



**TUGAS AKHIR – RC141501**

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN  
MRICAN KEDIRI MENGGUNAKAN BUSUR  
RANGKA BAJA**

**HELMI ZUMAR FAIRUZ SIRADJ  
NRP 3113 100 104**

**Dosen Pembimbing :  
Dr. Ir. DJOKO IRAWAN, MS**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR – RC141501**

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN  
MRICAN KEDIRI MENGGUNAKAN BUSUR  
RANGKA BAJA**

HELMI ZUMAR FAIRUZ SIRADJ  
NRP 3113 100 104

Dosen Pembimbing :  
Dr. Ir. DJOKO IRAWAN, MS

DEPARTMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT – RC141501**

**PLANNING MODIFICATION OF MRICAN BRIDGE  
KEDIRI USING ARCH STEEL FRAMEWORK**

HELMI ZUMAR FAIRUZ SIRADJ  
NRP 3113 100 104

Major Supervisor  
Dr. Ir. DJOKO IRAWAN, MS

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN MRICAN  
KEDIRI MENGGUNAKAN BUSUR RANGKA BAJA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Struktur

Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**HELMI ZUMAR FAIRUZ SIRADJ**


Nrp. 3113 100 104

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Djoko Irawan, MS



**SURABAYA, JULI 2017**



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **PERENCANAAN ULANG JEMBATAN MRICAN KEDIRI MENGUNAKAN STRUKTUR BUSUR RANGKA BAJA**

**Nama Mahasiswa : Helmi Zumar Fairuz Siradj**  
**NRP : 3113100104**  
**Jurusan : Teknik Sipil**  
**Dosen Pembimbing : Ir. Djoko Irawan, MS**

## **Abstrak**

Jembatan Mrican merupakan infrastruktur yang terletak di kota Kediri. Jembatan ini merupakan salah satu akses yang menghubungkan wilayah timur dan barat Kota Kediri. Jembatan ini merupakan jembatan tua di Kediri sehingga sebenarnya jembatan ini sudah tidak layak untuk dilewati kendaraan

Dalam tugas akhir ini berisikan analisa perhitungan dari perencanaan jembatan busur rangka dengan desain lantai kendaraan di bawah. Perencanaan ini dimulai dengan penjelasan mengenai latar belakang pemilihan tipe jembatan, perumusan tujuan perencanaan hingga lingkup pembahasan dan diikuti dengan dasar-dasar perencanaan dimana analisa didasarkan pada peraturan RSNI 1725:2016 dan SNI 1726:2002. Dari data awal yang ada jembatan didesain langsung dengan mengambil bentang 120 meter dan lebar 5.8 meter.

Dan dilakukannya preliminary desain dengan menentukan dimensi-dimensi jembatan menggunakan bahan baja. Tahap awal perencanaan adalah perhitungan pembebanan struktur atas jembatan. Kemudian dilanjutkan dengan perencanaan bangunan atas yaitu gelagar memanjang, melintang, dan busur rangka baja. Setelah itu menganalisa struktur bangunan atas akibat beban beban yang bekerja menggunakan program bantu SAP2000. Setelah didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja dilakukan perhitungan kontrol struktur bangunan atas dan sambungan. Kemudian dilanjutkan dengan perencanaan perletakan jembatan dengan menggunakan pott bearing.

Untuk struktur bangunan bawah jembatan dimulai dengan pengolahan data tanah. Setelah itu dilakukan pembebanan struktur

bangunan bawah. Setelah pembebanan selesai maka direncanakan abutmen dan bored pile beserta kontrol stabilitasnya.

