



TUGAS AKHIR TERAPAN – RC146599

**DESAIN ULANG JEMBATAN LENGKONG KABUPATEN
LUMAJANG PROVINSI JAWA TIMUR**

**YUDI ARIF SANTOSO
NRP 3115 040 506**

Pembimbing I :
Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO,MS
NIP. 19600105 198603 1 003

Pembimbing II :
Ir. CHOMAEDHI,CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT – RC146599

**REDESIGN OF LENGKONG BRIDGE IN LUMAJANG
REGENCY EAST JAVA PROVINCE**

**YUDI ARIF SANTOSO
NRP 3115 040 506**

Adviser I :

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO,MS
NIP. 19600105 198603 1 003

Adviser II :

Ir. CHOMAEDHI,CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

**DIPLOMA IV OF CIVIL ENGINEERING
Civil Engineering and Planning Faculty
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

**DESAIN ULANG JEMBATAN
LENGKONG KABUPATEN LUMAJANG
PROVINSI JAWA TIMUR**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Bidang D-IV Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Oleh :

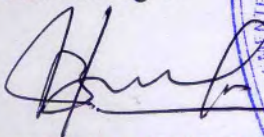


**YUDI ARIF SANTOSO
NRP 3115 040 506**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

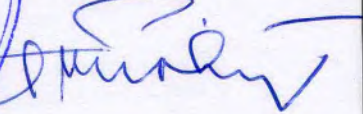
03 AUG 2016

Pembimbing I :



**Ir. IBNU PU DJ RAHARDJO, MS
NIP. 19600105 198603 1 003**

Pembimbing II :



**Ir. CHOMAEDHI, CES.GEO
NIP. 19550319 198403 1 001**

**SURABAYA
JULI , 2016**

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMU
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : Yudi Arif Santoso
Nrp : 3115 090 506
Jurusan / Fak. : DIV Teknik Sipil / FTSP
Alamat Kontak : Jalan Menur gang 1, No. 7A, Surabaya.
a. Email : Yudi.arif21@gmail.com
b. Telp/HP : 081803377788

Menyatakan bahwa semua yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusif Royalti Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul:

DESAIN ULANG JEMBATAN LENGKONG KABUPATEN LUMAJANG PROVINSI JAWA TIMUR

Dengan Hal Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

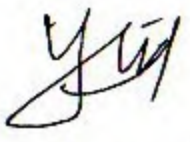
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal :

Yang menyatakan,

Dosen Pembimbing 1  Dosen pembimbing 2 
1r. IBNU RUPPI RAHARDJO, MS IC. CHOMAEDHI, CES, GEO.



YUDI ARIF S

NIP. 196001051986031003

NIP. 195503191984031001

Nrp 3115090506

KETERANGAN:

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan ke bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi

**DESAIN ULANG JEMBATAN LENGKONG
KABUPATEN LUMAJANG PROVINSI JAWA TIMUR**

Nama mahasiswa : Yudi Arif Santoso
NRP : 3115.040.506
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
Ir. Chomaedhi, CES. GEO.

Abstrak

Jembatan merupakan suatu struktur bangunan yang berfungsi untuk menghubungkan alur transportasi melintasi rintangan yang ada tanpa menutupinya. Rintangan bisa berupa sungai, jurang, ruas jalan tidak sebidang dan lain sebagainya. Sehingga memungkinkan kendaraan, kereta api maupun pejalan kaki melintas dengan lancar dan aman. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini Jembatan Lengkong didesain ulang menggunakan busur rangka batang baja dengan lantai kendaraan dibawah yang melintasi Kali Lengkong , Kabupaten Lumajang dengan bentang total 80 m. Metode ini dipilih karena dengan metode ini dimungkinkan untuk jembatan bentang panjang dengan pilar yang tidak mengganggu aliran sungai. Dari segi estetika jembatan dengan metode ini juga lebih indah.

Pada desain jembatan ini, akan dibahas mengenai perencanaan struktur atas yang akan dihitung sesuai dengan standar pembebanan untuk jembatan (RSNI T-02-2005), perencanaan struktur baja untuk jembatan (RSNI T-03-2005), perencanaan struktur beton untuk jembatan (RSNI T-12-2004), dan peraturan gempa untuk jembatan (RSNI 2833-201X). serta akan dibahas mengenai metode pelaksanaan pada pembangunan Jembatan Lengkong secara singkat.

*Perencanaan tahap awal adalah perhitungan lantai kendaraan dan trotoar. kemudian dilakukan perencanaan gelagar memanjang dan melintang, serta perhitungan shear connector. Selanjutnya tahap perhitungan konstruksi pemikul utama dan konstruksi sekunder dilakukan dengan menghitung beban – beban yang bekerja , kemudian dianalisa menggunakan program SAP2000. Setelah didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja dilakukan perhitungan kontrol tegangan dilanjutkan perhitungan sambungan. Memasuki tahap akhir dari perencanaan struktur atas dilakukan perhitungan dimensi perletakan dan dilanjutkan dengan pembahasan mengenai metode pelaksanaan jembatan secara singkat. Dari hasil perencanaan didapatkan profil dan dimensi yang dipakai pada jembatan. **Kata kunci** : Jembatan busur, Rangka baja*

**REDESIGN OF LENGKONG BRIDGE IN LUMAJANG
REGENCY EAST JAVA PROVINCE**

Name Student : Yudi Arif Santoso
NRP : 3115.040.506
Major : Civil Engineering
Preceptor Lecture : Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
Ir. Chomaedhi, CES. GEO.

Abstract

Bridge is a kind of structure that purpose to connect a transportation path through the obstacle. The obstacles can be a river, ravine, roads are not a plot, etc. So the vehicle, train and pedestrian can travel smoothly and safely. In this final job/thesis, the object redesigned used arc with steel trusses under the vehicle floor crossing the lengkong river, Lumajang with a total span 80m. This method was chosen because it is possible for long-span bridge with pillars that do not interfere the flow of the river. In terms of aesthetics, bridge with this method is more beautiful.

At design this bridge, will discuss the planning of the structure on which will be calculated according to the standard loading on the bridge (RSNI T-02-2005), planning of steel structures for bridges (RSNI T-03-2005), the planning of concrete structures for bridges (RSNI T-12-2004), and the regulations of

the earthquake to the bridge (RSNI 2833-201X). and will discuss the method of exercising on the construction of the bridge Lengkong briefly.

*The first step of design is calculation of vehicle floor and sidewalk then design the lengthwise and transverse of girder and also the shear connector calculation. The next step is the calculation of construction the main bearer and for the secondary construction can be done by calculating the loads of existing and the analyzed using SAP 2000. After receiving the forces continued tension control and then calculation of connection. In the final step of structure planning, calculating dimension of placement and will discuss the method of exercising on the construction briefly. From the result of the planning will get the dimensions and profiles for the bridge. **Key words : Arc steel, Frame bridge***

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Perencanaan	4
1.5. Manfaat Perencanaan	4

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian	7
2.2 Bagian Jembatan Rangka Busur.....	7
2.2.1 Struktur Primer	7
2.2.1.1 Lantai Kendaraan	7
2.2.1.2 Gelagar Memanjang.....	9
2.2.1.3 Gelagar Melintang	9
2.2.1.4 Batang Penggantung	9
2.2.1.5 Batang Lengkung.....	9
2.2.1 Struktur Sekunder.....	9
2.2.2.1 Ikatan Angin.....	9
2.2.2.2. Sambungan.....	10
2.2.2.3 Perletakan.....	10

2.3. Pembebanan	11
2.3.1 Beban Tetap.....	11
2.3.2 Beban Lalu Lintas	11
2.3.3 Beban Lingkungan	16
2.4. Perencanaan Lantai Kendaraan	20
2.5. Perencanaan Balok	22
2.6. Perencanaan Rangka Utama	26
2.6.1 Batang tekan.....	27
2.2.1 Batang Tarik.....	27
2.7. Perencanaan Kerb	29
2.8 Perencanaan Sambungan	29
2.8.1 Las	29
2.8.2 Baut	31
2.9. Perletakan.....	32
2.9.1 Perletakan sendi.....	32
2.9.2 Perletakan Rol	33
2.10. Metode pelaksanaan.....	35
2.10.1 Metode Balanced kantilever.....	35

BAB III

METODOLOGI

3.1. Data Perencanaan	37
3.2. Preliminary Desain.....	37
3.3 Analisis Pembebanan	41
3.4 Flowchart	55

BAB IV

PERHITUNGAN PELAT LANTAI KENDARAAN

4.1. Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan	59
4.2. Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan.....	60
4.3. Perhitungan Momen Pelat Lantai Kendaraan.....	61
4.4. Penulangan Pelat Lantai Kendaraan.....	62
4.4.1 Perhitungan tulangan arah Melintang.....	63
4.4.2 Perhitungan Tulangan Arah Memanjang.....	65
4.4.3 Perhitungan Kekuatan Pelat Menahan Geser Pons....	66

4.5. Perhitungan Tulangan Kerb.....	68
-------------------------------------	----

BAB V

PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN

5.1. Perencanaan Gelagar Memanjang	73
5.1.1. Pembebanan.....	74
5.1.2. Kontrol Kekuatan Lentur.....	78
5.1.2.1. Kontrol Penampang.....	78
5.1.2.2. Kontrol Tekuk Lateral	79
5.1.3. Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton	80
5.1.4. Kontrol Geser	82
5.1.5 Kontrol Lentutan.....	84
5.1.6 Perhitungan Shear Connector	85
5.2. Perencanaan Gelagar Melintang.....	91
5.2.1. Pembebanan.....	92
5.2.2. Analisa Kapasitas Balok.....	95
5.2.3. Kontrol Geser	98
5.2.4 Interaksi Geser dan Lentur.....	100
5.2.5 Kontrol Lentutan.....	101

BAB VI

KONSTRUKSI PEMIKUL UTAMA

6.1. Umum.....	105
6.1. Batang Penggantung.....	106
6.3. Kontruksi Busur	109
6.3.1. Bentuk Geometri Busur	109
6.3.2. Stabilitas Penampang Busur	111
6.4. Portal Akhir	122
6.5. Perhitungan Rangka Batang Tepi.....	137
6.6. Kontrol Rangka Busur.....	142

BAB VII

KONSTRUKSI SEKUNDER

7.1. Ikatan Angin Pada Busur.....	157
7.1.1. Sambungan	163

7.2. Ikatan Angin pada Lantai Kendaraan.....	168
7.2.1. Sambungan.....	169
7.3. Bracing.....	171

BAB VIII

SAMBUNGAN

8.1. Sambungan Gelagar Memanjang - Melintang	177
82. Sambungan Batang Penggantung.....	180
82. Sambungan Rangka Busur.....	181

BAB IX

DESAIN PERLETAKAN

8.1. Perencanaan Perletakan.....	199
8.1.1. Perletakan Tepi (Sendi).....	199
8.1.2. Perletakan Tepi (Rol)	204

BAB X

METODE PELAKSANAAN

Metode Pelaksanaan.....	207
-------------------------	-----

BAB X PENUTUP

Kesimpulan	229
------------------	-----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor beban akibat gaya rem	15
Tabel 2. 2 Faktor beban akibat pejaalan kaki	16
Tabel 2.3 Kecepatan angin rencana V_W	17
Tabel 2.4 Koefisien seret C_W	17
Tabel 2.5 Ukuran minimal las sudut	30
Tabel 3.1 Panjang penggantung	39
Tabel 3.2 Batang lengkung Busur Bawah	40
Tabel 3.3 Batang lengkung Busur Atas	41
Tabel 3.4 Faktor Beban	41
Tabel 3.5 Kombinasi Pembebanan	42
Tabel 3.6 Tabel Nilai T_{EW1}	45
Tabel 3.7 Tabel Nilai T_{EW2}	46
Tabel 3.8 Tabel Nilai T_{EW3}	47
Tabel 3.9 Tabel Nilai T_{EW4}	48
Tabel 3.10 Tabel Penentuan Nilai SPT	49
Tabel 3.11 Tabel Penentuan Kelas Situs Tanah	50
Tabel 3.12 Tabel Nilai F_a	51
Tabel 3.13 Tabel Nilai F_v	51
Tabel 3.14 Tabel Nilai Respon Spektrum	53
Tabel 5.1 Modulus elastisitas penampang komposit	84
Tabel 6.1 Panjang Batang Penggantung	106
Tabel 6.2 Persamaan Parabola Busur Atas	110

Tabel 6.3 Persamaan Parabola Busur Bawah	110
Tabel 9.1 Muller – Breslau	199
Tabel 10.1 Kabel penarik Jembatan	226
Tabel 10.2 Kabel Penahan Temporary Tower	227

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Proyek	3
Gambar 2.1 Tipe <i>Deck Arch</i>	8
Gambar 2.2 Tipe <i>Through Arch</i>	8
Gambar 2.3 Tipe <i>A Half – Through Arch</i>	8
Gambar 2.4 Penyebaran beban arah melintang	12
Gambar 2.5 Faktor beban dinamis beban KEL	13
Gambar 2.6 Beban Lajur “D”	13
Gambar 2.7 Pembebanan Truk “T”	14
Gambar 2. 8 Gaya Rem per lajur 2.75 m (KBU).....	15
Gambar 2.9 Pembebanan pejalan kaki	16
Gambar 2.10 Grafik Respons Spekturm Gempa	18
Gambar 2.11 Analisis posisi roda kendaraan	21
Gambar 2.12 Penyebaran beban akibat roda kendaraan.....	22
Gambar 2.13 Gambar las sudut	30
Gambar 2.14 Perletakan Sendi	33
Gambar 2.15 Perletakan Rol	34
Gambar 2.16 Sistem Balanced kantilever	36
Gambar 3.1 Tampak jembatan	40
Gambar 3.2 Gaya Rem per lajur 2.75 m (KBU)	43
Gambar 3.3 Luasan pada busur rangka yang terkena Angin ..	44
Gambar 3.4 Luasan pada penggantung yang terkena Angin ..	46
Gambar 3.5 Luasan pada kendaraan yang terkena Angin	47

Gambar 3.6 Luasan pada lantai yang terkena Angin	48
Gambar 3.7 Data Tanah	49
Gambar 3.8 Penentuan S_s sesuai daerah gempa	50
Gambar 3.9 Penentuan S_1 sesuai daerah gempa	51
Gambar 3.10 Bentuk tipikal respon spektra	52
Gambar 4.1 Pelat Lantai Kendaraan	59
Gambar 4.2. Perhitungan Momen Balok Menerus	61
Gambar 4.3. Tata Letak tulangan Pelat	65
Gambar 4.4 Bidang geser Pons	66
Gambar 4.5. Gaya pada kerb	69
Gambar 5.1. Perencanaan jarak gelagar memanjang	73
Gambar 5.2. Pembebanan Akibat Beban BTR dan BTG	76
Gambar 5.3 Pembebanan Akibat Beban Truk	77
Gambar 5.4 Penampang gelagar memanjang	78
Gambar 5.5. Gaya geser akibat beban hidup	82
Gambar 5.6 Jembatan komposit	86
Gambar 5.7 Diagram tegangan plastis.....	88
Gambar 5.8 Stud konektor.....	89
Gambar 5.9 Pemasangan Shear Connector Memanjang.....	90
Gambar 5.10. Perencanaan Jarak Gelagar Melintang	91
Gambar 5.11 Pembebanan Akibat Beban BTG + BTR.....	93
Gambar 5.12 Pembebanan Akibat Beban Truck	94
Gambar 5.13. Beban Akibat UDL dan KEL	101
Gambar 5.14 Beban Akibat Truk	103

Gambar 6.1 Tampak Samping Jembatan.....	109
Gambar 6.2 Penampang Busur.....	111
Gambar 7.1 Ikatan Angin Busur Atas	163
Gambar 7.2 Sambungan Ikatan Angin Atas	168
Gambar 7.3 Titik Simpul 1.....	169
Gambar 7.4 Titik Simpul 2.....	171
Gambar 7.5 Ikatan Angin Bawah.....	173
Gambar 7.6 Bracing	176
Gambar8.1 Keyplan Sambungan.....	181
Gambar8.2 Sambungan Simpul 1.....	182
Gambar8.3 Sambungan Simpul 2.....	185
Gambar8.4 Sambungan Simpul 3.....	188
Gambar8.5 Sambungan Simpul 4.....	191
Gambar8.6 Sambungan Simpul 5.....	194
Gambar8.7 Sambungan Simpul 6.....	196
Gambar9.1 Detail Perletakan Sendi	200
Gambar 9.2 Detail Perletakan Pen Sendi dan Letak Baut	203
Gambar 9.3 Perletakan Rol	205
Gambar 10.1 Pengangkatan segmen 1 oleh tower crane.....	208
Gambar 10.2 Memposisikan segmen 1 oleh traveller	209
Gambar 10.3 Menahan segmen 1 oleh kabel	209
Gambar 10.4 Pengangkatan segmen 2 oleh tower crane.....	210
Gambar 10.5 Memposisikan segmen 2 oleh traveller	211
Gambar 10.6 Menahan segmen 2 oleh kabel.....	211

Gambar 10.7 Pengangkatan segmen 3 oleh tower crane	212
Gambar 10.8 Memposisikan segmen 3 oleh traveller	213
Gambar 10.9 Menahan segmen 3 oleh kabel.....	213
Gambar 10.10 Pengangkatan segmen 4 oleh tower crane	214
Gambar 10.11 Memposisikan segmen 4 oleh traveller	215
Gambar 10.12 Menahan segmen 4 oleh kabel.....	215
Gambar 10.13 Pengangkatan segmen 5 oleh tower crane	216
Gambar 10.14 Memposisikan segmen 5 oleh traveller	217
Gambar 10.15 Menahan segmen 5 oleh kabel	217
Gambar 10.16 Pengangkatan segmen 6 oleh tower crane	218
Gambar 10.17 Memposisikan segmen 6 oleh traveller	219
Gambar 10.18 Menahan segmen 6 oleh kabel.....	219
Gambar 10.19 Pengangkatan segmen 7 oleh tower crane	220
Gambar 10.20 Memposisikan segmen 7 oleh traveller	221
Gambar 10.21 Menahan segmen 7 oleh kabel.....	221
Gambar 10.22 Pengangkatan segmen 4 oleh tower crane	222
Gambar 10.23 Memposisikan segmen 4 oleh traveller	223
Gambar 10.24 Menahan segmen 4 oleh kabel.....	223
Gambar 10.25 Pertemuan kedua sisi jembatan.....	224
Gambar 10.26 Menghilangkan Gaya Tarikan Kabel.....	225

DAFTAR NOTASI

b	= pelat sayap, dinyatakan dalam milimeter, (mm)
l	= bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m)
t_s	= tebal slab/pelat
γ	= 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
ρ_{max}	= Rasio tulangan tarik maksimum
ρ_{min}	= Rasio tulangan tarik minimum
ϕ	= Faktor reduksi kekuatan
ϕ_b	= Faktor reduksi kuat lentur
ϕ_f	= Faktor reduksi kekuatan saat fraktur
R_n	= kuat rencana
E_c	= Modulus elastisitas beton (Mpa)
E	= Modulus elastisitas baja (Mpa)
f_{CR}	= tegangan kritis
G	= Modulus geser baja, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa)
h	= tinggi bersih pelat sayap profil baja (mm)
I	= Momen inersia (mm ⁴)
I_w	= konstanta warping, (mm ⁶)
I_y	= Momen inersia pada sumbu-y (mm ⁴)
J	= konstanta torsi (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)
m	= Jumlah bidang geser
M_n	= Kuat lentur nominal (Nmm)

- M_A = momen absolut pada $\frac{1}{4}$ bentang
- M_B = momen absolut pada $\frac{1}{2}$ bentang
- M_C = momen absolut pada $\frac{3}{4}$ bentang
- M_p = momen lentur yang meyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh disebut juga momen lentur plastis, dinyatakan dalam newton milimeter (N-mm).
- M_r = momen batas tekuk
- S = Spasi tulangan geser atau torsi kearah yang diberikan
- t_w = tebal pelat badan profil baja, dinyatakan dalam (mm)
- t_f = tebal pelat sayap, dinyatakan dalam milimeter, (mm).
- V_u = gaya geser terfaktor, dinyatakan dalam newton, (N);
- V_n = kuat geser nominal pelat badan (N).
- λ = Kelangsingan
- λ_p = Batas maksimum untuk penampang kompak
- λ_r = Batas maksimum untuk penampang tak-kompak

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan Lengkong merupakan jembatan yang terdapat pada Jalan Nasional III Kabupaten Lumajang, Ruas Jalur Lintas Selatan. Konstruksi Jembatan Lengkong saat ini memiliki panjang total bentang 80 m dan lebar jalan 9m.

Pada Tugas Akhir ini Jembatan Lengkong tersebut direncanakan ulang menggunakan Jembatan Baja Busur. Dipilihnya Jembatan Baja Busur pada Jembatan ini karena untuk bentang 60 – 600 meter akan lebih efektif menggunakan Jembatan Baja Busur. Adapun pemberian bentuk Busur itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan gelagar parallel sedangkan sebagai penanganan jembatan untuk mendukung pergerakan lalu lintas dan pengembangan kawasan serta peningkatan perekonomian suatu daerah hasil analisis menunjukkan bahwa tipe struktur yang sesuai dengan kondisi lapangan dan estetika adalah menggunakan jembatan rangka baja bentuk busur dan pondasi tiang pancang . Selain itu jembatan busur memiliki nilai lebih dalam bentuk arsitekturalnya dan memberi kesan monumental karena masih belum banyak perencanaan jembatan di Indonesia yang menggunakan rangka busur. Sedangkan zaman dahulu, sebelum teknologi beton prestressed dikembangkan, jembatan busur (*arch bridges*) selalu dipilih untuk konstruksi jembatan bentang panjang, dengan mengambil keuntungan timbulnya gaya tekan pada struktur lengkungnya.

Pada proses perencanaan Jembatan Rangka Busur ini jembatan yang sudah ada akan dihitung ulang dengan bentuk lantai kendaraan dibawah dan juga penggunaan profil yang lebih ekonomis serta mengacu pada peraturan *Bridge Management System* 1992 untuk menentukan segala pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan tersebut dan berdasarkan *AISC-LRFD*

untuk analisa perhitungan *upper-structur* yang seluruhnya menggunakan bahan dari baja.

Data jembatan rencana Jembatan Lengkung (Kabupaten Lumajang) akan diuraikan sebagai berikut :

1. Nama Proyek : Perencanaan Teknis Jembatan Lengkung, Lumajang.
2. Pemilik Proyek : Departemen PU Bina Marga Jawa Timur
3. Lokasi Proyek : Ruas Jalan Nasional III
4. Bangunan Atas : Busur Rangka Baja
5. Bangunan Bawah : Pondasi tiang pancang
6. Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
7. Mutu Tulangan lentur (f_y) : 400 Mpa
Mutu Profil Baja BJ 55 dengan:
8. Tegangan Leleh (f_y) : 410 Mpa
9. Tegangan Putus (f_u) : 550 Mpa





Gambar 1.1 Lokasi Proyek Jembatan Lengkong

1.2 Perumusan Masalah

Pada perencanaan Jembatan Lengkong Kabupaten Lumajang yang berupa jembatan busur rangka baja dengan permasalahan yang dibahas adalah :

1. Bagaimana menentukan perencanaan profil baja yang lebih ekonomis dibandingkan profil baja yang telah digunakan pada Jembatan Lengkong ?
2. Bagaimana metode pelaksanaan pada *upper structure* Jembatan Lengkong ?
3. Bagaimana mengaplikasikan kedalam gambar teknik yang sesuai dengan perencanaan dan perhitungan pada jembatan ?

1.3 Batasan Masalah

Perencanaan Jembatan Lengkong Kabupaten Lumajang meliputi :

1. Perhitungan meliputi bangunan atas tanpa bangunan bawah.

2. Perencanaan yang dilaksanakan tidak membahas tentang perhitungan anggaran biaya dan waktu.
3. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian-bagian tertentu yang dianggap mewakili secara keseluruhan.
4. Metode Pelaksanaan jembatan hanya dibahas secara umum tanpa membahas detail setiap segmennya.

1.4 Tujuan

Perencanaan Jembatan Lengkong ini bertujuan untuk dapat merencanakan suatu struktur jembatan yang baik dan memenuhi kelayakan dan mempunyai kekuatan yang cukup. Dan apabila terjadi kehilangan kelayakan dan kemungkinan terjadi keruntuhan struktur maka hal itu terjadi tidak terlalu parah dan umur jembatan sesuai dengan umur rencana jembatan.

Secara khusus, tujuan perencanaan Jembatan Lengkong ini adalah :

1. Dapat menentukan dimensi profil baja yang lebih ekonomis pada Jembatan Lengkong.
2. Mengetahui metode pelaksanaan dengan menggunakan *cantilever balanced* pada *upper structure* Jembatan Lengkong .
3. Dapat menuangkan hasil perhitungan ke dalam gambar rencana.

1.5 Manfaat

Manfaat untuk masyarakat yang didapatkan dari proses perencanaan struktur Jembatan Lengkong Kabupaten Lumajang adalah sebagai penghubung jalur lintas selatan dan dapat menampung dan melayani volume lalu lintas yang ada dengan tingkat kenyamanan yang diharapkan. Jembatan ini juga dapat menjadi icon bangunan monumental daerah tersebut karena dengan metode ini dimungkinkan untuk jembatan bentang panjang dengan pilar yang tidak mengganggu aliran sungai sehingga mengurangi resiko kegagalan struktur akibat tergerusnya

lapisan bawah pilar, selain itu bila ditinjau dari segi estetika juga lebih indah.

Sedangkan manfaat untuk pembaca serta penulis antara lain :

1. Penulis dapat memahami teori dan metode pelaksanaan jembatan busur baja serta dapat menerapkan ke perencanaan jembatan busur baja.
2. Menjadi bahan bacaan untuk teman – teman mahasiswa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Uraian

Definisi jembatan adalah suatu struktur yang menghubungkan alur transportasi melintasi rintangan yang ada tanpa menutupinya. Rintangan bisa berupa sungai, jurang, ruas jalan tidak sebidang dan lain sebagainya. Sehingga memungkinkan kendaraan, kereta api maupun pejalan kaki melintas dengan lancar dan aman.

Jembatan lengkung mengadakan reaksi tumpuan yang arahnya seseorang pada beban tegak lurus. Gaya-gaya uraian mendatar sering menimbulkan pada bangunan bawah suatu tekanan tinggi yang pada terrain yang kurang teguh umumnya oleh bangunan bawah tidak dapat diterima jika tidak dengan pertolongan konstruksi-konstruksi yang mahal. Jika terpaksa pula membuat jembatan lengkung maka kedua gaya uraian mendatar itu dapat ditahan oleh batang tarik atau ban tarik yang menghubungkan kedua ujung gelagar (Struyk, H. J dan K.H.C.W van der Veen : 1995)

2.2. Bagian – Bagian Jembatan Rangka Busur

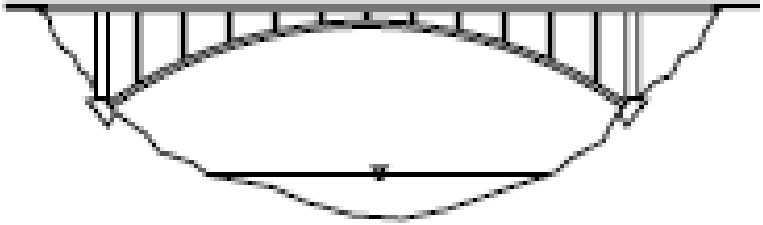
2.2.1 Struktur Primer

2.2.1.1. Deck atau lantai kendaraan

Bagian ini yang menerima langsung beban lalu lintas dan melindungi terhadap keausan. Untuk konstruksi jembatan biasanya deck menggunakan pelat dari beton bertulang atau pelat baja. Berdasarkan letak lantai kendaraan, ada beberapa bentuk jenis yang umum dipakai, yaitu :

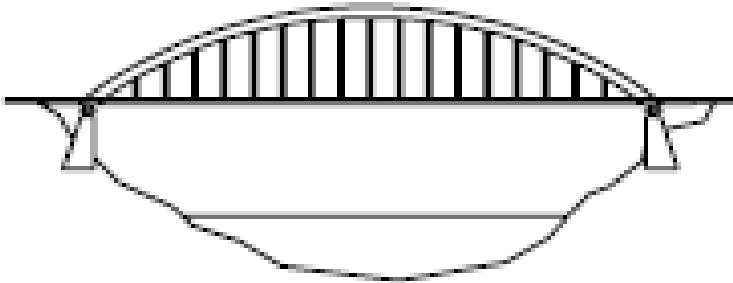
A. Tipe Deck Arch

Jembatan tipe ini tidak menggunakan penggantung seperti suspended deck arch. Lantai kendaraannya berada di atas struktur pelengkung. Deck didukung oleh pelengkung atau bantuan sejumlah kolom vertikal. Salah satu contoh jembatan dengan tipe ini yaitu jembatan Lewiston Queenston..



Gambar 2.1 Type Deck Arch

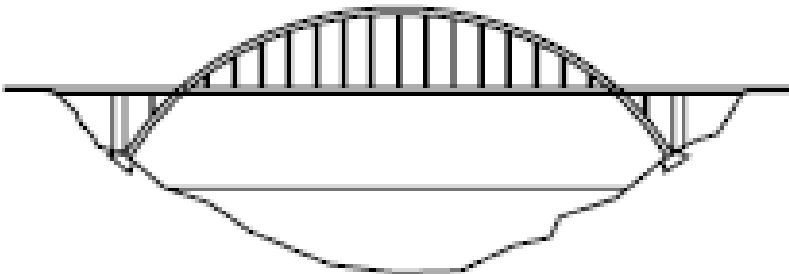
B. Through Arch



Gambar 2.2 Type Through Arch

Jembatan tipe ini meletakkan lantai kendaraannya berada tepat di *spring line* nya.

C. A Half – Through Arch



Gambar 2.3 Type A Half - Through Arch

Jembatan ini, lantai kendaraannya didukung oleh pelengkung (Arch) dengan batang – batang penggantung (hanger) sebagai mediumnya. Jembatan tipe ini umumnya terbuat dari baja. Salah satu contoh jembatan dengan tipe ini yaitu jembatan Daniel Hoan , Amerika Serikat.

2.2.1.2. Gelagar Memanjang :

Komponen ini merupakan suatu bagian struktur yang menahan beban langsung dari pelat lantai kendaraan yang letaknya memanjang arah jembatan atau tegak lurus arah aliran sungai.

2.2.1.3. Gelagar Melintang :

Komponen ini berfungsi mengikat beberapa balok(Gelagar memanjang) agar menjadi suatu kesatuan supaya tidak terjadi pergeseran antar gelagar induk(Gelagar memanjang), komponen ini letaknya melintang arah jembatan yang mengikat balok-balok gelagar induk (Gelagar Memanjang).

2.2.1.4. Batang Penggantung

Komponen penghubung antara dek/lantai jembatan ke rangka utama yang berfungsi sebagai pemikul gelagar utama serta melimpahkan beban-beban dan gaya-gaya yang bekerja ke rangka utama/busur.

2.2.1.5. Batang Lengkung

Merupakan bagian dari struktur yang penting sekali, karena seluruh beban di sepanjang beban jembatan dipikul olehnya. Dan bagian struktur ini mengubah gaya-gaya yang bekerja dari beban vertikal dirubah menjadi gaya horizontal/ tekan sehingga menjadi keuntungan sendiri bagi jembatan.

2.2.2 Struktur Sekunder

2.2.2.1 Ikatan Angin

Ikatan angin berfungsi untuk memikul gaya angin yang bekerja pada bangunan atas.

2.2.2.2 Sambungan

konstruksi terdiri dari beberapa bagian, yang mana bagian yang satu dengan yang lain akan dihubungkan. Salah satu cara untuk menghubungkan suku bagian bagian tersebut adalah dengan cara memberikan sambungan

Macam-macam sambungan:

1. Sambungan Keling

Sambungan keling adalah sambungan yang digunakan untuk menyambung plat dan batang profil. Untuk membuat sambungan ini digunakan paku keling yang dibuat di pabrik khusus dengan kepala terpasang yang dilantik.

2. Sambungan Baut

alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci. Dalam pemakaian di lapangan, baut dapat digunakan untuk membuat konstruksi sambungan tetap, sambungan bergerak, maupunsambungan sementara yang dapat dibongkar/dilepas kembali. Bentuk uliran batang baut untuk baja bangunan pada umumnya ulir segi tiga (ulir tajam) sesuai fungsinya yaitusebagai baut pengikat. Sedangkan bentuk ulir segi empat (ulir tumpul) umumnya untuk baut-baut penggerak \ atau pemindah tenaga misalnya dongkrak atau alat-alat permesinan yang lain

3. Sambungan Las

Mengelas adalah menyambung dua bagian logam dengan cara memanaskan sampai suhu lebur dengan memakai bahan pengisi atau tanpa bahan pengisi. Sistem sambungan las ini termasuk jenis sambungan tetap dimana pada konstruksi dan alat permesinan

2.2.2.3 Perletakan

Komponen ini terletak menumpu pada abutmen dan pilar yang berfungsi menyalurkan semua beban langsung jembatan keabutmen dan diteruskan ke bagian pondasi.

2.3. Pembebanan

Pembebanan yang akan digunakan dalam perhitungan analisa struktur jembatan busur baja dengan bersumber pada RSNI T 02-2005 , yaitu sebagai berikut :

2.3.1 Beban Tetap

➤ Beban Mati

Beban mati adalah semua beban tetap yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya. (RSNI T 02-2005 Pasal 5.1 Hal 10)

➤ Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. (RSNI T 02-2005 Pasal 5.3.1 Hal 12)

2.3.2 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen engan suatu iring – iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. (RSNI T 02-2005 Pasal 6.1 Hal 16)

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

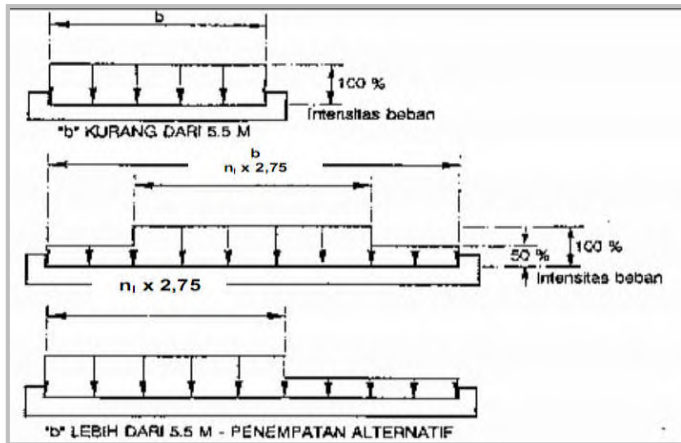
$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa}$$

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

Dengan pengertian :

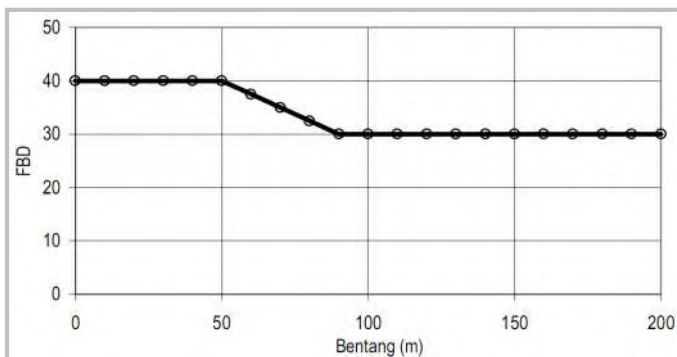
q adalah intensitas beban terbagi rata (UDL) dalam arah memanjang jembatan

L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

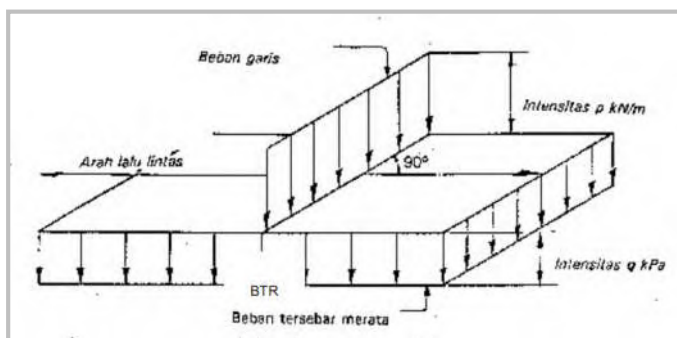


Gambar 2.4 Penyebaran pembebanan pada arah melintang

- Beban garis (KEL) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. (RSNI T 02-2005 Pasal 6.3.1 Hal 18). Berdasarkan RSNI T 02-2005 Pasal 6.6 No.4 Hal.25 nilai DLA (faktor beban dinamis) untuk pembebanan lajur "D" diambil 40% sesuai dengan grafik dibawah ini :



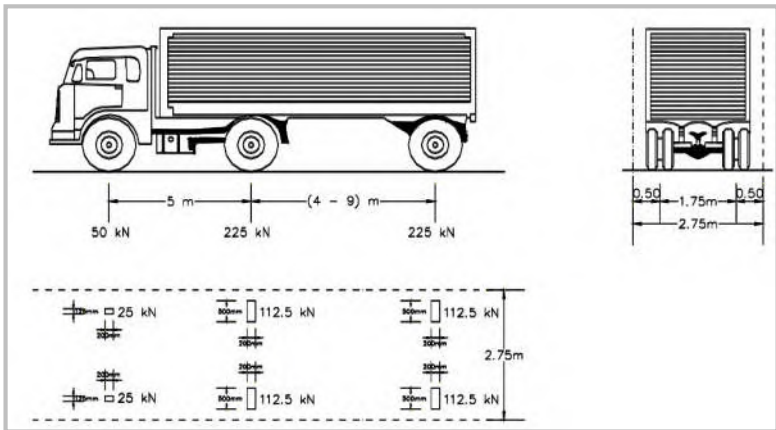
Gambar 2.5 Faktor beban dinamis beban KEL



Gambar 2.6 Beban Lajur “D”

- Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Sedangkan berdasarkan *RSNI T 02-2005 Pasal 6.6 No.4 Hal.24* nilai DLA (faktor beban dinamis) untuk pembebanan truk “T” diambil 30%. Harga DLA yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah.

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam gambar 2.7. 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 antar 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. (RSNI T 02-2005 Pasal 6.4.1 Hal 22)



Gambar 2.7 Beban Truk “T” (500 kN)

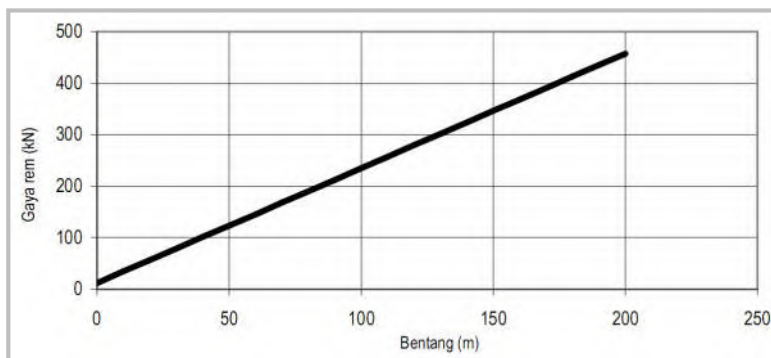
➤ Gaya Rem

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, tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. (RSNI T 02-2005 Pasal 6.7 Hal 26)

Faktor beban akibat gaya rem dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 1 Faktor beban akibat gaya rem

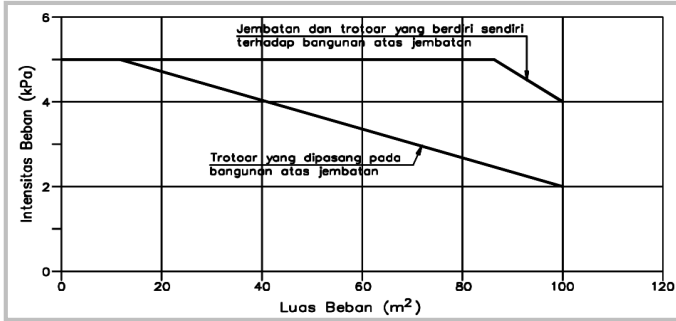
Jangka Waktu	Faktor Beban	
	$K S; ;TB;$	$K U; ;TB;$
Transien	1.0	1.8



Gambar 2.8 Gaya rem per lajur 2,75 m

➤ Beban Pejalan Kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyebrangan 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 m² dari luas yang dibebani seperti pada gambar 2.6. (RSNI T 02-2005 Pasal 6.9 Hal 27)



Gambar 2.9 Pembebanan untuk pejalan kaki

Faktor beban akibat pejalan kaki dapat dilihat table 2.6 berikut,

Tabel 2.2 Faktor beban akibat pembebanan untuk pejalan kaki

Jangka Waktu	Faktor Beban	
	<i>K S;;TP;</i>	<i>K U;;TP;</i>
Transien	1.0	1.8

Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 kN.

2.3.3 Beban Lingkungan

Beban lingkungan meliputi beban angin, beban gempa dan beban akibat temperatur (suhu). Besarnya beban rencana yang diberikan alam standar ini dihitung berdasarkan analisa statistik dari kejadian – kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat.

