$Ru \text{ plat} > Ru \text{ Baut}$$

$$124.987,50 \text{ Kg} > 22.393,27 \text{ Kg} \text{ (OK)}$$

- **Sambungan pelat dengan batang Horizontal (Las)**

Sambungan las sudut :

Persyaratan ukuran las :

Maksimum = tebal pelat - 1,6 = 15 - 1,6 = 13,4 mm

Minimum = 6 mm (Buku LRFD, Tabel 7.1)

Maka digunakan las ukuran 10 mm

$$te = 0,707 \cdot a = 0,707 \times 10 = 7,07 \text{ mm}$$

Kuat rencana las sudut ukuran 10 mm per mm panjang

$$\begin{aligned}\phi R_n &= (\phi \text{ te. } (0,60. f_{uw})) \rightarrow \text{Mutu las } f_{uw} = 490 \text{ MPa} \\ &= (0,75 \times 7,07 \times 0,60 \times 490) = 1.558,935 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat

$$\begin{aligned}\phi R_n &= (\phi. t. (0,60. f_u)) \\ &= (0,75 \times 15 \times 0,6 \times 550) = 3.712,50 \text{ N/mm}\end{aligned}$$

Panjang total las yang dibutuhkan,  $L_w$

$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{313.883,90}{1.558,935} = 201,35 \text{ mm}$$

**“Halaman Ini Sengaja di Kosongkan”**

## BAB VIII DESAIN ELASTOMER BEARING PAD

### 8.1 Data Perencanaan Elastomer

Data yang Diketahui :

Beban Mati (DL)	: 5724,89 kN
Beban Hidup (LL)	: 4660,39 kN
Perpindahan memanjang maksimum	: 50 mm
Hardness	: 55Shore A
Modulus Geser (G)	: 0,6
Total Beban Kompresi	: 10385,28 kN
Batas Tegangan Delaminasi	: 7 Mpa

### 8.2 Dimensi Yang Diasumsikan

Lebar (W)	: 1200 mm
Panjang (L)	: 1250 mm
Tebal (H)	: 239 mm
Tebal Lapisan ( $h_{ri}$ )	: 26 mm
Tebal Lapisan Penutup ( $h_{cover}$ )	: 4 mm
Jumlah Lapisan	: 9 buah
Fy Pelat	: 240 Mpa

### 8.3 Perhitungan

- Luas Area Elastomer yang diperlukan

$$A_{perlu} > \frac{10385,28 \times 1000}{7} = 1483611,143 \text{ mm}^2$$

- Perhitungan Faktor Bentuk

$$S = \frac{A}{I_p \times h_{ri}}$$



$$I_p = 2 \times (L+W)$$

$$S = \frac{5724,89 \times 4660,39}{2 \times (1200 + 1250) \times 26}$$

$$= 11,774$$

Sesuai syarat,  $4 < 11,774 \leq 12$  (memenuhi)

➤ Pengecekan tegangan izin

$$\delta_s = \frac{PDL + PLL}{A}$$

$$= \frac{(5724,89 \times 1000) + (4660,39 \times 1000)}{(1200 \times 1250)}$$

$$= 6,92 \text{ Mpa}$$

$$\delta_L = \frac{PLL}{A}$$

$$= \frac{4660,38 \times 1000}{(1200 \times 1250)}$$

$$= 3,92 \text{ Mpa}$$

Bantalan dengan deformasi geser yang tk dikekang

$$\delta_s \leq 7,0 \text{ Mpa} \rightarrow 6,92 \text{ Mpa} \leq 7,0 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

$$\delta_s \leq 1,0 \text{ GS} \rightarrow 6,92 \text{ Mpa} \leq 7,07 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

Bantalan dengan deformasi geser yang dikekang

$$\delta_s \leq 7,7 \text{ Mpa} \rightarrow 6,92 \text{ Mpa} \leq 7,7 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

$$\delta_s \leq 1,1 \text{ GS} \rightarrow 6,92 \text{ Mpa} \leq 7,77 \text{ Mpa} \text{ (memenuhi)}$$

➤ Cek Deformasi Geser

Deformasi geser Rencana  $\Delta_s = 50 \text{ mm}$

Deformasi ijin =  $2 \times \Delta_s = 100 \text{ mm}$

Ketebalan total elastomer =  $h_{rt}$  = (Jumlah tebal lapisan internal + jumlah tebal cover)

$$\begin{aligned} h_{rt} &= 312 + 8 \\ &= 320 \text{ mm} > 100 \text{ mm (memenuhi)} \end{aligned}$$

➤ Cek Rotasi

$$\delta_s \geq 0,5 \text{ G.S} \left( \frac{L}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_{spx}}{n}$$

$$\delta_s \geq 0,5 \times 11,774 \times 0,6 \times \left( \frac{1250}{26} \right)^2 \frac{0,005 + 0,005}{12} = 6,80$$

6,80 Mpa  $\geq$  6,12 Mpa (memenuhi)

$$\delta_s \geq 0,5 \text{ G.S} \left( \frac{W}{h_{ri}} \right)^2 \frac{\theta_{spx}}{n}$$

$$\delta_s \geq 0,5 \times 11,774 \times 0,6 \times \left( \frac{1200}{26} \right)^2 \frac{0,005 + 0,005}{12} = 6,27$$

6,27 Mpa  $\geq$  6,12 Mpa (memenuhi)

➤ Cek Stabilitas

$$H \leq \frac{L}{3} = \frac{1250}{3} = 416,667 \geq 239 \text{ (memenuhi)}$$

$$H \leq \frac{W}{3} = \frac{1250}{3} = 416,667 \geq 239 \text{ (memenuhi)}$$

$(h_{cover}) < 0,7 h_{ri} = 0,7 \times 26 = 18,2 \text{ mm} \geq 4 \text{ mm (memenuhi)}$

➤ Menentukan Tebal Pelat

Kondisi Layan

$$h_s \geq \frac{3hr_{max}\delta s}{f_y}$$

$$h_s \geq \frac{3 \times 26 \times 6,92}{240}$$

$$h_s \geq 2,25 \text{ mm}$$

Kondisi Fatik

$$h_s \geq \frac{2hr_{max}\delta L}{f_y}$$

$$h_s \geq \frac{2 \times 26 \times 3,10}{240}$$

$$h_s \geq 0,67 \text{ mm}$$

Tebal Pelat Baja yang digunakan  $2,25 \approx 3 \text{ mm}$

#### 8.4 Dimensi yang Digunakan

Dimensi Bantalan L x W x H	: 1200 x 1250 x 239
Tebal Cover Atas	: 4 mm
Tebal Cover bawahh	: 4 mm
Tebal Lapisan Internal	: 26 mm
Jumlah Lapisan	: 9 buah
Tebal Pelat baja	: 3 mm
Jumlah Lapisan Pelat	: 10 buah
Mutu Pelat baja	: 240 Mpa
Mutu Elastomer	: 0,6 Mpa

## **BAB IX**

### **METODE PELAKSANAAN Dan PEMELIHARAAN**

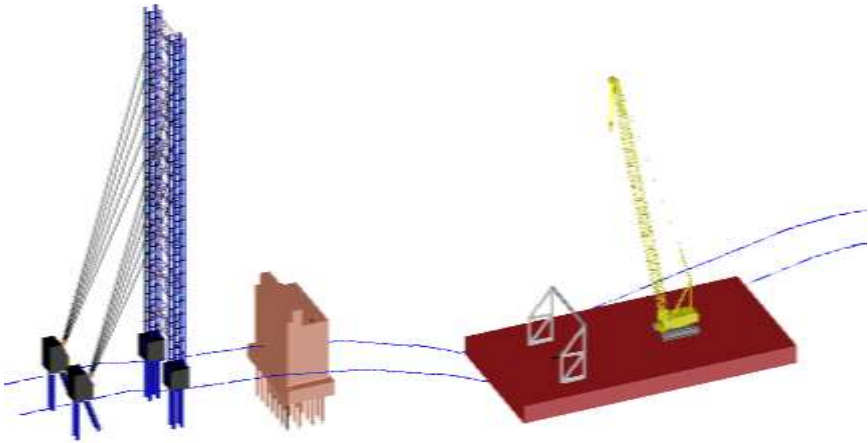
#### **9.1 Metode pelaksanaan jembatan busur baja**

Metode pelaksanaan jembatan busur baja yang menghubungkan Kali Lengkong akan direncanakan dengan metode Balanced Kantilever dengan mengandalkan tarikan kabel yang dihubungkan ke temporary tower, serta pemasangan menggunakan alat bantu tower crane dan traveller, adapun tahapan pekerjaannya :

1. Pemasangan Temporary Tower  
Berfungsi sebagai alat bantu untuk menahan berat gelagar setiap segmen jembatan serta untuk mempermudah pada pekerja pada saat melakukan pembautan, pengelasan pada segmen sambungan baja.
2. Pemasangan Traveller  
Berfungsi untuk meletakkan setiap segmen jembatan sesuai dengan posisinya, pemasangan traveller diawali dengan pemasangan kabel di bagian atas temporary tower yang nanti digunakan sebagai alas berjalannya traveller.
3. Pemasangan Tower Crane  
Berfungsi sebagai pengangkat setiap segmen jembatan menuju ke traveller untuk nantinya memposisikan segmen jembatan sesuai dengan posisinya.
4. Mobilisasi alat atau bahan dengan Kapal Ponton  
Perakitan setiap segmen jembatan dilakukan di darat, setelah itu bahan dan alat serta segmen jembatan yang sudah dirakit diangkut menggunakan kapal ponton ke lokasi pemasangan jembatan.

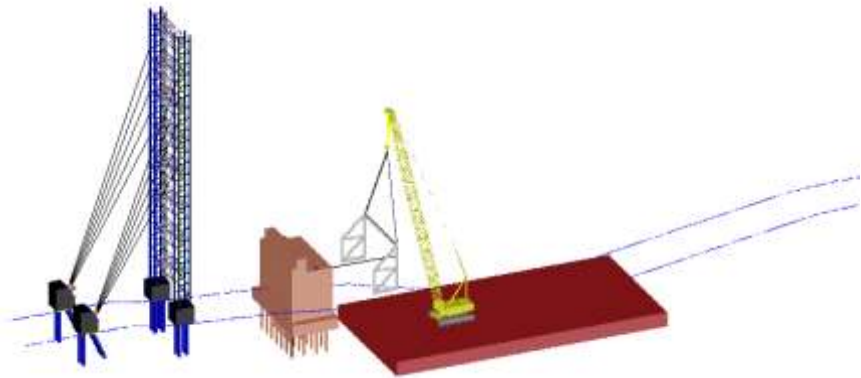
Adapun pemasangan segmen dibagi menjadi beberapa tahap, antara lain :

### Stage 1

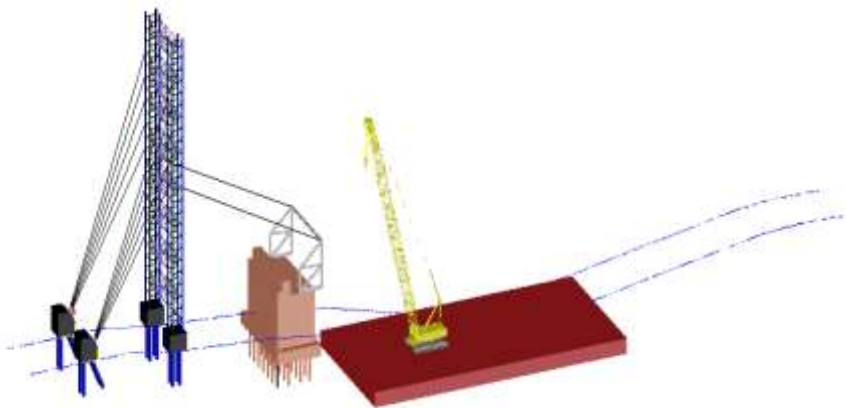


**Gambar 9. 1 Mobilisasi Segmen 1 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 1 jembatan sepanjang  $\lambda = 5\text{m}$ , Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal ponton.