Dari analisa yang dilakukan maka didapatkan profil rangka utama untuk bangunan atasjembatan Mrican ini adalah BOX 550 x 550. Sedangkan untuk bangunan bawah jembatan ini menggunakan abutment dengan dimensi 11 x 18 x 10 meter dan kebutuhan bored pile adalah 24 buah dengan diameter 1 meter. Hasil seluruh perhitungan Tugas Akhir ini dituangkan dalam gambar teknik standar,

**Kata Kunci : Jembatan, Jembatan Busur, Rangka Baja, Bored Pile, Abutment.**

# PLANNING MODIFICATION OF MRICAN KEDIRI BRIDGE USING ARCH STEEL FRAMEWORK

**Name of Student : Helmi Zumar Fairuz Siradj**  
**NRP : 3113100104**  
**Major : Civil Engineering**  
**Supervisor : Ir. Djoko Irawan, MS**

## ***Abstract***

*Mrican Bridge is an infrastructure which is located in Kediri city. This infrastructure is one of the accessible bridge that connects the east and west of Kediri city. This bridge is an old bridge in Kediri thus it is not feasible for the vehicle to pass in actual use.*

*Within this final project consists of analytical calculation from the design of arch steel bridge with the lower base-plate vehicles design. The design starts with the explanation of the background in choosing certain types of the bridge, purpose of the design until the scope of the study, then followed by the basic for the design where the analysis refers to the regulation of RSNI 1725:2016 and SNI 1726:2002. By designing the bridge from the existing data directly with the span of 120 m length and 5.8 m width*

*By conducting preliminary design to determine the dimensions of the bridge using steel materials. The first phase of the design is to calculate the load on the upper structure of the bridge. Then continued with the design for the upper structure of longitudinal beams, transversal, and arch steel framework. Furthermore, in analyzing the working load affecting the upper structure with the assistance of RSNI 1725:2016 and SNI 1726:2002. After obtaining the working force within then followed by controlling the upper structural as well as the connection. Proceeded with the design of the bridge's placements by using pott bearing.*

*For the lower structure of the bridge starts by data processing of the soil. Then applying the load for the lower structure. After its completion, the abutment and bored pile will be designed then its stability will be controlled*

*The results of the analysis reveal that the main frame's profile for the upper structure of the Mrican bridge is BOX 550 x 550. While the lower structural of the bridge is using abutment with the dimensions of 11*



*x 18 x 10 meter and 24 bored pile are required with the diameter of 1 meter. The results of the calculation within this final project will be drawn and illustrate in standards technical drawing.*

***Keywords: Bridge, Arch Bridge, Steel Frame, Bored Pile, Abutment.***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas berkat, rahmat dan ridho-Nys, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Mrican Kediri Menggunakan Busur Rangka Baja”.

Dalam pembuatan tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan saran, motivasi, bimbingan serta wawasan dari berbagai pihak yang sangat berharga. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Tri Yanuar, Ibu Ninoek Pudjiasih selaku keluarga atas segala dukungan, doa, nasihat, serta kesabaran yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir agar dapat menyelesaikan studi hingga sarjana dan menggapai cita-cita.
2. Bapak Ir. Djoko Irawan, MS. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Seluruh Dosen Pengajar dan Karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS yang telah memberi pendidikan dan membantu segala urusan yang berkaitan dengan perkuliahan di jurusan ini.
4. Teman-teman angkatan S-56 yang banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, suatu kebanggaan menjadi bagian dari keluarga S-56.
5. Kakak maupun adik tingkat, dan seluruh mahasiswa Teknik Sipil ITS yang selalu menjadi penggerak untuk menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini.
6. Teman-teman seataap dan seperjuangan kontrakan S-56.
7. Syahnaz Alfariza S.Psi. yang telah mendorong saya untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.

8. Serta semua pihak yang selalu memberi dukungan untuk penulis selama perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini, semoga jasa dan bantuannya dibalas pula oleh Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat kekurangan sehingga belum mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharap kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak dalam perbaikan Tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi pembaca.