- Beban Angin

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

$$T_{EW} = 0,0006 C_W (V_W)^2 A_b \text{ kN}$$

Dengan pengertian :

V_W adalah kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_W adalah koefisien seret – lihat tabel 2.4

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

Kecepatan angin rencana harus diambil seperti yang diberikan dalam tabel 2.3. (RSNI T 02-2005 Pasal 7.6 Hal 37) .Luas koefisien bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka luas ekivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang bagian terluar. Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai sepertirumus berikut :

$$T_{EW} = 0,0012 C_W (V_W)^2 A_b \text{ kN}$$

Dimana :

$$C_W = 1,2$$

Tabel 2.3 Kecepatan angin rencana V_W

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

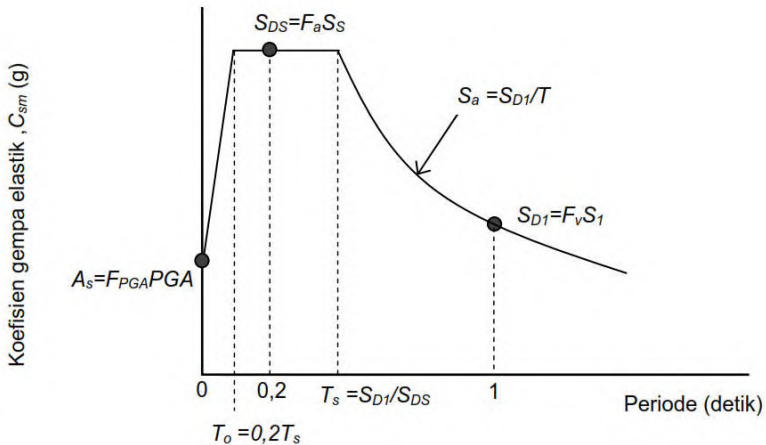
Tabel 2.4 Koefisien seret C_W

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

- Beban Gempa

Pada perencanaan jembatan ini, beban gempa menggunakan fungsi *respons spectrum* yang di input pada program SAP 2000. Metode gempa ini menggunakan metode gempa dinamis.

Untuk menginput fungsi respons spectrum gempa pada SAP 2000 diperlukan grafik respons spektrum. Menurut **RSNI 2833-2013 Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa 2013**, grafik respons spektrum dapat dihitung sebagai berikut :



Gambar 2.10 Grafik Respons Spektrum Gempa

Semua variabel yang dicantumkan harus sesuai peta gempa pada **RSNI 2833-2013 Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa 2013**. Gambar tersebut menjelaskan nilai koefisien elastik gempa berdasarkan wilayah gempa dan batuan dasar serta batuan dasar pada wilayah tersebut.

Untuk mencari koefisien respons gempa elastik mempunyai 3 variabel yang harus diperhatikan, yaitu :

- Untuk $T < T_0$

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \dots\dots\dots (2.3-1)$$

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \dots\dots\dots (2.3-2)$$

Dimana :

- C_{sm} =Koefisien gempa elastic
- S_{DS} =Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek ($T=0.2$ detik)
- F_{PGA} = Faktor Amplikasi periode pendek
- PGA = Percepatan puncak batuan dasar

- Untuk $T_0 < T < T_s$

$$C_{SM} = S_{DS} \dots\dots\dots (2.3-3)$$

Dimana :

- C_{sm} =Koefisien gempa elastic
- S_{DS} =Nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek ($T=0.2$ detik)

- Untuk $T > T_s$

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots (2.3-4)$$

Dimana :

- C_{sm} =Koefisien gempa elastic
- S_{D1} =Nilai spectra permukaan tanah pada periode 1 detik

Setelah mendapatkan nilai koefisien elastic pada setiap periode gempa selanjutnya harus menentukan skala factor.

Untuk menentukan skala factor yang dibutuhkan maka harus mempertimbangkan kepentingan bangunan (I) serta faktor

modifikasi respon (R) sesuai ketentuan **RSNI 2833-2013 Perancangan Jembatan terhadap Beban Gempa 2013**

2.4 Perencanaan Lantai Kendaran

Perencanaan awal pelat lantai adalah perencanaan tebal pelat. Sesuai **Standar Nasional Indonesia T-12-2004 pasal 5.5.2** adalah :

ts > 200 mm

ts > (100 + 40 b) mm

Tulangan minimum pelat lantai harus dipasang untuk menahan tegangan tarik utama menurut **Standar Nasional Indonesia T-12-2004 pasal 5.5.3** adalah sebagai berikut:

Pelat lantai yang ditumpu kolom :

$$\frac{A_s}{b d} = \frac{1,25}{f_y} \dots\dots\dots (2.4-1)$$

Pelat lantai yang ditumpu balok atau dinding:

$$\frac{A_s}{b d} = \frac{1,0}{f_y} \dots\dots\dots (2.4-2)$$

Pelat telapak :

$$\frac{A_s}{b d} = \frac{1,0}{f_y} \dots\dots\dots (2.4-3)$$

Rasio penulangan pelat

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.4-4)$$

$$\rho_{balance} = \frac{0,85 \times f_c' \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \dots\dots\dots (2.4-5)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_{balance} \dots\dots\dots (2.4-6)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \dots\dots\dots (2.4-7)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \rho_{max} \cdot R_n}{f_y}} \right) \dots\dots\dots (2.4-8)$$

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.4-9)$$

➤ Kontrol jarak spasi tulangan

Sesuai dengan SNI 2847:2013, spasi tulangan pada penampang kritis harus memenuhi persamaan 2.3.3.7 (SNI 2847:2013 pasal 13.3.2)

$$S_{\max} \leq 2 \times h \dots\dots\dots (2.4-10)$$

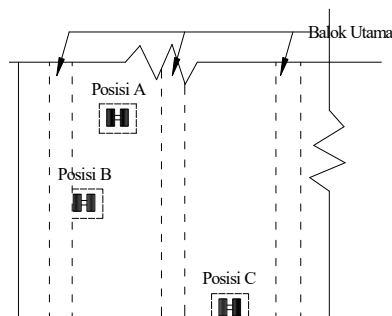
➤ Kontrol tulangan susut dan suhu SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.1 yaitu tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014.

➤ Kontrol jarak spasi tulangan susut dan suhu SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.2 yaitu tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan spasi tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450.

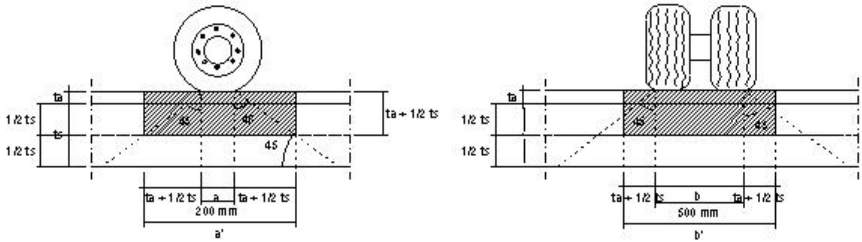
$$S_{\max} \leq 5 \times h \text{ atau } \leq 450 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.4-11)$$

➤ Kontrol Geser Pons

Kontrol geser pons berkaitan dengan penentuan tebal pelat lantai kendaraan. Perencanaan pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum. Analisis dimensi yang digunakan pelat pada bentang tepi dan bentang tengah adalah sama karena jarak bentang pelat antara pusat tumpuan sama. Dalam menentukan tebal pelat yang dipakai maka dilakukan kontrol terhadap geser pons akibat pembebanan roda pada posisi yang berbeda (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14).



Gambar 2.11 Analisis Posisi Roda Kendaraan



Gambar 2.12 Penyebaran beban akibat roda kendaraan

Kuat geser yang diterima pelat (V)

$$K_{TT}^V \times 100 \times (1 + 0,3) \dots \dots \dots (2.4-12)$$

Luas bidang kritis geser pons (Ak)

$$2 \times (a' + b') \times ts \dots \dots \dots (2.4-13)$$

Kemampuan geser pelat

$$= Ak \times \text{tegangannya geser beton} \dots \dots \dots (2.4-14)$$

Kemampuan geser beton harus lebih besar daripada geser yang terjadi.

2.5 Perencanaan Balok

Pada jembatan terdapat Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang.

Dalam perencanaan balok harus memenuhi persyaratan kontrol, yaitu :

- Kontrol Dimensi Balok

Balok–balok direncanakan untuk menahan gaya-gaya momen dan geser. Pengelompokkan balok-balok didasarkan pada kebutuhan tahanan gaya momen dan geser maksimal hasil dari kombinasi beban dari output program SAP

- Perhitungan Kekuatan

Semua pelat badan yang mempunyai $a/h > 3,0$ harus dianggap tidak diperkaku, dengan h adalah tinggi panel yang terbesar di bentang tersebut.

$$\frac{a}{h} > 3,0 \dots \dots \dots (2.4-15)$$

(RSNI T-03-2005 pasal 7.7.4)

Syarat yang harus dipenuhi untuk balok dengan pengaku, maka sesuai dengan RSNI T-03-2005 rumus pasal 7.7.4

$$\left(\frac{h}{r_{tr}}\right) \leq 7,07 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \dots\dots\dots (2.4-16)$$

➤ Kuat nominal lentur penampang tekuk lokal
Momen nominal penampang untuk :

❖ Penampang Kompak ($\lambda \leq \lambda_p$)

$$\rightarrow M_n = M_p \dots\dots\dots (2.4-17)$$

(RSNI T-03-2005 pasal 7.2.3)

❖ Penampang Tidak Kompak ($\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$)

$$\rightarrow M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{(\lambda - \lambda_p)}{(\lambda_r - \lambda_p)} \dots\dots\dots (2.4-18)$$

(RSNI T-03-2005 pasal 7.2.4)

❖ Penampang Kompak ($\lambda \geq \lambda_r$)

$$\rightarrow M_n = M_r (\lambda_r / \lambda)^2 \dots\dots\dots (2.4-19)$$

(RSNI T-03-2005 pasal 7.2.5)

➤ Cek Pengaruh tekuk lokal pada sayap:

❖ Cek Kelangsingan sayap

$$\lambda = \frac{b_f}{t_f} \dots\dots\dots (2.4-20)$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (2.4-21)$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots\dots\dots (2.4-22)$$

❖ Cek Kelangsingan badan

$$\lambda = \frac{h}{r_{tr}} \dots\dots\dots (2.4-23)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (2.4-24)$$

$$\lambda_r = \frac{2530}{\sqrt{f_y}} \dots\dots\dots (2.4-25)$$

➤ Cek Momen nominal pengaruh tekuk lateral

❖ Bentang Pendek $L \leq L_p$
 $\rightarrow M_n = M_p$ (2.4-26)
 (RSNI T-03-2005 pasal 7.3.3)

❖ Bentang Menengah $L_p \leq L \leq L_r$
 $\rightarrow M_n = C_b [M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)}] \leq M_p$ (2.4-27)
 (RSNI T-03-2005 pasal 7.3.4)

❖ Bentang Panjang $L \geq L_r$
 $\rightarrow M_n = M_{cr} \leq M_p$ (2.4-28)
 (RSNI T-03-2005 pasal 7.3.5)

Dimana:

$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ (2.4-29)

$f_L = f_y - f_r$ (2.4-38)

$L_r = r_y \left[\frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}}$ (2.4-30)

➤ Menentukan Tahanan Momen Lentur
 Momen nominal diambil yang terkecil menentukan

$M_u \leq \phi \cdot M_n$ (2.4-31)
 (RSNI T-03-2005 Pasal 7.1.4)

➤ Menentukan Tahanan Geser
 Tahanan geser nominal plat badan dihitung sebagai :

❖ Untuk nilai
 $\left(\frac{h}{t_w} \right) \leq 1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} ; K_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{h}{t_w} \right)^2}$ (2.4-32)
 (RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.2a)

Tahanan geser plastis
 $V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$ (2.4-33)
 (RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.3)

❖ Untuk nilai

$$1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \left(\frac{h}{r_w}\right) \leq 1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \dots\dots\dots (2.4-34)$$

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.2b)

Tahanan geser elasto plastis

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \left[1,10 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \right] \frac{1}{\left(\frac{h}{r_w}\right)} \dots\dots\dots (2.4-35)$$

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.4)

❖ Untuk nilai

$$1,37 \sqrt{\frac{k_n E}{f_y}} \leq \left(\frac{h}{r_w}\right) \dots\dots\dots (2.4-36)$$

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.2c)

Tahanan geser elastis

$$V_n = \frac{0,9 \cdot A_w \cdot K_n \cdot E}{\left(\frac{h}{r_w}\right)^2} \dots\dots\dots (2.4-37)$$

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.5)

Syarat yang harus dipenuhi:

$$V_u \leq \phi \cdot V_n \dots\dots\dots (2.4-38)$$

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.8.1)

➤ Interaksi Geser dan Lentur

Elemen yang memikul kombinasi geserdan lentur harus melakukan kontrol sbb :

$$\frac{M_u}{\phi_b \cdot M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi_f \cdot V_n} \leq 1,375 \dots\dots\dots (2.4-39)$$

(RSNI T-03-2005 Pasal 7.9.3)

➤ Kontrol Lenturan

$$(5L^2)[M_s - 0,1(M_a + M_b)] / (48EI) \dots\dots\dots (2.4-40)$$

Dimana:

Ms = Momen di tengah lapangan

Ma = Momen Tumpuan

Mb = Momen Tumpuan

Batas Lenturan Maksimum

$$L/800 \dots\dots\dots (2.4-41)$$

(RSNI T-03-2005 ps.4.7.2)

2.6 Perencanaan Rangka Utama

• Perencanaan Tinggi Lengkung Busur

Tinggi Lengkung busur (f)

Rumus :

$$\frac{1}{8} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$$

di mana, L adalah panjang bentang

• Perencanaan Tinggi Balok Busur

Syarat tinggi balok busur (t)

$$\frac{1}{45} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{25}$$

di mana, L adalah panjang bentang

Konstruksi pemikul utama ini terdiri dari :

➤ Batang Penggantung

Batang penggantung merupakan konstruksi penggantung antara konstruksi lantai kendaraan dengan konstruksi pemikul yang berupa busur.

➤ Konstruksi Busur

Konstruksi pemikul utama yang berbentuk busur ini mempunyai keuntungan yaitu dengan adanya bentuk busur akan terjadi pengurangan momen di lapangan akibat gaya reaksi horizontal dan gaya normal pada penampang busur relatif lebih berperan dari pada gaya momen, sehingga bentuk busur ini cukup relatif untuk bentang yang panjang. Penampang busur direncanakan memakai konstruksi profil WF baja. Panjang penggantung dicari dengan menggunakan perhitungan pendekatan persamaan sumbu geometrik.

Persamaan Parabola :

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2}$$

$$Y_n' = f - Y_n$$

2.6.1 Batang Tekan

Suatu komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor, N_u harus memenuhi syarat sebagai berikut :

$$a. N_u < \phi N_n \quad (\text{RSNI T-03-2005 psl.6.1-1})$$

dengan pengertian :

ϕ = faktor reduksi (0,85)

N_n = kuat tekan nominal struktur tekan (N)

b. perbandingan kelangsingan :

1. kelangsingan elemen penampang $< \lambda_r$

2. kelangsingan komponen struktur tekan, $\lambda = \frac{Lk}{r} < 140$

c. penampang struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar nilai λ_r yang ditentukan dalam tabel 4 (RSNI T-03-2005) harus direncanakan dengan analisis rasional yang dapat diterima.

2.6.2 Batang tarik

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

$$N_u < \phi \cdot N_n \quad (\text{SNI T-03-2005 psl.5.1-1})$$

Dengan N_n adalah kuat tarik nominal yang besarnya diambil sebagai nilai terendah di beberapa persamaan di bawah ini:

a. kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto :

$$N_n = A_g f_y \quad (\text{SNI T-03-2005 psl.5.1-2})$$

b. kuat tarik nominal berdasarkan fraktur pada penampang efektif :

$$N_n = A_e f_u \quad (\text{SNI T-03-2005 psl.5.1-3})$$

c. kuat tarik nominal berdasarkan perencanaan *rupture* pada penampang :

1. Kuat geser *rupture* nominal :

$$N_n = 0,6A_{ev}f_u \quad (\text{SNI T-03-2005 psl.5.1-4})$$

2. Kuat tarik *rupture* nominal :

$$N_n = A_{ef}f_u \quad (\text{SNI T-03-2005 psl.5.1-5})$$

3. Kuat tarik dan geser *rupture* nominal :

- a). untuk $A_{et} \geq 0,6A_{ev}f_u$

$$N_n = 0,6A_{gv}f_y + A_{et}f_u$$

(SNI T-03-2005 psl.5.1-6)

- b). untuk $0,6A_{ev}f_u \geq A_{et}f_u$

$$N_n = 0,6A_{nv}f_u + A_{gt}f_y$$

(SNI T-03-2005 psl.5.1-7)

dengan pengertian :

A_g = luas penampang bruto, dinyatakan dalam milimeter per segi, (mm²);

A_{gt} = luas penampang bruto terhadap tarik, dinyatakan dalam milimeter per segi, (mm²);

A_{gv} = luas penampang bruto terhadap geser, dinyatakan dalam milimeter per segi, (mm²);

A_{et} = luas penampang efektif terhadap tarik, dinyatakan dalam milimeter persegi, (mm²);

A_{ev} = luas penampang efektif terhadap geser, dinyatakan dalam milimeter persegi, (mm²);

f_y = tegangan leleh, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa);

f_u = tegangan tarik putus, dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa);

Nilai ϕ dalam persamaan (5.1-1) diambil sebesar 0,9 untuk hubungan dengan persamaan (5.1-2), dan ϕ diambil sebesar 0,75 untuk hubungan dengan persamaan (5.1-3), (5.1-4), (5.1-5), (5.1-6) dan (5.1-7).

2.7 Perencanaan Kerb

- Kerb

Beban hidup pada kerb diperhitungkan sebesar 15 kN/m yang bekerja pada bagian atas kerb sepanjang jembatan dengan arah horisontal (*Standar Nasional Indonesia T-02-2005 pasal 12.1*).

2.8 Sambungan

Setiap struktur adalah gabungan dari bagian-bagian tersendiri atau batang-batang yang harus disambung bersama (biasanya di ujung batang) dengan beberapa cara. Salah satu cara yang digunakan adalah pengelasan, cara lain ialah menggunakan alat penyambung seperti paku keling dan baut. (Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1– Charles G. Salmon)

Berdasarkan AISC LRFD pasal 5.3, jenis alat sambung baja terdiri dari:

- Baut, mur, dan ring
- Alat sambung mutu tinggi
- Las
- Penghubung geser jenis paku yang dilas
- Baut Angker

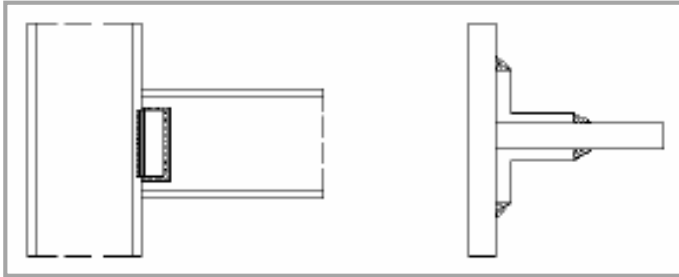
2.8.1 Pengelasan

Proses pengelasan merupakan proses penyambungan dua potong logam dengan pemanasan sampai keadaan plastis atau cair, dengan atau tanpa tekanan. Jenis-jenis las yang akan digunakan :

➤ Las Sudut

Las sudut (fillet weld) bersifat ekonomis secara keseluruhan, mudah dibuat, dan mampu beradaptasi, serta merupakan jenis las yang banyak dipakai dibandingkan dengan jenis las dasar yang lain. Las ini umumnya memerlukan lebih sedikit presisi dalam pemasangan karena potongannya saling bertumpangan (overlap), sedang las tumpul memerlukan kesejajaran yang tepat dan tertentu antara

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 2.13 Las Sudut

- Sambungan Las
Tebal las minimum las sudut, t_w

Tabel 2.5 Ukuran minimum las sudut

Tebal bagian paling tebal, t [mm]	Tebal minimum las sudut, t_w [mm]
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

Sumber : SNI 03-1729-2002 Pasal 13.5.3

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, R_u harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (2.4-57)$$

❖ Berdasarkan bahan las :

$$f R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_{uw}) \dots \dots \dots (2.4-42)$$

❖ Berdasarkan bahan dasar :

$$f R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_u) \dots \dots \dots (2.4-43)$$

(SNI 03-1729-2002 Pasal 13.5.3.10)

Keterangan:

f = 0,75 faktor reduksi kekuatan saat fraktur

f_{uw} = tegangan tarik putus logam las, (Mpa)

f_u = tegangan tarik putus bahan dasar, (Mpa)

t_t = adalah tebal rencana las, (mm)

2.8.2 Baut

Pemasangan baut pada struktur baja tidak memerlukan pekerja yang terampil seperti yang dibutuhkan pada pemasangan paku keling atau pada pengelasan. Sambungan dengan menggunakan baut tegangan tinggi, mempunyai kelebihan di dalam segi ekonomis dan penampilan bila dibandingkan sambungan yang menggunakan paku keling. Ada dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja. Yang pertama adalah baut biasa yang dipakai pada struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder. Jenis yang kedua adalah baut tegangan tinggi, pada waktu pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung

• Alat sambung yang digunakan adalah baut mutu tinggi (HTB)

Kekuatan geser nominal satu baut dalam sambungan tipe friksi sebagai berikut :

$$R_n = \phi 1,13 m T_b$$

Dimana,

μ = 0,35 koefisien gesek untuk bidang kontak dalam keadaan bersih,

m adalah jumlah bidang geser

T_b adalah gaya tarik baut minimum

ϕ = 1,0 untuk lubang standar

ϕ = 0,85 untuk lubang selot pendek dan lubang besar

ϕ = 0,70 untuk lubang selot panjang tegak lurus arah kerja gaya

ϕ = 0,60 untuk lubang selot panjang sejajar arah kerja

2.9 Perancangan Perletakkan

2.9.1 Perletakan sendi

Reaksi perletakan didapat dari SAP yaitu reaksi H dan V
Selanjutnya menghitung :

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{\sigma' b}$$

$$b = \frac{F}{L}$$

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0.5 \times \sqrt{\frac{3xVxL}{bx\sigma_{baja}}}$$

- Merencanakan Tinggi kursi dengan metode Muller – Breslua

$$W = \frac{h}{S_2} \frac{b}{aS_3} ah^2S_3$$

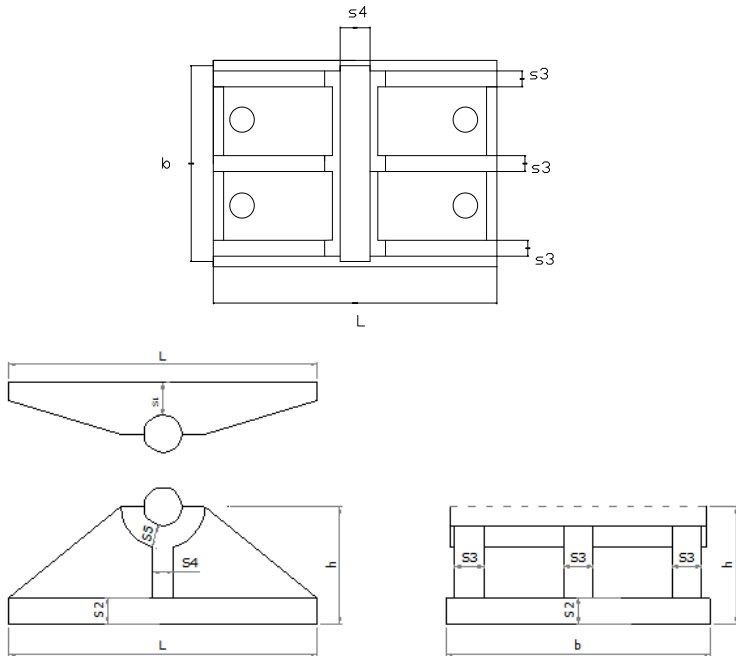
$$M_{max} = \frac{V}{2} \times \frac{b}{4}$$

$$W = \frac{M_{max}}{\sigma_{baja}}$$

- Perhitungan diameter engsel

$$r = 0.8 \times \frac{V}{\sigma_{baja} L}$$

$$d_1 = 2.r$$



Gambar 2. 14 Perletakan Sendi

2.9.2 Perletakan Rol

Reaksi perletakan didapat dari SAP yaitu reaksi H dan V
Selanjutnya menghitung :

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{\sigma' b}$$

$$b = \frac{F}{L}$$

- Garis tengah gelinding

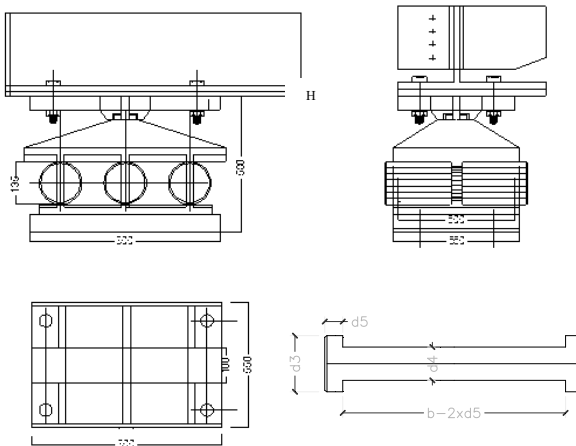
$$B = \frac{1}{2r_1}$$

$$\gamma^2 = 0.75 \times 10^6 \times \frac{p \cdot \ell}{L}$$

$$d_4 = \frac{0,75 \times 10^6 \times pP}{L \cdot \gamma^2}$$

$$d_5 = d_4 + (2 \times 2.5)$$

d_6 ambil 5 cm



Gambar 2. 15 Perletakan Rol

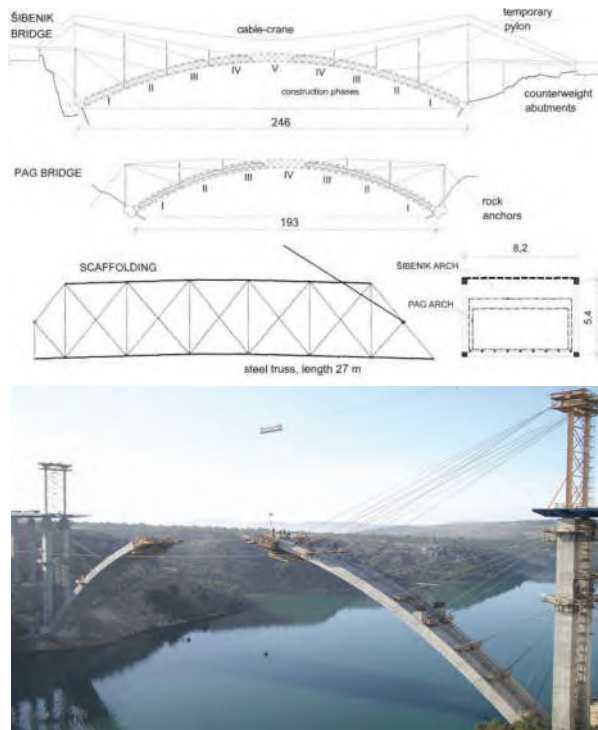
2.10 Metode Pelaksanaan

2.10.1 Metode Balanced Kantilever

Untuk metode pylon, pada kedua ujung segmen kantilever didahului oleh segmen sebelumnya, sementara pada kedua ujungnya ditahan oleh kabel penggantung. Penggantung menahan dua segmen pertama terangkut di pilar. Gaya horizontal dari penggantung di transferkan dengan penggantung horizontal ke abutmen. Berkat keuntungan penggantung, dua segmen berikutnya ditahan oleh 30 m pylon baja sementara. Tipe pemasangan ini membutuhkan semua bagian dari jembatan berada di tepi sungai untuk membangunnya terlebih dahulu. Ini mengapa selama pembangunan Jembatan Pag bagian belakang terangkut langsung ke tanah bebatuan.

Segmen busur dari jembatan Sibenik dan Pag dibuat menggunakan platform skafolding dengan panjang 27 m bagian depan skafolding ditahan oleh penggantung sementara bagian belakang ditahan oleh segmen sebelumnya. Crane besar yang mengapung dibutuhkan dalam setiap transfer skafolding ke posisi yang baru (antara proses transfer crane tidak dibutuhkan di lokasi).

Prosedur konstruksi untuk Jembatan Maslenica ($L= 200$ m), jembatan yang melintas di sungai Krka ($L= 204$ m), dan jembatan yang melintas di sungai Cetina ($L= 140$ m) kebanyakan sama. Untuk proses pemasangan, busur ditahan oleh sistem penggantung dimana penggantung tersebut dikaitkan ke pilar tepi dan pylon baja sementara. Secara bersamaan konstruksi dari tapi lainnya dipasang. Setelah kantilever busur terhubung di puncak busur, kabel penggantung dan pylon sementara dilepas.



Gambar 2.16 Sistem Balanced kantilever

BAB III DATA DAN ANALISA

3.1 Data perencanaan

- Data Jembatan:
 - Nama jembatan : Jembatan Kali Lengkong
 - Lokasi Jembatan : Kabupaten Lumajang
 - Panjang bentang : 80 meter
 - Lebar lantai kendaraan : 8,4 meter
 - Lebar trotoar : 0,7 m + 0,7m
 - Lebar total : 9,8 meter
 - Jenis Konstruksi : Jembatan Busur
(direncanakan)
 - Bangunan Atas : Busur Box Baja
(direncanakan)
 - Lokasi Jembatan : ≤ 5 km dari pantai
(direncanakan)
 - Data Tanah : (terlampir)
- Data Bahan yang digunakan pada jembatan adalah sebagai berikut:
 - Mutu beton (f_c') : 30 Mpa
 - Mutu Tulangan lentur (f_y) : 390 Mpa
 - Mutu Tulangan geser (f_{ys}) : 390 Mpa
 - Modulus Elastisitas beton : 25.742,96 Mpa
 - Mutu Profil Baja : BJ 55
 - Tegangan Leleh (f_y) : 410 Mpa
 - Tegangan Putus (f_u) : 550 Mpa
 - Modulus Elastisitas baja : 20.000 Mpa

3.2 Preliminary desain

Preliminary desain yang diperlukan agar aman dengan cara sebagai berikut:

➤ Struktur Utama/Primer

1. Perencanaan Plat lantai kendaraan (SNI T-12-2004):

- $t_s \geq 200 \text{ mm}$
- $t_s \geq 100 + 40,1 \text{ mm}$

dengan pengertian:

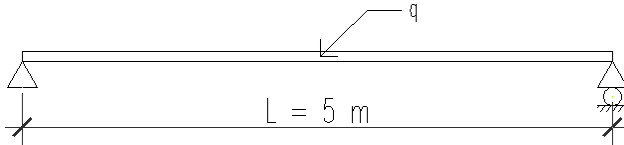
l : bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (dalam meter), maka:

- $t_s \geq 100 + 40,1 \text{ mm}$
- $\geq 100 + (40,1,75) \text{ mm}$
- $\geq 170 \text{ mm}$

Sehingga :

- tebal plat (t_s) yang digunakan 250 mm
- tebal aspal 50 mm

2. Perencanaan balok memanjang dan melintang



$$M_u \leq \Phi M_n$$

$$\frac{1}{8} q L^2 \leq Z_x f_y$$

3. Perencanaan batang penggantung

$$L = 80 \text{ m}$$

$$f = 1/5 L \text{ sampai } 1/8 L$$

$$= 1/5 \times 80 \text{ m sampai } 1/8 \times 80 \text{ m}$$

$$= 16 \text{ sampai } 10$$

$$f = 16 \text{ m}$$

$$x = 5 \text{ m (Jarak gelagar melintang)}$$

$$Y_n = \frac{4 \cdot f \cdot X \cdot (L - X)}{L^2}$$

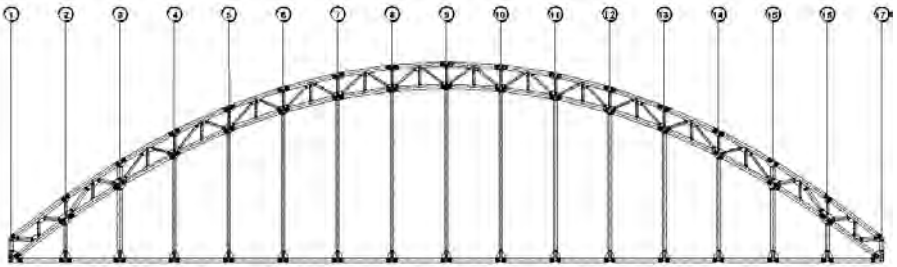
Dimana Y_n = Panjang Penggantung

Tabel 3.1 Panjang Penggantung

AS	x (m)	yn (m)
1	0	0.00
2	5	3.75
3	10	7.00
4	15	9.75
5	20	12.00
6	25	13.75
7	30	15.00
8	35	15.75
9	40	16.00
10	45	15.75
11	50	15.00
12	55	13.75
13	60	12.00
14	65	9.75
15	70	7.00
16	75	3.75
17	80	0.00

4. Perencanaan batang lengkung
Menggunakan rumus trigonometri

$$\Delta S_n = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta X^2}$$



Gambar 3.1 Tampak Jembatan

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
1	-	0.000	0.000	0.000
2	1-2	5.000	3.750	6.250
3	2-3	10.000	7.000	5.963
4	3-4	15.000	9.750	5.706
5	4-5	20.000	12.000	5.483
6	5-6	25.000	13.750	5.297
7	6-7	30.000	15.000	5.154
8	7-8	35.000	15.750	5.056
9	8-9	40.000	16.000	5.006
10	9-10	45.000	15.750	5.006
11	10-11	50.000	15.000	5.056
12	11-12	55.000	13.750	5.154
13	12-13	60.000	12.000	5.297
14	13-14	65.000	9.750	5.483
15	14-15	70.000	7.000	5.706
16	15-16	75.000	3.750	5.963
17	16-17	80.000	0.000	6.250

Tabel 3.2 Batang lengkung Busur Bawah

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
1	-	0	2.000	0.000
2	1-2	5	5.750	6.250
3	2-3	10	9.000	5.963
4	3-4	15	11.750	5.706
5	4-5	20	14.000	5.483
6	5-6	25	15.750	5.297
7	6-7	30	17.000	5.154
8	7-8	35	17.750	5.056
9	8-9	40	18.000	5.006
10	9-10	45	17.750	5.006
11	10-11	50	17.000	5.056
12	11-12	55	15.750	5.154
13	12-13	60	14.000	5.297
14	13-14	65	11.750	5.483
15	14-15	70	9.000	5.706
16	15-16	75	5.750	5.963
17	16-17	80	2.000	6.250

Tabel 3.3 Batang lengkung Busur Atas

5. Perencanaan Perletakan

Perletakan direncanakan menggunakan sendi - rol

3.3 Analisa pembebanan

Tabel 3.4 Faktor beban

No,	Nama	Faktor Beban dalam keadaan batas	
		Daya Layan	Ultimit
1	Beban sendiri	1	1,3
2	beban lajur "D"	1	1,8
3	Beban truk "T"	1	1,8
4	Gaya rem	1	1,8

5	beban trotoar	1	1,3
6	Beban Angin	1	1,2
7	Beban gempa	N/A	1
8	Pejalan kaki	1	1,8
9	Bekisting	1	1,4

Tabel 3.5 Kombinasi Pembebanan

Aksi	Layan				Ultimate				
	1	2	3	4	1	2	3	4	5
Beban mati(Dead)	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Beban mati tambahan	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Beban Lajur "D" atau Truk"T"		√			√	√	√	√	
Beban Rem		√	√	√		√	√		
Beban Pejalan Kaki				√		√			
Beban Angin			√				√		
Gempa								√	

1. Beban Mati

- Berat profil-profil struktur itu sendiri, (dimodelkan dalam SAP)
- Pelat (beton)
 - = $B_{\text{beton}} \times b_1 \times t_{\text{pelat}}$
 - = $2500 \text{ Kg/m}^3 \times 1,4\text{m} \times 0,25 \text{ m} = 875 \text{ kg/m}$
- Aspal
 - = $B_{\text{aspal}} \times b_1 \times \text{tebal}_{\text{aspal}}$
 - $2200 \text{ Kg/m}^3 \times 1,4\text{m} \times (0,05) \text{ m} = 154 \text{ kg/m}$
- Hujan
 - = $\gamma_{\text{air}} \times b_1 \times \text{tebal}_{\text{aspal}}$
 - $1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,5\text{m} \times 0,05 \text{ m} = 75 \text{ kg/m}$
- Trotoar (beton)
 - = $B_{\text{beton}} \times b_1 \times t_{\text{trotoar}}$

$$= 2500 \text{ Kg/m}^3 \times 0,7\text{m} \times 0,16 \text{ m} = 280 \text{ kg/m}$$

- Beban kerb

RSNI T-02-2005 Pasal 12,1 beban kerb sebesar 15 kN/m

- Pejalan kaki

RSNI T-02-2005 Pasal 6,9

$$5 \text{ Kpa} \rightarrow 5\text{kN/m}^2 = (5\text{kN/m}^2 \times 0,7\text{m})/2 = 3,5 \text{ kN/m}$$

2. Beban Hidup

- Bebantruk :

Menurut SNI T-02-2005 ps, 6,4,1 tentang besarnya beban truk "T", beban T ditentukan sebesar 112,5 kN,

Untuk roda tengahdanbelakang 112,5 kN= 11250 kg

Untuk roda depan 25 kN= 2500 kg

- Beban Lajur "D"

UDL : untuk $L > 30 \text{ m}$

$$q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \rightarrow 1\text{Kpa}=1\text{kN/m}^2$$

$$9 \text{ kN/m}^2 (0,5+15/L)$$

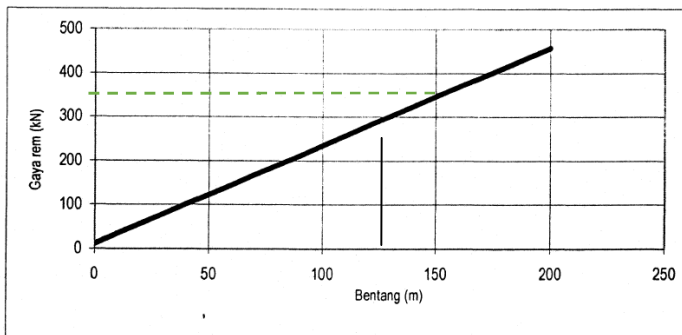
$$9 \text{ kN/m}^2 (0,5+15/80) \times 1,5\text{m} = 8,663 \text{ kN/m}$$

$$\text{KEL} : 49 \text{ kN/m} \times (1+\text{DLA})$$

$$49 \text{ kN/m} \times (1+0,35) = 92,61\text{kN/m}$$

- Beban Rem

$$L = 80 \text{ m} \rightarrow 210 \text{ kN} = 21000 \text{ kg (RSNI T-02-2005)}$$



Gambar 3.2 Gaya rem per lajur 2,75 m (KBU)

3. Beban Angin

Menurut SNI T 02-2005 Pasal 7,6 gaya nominal ultimate pada bangunan atas:

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

Dimana:

C_w = Koefisien seret (SNI T 02-2005 tabel 27) $\rightarrow 1,31$

V_w = Kecepatan angin rencana
(SNI T 02-2005 tabel 28) $\rightarrow 35$ m/s

A_b = Luas koefisien bag, Samping jembatan

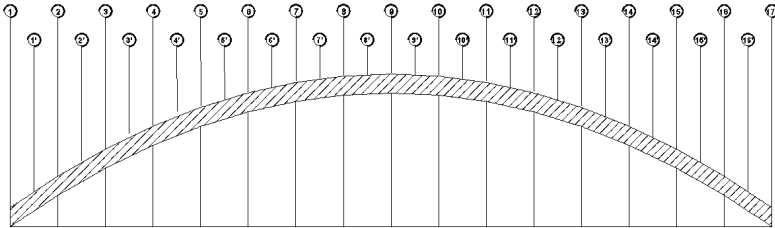
Sedangkan gaya nominal ultimate padakendaraan sepanjang jembatan (bekerja pada lantai kendaraan)

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

Dengan pengertian $C_w = 1,2$

\ $V_w = 35$ m/s $<$ 5km dari pantai

➤ Beban Angin Pada Rangka Atas



Gambar 3.3 Luasan pada busur rangka yang terkena Angin.(A_b)

$$T_{EW1} = 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

$$T_{EW1} = 0,0006 \times 1,2 \times (35\text{m/s})^2 \times (30\% \times \Delta S_n \times \text{tinggi busur})$$

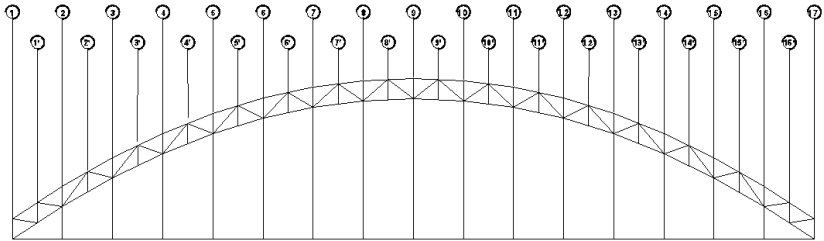
Didapat :

Tabel 3.6 Tabel Nilai T_{EW1}

n = 2

As	B	L	Ab	T_{ew} Busur
1	2 m	3.13 m	2 m ²	4.73 kg
1'	2 m	6.25 m	4 m ²	9.45 kg
2	2 m	6.11 m	4 m ²	9.23 kg
2'	2 m	5.96 m	4 m ²	9.02 kg
3	2 m	5.83 m	4 m ²	8.82 kg
3'	2 m	5.71 m	3 m ²	8.63 kg
4	2 m	5.59 m	3 m ²	8.46 kg
4'	2 m	5.48 m	3 m ²	8.29 kg
5	2 m	5.39 m	3 m ²	8.15 kg
5'	2 m	5.3 m	3 m ²	8.01 kg
6	2 m	5.23 m	3 m ²	7.90 kg
6'	2 m	5.15 m	3 m ²	7.79 kg
7	2 m	5.1 m	3 m ²	7.72 kg
7'	2 m	5.06 m	3 m ²	7.64 kg
8	2 m	5.03 m	3 m ²	7.61 kg
8'	2 m	5.01 m	3 m ²	7.57 kg
9	2 m	5.01 m	3 m ²	7.57 kg
9'	2 m	5.01 m	3 m ²	7.57 kg
10	2 m	5.03 m	3 m ²	7.61 kg
10'	2 m	5.06 m	3 m ²	7.64 kg
11	2 m	5.1 m	3 m ²	7.72 kg
11'	2 m	5.15 m	3 m ²	7.79 kg
12	2 m	5.23 m	3 m ²	7.90 kg
12'	2 m	5.3 m	3 m ²	8.01 kg
13	2 m	5.39 m	3 m ²	8.15 kg
13'	2 m	5.48 m	3 m ²	8.29 kg
14	2 m	5.59 m	3 m ²	8.46 kg
14'	2 m	5.71 m	3 m ²	8.63 kg
15	2 m	5.83 m	4 m ²	8.82 kg
15'	2 m	5.96 m	4 m ²	9.02 kg
16	2 m	6.11 m	4 m ²	9.23 kg
16'	2 m	6.25 m	4 m ²	9.45 kg
17	2 m	3.13 m	2 m ²	4.73 kg