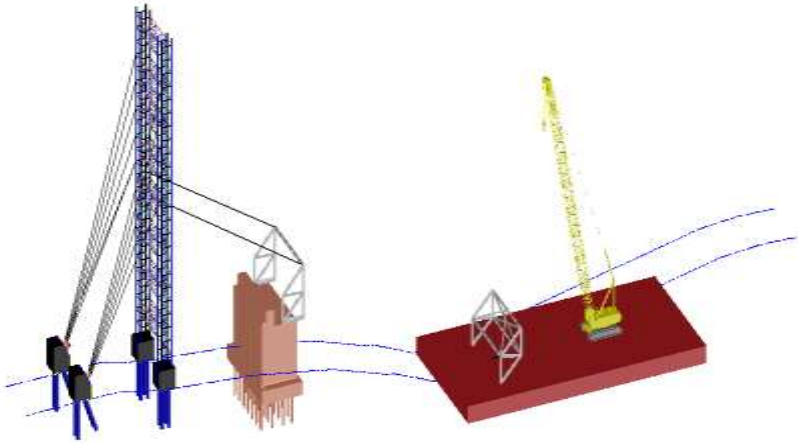


**Gambar 9. 2 Segmen 1 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



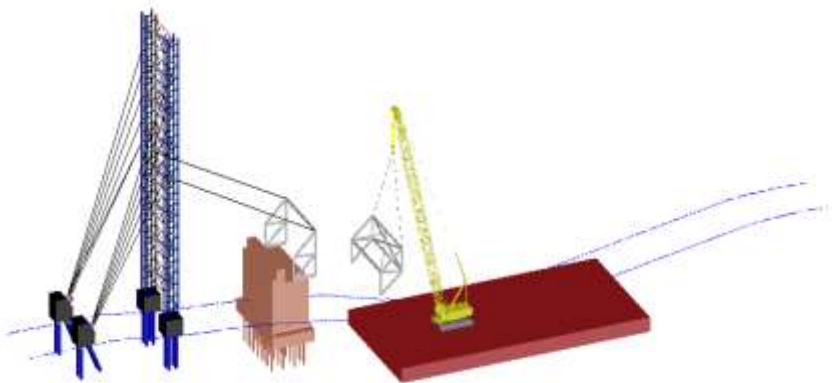
**Gambar 9. 3 Meletakkan Segmen 1 dan Pemasangan Temporary Kabel**

- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.

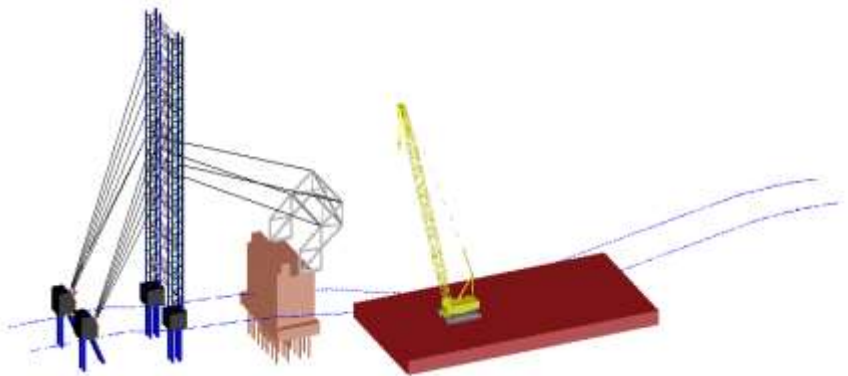
**Stage 2**

**Gambar 9. 4 Mobilisasi Segmen 2 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 2 jembatan sepanjang  $\lambda = 10$  m, Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.



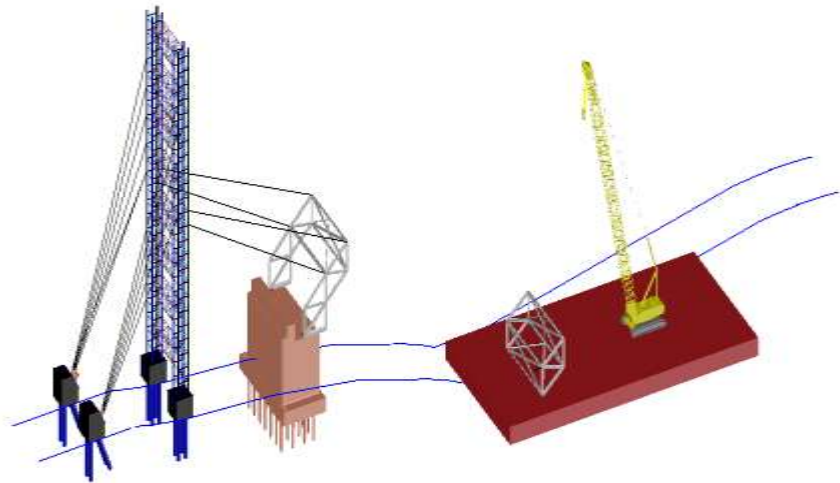
**Gambar 9. 6 Segmen 2 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



**Gambar 9. 5 Meletakkan Segmen 2 dan Pemasangan Temporary Kabel**

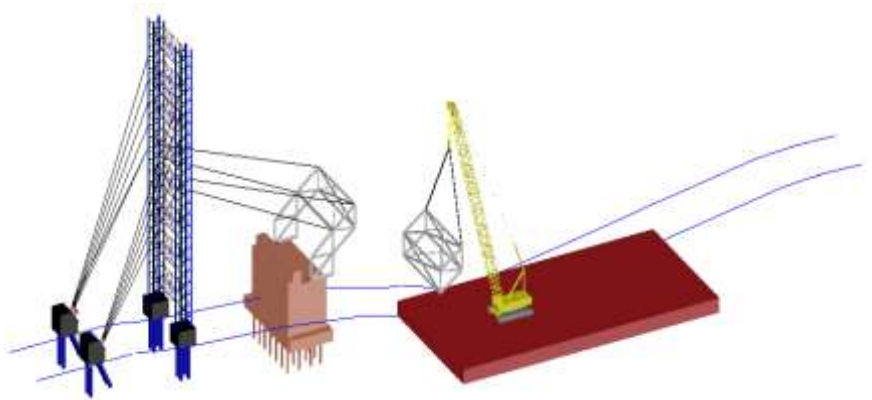
- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.



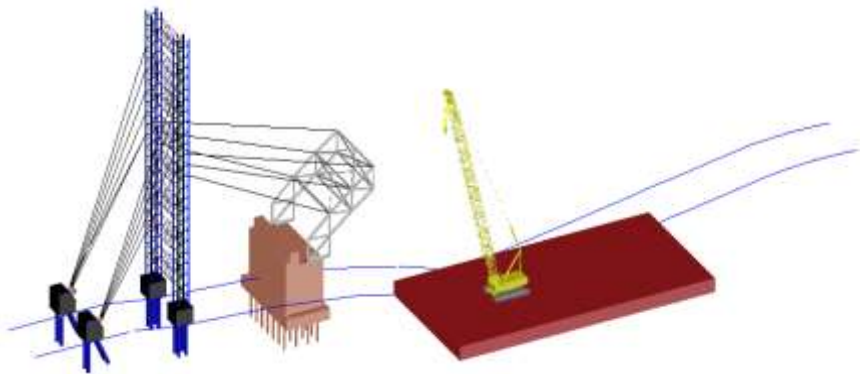
**Stage 3**

**Gambar 9. 7 Mobilisasi Segmen 1 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 3 jembatan sepanjang  $\lambda = 15$  m, Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.

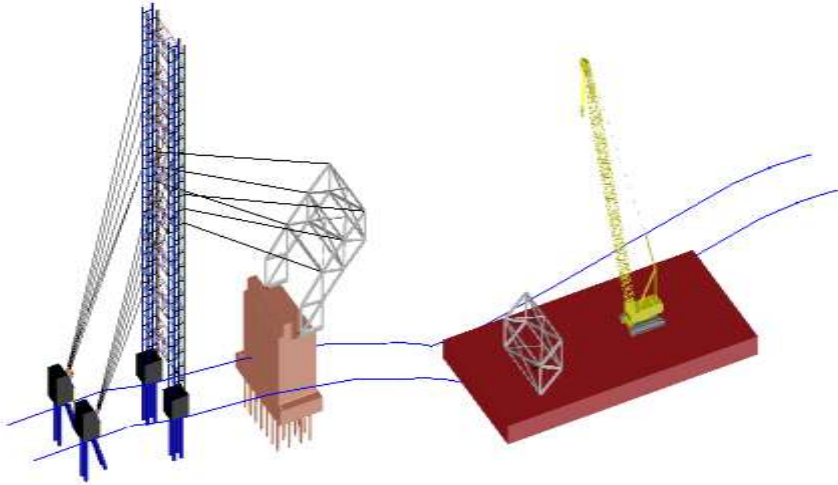


**Gambar 9. 9 Segmen 3 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



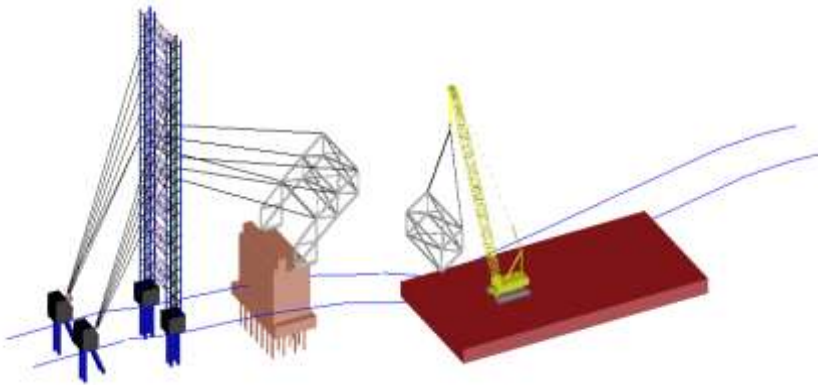
**Gambar 9. 8 Meletakkan Segmen 3 dan Pemasangan Temporary Kabel**

- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.

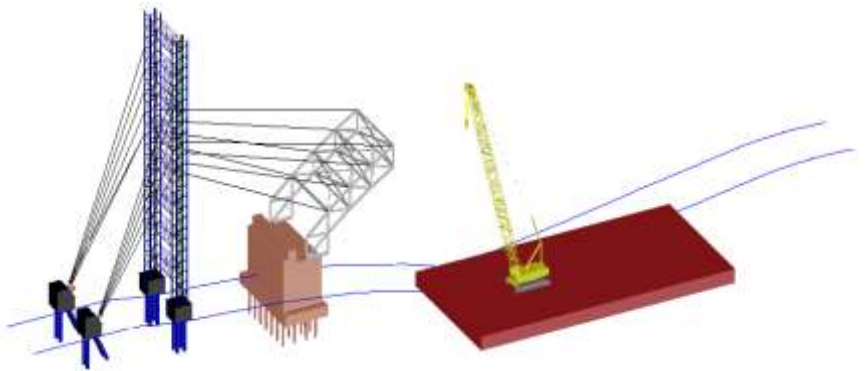
**Stage 4**

**Gambar 9. 10 Mobilisasi Segmen 1 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 4 jembatan sepanjang  $\lambda = 20$  m, Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.

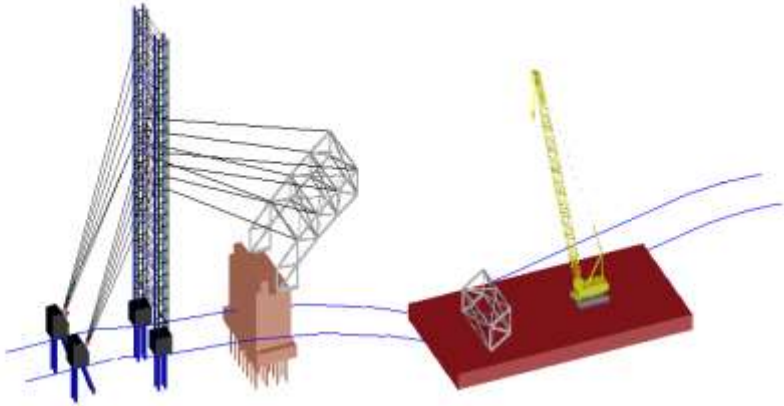


**Gambar 9. 11 Segmen 4 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



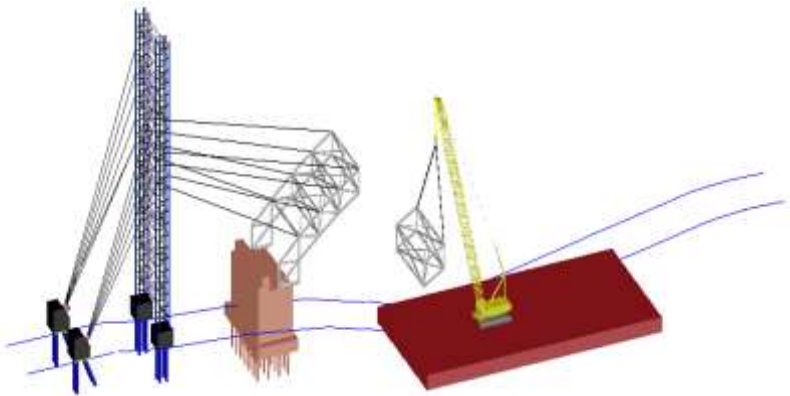
**Gambar 9. 12 Meletakkan Segmen 4 dan Pemasangan Temporary Kabel**

- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.