Surabaya, 19 Juni 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Jembatan Rangka Busur ( <i>Arch Bridge</i> ).....	9
2.2.1 Jenis-Jenis Jembatan Busur .....	9
2.2.2 Bentuk – Bentuk Jembatan Busur: .....	10
2.2.3 Pemilihan Bentuk Jembatan .....	11
2.3 Pembebanan.....	12
2.3.1 Beban Tetap.....	12
2.3.2 Beban Lalu Lintas .....	12
2.3.3 Aksi Lingkungan .....	15
2.4 Perencanaan Bangunan Atas .....	18
2.4.1 Perencanaan Pelat Lantai.....	18
2.4.2 Perencanaan Trotoar.....	18

2.4.3	Perencanaan Sandaran .....	18
2.4.4	Perencanaan Balok .....	18
2.4.5	Rangka Utama .....	22
2.5	Sambungan .....	23
2.5.1	Sambungan Baut.....	24
2.5.2	Kuat Rencana Sambungan Baut .....	25
2.5.3	Sambungan Las .....	28
2.5.4	Las Tumpul .....	28
2.5.4	Las Sudut.....	29
2.6	Perencanaan Perletakan Jembatan .....	31
2.7	Perencanaan Bangunan Bawah .....	33
2.7.1	Abutment .....	33
2.7.2	Kapasitas Daya Dukung Pondasi <i>Bored Pile</i> .....	34
2.7.3	Effisiensi Kelompok Tiang.....	37
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>		<b>41</b>
3.1	Pengumpulan Data .....	42
3.2	Studi Literatur.....	43
3.3	Preliminary Design.....	44
3.4	Perencanaan Bangunan Atas .....	44
3.4.1	Perencanaan Pelengkap Jembatan .....	44
3.4.2	Estimasi Dimensi Elemen Struktur Utama.....	44
3.5	Pembebanan Struktur Jembatan .....	44
3.6	Analisis Pembebanan .....	44
3.7	Kontrol Bangunan Atas .....	45

3.8	Perencanaan Sambungan.....	45
3.9	Perencanaan Perletakan Jembatan.....	45
3.10	Perencanaan Bangunan Bawah .....	45
3.11	Penggambaran Hasil Desain.....	46
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>		<b>47</b>
4.1	Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan .....	47
4.1.1	Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan .....	47
4.1.2	Perhitungan Momen – Momen Arah Melintang..	48
4.1.3	Perhitungan Penulangan Lentur Lantai Kendaraan	49
4.1.4	Kontrol Penulangan Geser (Pons) Pelat Lantai Kendaraan.....	51
4.2	Perencanaan Gelagar Memanjang Jembatan .....	52
4.2.1	Pembebanan Gelagar Memanjang Jembatan.....	52
4.2.2	Kontrol Profil Gelagar Memanjang.....	55
4.2.2.1	Kontrol Kuat Rencana Momen Lentur .....	55
4.2.2.2	Kontrol Lateral Buckling.....	55
4.2.2.3	Kuat Rencana Geser .....	58
4.2.2.4	Lendutan Ijin .....	59
4.3	Perencanaan Gelagar Melintang Jembatan.....	59
4.3.1	Pembebanan Pada Gelagar Melintang Jembatan.	60
4.3.1.1	Beban Mati .....	60
4.3.1.2	Beban Hidup.....	61
4.3.2	Kontrol Profil Gelagar Melintang .....	63
4.3.2.1	Kuat Rencana Geser .....	63

4.3.2.2	Lendutan Ijin .....	64
4.3.2.3	Kuat Penampang.....	64
4.3.2.4	Kontrol Gaya Momen Setelah Komposit .....	66
4.4	Perencanaan Rangka Utaman Jembatan Busur .....	67
4.4.1	Preliminary Design.....	67
4.4.2	Pembebanan Struktur Utama.....	68
4.4.2.1	Gaya Aksial Akibat Beban Mati.....	71
4.4.2.2	Gaya Aksial Akibat Beban Temperatur.....	73
4.4.2.3	Gaya Aksial Akibat Beban Hidup .....	75
4.4.3	Desain Profil Rangka Utama Jembatan .....	105
4.4.3.1	Frame 3.....	105
4.4.3.2	Frame 84.....	107
4.4.3.3	Frame 34.....	109
4.4.3.4	Frame 90.....	111
4.4.3.5	Frame 39.....	112
4.4.3.6	Frame 92.....	114
4.4.3.7	Frame 40.....	115
4.4.3.8	Frame 26.....	117
4.4.4	Perencanaan Ikatan Angin Jembatan Busur .....	118
4.4.4.1	Pembebanan Angin.....	118
4.4.4.2	Perencanaan Ikatan Angin Atas Rangka Busur ... .....	122
4.4.4.3	Perencanaan Ikatan Angin Diagonal Atas Rangka Busur .....	124
4.4.4.4	Perencanaan Ikatan Angin Lantai Kendaraan	126