➤ **Beban Angin Pada Penggantung**



Gambar 3.4 Luasan pada Penggantung yang terkena Angin.(Ab)

$$T_{EW2} = 0,0006 \times Cw \times (Vw)^2 \times Ab$$

$$T_{EW2} = 0,0006 \times 1,2 \times (35\text{m/s})^2 \times (30\% \times Yn \times b \text{ profil penggantung})$$

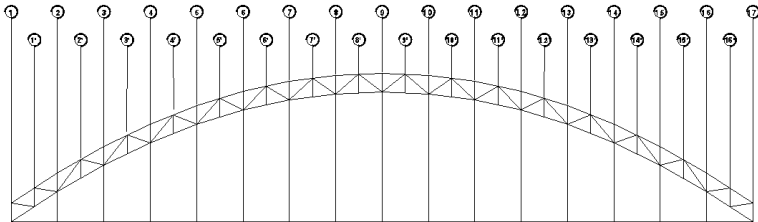
Didapat :

Tabel 3.7 Tabel Nilai T_{EW2}

n = 2

As	L	B	Ab	T_{ew} penggantung
2	3.75	0.4	0.900 m ²	2.27 kg
3	7.00	0.4	1.680 m ²	4.23 kg
4	9.75	0.4	2.340 m ²	5.90 kg
5	12.00	0.4	2.880 m ²	7.26 kg
6	13.75	0.4	3.300 m ²	8.32 kg
7	15.00	0.4	3.600 m ²	9.07 kg
8	15.75	0.4	3.780 m ²	9.53 kg
9	16.00	0.4	3.840 m ²	9.68 kg
10	15.75	0.4	3.780 m ²	9.53 kg
11	15.00	0.4	3.600 m ²	9.07 kg
12	13.75	0.4	3.300 m ²	8.32 kg
13	12.00	0.4	2.880 m ²	7.26 kg
14	9.75	0.4	2.340 m ²	5.90 kg
15	7.00	0.4	1.680 m ²	4.23 kg
16	3.75	0.4	0.900 m ²	2.27 kg

➤ **Beban Angin Pada Kendaraan**



Gambar 3.5 Luasan pada Kendaraan yang terkena Angin.(Ab)

$$T_{EW3} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

$$H_{kendaraan} = 5 \text{ m}$$

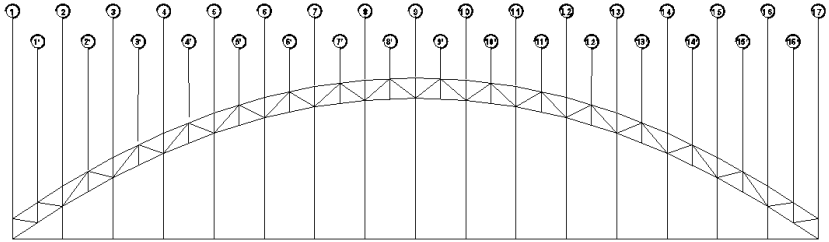
$$L = 5 \text{ m}$$

$$T_{EW3} = 0,0012 \times 1,2 \times (35\text{m/s})^2 \times (30\% \times 5\text{m} \times 5\text{m}) \text{ Didapatkan :}$$

Tabel 3.8 Tabel Nilai T_{EW3}

As	T_{ew} Kendaraan
1	18.90 kg
2	37.80 kg
3	37.80 kg
4	37.80 kg
5	37.80 kg
6	37.80 kg
7	37.80 kg
8	37.80 kg
9	37.80 kg
10	37.80 kg
11	37.80 kg
12	37.80 kg
13	37.80 kg
14	37.80 kg
15	37.80 kg
16	37.80 kg
17	18.90 kg

➤Beban Angin Pada Lantai Kendaraan



Gambar 3.6 Luasan pada Lantai Kendaraan yang terkena Angin.(Ab)

$$T_{EW4} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$$

$$H_{profil} = 0,4 \text{ m}$$

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

$$T_{EW4} = 0,0012 \times 1,2 \times (35\text{m/s})^2 \times (30\% \times 0,4\text{m} \times 5\text{m})$$

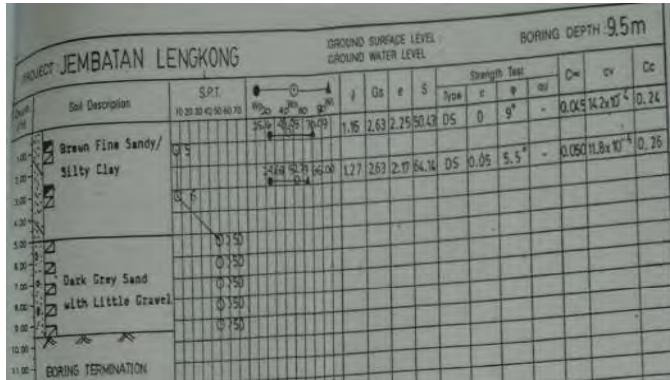
Didapatkan:

Tabel 3.9 Tabel Nilai T_{EW4}

As	T_{ew} Lantai
1	0.76 kg
2	1.51 kg
3	1.51 kg
4	1.51 kg
5	1.51 kg
6	1.51 kg
7	1.51 kg
8	1.51 kg
9	1.51 kg
10	1.51 kg
11	1.51 kg
12	1.51 kg
13	1.51 kg
14	1.51 kg
15	1.51 kg
16	1.51 kg
17	0.76 kg

4. Beban Gempa

Untuk struktur jembatan ini beban gempa direncanakan dengan SNI 1726 : 2012, dengan metode analisa gempa respon spectrum



Gambar 3.7 Data tanah untuk menentukan jenis tanah

Tabel 3.10 Tabel Penentuan Nilai SPT

Lapis	NSPT	Kedalaman (m)	Tebal(m)	N=Tebal/NSPT	Σ N	N= 30/Σ N
0	0	0	0	0	0.593214	50.571945
1	7	2	2	0.285714286		
2	8	3.5	1.5	0.1875		
3	50	5.5	2	0.04		
4	50	6.5	1	0.02		
5	50	7.5	1	0.02		
6	50	8.5	1	0.02		
7	50	9.5	1	0.02		

Tabel 3.11 Tabel Penentuan Kelas Tanah

Tabel 2 - Kelas situs

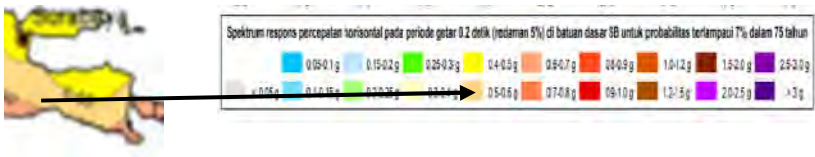
Kelas Situs	\bar{v}_z (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{v}_z \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{v}_z \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{v}_z \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{v}_z \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{v}_z < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

Dari Tabel diatas di dapatkan bahwa tanah merupakan merupakan Tanah padat atau Tanah keras arena :

$$\bar{N} > 50 = \text{Tanah Keras}$$

➤ Mencari Nila S_s dan S_1



Gambar 3.8 Penentuan sesuai daerah gempa (S_s)

Didapatkan nilai $S_s = 0,55$ g

Gambar 3.9 Penentuan S_1 sesuai daerah gempa (S_1)

Didapatkan nilai $S_1 = 0,225g$

➤ Mencari Nilai F_a dan F_v

Tabel 3.12 Tabel Nilai F_a

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_2 \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_2 = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_2 = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_2 = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_2 \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah Sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah Lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan:

PGA adalah percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 1 atau Gambar 4).

S_2 adalah parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0,2$ detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 2 atau Gambar 5).

SS adalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

Diperoleh Nilai Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik
(F_a) = 1,18

Tabel 3.13 Tabel Nilai F_v Tabel 4 - Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)

Kelas situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah Keras (SC)	1,2	1,6	1,3	1,4	1,3
Tanah Sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah Lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan:

S_1 adalah parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 3 atau Gambar 6).

SS adalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

Diperoleh Nilai Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik
 $(F_v) = 1,575$

Kondisi tanah : Tanah Keras

Percepatan batuan dasar pada periode pendek (S_s) : 0,55 g

percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S_1) : 0,225 g

Peta percepatan puncak (PGA) di batuan dasar : 0,275 g

Faktor amplifikasi percepatan pada perioda pendek (F_a): 1,18

Faktor amplifikasi percepatan yang mewakili perioda 1 detik
 $(F_v) : 1,575$

FPGA : 1,125

$$S_{D1} : F_v \times S_1 : 1,575 \times 0,225 = 0,354$$

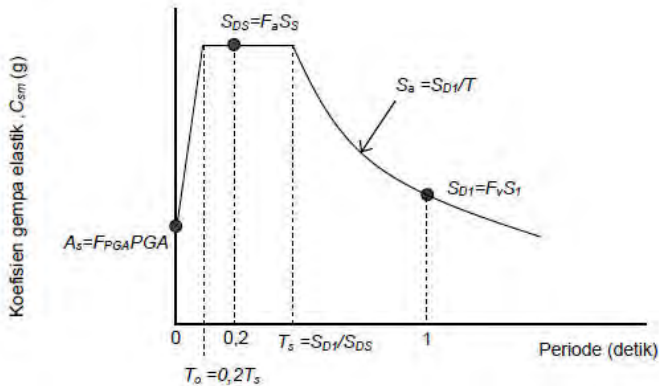
$$S_{DS} : F_a \times S_s : 1,18 \times 0,555 = 0,649$$

$$T_s : S_{D1}/S_{DS} : 0,354/0,649 = 0,546$$

$$T_0 : 0,2 \times T_s : 0,2 \times 0,546 = 0,109$$

$$A_s : F_{PGA} \times PGA : 1,125 \times 0,275 = 0,309$$

Koefisien gempa elastik:

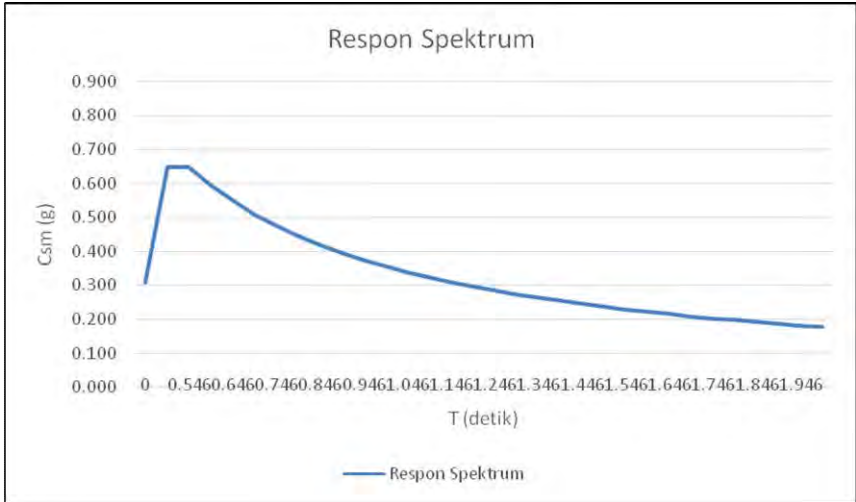


Gambar 3.10 Bentuk tipikal respons spektra di permukaan tanah

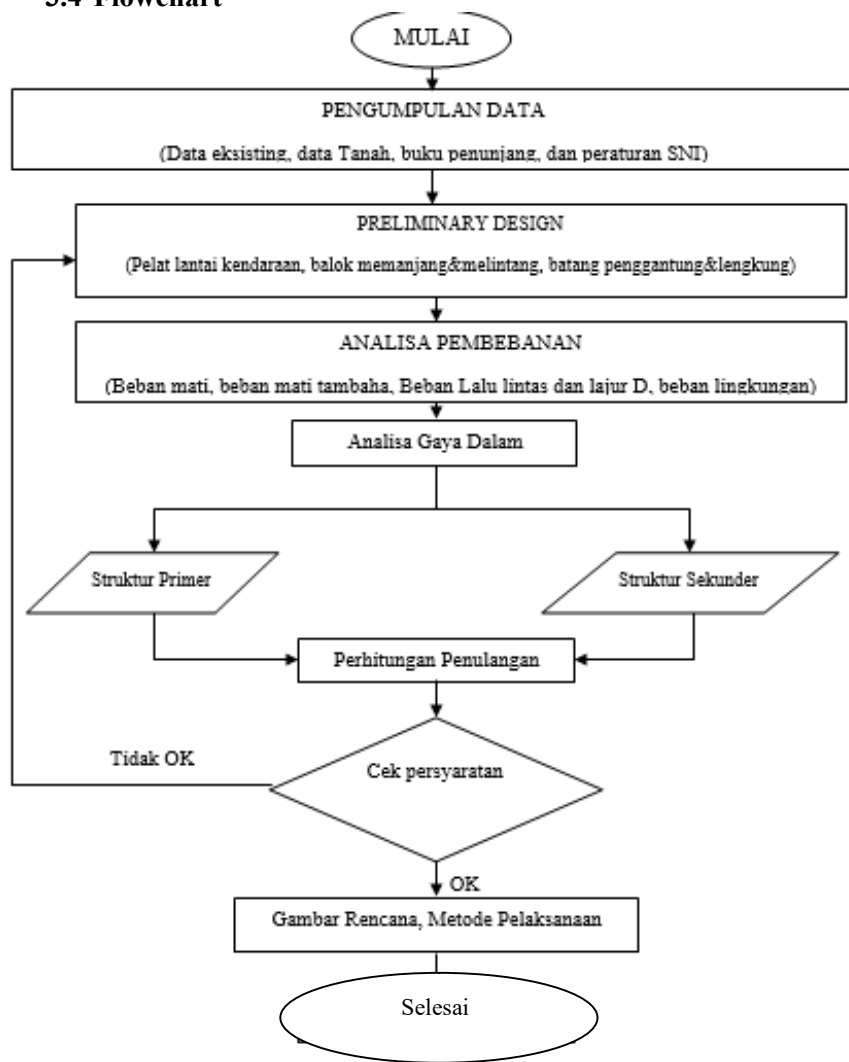
1. $C_{sm} = (S_{DS} - A_s) T/T_0 + A_s$
2. $C_{sm} = S_{DS}$
3. $C_{sm} = S_{D1}/T$

Tabel 3.14 Tabel Nilai Respon Spektrum

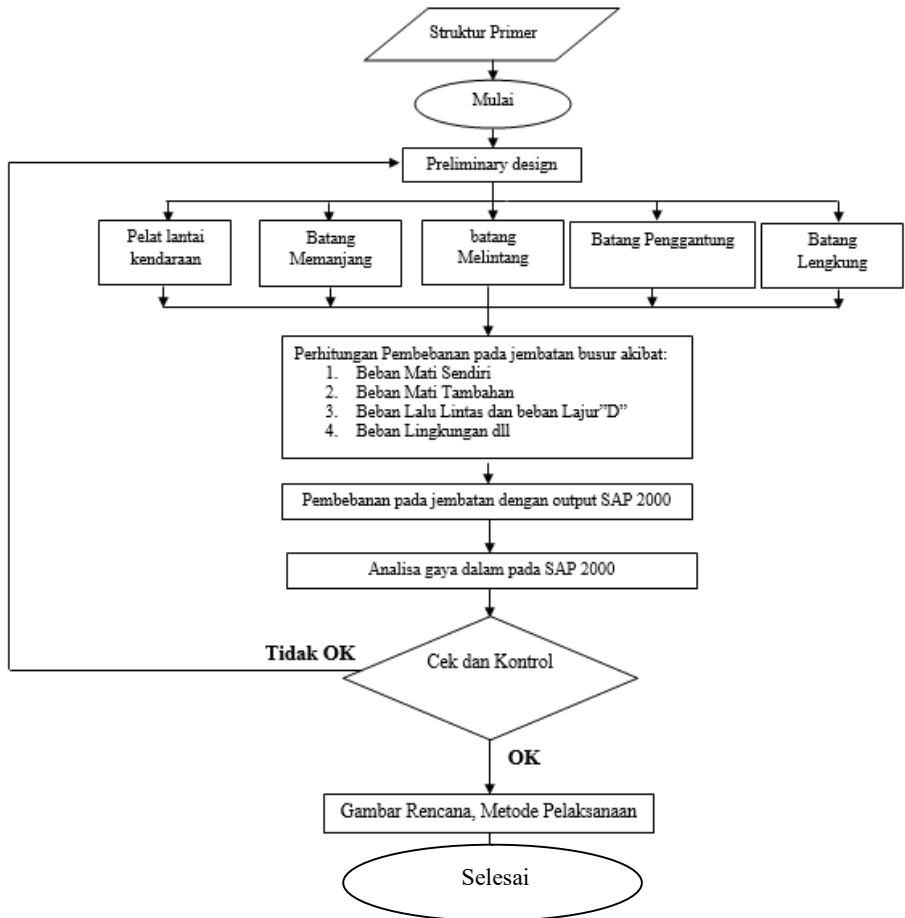
T (detik)	T (detik)	Csm (g)
0	0	0.309
To	0.109	0.649
Ts	0.546	0.649
Ts+0,05	0.596	0.595
Ts+0,05	0.646	0.549
Ts+0,05	0.696	0.509
Ts+0,05	0.746	0.475
Ts+0,05	0.796	0.445
Ts+0,05	0.846	0.419
Ts+0,05	0.896	0.395
Ts+0,05	0.946	0.375
Ts+0,05	0.996	0.356
Ts+0,05	1.046	0.339
Ts+0,05	1.096	0.323
Ts+0,05	1.146	0.309
Ts+0,05	1.196	0.296
Ts+0,05	1.246	0.284
Ts+0,05	1.296	0.273
Ts+0,05	1.346	0.263
Ts+0,05	1.396	0.254
Ts+0,05	1.446	0.245
Ts+0,05	1.496	0.237
Ts+0,05	1.546	0.229
Ts+0,05	1.596	0.222
Ts+0,05	1.646	0.215
Ts+0,05	1.696	0.209
Ts+0,05	1.746	0.203
Ts+0,05	1.796	0.197
Ts+0,05	1.846	0.192
Ts+0,05	1.896	0.187
Ts+0,05	1.946	0.182
Ts+0,05	1.996	0.178



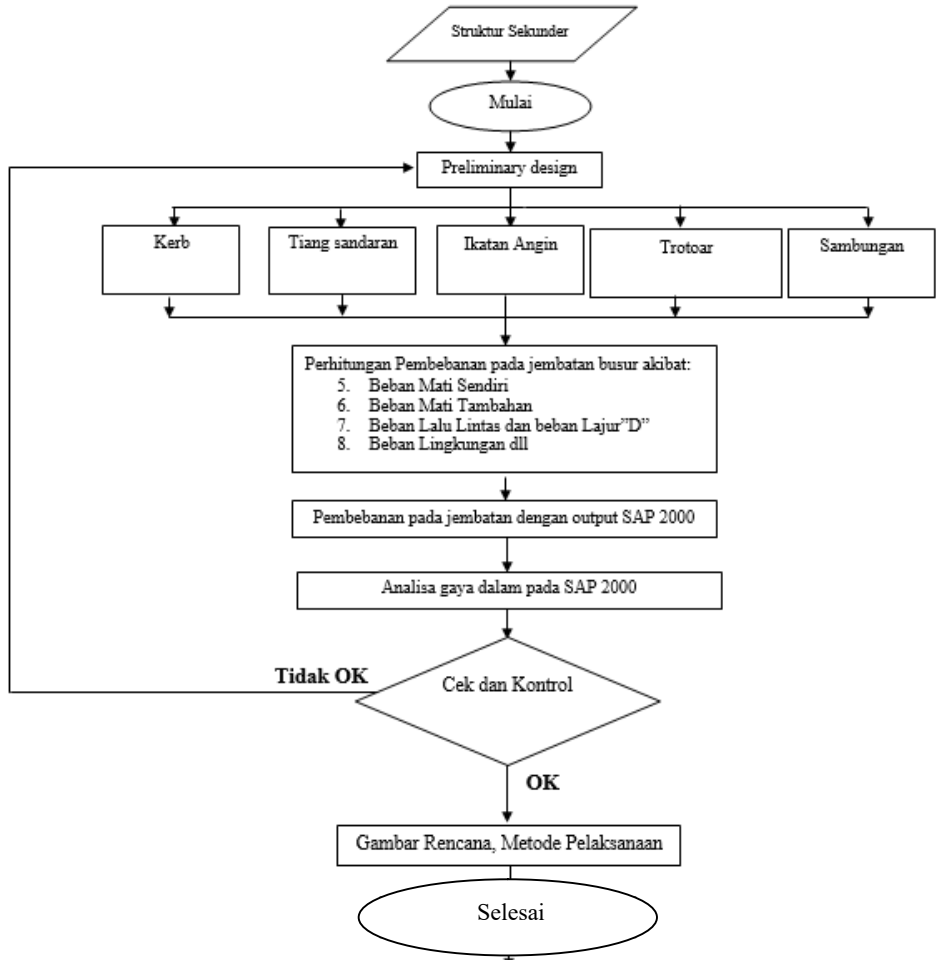
3.4 Flowchart



3.4.1 Flowchart Struktur Primer



3.4.2 Flowchart Struktur Sekunder



“Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

BAB IV

PERHITUNGAN PELAT LANTAI KENDARAAN

4.1. Perencanaan Tebal Pelat Lantai Kendaraan

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

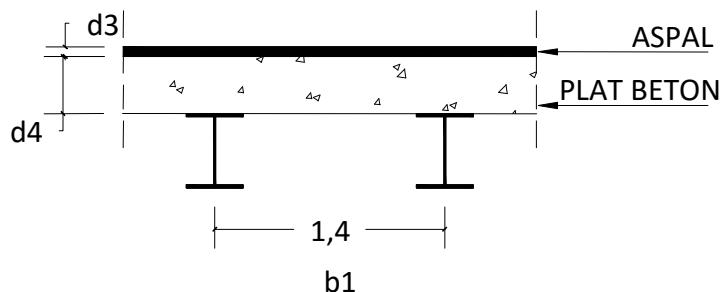
$$\begin{aligned}d &\geq 200 \text{ mm} \\ &\geq 100 + 0,04 (b) \\ &\geq 100 + 0,04 \times 1700 \\ &\geq 168 \text{ mm}\end{aligned}$$

Direncanakan tebal pelat lantai kendaraan 250 mm

dimana :

= tebal plat kendaraan

= jarak antar tumpuan



Gambar 4.1 Pelat Lantai Kendaraan

4.2. Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Pembebanan pada pelat lantai kendaraan merupakan kombinasi antara beban mati dan beban hidup, Rincian pembebanan pada pelat lantai kendaraan :

✚ Beban Mati :

- Berat Sendiri Pelat = $0,25 \times 1 \times 1,4 \times 2,5 = 0,813 \text{ Ton/m}$
- Berat Aspal = $0,05 \times 1 \times 1,4 \times 2,2 = \underline{0,143 \text{ Ton/m}}$
= 0,956 Ton/m +

✚ Beban Hidup :

- Beban terbagi rata (UDL)

Menurut ketentuan SNI T-02-2005 ps, 6,3,1 (2) untuk :

$$L = 80 \text{ m} ; q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{80}\right)$$

$$q = 618,8 \text{ kg/m}$$

Beban yang bekerja :

$$q_L = 618,8 \times 1,4 \times 1,8 = 1559,3 \text{ kg/m} = 1,5593 \text{ T/m}$$

- Beban garis (KEL)

$$P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$$

Faktor beban dinamik yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui persamaan :

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

Dengan,

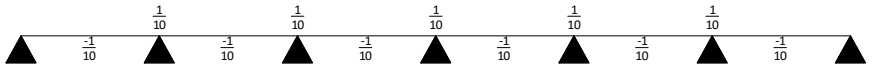
$$DLA = 0,35 ; K_{TD}^U = 1,8$$

Maka,

$$\begin{aligned} P_{\text{kel}} &= (1 + 0.35) \times 4900 \times 1,4 \times 1,8 \\ &= 16669,8 \text{ kg} \\ &= 16,6698 \text{ T} \end{aligned}$$

4.3. Perhitungan Momen Pada Pelat Lantai Kendaraan

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



Gambar 4.2 Perhitungan Momen Balok Menerus

✚ Momen akibat beban mati :

$$\begin{aligned} M_D &= \frac{1}{10} \times q_D \times b^2 \\ &= \frac{1}{10} \times 0,956 \times 1,4^2 = 0,1873 \text{ ton,m} \end{aligned}$$

Dimana :

b = Jarak bersih antar balok memanjang

✚ Momen akibat beban hidup :

$$\text{✚ } M_{L1} = \left(\frac{1}{10} \times q_L \times b1^2 \right) + \left(\frac{1}{4} \times P_{\text{kel}} \times b1 \right)$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{1}{10} \times 1559,25 \times 1,4^2 \right) + \left(\frac{1}{4} \times 16669,8 \times 1,4 \right) \\
 &= 6140,04 \text{ kgm} \\
 &= 6,14004 \text{ Tm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \color{red}{\oplus} \text{ Mu} &= M_D + M_L \\
 &= 0,386 \text{ ton,m} + 6,14004 \text{ ton,m} \\
 &= 6,32732 \text{ ton,m}
 \end{aligned}$$

4.4. Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

Data perencanaan untuk penulangan pelat lantai antara lain:

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

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

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

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

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

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

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

$$= 250 - 40 - \frac{16}{2} = 202 \text{ mm}$$

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

$$= 250 - 40 - 16 - \frac{13}{2} = 187,5 \text{ mm}$$

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

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 30}$$

$$= 15,29$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390}$$

$$= 0,0036 \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12,5,1})$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 10,4,3})$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{390} \left[\frac{600}{600 + 390} \right]$$

$$= 0,0337$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12,3,3})$$

$$= 0,75 \times 0,0337$$

$$= 0,0253$$

$$M_u = 6,327 \text{ ton}\cdot\text{m} = 6,327 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{0,8} = \frac{6,327 \times 10^7}{0,8} \\ &= 7,909 \times 10^7 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{b \times d_x^2} = \frac{67,909 \times 10^7}{1000 \times 202^2} \\ &= 1,94 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,29 \times 1,94}{390}} \right) \\ &= 0,0052 \end{aligned}$$

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

$$0,0036 < 0,0052 < 0,025 \text{ (ok)}$$

Maka dipakai $\rho_{\text{perlu}} = 0,0052$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0052 \times 1000 \times 202 \\ &= 1045 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang tulangan D16-150 (As pasang = 1339,7 mm²)

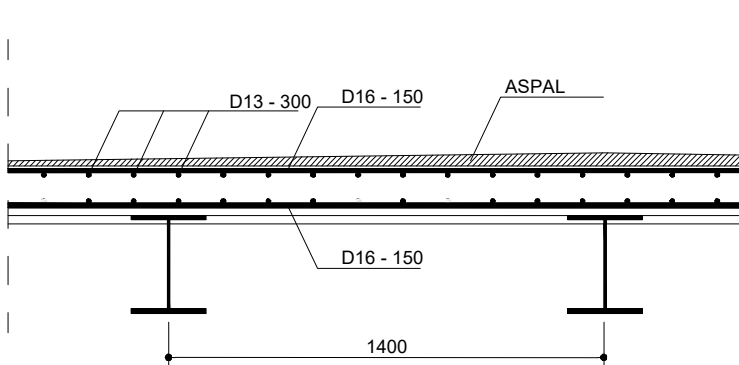
4.4.2. Perhitungan Tulangan Arah Memanjang

Dipasang tulangan susut dengan ketentuan besar rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton untuk struktur yang menggunakan tulangan dengan $f_y = 390$ MPa sebesar 0,002, sehingga didapatkan luas tulangan yang digunakan :

$$A_s = 0,002 \times b \times d$$

$$A_s = 0,002 \times 1000 \times 187,5 = 375 \text{ mm}^2$$

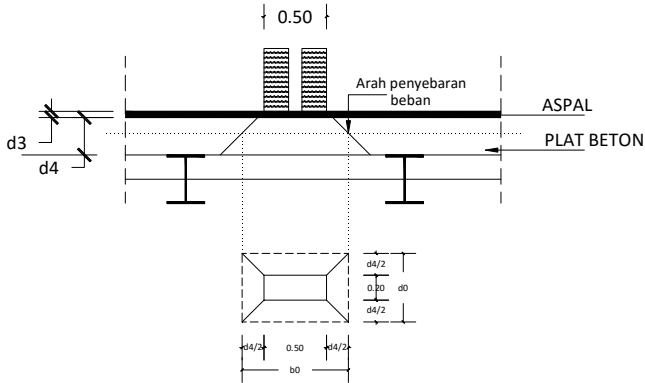
Dipasang tulangan D13-300 (A_s pasang = 442,2 mm²)



Gambar 4.3 Tata Letak Tulangan Plat

4.4.3. Perhitungan Kekuatan Pelat Menahan Geser Pons

Kekuatan geser pelat lantai kendaraan didapat dengan menggunakan rumus :



Gambar 4.4 Bidang Geser Pons

Digunakan rumus :

$$V_n = u \times d \times (f_{cv} + 0.3 f_{pe}) \dots \dots \text{SNI T-12-2004 ps, 5,6-2,}$$

Dimana,

V_n = Kuat geser nominal pelat

u = panjang efektif dari keliling geser kritis, mm

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

$$b_o = 500 + 250 = 750 \text{ mm}$$

$$d_o = 200 + 250 = 450 \text{ mm}$$

$$u = 2 \times (750 + 450) = 2400 \text{ mm}$$

d = jarak serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$$= d4 - \text{decking} - \frac{\phi}{2}$$

$$= 250 - 40 - \frac{16}{2}$$

$$= 202 \text{ mm}$$

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

2004 ps, 5,6-4

β_h = rasio sisi panjang dan sisi pendek beban terpusat

$$= \frac{500}{200} = 2.5$$

$$f_{cv} = \frac{1}{6} \left(1 + \frac{2}{2.5} \right) \times \sqrt{30} \leq 0.34 \times \sqrt{30}$$

= 1,6432 MPa < 1,8623 MPa ..., Memenuhi syarat

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

$$= 0 \text{ MPa}$$

Maka,

$$V_n = 2400 \times 202 \times (1.6432 + 0)$$

$$= 796607,69 \text{ N} = 796,61 \text{ kN}$$

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

Dimana :

ϕ = faktor reduksi kekuatan geser

$$= 0,7 \dots\dots, \text{SNI T-12-2004 ps, 4,5,2,}$$

$$\phi V_n = 0,7 \times 796,61$$

$$= 557,6254 \text{ kN}$$

V_u = gaya geser yang terjadi

$$= 1,8 \times 112,5 \times (1+0,3)$$

$$= 263,25 \text{ kN}$$

$$= 263,25 \text{ kN} < \phi V_n = 557,6254 \text{ kN}\dots, \text{Pelat}$$

mampu menahan gaya geser terjadi,\

4.5 Perhitungan Penulangan Kerb

➤ Data Perencanaan:

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$f_c' = 30 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$t = 160 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{lentur}} = 0,8$$

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

$$h = 160 \text{ mm}$$

$$d' = 20 \text{ mm}$$

$$K_u \text{TP} = 1,8$$

$$\text{Diameter tulangan} \rightarrow D = 12 \text{ mm (Tulangan lentur)}$$

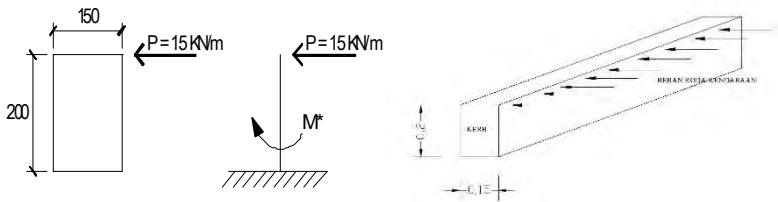
$$\rightarrow \emptyset = 8 \text{ mm (Tulangan Pembagi)}$$

$$dx = t_p - d' - 1/2 D$$

$$= 1600 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 1/2 \cdot 12 \text{ mm} = 134 \text{ mm}$$

$$dx = t_p - d' - 1/2 D$$

$$= 1600 \text{ mm} - 20 \text{ mm} - 1/2 \cdot 12 \text{ mm} = 134 \text{ mm}$$



Gambar 4.5 Gaya yang bekerja pada kerb

$$\begin{aligned}
 \text{Mu} &= P \times b \times t \times K_u \text{TP} \\
 &= 15 \text{ kN/m} \times 0,7\text{m} \times 0,16\text{m} \times 1,8 \\
 &= 3,02 \text{ kN,m} = 3024000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Tulangan:

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{390}{0,85 \times 30} \\
 &= 15,29
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,0036 \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12,5,1})
 \end{aligned}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times f'_c \times \beta_1}{f_y} \left[\frac{600}{600 + f_y} \right] \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 10,4,3})$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times 30 \times 0,85}{390} \left[\frac{600}{600 + 390} \right] \\
 &= 0,0337
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \quad (\text{SNI-03-2847-2002 ps 12,3,3}) \\
 &= 0,75 \times 0,0337
 \end{aligned}$$

$$= 0,0253$$

$$M_u = 3024000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{0.8} = \frac{3024000}{0.8}$$

$$= 3780000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d_x^2} = \frac{3780000}{700 \times 134^2}$$

$$= 0,30 \text{ Mpa}$$

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

$$= \frac{1}{15.29} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.29 \times 0.30}{390}} \right)$$

$$= 0,0008$$

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

$$0,0036 < 0,0008 < 0,025 \text{ (ok)}$$

Maka dipakai $\rho_{\min} = 0,0036$

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0036 \times 700 \times 134$$

$$= 337 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D12-200 ($A_s \text{ pasang} = 396 \text{ mm}^2$)

Dipasang tulangan susut dengan ketentuan besar rasio luas tulangan terhadap luas penampang beton untuk struktur yang

menggunakan tulangan dengan $f_y = 390$ MPa sebesar 0,002, sehingga didapatkan luas tulangan yang digunakan :

$$A_s = 0,002 \times b \times d$$

$$A_s = 0,002 \times 700 \times 124 = 173,6 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan D8-200 (A_s pasang = $175,8 \text{ mm}^2$)

„Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

BAB V

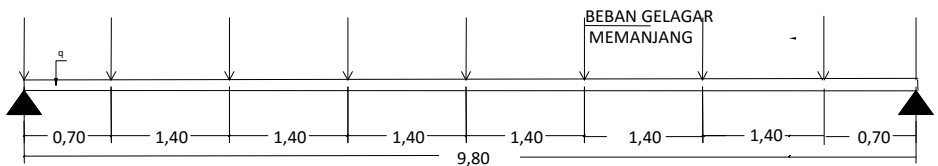
PERENCANAAN GELAGAR JEMBATAN

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

- Tegangan leleh $\rightarrow f_y = 410 \text{ MPa}$
- Tegangan ultimate $\rightarrow f_u = 550 \text{ MPa}$
- Modulus Elastisitas $E = 2,0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
- Jarak gelagar memanjang = 1,4 m
- Jarak gelagar melintang = 5 m

5.1 Perencanaan Gelagar Memanjang

Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF dengan dimensi 400 x 200 x 8 x 13, dan dibawah ini merupakan gambar perencanaan jarak gelagar memanjang :



Gambar 5.1 Perencanaan Jarak Gelagar Memanjang

- Data – data profil WF 400 x 200 x 8 x 13 :
- g = 66 kg/m ; I_x = 23700 cm⁴
- A = 84,12 cm² ; I_y = 1740 cm⁴
- i_x = 16,8 cm ; Z_x = 1286 cm³
- i_y = 4,54 cm ; Z_y = 266 cm³
- d = 400 mm ; t_f = 13 mm
- b = 200 mm ; t_w = 8 mm

5.1.1 Pembebanan

a. Beban Mati

Sebelum komposit

- Berat pelat beton

$$= 0,25 \times 1,4 \times 2400 \times 1,3 = 1137,5 \text{ kg/m}$$

- Berat bekisting

$$= 50 \times 1,4 = 70 \text{ kg/m}$$

- Berat sendiri balok

$$= 66 \times 1,1 = \underline{72,6 \text{ kg/m}}$$

$$Q_d(u) = 1280,1 \text{ kg/m}$$

- Q_d (u) = 1280,1, kg /m

- M_D = $\frac{1}{8} \times Q_d(u) \times L^2$

$$= \frac{1}{8} \times 1280,1 \times 5^2 = 4000,3125 \text{ Kgm}$$

Setelah komposit

- berat aspal

$$= 0,05 \times 1,4 \times 2200 \times 1,3 = 200,2 \text{ kg/m}$$

$$M_{D2} = \frac{1}{8} \times Q_D(u) \times L^2$$

$$= \frac{1}{8} \times 200,2 \times 5^2 = 625,625 \text{ kg,m}$$

b. Beban Hidup

- Beban terbagi rata (UDL)

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

$$L = 80 \text{ m} ; q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{80}\right)$$

$$q = 618,8 \text{ kg/m}$$

Beban yang bekerja :

$$q_L = 618,8 \times 1,4 \times 1,8 = 1559,3 \text{ kg/m}$$

- Beban garis (KEL)

$$P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$$

Faktor beban dinamik yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui persamaan :

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

Dengan,

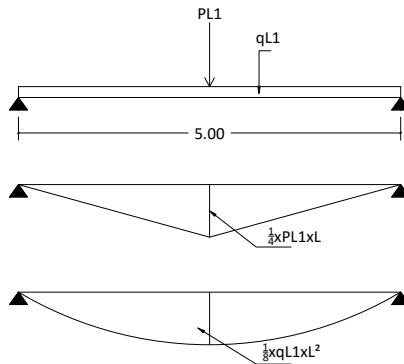
$$DLA = 0,35 ; K_{TD}^U = 1,8$$

Maka,

$$P_{kel} = (1 + 0.35) \times 4900 \times 1,4 \times 1,8$$

$$= 16669,8 \text{ kg}$$

Berikut merupakan gambar momen akibat pembebanan UDL dan KEL :



Gambar 5.2 Pembebanan Akibat Beban UDL dan KEL

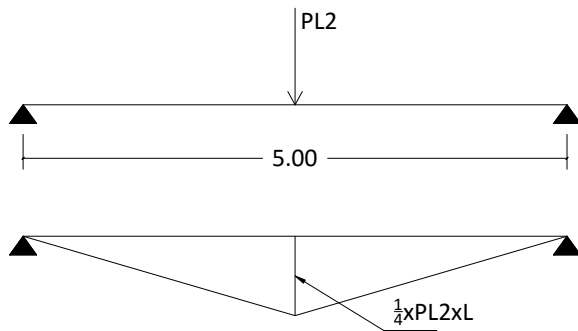
$$M_{L1} = \left(\frac{1}{8} \times q_L \times L^2 \right) + \left(\frac{1}{4} \times P_1 \times L \right)$$

$$= \left(\frac{1}{8} \times 1559,3 \times 5^2 \right) + \left(\frac{1}{4} \times 16669,8 \times 5 \right)$$

$$= 25709,90625 \text{ kgm}$$

c. Momen akibat beban truk "T"

Menurut SNI T-02-2005, besar beban truk "T" adalah sebesar 112,5 kN, Berikut merupakan gambar momen akibat pembebanan beban truk :



Gambar 5.3 Pembebanan Akibat Beban Truk

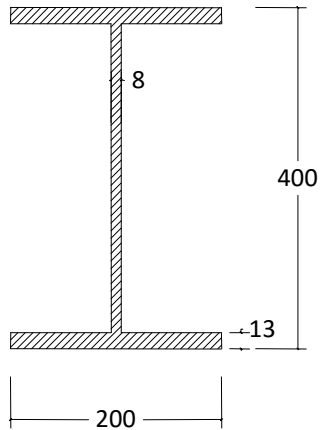
$$\begin{aligned}
 ML_2 &= T (1 + 0,3) \times \frac{1}{4} \times L \times K_{TT}^U \\
 &= 112,5 \times (1 + 0,3) \times \frac{1}{4} \times 5 \times 1,8 \\
 &= 329,0625 \text{ kN,m} = 32906,25 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

Karena $M_{L1} < M_{L2}$, maka dipakai momen akibat beban Truck "T" yaitu $M_{L2} = 32906,25 \text{ Kgm}$

$$\begin{aligned}
 MT_u &= MD_u + ML_2 \\
 &= 4000,3125 + 32906,25 \\
 &= 36906,5626 \text{ Kgm}
 \end{aligned}$$

5.1.2 Kontrol kekuatan lentur

5.1.2.1 Kontrol penampang



Gambar 5.4 Penampang Gelagar Memanjang

a. Badan :

$$\begin{aligned}
 h &= d - 2(t_f + r) \\
 &= 400 - 2(13 + 16) = 342 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \text{ ,,,,, (LRFD Psl, 7,6,4 tabel 7,5,1)}$$

$$\frac{342}{8} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$$42,75 \leq 82,969 \rightarrow \text{OK}$$

b. Sayap :

$$\frac{b}{2t_f} \leq \frac{500}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{200}{2 \times 13} \leq \frac{500}{\sqrt{410}}$$

$$7,6923 \leq 24,693 \rightarrow \text{OK}$$

Penampang kompak : $M_{nx} = M_{px}$

5.1.2.2 Kontrol tekuk lateral

Dipasang stiffner sejarak 120 cm sebagai pengaku arah lateral,

- $L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$,,,,, (LRFD Psl, 8,3,3 tabel 8,3,2)

$$= 1,76 \times 4,54 \times \sqrt{\frac{200000}{410}}$$

$$= 176,48 \text{ cm}$$

- $L_B = 150 \text{ cm} \Rightarrow L_p > L_B$ (Bentang Pendek)