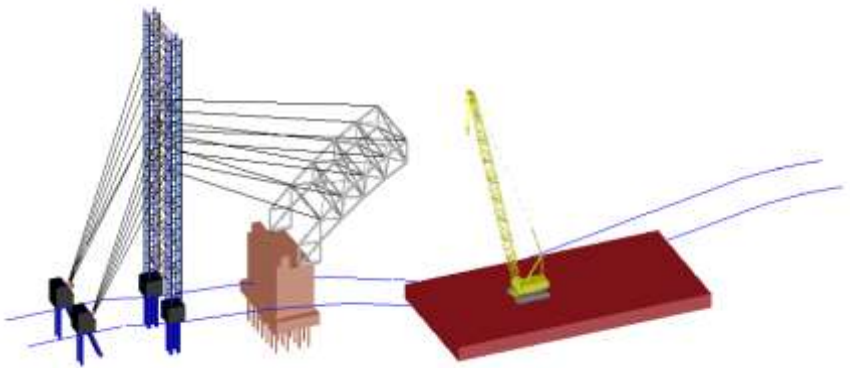
**Stage 5**

**Gambar 9. 13 Mobilisasi Segmen 5 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 5 jembatan sepanjang  $\lambda = 25$  m, Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.

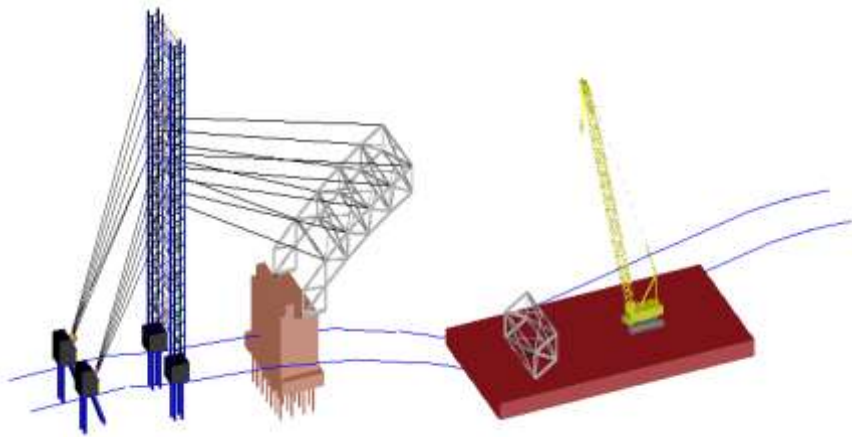


**Gambar 9. 14 Segmen 5 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



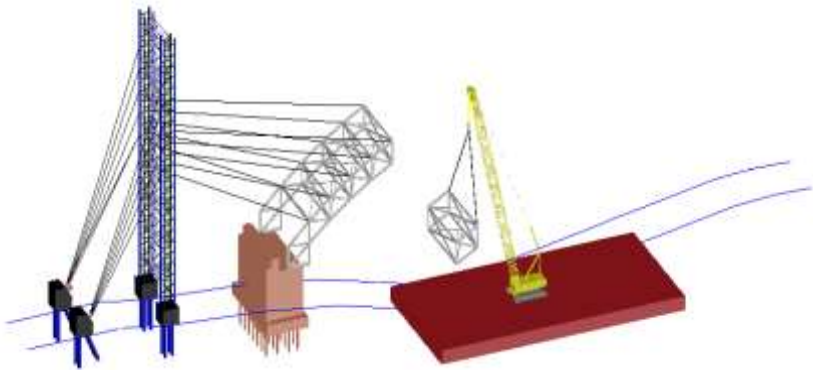
**Gambar 9. 15 Meletakkan Segmen 5 dan Pemasangan Temporary Kabel**

- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.

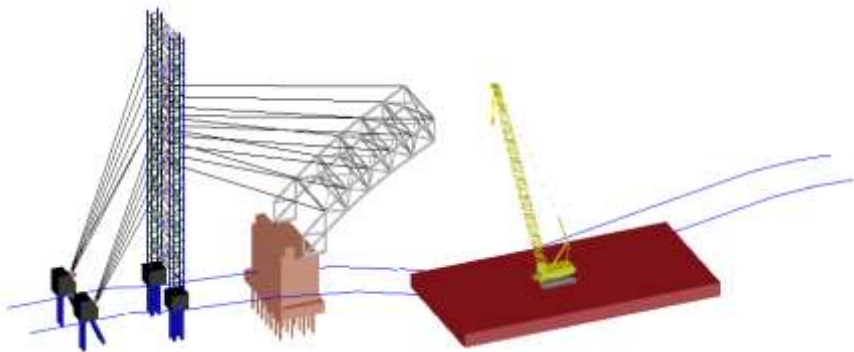
**Stage 6**

**Gambar 9. 16 Mobilisasi Segmen 6 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 6 jembatan sepanjang  $\lambda = 30$  m, Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.



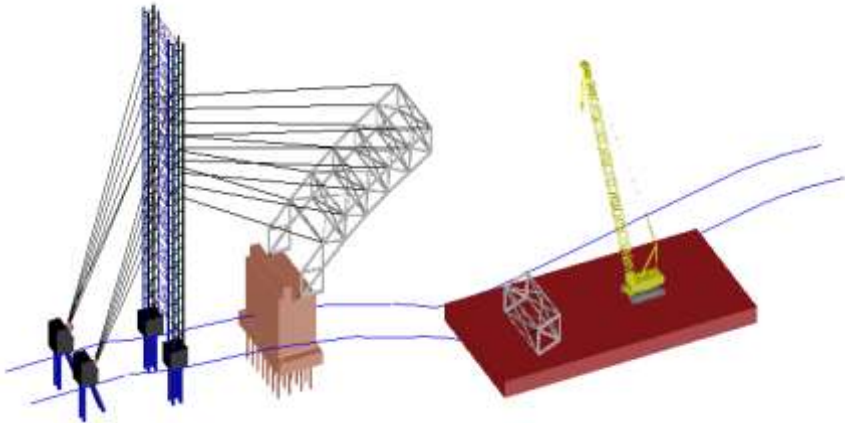
**Gambar 9. 17 Segmen 6 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



**Gambar 9. 18 Meletakkan Segmen 6 dan Pemasangan Temporary Kabel**

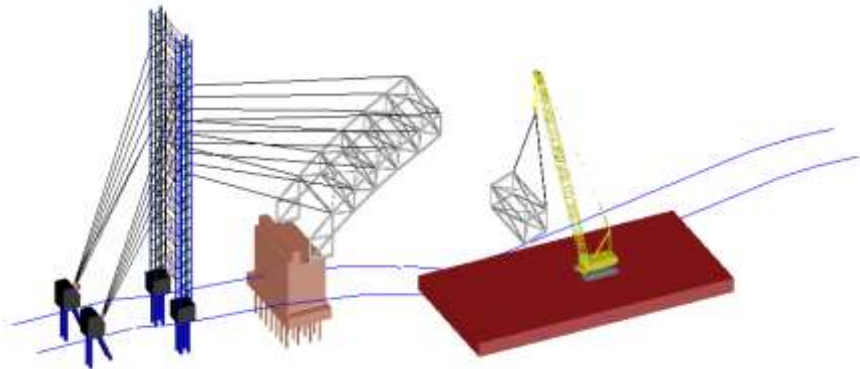
- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.



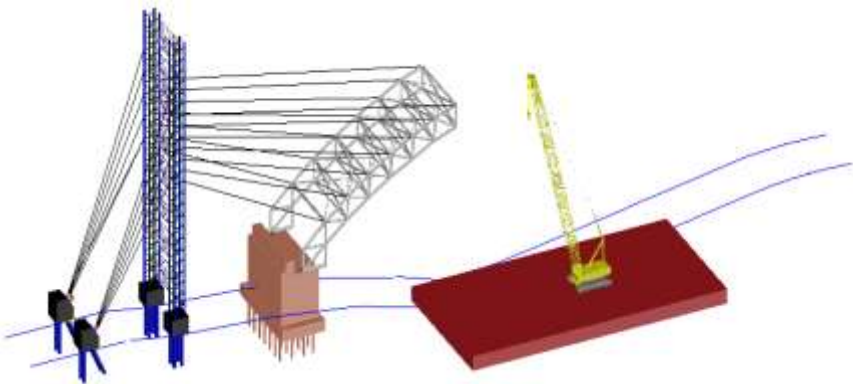
**Stage 7**

**Gambar 9. 19 Mobilisasi Segmen 7 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 7 jembatan sepanjang  $\lambda = 35$  m, Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.

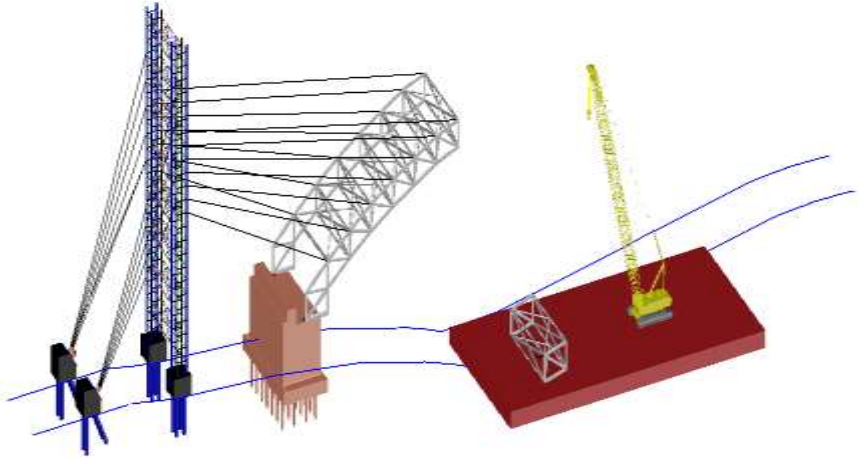


**Gambar 9. 20 Segmen 7 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



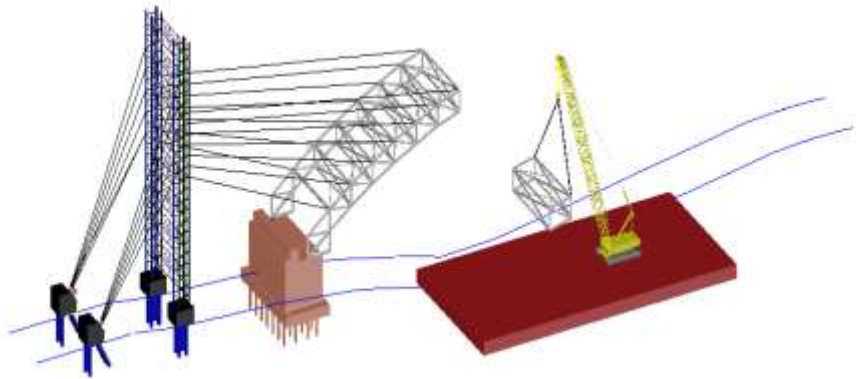
**Gambar 9. 21 Meletakkan Segmen 7 dan Pemasangan Temporary Kabel**

- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.

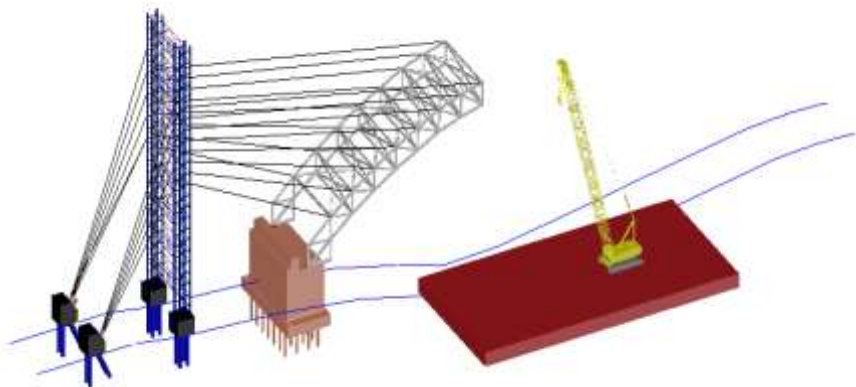
**Stage 8**

**Gambar 9. 22 Mobilisasi Segmen 8 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 8 jembatan sepanjang  $\lambda = 40$  m, Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.