4.4.4.5	Perencanaan Ikatan Angin Diagonal Bawah .	128
4.4.5	Perencanaan Portal Akhir .....	130
4.4.5.1	Perencanaan Kolom Portal Akhir Jembatan..	130
4.4.5.2	Perencanaan Balok Portal Akhir .....	135
4.4.6	Perencanaan Penggantung Jembatan .....	137
4.4.6.1	Perencanaan Dimensi Kabel Penggantung ....	138
4.4.6.2	Pembebanan Kabel Penggantung .....	140
4.5	Perencanaan Sambungan .....	143
4.5.1	Perencanaan Sambungan Antar Balok dan Rangka .....	145
4.5.1.1	Perencanaan Sambungan Balok Memanjang – Balok Melintang .....	145
4.5.1.2	Perencanaan Sambungan Balok Melintang – Balok Memanjang .....	146
4.5.1.3	Perencanaan Sambungan Balok Melintang – Rangka Utama (Batang Tarik) .....	147
4.5.2	Perencanaan Sambungan Ikatan Angin .....	149
4.5.2.1	Perencanaan Sambungan Ikatan Angin Antar Rangka Atas .....	149
4.5.2.2	Perencanaan Sambungan Ikatan Angin Diagonal Antar Rangka Atas .....	151
4.5.2.3	Perencanaan Sambungan Ikatan Angin Silang Lantai Kendaraan .....	152
4.5.3	Perencanaan Sambungan Rangka Utama .....	154
4.5.3.1	Perencanaan Sambungan A .....	154
4.5.3.2	Perencanaan Sambungan B .....	157



4.5.3.3	Perencanaan Sambungan C .....	161
4.5.3.4	Perencanaan Sambungan D .....	169
4.5.3.5	Perencanaan Sambungan E.....	175
4.5.3.6	Perencanaan Sambungan F.....	181
4.5.3.7	Perencanaan Sambungan G .....	184
4.5.3.8	Perencanaan Sambungan H.....	187
4.5.3.9	Perencanaan Sambungan Kabel .....	191
4.5.3.10	Perencanaan Sambungan Portal Akhir .....	192
4.5.4	Perencanaan Sambungan Las .....	194
4.5.4.1	Perencanaan Tebal Kaki Las (a).....	195
4.6	Perencanaan Perletakan .....	196
4.6.1	Pembebanan Horizontal Akibat Gempa .....	197
4.6.2	Menghitung Gaya Gempa Horizontal Statis.....	202
4.6.3	Pembebanan Vertikal .....	204
4.7	Perencanaan Bangunan Bawah .....	206
4.7.1	Analisa Data Tanah .....	206
4.7.2	Daya Dukung Tanah.....	207
4.7.2	Desain Abutment .....	213
4.7.2.1	Desain Abutment (A1) Jembatan .....	213
4.7.3	Pembebanan Struktur Bangunan Bawah Jembatan . .....	214
4.7.3.1	Beban akibat Kombinasi Pembebanan .....	214
4.7.3.	Beban Gempa .....	215
4.7.3.1	Perhitungan Gaya Gempa Horizontal Statis..	215