- $M_{nx} = M_{px}$

$$M_p = Z_x \times f_y = 1285,95 \times 4100 = 5272403,2 \text{ Kg,cm}$$

- $\phi \cdot M_n \geq M_u$

$$0,9 \times 5272403,2 \text{ kg,cm} \geq 37532,1875 \text{ Kg,m}$$

$$47451,629 \text{ Kg,cm} \geq 36906,5626 \text{ Kg,m},,,,,,,,,, \text{OK}$$

5.1.3 Menentukan Lebar Efektif Pelat Beton

Menurut RSNI-03-2005 lebar efektif pelat beton diambil nilai terkecil dari :

- Jarak Antar Gelagar
- 1/5 Panjang Bentang Gelagar

sehingga, lebar efektif beton dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

- $be_1 \leq S$
 $\leq 140 \text{ cm}$
- $be_2 \leq 1/5 L$
 $\leq 980 / 5 = 196 \text{ cm}$

dimana :

S = jarak antar gelagar memanjang

L = lebar jembatan

untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil yaitu 140 cm

- Cek kriteria penampang

$$h = d - 2(tf + r)$$

$$450 - 2 \times (16 + 13) = 342 \text{ mm}$$

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{f'_y}}$$

$$\frac{342}{8} \leq \frac{1680}{\sqrt{410}}$$

$$42,75 \leq 82,97 \text{ ,,,,,,, penampang kompak}$$

Menentukan letak garis netral

- Luas beton :

$$A_c = b_{\text{eff}} \times t_b = 149 \times 20 = 2800 \text{ cm}^2$$

- Luas baja :

$$A_s = 84,12 \text{ cm}^2$$

$$C_1 = A_s \times f_y = 84,12 \times 4100 = 344892 \text{ kg}$$

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

$$= 0,85 \times 300 \times 2800 = 714000 \text{ kg}$$

Nilai C dipilih yang terkecil yaitu $C_1 = 344892 \text{ kg}$, maka dapat disimpulkan letak garis netral berada pada pelat beton

- Menentukan jarak-jarak dari centroid gaya yang bekerja

$$a = \frac{C}{0,85 \times f'_c \times b_{\text{eff}}}$$

$$a = \frac{344892}{0,85 \times 20 \times 140} = 96,6084 \text{ cm}$$

$$d1 = t_b - \frac{a}{2} = 20 - \frac{96,6084}{2} = 15,169 \text{ cm}$$

$d2 = 0$,, karena tidak mengalami tekan

$$d3 = \frac{D}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}$$

- Perhitungan momen

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

$$P_y = A_s \times f_y$$

$$= 84,12 \times 4100 = 344892 \text{ kg}$$

$$M_n = 344892 \times (15,2 + 0) + 344892 \times (20 - 0)$$

$$= 12129707 \text{ kg,cm}$$

$$M_u = \phi \times M_n$$

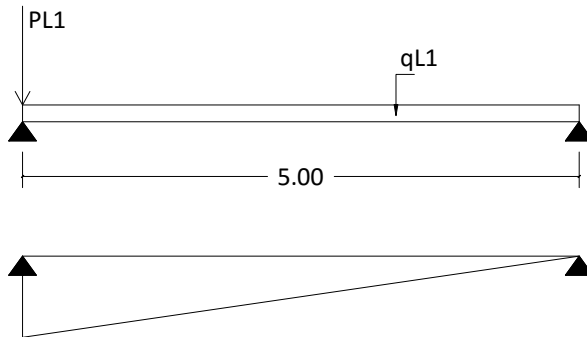
$$= 0,85 \times 12129707 = 10916736 \text{ kg,cm}$$

$$M_{T_u} < \phi M_n$$

$$36906,5626 \text{ Kg,m} < 109167,36 \text{ kg,m} \quad (\text{Ok})$$

5.1.4 Kontrol geser

Gaya geser maksimum terjadi apabila beban hidup berada dekat dengan perletakan, dan gambar garis pengaruh yang terjadi seperti gambar di bawah ini :



Gambar 5.5 Gaya Geser Akibat Beban Hidup

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

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad V_{a \max} &= (P_1 \times k_{Td}^U \times l) + \left(qL_1 \times 1.8 \times \frac{1}{2} \times \lambda \right) \\
 &= (166,70 \times 1) + \left(15,59 \times \frac{1}{2} \times 5 \right) \\
 &= 205,679 \text{ kN} \\
 &= 20567,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Untuk beban T menentukan :

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad V_{a \max} &= T \times (1 + 0,3) \times l \times 1,8 \\
 &= 112,5 \times (1 + 0,3) \times 1 \times 1,8 \\
 &= 263,25 \text{ kN} \\
 &= 26325 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Jadi V_a yang digunakan adalah V_a akibat beban truk sebesar 26325 kg,

$$\bullet \quad \frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \text{ ,,,,,, (LRFD Psl, 8,8,2-a)}$$

$$\frac{3642}{8} \leq \frac{1100}{\sqrt{410}}$$

$$42,75 \leq 54,325 \text{ ,,,,,, OK}$$

$$\bullet \quad V_u \leq \phi \times V_n \text{ ,,,,,, (LRFD Psl, 8,8,3-a)}$$

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

Dimana,

$$A_w = d \times tb$$

Sehingga :

$$26325 \text{ Kg} \leq 0,6 \times 4100 \times 34,2 \times 0,8$$

$$26325 \text{ Kg} \leq 67305,6 \text{ Kg} \text{ ,,,,, OK}$$

5.1.5 Kontrol Lendutan

Persyaratan untuk balok :

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{800} = \frac{500}{800} = 0,63 \text{ cm}$$

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

$$\text{Lebar efektif setelah komposit} = \frac{b_E}{n} = \frac{140}{7,77} = 18,02 \text{ cm}$$

Tabel 5.1 Perhitungan modulus elastisitas penampang komposit :

Komponen	A	y	A x y	I _o	d	I _o + A _i d ²
	cm ²	cm	cm ²	cm ⁴	cm	cm ⁴
Pelat Beton	451	12,5	5631	15299,48	1,7	24817,7
WF	84,12	1,48	125	23700	34,2	122284
Σ	534,6		5755,9			147102

$$\bar{y} = \frac{\Sigma A \times y}{\Sigma A} = \frac{5756}{535} = 10,766 \text{ cm}$$

$$I_{tr} = 147101,89 \text{ cm}^4$$

Lendutan akibat beban hidup (UDL + KEL) :

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{5q_{BTR}L}{384 \times E \times I_{tr}} + \frac{P_{BTG}L^3}{48 \times E \times I_{tr}} \\ &= \frac{5 \times 8,6 \times 500^4}{384 \times 2000000 \times 147102} + \frac{9261 \times 500^3}{48 \times 2000000 \times 147101,9} \\ &= 0,106 \text{ cm} < \delta_{ijin} \end{aligned}$$

Lendutan akibat beban Truk :

$$\delta = \frac{P_{truk} \times L}{48 \times E \times I_{tr}} = \frac{11250 \times 500^3}{48 \times 2000000 \times 147101,9}$$

lendutan akibat beban Truk = 0,10 cm ,,, < δ_{ijin}

5.1.6 Shear Connector balok memanjang

➤ Data-data

Tebal slab	hc	= 25 cm
Jarak	S=bo	= 140 cm
Panjang bentang	L	= 5 m

➤ Data Material

a. Beton

Kuat tekan beton	$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
Modulus Elastisitas (E_c)	$= 4700\sqrt{f_c'} = 25742,96 \text{ Mpa}$
Berat Beton bertulang	$W_c = 25 \text{ kN/m}^3$

b. Baja Tulangan

Tegangan leleh baja	$f_y = 390 \text{ Mpa}$
Diameter tulangan	$\emptyset = 13 \text{ mm}$

➤ **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:

$$(A_s \cdot f_y)_c = (4+4) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \cdot (360 \text{ Mpa})$$

$$= 413915 \text{ N}$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b_e \cdot h_c = 0,85(30\text{Mpa}) \cdot (1000\text{mm}) \cdot (250\text{mm})$$

$$= 6375000 \text{ N}$$

$$C = 413915 \text{ N} + 6375000 \text{ N} = 6788915 \text{ N}$$

➤ Kekuatan tarikan pada gelagar, (T)

$$T = A_s \cdot F_y$$

$$= (84,12 \times 100\text{mm}^2) \cdot (410 \text{ Mpa})$$

$$= 3448920 \text{ N} < C$$

➤ Kedalaman daerah tekan pada lantai,

$$\alpha = \frac{T - (A_s \cdot f_y)_c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

$$= \frac{3448920 \text{ N} - 413915 \text{ N}}{0,85 \cdot 30\text{Mpa} \cdot 3 \times 1000 \text{ mm}}$$

$$= 39,67 \text{ mm} < 250 \text{ mm}$$

➤ Garis netral plastis berada pada lantai beton, perhitungan diulangi, tulangan yang mengalami tekan hanya bagian atas sebanyak 4 tulangan

$$(A_s \cdot f_y)_c = (4) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13\text{mm})^2 \cdot (390 \text{ Mpa})$$

$$= 206957 \text{ N}$$

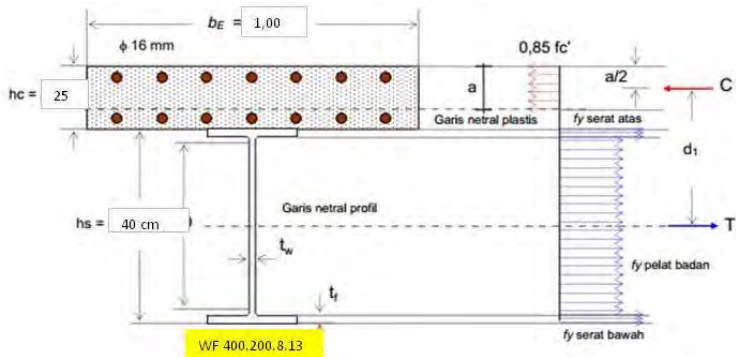
$$C = 6375000 \text{ N} + 206957 \text{ N}$$

$$= 6581957 \text{ N} > T$$

$$\alpha = \frac{T - (A_s \cdot f_y)_c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_e}$$

$$= \frac{3448920 \text{ N} - 206957 \text{ N}}{0,85 \cdot 35\text{Mpa} \cdot 3 \times 1000 \text{ mm}}$$

$$= 42,38 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$



Gambar 5.7 Diagram tegangan plastis

$$d_1 = \frac{h_s}{2} + hc - \frac{a}{2} = \frac{342\text{mm}}{2} + 250\text{mm} - \frac{42,38\text{mm}}{2}$$

$$= 399,81 \text{ mm}$$

➤ Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur nominal

$$M_s = T \times d_1$$

$$= 3448920 \times 399,81 \text{ mm}$$

$$= 1378915126,207 \text{ Nmm}$$

Kuat Lentur rencana

$$M_u = \phi \times M_s$$

$$= 0,9 \times 1378915126,207 \text{ Nmm}$$

$$= 1241023613,6 \text{ Nmm}$$

➤ Penghubung Geser (Shear connector)

Berdasarkan RSNI T-03-2005

Gaya geser longitudinal dalam keadaan batas (ultimit),

$$V_L = T = 3448920 \text{ N}$$

Gaya Geser rencana,

$$V_{LS} = \frac{VL}{\phi} = \frac{3448920 \text{ N}}{0,75} = 4598560 \text{ N}$$

Syarat-syarat,

Diameter maksimum,

$$1,5 t_f = 1,5 \times (13 \text{ mm}) = 19,5 \text{ mm} = 1,95 \text{ cm}$$

Dipakai konektor 13 x 75 (lihat lampiran)

$$D = 13 \text{ mm} < 21 \text{ mm} \rightarrow (\text{OK})$$

$$L = 75 \text{ mm}$$

Jarak antara konektor stud,

1. $600 \text{ mm} = 60 \text{ cm}$, atau
2. $2 \times h_c = 2 \times (250 \text{ mm}) = 500 \text{ mm} = 50 \text{ cm}$
3. $4 \times L = 4 \times (75 \text{ mm}) = 300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$



Gambar 5.8 Stud Konektor

Mutu Baja konektor, BJ-55

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

Kekuatan geser satu konektor stud,

$$\begin{aligned} V_{su} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot f_u \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13 \text{ mm})^2 \cdot (550 \text{ Mpa}) \\ &= 72965,75 \text{ N} \end{aligned}$$

Jumlah konektor stud

$$n = \frac{V_{Ls}}{0,55 \cdot V_{Su}} = \frac{4598560 \text{ N}}{0,55 \cdot 72965,75 \text{ N}}$$

= 79 buah (untuk 2 baris)

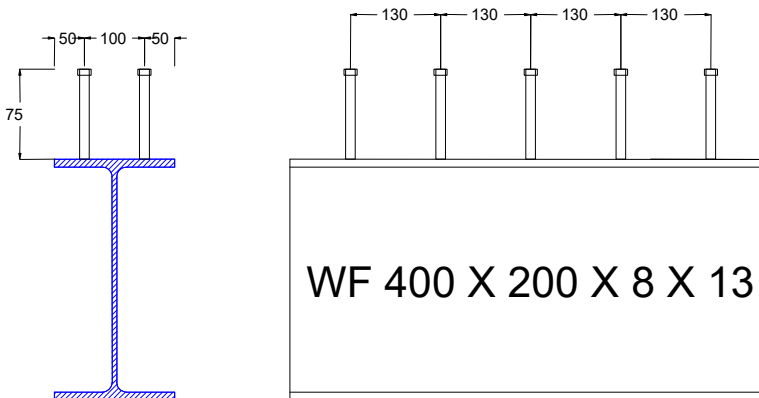
= 39 buah (untuk 1 baris)

Rencanakan 1 baris konektor stud 39 buah sepanjang bentang gelagar 5 meter,

Jarak terjauh antara konektor

= $(500\text{cm}) / (39\text{buah}) = 13 \text{ cm} < 30 \text{ cm}$

Sehingga dipasang dengan jarak $13 \text{ cm} = 130 \text{ mm}$

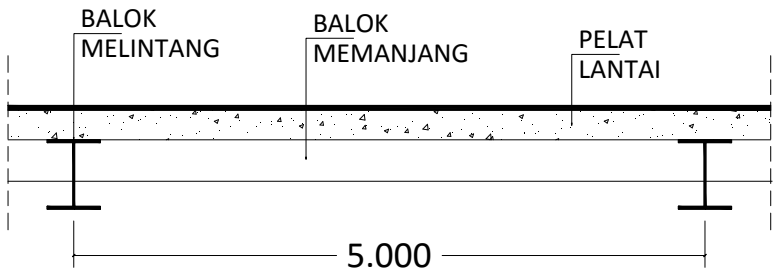


Gambar 5.9 Pemasangan Shear Connector

Dipasang shear connector pada gelagar memanjang dengan jarak 130 mm.

5.2 Perencanaan Gelagar Melintang

Untuk perencanaan awal gelagar melintang dipilih profil WF dengan dimensi : 900 x 300 x 18 x 34, dan dibawah ini adalah gambar perencanaan jarak gelagar melintang :



Gambar 5.10 Perencanaan Jarak Gelagar Melintang

- Data – data profil WF 900 x 400 x 18 x 34 :

g	$= 286 \text{ kg/m}$;	I_x	$= 498000 \text{ cm}^4$
A	$= 364 \text{ cm}^2$;	I_y	$= 15700 \text{ cm}^4$
i_x	$= 37 \text{ cm}$;	Z_x	$= 10900 \text{ cm}^3$
i_y	$= 6,56 \text{ cm}$;	Z_y	$= 1040 \text{ cm}^3$
d	$= 900 \text{ mm}$;	t_f	$= 34 \text{ mm}$
b	$= 400 \text{ mm}$;	t_w	$= 18 \text{ mm}$
S_x	$= 10867 \text{ cm}^3$			

5.2.1 Pembebanan

a. Beban Mati

- Berat gelagar memanjang

$$= [(76 \times 5) / 1,4] \times 1,1 = 278,667 \text{ kg/m}$$

- Berat gelagar melintang

$$= 286 \times 1,1 = 314,6 \text{ kg/m}$$

- Berat pelat beton

$$= 0,25 \times 2500 \times 5 \times 1,3 = 4062,5 \text{ kg/m}$$

- Berat bekisting

$$= 50 \times 5 \times 1,4 = \underline{350,000 \text{ kg/m}}$$

$$q_D = 5005,77 \text{ kg/m}$$

- $M_Q = \frac{1}{8} \times q_D \times B^2$

$$= \frac{1}{8} \times 5005,77 \times 9,8^2$$

$$= 60094,229 \text{ Kg,m}$$

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 :

$$L = 80 \text{ m} ; q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{80}\right)$$

$$q = 618,8 \text{ kg/m}$$

Beban yang bekerja :

$$q_{UDL} = 618,8 \times 5 \times 1,8 = 5568,75 \text{ Kg/m}$$

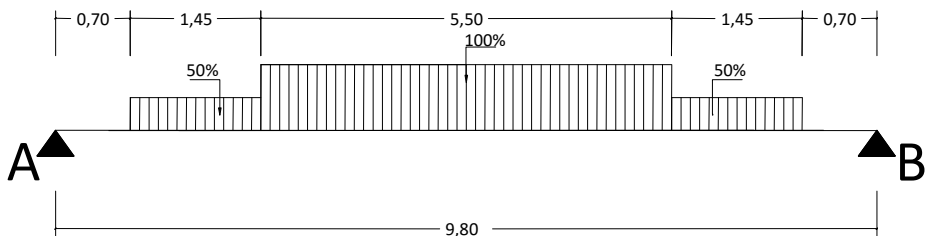
- Beban garis (KEL)

Beban $P=49\text{kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$ dengan faktor $DLA = 0,35$

Maka beban KEL yang bekerja adalah :

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

$$= (1 + 0,35) \times 4900 \times 1,8 = 11907 \text{ kg/m}$$



Gambar 5.11 Pembebanan Akibat Beban UDL & KEL

$$\begin{aligned}
 M_{L1} &= \left(\frac{1}{8} \times q_{UDL} \times L^2 \right) + \left(\frac{1}{4} \times P_{KEL} \times L \right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 5568,75 \times 9,8^2 \right) + \left(\frac{1}{4} \times 11907 \times 9,8 \right) \\
 &= 96024,994 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

c. Beban truk "T"



Gambar 5.12 Pembebanan Akibat Beban Truck

- $$\begin{aligned}
 T_u &= (1 + 0,35) \times 112,5 \times 1,8 \\
 &= 273,375 \text{ kN} = 27337,5 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{L2} &= T_u \times \frac{1}{4} \times L \\
 &= 27337,5 \times 0,25 \times 5 \\
 &= 66976,875 \text{ Kg,m}
 \end{aligned}$$

Karena $M_{L1} > M_{L2}$, maka dipakai momen akibat beban UDL & KEL yaitu $M_{L1} = 32906,25 \text{ Kg,m}$

$$M_{Tu} = M_{Du} + M_{L2}$$

$$= 60094,229 + 96024,994$$

$$= 156119 \text{ Kg,m}$$

5.2.2 Analisa kapasitas penampang balok melintang

Analisa kapasitas penampang untuk mengetahui kuat lentur, geser dan lendutan,

a. Kontrol kapasitas lentur

➤ Tekuk lokal :

- Sayap : (RSNI T-03-2005 ps.7.4.2)

$$\lambda = \frac{bf}{2tf} = \frac{300}{2 \times 34} = 4,412$$

$$\lambda_p = \frac{500}{\sqrt{fy}} = \frac{500}{\sqrt{410}} = 24,693$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

- Badan : (RSNI T-03-2005 ps.7.7.1)

$$\lambda = \frac{h}{tw} = \frac{776}{18} = 43,11 \quad \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\lambda \leq \lambda_p \rightarrow \text{Penampang kompak}$$

Karena $\lambda < \lambda_p$ (penampang kompak) maka kuat lentur nominal penampang adalah $M_n = M_p = Z_x f_y$

$$M_p = M_n = Z_x \times f_y = 10900000 \text{ mm}^3 \times 410 \text{ N/mm}^2$$

$$= 4469000000 \text{ Nmm} = 446900 \text{ kgm}$$

$$= 4469 \text{ KNm}$$

➤ Tekuk lateral : (RSNI T-03-2005: tabel 8)

$$L = 9800 \text{ mm}$$

$$f_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$f_L = f_y - f_r = 410 \text{ Mpa} - 70 \text{ Mpa} = 340 \text{ Mpa}$$

$$J = \frac{1}{3} \times (2 \times b \times t_f^3 + d \times t_w^3) = 9610400 \text{ mm}^4$$

$$I_w = I_y \frac{(d - t_f)^2}{4} = 1.57 \times 10^8 \frac{(900 - 34)^2}{4}$$

$$= 29435773000000$$

$$G = 80000 \text{ Mpa} \quad (\text{RSNI T-03-2005 Pasal 4,1,1})$$

$$X_1 = \frac{\pi}{5x} \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}} \quad (\text{RSNI T-03-2005 Tabel 8})$$

$$= \frac{\pi}{10867000} \sqrt{\frac{200.000. 80000 . 9610400 . 36400}{2}}$$

$$= 15286,20643 \text{ Mpa}$$

$$X_2 = 4 \left(\frac{5x}{G \cdot J} \right)^{2/3} \frac{I_w}{I_y} \quad (\text{RSNI T-03-2005 tabel 8})$$

$$= 0,0001498 \text{ mm}^4/\text{N}^2$$

$$L_p = 1,76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= 1,76 \times 65,6 \sqrt{\frac{2 \times 10^6}{4100}} = 2549,996 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 L_R &= i_y \left(\frac{x_1}{f_L} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + x_2 f_L^2}} \\
 &= 65,6 \left(\frac{15286,21}{340} \right) \sqrt{1 + \sqrt{1 + 0,0001498 \cdot (340)^2}} \\
 &= 5972,61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$L_r < L$: termasuk dalam bentang panjang, Maka kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur harus memenuhi persamaan berikut ini :

$$M_n = M_{cr} \leq M_p$$

$$M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{EI_y GJ + \left(\frac{\pi E}{L} \right)^2 I_y I_w}$$

$$M_{max} = 1561,2 \text{ kNm}$$

$$M_a = 0,25 \times 1561,2 \text{ kNm} = 390,30 \text{ kNm}$$

$$M_b = 0,5 \times 1561,2 \text{ kNm} = 780,596 \text{ kNm}$$

$$M_c = 0,75 \times 1561,29 \text{ kNm} = 1170,894 \text{ kNm}$$

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c}$$

$$= \frac{12,5 \cdot (1561,2)}{2,5(1561,2) + 3(390,30) + 4(780,596) + 3(1170,894)}$$

$$= 1,67$$

$$M_n = C_b \frac{\pi}{L} \sqrt{E I_y G J + \left(\frac{\pi E}{L}\right)^2 I_y I_w} \leq M_p$$

$$= 1,67 + \frac{\pi}{9800} \sqrt{2 \times 10^5 \cdot 1,57 \times 10^8 \cdot 8 \times 10^4} +$$

$$\sqrt{\left(\frac{\pi \cdot 2 \times 10^5}{9800}\right)^2 \cdot 1,57 \times 10^8 \cdot 2,94 \times 10^{13}} \leq M_p$$

$$= 3506602123 \text{ N,mm}$$

$$= 3506,602 \text{ kNm} < 4469 \text{ kNm (OK)}$$

Dari tekuk lokal dan lateral, dipilih $M_n = 3506,602 \text{ kNm}$

➤ Kapasitas momen :

$$\phi M_n = 0,90 \times 3506,602 \text{ kNm}$$

$$= 3155,94 \text{ kNm} > M_u = 1561,19 \text{ kNm}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan lentur yang terjadi,

5.2.3 Kontrol Geser

a. Untuk beban hidup ($U_{DL} + K_{EL}$) menentukan :

$$\bullet V_{a_{\max}} = \left(P_1 \times k_{Td}^U \times l\right) + \left(q L_1 \times 1,8 \times \frac{1}{2} \times \lambda\right)$$

$$\begin{aligned}
 &= (1166,89 \times 1) + \left(55,69 \times \frac{1}{2} \times 9,8 \right) \\
 &= 1439,755 \text{ kN} \\
 &= 143975,5 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Untuk beban T menentukan :

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Va}_{\max} &= T \times (1 + 0.3) \times l \times 1.8 \\
 &= 112,5 \times (1 + 0,3) \times 1 \times 1,8 \\
 &= 263,25 \text{ kN} \\
 &= 26325 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Jadi Va yang digunakan adalah Va akibat beban UDL+KEL sebesar 143975,5 kg,

Luas penampang badan

$$\frac{h}{tw} = \frac{776}{18} = 43,11$$

$$Kn = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} = 8$$

$$1,10 \sqrt{\frac{Kn \times E}{fy}} = 1,10 \sqrt{\frac{8 \times 2 \times 10^5}{410}} = 68,763$$

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

43,11 ≤ 68,763 maka kuat geser :

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi \times 0,6 \times f_y \times A_w \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 410 \times (776 \times 18) \\
 &= 2577,096 \text{ kN} \\
 &= 2577,096 \text{ kN} \geq 1439,8 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka penampang telah memenuhi kekuatan geser yang terjadi,

5.2.4 Interaksi geser dan lentur

Jika momen lentur dianggap dipikul oleh seluruh penampang, maka gelagar harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser (RSNI T-03-2005 ps,7,9,3), yaitu :

$$\frac{M_u}{\phi M_n} + 0,625 \frac{V_u}{\phi V_n} \leq 1,375$$

$$\frac{1561}{3156} + 0,625 \frac{1439,8}{2577} \leq 1,375$$

$$0,844 < 1,375 \text{ (ok)}$$

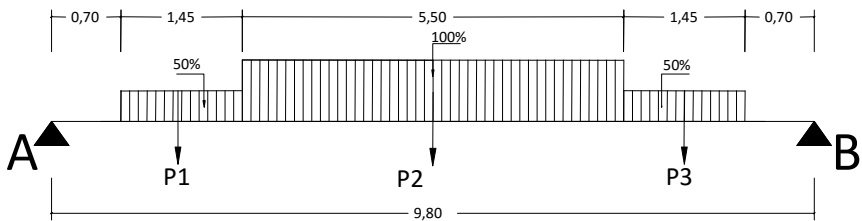
Maka penampang telah memenuhi interaksi geser dan lentur,

5.2.5 Kontrol Lendutan

Persyaratan untuk balok :

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{800} = \frac{980}{800} = 1.225 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban hidup (UDL + KEL) ditunjukkan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 5.13 Beban Akibat UDL dan KEL

Lendutan yang terjadi didapatkan dengan rumus :

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

Dengan,

$$\text{Beban } D = q_{udl} + P_{kel} = (5568,75 + 11907)$$

$$\text{Beban } D = q_{udl} + P_{kel} = \frac{5568,75 + 11907}{1,8} = 9708,75 \text{ Kg / m}$$

$$\begin{aligned} P_1 &= 50\% \times D \times 1.75 \\ &= 50\% \times 9708,75 \times 1.45 \\ &= 7038,84 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$P_2 = D \times 5,5$$

$$= 9708,75 \times 5,5$$

$$= 53398,13 \text{ Kg}$$

$$P_3 = 50\% \times D \times 1,75$$

$$= 50\% \times 9708,75 \times 1,45$$

$$= 7038,84 \text{ Kg}$$

$$a = 0,75 + \frac{1,45}{2}$$

$$= 0,732 \text{ m} = 73,2 \text{ cm}$$

$$b = 9,8 - 0,732$$

$$= 9,068 \text{ m} = 906,8 \text{ cm}$$

$$c = d = \frac{9,8}{2}$$

$$= 4,9 \text{ m} = 490 \text{ cm}$$

$$E = \text{Modulus Elastisitas Baja}$$

$$= 2000000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$L = 980 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan akibat } P_1 = \frac{7038.84 \times (73.2^2 \times 906.8^2)}{3 \times 2000000 \times 498000 \times 980}$$

$$= 0,011 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan akibat } P_2 = \frac{53398.13 \times (490^2 \times 490^2)}{3 \times 2000000 \times 498000 \times 980}$$

$$= 1,05 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan akibat } P_3 = \frac{7038.84 \times (73.2^2 \times 906.8^2)}{3 \times 2000000 \times 498000 \times 980}$$

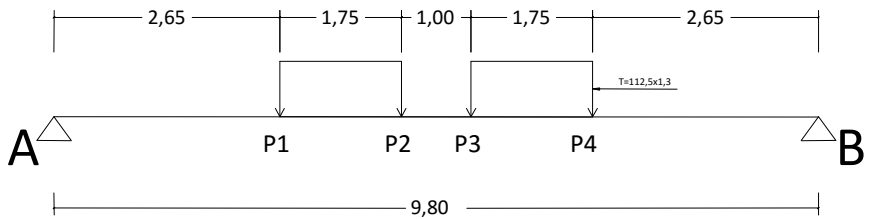
$$= 0,011 \text{ cm}$$

$$\text{Total lendutan akibat beban UDL + KEL} = 0,011 + 1,05 + 0,011$$

$$= 1,07 \text{ cm} \lll < \delta_{ijin}$$

$$= 1,07 \text{ cm} < 1,23 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban Truk ditunjukkan seperti gambar di bawah ini :



Gambar 5.14 Beban Akibat Truk

Lendutan yang terjadi didapatkan dengan rumus :

$$\delta = \frac{P_1 \times (a^2 \times b^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_2 \times (c^2 \times d^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_3 \times (c^2 \times d^2)}{3 \times E \times I \times L} + \frac{P_4 \times (a^2 \times b^2)}{3 \times E \times I \times L} \text{ D}$$

engan,

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 15187.5 \text{ Kg}$$

$$a = 2,65 \text{ m} = 265 \text{ cm}$$

$$b = 9,8 - 2,65$$

$$= 7,15 \text{ m} = 715 \text{ cm}$$

$$c = 2,65 + 1,75$$

$$= 4,4 \text{ m} = 440 \text{ cm}$$

$$d = 9,8-4,4$$

$$= 5,4 \text{ m} = 540 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan akibat } P_1 = \frac{15187.5 \times (265^2 \times 715^2)}{3 \times 2000000 \times 498000 \times 980}$$

$$= 0,19 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan akibat } P_2 = \frac{15187.5 \times (440^2 \times 540^2)}{3 \times 2000000 \times 498000 \times 980}$$

$$= 0,29 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan akibat } P_3 = \frac{15187.5 \times (440^2 \times 540^2)}{3 \times 2000000 \times 498000 \times 980}$$

$$= 0,29 \text{ cm}$$

$$\text{Lendutan akibat } P_4 = \frac{15187.5 \times (265^2 \times 715^2)}{3 \times 2000000 \times 498000 \times 980}$$

$$= 0,19 \text{ cm}$$

$$\text{Total lendutan akibat beban Truk} = 0,19+0,29+0,29+0,19$$

$$= 0,96 \text{ cm} \text{ ,,,} < \delta_{ijin}$$

$$= 0,96 \text{ cm} < 1,23 \text{ cm}$$

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 adalah konstruksi busur, Pendekatan pertama bentuk geometrik busur sebagai persamaan parabola,

$$\begin{aligned} f = 14 \text{ m} \rightarrow \text{syarat} : \frac{1}{8} &\leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \\ &: \frac{1}{8} \leq \frac{16}{80} \leq \frac{1}{5} \\ &: 0,125 \leq 0,2 \leq 0,2 \text{ ,,,OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h = 2 \text{ m} \rightarrow \text{syarat} : \frac{1}{40} &\leq \frac{h}{L} \leq \frac{1}{25} \\ &: \frac{1}{45} \leq \frac{2}{80} \leq \frac{1}{25} \\ &: 0,022 \leq 0,025 \leq 0,04 \text{ ,,,OK} \end{aligned}$$

6.2 Batang Penggantung

Tabel 6.1 Panjang Batang Penggantung

AS	x (m)	yn (m)
1	0	0.00
2	5	3.75
3	10	7.00
4	15	9.75
5	20	12.00
6	25	13.75
7	30	15.00
8	35	15.75
9	40	16.00
10	45	15.75
11	50	15.00
12	55	13.75
13	60	12.00
14	65	9.75
15	70	7.00
16	75	3.75
17	80	0.00

Profil yang dipakai WF 400 x 300 x 9 x 14 dengan data – data sebagai berikut :

- Data – data profil :

$$\begin{array}{lcl}
 g & = & 94,30 \text{ kg/m} \quad ; \quad I_x = 33700 \text{ cm}^4 \\
 A & = & 120,10 \text{ cm}^2 \quad ; \quad I_y = 6420 \text{ cm}^4
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 i_x & = & 16,70 \text{ cm} \quad ; \quad Z_x = 1740 \text{ cm}^3 \\
 i_y & = & 7,21 \text{ cm} \quad ; \quad Z_y = 418 \text{ cm}^3 \\
 d & = & 400 \text{ mm} \quad ; \quad t_f = 14 \text{ mm} \\
 b & = & 300 \text{ mm} \quad ; \quad t_w = 9 \text{ mm}
 \end{array}$$

Kontrol tegangan diambil pada batang tarik terpanjang yaitu :

$$\begin{array}{l}
 L = 16 \text{ m} \\
 P = 100959,29 \text{ Kg}
 \end{array}$$

- Kelangsingan Sebagai batang Tarik

Panjang tekuk :

$$L_x = 16 \text{ m} = 1600 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_{\min}}$$

$$= \frac{1600}{7,21} = 221,91 \text{ cm} < 300$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \text{ , , , , , (LRFD 10,1,1-2,a)} \\
 &= 0,9 \times 4100 \times 120,10 \\
 &= 547122,2 \text{ kg} > 100959,29 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 120,10 - (4 \times 2,4 \times 1,4) = 106,66 \text{ cm}^2$$

$$A_n 85\% = 106,66 \times 0,85 = 90,66 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{10}{1400}$$

$$= 0,99$$

$$\begin{aligned}
 A_e &= u \times A_n = 0,99 \times 90,66 \\
 &= 90,01 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e \text{ ,,,, (LRFD 10,1,1-2,b)} \\ &= 0,75 \times 5500 \times 90,01 \\ &= 371305,4 \text{ kg} > 100959,29 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$\begin{aligned}A_{gt} &= 4 \times (4 \times 1,4) = 22,4 \text{ cm}^2 \\ A_{nt} &= 4 \times (4 - 0,5 \times 2,4) \times 1,4 = 15,7 \text{ cm}^2 \\ A_{gv} &= 4 \times (14 \times 1,4) = 78,4 \text{ cm}^2 \\ A_{nv} &= 4 \times (14 - 4 \times 2,4) \times 1,4 = 24,6 \text{ cm}^2 \\ f_u \times A_{nt} &= 5500 \times 15,7 = 86240 \text{ kg} \\ 0,6 \times f_u \times A_{nv} &= 0,6 \times 5500 \times 24,6 = 81312 \text{ kg}\end{aligned}$$

Karena putus tarik > putus geser

$$\begin{aligned}\Phi P_n &= \phi [(0,6 \times f_y \times A_{gv}) + (f_u \times A_{nt})] \\ &= 0,75 [(0,6 \times 4100 \times 78,4) + (5500 \times 15,7)] \\ &= 209328 \text{ kg} > 100959,29 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325

- Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 37

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{100959,29}{13023,418} \\ &= 8 \text{ (tiap sisinya 4 baut)}\end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

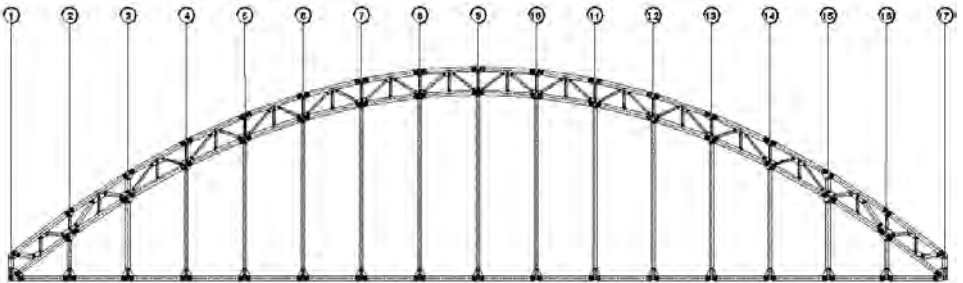
$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

6.3 Konstruksi Busur

6.3.1 Bentuk Geometrik Busur

Dengan menggunakan Program Autocad didapat bentuk geometri busur dengan nilai x dan y, dan ΔS_n didapat dari persamaan sebagai berikut :

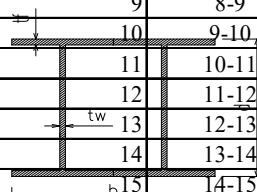
$$\Delta S_n = \sqrt{(Y_n' - Y_{n-1}')^2 + \Delta X^2}$$



Gambar 6.1 Tampak Samping Jembatan

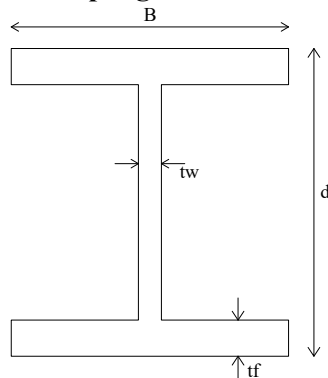
Tabel 6.2 Persamaan Parabola Busur Atas

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
1	-	0	2.000	0.000
2	1-2	5	5.750	6.250
3	2-3	10	9.000	5.963
4	3-4	15	11.750	5.706
5	4-5	20	14.000	5.483
6	5-6	25	15.750	5.297
7	6-7	30	17.000	5.154
8	7-8	35	17.750	5.056
9	8-9	40	18.000	5.006
10	9-10	45	17.750	5.006
11	10-11	50	17.000	5.056
12	11-12	55	15.750	5.154
13	12-13	60	14.000	5.297
14	13-14	65	11.750	5.483
15	14-15	70	9.000	5.706
16	15-16	75	5.750	5.963
17	16-17	80	2.000	6.250


Tabel 6.3 Persamaan Parabola Busur Bawah

Titik	Segmen	X	Y	ΔS_n
		m	m	m
1	-	0.000	0.000	0.000
2	1-2	5.000	3.750	6.250
3	2-3	10.000	7.000	5.963
4	3-4	15.000	9.750	5.706
5	4-5	20.000	12.000	5.483
6	5-6	25.000	13.750	5.297
7	6-7	30.000	15.000	5.154
8	7-8	35.000	15.750	5.056
9	8-9	40.000	16.000	5.006
10	9-10	45.000	15.750	5.006
11	10-11	50.000	15.000	5.056
12	11-12	55.000	13.750	5.154
13	12-13	60.000	12.000	5.297
14	13-14	65.000	9.750	5.483
15	14-15	70.000	7.000	5.706
16	15-16	75.000	3.750	5.963
17	16-17	80.000	0.000	6.250

6.3.2 Stabilitas Penampang Busur



Gambar 6,2 Penampang Busur

➤ Kontrol Profil Busur Atas 1

Profil yang dipakai : WF 400 400 16 24

$$A = 254,9 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 200 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 17,5 \text{ cm}$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 10,1 \text{ cm}$$

$$t_b = 16 \text{ mm}$$

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

$$h = d - 2 (t_f + r)$$

$$= 400 - 2 \times (24 + 22) = 308 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L_k = 5,154 = 515,4 \text{ cm}$$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 552697,6 \text{ Kg (Frame 310)}$$

- Kontrol kelangsingan elemen penampang (RSNI T-03-2005. Tabel 4) :

a. Pelat Sayap :

Untuk menghindari local buckling,

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{400}{2 \times 24} = 8,33 \\ \lambda_R &= \frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

b. Pelat Badan :

Untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan,

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_b} &= \frac{308}{16} = 19,25 \\ \lambda_R &= \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{410}} = 32,84 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda = \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{515,4}{10,1} = 51,03 \leq 140$$

$$\lambda = 51,03$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{51,03}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} = 0,735$$

Untuk :

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

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,735} = 1,291$$

Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 254,9 \times \frac{4100}{1,291} \\ &= 809223,6 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan rencana :

$$\begin{aligned} N_u &= \phi N_n = 0,85 \times 809223,6 \\ &= 687840,06 \text{ kg} > 552697,6 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325

Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 37

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{552697,6}{13023,418} \\ &= 44 \text{ (tiap sisinya 22 baut)} \end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

➤ Kontrol Profil Busur Bawah 1

Profil yang dipakai : WF 400,400,15,15

$$A = 178,5 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 140 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 16,6 \text{ cm}$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 9,54 \text{ cm}$$

$$t_b = 15 \text{ mm}$$

$$t_f = 15 \text{ mm}$$

$$h = d - 2 (t_f + r)''$$

$$= 400 - 2 \times (15 + 22) = 326 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L_k = 5,706 = 570,6 \text{ cm}$$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 441566,4 \text{ Kg (Frame 190)}$$

- Kontrol kelangsingan elemen penampang (RSNI T-03-2005. Tabel 4) :
- a. Pelat Sayap :

Untuk menghindari local buckling,

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{400}{2 \times 15} = 13,33$$

$$\left. \vphantom{\frac{b}{2t_f}} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

$$\lambda_R = \frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87$$

c. Pelat Badan :

Untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan,

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_b} &= \frac{326}{15} = 21,73 \\ \lambda_R &= \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{410}} = 32,84 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

• Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda = \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{570,6}{9,54} = 59,82 \leq 140$$

$$\lambda = 59,82$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{59,82}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} = 0,862$$

Untuk :

$$\begin{aligned} 0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,862} = 1,277 \end{aligned}$$

Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times \frac{fy}{\omega} = 178,5 \times \frac{4100}{1,277} \\ &= 573101,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan rencana :

$$\begin{aligned} N_u &= \phi N_n = 0,85 \times 573101,02 \\ &= 487135,87 \text{ kg} > 441566,4 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325

Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 37

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{441566,4}{13023,418} \\ &= 36 \text{ (tiap sisinya 18 baut)} \end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

➤ Kontrol Profil Busur Atas 2

Profil yang dipakai : WF 400 400 16 24

$$A = 254,9 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 200 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 17,5 \text{ cm}$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 10,1 \text{ cm}$$

$$t_b = 16 \text{ mm}$$

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

$$h = d - 2 (t_f + r)''$$

$$= 400 - 2 \times (24 + 22) = 308 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 5,96 = 596 \text{ cm}$$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 392241,65 \text{ Kg (Frame 319)}$$

- Kontrol kelangsingan elemen penampang (RSNI T-03-2005. Tabel 4) :

a. Pelat Sayap :

Untuk menghindari local buckling,

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2t_f} &= \frac{400}{2 \times 24} = 8,33 \\ \lambda_R &= \frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

d. Pelat Badan :

Untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan,

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_b} &= \frac{308}{16} = 19,25 \\ \lambda_R &= \frac{665}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{410}} = 32,84 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda = \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{596}{10,1} = 59,04 \leq 140$$

$$\lambda = 59,04$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{59,04}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} = 0,85$$

Untuk :

$$\begin{aligned} 0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,85} = 1,39 \end{aligned}$$

Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times \frac{fy}{\omega} = 254,9 \times \frac{4100}{1,39} \\ &= 752661,61 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan rencana :

$$\begin{aligned} N_u &= \phi N_n = 0,85 \times 752661,61 \\ &= 639762,4 \text{ kg} > 392241,65 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

$$\text{Baut} \rightarrow d_b = 22 \text{ mm} ; \text{ A325}$$

Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 37

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{392241,65}{13023,418} \\ &= 32 \text{ (tiap sisinya 16 baut)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 6 \leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 \leq 20,0 \text{ cm} \\ 2,75 \text{ cm} &\leq 4 \leq 30,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

➤ **Kontrol Profil Busur Bawah 2**

Profil yang dipakai : WF 400 400 30 50

$$A = 528,6 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 415 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 18,8 \text{ cm}$$

$$b = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 10,7 \text{ cm}$$

$$t_b = 30 \text{ mm}$$

$$t_f = 50 \text{ mm}$$

$$h = d - 2 (t_f + r)''$$

$$= 400 - 2 \times (50 + 22) = 256 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L_k = 6,25 = 625 \text{ cm}$$

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 684940 \text{ Kg (Frame 305)}$$

- Kontrol kelangsingan elemen penampang (RSNI T-03-2005. Tabel 4) :

a. Pelat Sayap :

Untuk menghindari local buckling,

$$\left. \begin{aligned} \frac{b}{2 t_f} &= \frac{400}{2 \times 50} = 4,0 \\ \lambda_R &= \frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,87 \end{aligned} \right\} \frac{b}{2 t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

e. Pelat Badan :

Untuk menghindari terjadinya flexural buckling pada badan,

$$\left. \begin{aligned} \frac{h}{t_b} &= \frac{256}{30} = 8,53 \\ \lambda_R &= \frac{665}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{410}} = 32,84 \end{aligned} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda = \frac{L_k}{i_{\min}} = \frac{625}{10,7} = 58,41 \leq 140$$

$$\lambda = 58,41$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{58,41}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} = 0,84$$

Untuk :

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

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,84} = 1,38$$

Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 528,6 \times \frac{4100}{1,38}$$

$$= 1570089,44 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana :

$$N_u = \phi N_n = 0,85 \times 1570089,44$$

$$= 1334576 \text{ kg} > 684940 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325

Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 37

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498$$

$$= 13023,418 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 13023,418$$

$$\begin{aligned}
 &= 13023,418 \text{ kg} \\
 - \text{ Jumlah baut yang dibutuhkan.} \\
 n &= \frac{Pu}{Vd} = \frac{684940}{13023,418} \\
 &= 56 \text{ (tiap sisinya 28 baut)}
 \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned}
 2,5d &\leq S \leq 15t_p \\
 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p+100) \\
 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p
 \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned}
 5,5 \text{ cm} &\leq 6 \leq 37,5 \text{ cm} \\
 3,3 \text{ cm} &\leq 4 \leq 20,0 \text{ cm} \\
 2,75 \text{ cm} &\leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

6.4 Portal Akhir

➤ Balok Portal Akhir

Dari SAP 2000, beban yang bekerja pada balok sebesar :

$$N = 8592,77 \text{ kg}$$

$$V = 523,67 \text{ kg}$$

$$M_{ux} = 1601,63 \text{ kg,m}$$

Digunakan profil WF 200 x 200 x 10 x 16 dengan,
mutu baja BJ 55

$$\begin{array}{llll}
 A & = & 83,69 & \text{cm}^2 & ; & g & = & 65,7 & \text{kg/m} \\
 d & = & 200 & \text{mm} & ; & i_x & = & 8,83 & \text{cm} \\
 b & = & 200 & \text{mm} & ; & i_y & = & 5,13 & \text{cm} \\
 t_b & = & 10 & \text{mm} & ; & I_x & = & 6530 & \text{cm}^4 \\
 t_f & = & 16 & \text{mm} & ; & I_y & = & 2200 & \text{cm}^4
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} S_x = 653 \quad \text{cm}^3 \quad ; \quad S_y = 220 \quad \text{cm}^3 \\ Z_x = 628 \quad \text{cm}^3 \quad ; \quad Z_y = 218 \quad \text{cm}^3 \end{array}$$

- Kontrol lendutan

$$\bar{f} = \frac{L}{300} = \frac{980}{300} = 3,27 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} f &= \frac{5 M_0 L^2}{48 E I_x} \\ &= \frac{5 \times 132686 \times 980^2}{48 \times 2,0 \times 10^6 \times 6530} \end{aligned}$$

$$= 1,02 < 3,27 \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol penampang profil

Flens :

$$\frac{b}{2 t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} = \frac{170}{\sqrt{410}} = 8,40$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2 t_f} = 6,25 \\ \lambda_p = 8,40 \end{array} \right\} \frac{b}{2 t_f} < \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

Web :

$$\frac{h}{t_b} = \frac{200}{10} = 20$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_b} = 20 \\ \lambda_p = 82,97 \end{array} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

maka (Penampang kompak,)

- Kontrol lateral buckling

$$L_p = 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 5,13 \times \sqrt{\frac{2,0 \times 10^6}{4100}}$$

$$= 199,413 \text{ cm}$$

$$J = \frac{1}{3} d \cdot t b^3 + \frac{2}{3} b \cdot t f^3$$

$$= \left[\frac{1}{3} \times 20 \times 1^3 \right] + \left[\frac{2}{3} \times 20 \times 1.6^3 \right]$$

$$= 61,280 \text{ cm}^4$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J A}{2}}$$

$$= \frac{\pi}{653} \times \sqrt{\frac{2,1 \times 10^6 \times 8 \times 10^5 \times 61,280 \times 83,69}{2}}$$

$$= 308161,122 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_w = I_y \frac{h^2}{4} = 220 \times \frac{(20)^2}{4}$$

$$= 220000 \text{ cm}^6$$

$$X_2 = 4 \left[\frac{S_x}{G \cdot J} \right]^2 \frac{I_w}{I_y}$$

$$= 4 \left[\frac{653}{8 \times 10^5 \times 61,280} \right]^2 \times \frac{220000}{220}$$

$$= 0,00000007097 \text{ cm}^2/\text{kg}$$

$$f_L = f_y - f_r$$

$$= 4100 - 700 = 3400 \text{ kg/cm}^2$$

$$L_r = i_y \left[\frac{X_1}{(f_y - f_r)} \right] \sqrt{1 + \sqrt{(1 + X_2 f_L^2)}} \dots, \dots, \text{ (LRFD 8,3,3)}$$

$$= 5,13 \times \left[\frac{308161,122}{3400} \right] \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + (0,00000007097 \times 3400^2)}}$$

$$= 712,653 \text{ cm}$$

$$L_p = 199,413 \text{ cm}$$

$$L_b = 980 \text{ cm}$$

$$L_r = 712,653 \text{ cm}$$

$L_p < L_b > L_r \rightarrow$ Bentang Panjang

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 628 \times 4100$$

$$= 2674800 \text{ kg.cm}$$

$$= 26748 \text{ kg.m}$$

Dari hasil program SAP 2000, didapatkan ;

$$M_{\max} = 1601,6 \text{ kgm}$$

$$M_A = 400,41 \text{ kgm} \quad \text{jarak } \frac{1}{4} L$$

$$M_B = 800,815 \text{ kgm} \quad \text{jarak } \frac{1}{2} L$$

$$M_C = 1201,2225 \text{ kgm} \quad \text{jarak } \frac{3}{4} L$$

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

$$= \frac{12,5 \times 1601,6}{2,5 \times 1601,6 + 3 \times 400,41 + 4 \times 800,815 + 3 \times 1201,2225}$$

$$= 1,67$$

$$M_r = S_x (f_y - f_r) = 653 \times (4100 - 700) = 2220200 \text{ kgcm}$$

$$= 22202 \text{ kgm}$$

$$M_{CR} = C_b \frac{\pi}{L} \times \sqrt{EI_Y GJ + \left(\frac{\pi E}{L} \right) I_Y I_W} \leq M_p$$

$$= 1,67 \frac{3,14}{980} \times \sqrt{2,0 \times 10^6 \times 2200 \times 8.10^5 \times 61,28 + \left(\frac{3,14 \times 2,0 \times 10^6}{980} \right)^2 2200 \times 220000}$$

$$= 752850,6 \text{ kg.cm}$$

$$= 7528,506 \text{ kg.m} < M_p = 26748 \text{ kg.m}$$

$$M_u = 1601,630 \text{ kgm}$$

$$M_u < \Phi M_n$$

$$1601,630 \text{ kg m} < 0,9 \times 7528,506 \text{ kg m}$$

$$1601,630 \text{ kg m} < 6775,655 \text{ kg m}$$

- Kontrol geser

Gaya geser yang terjadi pada balok portal

$$V_u = 523,67 \text{ kg}$$

Syarat :

$$\frac{h}{t_b} \geq 1,1 \sqrt{\frac{K_n \cdot E}{f_y}} \text{ ,,,,,(SNI 03-1729-2002 pers 8,8-4a)}$$

$$K_n = 5 \text{ (tanpa pengaku lateral)}$$

$$\frac{200}{10} \leq 1,1 \sqrt{\frac{5 \times 2.1 \times 10^5}{4100}}$$

$$20 \leq 54,325 \rightarrow \text{OK!!}$$

$$V_n = 0,6 f_y A_w = 0,6 \times 4100 \times 83,69 = 205877,40 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$523,67 \text{ kg} \leq 0,9 \times 206935,20 \text{ kg}$$

$$523,67 \text{ kg} \leq 185289,66 \rightarrow \text{OK}$$

➤ **Kolom Portal Akhir**

Beban yang bekerja pada kolom portal → $P = 100132,37 \text{ kg}$

Digunakan profil WF modifikasi $400 \times 300 \times 10 \times 16$ dengan mutu baja BJ 55

$$\begin{array}{ll}
 A & = 136,00 \text{ cm}^2 & ; & g & = 107 \text{ kg/m} \\
 d & = 400,00 \text{ mm} & ; & i_x & = 21,45 \text{ cm} \\
 b & = 300,00 \text{ mm} & ; & i_y & = 9,26 \text{ cm} \\
 t_b & = 10,00 \text{ mm} & ; & I_x & = 38700 \text{ cm}^4 \\
 t_f & = 16,00 \text{ mm} & ; & I_y & = 7210 \text{ cm}^4 \\
 S_x & = 481 \text{ cm}^3 & ; & S_y & = 481 \text{ cm}^3 \\
 Z_x & = 729,20 \text{ cm}^3 & ; & Z_y & = 729,2 \text{ cm}^3
 \end{array}$$

- Kontrol terhadap kolom

Panjang tekuk :

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

$$L_k = K_c \times L = 1 \times 700 = 700 \text{ cm}$$

Tekuk terhadap sumbu x :

$$\lambda_x = \frac{L_k}{i_x} = \frac{700}{21,45} = 32,64$$

$$\begin{aligned}
 N_{crbx} &= \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A_g = \frac{3,14^2 \times 2,0 \times 10^5}{(32,64)^2} \times 136 \\
 &= 2520485,89 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekuk terhadap sumbu y :

$$\lambda_y = \frac{L_k}{i_y} = \frac{700}{9,26} = 75,61$$

$$\begin{aligned}
 N_{crby} &= \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} A_g = \frac{3,14^2 \times 2,0 \times 10^5}{(75,61)^2} \times 136
 \end{aligned}$$

$$= 469578,9 \text{ kg}$$

$$\lambda = \lambda_y = 75,61 \rightarrow (\text{menentukan})$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{75,61}{3,14} \sqrt{\frac{4100}{2,0 \times 10^5}}$$

$$= 1,090$$

$$\text{Untuk : } 0,25 < \lambda_c < 1,2$$

→ Kolom menengah

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 1,090} \\ &= 1,644 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \frac{f_y}{\omega} = 136 \times \frac{4100}{1,644} \\ &= 339200,46 \text{ kg} \end{aligned}$$

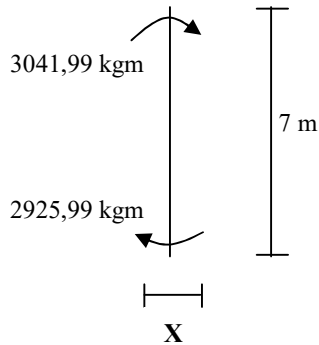
- Kuat rencana kolom :

$$\begin{aligned} N_u &= \phi N_n = 0,85 \times 339200,46 \text{ kg} \\ &= 288320,391 \text{ kg} > 100132,37 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kolom :

$$\text{Gaya yang bekerja} \rightarrow P = 100132,37 \text{ kg}$$

Terhadap sumbu x :

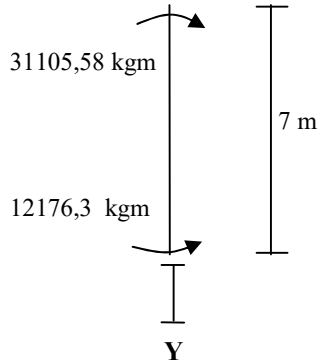


$$\begin{aligned}
 - C_{mx} &= 0,6 - 0,4\beta \quad \text{,,,,, (LRFD 7,4-4)} \\
 &= 0,6 - 0,4 \left(\frac{3041,99}{2925,99} \right) = 0,184
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{bx} &= \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crbx}} \right)} = \frac{0,184}{1 - \left(\frac{100132,37}{2520485,9} \right)} \\
 &= 0,192 < 1,0 \rightarrow \delta_{bx} = 1,0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ux} &= \delta_{bx} \times M_{ut} \\
 &= 1,0 \times 3041,99 \text{ kgm} = 3041,99 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Terhadap sumbu y :



$$- C_{my} = 0,6 - 0,4\beta \quad \text{,,,,, (LRFD 7,4-4)}$$

$$= 0,6 - 0,4 \left(\frac{31105,58}{12176,3} \right) = 1,622$$

$$\delta_{by} = \frac{C_m}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crby}} \right)} = \frac{1,622}{1 - \left(\frac{100132,37}{469578,9} \right)}$$

$$= 2,061 < 1,0 \rightarrow \delta_{by} = 2,061$$

$$M_{uy} = \delta_{by} \times M_{ut}$$

$$= 2,061 \times 31105,58 \text{ kgm} = 64121,449 \text{ kgm}$$

- Kontrol penampang (Lokal Buckling)

Flens :

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{300}{2 \times 16} = 9,375 \quad \left. \vphantom{\frac{b}{2t_f}} \right\} \frac{bf}{2t_f} > \lambda_p \rightarrow \text{OK}$$

$$\lambda_p = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,347$$

Web :

$$\begin{aligned} h &= d - 2 (tf + r) \\ &= 400 - 2 (16 + 22) = 324 \end{aligned}$$

$$\frac{h}{tb} = \frac{324}{10} = 32,4$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{tb} < \lambda_p \rightarrow \text{OK} \end{array} \right\}$$

Penampang kompak

$$\frac{b}{2tf} < \lambda_p$$

$$\begin{aligned} M_{px} &= Z_x \times f_y \\ &= 2181,76 \times 4100 = 8945216 \text{ kgcm} \\ &= 89452,16 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{py} &= Z_y \times f_y \\ &= 729,2 \times 4100 = 2989720 \text{ kgcm} \\ &= 29897,2 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Kontrol lateral buckling

$$L_b = 700 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1,76 \times 9,26 \times \sqrt{\frac{2,0 \times 10^5}{4100}} \\ &= 359,88 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{1}{3} d \cdot t b^3 + \frac{2}{3} b \cdot t f^3 \\
 &= \left[\frac{1}{3} \times 40 \times 1,0^3 \right] + \left[\frac{2}{3} \times 40 \times 1,6^3 \right] \\
 &= 95,253 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J A}{2}} \\
 &= \frac{\pi}{1935} \times \sqrt{\frac{2,10 \times 10^6 \times 8 \times 10^5 \times 95,253 \times 136}{2}} \\
 &= 165281,19 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_w &= I_y \frac{h^2}{4} = 7210 \times \frac{(40 - 2 \times 1,6)^2}{4} \\
 &= 279171,2 \text{ cm}^6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 X_2 &= 4 \left[\frac{S_x}{G \cdot J} \right]^2 \frac{I_w}{I_y} \\
 &= 4 \left[\frac{1935}{8 \times 10^5 \times 95,253} \right]^2 \times \frac{279171,2}{7210} \\
 &= 9,98 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_L &= f_y - f_r \\
 &= 4100 - 700 = 3400 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= i_y \left[\frac{X_1}{(f_y - f_r)} \right] \sqrt{1 + \sqrt{(1 + X_2 f_L^2)}} \\
 &= 9,26 \times \left[\frac{165281,19}{3400} \right] \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + (9,98 \times 10^{-8} \times 3400^2)}} \\
 &= 706,9975 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$L_p < L_b < L_r \rightarrow$ Bentang Menengah

$$\begin{aligned} M_{rx} &= S_x \cdot (f_y - f_r) \\ &= 1935 \times (3400) = 6579000 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ry} &= S_y \cdot (f_y - f_r) \\ &= 481 \times (3400) = 1635400 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_p &= Z_x \times f_y \\ &= 2181,76 \times 4100 = 8945216 \text{ kgcm} \\ &= 89452,16 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Dari hasil program SAP 2000, didapatkan ;

$$M_{\max} = 31105,58 \text{ kg m}$$

$$M_A = 22461 \text{ kg m}$$

$$M_B = 13817 \text{ kg m}$$

$$M_C = 5173 \text{ kg m}$$

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} \\ &= \frac{(12,5 \times 31105,58)}{(2,5 \times 31105,58) + (3 \times 22461) + (4 \times 13817) + (3 \times 5173)} \\ &= 0,35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= C_b \times \left[M_r + (M_p - M_r) \times \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \\ &= 0,35 \times \left[65790 + (89452,16 - 65790) \times \frac{7,069 - 7}{7,069 - 3,599} \right] \\ &= 23519 \text{ kg m} < M_p = 89452,16 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Terhadap sumbu x

$$M_{nx} = M_{px} - (M_{px} - M_{Rx}) \frac{\frac{bf}{2 \cdot tf} - \lambda p}{\lambda R - \lambda P}$$

$$M_{nx} = (89452,16) - (89452,16 - 65790) \frac{9,375 - 12,347}{20,07 - 12,347}$$

$$M_{nx} = 98560,966 \text{ kgm}$$

- Terhadap sumbu y

$$M_{ny} = M_{py} - (M_{py} - M_{Ry}) \frac{\frac{bf}{2 \cdot tf} - \lambda p}{\lambda R - \lambda P}$$

$$M_{ny} = (29897,2) - (29897,2 - 16354) \frac{9,375 - 12,347}{20,07 - 12,347}$$

$$M_{ny} = 35110,69 \text{ kg m}$$

- Kontrol interaksi kolom

$$\frac{Nu}{\varphi_c N_n} < 0,2$$

$$\frac{100132,37}{0,85 \times 339200,46} < 0,2$$

$$0,347 < 0,2$$

Maka Persamaan yang di pakai :

$$\frac{Nu}{2 \times \varphi_c N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\varphi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi_b M_{ny}} \right) < 1,00$$

$$0,174 + \left(\frac{3041,99}{0,9 \times 23517,9} + \frac{12176,3}{0,9 \times 35110,69} \right) < 1,00$$

$$0,703 < 1,00 \rightarrow \text{OK}$$

Dari perhitungan kontrol di atas maka konstruksi kuat sebagai portal.

- **Sambungan**

$$P = 100132,37 \text{ Kg}$$

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

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 7.759,43 \\ &= 7.759,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{100132,37}{13023,418} \\ &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S &\leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 &\leq (4t_p + 100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 &\leq 12t_p \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 6 &\leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 20,0 \text{ cm} \\ 2,75 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 30,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Sambungan**

$$V_u = 7194,34 \text{ Kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut → $d_b = 22 \text{ mm}$; A325

Pelat → $t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 55

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu \text{ m Tb} \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 7.759,43 \\ &= 7.759,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{7194,34}{13023,418} \\ &= 2 \text{ baut (tiap sisinya)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 6 \leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 \leq 20,0 \text{ cm} \\ 2,75 \text{ cm} &\leq 4 \leq 30,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Sambungan**

$$M_u = 31105,59 \text{ kg m}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya tarik akibat momen} &= \frac{M_u}{b_{\text{profil}}} \\ &= \frac{31105,59 \text{ kg m}}{0,3m} = 103685,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 19.594 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 7.759,43 \\ &= 7.759,43 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{103685,3}{13023,418} \\ &= 8 \text{ baut (4 baut tiap sisinya)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p+100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 6 \leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 \leq 20,0 \text{ cm} \\ 2,75 \text{ cm} &\leq 4 \leq 30,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

6.5. Perhitungan Rangka Batang Tepi

• Untuk Profil WF 400 x 400 x 20 x 35

$$P_u = 409584,43 \text{ kg}$$

Digunakan profil WF 400 x 400 x 20x 35 dengan, mutu baja BJ 55

$$A = 360,7 \text{ cm}^2 ; \quad g = 283 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 400 \text{ mm} & ; & & i_x &= 18,2 \text{ cm} \\
 b &= 400 \text{ mm} & ; & & i_y &= 10,4 \text{ cm} \\
 t_b &= 20 \text{ mm} & ; & & I_x &= 119000 \text{ cm}^4 \\
 t_f &= 35 \text{ mm} & ; & & I_y &= 39400 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap gaya tarik maksimum :

$$P_u = 409584,43 \text{ kg}$$

Panjang tekuk :

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

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 500 = 500 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\begin{aligned}
 \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \text{ ,,,, (LRFD 7,6,4)} \\
 &= \frac{500}{10,4} = 48,08 \leq 300 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \text{ ,,,, (LRFD 10,1,1-2,a)} \\
 &= 0,9 \times 4100 \times 360,7 \\
 &= 1643188,9 \text{ kg} > 409584,43 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 360,7 - (2 \times 2,4 \times 35) = 343,9 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 u &= 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{10}{500} \\
 &= 0,98
 \end{aligned}$$

$$A_e = u \times A_n = 0,98 \times 292,3 = 286,5 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = \phi \times f_u \times A_e \text{ ,,,, (LRFD 10,1,1-2,b)}$$

$$= 0,75 \times 5500 \times 286,5$$

$$= 1181683,4 \text{ kg} > 409584,43 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$\begin{aligned} A_{gt} &= 2 \times (4 \times 3,5) = 28 \text{ cm}^2 \\ A_{nt} &= 2 \times (4 - 0,5 \times 2,4) \times 3,5 = 19,6 \text{ cm}^2 \\ A_{gv} &= 2 \times (34 \times 3,5) = 238 \text{ cm}^2 \\ A_{nv} &= 2 \times (34 - 5,5 \times 2,4) \times 3,5 = 148 \text{ cm}^2 \\ f_u \times A_{nt} &= 5500 \times 19,6 = 107800 \text{ kg} \\ 0,6 \times f_u \times A_{nv} &= 0,6 \times 5500 \times 148,4 = 489720 \text{ kg} \\ \text{Karena putus geser} &> \text{ putus tarik} \\ \Phi P_n &= \phi [(0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})] \\ &= 0,75 [(489720) + (4100 \times 28)] \\ &= 453390 \text{ kg} > 409584,43 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325

Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 50

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{409584,43}{13023,418} \\ &= 32 \text{ (tiap sisinya 16 baut)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p+100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 6 \leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 \leq 20,0 \text{ cm} \\ 2,75 \text{ cm} &\leq 4 \leq 30,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

• Untuk Profil WF 400 x 400 x 30 x 50

$$P_u = 482272,23 \text{ kg}$$

Digunakan profil WF 400 x 400 x 30 x 50 dengan, mutu baja BJ 55

$$\begin{aligned} A &= 528,6 \text{ cm}^2 & ; & & g &= 415 \text{ kg/m} \\ d &= 400 \text{ mm} & ; & & i_x &= 18,8 \text{ cm} \\ b &= 400 \text{ mm} & ; & & i_y &= 10,7 \text{ cm} \\ t_b &= 30 \text{ mm} & ; & & I_x &= 187000 \text{ cm}^4 \\ t_f &= 50 \text{ mm} & ; & & I_y &= 60500 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Kontrol terhadap gaya tarik maksimum :

$$P_u = 482272,23 \text{ kg}$$

Panjang tekuk :

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

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 500 = 500 \text{ cm}$$

• Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \text{ ,,,,,, (LRFD 7,6,4)} \\ &= \frac{500}{10,7} = 46,73 \leq 300 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \text{ ,,,, (LRFD 10,1,1-2,a)} \\ &= 0,9 \times 4100 \times 528,6 \\ &= 2408066,7 \text{ kg} > 482272,23 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$
- Kontrol kekuatan patah :

$$\begin{aligned}A_n &= 528,6 - (2 \times 2,4 \times 50) = 428,9 \text{ cm}^2 \\ u &= 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{10}{500} \\ &= 0,98 \\ A_e &= u \times A_n = 0,98 \times 428,9 = 420,3 \text{ cm}^2 \\ \phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e \text{ ,,,, (LRFD 10,1,1-2,b)} \\ &= 0,75 \times 5500 \times 420,3 \\ &= 1733868,7 \text{ kg} > 482272,23 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$
- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$\begin{aligned}A_{gt} &= 2 \times (4 \times 5) = 40 \text{ cm}^2 \\ A_{nt} &= 2 \times (4 - 0,5 \times 2,4) \times 5,0 = 28 \text{ cm}^2 \\ A_{gv} &= 2 \times (38 \times 5,0) = 380 \text{ cm}^2 \\ A_{nv} &= 2 \times (38 - 6 \times 2,4) \times 5,0 = 236 \text{ cm}^2 \\ f_u \times A_{nt} &= 5500 \times 28 = 154000 \text{ kg} \\ 0,6 \times f_u \times A_{nv} &= 0,6 \times 5500 \times 236 = 778800 \text{ kg} \\ &\text{Karena putus geser} > \text{putus tarik} \\ \Phi P_n &= \phi [(0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})] \\ &= 0,75 [(778800) + (4100 \times 40)] \\ &= 707100 \text{ kg} > 482272,23 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$
- Sambungan
Alat sambung yang digunakan adalah :
 - Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325
 - Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 50

- Kekuatan ijin 1 baut :
 - Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$
 - $V_d = \phi V_n$

$$\begin{aligned} &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$
 - Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{482272,23}{13023,418} \\ &= 38 \text{ (tiap sisinya 20 baut)} \end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

6.6. Kontrol Rangka Busur

- Batang Vertikal WF 400 x 200 x 7 x 11

$$P \text{ tekan max} = 66414,7 \text{ kg} \quad \text{frame} = 339$$

$$P \text{ tarik max} = 52184,98 \text{ kg} \quad \text{frame} = 331$$

Digunakan profil WF 400 x 200 x 7 x 11 dengan, mutu baja BJ 55

$$A = 72,16 \text{ cm}^2 \quad ; \quad g = 56,6 \text{ kg/m}$$

$$d = 400 \text{ mm} \quad ; \quad i_x = 16,70 \text{ cm}$$

$$b = 200 \text{ mm} \quad ; \quad i_y = 4,48 \text{ cm}$$

$$t_b = 7 \text{ mm} \quad ; \quad I_x = 20000 \text{ cm}^4$$

$$t_f = 11 \text{ mm} \quad ; \quad I_y = 1450 \text{ cm}^4$$

Kontrol terhadap gaya tekan maksimum :

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 2 \text{ m} = 200 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

• **Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan**

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{200}{16,7} = 11,98$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{100}{4,48} = 22,32$$

$$\lambda_x < \lambda_y$$

maka pakai :

$$\lambda = 22,32$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{22,32}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\ &= 0,32 \end{aligned}$$

Untuk :

$$\begin{aligned} 0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,32} \end{aligned}$$

$$= 1,03$$

Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 72,16 \times \frac{4100}{1,03}$$

$$= 286434,54 \text{ kg}$$

- **Kekuatan rencana**

$$N_u < \phi N_n = 0.85 \times 286434,54 \\ 66414,7 \text{ kg} < 243469,4 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- **Kontrol Penampang**

- Pelat sayap :

$$\frac{b}{2 t_f} = \frac{200}{2 \times 11} = 9,09$$

$$\lambda_{R} = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2 t_f} = 9,09 \\ \lambda_{R} = 12,35 \end{array} \right\} \frac{b}{2 t_f} < \lambda_{R} \rightarrow \text{OK}$$

- Pelat badan :

$$\frac{h}{t_b} = \frac{346}{7} = 49,43$$

$$\lambda_{R} = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_b} = 49,43 \\ \lambda_{R} = 82,97 \end{array} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_{R} \rightarrow \text{OK}$$

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 :**

$$\lambda_{\max} = \frac{L_k}{i_{\min}} \dots \dots \text{ (LRFD 7.6.4)}$$

$$= \frac{200}{4,48} = 44,64 \leq 300 \rightarrow \text{OK}$$

- **Kontrol kekuatan leleh**

$$\phi P_n = \phi \times f_y \times A_g \\ = 0.9 \times 4100 \times 72,16$$

$$= 266270,4 \text{ kg} > 52184,98 \rightarrow \text{OK}$$

- **Sambungan:**

$$P = 66414,74 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

$$\text{Baut} \rightarrow d_b = 22 \text{ mm} ; \text{ A325}$$

$$\text{Pelat} \rightarrow t_p = 25 \text{ mm} ; \text{ BJ 50}$$

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{66414,74}{13023,42} \\ &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)} \end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

- **Batang Diagonal WF 400 x 200 x 7 x 11**

$$P \text{ tekan max} = 73319,97 \text{ kg} \quad \text{frame} = 274$$

$$P \text{ tarik max} = 53813,8 \text{ kg} \quad \text{frame} = 273$$

Digunakan profil WF 400 x 200 x 7 x 11 dengan, mutu baja BJ 55

$$\begin{array}{llll}
 A & = & 72,16 & \text{cm}^2 & ; & g & = & 56,6 & \text{kg/m} \\
 d & = & 400 & \text{mm} & ; & i_x & = & 16,70 & \text{cm} \\
 b & = & 200 & \text{mm} & ; & i_y & = & 4,48 & \text{cm} \\
 t_b & = & 7 & \text{mm} & ; & I_x & = & 20000 & \text{cm}^4 \\
 t_f & = & 11 & \text{mm} & ; & I_y & = & 1450 & \text{cm}^4
 \end{array}$$

Kontrol terhadap gaya tekan maksimum :

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 3,81 \text{ m} = 381 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 1,90 \text{ m} = 190 \text{ cm}$$

• **Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan**

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{381}{16,7} = 22,81$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{190}{4,48} = 42,51$$

$$\lambda_x < \lambda_y$$

maka pakai :

$$\lambda = 42,51$$

$$\begin{aligned}
 \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{42,51}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\
 &= 0,61
 \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} N_n &= A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 72,16 \times \frac{4100}{1,20} \\ &= 246100,03 \text{ kg} \end{aligned}$$

• **Kekuatan rencana**

$$\begin{aligned} N_u &< \phi N_n = 0,85 \times 246100,03 \\ 73320 \text{ kg} &< 209185 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

• **Kontrol Penampang**

- Pelat sayap :

$$\begin{aligned} \frac{b}{2 t_f} &= \frac{200}{2 \times 11} = 9,09 \\ \lambda_R &= \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{b}{2 t_f} \\ \lambda_R \end{aligned}} \right\} \frac{b_f}{2 t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Pelat badan :

$$\begin{aligned} \frac{h}{t_b} &= \frac{346}{7} = 49,43 \\ \lambda_R &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97 \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{h}{t_b} \\ \lambda_R \end{aligned}} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Kontrol terhadap gaya tarik maksimum :

Panjang tekuk :

$$L = 2,74 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 2,74 = 2,74 \text{ m} = 274 \text{ cm}$$

• **Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{274}{4,48} = 61,16 \leq 300 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- **Kontrol kekuatan leleh**

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \dots \text{(LRFD 10.1.1-2.a)} \\ &= 0.9 \times 4100 \times 72,16 \\ &= 266270,4 \text{ kg} > 53813,80 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- **Sambungan:**

$$P = 73319,97 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325

Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 50

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{73320}{13023,418} \\ &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)}\end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

• **Batang Diagonal WF 400 x 200 x 8 x 13**

$$P \text{ tekan max} = 113499,3 \text{ kg} \quad \text{frame} = 251$$

$$P \text{ tarik max} = 68827,08 \text{ kg} \quad \text{frame} = 252$$

Digunakan profil WF 400 x 200 x 8 x 13 dengan, mutu baja BJ 55

$$\begin{array}{llll} A & = & 84,12 & \text{cm}^2 & ; & g & = & 66 & \text{kg/m} \\ d & = & 400 & \text{mm} & ; & i_x & = & 16,8 & \text{cm} \\ b & = & 200 & \text{mm} & ; & i_y & = & 4,54 & \text{cm} \\ t_b & = & 8 & \text{mm} & ; & I_x & = & 23700 & \text{cm}^4 \\ t_f & = & 13 & \text{mm} & ; & I_y & = & 1740 & \text{cm}^4 \end{array}$$

Kontrol terhadap gaya tekan maksimum :

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 4,20 \text{ m} = 420 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 2,10 \text{ m} = 210 \text{ cm}$$

• **Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan**

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{420}{16,8} = 25$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{210}{4,54} = 42,26$$

$$\lambda_x < \lambda_y$$

maka pakai :

$$\lambda = 42,26$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{42,26}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

Untuk :

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

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,67}$$

$$= 1,24$$

Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 84,12 \times \frac{4100}{1,24}$$

$$= 278166,60 \text{ kg}$$

- **Kekuatan rencana**

$$N_u < \phi N_n = 0,85 \times 278166,6 \dots \text{ (LRFD 9.1-1)}$$

$$113499,3 \text{ kg} < 236441,6 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- **Kontrol Penampang**

- Pelat sayap :

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 13} = 7,69$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2t_f} = 7,69 \\ \lambda_R = 12,35 \end{array} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Pelat badan :

$$\frac{h}{t_b} = \frac{342}{8} = 42,75$$

$$\lambda_R = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_b} = 42,75 \\ \lambda_R = 82,97 \end{array} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Kontrol terhadap gaya tarik maksimum :

Panjang tekuk :

$$L = 2,74 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 2,74 = 2,74 \text{ m} = 274 \text{ cm}$$

- **Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{258}{4,54} = 56,83 \leq 300 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- **Kontrol kekuatan leleh**

$$\begin{aligned}\varphi P_n &= \varphi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 84,12 \\ &= 310403 \text{ kg} > 68827,08 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- **Sambungan:**

$$P = 113499,30 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325

Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 50

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{113499,30}{13023,418} \\ &= 12 \text{ baut (tiap sisinya 6 baut)}\end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned}2,5d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p\end{aligned}$$

Jadi :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

• **Batang Diagonal WF 400 x 300 x 9 x 14**

$$P \text{ tekan max} = 138974,3 \text{ kg} \quad \text{frame} = 357$$

$$P \text{ tarik max} = 98087,07 \text{ kg} \quad \text{frame} = 355$$

Digunakan profil WF 400 x 300 x 9 x 14 dengan, mutu baja BJ 55

$$\begin{array}{llll} A & = & 120,10 \text{ cm}^2 & ; \quad g = 94,30 \text{ kg/m} \\ d & = & 400 \text{ mm} & ; \quad i_x = 16,70 \text{ cm} \\ b & = & 300 \text{ mm} & ; \quad i_y = 7,21 \text{ cm} \\ t_b & = & 9 \text{ mm} & ; \quad I_x = 33700 \text{ cm}^4 \\ t_f & = & 14 \text{ mm} & ; \quad I_y = 6420 \text{ cm}^4 \end{array}$$

Kontrol terhadap gaya tekan maksimum :

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 4,40 \text{ m} = 440 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 2,20 \text{ m} = 220 \text{ cm}$$

• **Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan**

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{440}{16,7} = 26,37$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{220}{7,21} = 30,54$$

$$\lambda_x < \lambda_y$$

maka pakai :

$$\lambda = 30,54$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{30,54}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\ &= 0,44 \end{aligned}$$

Untuk :

$$\begin{aligned}
 0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \\
 &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,44} \\
 &= 1,10
 \end{aligned}$$

Kekuatan nominal :

$$\begin{aligned}
 N_n &= A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 120,1 \times \frac{4100}{1,10} \\
 &= 449410,99 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- **Kekuatan rencana**

$$\begin{aligned}
 N_u &< \phi N_n = 0,85 \times 449410,99 \\
 138974,3 \text{ kg} &< 381999,3 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

- **Kontrol Penampang**

- Pelat sayap :

$$\begin{aligned}
 \frac{b}{2t_f} &= \frac{300}{2 \times 14} = 10,71 \\
 \lambda_R &= \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{b}{2t_f} \\ \lambda_R \end{aligned}} \right\} \frac{b_f}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Pelat badan :

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{t_b} &= \frac{328}{9} = 36,44 \\
 \lambda_R &= \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \frac{h}{t_b} \\ \lambda_R \end{aligned}} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Kontrol terhadap gaya tarik maksimum :

Panjang tekuk :

$$L = 2,50\text{m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 2,50 = 2,50 \text{ m} = 250 \text{ cm}$$

- **Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :**

$$\begin{aligned}\lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{250}{7,21} = 34,67 \leq 300 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- **Kontrol kekuatan leleh**

$$\begin{aligned}\phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \dots (\text{LRFD 10.1.1-2.a}) \\ &= 0.9 \times 4100 \times 120,1 \\ &= 443169 \text{ kg} > 98087,07 \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- **Sambungan:**

$$P = 138974,31 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325

Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 50

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{138974,31}{13023,418} \\ &= 12 \text{ baut (tiap sisinya 6 baut)}\end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S &\leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 &\leq (4t_p+100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 &\leq 12t_p \\ \text{Jadi :} & & \\ 5,5 \text{ cm} &\leq 6 &\leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 20,0 \text{ cm} \\ 2,75 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 30,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

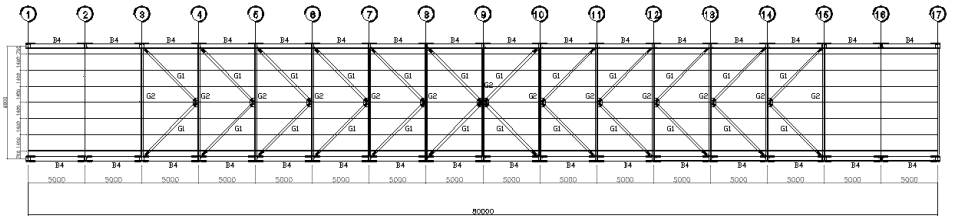
“Halaman Ini Sengaja di Kosongkan”

BAB VII

KONSTRUKSI SEKUNDER

7.1 Ikatan Angin Pada Busur

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 200 200 10 16

$$A = 83,69 \text{ cm}^2 ; \quad g = 65,7 \text{ kg/m}$$

$$d = 200 \text{ mm} ; \quad i_x = 8,83 \text{ cm}$$

$$b = 200 \text{ mm} ; \quad i_y = 5,13 \text{ cm}$$

$$t_b = 10 \text{ mm} ; \quad r = 13 \text{ mm}$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$

$$h = d - 2(t_f + r) \\ = 200 - 2 \times (16 + 13) = 142 \text{ mm}$$

Kontrol Sebagai Batang Tekan

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 7652,37 \text{ Kg} \quad (\text{Frame 416})$$

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 9,80 \text{ m} = 980 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 49,0 \text{ m} = 490 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{980}{8,83} = 110,99$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{490}{5,13} = 95,52$$

$$\left. \begin{array}{l} \lambda_x = 110,99 \\ \lambda_y = 95,52 \end{array} \right\} \lambda_x > \lambda_y$$

$$\lambda = \lambda_x = 110,99$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{110,99}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}}$$

$$= 1,60$$

Untuk :

$$\lambda_c > 1,2 \rightarrow \omega = 1,25 \times \lambda_c^2$$

$$= 1,25 \times 1,60^2 = 3,20$$

- Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 72,16 \times \frac{4100}{3,20}$$

$$= 107290,82 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana :

$$N_u < \phi N_n = 0,85 \times 107290,82$$

$$7652,37 < 91197,2 \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Penampang :