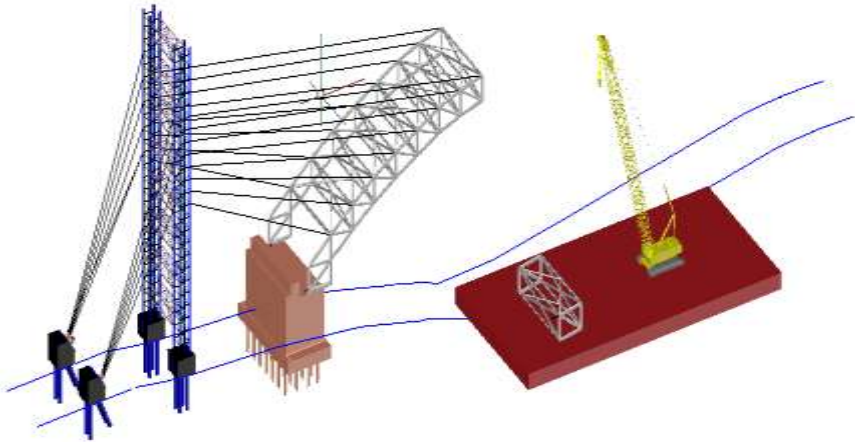


**Gambar 9. 24 Segmen 8 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



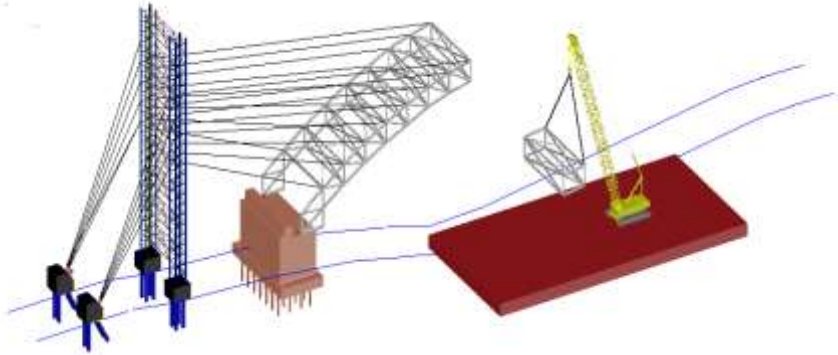
**Gambar 9. 23 Meletakkan Segmen 8 dan Pemasangan Temporary Kabel**

- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.

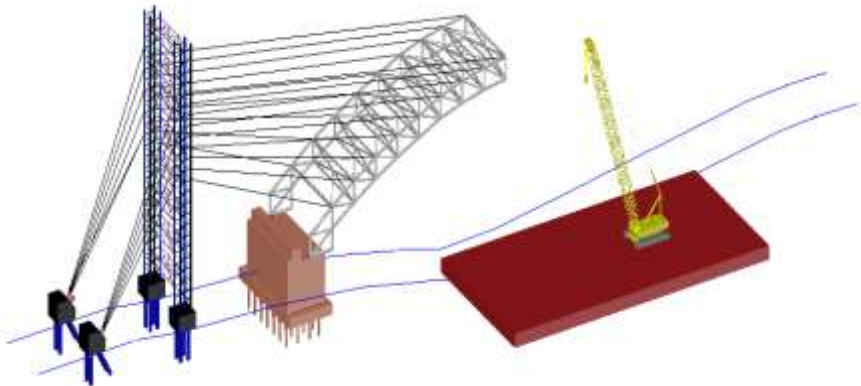
**Stage 9**

**Gambar 9. 25 Mobilisasi Segmen 9 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 9 jembatan sepanjang  $\lambda = 45$  m, Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.

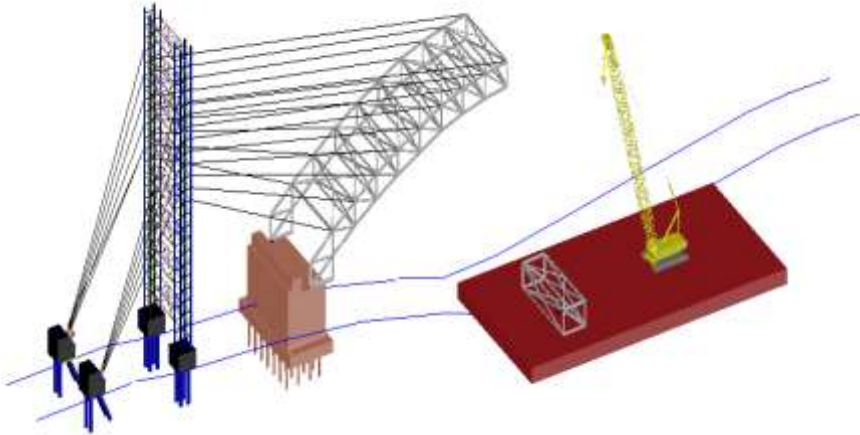


**Gambar 9. 27 Segmen 9 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



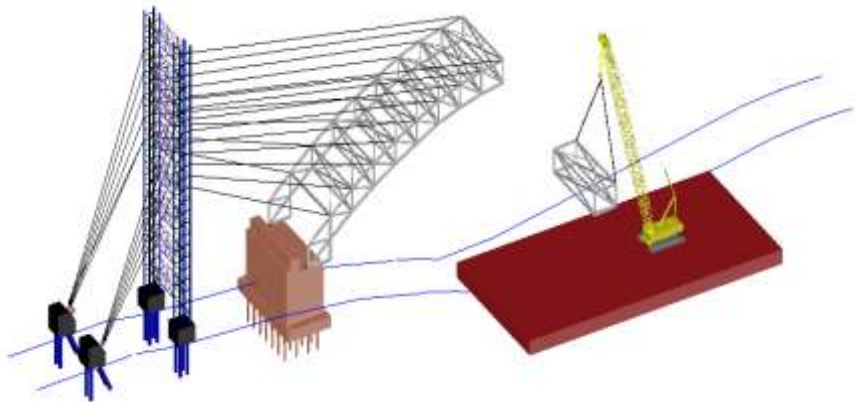
**Gambar 9. 26 Meletakkan Segmen 9 dan Pemasangan Temporary Kabel**

- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.

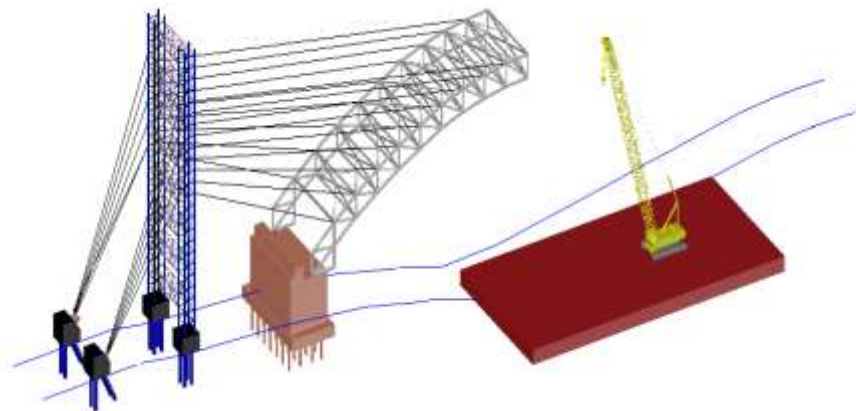
**Stage 10**

**Gambar 9. 28 Mobilisasi Segmen 10 dengan Ponton**

- Pemasangan segmen 10 jembatan sepanjang  $\lambda = 50$  m, Jembatan dirakit per segmen di lokasi darat dan untuk mobilisasi Alat dan bahan diangkut menggunakan kapal ponton. Pengambilan segmen jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.



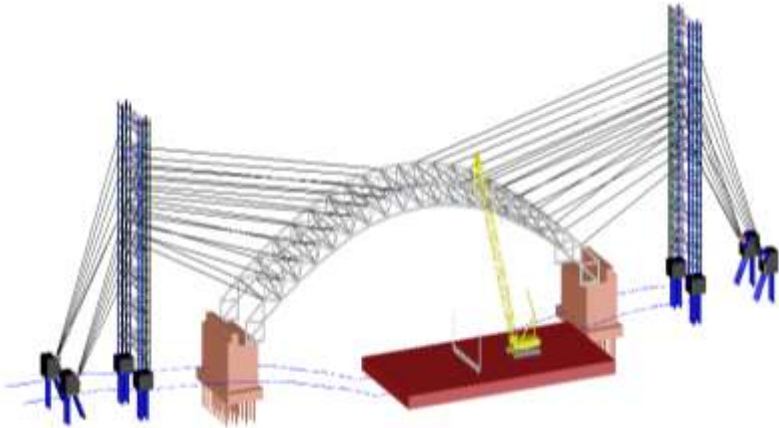
**Gambar 9. 30 Segmen 10 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



**Gambar 9. 29 Meletakkan Segmen 10 dan Pemasangan Temporary Kabel**

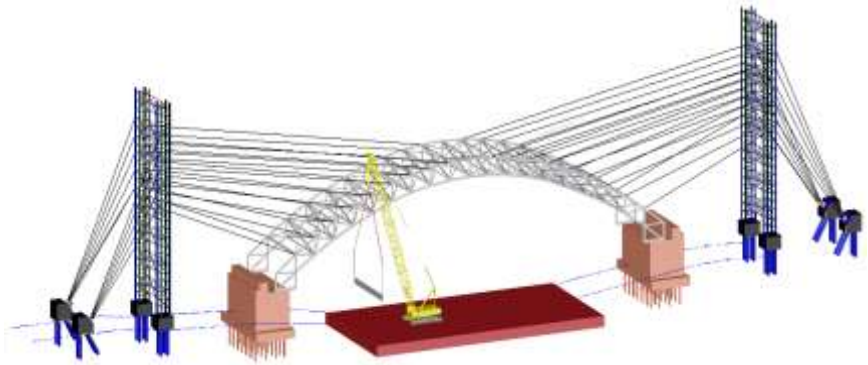
- Setelah Busur terangkat kemudian Busur disesuaikan dengan posisinya, di saat yang bersamaan 2 kabel penahan jembatan masing-masing di pasang di temporary tower yang 1 dikaitkan di busur dan 1 dikaitkan di penahan busur.



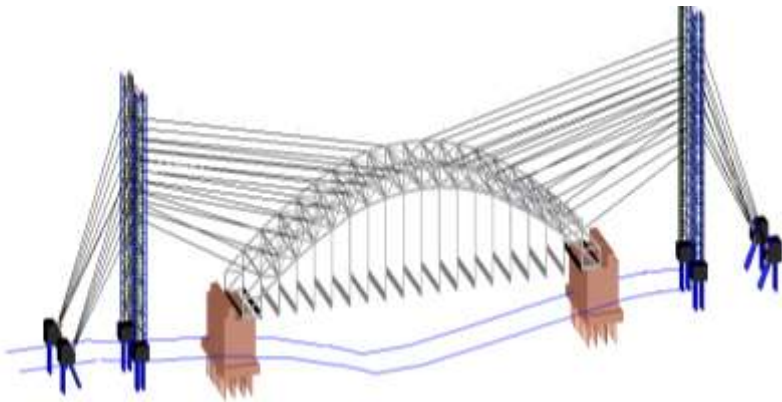
**Stage 11**

**Gambar 9. 31 Mobilisasi Segmen 11 dengan Ponton**

- Pengambilan Batang Melintang dan Penggantung jembatan menggunakan crawler crane dari kapal.



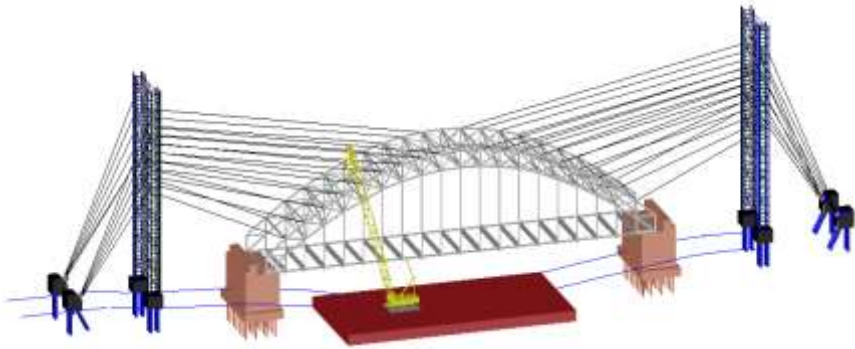
**Gambar 9. 32 Segmen 11 Diangkat Menggunakan Crawler Crane**



**Gambar 9. 33 Pemasangan Segmen 11**

- Setelah Balok melintang dan penggantung terangkat kemudian dipasang disesuaikan dengan posisinya.