4.7.3.2	Beban Tekanan Tanah Aktif.....	217
4.7.3.3	Beban Tekanan Tanah Aktif akibat Gempa ..	218
4.7.4	Perencanaan <i>Bored Pile</i> .....	219
4.7.4.1	Kombinasi Pembebanan .....	220
4.7.4.2	Repartisi Beban-beban di atas Tiang Kelompok . .....	220
4.7.4.3	Kontrol Kekuatan <i>Bored Pile</i> .....	221
4.7.4.4	Kontrol Kekuatan Horizontal <i>Bored Pile</i> .....	222
4.7.5	Penulangan <i>Abutment</i> Jembatan .....	224
4.7.5.1	Penulangan Dinding <i>Abutment</i> Jembatan .....	224
4.7.5.3	Penulangan Geser <i>Abutment</i> Jembatan .....	225
4.7.5.4	Penulangan <i>Pilecap</i> <i>Abutment</i> Jembatan.....	226
<b>BAB V PENUTUP</b> .....		231
5.1	Kesimpulan.....	231
5.2	Saran.....	233

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Tampak Samping Jembatan Mrican .....	2
Gambar 1. 2Tampak Atas Jembatan Mrican .....	2
Gambar 1. 3 Pembalokan Jembatan Mrican.....	2
Gambar 2. 1 Jenis Jembatan Berdasarkan Letak Lantai Kendaraan .....	10
Gambar 2. 2 Beban Lajur “D” .....	13
Gambar 2. 3 Beban Truk “T” .....	14
Gambar 2. 4 Peta zona gempa Indonesia.....	17
Gambar 2. 5 Detail Baut Secara Umum .....	25
Gambar 2. 6 <i>Fixed Pot Bearing</i> .....	31
Gambar 2. 7 <i>Unilaterally Mobile Pot Bearing</i> .....	32
Gambar 2. 8 <i>Generally Mobile Pot Bearing</i> .....	32
Gambar 2. 9 Tipe-tipe <i>Pot Bearing</i> .....	33
Gambar 2. 10 Grafik korelasi antara $q_p$ dan NSPT (Reese & Wright) .....	35
Gambar 2. 11 Definisi $s$ dalam gambar .....	37
Gambar 3. 1 Gambar peta lokasi jembatan Mrican .....	42
Gambar 4. 1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan .....	47
Gambar 4. 2 Ilustrasi Geser Pons .....	51
Gambar 4. 3 Gelagar Memanjang dan Melintang Jembatan .....	52
Gambar 4. 4 Garis Pengaruh Akibat Beban Hidup .....	53
Gambar 4. 5 Garis Pengaruh Akibat Beban “T” .....	54
Gambar 4. 6 Titik Momen Pada Bentang Panjang .....	57
Gambar 4. 7 Struktur Balok Sebelum Komposit.....	60
Gambar 4. 8 Beban Mati Gelagar Melintang Setelah Komposit. 61	
Gambar 4. 9 Perilaku Balok Komposit.....	62
Gambar 4. 10 Kombinasi Beban BTR dan BGT .....	62
Gambar 4. 11 Ilustrasi Beban “T” .....	63
Gambar 4. 12 Ilustrasi Gaya Saat Komposit .....	66
Gambar 4. 13 Pembagian Segmen Jembatan .....	71

Gambar 4. 14 Permodelan Akibat Beban Mati .....	71
Gambar 4. 15 Permodelan Akibat Beban Suhu.....	73
Gambar 4. 16 Kombinasi beban BTR dan BGT.....	75
Gambar 4. 17 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 32.....	77
Gambar 4. 18 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 34.....	78
Gambar 4. 19 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 3.....	79
Gambar 4. 20 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 2.....	80
Gambar 4. 21 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 82.....	81
Gambar 4. 22 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 84.....	82
Gambar 4. 23 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 85.....	83
Gambar 4. 24 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 33.....	85
Gambar 4. 25 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 6.....	86
Gambar 4. 26 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 23.....	87
Gambar 4. 27 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 24.....	88
Gambar 4. 28 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 22.....	89
Gambar 4. 29 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 25.....	90
Gambar 4. 30 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 39.....	91
Gambar 4. 31 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 12.....	92
Gambar 4. 32 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 90.....	93
Gambar 4. 33 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 26.....	94
Gambar 4. 34 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 17.....	95
Gambar 4. 35 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 41.....	96
Gambar 4. 36 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 40.....	97
Gambar 4. 37 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 4.....	98
Gambar 4. 38 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 92.....	99
Gambar 4. 39 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 30.....	100
Gambar 4. 40 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 21.....	101
Gambar 4. 41 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 31.....	102
Gambar 4. 42 Garis Pengaruh <i>Frame</i> 19.....	103
Gambar 4. 43 Brosur Dimensi <i>Square Box Continental Steel</i> ...	105