- Pelat sayap : (LRFD 7,6,4 tabel 7,5-1)

$$\frac{b}{2tf} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2tf} = 6,25 \\ \lambda_R = 12,35 \end{array} \right\} \frac{b}{2tf} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Pelat badan : (LRFD 7,6,4 tabel 7,5,1)

$$\frac{h}{tb} = \frac{200}{10} = 20$$

$$\lambda_R = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{tb} = 20 \\ \lambda_R = 82,97 \end{array} \right\} \frac{h}{tb} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 20391,98 \text{ Kg (Frame 417)}$$

$$\varphi \text{ baut} = 22 \text{ mm}$$

$$\varphi \text{ lubang} = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L = 9,80 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 9,80 = 9,80 \text{ m} = 980 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \text{ ,,,,, (LRFD 7,6,4)} \\ &= \frac{980}{5,13} = 191,03 \leq 300 \text{ (struktur sekunder) OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\begin{aligned} \varphi P_n &= \varphi \times f_y \times A_g \text{ ,,,,, (LRFD 10,1,1-2,a)} \\ &= 0,9 \times 4100 \times 83,69 \\ &= 308816 \text{ kg} > 20391,98\text{kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 83,69 - (2 \times 2,4 \times 1,6) = 76,01 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} u &= 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{50}{9800} \\ &= 0,99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= u \times A_n = 0,99 \times 76,01 \\ &= 75,6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi P_n &= \varphi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 75,6 \\ &= 311941,55 \text{ kg} > 20391,98\text{kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$A_{gt} = 2 \times (4 \times 1,6) = 12,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 2 \times (4 - 0,5 \times 2,4) \times 1,6 = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 2 \times (14 \times 1,6) = 44,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times (14 - 2 \times 2,4) \times 1,6 = 29,4 \text{ cm}^2$$

$$f_u \times A_{nt} = 5500 \times 9 = 49280 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times A_{nv} = 0,6 \times 5500 \times 29,4 = 97152 \text{ kg}$$

Karena putus geser > putus tarik

$$\begin{aligned} \Phi P_n &= \phi [(0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})] \\ &= 0,75 [(0,6 \times 5500 \times 29,4) + (4100 \times 12,8)] \\ &= 112224 \text{ kg} > 20391,98 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

➤ Batang Diagonal

Profil yang dipakai : WF 200 200 10 16

$$A = 83,69 \text{ cm}^2 ; \quad g = 65,7 \text{ kg/m}$$

$$d = 200 \text{ mm} ; \quad i_x = 8,83 \text{ cm}$$

$$b = 200 \text{ mm} ; \quad i_y = 5,13 \text{ cm}$$

$$t_b = 10 \text{ mm} ; \quad r = 13 \text{ mm}$$

$$t_f = 16 \text{ mm}$$

$$h = d - 2(t_f + r)$$

$$= 200 - 2 \times (16 + 13) = 142 \text{ mm}$$

Kontrol Sebagai Batang Tekan

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 39862 \text{ Kg} \quad (\text{Frame 549})$$

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 7,00 \text{ m} = 700 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 3,5 \text{ m} = 350 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\left. \begin{aligned} \lambda_x &= \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{700}{8,83} = 79,28 \\ \lambda_y &= \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{490}{5,13} = 68,23 \end{aligned} \right\} \lambda_x > \lambda_y$$

$$\lambda = \lambda_x = 79,28$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{79,28}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\ &= 1,14 \end{aligned}$$

Untuk :

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

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 1,14}$$

$$= 1,71$$

- Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 83,69 \times \frac{4100}{1,71}$$

$$= 200222,74 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana :

$$N_u < \phi N_n = 0,85 \times 200222,74$$

$$39862 < 170189,3 \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Penampang :

- Pelat sayap : (LRFD 7,6,4 tabel 7,5-1)

$$\frac{b}{2t_f} = \frac{200}{2 \times 16} = 6,25$$

$$\lambda_R = \frac{250}{\sqrt{f_y}} = \frac{250}{\sqrt{410}} = 12,35$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{b}{2t_f} \\ \lambda_R \end{array} \right\} \frac{b}{2t_f} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

- Pelat badan : (LRFD 7,6,4 tabel 7,5,1)

$$\frac{h}{t_b} = \frac{200}{10} = 20$$

$$\lambda_R = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,97$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{h}{t_b} \\ \lambda_R \end{array} \right\} \frac{h}{t_b} < \lambda_R \rightarrow \text{OK}$$

Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 9853,86 \text{ Kg (Frame 546)}$$

$$\phi \text{ baut} = 22 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ lubang} = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L = 7,00 \text{ m}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 7,00 = 7,00 \text{ m} = 700 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\begin{aligned} \lambda_{\max} &= \frac{L_k}{i_{\min}} \\ &= \frac{700}{5,13} = 136,47 \leq 300 \text{ (struktur sekunder) OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0,9 \times 4100 \times 83,69 \\ &= 308816 \text{ kg} > 9853,86 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 83,69 - (2 \times 2,4 \times 1,6) = 76,01 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} u &= 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{50}{7000} \\ &= 0,993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_e &= u \times A_n = 0,993 \times 76,01 \\ &= 75,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0,75 \times 5500 \times 75,5 \\ &= 311301,89 \text{ kg} > 9853,86 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$A_{gt} = 2 \times (4 \times 1,6) = 12,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 2 \times (4 - 0,5 \times 2,4) \times 1,6 = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 2 \times (20 \times 1,6) = 64 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times (20 - 7,2 \times 1,6) \times 1,6 = 41 \text{ cm}^2$$

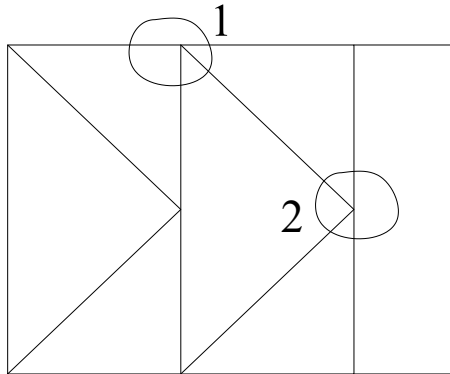
$$f_u \times A_{nt} = 5500 \times 9 = 49280 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times A_{nv} = 0,6 \times 5500 \times 41 = 135168 \text{ kg}$$

Karena geser fraktur > tarik leleh

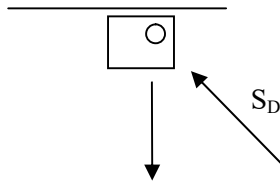
$$\begin{aligned} \Phi P_n &= \phi [(0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})] \\ &= 0,75 [(0,6 \times 5500 \times 41) + (4100 \times 12,8)] \\ &= 140736 \text{ kg} > 9853,86 \text{ kg} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

7.1.1 Sambungan



Gambar 7.2 Sambungan Ikatan Angin Atas

a. Titik simpul 1



Gambar 7.3 Titik Simpul 1

- **Sambungan batang diagonal ke pelat simpul horizontal,**

Gaya batang maksimum yang bekerja

$$S_D = 39862 \text{ kg}$$

Pakai baut

$$d_b = 22 \text{ mm} \rightarrow f_u = 825 \text{ MPa}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t_p = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 50}$$

Kekuatan ijin baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_d &= \varphi_r \times V_n \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \right) \\ &= 9403,52 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$\begin{aligned} R_d &= \varphi_r \times R_n \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 1,6 \times 5000 \\ &= 31680 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser : $V_d = 9403,52 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan batang diagonal ke plat simpul

Gaya batang maksimum $\rightarrow S_D = 39862 \text{ kg}$

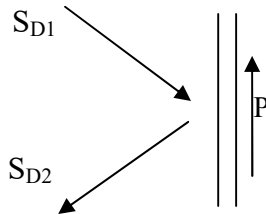
$$\begin{aligned} n &= \frac{S_D}{V_d} = \frac{39862}{9403,52} \\ &= 6 \text{ baut} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut : (LRFD 13,4,3)

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S \leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \\ 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 6 \leq 24 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 \leq 16,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Titik simpul 2**Gambar 7.4** Titik Simpul 2

$$S_{D1} = 39862 \text{ kg}$$

$$S_{D2} = 39862 \text{ kg}$$

$$P = 20391,98 \text{ kg}$$

- **Sambungan batang diagonal ke pelat simpul horizontal,**

Gaya batang maksimum yang bekerja

$$S_H = 39862 \text{ kg}$$

Pakai baut

$$d_b = 22 \text{ mm} \rightarrow f_u = 825 \text{ MPa}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t_p = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 50}$$

Kekuatan ijin baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \varphi_f \times V_n$$

$$= 0,75 \times 0,4 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \right)$$

$$= 9403,52 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$R_d = \varphi_f \times R_n$$

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

$$= 31680 \text{ kg}$$

Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser : $V_d = 9403,52 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan batang diagonal ke plat simpul

Gaya batang maksimum $\rightarrow S_D = 39862 \text{ kg}$

$$n = \frac{S_D}{V_d} = \frac{39862}{9403,52}$$

$$= 6 \text{ baut}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 24 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 16,4 \text{ cm}$$

- **Sambungan batang diagonal ke pelat simpul horizontal,**

Gaya batang maksimum yang bekerja

$$S_H = 20391,98 \text{ kg}$$

Pakai baut

$$d_b = 22 \text{ mm} \rightarrow f_u = 825 \text{ MPa}$$

Pakai pelat simpul dengan tebal

$$t_p = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ } 50$$

Kekuatan ijin baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_d = \phi_r \times V_n$$

$$= 0,75 \times 0,4 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \right)$$

$$= 9403,52 \text{ kg}$$

- Kekuatan tumpu baut

$$R_d = \phi_r \times R_n$$

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

$$= 31680 \text{ kg}$$

Jadi yang menentukan adalah kekuatan geser : $V_d = 9403,52 \text{ kg}$

- Jumlah baut yang dibutuhkan pada sambungan batang diagonal ke plat simpul

Gaya batang maksimum $\rightarrow S_D = 20391,98 \text{ kg}$

$$n = \frac{S_D}{V_d} = \frac{20391,98}{9403,52}$$

$$= 4 \text{ baut}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 24 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 16,4 \text{ cm}$$

- **Sambungan pelat dengan batang Horizontal(las)**

Sambungan las sudut :

Persyaratan ukuran las :

Maksimum = tebal pelat $- 1,6 = 16 - 1,6 = 14,4 \text{ mm}$

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

$$\Phi R_n = (\phi \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw})) \rightarrow \text{Mutu las } f_{uw} = 490 \text{ MPa}$$

$$= (0,75 \times 7,07 \times 0,60 \times 490) = 1558,935 \text{ N/mm}$$

Tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat

$$\Phi R_n = (\phi \cdot t \cdot (0,60 \cdot f_u))$$

$$= (0,75 \times 16 \times 0,6 \times 500) = 2400 \text{ N/mm}$$

Beban tarik terfaktor, T_u

$$T_u = 39862 + 39862 \text{ kg}$$

$$= 79724 \text{ kg}$$

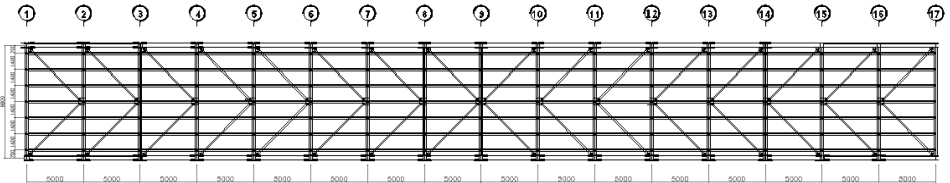
$$= 79724 \text{ N}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w

$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{79724}{1558,935} = 511,413 \text{ mm}$$

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 : SL 65 x 65 x 5 x 9

A	=	12,74	cm ²	;	g	=	10,0	kg/m
d	=	65	mm	;	i _x	=	2,98	cm
b	=	65	mm	;	i _y	=	2,98	cm
t	=	5	mm	;	I _x	=	6530	cm ⁴
T	=	9	mm	;	I _y	=	2200	cm ⁴

Gaya yang terjadi :

$$P_u = 35528,04 \text{ kg (frame 395)}$$

Panjang tekuk :

$$L = 7,0 \text{ m}$$

$$\phi \text{ baut} = 22 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ lubang} = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik

$$\lambda_{\max} = \frac{L_k}{i_{\min}}$$

$$= \frac{700}{2,98} = 234,92 \leq 300 \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan leleh

$$\varphi P_n = \varphi \times f_y \times A_g$$

$$= 0,9 \times 4100 \times 12,74$$

$$= 47010,6 \text{ kg} > 35528,04 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan patah

$$A_n = 12,74 - (1 \times 2,4 \times 0,5) = 12,5 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{16,3}{700}$$

$$= 0,998$$

$$A_e = u \times A_n$$

$$= 0,998 \times 12,5 = 12,47 \text{ cm}^2$$

$$\varphi P_n = \varphi \times f_u \times A_e$$

$$= 0,75 \times 5500 \times 12,47$$

$$= 38348,28 \text{ kg} > 35528,04 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan (Block Shear)

$$A_{gt} = 2 \times 6,0 \times 0,5 = 6,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{nt} = 2 \times 6,0 \times (0,5 \times 2,4) \times 0,5 = 4,8 \text{ cm}^2$$

$$A_{gv} = 2 \times 20,0 \times 0,5 = 20,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{nv} = 2 \times 20,0 \times (4 \times 2,4) \times 0,5 = 10,4 \text{ cm}^2$$

$$f_u \times A_{nt} = 5500 \times 4,8 = 26400 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times A_{nv} = 0,6 \times 5500 \times 10,4 = 34320 \text{ kg}$$

Karena putus geser > putus tarik

$$\Phi P_n = \varphi [(0,6 \times f_u \times A_{nv}) + (f_y \times A_{gt})]$$

$$= 0,75 [(0,6 \times 5500 \times 10,4) + (4100 \times 6,0)]$$

$$= 44190 \text{ kg} > 35528,04 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

7.2.1 Sambungan

Gaya maksimum yang terjadi pada batang diagonal :

$$S = 35528,04 \text{ kg}$$

Pakai baut

$$d = 22 \text{ mm} \rightarrow f_u = 825 \text{ MPa}$$

Tebal pelat

$$t = 16 \text{ mm} \rightarrow \text{BJ 50}$$

Kekuatan ijin 1 baut (single shear) :

- Kekuatan geser :

$$\begin{aligned} V_d &= \phi_r \times r_1 \times f_u^b \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,4 \times 8250 \times \left(\frac{1}{4} \times \pi \times 2,2^2 \right) \\ &= 9403,52 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Kekuatan tumpu :

$$\begin{aligned} R_d &= 2,4 \times \phi_r \times d_b \times t_p \times f_u \\ &= 2,4 \times 0,75 \times 2,2 \times 1,6 \times 5500 \\ &= 31680 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} - \quad n &= \frac{S}{V_d} = \frac{35528,04}{9403,52} \\ &= 3,78 \text{ baut} \approx 4 \text{ baut} \end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 15 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 10,4 \text{ cm}$$

- **Sambungan pelat dengan batang Horizontal(las)**

Sambungan las sudut :

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal pelat} - 1,6 = 16 - 1,6 = 14,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm (Buku LRFD, Tabel 7.1)}$$

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
 $\Phi R_n = (\phi \text{ te. } (0,60. f_{uw})) \rightarrow \text{Mutu las } f_{uw} = 490 \text{ MPa}$
 $= (0,75 \times 7,07 \times 0,60 \times 490) = 1558,935 \text{ N/mm}$
 Tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat
 $\Phi R_n = (\phi. t. (0,60. f_u))$
 $= (0,75 \times 16 \times 0,6 \times 500) = 3600 \text{ N/mm}$

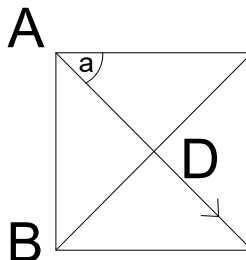
Beban tarik terfaktor, T_u
 $T_u = 35528,04 + 35528,04 \text{ kg}$
 $= 71056,08 \text{ kg}$
 $= 710560,8 \text{ N}$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w

$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{710560,8}{1558,935} = 455,799 \text{ mm}$$

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 175 175 7,5 11

A =	51,21	cm ²	;	g =	40,2	kg/m
d =	175	mm	;	i _x =	7,5	cm
b =	175	mm	;	i _y =	4,38	cm
tb =	7,5	mm	;	I _x =	2880	cm ⁴
tf =	11	mm	;	I _y =	984	cm ⁴

- Kontrol Sebagai Batang Tekan

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 9714,44 \text{ Kg (Frame 522)}$$

Panjang tekuk :

$$L_{kx} = 3,41 \text{ m} = 341 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 1,71 \text{ m} = 171 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tekan :

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{L_{kx}}{i_x} = \frac{341}{7,5} = 45,52 \\ \lambda_y &= \frac{L_{ky}}{i_y} = \frac{171}{4,38} = 38,97 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \lambda_x \\ \lambda_y \end{aligned}} \right\} \lambda_x > \lambda_y$$

$$\lambda = 45,52$$

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{45,52}{\pi} \times \sqrt{\frac{410}{2,0 \times 10^5}} \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

Untuk :

$$\begin{aligned} 0,25 < \lambda_c < 1,2 \rightarrow \omega &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c} \\ &= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \times 0,66} \\ &= 1,23 \end{aligned}$$

- Kekuatan nominal :

$$N_n = A_g \times \frac{f_y}{\omega} = 51,21 \times \frac{4100}{1,23} \text{ ,,,,, (LRFD 7,6-3)}$$

$$= 170384,71 \text{ kg}$$

- Kekuatan rencana :

$$N_u = \phi N_n = 0,85 \times 170384,71 \text{ ,,,,, (LRFD 9,1-1)}$$

$$= 144827 \text{ kg} > 9714,4 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Sebagai Batang Tarik

Dari Output SAP 2000, didapatkan :

$$P = 11398,05 \text{ Kg (Frame 508)}$$

$$\phi \text{ baut} = 22 \text{ mm}$$

$$\phi \text{ lubang} = 22 + 2 = 24 \text{ mm}$$

Panjang tekuk :

$$L = 341 \text{ cm}$$

$$L_k = k_c \times L = 1 \times 341 = 341 \text{ cm}$$

- Kontrol kelangsingan sebagai batang tarik :

$$\lambda_{\max} = \frac{L_k}{i_{\min}} \text{ ,,,,, (LRFD 7,6,4)}$$

$$= \frac{341}{4,38} = 77,95 \leq 300 \text{ (struktur sekunder)}$$

- Kontrol kekuatan leleh :

$$\phi P_n = \phi \times f_y \times A_g \text{ ,,,,, (LRFD 10,1,1-2,a)}$$

$$= 0,9 \times 4100 \times 51,21$$

$$= 188964,90 \text{ kg} > 11398,05 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan patah :

$$A_n = 51,21 - (2 \times 2,4 \times 1,1) = 45,9 \text{ cm}^2$$

$$u = 1 - \frac{\bar{x}}{L} = 1 - \frac{43,8}{3414}$$

$$= 0,99$$

$$A_e = u \times A_n = 0,99 \times 45,9$$

$$= 45,3 \text{ cm}^2$$

$$\phi P_n = \phi \times f_u \times A_e \text{ ,,,,, (LRFD 10,1,1-2,b)}$$

$$= 0,75 \times 5500 \times 45,3$$

$$= 187033,33 \text{ kg} > 11398,05 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol kekuatan / Block Shear :

$$\text{Agt} = 2 \times (6 \times 1,1) = 13,2 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ant} = 2 \times (6 - 0,5 \times 2,4) \times 1,1 = 10,6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Agv} = 2 \times (10 \times 1,1) = 22 \text{ cm}^2$$

$$\text{Anv} = 2 \times (10 - 2 \times 2,4) \times 1,1 = 12,3 \text{ cm}^2$$

$$f_u \times \text{Ant} = 5500 \times 10,6 = 58080 \text{ kg}$$

$$0,6 \times f_u \times \text{Anv} = 0,6 \times 5500 \times 12,3 = 40656 \text{ kg}$$

Karena putus tarik > putus geser

$$\Phi P_n = \phi [(0,6 \times f_y \times \text{Agv}) + (f_u \times \text{Ant})]$$

$$= 0,75 [(0,6 \times 4100 \times 22) + (5500 \times 10,6)]$$

$$= 84150 \text{ kg} > 11398,05 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}$$

- Sambungan

Alat sambung yang digunakan adalah :

Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325

- Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 37

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498$$

$$= 13023,418 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 13023,418$$

$$= 13023,418 \text{ kg}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{11398,05}{13023,418}$$

$$= 8 \text{ (tiap sisinya 4 baut)}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$2,5d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p$$

Jadi :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

- **Sambungan pelat dengan batang Horizontal(las)**

Sambungan las sudut :

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal pelat} - 1,6 = 16 - 1,6 = 14,4 \text{ mm}$$

$$\text{Minimum} = 6 \text{ mm (Buku LRFD, Tabel 7.1)}$$

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

$$\Phi R_n = (\phi \cdot t_e \cdot (0,60 \cdot f_{uw})) \rightarrow \text{Mutu las } f_{uw} = 490 \text{ MPa}$$

$$= (0,75 \times 7,07 \times 0,60 \times 490) = 1558,935 \text{ N/mm}$$

Tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat

$$\Phi R_n = (\phi \cdot t \cdot (0,60 \cdot f_u))$$

$$= (0,75 \times 16 \times 0,6 \times 500) = 2400 \text{ N/mm}$$

Beban tarik terfaktor, T_u

$$T_u = 11398,05 \text{ kg}$$

$$= 113980,5 \text{ N}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w

$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{113980,5}{1558,935} = 73,114 \text{ mm}$$

“Halaman Ini Sengaja di Kosongkan”

BAB VIII

SAMBUNGAN

8.1. 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 :

$$Rn = \phi 1,13 \mu m T_b$$

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 400 x 200 x 8 x 13
- Pelat penyambung $\rightarrow t_p = 25$ mm ; BJ 50
- Baut $\rightarrow d_b = 22$ mm ; A325
 Φ lubang = $22 + 2 = 24$ mm (dibor)
Sambungan pada gelagar memanjang (2 bidang geser)

➤ Sambungan pada gelagar memanjang

- $V_u = 24004,93$ Kg

Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498$$

$$\begin{aligned}
 &= 13023,418 \text{ kg} \\
 V_d &= \phi V_n \\
 &= 1,0 \times 13023,418 \\
 &= 13023,418 \text{ kg} \\
 - \text{ Jumlah baut yang dibutuhkan.} \\
 n &= \frac{V_u}{V_d} = \frac{24004,93}{13023,418} \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

Pemakaian baut ini dibagi antara web dengan flens :
 Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned}
 2,5d &\leq S \leq 15t_p \\
 1,5d &\leq S_1 \leq (4t_p+100) \\
 1,25d_b &\leq S_2 \leq 12t_p \\
 \text{Jadi :} \\
 5,5 \text{ cm} &\leq 6 \leq 37,5 \text{ cm} \\
 3,3 \text{ cm} &\leq 4 \leq 20,0 \text{ cm} \\
 2,75 \text{ cm} &\leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Kontrol pelat siku

- Luas geser pelat siku L 100.100.13

$$\begin{aligned}
 A_{nv} &= L_{mv} \times t_L \\
 &= (L - n - d_i) \times t_L \\
 &= (10 - 2 - 2,4) \times 1,3 \\
 &= 6,76 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kuat rencana

$$\begin{aligned}
 \phi R_n &= \phi \times 0,6 \times f_u \times A_{nv} \\
 &= 0,75 \times 0,6 \times 5000 \times 6,76 \\
 &= 15210 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena 2 siku maka :

$$\begin{aligned}
 2 \phi R_n &> P_u \\
 2 \times 15210 &> 24004,93 \text{ kg} \\
 30420 &> 24004,93 \text{ kg} \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

➤ **Sambungan Gelagar Melintang – Batang Penggantung**

$$V_u = 97087,26 \text{ kg}$$

Profil WF 900 x 300 x 18 x 34

Direncanakan :

- Baut → $d_b = 22 \text{ mm}$; A325
- Pelat → $t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 50

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_u}{V_d} = \frac{97087,26}{13023,418} \\ &= 8 \end{aligned}$$

Pemakaian baut ini dibagi antara web dengan flens :

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S &\leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 &\leq (4t_p+100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 &\leq 12t_p \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 6 &\leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 20,0 \text{ cm} \\ 2,75 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 30,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

8.2. Sambungan Batang Penggantung

- Batang Penggantung Profil WF 400 x 300 x 9 x 14
Gaya tarik yang diterima Batang tepi :

$$P = 100959,29 \text{ kg}$$

Alat sambung yang digunakan adalah :

- Baut $\rightarrow d_b = 24 \text{ mm}$; A325
- Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 37

- Kekuatan ijin 1 baut :

$$\begin{aligned} \text{- Kekuatan geser baut} \\ V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{100959,29}{13023,418} \\ &= 8 \text{ (tiap sisinya 4 baut)} \end{aligned}$$

Pemakaian baut ini dibagi antara web dengan flens :

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S &\leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 &\leq (4t_p + 100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 &\leq 12t_p \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 6 &\leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 20,0 \text{ cm} \\ 2,75 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 30,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

- **Sambungan pelat dengan batang Horizontal(las)**

Sambungan las sudut :

Persyaratan ukuran las :

$$\text{Maksimum} = \text{tebal pelat} - 1,6 = 25 - 1,6 = 23,4 \text{ mm}$$

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

$$\Phi R_n = (\phi t_e (0,60 f_{uw})) \rightarrow \text{Mutu las } f_{uw} = 490 \text{ MPa}$$

$$= (0,75 \times 7,07 \times 0,60 \times 490) = 1558,935 \text{ N/mm}$$

Tidak boleh melebihi kuat runtuh geser pelat

$$\Phi R_n = (\phi t (0,60 f_u))$$

$$= (0,75 \times 25 \times 0,6 \times 500) = 5625 \text{ N/mm}$$

Beban tarik terfaktor, T_u

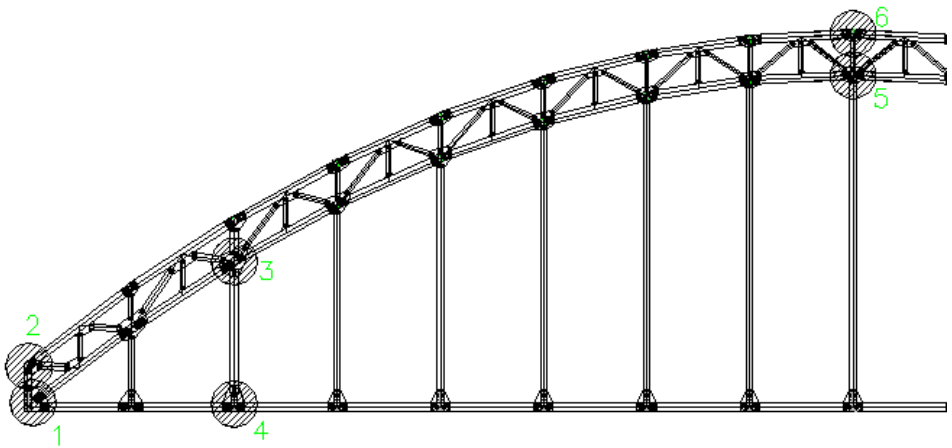
$$T_u = 100959,29 \text{ kg}$$

$$= 1009592,9 \text{ N}$$

Panjang total las yang dibutuhkan, L_w

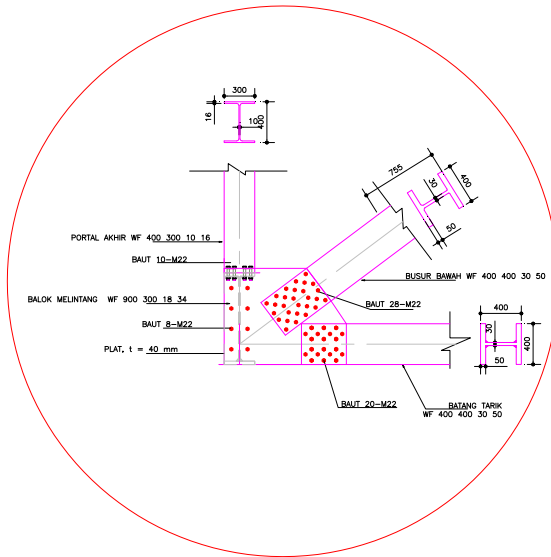
$$L_w = \frac{T_u}{\phi R_n} = \frac{1009592,9}{1558,935} = 647,617 \text{ mm}$$

8.3. Sambungan Pada Rangka Busur



Gambar 8.1 Keyplan Sambungan

➤ **Simpul 1**



Gambar 8.2 Sambungan Simpul 1

Direncanakan :

- Baut → $d_b = 22 \text{ mm}$; A325
- Pelat → $t_p = 40 \text{ mm}$; BJ 50
- Kekuatan ijin 1 baut :
 - Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498$$

$$= 13023,418 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 13023,418$$

$$= 13023,418 \text{ kg}$$
 - Jumlah Baut yang dibutuhkan
 - ❖ Kolom Portal (WF 400 300 10 16)

$$P_u = 100132,37 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{100132,37}{13023,418}$$

$$= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)}$$

$$V_u = 7194,34 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{7194,34}{13023,418}$$

$$= 2 \text{ baut (tiap sisinya)}$$

$$M_u = 31105,59 \text{ kg m}$$

$$\text{Gaya tarik akibat momen} = \frac{M_u}{b_{\text{profil}}}$$

$$= \frac{31105,59 \text{ kg m}}{0,3m} = 103685,3 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{103685,3}{13023,418}$$

$$= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)}$$

❖ Busur Bawah (WF 400 400 30 50)

$$P_u = 684940 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{684940}{13023,418}$$

$$= 56 \text{ (tiap sisinya 28 baut)}$$

❖ Batang Tarik Tepi (WF 400 400 30 50)

$$P_u = 482272,23 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{482272,23}{13023,418}$$

$$= 38 \text{ (tiap sisinya 20 baut)}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$2,5d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p$$

Jadi :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} A_b &= t_p \times L \\ &= 4 \times 40 \\ &= 160 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned} A_{net} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\ &= 160 - (6 \times 2,4 \times 4) \\ &= 102,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Ru baut = $n \times \phi \times R_n$

$$\begin{aligned} &= 28 \times 1 \times 13023,418 \\ &= 364655,7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

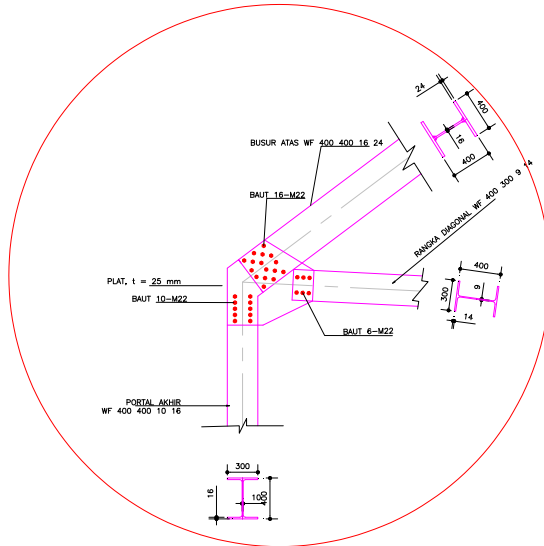
- Ru plat = $A_{net} \times \phi \times f_u$

$$\begin{aligned} &= 102,4 \times 0,75 \times 5000 \\ &= 38400 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Ru plat > Ru Baut

$$38400 \text{ Kg} > 364655,7 \text{ Kg}$$

➤ **Simpul 2**



Gambar 8.3 Sambungan Simpul 2

Direncanakan :

- Baut → $d_b = 22 \text{ mm}$; A325
- Pelat → $t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 50
- Kekuatan ijin 1 baut :
 - Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \\ V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$
 - Jumlah Baut yang dibutuhkan
 - ❖ Kolom Portal (WF 400 300 10 16)

$$P_u = 100132,37 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{100132,37}{13023,418} \\ &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)} \end{aligned}$$

$$V_u = 7194,34 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{7194,34}{13023,418} \\ &= 2 \text{ baut (tiap sisinya)} \end{aligned}$$

$$M_u = 31105,59 \text{ kg m}$$

$$\text{Gaya tarik akibat momen} = \frac{M_u}{b_{\text{profil}}}$$

$$= \frac{31105,59 \text{ kg m}}{0,3m} = 103685,3 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{103685,3}{13023,418} \\ &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)} \end{aligned}$$

❖ Busur Atas (WF 400 400 16 24)

$$P_u = 392241,65 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{392241,65}{13023,418} \\ &= 32 \text{ (tiap sisinya 16 baut) } \end{aligned}$$

❖ Batang Diagonal (WF 400 300 9 14)

$$P_u = 138974,3 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{Pu}{Vd} = \frac{138974,3}{13023,418} \\
 &= 12 \text{ baut (tiap sisinya 6 baut)}
 \end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned}
 Ab &= t_p \times L \\
 &= 2,5 \times 40 \\
 &= 100 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned}
 Anet &= Ab - (n \times d_l \times t_p) \\
 &= 100 - (6 \times 2,4 \times 2,5) \\
 &= 64 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Ru baut = $n \times \phi \times R_n$

$$\begin{aligned}
 &= 16 \times 1 \times 13023,418 \\
 &= 208374,6873 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

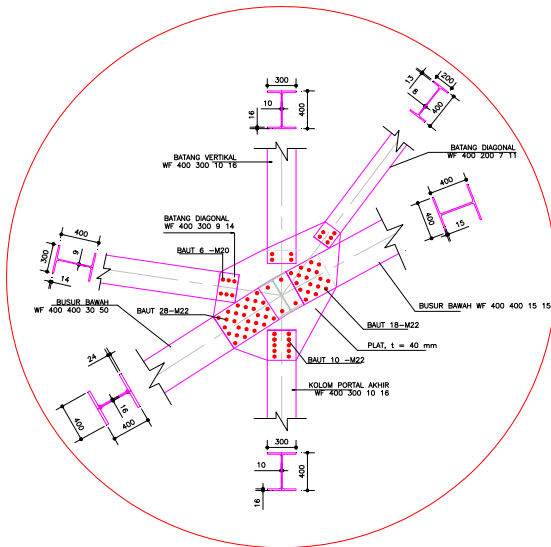
- Ru plat = $Anet \times \phi \times f_u$

$$\begin{aligned}
 &= 64 \times 0,75 \times 5000 \\
 &= 240000 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$Ru \text{ plat} > Ru \text{ Baut}$$

$$240000 \text{ Kg} > 208374,6873 \text{ Kg}$$

➤ **Simpul 3**



Gambar 8.4 Sambungan Simpul 3

Direncanakan :

- Baut → $d_b = 22 \text{ mm}$; A325
- Pelat → $t_p = 40 \text{ mm}$; BJ 50
- Kekuatan ijin 1 baut :
 - Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498$$

$$= 13023,418 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 13023,418$$

$$= 13023,418 \text{ kg}$$
 - Jumlah Baut yang dibutuhkan
 - ❖ Kolom Portal (WF 400 300 10 16)

$$P_u = 100132,37 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{100132,37}{13023,418} \\ &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)} \end{aligned}$$

$$V_u = 7194,34 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{7194,34}{13023,418} \\ &= 2 \text{ baut (tiap sisinya)} \end{aligned}$$

$$M_u = 31105,59 \text{ kg m}$$

$$\text{Gaya tarik akibat momen} = \frac{M_u}{b_{\text{profil}}}$$

$$= \frac{31105,59 \text{ kg m}}{0,3m} = 103685,3 \text{ kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{103685,3}{13023,418} \\ &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)} \end{aligned}$$

❖ Busur Bawah (WF 400 400 30 50)

$$P_u = 684940 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{684940}{13023,418} \\ &= 56 \text{ (tiap sisinya 28 baut)} \end{aligned}$$

❖ Busur Bawah (WF 400 400 15 15)

$$P_u = 441566,4 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{441566,4}{13023,418} \\ &= 36 \text{ (tiap sisinya 18 baut)} \end{aligned}$$

❖ Batang Vertikal (WF 400 200 7 11)

$$P_u = 66414,7 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{66414,7}{13023,418} \\ &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)} \end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} A_b &= t_p \times L \\ &= 4 \times 40 \\ &= 160 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned} A_{net} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\ &= 160 - (6 \times 2,4 \times 4) \\ &= 102,4 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

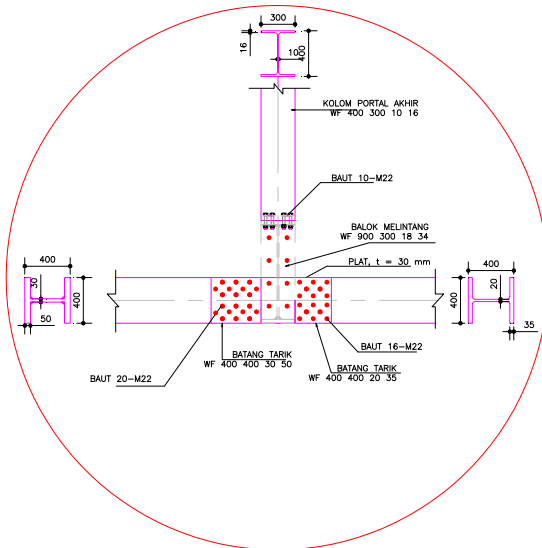
- Ru baut = $n \times \phi \times R_n$

$$\begin{aligned} &= 28 \times 1 \times 13023,418 \\ &= 364655,7 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Ru plat} &= A_{net} \times \phi \times f_u \\
 &= 102,4 \times 0,75 \times 5000 \\
 &= 38400 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ru plat} &> \text{Ru Baut} \\
 38400 \text{ Kg} &> 364655,7 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

➤ Simpul 4



Gambar 8.5 Sambungan Simpul 4

Direncanakan :

- Baut → $d_b = 22 \text{ mm}$; A325
- Pelat → $t_p = 30 \text{ mm}$; BJ 50

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned}
 V_n &= 1,13 \mu m T_b \\
 &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\
 &= 13023,418 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_d &= \phi V_n \\
 &= 1,0 \times 13023,418 \\
 &= 13023,418 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Jumlah Baut yang dibutuhkan
 - ❖ Kolom Portal (WF 400 300 10 16)
 - $P_u = 100132,37 \text{ Kg}$
 - Jumlah baut yang dibutuhkan.
 - $$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{100132,37}{13023,418}$$
 - $= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)}$

$$\begin{aligned}
 V_u &= 7194,34 \text{ kg} \\
 \text{Jumlah baut yang dibutuhkan.} \\
 n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{7194,34}{13023,418} \\
 &= 2 \text{ baut (tiap sisinya)}
 \end{aligned}$$

$$M_u = 31105,59 \text{ kg m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya tarik akibat momen} &= \frac{M_u}{b_{\text{profil}}} \\
 &= \frac{31105,59 \text{ kg m}}{0,3m} = 103685,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{103685,3}{13023,418} \\
 &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)}
 \end{aligned}$$

- ❖ Batang Tarik Tepi (WF 400 400 30 50)
 - $P_u = 482272,23 \text{ Kg}$
 - Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{482272,23}{13023,418} \\
 &= 38 \text{ (tiap sisinya 20 baut)}
 \end{aligned}$$

❖ Batang Tarik Tepi (WF 400 400 20 35)

$$P_u = 409584,43 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{409584,43}{13023,418} \\
 &= 32 \text{ (tiap sisinya 16 baut)}
 \end{aligned}$$

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 :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned}
 A_b &= t_p \times L \\
 &= 3 \times 40 \\
 &= 120 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned}
 A_{net} &= A_b - (n \times d_l \times t_p) \\
 &= 120 - (6 \times 2,4 \times 3) \\
 &= 76,8 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Ru baut = $n \times \phi \times R_n$

$$\begin{aligned}
 &= 20 \times 1 \times 13023,418 \\
 &= 260468,36 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

- Ru plat = $A_{net} \times \phi \times f_u$

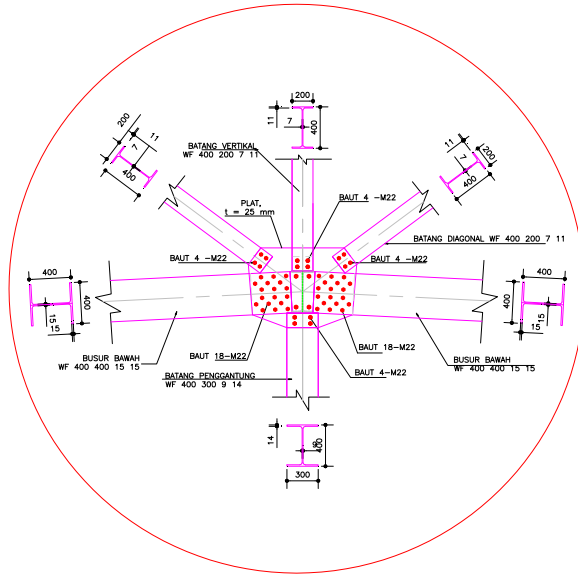
$$= 76,8 \times 0,75 \times 5000$$

$$= 288000 \text{ Kg}$$

$$\text{Ru plat} > \text{Ru Baut}$$

$$288000 \text{ Kg} > 260468,36 \text{ kg}$$

➤ **Simpul 5**



Gambar 8.6 Sambungan Simpul 5

Direncanakan :

- Baut $\rightarrow d_b = 22 \text{ mm}$; A325
- Pelat $\rightarrow t_p = 25 \text{ mm}$; BJ 50

- Kekuatan ijin 1 baut :