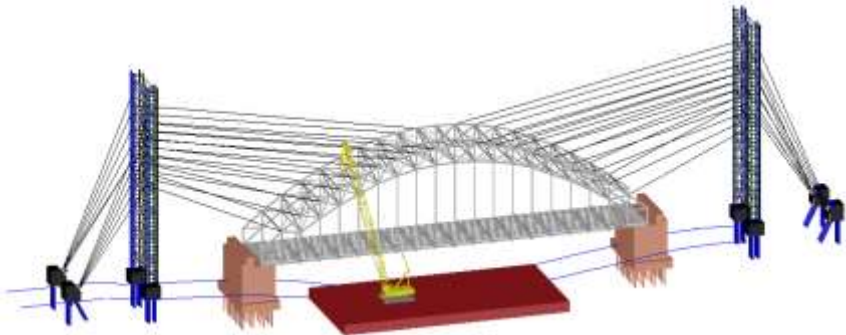
### Stage 12



**Gambar 9. 34 Pemasangan Segmen 12 Menggunakan Crawler Crane**

- Pada segmen 12 dilanjutkan pemasangan balok tepi dengan menggunakan crawler crane

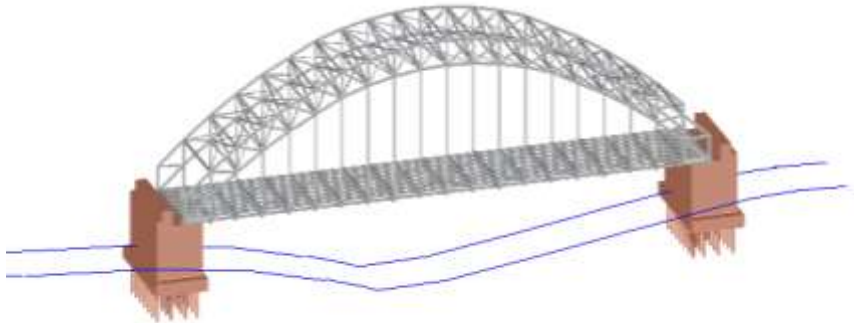
### Stage 13



**Gambar 9. 35 Pemasangan Segmen 13 menggunakan crawler crane**

- Pada segmen 13 dilanjutkan pemasangan balok memanjang dan ikatan angin bawah dengan menggunakan crawler crane

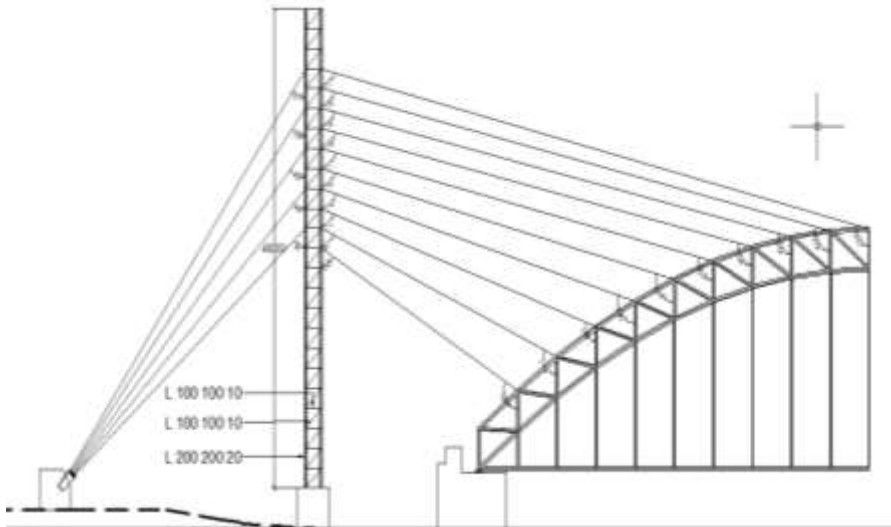
## Stage 14



**Gambar 9. 36** Segmen 14

- Pada segmen 14 dilakukan pembongkaran semua *temporary cable* dan juga pembongkaran *temporary tower* kemudian dilanjutkan pekerjaan lantai kendaraan
- Pekerjaan deck jembatan  
Setelah dilakukan pekerjaan pemasangan segmen jembatan, maka dilakukanan pekerjaan bekisting pada deck jembatan, lalu dilanjutkan dengan pekerjaan pembersian dan pengecoran pada lantai kendaraan.
- Pekerjaan Finishing  
Setelah dilakukan pengecoran pada deck jembatan/ lantai kendaraan selanjutnya dilakukan pekerjaan pengaspalan sepanjang bentang jembatan, pekerjaan pembuatan marka, pemasangan tiang sandaran dan pemasangan lampu pada sepanjang bentang jembatan

## 9.2 Perhitungan Metode Pelaksanaan



**Gambar 9. 37 Temporary Tower, Temporary Cable, dan Sudut Perhitungan Kabel**

Perhitungan Kabel Untuk Konstruksi Penahan Pemasangan Busur

Berat Total Material Baja Jembatan = 703.716 Kg

Berat setengah Jembatan =  $\frac{1}{2} \times 703.716 \text{ kg}$   
 = 351.858 Kg (10 segmen)

Berat 1 Segmen =  $351.858 : 10$   
 = 35.186 Kg

## 1. Kabel Penahan Busur per Segmen

### ➤ Kabel Segmen 1

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ Q - P_u \times \sin 30 &= 0 \\ 35,186 - P_u \times 0,500 &= 0 \\ P_{u_{\text{busur}}} &= 70,37 \text{ T}\end{aligned}$$

### ➤ Kabel Segmen 2

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ Q - P_u \times \sin 23 &= 0 \\ 35,186 - P_u \times 0,391 &= 0 \\ P_{u_{\text{busur}}} &= 90,05 \text{ T}\end{aligned}$$

### ➤ Kabel Segmen 3

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ Q - P_u \times \sin 19 &= 0 \\ 35,186 - P_u \times 0,326 &= 0 \\ P_{u_{\text{busur}}} &= 108,08 \text{ T}\end{aligned}$$

### ➤ Kabel Segmen 4

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ Q - P_u \times \sin 16 &= 0 \\ 35,186 - P_u \times 0,276 &= 0 \\ P_{u_{\text{busur}}} &= 127,65 \text{ T}\end{aligned}$$

### ➤ Kabel Segmen 5

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ Q - P_u \times \sin 14 &= 0 \\ 35,186 - P_u \times 0,242 &= 0 \\ P_{u_{\text{busur}}} &= 145,44 \text{ T}\end{aligned}$$

- Kabel Segmen 6
 

$\sum V$	= 0
$Q - P_u \times \sin 13$	= 0
$35,186 - P_u \times 0,225$	= 0
$P_{u_{busur}}$	= 156,41 T
  
- Kabel Segmen 7
 

$\sum V$	= 0
$Q - P_u \times \sin 12$	= 0
$35,186 - P_u \times 0,208$	= 0
$P_{u_{busur}}$	= 169,23 T
  
- Kabel Segmen 8
 

$\sum V$	= 0
$Q - P_u \times \sin 12$	= 0
$35,186 - P_u \times 0,208$	= 0
$P_{u_{busur}}$	= 169,23 T
  
- Kabel Segmen 9
 

$\sum V$	= 0
$Q - P_u \times \sin 12$	= 0
$35,186 - P_u \times 0,208$	= 0
$P_{u_{busur}}$	= 169,23 T
  
- Kabel Segmen 10
 

$\sum V$	= 0
$Q - P_u \times \sin 13$	= 0
$35,186 - P_u \times 0,225$	= 0
$P_{u_{busur}}$	= 156,15 T

## 2. Kabel Penahan Temporary Tower dari Segmen Busur

### ➤ Kabel Segmen 1

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ P_{U_{\text{busur}}} - P_u \times \cos 60 &= 0 \\ 70,37 - P_u \times 0,500 &= 0 \\ P_{U_{\text{temporary tower}}} &= 35,19 \text{ T}\end{aligned}$$

### ➤ Kabel Segmen 2

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ P_{U_{\text{busur}}} - P_u \times \cos 67 &= 0 \\ 90,05 - P_u \times 0,390 &= 0 \\ P_{U_{\text{temporary tower}}} &= 35,19 \text{ T}\end{aligned}$$

### ➤ Kabel Segmen 3

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ P_{U_{\text{busur}}} - P_u \times \cos 71 &= 0 \\ 108,08 - P_u \times 0,325 &= 0 \\ P_{U_{\text{temporary tower}}} &= 35,19 \text{ T}\end{aligned}$$

### ➤ Kabel Segmen 4

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ P_{U_{\text{busur}}} - P_u \times \cos 74 &= 0 \\ 127,65 - P_u \times 0,276 &= 0 \\ P_{U_{\text{temporary tower}}} &= 35,19 \text{ T}\end{aligned}$$

### ➤ Kabel Segmen 5

$$\begin{aligned}\sum V &= 0 \\ P_{U_{\text{busur}}} - P_u \times \cos 76 &= 0 \\ 145,44 - P_u \times 0,241 &= 0 \\ P_{U_{\text{temporary tower}}} &= 35,19 \text{ T}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 6} \\
 &\Sigma V = 0 \\
 &P_{\text{busur}} - P_u \times \cos 77 = 0 \\
 &156,41 - P_u \times 0,225 = 0 \\
 &P_{\text{temporary tower}} = 35,19 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 7} \\
 &\Sigma V = 0 \\
 &P_{\text{busur}} - P_u \times \cos 78 = 0 \\
 &169,23 - P_u \times 0,208 = 0 \\
 &P_{\text{temporary tower}} = 35,19 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 8} \\
 &\Sigma V = 0 \\
 &P_{\text{busur}} - P_u \times \cos 78 = 0 \\
 &169,23 - P_u \times 0,208 = 0 \\
 &P_{\text{temporary tower}} = 35,19 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 9} \\
 &\Sigma V = 0 \\
 &P_{\text{busur}} - P_u \times \cos 78 = 0 \\
 &169,23 - P_u \times 0,208 = 0 \\
 &P_{\text{temporary tower}} = 35,19 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 10} \\
 &\Sigma V = 0 \\
 &P_{\text{busur}} - P_u \times \cos 77 = 0 \\
 &156,41 - P_u \times 0,225 = 0 \\
 &P_{\text{temporary tower}} = 35,19 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma V_{\text{total}} = 35,19 \times 10 = 351,9 \text{ T}$$

$$\begin{aligned}
 D &= P_u \times \sin 45 \\
 &= 351,9 \times 0,707 \\
 &= 497,60 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma H &= \sqrt{D^2 - \Sigma V_{\text{total}}^2} \\
 &= \sqrt{497,60^2 - 351,86^2} \\
 &= 351,86 \text{ T}
 \end{aligned}$$

### 3. Kabel Penahan Temporary Tower ke Penahan Poer

➤ Kabel Segmen 1

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \\
 P_{u_{\text{tot.busur}}} : \cos 50 &= 0 \\
 70,37 : 0,643 &= 0 \\
 P_{u_{\text{temporary tower ke poer}}} &= 109,48 \text{ T}
 \end{aligned}$$

➤ Kabel Segmen 2

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \\
 P_{u_{\text{tot.busur}}} : \cos 46 &= 0 \\
 70,37 : 0,694 &= 0 \\
 P_{u_{\text{temporary tower ke poer}}} &= 101,30 \text{ T}
 \end{aligned}$$

➤ Kabel Segmen 3

$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \\
 P_{u_{\text{tot.busur}}} : \cos 43 &= 0 \\
 70,37 : 0,731 &= 0 \\
 P_{u_{\text{temporary tower ke poer}}} &= 96,22 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 4} \\
 &\sum V = 0 \\
 &P_{u_{\text{tot.busur}}} : \text{Cos } 39 = 0 \\
 &70,37 : 0,778 = 0 \\
 &P_{u_{\text{temporary tower ke poer}}} = 90,55 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 5} \\
 &\sum V = 0 \\
 &P_{u_{\text{tot.busur}}} : \text{Cos } 37 = 0 \\
 &70,37 : 0,799 = 0 \\
 &P_{u_{\text{temporary tower ke poer}}} = 88,11 \text{ T}
 \end{aligned}$$