Gambar 4. 44 Posisi <i>Frame</i> 3 Pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	105
Gambar 4. 45 Posisi <i>Frame</i> 84 Pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	107
Gambar 4. 46 Posisi <i>Frame</i> 34 Pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	109
Gambar 4. 47 Posisi <i>Frame</i> 90 Pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	111
Gambar 4. 48 Posisi <i>Frame</i> 39 Pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	112
Gambar 4. 49 Posisi <i>Frame</i> 92 Pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	114
Gambar 4. 50 Posisi <i>Frame</i> 40 Pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	115
Gambar 4. 51 Posisi <i>Frame</i> 26 Pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	117
Gambar 4. 52 Titik – titik Segmen Yang Terkena Angin .....	119
Gambar 4. 53 Gaya Aksial Tekan pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan.....	122
Gambar 4. 54 Gaya Aksial Tarik pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan.....	124
Gambar 4. 55 Gaya Aksial Tekan pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan.....	124
Gambar 4. 56 Gaya Aksial Tarik pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan.....	126
Gambar 4. 57 Gaya Aksial Tekan pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan.....	126
Gambar 4. 58 Gaya Aksial Tekan pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan.....	127
Gambar 4. 59 Gaya Aksial pada Ikatan Angin Diagonal Bawah	128
Gambar 4. 60 Gaya Aksial pada Kolom Portal Akhir Jembatan .....	130

Gambar 4. 61 Gaya Momen Maksimal Balok Portal Akhir .....	133
Gambar 4. 62 Gaya Momen A Balok Portal Akhir .....	133
Gambar 4. 63 Gaya Momen B Balok Portal Akhir .....	134
Gambar 4. 64 Gaya Momen Maksimal Balok Portal Akhir .....	134
Gambar 4. 65 Besar Momen pada Balok Portal Akhir.....	135
Gambar 4. 66 <i>Output</i> Lendutan Balok Portal Akhir SAP2000 .	137
Gambar 4. 67 Kabel Penggantung Jembatan.....	138
Gambar 4. 68 Tipe Kabel Penggantung yang Dipakai .....	139
Gambar 4. 69 Brosur PFEIFER Kabel Penggantung Jembatan	140
Gambar 4. 70 Garis Pengaruh Kasus 1 Kabel Penggantung Jembatan 9.....	141
Gambar 4. 71 Garis Pengaruh Kasus 1 Kabel Penggantung Jembatan 7.....	141
Gambar 4. 72 Garis Pengaruh Kasus 2 Kabel Penggantung Jembatan 8.....	142
Gambar 4. 73 Titik Sambungan yang Ditinjau.....	154
Gambar 4. 74 Titik Sambungan A.....	154
Gambar 4. 75 Titik Sambungan B .....	157
Gambar 4. 76 Titik Sambungan C.....	161
Gambar 4. 77 Titik Sambungan D.....	169
Gambar 4. 78 Titik Sambungan E .....	175
Gambar 4. 79 Titik Sambungan F .....	181
Gambar 4. 80 Titik Sambungan G.....	184
Gambar 4. 81 Titik Sambungan H.....	187
Gambar 4. 82 Baut Balok Portal Akhir .....	194
Gambar 4. 83 Perencanaan Sambungan Las .....	195
Gambar 4. 84 Rencana Perletakan <i>Pott Bearing</i> .....	197
Gambar 4. 85 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun.....	199
Gambar 4. 86 <i>POT Bearing</i> Penahan Gaya Horizontal-y .....	203