- Kekuatan geser baut

$$V_n = 1,13 \mu m T_b$$

$$= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498$$

$$= 13023,418 \text{ kg}$$

$$V_d = \phi V_n$$

$$= 1,0 \times 13023,418$$

$$= 13023,418 \text{ kg}$$

- Jumlah Baut yang dibutuhkan

- ❖ Busur Bawah (WF 400 400 15 15)

$$P_u = 441566,4 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{441566,4}{13023,418}$$

$$= 36 \text{ (tiap sisinya 18 baut)}$$

- ❖ Batang Vertikal (WF 400 200 7 11)

$$P_u = 64561,8 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$n = \frac{P_u}{V_d} = \frac{64561,8}{13023,418}$$

$$= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$2,5d \leq S \leq 15t_p$$

$$1,5d \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$$

$$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p$$

Jadi :

$$5,5 \text{ cm} \leq 6 \leq 37,5 \text{ cm}$$

$$3,3 \text{ cm} \leq 4 \leq 20,0 \text{ cm}$$

$$2,75 \text{ cm} \leq 4 \leq 30,0 \text{ cm}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$A_b = t_p \times L$$

$$= 2,5 \times 40$$

$$= 100 \text{ cm}^2$$

- Luas penampang netto

$$A_{net} = A_b - (n \times d_l \times t_p)$$

$$= 100 - (6 \times 2,4 \times 2,5)$$

$$= 64 \text{ cm}^2$$

- Ru baut = $n \times \phi \times R_n$

$$= 18 \times 1 \times 13023,418$$

$$= 234421,52 \text{ Kg}$$

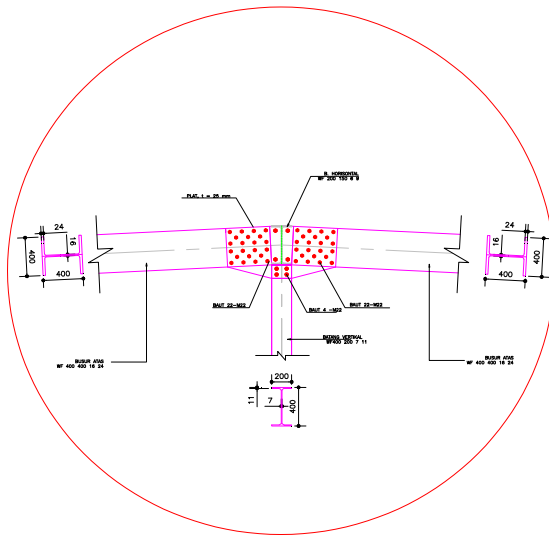
- Ru plat = $A_{net} \times \phi \times f_u$

$$= 64 \times 0,75 \times 5000$$

$$= 240000 \text{ Kg}$$

Ru plat > Ru Baut
 240000 Kg > 234421,52Kg

➤ **Simpul 6**



Gambar 8.7 Sambungan Simpul 6

Direncanakan :

- Baut → $d_b = 22 \text{ mm}$; A325
- Pelat → $t_p = 30 \text{ mm}$; BJ 50

- Kekuatan ijin 1 baut :
 - Kekuatan geser baut

$$\begin{aligned} V_n &= 1,13 \mu m T_b \\ &= 1,13 \times 0,35 \times 2 \times 16464,498 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_d &= \phi V_n \\ &= 1,0 \times 13023,418 \\ &= 13023,418 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Jumlah Baut yang dibutuhkan

❖ Busur Atas (WF 400 400 16 24)

$$P_u = 552697,6 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{552697,6}{13023,418} \\ &= 43 \text{ (tiap sisinya 22 baut)} \end{aligned}$$

❖ Batang Vertikal (WF 400 200 7 11)

$$P_u = 64561,8 \text{ Kg}$$

Jumlah baut yang dibutuhkan.

$$\begin{aligned} n &= \frac{P_u}{V_d} = \frac{64561,8}{13023,418} \\ &= 8 \text{ baut (tiap sisinya 4 baut)} \end{aligned}$$

Syarat jarak baut berdasarkan SNI T 03-2005 :

$$\begin{aligned} 2,5d &\leq S &\leq 15t_p \\ 1,5d &\leq S_1 &\leq (4t_p+100) \\ 1,25d_b &\leq S_2 &\leq 12t_p \end{aligned}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} 5,5 \text{ cm} &\leq 6 &\leq 37,5 \text{ cm} \\ 3,3 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 20,0 \text{ cm} \\ 2,75 \text{ cm} &\leq 4 &\leq 30,0 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Kontrol Pelat

- Luas penampang bruto

$$\begin{aligned} Ab &= tp \times L \\ &= 3 \times 40 \\ &= 120 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Luas penampang netto

$$\begin{aligned} Anet &= Ab - (n \times dl \times tp) \\ &= 120 - (6 \times 2,4 \times 3) \\ &= 76,8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

- Ru baut = $n \times \phi \times Rn$

$$\begin{aligned} &= 22 \times 1 \times 13023,418 \\ &= 286515 \text{ Kg} \end{aligned}$$

- Ru plat = $Anet \times \phi \times fu$

$$\begin{aligned} &= 76,8 \times 0,75 \times 5000 \\ &= 288000 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$Ru \text{ plat} > Ru \text{ Baut}$$

$$288000 \text{ Kg} > 286515 \text{ Kg}$$

BAB IX DESAIN PERLETAKAN

9.1 Perencanaan Perletakan

Direncanakan perletakan baja

- Mutu baja = BJ 50
- Mutu beton = $f'c$ 35 Mpa = 350 kg/cm

9.1.1 Perletakan Tepi (Sendi)

Untuk jenis ukuran dari kursi penumpang engsel dan rol dapat ditentukan menurut cara yang di berikan oleh Muller – Breslau berdasarkan literatur Djembatan , Ir.H.J.Struyk hal 249

Tabel 9.1 Muller – Breslau

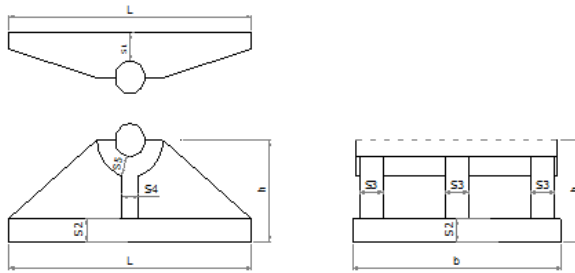
$\frac{h}{S_2}$	$\frac{b}{aS_3}$	W
3	4	$0,2222 ah^2S_3$
4	4,2	$0,2251 ah^2S_3$
5	4,6	$0,2236 ah^2S_3$
6	5	$0,2315 ah^2S_3$

Jika jumlah rusuk = a maka , S2 dan S3 dapat ditentukan dari daftar diatas. Perbandingan $\frac{h}{S_2}$ hendaknya diambil

antara 3 dan 5, sedangkan tebal $S_4 = \frac{h}{6}$ dan $S_5 = \frac{h}{4}$

dan untuk mencari nilai $S_1 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3PI}{b\sigma_b}}$

adapun sketsa perletakan seperti gambar di bawah ini



Gambar 9.1 Detail Perletakan Sendi

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi perletakan (pada pilar)

- H = 16005,06 kg
- V = 352185,87 kg

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{\sigma' b} = \frac{352185,87}{7 \times 45} = 1118,05 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Direncanakan } L = 50 \text{ cm, maka } b &= \frac{F}{L} = \frac{1118,05}{45} \\ &= 24,8 \text{ cm} \\ &= 45 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ambil $b = 45 \text{ cm} > 40 \text{ cm}$ (b profil)

Direncanakan dimensi bantalan dengan panjang (L) = 45 cm dan lebar = 45 cm, serta bantalan landasan yang berbatasan langsung dengan beton.

Maka ukuran – ukuran dari perletakan dapat ditentukan:

- Tebal kursi dan bantalan

$$\begin{aligned} S_1 &= 0.5 \times \sqrt{\frac{3xVxL}{bx\sigma_{baja}}} = 0.5 \times \sqrt{\frac{3 \times 352185,87 \times 45}{45 \times 2900}} \\ &= 9,544 \text{ cm} \end{aligned}$$

Ambil $S_1 = 10 \text{ cm}$

$W . \sigma_{baja} = M \text{ max}$

$$M_{\max} = \frac{V}{2} \times \frac{b}{4} = \frac{352185,87}{2} \times \frac{45}{4}$$

$$= 1981045,52 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{M_{\max}}{\sigma_{\text{baja}}} = \frac{1981045,52}{2900} = 683,12 \text{ cm}^3$$

a direncanakan 3 buah

dari tabel 9.1 *Muller – Breslau* diambil nilai $\frac{h}{s_2} = 4,$

jadi $\frac{b}{a \cdot S_3} = 4,2$ dan $W = 0,2251 ah^2 S_3$. maka:

$$S_3 = \frac{b}{a \cdot 4,2} = \frac{45}{3 \times 4,2} = 3,571 = 4 \text{ cm}$$

$$h^2 = \frac{W}{0,2251 \cdot a \cdot S_3} = \frac{675,02}{0,2251 \times 3 \times 4} = 249,898$$

$h = 15,808 \text{ cm}$ dipakai 20 cm

$$S_2 = \frac{h}{4} = \frac{20}{4} = 5 \text{ cm di pakai 5 cm}$$

$$S_4 = \frac{h}{6} = \frac{20}{6} = 3,33 \text{ cm di pakai 5 cm}$$

$$S_5 = \frac{h}{4} = \frac{20}{4} = 5 \text{ cm di pakai 5 cm}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan :

$$S_1 = \text{tinggi pelat penumpu atas sendi} = 10 \text{ cm}$$

$$S_2 = \text{tebal pelat pemumpu perletakan} = 5 \text{ cm}$$

$$S_3 = \text{tebal pelat penyokong Vertikal} = 5 \text{ cm}$$

$$S_4 = \text{tebal pelat vertikal penumpu} = 5 \text{ cm}$$

$$S_5 = \text{tebal pelat lengkung penumpu} = 5 \text{ cm}$$

- Perhitungan diameter engsel

Didapatkan $L = 45 \text{ cm}$

$$r = 0,8 \times \frac{V}{\sigma_{baja} L} = 0,8 \times \frac{352185,87}{2900 \times 45} = 2,159 \text{ cm}$$

diambil 3,5 cm

$$d_1 = 2 \cdot r = 2 \times 3,5 = 7 \text{ cm}$$

$$d_2 = d_1 + (2 \times 2,5) = 7 + (2 \times 2,5) = 12 \text{ cm}$$

$$d_3 = \frac{d_2}{4} = 3 \approx 3 \text{ cm}$$

$$L = 45 \text{ cm}$$

$$b = 45 \text{ cm}$$

- Kontrol Kekuatan Engsel

Syarat :

$$(axS_3) \times d_1 \times \sigma > \frac{1}{2} V$$

$$(3 \times 4) \times 7 \times 2900 > \frac{1}{2} \times 352185,87$$

$$243600 \text{ kg} > 176092,94 \text{ kg} \quad \dots \text{OK}$$

- Perhitungan Sambungan Antara Sendi dan busur

$$H_x = 16005,06 \text{ kg}$$

Tebal pelat landasan rencana 30 mm Bj 50, digunakan baut dengan D22 mm.

Kuat geser nominal baut

$$V_d = \phi_f \cdot V_n$$

$$= \phi_f \cdot R_1 \times f_u \times A_b$$

Dimana :

$R_1 = 0,5$ untuk baut tanpa ulir

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

F_u^b = Tegangan tarik putus baut

A_b = Luas bruto baut

$$V_d = 0,75 \times 0,5 \times 5000 \times (0,25 \times 3,14 \times 2,2^2) \\ = 7127,49 \text{ kg} \dots \text{(menentukan)}$$

Kuat tumpu baut

$$R_d = \phi_f \cdot 2,4 \times D_b \times t_p \times f_u$$

Dimana :

D_b = Diameter Baut

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

F_u^b = Tegangan tarik putus baut

t_p = Tebal Plat

$R_d = 0,75 \cdot 2,4 \times 2,2 \times 3 \times 5000$

$R_d = 59400 \text{ kg}$

Jadi jumlah baut = $V/V_d = \frac{16005,06}{59400} = 2 \text{ baut}$

dipakai 8 baut

Syarat jarak baut berdasarkan segi pelaksanaan :

($d = 3.0 \text{ cm}$)

$2,5d \leq S \leq 15t_p$

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

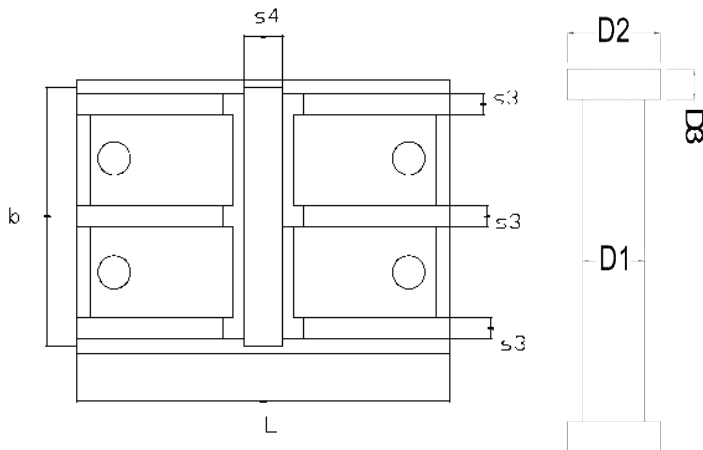
$1,25d_b \leq S_2 \leq 12t_p \text{ atau } 150 \text{ mm}$

Jadi :

$5,5 \text{ cm} \leq 20 \leq 45 \text{ cm}$

$3,3 \text{ cm} \leq 10 \leq 22 \text{ cm}$

$2,8 \text{ cm} \leq 10 \leq 36 \text{ cm}$



Gambar 9.2 Detail Perletakan Pen Sendi dan Letak Baut Angker

9.1.2 Perletakan Tepi (Rol)

Dari hasil analisa SAP 2000 didapatkan reaksi perletakan (tengah)

- H = 0 kg
- V = 349225,63 kg

- Luas alas kursi / bantalan

$$F = \frac{V}{\sigma' b} = \frac{349225,6}{7 \times 45} = 1108,65 \text{ cm}^2$$

$$\text{Direncanakan } L = 50 \text{ cm, maka } b = \frac{F}{L} = \frac{1108,65}{45} = 24,6 \text{ cm}$$

Ambil $b = 45 \text{ cm}$

- Tebal kursi dan bantalan

$$S_1 = 0,5 \times \sqrt{\frac{3VLxL}{bx\sigma_{baja}}} = 0,5 \times \sqrt{\frac{3 \times 349225,63 \times 45}{45 \times 42900}} = 9,504 \text{ cm}$$

Ambil $S_1 = 10 \text{ cm}$

- Garis tengah gelinding

Direncanakan jari-jari gelinding (r_1) = 5 cm

$$B = \frac{1}{2r_1} = 0,100$$

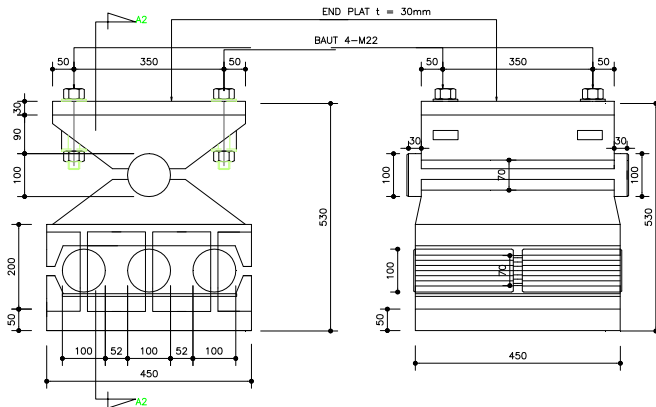
$$\begin{aligned} \gamma^2 &= 0,75 \times 10^6 \times \frac{P \cdot \ell}{L} \\ &= 0,75 \times 10^6 \times \frac{349225,63 \times 0,100}{45} \\ &= 580422716,7 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_4 &= \frac{0,75 \times 10^6 \times P}{L \cdot \gamma^2} = \frac{0,75 \times 10^6 \times 349225,63}{45 \times 580422716,7} \\ &= 10 \text{ cm} \end{aligned}$$

dipakai 3 buah gelinding, maka

$$d = \frac{10}{3} = 3,33 \text{ cm} \approx 4 \text{ cm}$$

$d_5 = d_4 + (2 \times 2,5) = 4 + (2 \times 2,5) = 9 \text{ cm}$ diambil 20 cm
 d_6 ambil 5 cm



Gambar 9.3 perletakan tepi (ROL)

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB X

METODE PELAKSANAAN

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. Pemasangan Jembatan

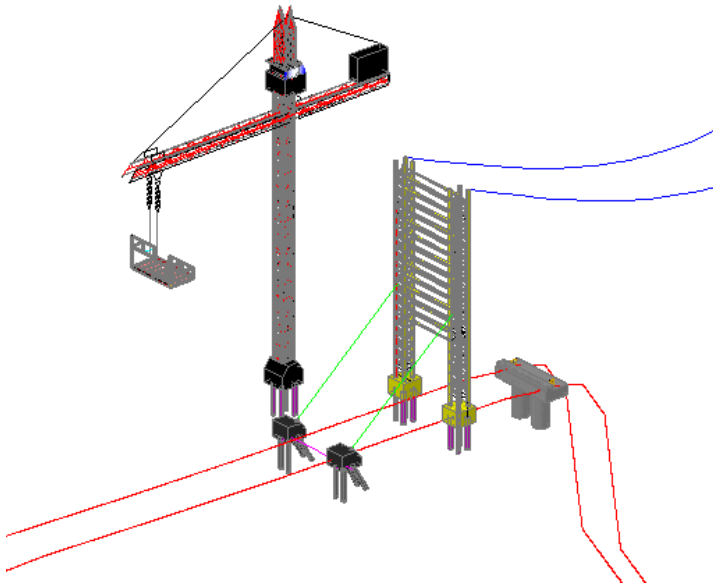
Perakitan setiap segmen jembatan dilakukan di darat, agar lebih efektif dalam pekerjaan dan juga mengurangi tingkat kesalahan dalam pemasangan.

Adapun pemasangan segmen dibagi menjadi beberapa tahap, antara lain:

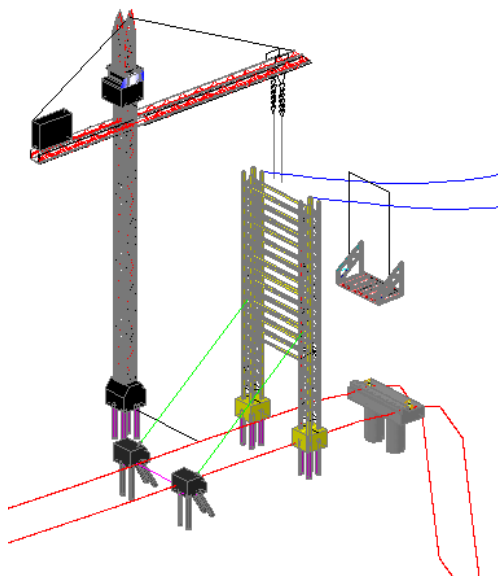
- Segmen 1

Pemasangan jembatan untuk segmen 1 sepanjang $l = 5\text{m}$, pemasangan dilakukan dari kedua sisi jembatan. Segmen jembatan yang telah dirakit didarat di angkat

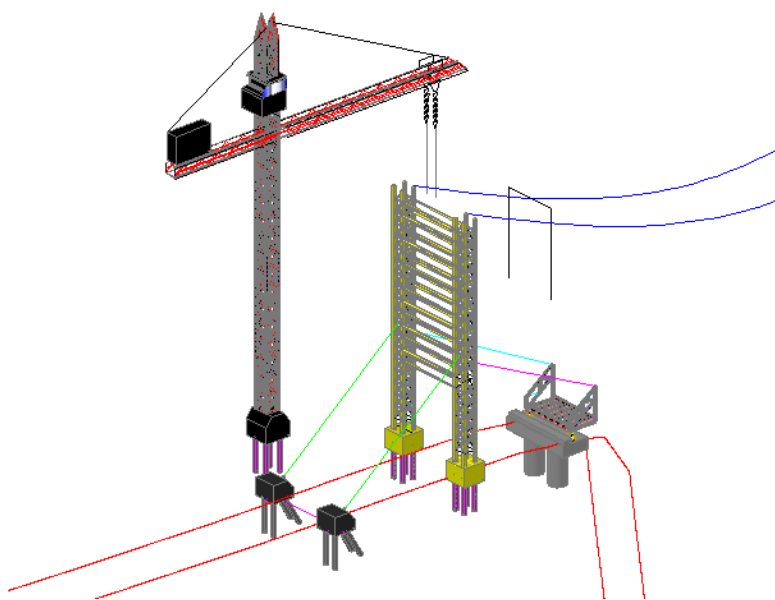
oleh tower crane menuju ke traveller, setelah segmen jembatan terpasang di traveller maka traveller membawa segmen jembatan sesuai dengan posisi segmen jembatan, di saat yang bersamaan kabel penahan jembatan, di pasang di temporary tower , kemudian kabel penahan yang terpasang di temporary tower di kaitkan ke segmen jembatan yang telah di tempatkan sesuai posisinya. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka temporary tower ditarik dengan dengan kabel penahan temporary tower yang dikaitkan dengan pengait yang tertanam di poer penahan.



Gambar 10.1 Pengangkatan segmen 1 oleh tower crane



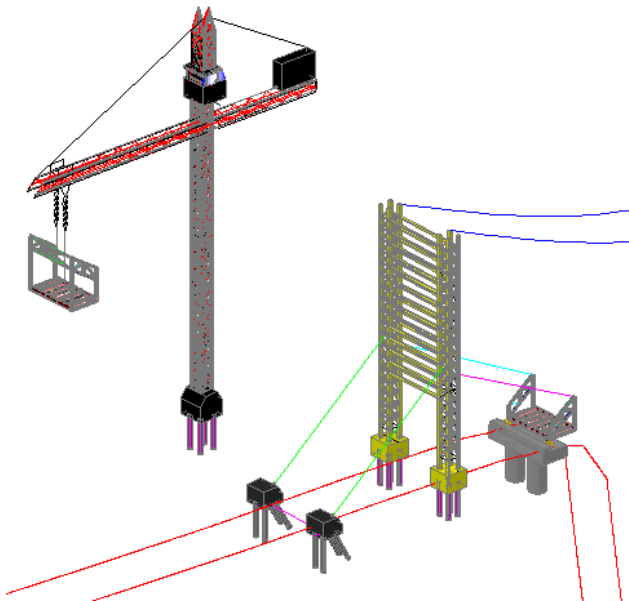
Gambar 10.2 Memposisikan segmen 1 oleh traveller



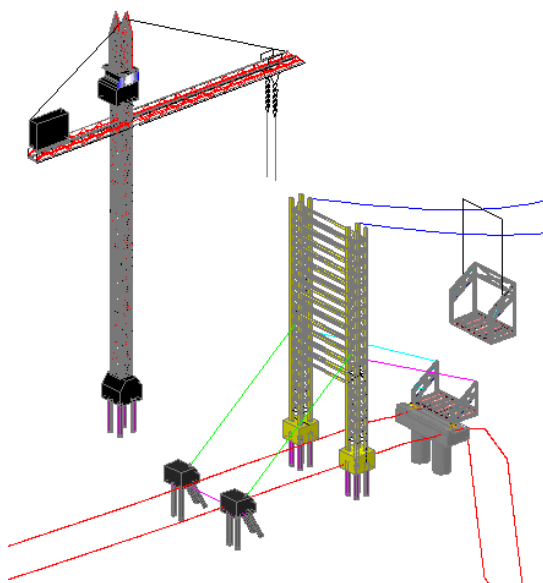
Gambar 10.3 Menahan segmen 1 oleh kabel

- Segmen 2

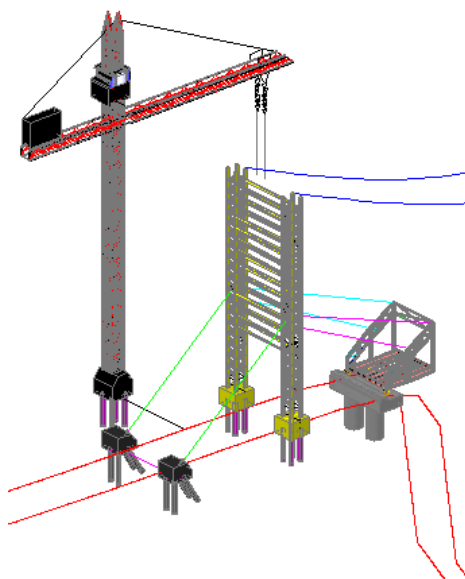
Pemasangan jembatan untuk segmen 2 sepanjang $\lambda = 10\text{m}$, pemasangan dilakukan dari kedua sisi jembatan. Segmen jembatan yang telah dirakit di darat di angkat oleh tower crane menuju ke traveller, setelah segmen jembatan terpasang di traveller maka traveller membawa segmen jembatan sesuai dengan posisi segmen jembatan, di saat yang bersamaan kabel penahan jembatan di pasang di temporary tower, kemudian kabel penahan yang terpasang di temporary tower di kaitkan ke segmen jembatan yang telah di tempatkan sesuai posisinya. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka temporary tower ditarik dengan dengan kabel penahan temporary tower yang dikaitkan dengan pengait yang tertanam di poer penahan.



Gambar 10.4 Pengangkatan segmen 2 oleh tower crane



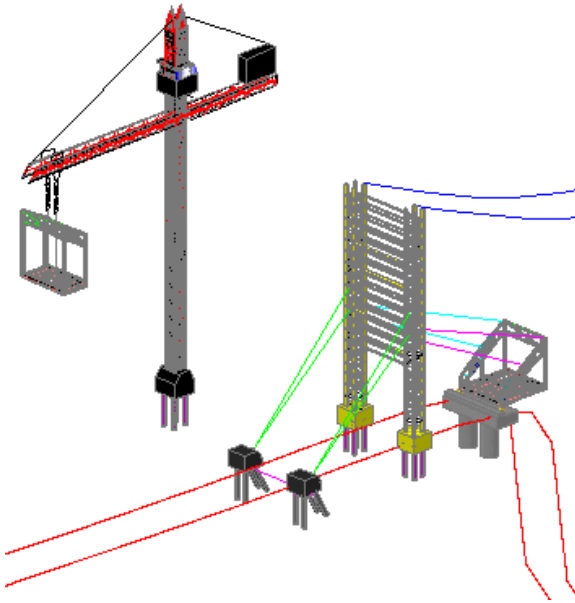
Gambar 10.5 Memposisikan segmen 2 oleh traveller



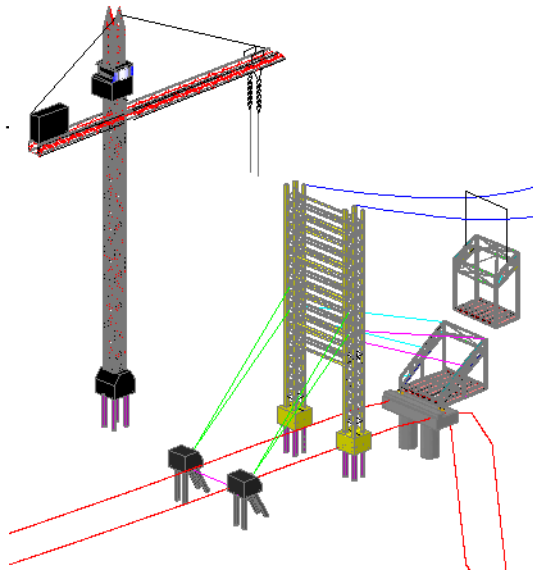
Gambar 10.6 Menahan segmen 2 oleh kabel

- Segmen 3

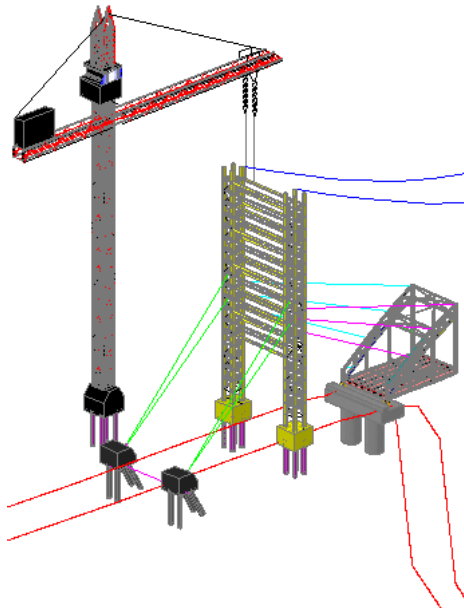
Pemasangan jembatan untuk segmen 3 sepanjang $l = 5\text{m}$, pemasangan dilakukan dari kedua sisi jembatan. Segmen jembatan yang telah dirakit didarat di angkat oleh tower crane menuju ke traveller, setelah segmen jembatan terpasang di traveller maka traveller membawa segmen jembatan sesuai dengan posisi segmen jembatan, di saat yang bersamaan kabel penahan jembatan di pasang di temporary tower , kemudian kabel penahan yang terpasang di temporary tower di kaitkan ke segmen jembatan yang telah di tempatkan sesuai posisinya. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka temporary tower ditarik dengan dengan kabel penahan temprary tower yang dikaitkan dengan pengait yang tertanam di poer penahan.



Gambar 10.7 Pengangkatan segmen 3 oleh tower crane



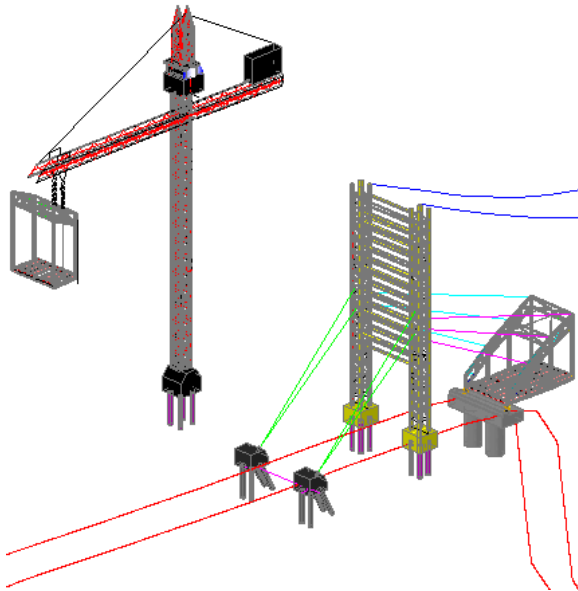
Gambar 10.8 Memposisikan segmen 3 oleh traveller



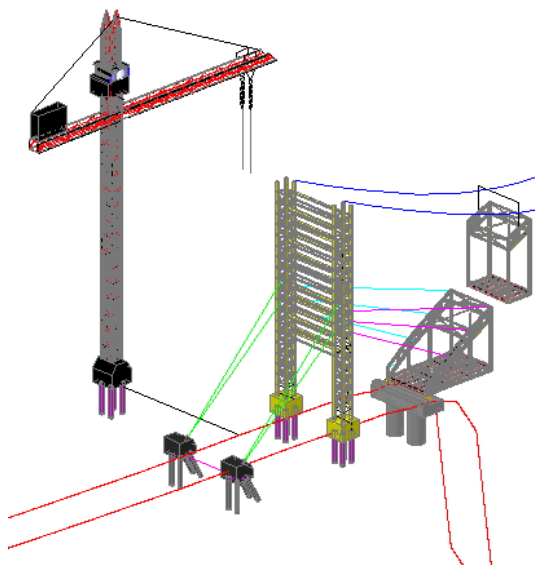
Gambar 10.9 Menahan segmen 3 oleh kabel

- Segmen 4

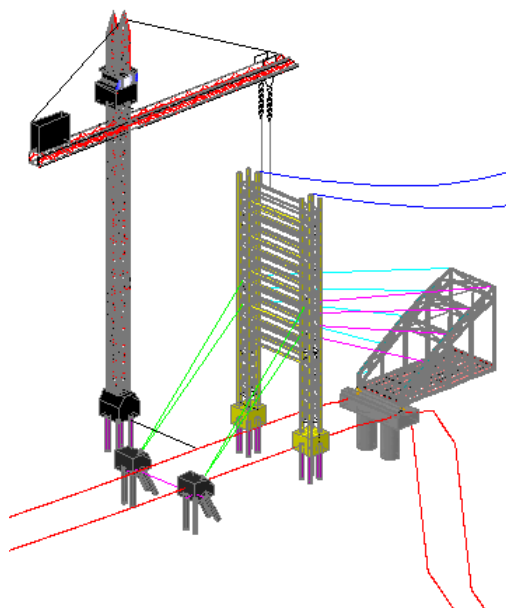
Pemasangan jembatan untuk segmen 4 sepanjang $l=20\text{m}$, pemasangan dilakukan dari kedua sisi jembatan. Segmen jembatan yang telah dirakit di darat di angkat oleh tower crane menuju ke traveller, setelah segmen jembatan terpasang di traveller maka traveller membawa segmen jembatan sesuai dengan posisi segmen jembatan, di saat yang bersamaan kabel penahan jembatan di pasang di temporary tower , kemudian kabel penahan yang terpasang di temporary tower di kaitkan ke segmen jembatan yang telah di tempatkan sesuai posisinya. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka temporary tower ditarik dengan dengan kabel penahan temporary tower yang dikaitkan dengan pengait yang tertanam di poer penahan.



Gambar 10.10 Pengangkatan segmen 4 oleh tower crane



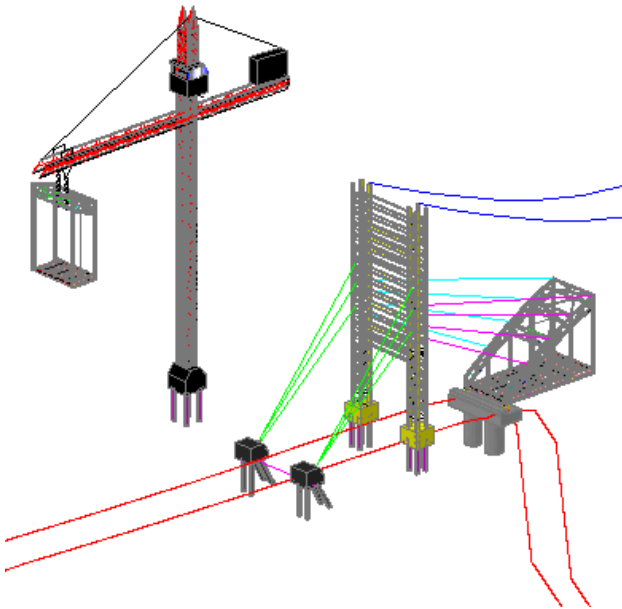
Gambar 10.11 Memposisikan segmen 4 oleh traveller



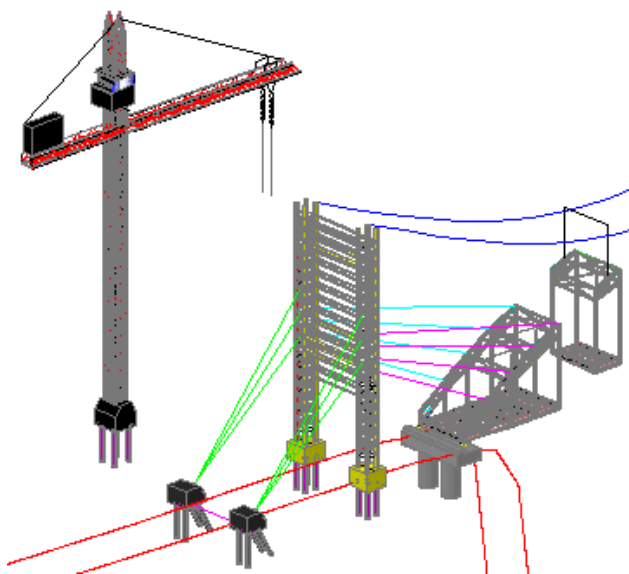
Gambar 10.12 Menahan segmen 4 oleh kabel

- Segmen 5

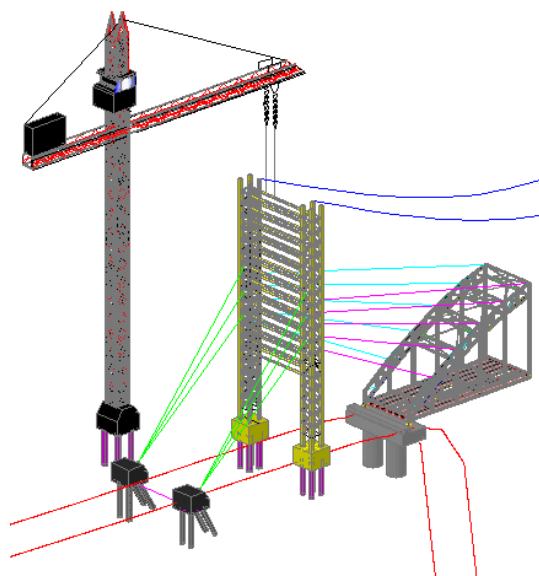
Pemasangan jembatan untuk segmen 5 sepanjang $\lambda = 25\text{m}$, pemasangan dilakukan dari kedua sisi jembatan. Segmen jembatan yang telah dirakit didarat di angkat oleh tower crane menuju ke traveller, setelah segmen jembatan terpasang di traveller maka traveller membawa segmen jembatan sesuai dengan posisi segmen jembatan, di saat yang bersamaan kabel penahan jembatan di pasang di temporary tower, kemudian kabel penahan yang terpasang di temporary tower di kaitkan ke segmen jembatan yang telah di tempatkan sesuai posisinya. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka temporary tower ditarik dengan dengan kabel penahan temporary tower yang dikaitkan dengan pengait yang tertanam di poer penahan.



Gambar 10.13 Pengangkatan segmen 5 oleh tower crane



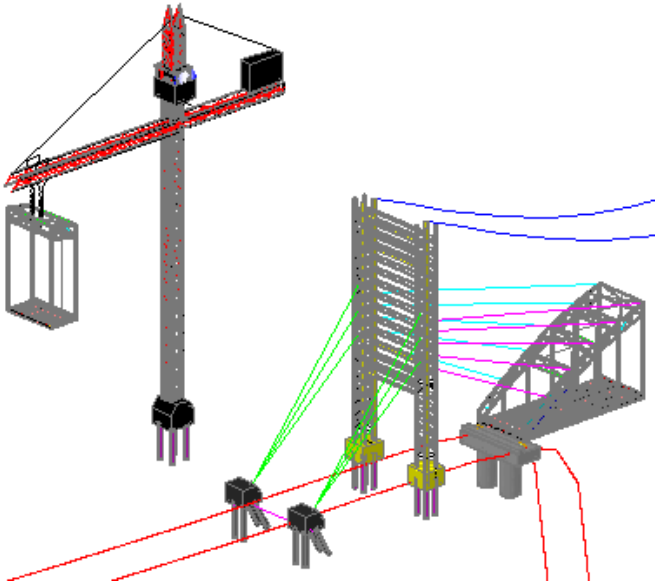
Gambar 10.14 Memposisikan segmen 5 oleh traveller



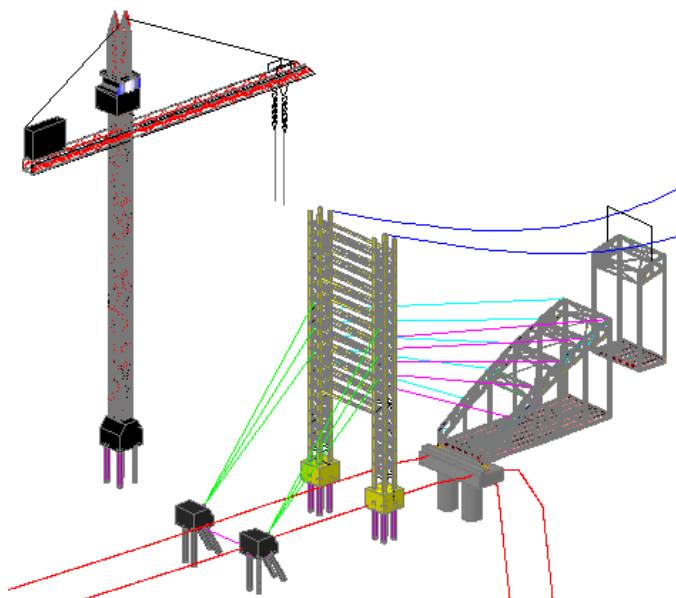
Gambar 10.15 Menahan segmen 5 oleh kabel

- Segmen 6

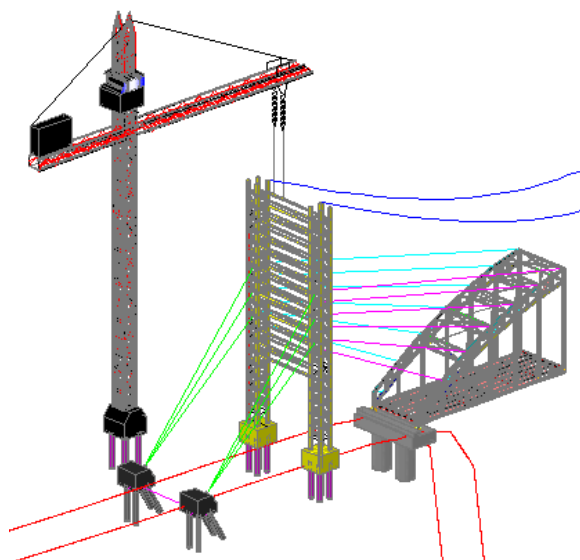
Pemasangan jembatan untuk segmen 6 sepanjang $\lambda=30\text{m}$, pemasangan dilakukan dari kedua sisi jembatan. Segmen jembatan yang telah dirakit di darat di angkat oleh tower crane menuju ke traveller, setelah segmen jembatan terpasang di traveller maka traveller membawa segmen jembatan sesuai dengan posisi segmen jembatan, di saat yang bersamaan kabel penahan jembatan di pasang di temporary tower , kemudian kabel penahan yang terpasang di temporary tower di kaitkan ke segmen jembatan yang telah di tempatkan sesuai posisinya. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka temporary tower ditarik dengan dengan kabel penahan temprrary tower yang dikaitkan dengan pengait yang tertanam di poer penahan.