#### 4. Kabel Penahan Temporary Tower ke Penahan Poer - Mencari Gaya Vertikal Pada Poer

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 1} \\
 &\sum V = 0 \\
 &P_{u_{\text{temporary tower ke poer}}} \times \text{Cos } 50 = 0 \\
 &109,48 \times 0,642 = 0 \\
 &P_{u_{\text{poer gaya vertikal}}} = 70,37 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 2} \\
 &\sum V = 0 \\
 &P_{u_{\text{temporary tower ke poer}}} \times \text{Cos } 46 = 0 \\
 &101,3 \times 0,694 = 0 \\
 &P_{u_{\text{poer gaya vertikal}}} = 70,37 \text{ T}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{➤ Kabel Segmen 3} \\
 &\sum V = 0 \\
 &P_{u_{\text{temporary tower ke poer}}} \times \text{Cos } 43 = 0 \\
 &96,22 \times 0,731 = 0 \\
 &P_{u_{\text{poer gaya vertikal}}} = 70,37 \text{ T}
 \end{aligned}$$

## ➤ Kabel Segmen 4

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ P_{\text{temporary tower ke poer}} \times \cos 39 &= 0 \\ 90,55 \times 0,777 &= 0 \\ P_{\text{poer gaya vertikal}} &= 70,37 \text{ T} \end{aligned}$$

## ➤ Kabel Segmen 5

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ P_{\text{temporary tower ke poer}} \times \cos 37 &= 0 \\ 88,11 \times 0,799 &= 0 \\ P_{\text{poer gaya vertikal}} &= 70,37 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum V &= 70,37 \times 5 \\ &= 281,49 \text{ T} \end{aligned}$$

## - Mencari Gaya Horizontal Pada Poer

## ➤ Kabel Segmen 1

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ P_{\text{temporary tower ke poer}} \times \sin 50 &= 0 \\ 109,48 \times 0,766 &= 0 \\ P_{\text{poer gaya vertikal}} &= 83,87 \text{ T} \end{aligned}$$

## ➤ Kabel Segmen 2

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ P_{\text{temporary tower ke poer}} \times \sin 46 &= 0 \\ 101,3 \times 0,719 &= 0 \\ P_{\text{poer gaya vertikal}} &= 72,88 \text{ T} \end{aligned}$$

➤ Kabel Segmen 3

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ P_{\text{temporary tower ke poer}} \times \sin 43 &= 0 \\ 96,22 \times 0,681 &= 0 \\ P_{\text{poer gaya vertikal}} &= 65,62 \text{ T} \end{aligned}$$

➤ Kabel Segmen 4

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ P_{\text{temporary tower ke poer}} \times \sin 39 &= 0 \\ 90,55 \times 0,777 &= 0 \\ P_{\text{poer gaya vertikal}} &= 56,99 \text{ T} \end{aligned}$$

➤ Kabel Segmen 5

$$\begin{aligned} \sum V &= 0 \\ P_{\text{temporary tower ke poer}} \times \sin 37 &= 0 \\ 88,11 \times 0,799 &= 0 \\ P_{\text{poer gaya vertikal}} &= 53,03 \text{ T} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum H &= 83,87 + 72,87 + 65,62 + 56,99 + 53,03 \\ &= 332,37 \text{ T} \end{aligned}$$

### 5. Kontrol Stabilitas Temporary Tower

$$\begin{aligned} \sum V (\text{Gaya Vertikal}) - \sum H (\text{Gaya Horizontal}) &= 0 \\ = 351,86 - 332,37 &= 19,48 \text{ T} \end{aligned}$$

Jika Sudah mendekati 0 (nol) maka Temporary Tower sudah bisa dianggap kuat untuk alat bantu proses pemasangan jembatan.

## 6. Kebutuhan Kabel Saat Pelaksanaan

### - Kabel Penarik Jembatan

ASTM B-416 - 7 No 18 Awg

$f_u = 1864 \text{ Mpa}$

$f_{\text{ijin}} = 0,7 \times 1864 \text{ Mpa} = 1304,8 \text{ Mpa}$

$E = 19500 \text{ Mpa}$

Dimensi Kabel

$D = 13,3 \text{ mm}$

$A_s = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13,3^2 \text{ mm} = 138,92 \text{ mm}^2$

$P_n = \varphi \cdot F_u \cdot A_s$

$= 0,75 \times 1864 \text{ Mpa} \times 138,92 \text{ mm}^2$

$= 194.223 \text{ N}$

$= 194 \text{ Kn}$

**Tabel 9. 1 Kabel Penarik Jembatan Busur**

SEGMENT	PU	ASC GAYA	JUMLAH	ASC ACTUAL	PN	STATUS
	(kN)	(mm <sup>2</sup> )	KABEL	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	
1	351,86	269,66	2	277,86	362,55	OK
2	703,72	539,33	4	555,72	725,10	OK
3	1055,57	808,99	6	833,57	1087,65	OK
4	1407,43	1078,66	8	1111,43	1450,20	OK
5	1759,29	1348,32	10	1389,29	1812,75	OK
6	2111,15	1617,99	12	1667,15	2175,30	OK
7	2463,01	1887,65	14	1945,01	2537,85	OK
8	2814,86	2157,31	16	2222,87	2900,39	OK
9	3166,72	2426,98	18	2500,72	3262,94	OK
10	3518,58	2696,64	20	2778,58	3625,49	OK

ASTM B-416 - 7 No 18 Awg.

Fu = 1864 Mpa

f ijin = 0,7 x 1864 Mpa = 1304,8 Mpa

E = 19500 Mpa

Dimensi Kabel

D = 24,9 mm

As =  $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 24,9^2$  mm = 486,96 mm<sup>2</sup>

Pn =  $\varphi \cdot Fu \cdot As$

= 0,75 x 1864 Mpa x 486,96 mm<sup>2</sup>

= 680.763 N

= 681 kN

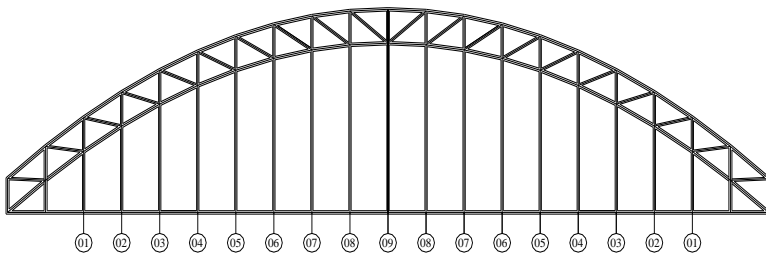
**Tabel 9. 2 Kabel Penahan Temporary Tower**

KABEL	PU	ASC GAYA	JUMLAH	ASC ACTUAL	PN	STATUS
PENAHAN	(kN)	(mm <sup>2</sup> )	KABEL	(mm <sup>2</sup> )	(kN)	
1	1094,79	839,05	2	973,91	1270,76	OK
2	1013,04	776,39	2	973,91	1270,76	OK
3	962,21	737,44	2	973,91	1270,76	OK
4	905,51	693,99	2	973,91	1270,76	OK
5	88,11	67,53	2	973,91	1270,76	OK

### 9.3 Pemeliharaan jembatan

Pemeliharaan jembatan merupakan hal yang wajib dilakukan agar jembatan itu bisa berumur sesuai rencana yang sudah dihitung dan direncanakan. Pemeliharaan terdiri dari pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, dan pemeliharaan perbaikan besar. Pemeliharaan yang paling harus diutamakan adalah pemeliharaan perbaikan besar karena condong ke bagian vital jembatan, seperti contoh pada jembatan busur adalah penggantung yang merupakan bagian penting dalam jembatan busur. Saat pemeliharaan penggantung jembatan maka akan dilakukan penggantian penggantung dengan cara mencopot salah satu atau beberapa penggantung untuk diganti yang baru. Cara mengetahui apakah saat pemeliharaan atau salah satu penggantung dicopot maka perlu dianalisa dengan menggunakan dimodelkan di software Sap. Dengan hasil analisa maka kita dapat membuat sebuah SOP (Standart Operating Procedures) dalam metode pemeliharaan penggantung dari jembatan busur baja.

Kondisi normal merupakan kondisi penggantung masih terpasang semua

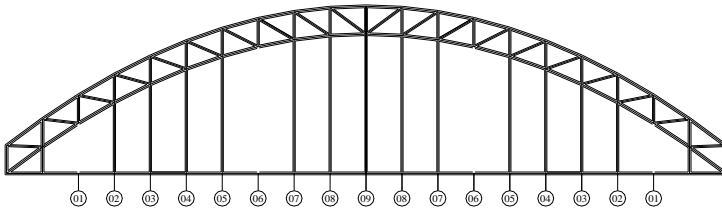


**Gambar 9. 38 Kondisi Normal**



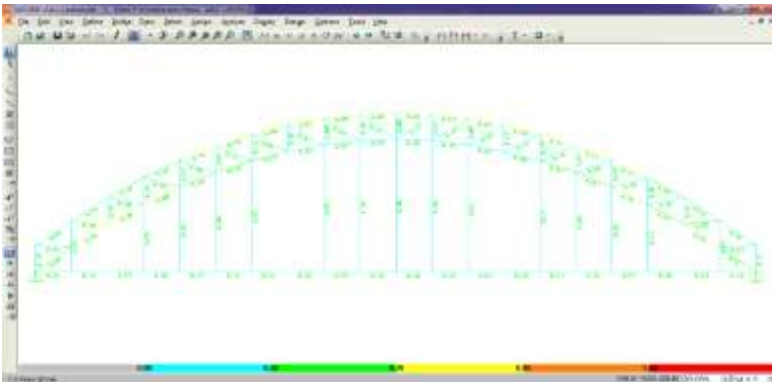
SOP penggantian penggantung jembatan dilakukan sebagai berikut :

Kondisi 1 (Penggantung nomor 1 & 6 dilepas)

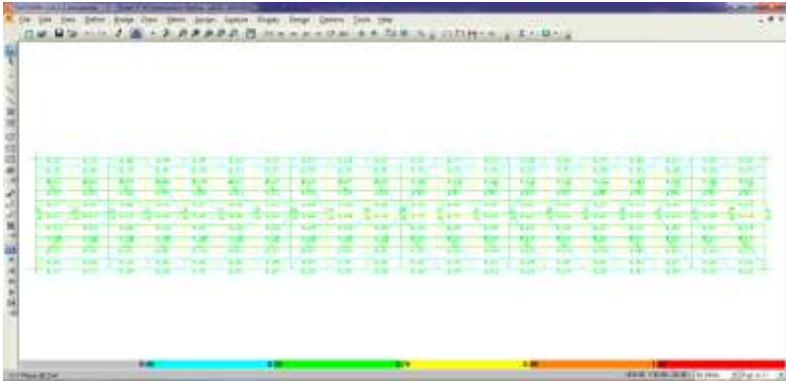


**Gambar 9. 39 Kondisi 1**

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap



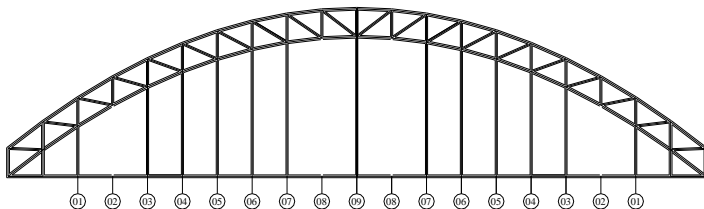
**Gambar 9. 40 Hasil Analisa Sap Kondisi 1 (Tampak Samping)**



**Gambar 9. 41 Hasil Analisa Sap Kondisi 1 (Tampak Atas)**

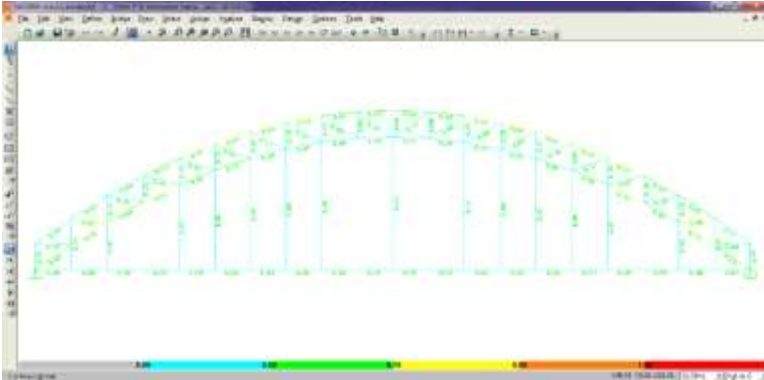
Dapat dilihat dari gambar 9.40 dan gambar 9.41 di atas maka Kondisi 1 aman dilewati saat pemeliharaan pelepasan kabel nomor 1 dan nomor 6.