Gambar 4. 87 Gambar POT <i>Bearing</i> Penahan Gaya Horizontal-x .....	203
Gambar 4. 88 Brosur POT <i>Bearing</i> Tipe <i>Fixed</i> .....	204
Gambar 4. 89 Brosur POT <i>Bearing</i> Tipe <i>Guided</i> .....	205
Gambar 4. 90 Brosur POT <i>Bearing</i> Tipe <i>Free</i> .....	205
Gambar 4. 91 Desain <i>Abutment</i> 1 .....	213
Gambar 4. 92 Tekanan Tanah Aktif dan Beban Lalu Lintas (q).....	217
Gambar 4. 93 Tekanan Tanah Vertikal Akibat Berat Tanah .....	218
Gambar 4. 94 Rencana Tiang <i>bored pile Abutment</i> .....	220
Gambar 4. 95 <i>Output</i> Kontrol Penulangan Akibat Momen x dari SP Column.....	223
Gambar 4. 96 <i>Output</i> Kontrol Penulangan Akibat Momen y dari SP Column.....	224
Gambar 4. 97 Daerah Tulangan Lentur Sisi Panjang .....	226
Gambar 4. 98 Daerah Tulangan Lentur Sisi Pendek .....	228



**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor beban untuk beban lajur “D” .....	12
Tabel 2. 2 Faktor beban untuk beban “T” .....	14
Tabel 2. 3 Nilai $V_o$ dan $Z_o$ untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu .....	16
Tabel 2. 4 Temperatur jembatan rata-rata nominal .....	17
Tabel 2. 5 Batas-batas pengekan lateral .....	20
Tabel 2. 6 Ukuran Las Sudut.....	30
Tabel 2. 7 Harga $\emptyset$ untuk tiap jenis tanah .....	34
Tabel 4. 2 Load factor menurut SNI 1725:2016 pasal 7.2 tabel 3. ....	52
Tabel 4. 3 Tabel Temperatur Jembatan Rata – rata Normal.....	69
Tabel 4. 4Tabel Sifat Bahan Rata – rata Akibat Pengaruh Temperatur .....	70
Tabel 4. 5 Gaya Aksial Akibat Beban Mati .....	71
Tabel 4. 6 Gaya Aksial Akibat Beban Suhu.....	73
Tabel 4. 7 Garis Pengaruh <i>Frame 32</i> .....	77
Tabel 4. 8 Garis Pengaruh <i>Frame 34</i> .....	78
Tabel 4. 9 Garis Pengaruh <i>Frame 3</i> .....	79
Tabel 4. 10 Garis Pengaruh <i>Frame 2</i> .....	80
Tabel 4. 11 Garis Pengaruh <i>Frame 82</i> .....	81
Tabel 4. 12 Garis Pengaruh <i>Frame 82</i> .....	82
Tabel 4. 13 Garis Pengaruh <i>Frame 85</i> .....	83
Tabel 4. 14 Garis Pengaruh <i>Frame 5</i> .....	85
Tabel 4. 15 Garis Pengaruh <i>Frame 6</i> .....	86
Tabel 4. 16 Garis Pengaruh <i>Frame 6</i> .....	87
Tabel 4. 17 Garis Pengaruh <i>Frame 6</i> .....	88
Tabel 4. 18 Garis Pengaruh <i>Frame 22</i> .....	89
Tabel 4. 19 Garis Pengaruh <i>Frame 25</i> .....	90
Tabel 4. 20 Garis Pengaruh <i>Frame 39</i> .....	91
Tabel 4. 21 Garis Pengaruh <i>Frame 12</i> .....	92
Tabel 4. 22 Garis Pengaruh <i>Frame 90</i> .....	93