Gambar 10.16 Pengangkatan segmen 6 oleh tower crane



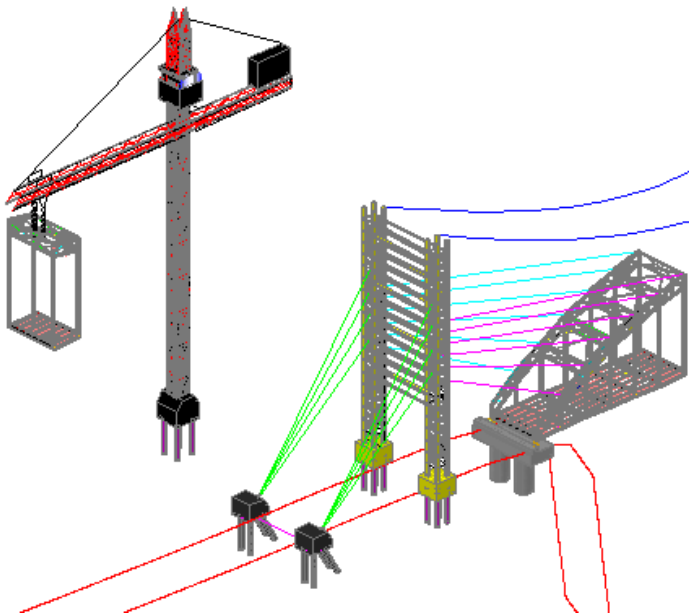
Gambar 10.17 Memposisikan segmen 6 oleh traveller



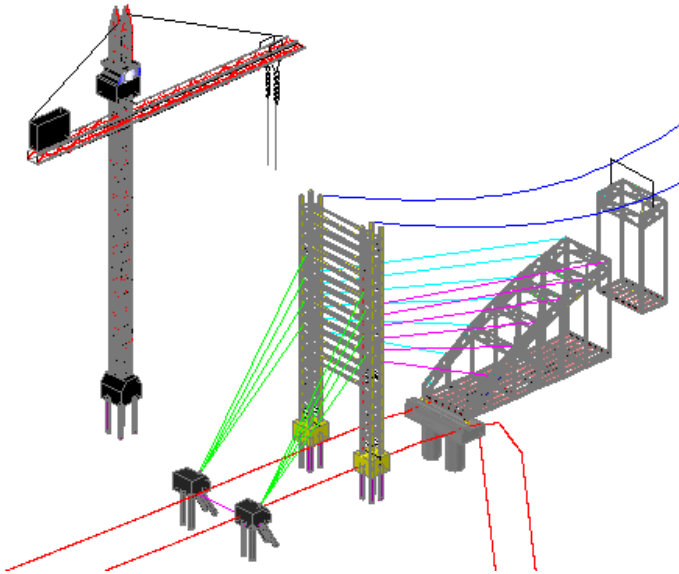
Gambar 10.18 Menahan segmen 6 oleh kabel

- Segmen 7

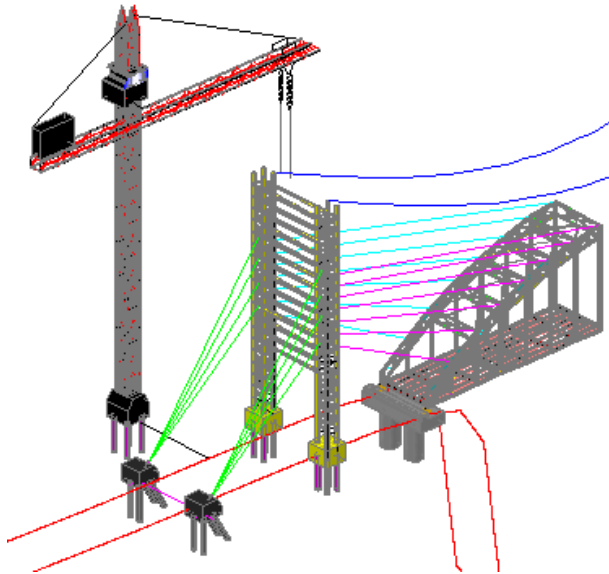
Pemasangan jembatan untuk segmen 7 sepanjang $\lambda=35\text{m}$, pemasangan dilakukan dari kedua sisi jembatan. Segmen jembatan yang telah dirakit di darat di angkat oleh tower crane menuju ke traveller, setelah segmen jembatan terpasang di traveller maka traveller membawa segmen jembatan sesuai dengan posisi segmen jembatan, di saat yang bersamaan kabel penahan jembatan di pasang di temporary tower , kemudian kabel penahan yang terpasang di temporary tower di kaitkan ke segmen jembatan yang telah di tempatkan sesuai posisinya. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka temporary tower ditarik dengan dengan kabel penahan temporary tower yang dikaitkan dengan pengait yang tertanam di poer penahan.



Gambar 10.19 Pengangkatan segmen 7 oleh tower crane



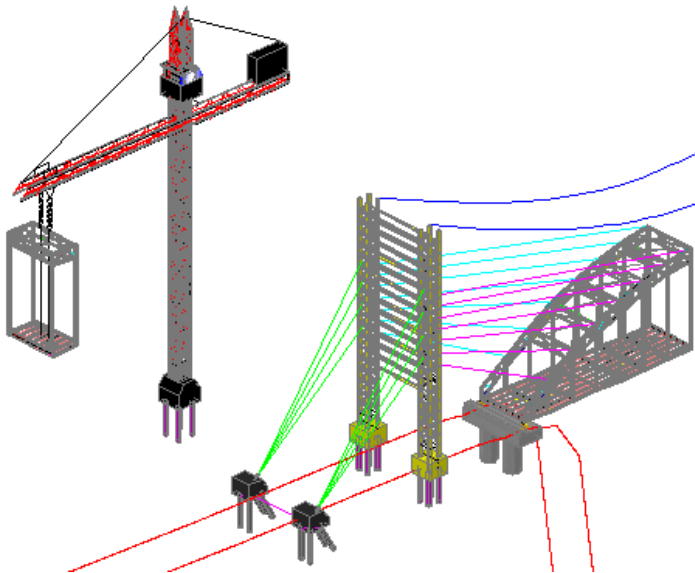
Gambar 10.20 Memposisikan segmen 7 oleh traveller



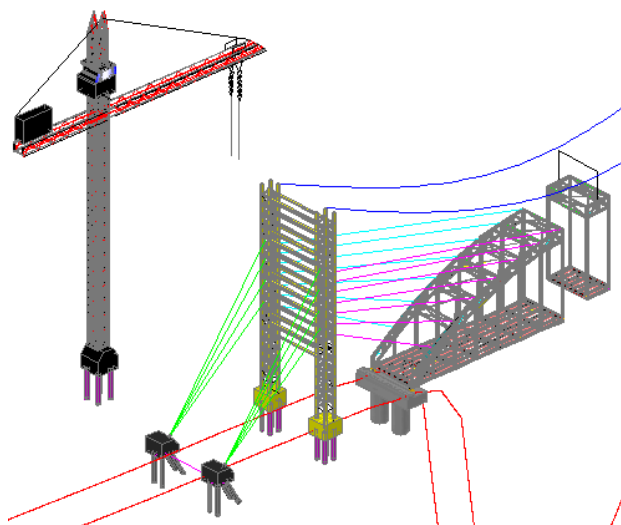
Gambar 10.21 Menahan segmen 7 oleh kabel

- Segmen 8

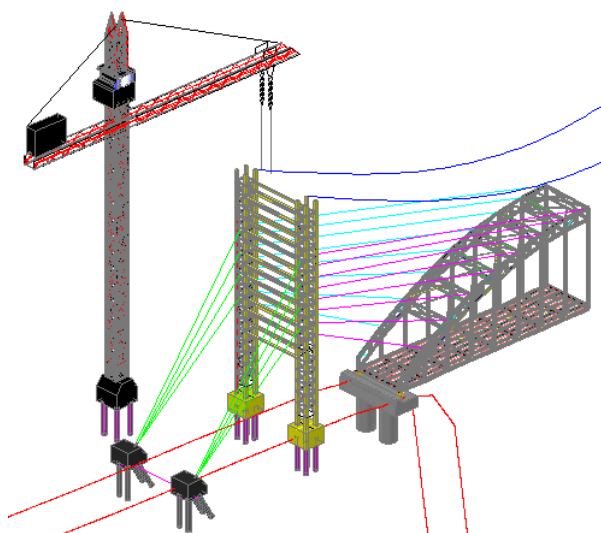
Pemasangan jembatan untuk segmen 8 sepanjang $\lambda=40\text{m}$, pemasangan dilakukan dari kedua sisi jembatan. Segmen jembatan yang telah dirakit di darat di angkat oleh tower crane menuju ke traveller, setelah segmen jembatan terpasang di traveller maka traveller membawa segmen jembatan sesuai dengan posisi segmen jembatan, di saat yang bersamaan kabel penahan jembatan di pasang di temporary tower , kemudian kabel penahan yang terpasang di temporary tower di kaitkan ke segmen jembatan yang telah di tempatkan sesuai posisinya. Untuk mengimbangi berat yang terjadi maka temporary tower ditarik dengan dengan kabel penahan temprary tower yang dikaitkan dengan pengait yang tertanam di poer penahan.



Gambar 10.22 Pengangkatan segmen 8 oleh tower crane



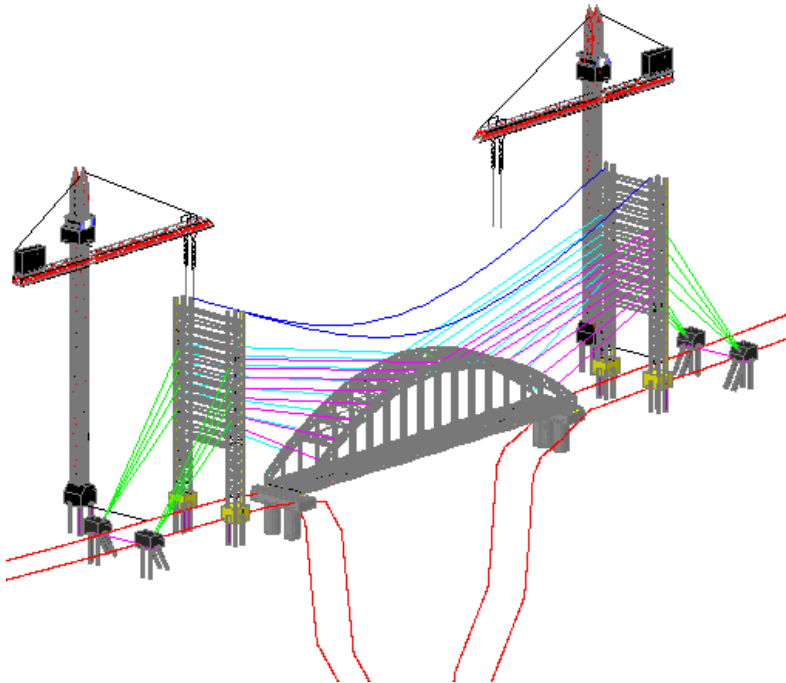
Gambar 10.23 Memposisikan segmen 8 oleh traveller



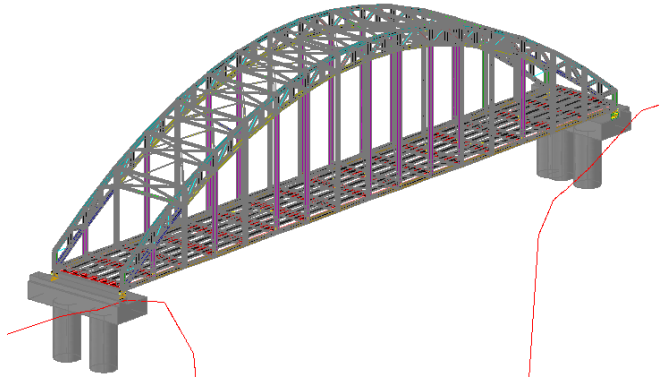
Gambar 10.24 Menahan segmen 8 oleh kabel

- Segmen 10

Setelah pemasangan dari kedua sisi jembatan telah bertemu ditengah bentang jembatan maka dilanjutkan dengan pekerjaan menghilangkan gaya tarikan kabel pada temporary support, serta pembongkaran temporary support beserta traveller dan tower crane.



Gambar 10.25 Pertemuan kedua sisi jembatan



Gambar 10.26 Menghilangkan Gaya Tarikan Kabel.

5. Pekerjaan deck jembatan

Setelah dilakukan pekerjaan pemasangan segmen jembatan, maka dilakukan pekerjaan bekisting pada deck jembatan, lalu dilanjutkan dengan pekerjaan pembesian dan pengecoran pada lantai kendaraan.

6. 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

7. Kebutuhan Kabel Saat Pelaksanaan

a. Kabel Penarik Jembatan

ASTM B-416 - 7 No 8 Awg.

fu = 1864 Mpa

f ijin = 0,7 x 1864 Mpa = 1304,8 Mpa

E = 19500 Mpa

Dimensi Kabel

n = 1 buah

D = 9,78 mm

As = $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 9,78^2$ mm = 75,122 mm²Pn = $\varphi \cdot Fu \cdot As$ = 0,75 x 1864 Mpa x 75,122mm²

= 105020,6646 N

= 105,021 kN

Tabel 10.1 Kabel Penarik Jembatan

Frame	Pu	Asc	n. kabel	Asc Actual	Pn	Status
	(kN)	(mm ²)	(strand)	(mm ²)	(kN)	
Berat 1 Segmen	193.6956313	148.449	2	150.244	196.0386	OK
Berat 2 Segmen	387.3912625	296.897	4	300.488	392.0771	OK
Berat 3 Segmen	581.0868938	445.346	6	450.732	588.1157	OK
Berat 4 Segmen	774.782525	593.794	8	600.977	784.1543	OK
Berat 5 Segmen	968.4781563	742.243	10	751.221	980.1929	OK
Berat 6 Segmen	1162.173788	890.691	12	901.465	1176.231	OK
Berat 7 Segmen	1355.869419	1039.140	14	1051.709	1372.27	OK
Berat 8 Segmen	1549.56505	1187.588	16	1201.953	1568.309	OK

b. Kabel Penahan Temporary Tower

ASTM B-416 - 7 No 6 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

$$n = 1 \text{ buah}$$

$$D = 12,4 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12,4^2 \text{ mm} = 120,763 \text{ mm}^2$$

$$P_n = \phi \cdot F_u \cdot A_s$$

$$= 0,75 \times 1864 \text{ Mpa} \times 120,763 \text{ mm}^2$$

$$= 168826,4246 \text{ N}$$

$$= 168,8264246 \text{ kN}$$

Tabel 9.2 Kabel Penahan Temporary Tower

Gaya	Pu	Asc	n. kabel	Asc Actual	Pn	Status
	(kN)	(mm ²)	(strand)	(mm ²)	(kN)	
Gaya Kabel 1	301.3369087	230.945	2	241.526	315.1427	OK
Gaya Kabel 2	273.9269887	209.938	2	241.526	315.1427	OK
Gaya Kabel 3	252.8516889	193.786	2	241.526	315.1427	OK
Gaya Kabel 4	239.4209672	183.492	2	241.526	315.1427	OK

“Halaman Ini Sengaja dikosongkan“

A R A W E L D



ecn 



A **General Cable** Company



Aluminium clad steel

Also, in order to verify the right adherence of aluminium and steel to guarantee the minimum aluminium thickness by 10% of the wire radius after drawing, along with the measurements of the mechanical and electrical characteristics, each Araweld® rod is subject to the following tests:

- Twist test
- Reverse bending test to breaking



The electrical characteristics of the aluminium and its performance against corrosion, along with high mechanical resistance of the steel make the ARAWELD®.

ARAWELD® Process

ECN Cable Group by means of an advanced process achieves a metallurgical and inseparable bond between the aluminium and the steel, guaranteed by the quality control on the cladding line.

Such a control is based on:

- Cleaning of the steel
- Cleaning of the aluminium
- Operating temperature
- Bonding atmosphere

Characteristics of the ARAWELD® wires

- Araweld® wires provide 33% the conductivity of an aluminium wire of the same size and 1,91 times the conductance of steel.
- The tensile strength is over 140 Kg / sqmm.
- Because of their thick cladding of aluminium the weight is 15% lower than a steel wire of the same size.

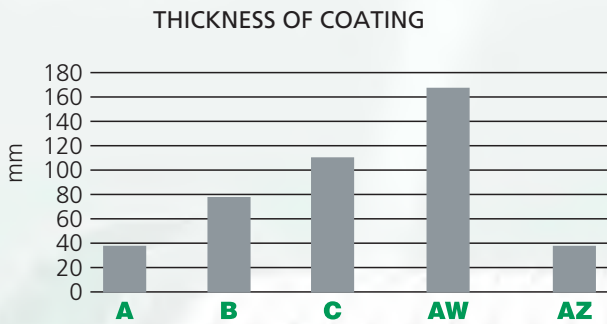
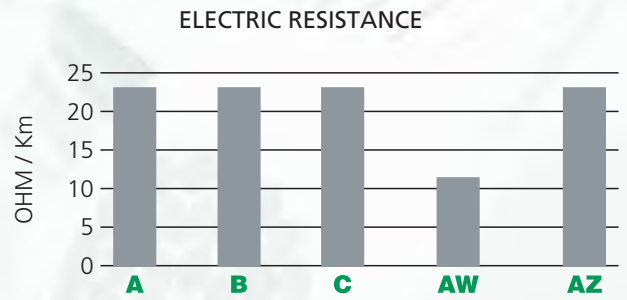
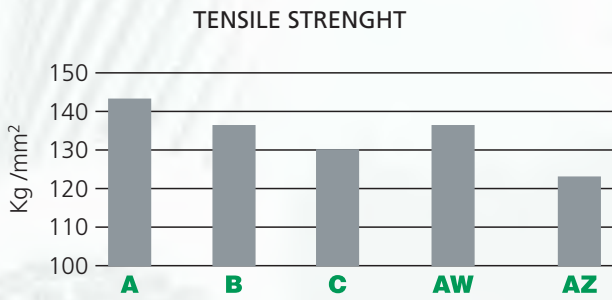
Properties of Araweld® overhead ground wire compared with galvanized steel and aluminized steel (Fig. 1)

Comparative graphics for a 3.26 mm. wire in the different materials:

- A Galvanized steel A class, according to ASTM B - 498
- B Galvanized steel B class, according to ASTM B - 498
- C Galvanized steel C class, according to ASTM B - 498
- AW Araweld® according to ASTM B - 502
- AZ Aluminized according to ASTM B - 341



Fig. 1



Corrosion resistance

The corrosion resistance of the aluminium in any atmosphere is well known, and different systems like the climat test, based on the combination of wires and bolts, have been used to determine the corrosion resistance of pure aluminium or combined with other metals.

One of the main problem in conductors, and specially the ACSR, is the galvanic corrosion between aluminium and steel.

In a salty solution, the difference of potential of the zinc with respect to aluminium is -300mV., and the steel +150 mV. It means that the contact Al/Zn is anodic and zinc will tend to disappear, while contact Al/St is cathodic and aluminium will suffer the corrosion.

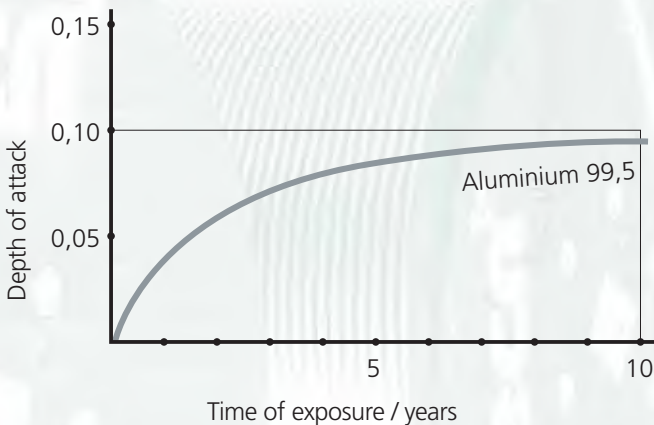
The used of Araweld® wires instead of galvanized steel prevents this galvanic corrosion, because of the contact Aluminium/Aluminium.

Even existing small depositions of salty particles over the wire, Araweld® provides a longer operating life because of its thick aluminium covering.

Araweld® Wires

Designación	Diámetro Nominal	Peso	Resistencia	Sección
	mm	Kg/Km	W / Km a 20°C	mm²
4 Awg.	5,19	139,3	4,009	21,15
5 Awg.	4,62	110,5	5,056	16,77
6 Awg.	4,12	87,62	6,375	13,30
7 Awg.	3,67	69,48	8,038	10,55
8 Awg.	3,26	55,11	10,13	8,368
9 Awg.	2,91	43,71	12,78	6,632
10 Awg.	2,59	34,66	16,12	5,261
11 Awg.	2,30	27,49	20,32	4,172
12 Awg.	2,05	21,80	25,63	3,309

Modulus of Elasticity: Strand 16,200 Kg / mm²; solid wire 16,500 Kg / mm².
Coefficient of linear expansion: 0.000013
Tensile strength: In accordance to the applicable specification.





Overhead ground wires ARAWELD®

The importance of overhead ground or shield wires in the protection of transmission lines from lightning has been recognized for over fifty years. Studies and tests have proved the effectiveness of this type of lightning protection for minimizing or eliminating outages and for protecting expensive equipment. Today, almost all important transmission lines are shielded from lightning with either one or two overhead ground wires.

Araweld® (Aluminium clad steel) overhead ground wires provide the very best means of obtaining lightning protection. They combine conductivity, corrosion resistance and high strength - all of the properties necessary for such protection. Figure 1 compares the properties of Araweld® overhead ground wires with those of steel..

Conductivity

Araweld® overhead ground wires, because of their thick cladding of aluminium, provide one-third the conductivity of an aluminium conductor of the same size and 1.91 times the conductance of steel.

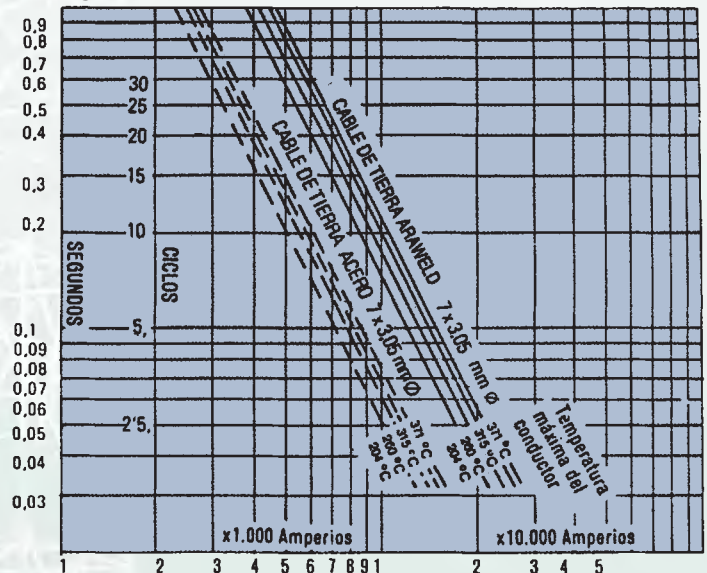
Each Araweld® wire used in an Araweld® strand is tested for resistivity, a practice not generally used for steel. This insures known electrical properties in Araweld® overhead ground wires. These properties are maintained throughout the life of the line, as contrasted to steel wires with other protective coatings which can deteriorate with time. Such deterioration further reduces the conductance of the overhead ground wire in service. The electrical properties of Araweld® overhead ground wires are tabulated on next page, Table 1.

An advantage of good conductivity is the resulting reduction in temperature rise of the static wire under fault current conditions. A comparison of the benefits of conductivity in limiting temperature rise is shown in Figure 2. In developing these curves it is assumed that the ground wire completely absorbs the heat resulting from these short-time high currents. In Figure 2, a comparison is made between Araweld® overhead ground wire composed of 7x3,05 mm Araweld® wires with a steel strand the same size.

Referring to Figure 2, it will be noted that to raise the temperature of the Araweld® strand to 204° for a fault of 5 cycles duration would require a 12,000 ampere fault as compared to a 7,200 ampere fault for the steel. Comparing equal current faults, a 10,000 ampere fault would raise the temperature of Araweld® to 204° if held for 7.5 cycles but the steel strand would reach the same temperature in only 2.5 cycles.

The high conductivity of Araweld® overhead ground wires provides additional benefits over and above the function of direct stroke protection. It reduces the zero sequence impedances, the 50 cycle earth potentials at structures resulting from phase to ground flashover and the induced potentials in paralleling communication circuits.

Fig. 2



EFFECT OF SHORT CIRCUIT CURRENTS ON OVERHEAD GROUND WIRE
Assuming complete absorption of heat by the overhead ground wire.
20 °C D.C. Resistance

7 x 3.05	ARAWELD®	1.6781 Ohms/Km.
7 x 3.05	mm. Steel	3.7894 Ohms/Km.
TEMPERATURE COEFFICIENT OF RESISTANCE		
7 x 3.05	ARAWELD®	0.0036 per/ °C
7 x 3.05	mm. Steel	0.0032 per/ °C

Construction Practices

Generally, Araweld® overhead ground wires should be installed in accordance with the practices used for aluminium conductors, making allowance for greater strength of Araweld®. Reasonable care is recommended to assure the best performance of this important component of a transmission line.

As with any conductor, the overhead ground wires should be dragged across rocks, fences, metallic arms or other obstructions which would abrade or damage the surface. Free-running sheaves should be used at the structures, preferably ones having a diameter at least 15 to 20 times that of the strand. Also, these sheaves should be neoprenelined to eliminate metal-to-metal contact and to reduce the possibility of abrasion.

In stringing and sagging these wires, smooth, parallel-jawed come-alongs should be used to eliminate cutting or deformation of the wires of the strand. In tension stringing, bull-wheel type machines should be used to retard the strand, rather than braking on reel flanges.

Electrical properties of Araweld® ground wire A.C. current 60 Hz.

Designation	Resistance at 60 Hz. ohm / km		Resistance at 1 Ft. (30 cm) spacing 60 Hz		Geom. mean radius G.M.R.
	Small current at 25 °CC	Current 75% of Capacity at 75%	Inductive ohm / Km	Capacitive Meg ohm / Km	
					A 60 Hz mm
3 N° 5 Awg.	1,727	2,212	0,439	0,196	0,896
3 N° 6 Awg.	2,181	2,740	0,448	0,202	0,798
3 N° 7 Awg.	2,746	3,399	0,456	0,207	0,711
3 N° 8 Awg.	3,467	4,237	0,465	0,213	0,633
3 N° 9 Awg.	4,374	5,294	0,474	0,218	0,564
3 N° 10	5,511	6,630	0,483	0,224	0,503
7 N° 5 Awg.	0,770	1,037	0,439	0,180	0,901
7 N° 6 Awg.	0,954	1,249	0,448	0,186	0,802
7 N° 7 Awg.	1,203	1,535	0,456	0,191	0,714
7 N° 8 Awg.	1,516	1,901	0,465	0,197	0,635
7 N° 9 Awg.	1,914	2,361	0,474	0,202	0,566
7 N° 10 Awg.	2,411	2,939	0,483	0,208	0,505
7 N° 11 Awg.	3,040	3,635	0,491	0,213	0,450
7 N° 12 Awg.	3,833	4,510	0,500	0,219	0,400
19 N° 5 Awg.	0,280	0,471	0,400	0,156	1,502
19 N° 6 Awg.	0,353	0,552	0,409	0,162	1,337
19 N° 7 Awg.	0,445	0,661	0,418	0,167	1,190
19 N° 8 Awg.	0,562	0,795	0,426	0,173	1,060
19 N° 9 Awg.	0,708	0,965	0,435	0,178	0,944
19 N° 10 Awg.	0,893	1,178	0,444	0,182	0,840

Table 1

Characteristics of Araweld® overhead groundwires DIN 48201/8

Code	Section	Nr. of Wires	Diameters		Weight	Rated Strength	DC Resistance
	mm²		Wire mm	Cond. mm	Kg / Km	Kn	W/Km
25	24,25	7	2,10	6,30	162,0	31,56	3,5460
35	34,36	7	2,50	7,50	229,0	44,72	2,4990
50	49,48	7	3,00	9,00	330,0	64,40	1,7360
70	65,81	19	2,10	10,5	441,0	85,65	1,3130
95	93,27	19	2,50	12,5	626,0	121,39	0,9250
120	116,99	19	2,80	14,0	785,0	152,26	0,7370
150	147,11	37	2,25	15,7	990,0	191,46	0,5870
185	181,62	37	2,50	17,5	1221,0	236,38	0,4760
240	242,54	61	2,25	20,2	1635,0	299,05	0,3570
300	299,43	61	2,50	22,5	2017,0	369,20	0,2890

Characteristics of Araweld® overhead groundwires IEC

Code	Section	Nr. of Wires	Diameters		Weight	Rated Strength	DC Resistance
	mm²		Wire mm	Cond. mm	Kg / Km	Kn	W/Km
16	16	7	1,71	5,12	106,6	19,20	5,3588
25	25	7	2,13	6,40	166,6	30,00	3,4297
40	40	7	2,70	8,09	266,5	48,00	2,1435
63	63	7	3,39	10,20	419,8	74,30	1,3610
100	100	7	4,26	12,80	666,3	107,00	0,8574
125	125	19	2,89	14,50	836,8	150,00	0,6891
160	160	19	3,27	16,40	1071,1	192,00	0,5384
200	200	19	3,66	18,30	1338,8	228,00	0,4307
250	250	37	2,93	20,50	1677,8	300,00	0,3454
315	315	37	3,29	23,00	2114,0	371,70	0,2742
400	400	37	3,71	26,00	2684,5	440,00	0,2159
450	450	37	3,94	27,50	3020,1	495,00	0,1919
500	500	37	4,15	29,00	3355,6	535,00	0,1727
560	560	37	4,39	30,70	3758,3	599,20	0,1542
630	630	37	4,66	32,60	4228,1	630,00	0,1371
710	710	61	3,85	34,60	4773,4	781,00	0,1218

Characteristics of Araweld® overhead groundwires ASTM B - 416

Code	Section	Nr. of Wires	Diameters		Weight	Rated Strength	DC Resistance
	mm²		Wire mm	Cond. mm	Kg / Km	Kn	W/Km
3 No 5 Awg.	50,32	3	4,62	9,96	334,1	54,42	1,6990
3 No 6 Awg.	39,00	3	4,11	8,87	265,0	45,74	2,1420
3 No 7 Awg.	31,65	3	3,67	7,90	210,1	38,36	2,7010
3 No 8 Awg.	25,10	3	3,26	7,03	166,7	32,06	3,4060
3 No 9 Awg.	19,90	3	2,91	6,26	132,2	25,43	4,2940
3 No 10 Awg.	15,78	3	2,59	5,58	104,8	20,16	5,4150
7 No 5 Awg.	117,40	7	4,62	13,90	781,1	120,27	0,7426
7 No 6 Awg.	93,10	7	4,11	12,40	619,5	101,14	0,9198
7 No 7 Awg.	73,87	7	3,67	11,00	491,1	84,81	1,1600
7 No 8 Awg.	58,56	7	3,26	9,78	389,6	70,88	1,4630
7 No 9 Awg.	46,44	7	2,91	8,71	308,9	56,20	1,8440
7 No 10 Awg.	36,83	7	2,59	7,76	245,1	44,58	2,3250
7 No 11 Awg.	29,21	7	2,30	6,91	194,4	35,35	2,9320
7 No 12 Awg.	23,16	7	2,05	6,16	154,2	28,03	3,6970
19 No 5 Awg.	318,70	19	4,62	23,10	2129,0	326,39	0,2698
19 No 6 Awg.	252,70	19	4,11	20,60	1688,0	274,55	0,3402
19 No 7 Awg.	200,40	19	3,67	18,30	1339,0	230,18	0,4290
19 No 8 Awg.	158,90	19	3,26	16,30	1062,0	192,41	0,5409
19 No 9 Awg.	126,10	19	2,91	14,50	842,0	152,58	0,6821
19 No 10 Awg.	99,96	19	2,59	12,90	667,7	121,00	0,8601
37 No 5 Awg.	620,60	37	4,62	32,30	4170,0	635,43	0,1394
37 No 6 Awg.	492,20	37	4,11	28,80	3307,0	534,86	0,1757
37 No 7 Awg.	390,30	37	3,67	25,70	2623,0	448,09	0,2216
37 No 8 Awg.	309,50	37	3,26	22,90	2080,0	374,67	0,2794
37 No 9 Awg.	245,50	37	2,91	20,30	1649,0	279,11	0,3523
37 No 10 Awg.	194,70	37	2,59	17,90	1308,0	235,61	0,4443



Portal de Bergara, 36
01013 VITORIA-GASTEIZ • SPAIN
Tel.: +34 945 261 100 • Fax.: +34 945 267 146
marketing@ecn.es • export@ecn.es
www.ecn.es



A **General Cable** Company

PROJECT: JEMBATAN LENGKONG

GROUND SURFACE LEVEL :
GROUND WATER LEVEL :

BORING DEPTH: 9.5m

Depth (m)	Soil Description	S.P.T.				Wp	Wn	Wi	d	Gs	e	S	Strength Test			C _{cc}	cv	Cc
		10	20	30	40								Type	c	φ			
1.00	Brown Silty/Fine Sandy Clay																	
2.00		7				22.47	41.81	54.98	1.50	2.64	1.55	76.29	DS	0.025	5°	-	0.004	48.2 x 10 ⁻³
3.00	Dark Grey Medium to Coarse Sand with Some Gravel	8																
4.00																		
5.00																		
6.00																		
7.00																		
8.00																		
9.00																		
10.00																		
11.00	BORING TERMINATION																	
12.00																		
13.00																		
14.00																		
15.00																		
16.00																		
17.00																		
18.00																		
19.00																		
20.00																		
21.00																		
22.00																		
23.00																		
24.00																		
25.00																		
26.00																		
27.00																		
28.00																		
29.00																		
30.00																		
31.00																		
32.00																		
33.00																		
34.00																		
35.00																		
36.00																		
37.00																		
38.00																		
39.00																		
40.00																		

S.P.T. = Standard Penetration Test (blows/ft)
 Wp = Plastic Limit (%)
 Wn = Natural Water Content (%)
 Wi = Liquid Limit (%)
 d = Bulk Unit Weight (t/m³)
 Gs = Specific Gravity
 e = Void Ratio
 S = Degree of Saturation (%)
 UU = Unconsolidated Undrained Test
 UC = Unconfined Compression Test
 DS = Direct Shear Test
 c = Cohesion (Kg/cm²)
 φ = Angle of Internal Friction
 qu = Unconfined Compressive Strength (Kg/cm²)
 C_{cc} = Slope of Rebound Curve
 cv = Coef. of Consolidation (cm²/sec)
 Cc = Compression Index

Boring no.
BH 2

Thin Wall
 S.P.T.
 Coring

BAB XI

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil desain ulang, diperoleh sebagai berikut:

1. Dimensi melintang lantai kendaraan lengkap dengan trotoar adalah 9,8 m untuk jalan 2 jalur 2 arah. Tinggi fokus busur adalah 16 m dan tinggi tampang busur 2 m.
Mutu baja profil yang di gunakan:
 - BJ 55 $\rightarrow f_u = 550$ 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 D13-300.
3. Gelagar Memanjang
Awalnya menggunakan profil WF 450x300x11x18 dirubah menjadi profil WF 400x200x8x13,
Shear Connector $D = 13$ mm dan $L = 75$ mm
Jumlah Shear connector = 79 buah (untuk 2 baris)
= 39 buah (untuk 1 baris)
Rasio maksimal yang terjadi pada batang = 0,913 (SAP 2000)
Lendutan Yang terjadi, $\delta = 0,106 < \delta_{ijin} = 0,63$
4. Gelagar Melintang
Awalnya menggunakan profil WF 900x300x18x34 dirubah menjadi profil WF 900x300x18x34,
Rasio Maksimal yang terjadi pada batang = 0,817 (SAP 2000)
Lendutan Yang terjadi, $\delta = 0,96 < \delta_{ijin} = 1,23$
5. Struktur utama yaitu :
 - Busur atas
Awalnya menggunakan profil WF 450x500x20x24 dirubah menjadi profil WF 400x400x16x24 dengan rasio = 0,718 ,

-Busur bawah

Awalnya menggunakan profil WF 450x500x20x24 dirubah menjadi profil WF 400x400x30x50 dengan rasio = 0,513,

-Busur bawah

Awalnya menggunakan profil WF 450x500x20x24 dirubah menjadi profil WF 400x400x15x15 dengan rasio = 0,896,

-Batang vertikal

Awalnya menggunakan profil WF 450x300x11x18 dirubah menjadi profil WF 400x200x7x11 dengan rasio = 0,314,

-Batang diagonal

Awalnya menggunakan profil WF 450x200x9x14 dirubah menjadi profil WF 400x200x7x11 dengan rasio = 0,550,

-Batang diagonal

Awalnya menggunakan profil WF 450x200x9x14 dirubah menjadi profil WF 400x200x8x13 dengan rasio = 0,825,

-Batang diagonal

Awalnya menggunakan profil WF 450x200x9x14 dirubah menjadi profil WF 400x300x9x14 dengan rasio = 0,463,

-Batang penggantung

Awalnya menggunakan profil WF 450x300x11x18 dirubah menjadi profil WF 400x300x9x14 rasio = 0,601,

-Batang tarik tepi

Awalnya menggunakan profil WF 450x300x11x18 dirubah menjadi profil WF 400x400x20x35 dengan rasio = 0,328,

-Batang tarik tepi

Awalnya menggunakan profil WF 450x300x11x18 dirubah menjadi profil WF 400x400x30x50 dengan rasio = 0,470

6. Struktur sekunder yaitu:

-Ikatan angin busur atas

Awalnya menggunakan profil WF 250x250x7x11 dirubah menjadi profil WF 200x200x20x16, rasio = 0,625,

-Ikatan angin busur bawah

Awalnya menggunakan profil WF 250x250x7x11 dirubah menjadi profil WF 200x200x20x16, rasio = 0,455

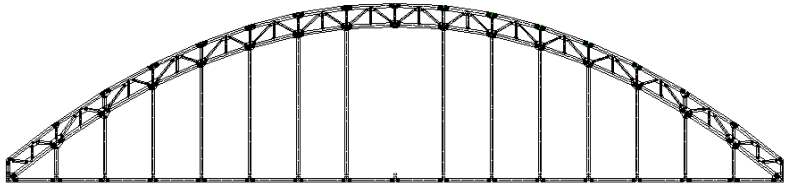
-Ikatan angin lantai kendaraan

Awalnya menggunakan profil WF 250x175x7x11 dirubah menjadi profil SL 65x65x5x9, rasio = 0,849,

-Bracing

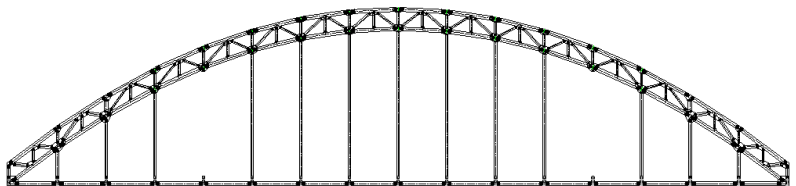
Awalnya menggunakan profil WF 450x300x11x18 dirubah menjadi profil WF 175x175x7.5x11 dengan rasio = 0,052,

7. Perletakan berupa perletakan sendi dan rol.
8. Metode pelaksanaan jembatan menggunakan sistem balanced kantilever dengan mengandalkan tarikan kabel yang dihubungkan ke temporary tower, serta menggunakan bantuan tower crane dan traveller untuk memasang setiap segmen jembatan.
9. Maintenance accident :
-Kondisi penggantung bagian tengah bentang di lepas.



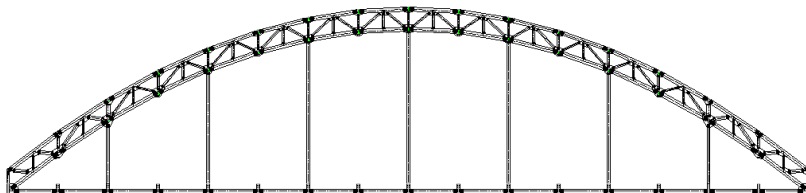
$$P \text{ max} = 188131,64 \text{ kg} , \text{ rasio} = 0,699$$

-Kondisi penggantung bagian tepi (asumsi 1/3 L) di lepas.



$$P \text{ max} = 204009,52 \text{ kg} , \text{ rasio} = 0,705$$

-Kondisi 50% penggantung di lepas.



$P_{\max} = 206033,23 \text{ kg}$, rasio = 0,706

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.
- Chen, Wai-Fah, Duan, Lian. 2000. *Bridge Engineering Handbook*. Boca Raton. London
- Troitsky, M. S. 1994. *Planning and Design of Bridge*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Semarang : Erlangga.
- Nasution, Thamrin. 2011. **Modul Kuliah Struktur Baja I**. Malang : Departemen Teknik Sipil FTSP ITM.
- Dien,aristadi. 2006 **Analisis Sistem Rangka Baja Pada Struktur Jembatan Busur Rangka Baja**.
<http://www.pu.go.id/bapekin/hasil%20kajian//kajian2.html>.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir pada tanggal 21 bulan Agustus tahun 1993 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis bernama lengkap Yudi Arif Santoso ini, merupakan lulusan SD Negeri 2 Jarak Siman Ponorogo, juga pernah bersekolah di SMP Negeri 2 Ponorogo, SMA Negeri 2 Ponorogo dan DIII Teknik Sipil ITS. Selain itu penulis juga pernah aktif di kegiatan kemahasiswaan selama dua tahun, beberapa contohnya adalah penulis aktif dalam menyukseskan beberapa kegiatan di bidang kaderisasi sebagai Steering Comitee (SC), PSDM dan juga aktif dalam Lembaga Dakwah Jurusan Jamaah Masjid Al – Azhaar (JMAA) selama satu periode. Di samping itu penulis juga aktif dalam Paguyuban Mahasiswa Ponorogo dan menduduki menjadi Ketua Internal Paguyuban Mahasiswa Ponorogo Surabaya selama satu tahun. Selain mengisi waktu dengan kegiatan akademik dan Organisasi, di waktu senggangnya penulis sering menghabiskan waktu untuk berlatih pencak silat.