Kondisi 2 (Penggantung nomor 2 & 8 dilepas)

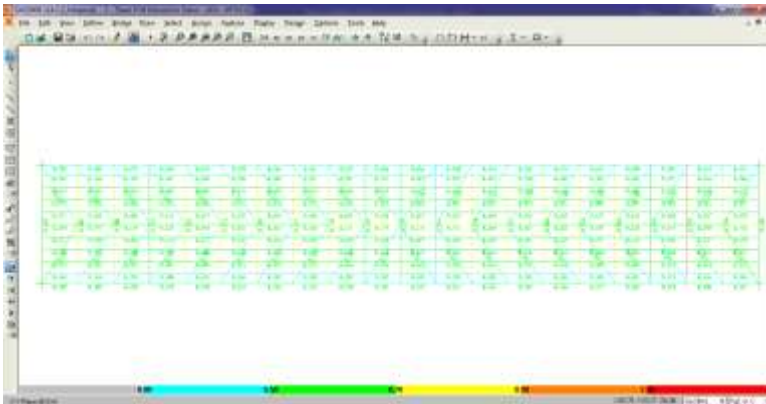


**Gambar 9. 42 Gambar Kondisi 2**

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap



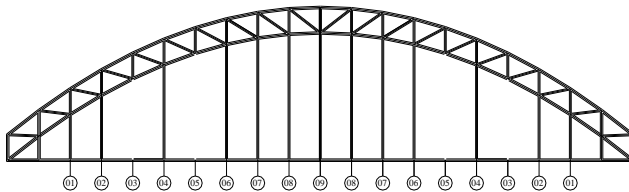
**Gambar 9. 44 Hasil Analisa Sap Kondisi 2 (Tampak Samping)**



**Gambar 9. 43 Hasil Analisa Sap Kondisi 2 (Tampak Atas)**

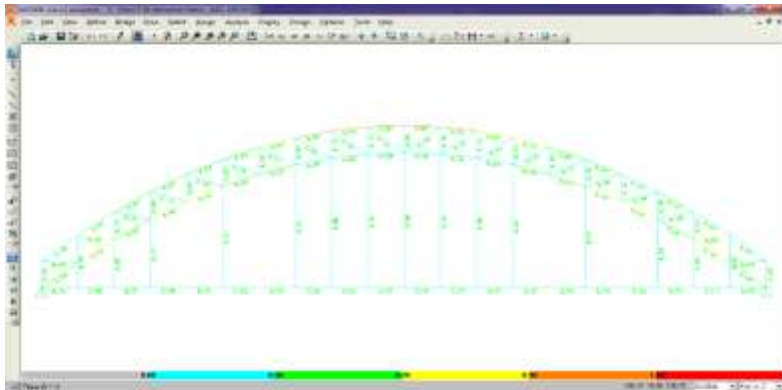
Dapat dilihat dari gambar 9.43 dan gambar 9.44 di atas maka Kondisi 2 aman dilewati saat pemeliharaan pelepasan kabel nomor 2 dan nomor 8

Kondisi 3 (Penggantung nomor 3 & 5 dilepas)

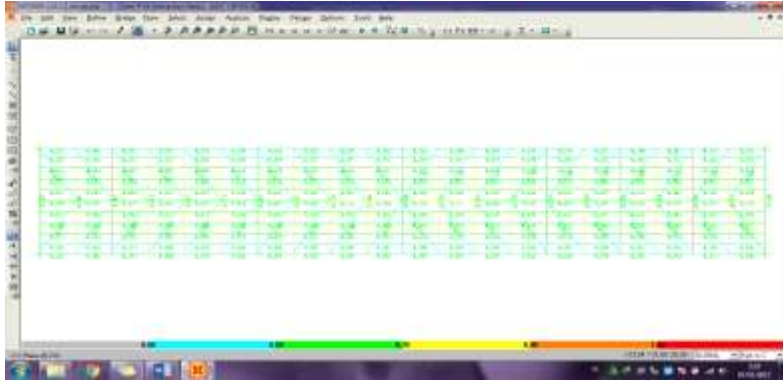


**Gambar 9. 45 Kondisi 3**

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap



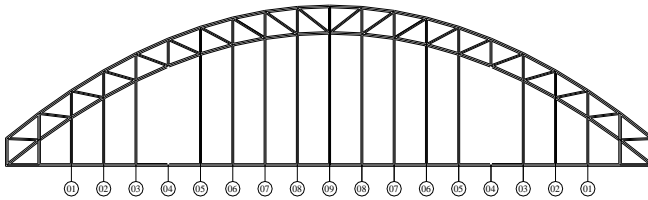
**Gambar 9. 46 Hasil Analisa Sap Kondisi 3 (Tampak Samping)**



**Gambar 9. 47 Hasil Analisa Sap Kondisi 3 (Tampak Atas)**

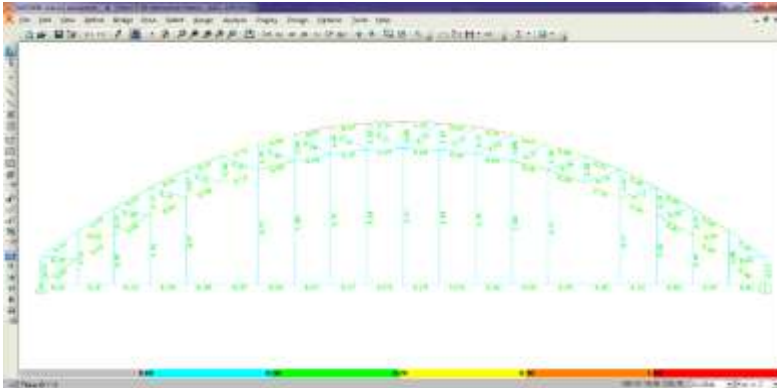
Dapat dilihat dari gambar 9.46 dan gambar 9.47 di atas maka Kondisi 3 aman dilewati saat pemeliharaan pelepasan kabel nomor 3 dan nomor 5.

Kondisi 4 (Penggantung nomor 4 dilepas)

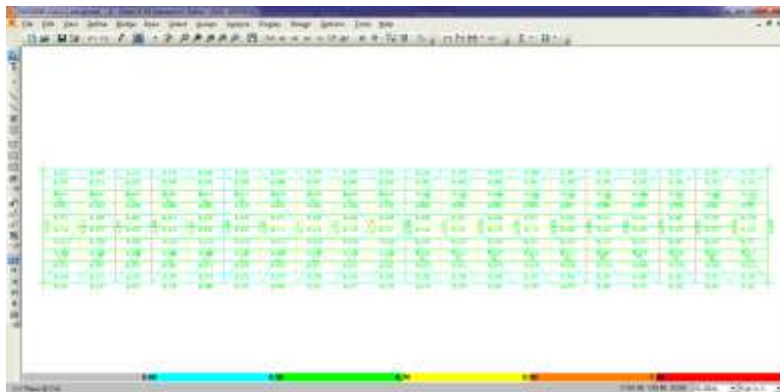


**Gambar 9. 48 Kondisi 4**

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap



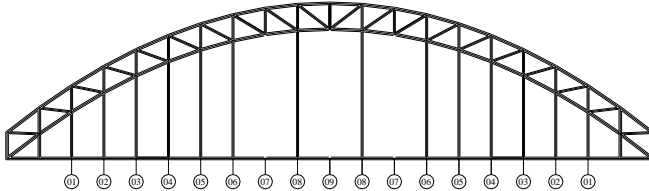
**Gambar 9. 50 Hasil Analisa Sap Kondisi 4 (Tampak Samping)**



**Gambar 9. 49 Hasil Analisa Sap Kondisi 4 (Tampak Atas)**

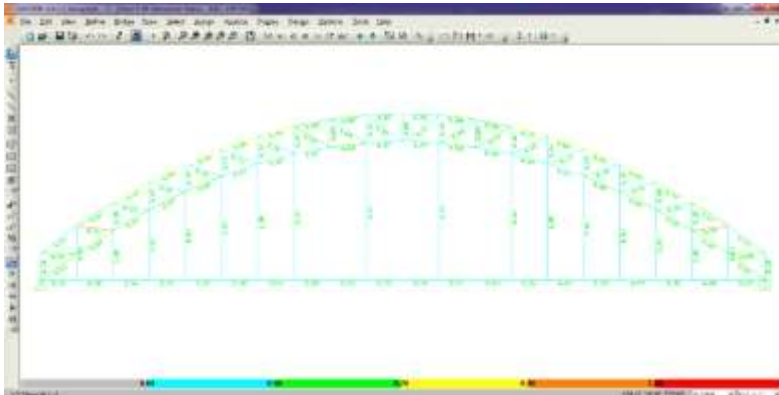
Dapat dilihat dari gambar 9.49 dan gambar 9.50 di atas maka Kondisi 4 aman dilewati saat pemeliharaan pelepasan kabel nomor 4.

Kondisi 5 (Penggantung nomor 7 & 9 dilepas)

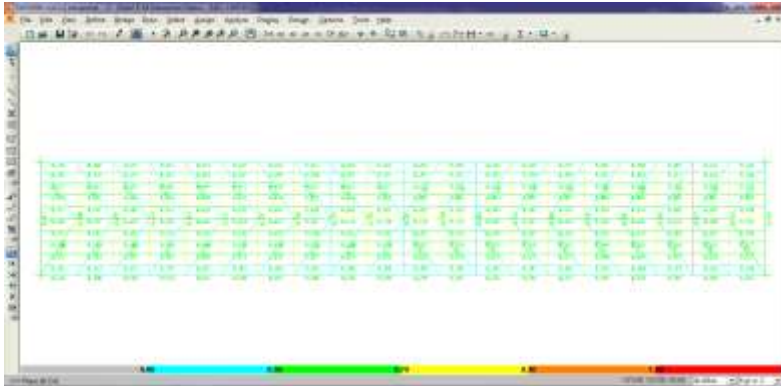


**Gambar 9. 51 Kondisi 5**

Hasil analisa setelah dimodelkan di Sap



**Gambar 9. 52 Hasil Analisa Sap Kondisi 5 (Tampak Samping)**



**Gambar 9. 53 Hasil Analisa Sap Kondisi 5 (Tampak Atas)**

Dapat dilihat dari gambar 9.52 dan gambar 9.53 di atas maka Kondisi 5 aman dilewati saat pemeliharaan pelepasan kabel nomor 7 dan nomor 9.



**“Halaman Ini Sengaja dikosongkan“**

## **BAB X**

### **KESIMPULAN**

#### **Kesimpulan**

Dari hasil Desain ulang yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dimensi melintang lantai kendaraan lengkap dengan trotoar adalah 16,8 m. Tinggi fokus busur adalah 20 m dan tinggi tampang busur 4 m.

Mutu baja profil yang di gunakan:

- BJ 55 →  $f_u = 550$  Mpa

$f_y = 410$  Mpa

-Mutu beton  $f_c' = 35$  Mpa

2. Pelat lantai kendaraan komposit, dengan tebal pelat beton bertulang 250 mm. Tulangan terpasang arah melintang D16-150 dan arah memanjang D13-200.

3. Gelagar Memanjang dengan profil WF 450 200 9 14

Rasio Cek dengan Sap = 0,800 frame 925

Rasio Cek Manual = 0,71

Lendutan Yang terjadi,  $\delta = 0,57 < \delta_{ijin} = 0,63$

Shear Connector D = 13 mm dan L = 75 mm

Jumlah Shear connector = 132 buah (untuk 2 baris)

= 66 buah (untuk 1 baris)

Gelagar Melintang dengan profil WF 1200 900 16 38

Rasio Cek dengan Sap = 0,963 frame 817

Rasio Cek Manual = 0,925

Lendutan Yang terjadi,  $\delta = 2,0 < \delta_{ijin} = 2,1$

Shear Connector D = 16 mm dan L = 75 mm

Jumlah Shear connector = 472 buah (untuk 2 baris)

= 236 buah (untuk 1 baris)

4. Kontrol Rasio Jembatan Busur
  - Busur atas WF 400 400 18 28  
Rasio 0,960 Frame 558 dari SAP  
Rasio 0,89 Kontrol Manual
  - Busur bawah WF 400 400 20 35  
Rasio 0,938 Frame 506 SAP  
Rasio 0,93 Kontrol Manual
  - Busur bawah WF 400 400 30 50  
Rasio 0,934 Frame 504 SAP  
Rasio 0,89 Kontrol Manual
  - Busur bawah WF 400 400 45 70  
Rasio 0,805 Frame 503 SAP  
Rasio 0,72 Kontrol Manual
  - Batang vertikal WF 400 300 9 14  
Rasio 0,383 Frame 589 SAP  
Rasio 0,28 Kontrol Manual
  - Btg diagonal WF 400 300 9 14  
Rasio 0,800 Frame 1037 SAP  
Rasio 0,61 Kontrol Manual
  - Penggantung WF 400 300 9 14  
Rasio 0,305 Frame 10 SAP  
Rasio 0,34 Kontrol Manual
  - Btg tarik tepi WF 400 400 45 70  
Rasio 0,419 Frame 551 SAP  
Rasio 0,46 Kontrol Manual
  - Ik. angin busur ats 2L 200 200 20  
Rasio 0,448 Frame 26 SAP  
Rasio 0,41 Kontrol Manual
  - Ik. angin bsr bwh 2L 150 150 15  
Rasio 0,595 Frame 104 SAP  
Rasio 0,42 Kontrol Manual
  - Bracing WF 250 250 9 14  
Rasio 0,09 Frame 204 SAP  
Rasio 0,03 Kontrol Manual

-Horizontal WF 250 250 9 14  
Rasio 0,437 Frame 1070 SAP  
Rasio 0,2Kontrol Manual

5. Perletakan berupa elastomering bearing pad
6. Metode pelaksanaan jembatan menggunakan sistem balanced kantilever dengan mengandalkan tarikan kabel yang dihubungkan ke temporary tower, serta menggunakan bantuan Crawler crane dan kapal ponton untuk memasang setiap segmen jembatan.

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## DAFTAR PUSTAKA

- **Standar Nasional Indonesia (SNI) T-02-2005.** Standar Pembebanan Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum.
- **Standar Nasional Indonesia (SNI) T-03-2005.** Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum.
- **Standar Nasional Indonesia (SNI) T-12-2004.** Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan. Departemen Pekerjaan Umum.
- **Bridge Design Manual Bridge Management System (BMS). 1992.** Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Semarang : Erlangga.
- Struyk, H. J dan K.H.C.W van der Veen. 1995. **Jembatan.** Diterjemahkan oleh Soemargono. Jakarta : Pradnya Paramita.
- Surat Edaran Menteri.(2015).**Pedoman Perancangan Bantalan Elastomer Untuk Perletakan Jembatan.**Jakarta.Kementrian PU dan Perumahan Rakyat.
- Taufik.2012.**Metode Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Jembatan**,<http://Taufikhurohman.blogspot.com/2012/>
- Hendra.2014.**Animasi Erection Rangka Baja Pelengkung**,<https://www.youtube.com/watch?v=XBz0rcecHi>

**“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”**

## **BIODATA PENULIS**



Ulfa Firman Wijaya, dilahirkan di Ambon pada tanggal 19 September 1992 yang merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal dari SDN 1 Siliragung, SMPN 1 Siliragung, dan MAN Pesanggaran. Setelah menyelesaikan pendidikan formal selama 12 tahun, kemudian pada tahun 2012 melanjutkan Pendidikan Perguruan Tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan

Teknik Sipil Diploma III di bidang Bangunan Air dan selesai pada tahun 2015. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan kembali pendidikannya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Diploma IV di Bidang Transportasi. Pada semester pertama, penulis mengambil tema tugas akhir Struktur Jembatan.





# Standard Wire & Cable Co.

## Instrumentation Control Cable with Overall Shield



**CONDUCTORS:** Stranded tinned copper.  
**INSULATION:** 0.010" steel-jpld, -55° C to 105° C  
 PVC type "TP" to MIL-OTL-165791.

**COILS:** Numbered consecutively in black on white.  
**CABLES:** Round with fibers where needed.  
**SHIELD:** Braided tinned copper, 80% coverage.  
**JACKET:** Black flexible PVC, -40° C to 100° C.

**USES:** Interconnecting cables for electronic equipment, instrumentation, and instrumentation control. Resistant to flame, moisture, and many oils and chemicals.

**20 AWG Conductors, 7/28 stranding (38 pF / ft between adjacent conductors)**      **18 AWG Conductors, 7/25 stranding (41 pF / ft between adjacent conductors)**

NO. of COND.	CABLE NO.	JACKET THICKNESS (in)	CABLE O.D. (in)	WEIGHT (lbs / 1000 ft)	NO. of COND.	CABLE NO.	JACKET THICKNESS (in)	CABLE O.D. (in)	WEIGHT (lbs / 1000 ft)				
2	4201-K	0.228	0.659	0.194	4.63	39	43	0.071	0.214	6.54	95	92	
3	4202-K	0.228	0.659	0.304	8.18	34	41	0.070	0.205	0.226	6.72	84	86
4	4203-K	0.228	0.659	0.413	9.88	30	38	0.070	0.196	0.243	6.17	82	79
5	4204-K	0.228	0.659	0.524	9.88	27	35	0.069	0.187	0.262	6.68	80	80
6	4205-K	0.228	0.659	0.262	6.40	24	32	0.068	0.178	0.280	7.18	73	73
7	4206-K	0.228	0.659	0.262	6.40	21	29	0.068	0.169	0.297	7.18	80	71.9
8	4207-K	0.228	0.659	0.270	6.38	18	26	0.067	0.160	0.300	7.75	86	73.1
9	4208-K	0.228	0.659	0.285	7.30	16	24	0.066	0.151	0.304	8.20	130	148
10	4209-K	0.228	0.659	0.310	7.87	14	22	0.066	0.142	0.307	8.20	171	186
11	4210-K	0.228	0.659	0.310	7.87	12	20	0.066	0.133	0.307	8.20	179	171
12	4211-K	0.228	0.659	0.305	8.13	10	18	0.066	0.124	0.310	8.82	136	167
13	4212-K	0.228	0.659	0.301	8.82	10	16	0.066	0.115	0.309	10.8	139	201
14	4213-K	0.228	0.659	0.301	8.82	10	14	0.066	0.106	0.309	10.2	152	212
15	4214-K	0.228	0.659	0.307	7.73	10	12	0.066	0.097	0.310	10.8	186	200
20	4215-K	0.228	0.659	0.413	10.8	10	10	0.066	0.088	0.310	12.7	201	289
25	4216-K	0.228	0.659	0.463	11.5	7	7	0.065	0.079	0.310	13.3	258	364
30	4217-K	0.242	1.22	0.467	12.4	7	7	0.065	0.114	0.307	11.2	380	426
35	4218-K	0.242	1.14	0.511	13.8	7	7	0.065	0.127	0.307	10.8	380	489
40	4219-K	0.242	1.14	0.540	13.7	7	7	0.065	0.137	0.307	10.7	379	488
45	4220-K	0.242	1.27	0.689	15.2	7	7	0.065	0.207	0.307	17.2	418	520
50	4221-K	0.242	1.27	0.620	15.8	7	7	0.065	0.217	0.307	16.2	488	579
60	4222-K	0.242	1.27	0.867	16.7	7	7	0.065	0.40	0.307	18.2	588	823
70	4223-K	0.242	1.42	0.726	18.8	7	7	0.065	0.52	0.307	21.2	682	897
80	4224-K	0.242	1.42	0.740	19.7	7	7	0.065	0.52	0.304	21.8	750	1,043
90	4225-K	0.242	1.42	0.750	19.8	7	7	0.065	0.52	0.303	22.8	781	1,103
100	4226-K	0.242	1.52	0.811	21.8	7	7	0.065	0.68	0.307	26.8	874	1,200
110	4227-K	0.242	1.52	0.875	23.2	7	7	0.065	0.68	0.302	26.8	949	1,412
120	4228-K	0.242	1.52	0.899	23.7	7	7	0.065	0.68	0.302	26.16	1,022	1,421

All dimensions are nominal.

### Rancho Dominguez

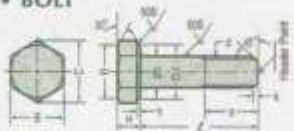
2045 E. 15th Ave. P.O. Box 10700, Dominguez, CA 90220  
 (310) 639-1811 • (310) 639-0008 • FAX: (310) 639-1882

### Phoenix

3170 West Thomas Road, Box 4801, Phoenix, AZ 85017  
 (602) 248-2021 • (602) 338-6478 • FAX: (602) 378-7188

## 1. DIMENSION AND TOLERANCES

### • BOLT



Eccentricity of Head

Inclination of Bearing Surface

Inclination of Sides



(Units: mm)

(Bolt Marking)

Nominal Size of Bolt (M)	Basic Dimension	Low Level	Basic Dimension	Low Level	Basic Dimension	Low Level	Ecc. (mm)	App. (mm)	Min.	Ecc. (mm)	App. (mm)	Max.	Min.	Max.	Inclination (°)	Inclination (°)	Basic Dimension	Low Level
M 12	12	+0.07	9	2.69	33	-0.3	35.0	26	32	3.3	28	0.7				31	+0.3	
M 16	16	+0.10	12	3.7	43	-0.4	45.0	35	42	4.6	38	0.9				35	+0.4	
M 20	20	+0.13	15	4.8	53	-0.5	55.0	45	52	6.0	48	1.1	1°	2°		39	+0.5	
M 24	24	+0.16	18	5.9	63	-0.6	65.0	55	62	7.4	58	1.3				43	+0.6	
M 27	27	+0.18	21	7.0	73	-0.7	75.0	65	72	8.8	68	1.5				47	+0.7	
M 30	30	+0.20	24	8.1	83	-0.8	85.0	75	82	10.2	78	1.7				51	+0.8	

Length	Tolerance
Under 30	+1.0
30 & Over - Under 100	+1.6
100 & Over	+2.0

### • NUT



Eccentricity of Bolt Hole

Inclination of Bearing Surface

Inclination of Sides



(Nut Marking)

(Units: mm)

Nominal Size of Thread (M)	Outside Diameter External Thread	Basic Dimension	Low Level	Basic Dimension	Low Level	Ecc. (mm)	App. (mm)	Min.	Max.	Min.	Max.	Inclination (°)	Inclination (°)
M 12	12	12	+0.05	9	2.69	-0.3	35.0	26	32	3.3	28	0.7	
M 16	16	16	+0.07	12	3.7	-0.4	45.0	35	42	4.6	38	0.9	
M 20	20	20	+0.09	15	4.8	-0.5	55.0	45	52	6.0	48	1.1	1°
M 24	24	24	+0.11	18	5.9	-0.6	65.0	55	62	7.4	58	1.3	2°
M 27	27	27	+0.13	21	7.0	-0.7	75.0	65	72	8.8	68	1.5	
M 30	30	30	+0.15	24	8.1	-0.8	85.0	75	82	10.2	78	1.7	

### • WASHER



(Units: mm)

Nominal Size of Washer	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	Basic Dimension	Tolerance	App. (mm)
12	12	+0.2	38	+0.2	33	+0.4	1.0
16	16	+0.3	48	+0.3	43	+0.5	1.0
20	20	+0.4	58	+0.4	53	+0.6	1.0
24	24	+0.5	68	+0.5	63	+0.7	1.0
27	27	+0.6	78	+0.6	73	+0.8	1.0
30	30	+0.7	88	+0.7	83	+1.0	1.0

## LAMPIRAN



### Shear Connectors

Headed Shear Connectors are used as an essential component in composite beam design and construction.

Shank Diameter (d)	Length (L) tolerance	Head Diameter tolerance	Minimum head height HT
16.0 +0.20 -0.36	±1.5	31.7 ± 0.4	6.5
22.2 +0.20 -0.36	±1.5	34.9 ± 0.4	9.5
<b>Material</b>	<b>LOW CARBON STEEL</b> AS1845 S1010 to S1020 or R1010 to R1020		
<b>Mechanical Properties</b>	Tensile yield Elongation Reduction of area	410MPa (min) 345MPa (min) 12% 50% (min)	

Shear Connectors		
Size	Part Number	Peak Size
13 X 50	ESC11-13-050	250
13 X 75	ESC11-13-075	150
13 X 100	ESC11-13-100	125
16 X 75	ESC11-16-075	125
16 X 100	ESC11-16-100	100
16 X 150	ESC11-16-150	75
19 X 75	ESC11-19-075	100
19 X 98	ESC11-19-098	75
19 X 100	ESC11-19-100	75
19 X 105	ESC11-19-105	75
19 X 115	ESC11-19-115	60
19 X 120	ESC11-19-120	60
19 X 127	ESC11-19-127	60
19 X 150	ESC11-19-150	50
19 X 178	ESC11-19-178	45
19 X 198	ESC11-19-198	40
22 X 100	ESC11-22-100	50
22 X 125	ESC11-22-125	50
22 X 150	ESC11-22-150	40
22 X 178	ESC11-22-178	40
22 X 198	ESC11-22-198	35



Solutions for the Mining, Minerals Processing  
 & Infrastructure Industries

Distributed by: ANTEC ENGINEERING PTY LTD  
 9 Chicago Avenue, Backhurst, NSW, 2148, Australia  
 Ph: +61 (02) 9622-9622 | Fax: +61 (02) 9622-9199  
[www.antecon.com.au](http://www.antecon.com.au)