Tabel 4. 23 Garis Pengaruh <i>Frame 26</i> .....	94
Tabel 4. 24 Garis Pengaruh <i>Frame 17</i> .....	95
Tabel 4. 25 Garis Pengaruh <i>Frame 41</i> .....	96
Tabel 4. 26 Garis Pengaruh <i>Frame 40</i> .....	97
Tabel 4. 27 Garis Pengaruh <i>Frame 4</i> .....	98
Tabel 4. 28 Garis Pengaruh <i>Frame 92</i> .....	99
Tabel 4. 29Garis Pengaruh <i>Frame 30</i> .....	100
Tabel 4. 30 Garis Pengaruh <i>Frame 21</i> .....	101
Tabel 4. 31 Garis Pengaruh <i>Frame 31</i> .....	102
Tabel 4. 32 Garis Pengaruh <i>Frame 19</i> .....	103
Tabel 4. 33 Total Gaya Aksial Rangka Utama.....	104
Tabel 4. 34 Nilai $V_0$ dan $Z_0$ untuk berbagai kondisi .....	118
Tabel 4. 35 Pembebanan Angin Rangka Atas .....	119
Tabel 4. 36 Pembebanan Angin Rangka Bawah .....	121
Tabel 4. 37 Panjang Kabel Penggantung Jembatan.....	138
Tabel 4. 38Gaya Aksial Kabel Akibat Beban Sendiri dan Lantai Kendaraan.....	140
Tabel 4. 39 Berat Sendiri Kabel Penggantung Jembatan .....	141
Tabel 4. 40Garis Pengaruh Kabel Penggantung Jembatan.....	142
Tabel 4. 41 Gaya Total Kabel Penggantung Jembatan.....	143
Tabel 4. 42 Tipe-Tipe Baut <i>Friction</i> .....	144
Tabel 4. 43Tabel Tipe-tipe baut .....	144
Tabel 4. 44 Ukuran Minimum Las Sudut.....	144
Tabel 4. 45Output Gaya Perletakan <i>Pott Bearing</i> dari SAP2000 .....	198
Tabel 4. 46 Akselerasi puncak PGA .....	199
Tabel 4. 47 Klasifikasi Tanah.....	200
Tabel 4. 48 Koefisien Tanah (S) .....	200
Tabel 4. 49 <i>Output</i> Periode Struktur dari SAP2000 .....	201
Tabel 4. 50 Faktor Modifikasi Respon $R_d$ .....	202
Tabel 4. 51 Reaksi Vertikal pada Perletakan (Kuat I).....	204
Tabel 4. 52 Jenis POT <i>Bearing</i> dengan Gaya Horizontal-x dan y .....	206

Tabel 4. 53 Data Tanah Kota Kediri .....	206
Tabel 4. 54 Korelasi SPT .....	207
Tabel 4. 55 Nilai NSPT Kota Kediri .....	207
Tabel 4. 56 Daya Dukung Tanah Kota Kediri.....	208
Tabel 4. 57 Beban Struktur Atas Kombinasi pada <i>Abutment</i> ....	214
Tabel 4. 58 Kombinasi Pembebanan <i>Abutment</i> .....	220
Tabel 4. 59 Beban Vertikal Ekvivalen <i>Bored Pile</i> .....	221



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jalan merupakan alat perhubungan antar daerah yang sangat penting sekali dalam penyelenggaraan pemerintahan serta untuk menunjang dan mempercepat pelaksanaan pembangunan di segala bidang, baik bidang ekonomi, sosial, budaya, maupun pertahanan, dan keamanan. Oleh karena itu maka pelaksanaan pembangunan khususnya di sektor perhubungan sangat perlu diperhatikan.

Selain pembangunan jalan, salah satu bagian dari perhubungan yang perlu dibangun adalah jembatan. Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan jalan atau lalu lintas ketika terdapat rintangan pada sisi yang lebih rendah (Stryk dan Veen, 1995). Rintangan ini biasanya dapat berupa sungai, lembah, dan jalan. Di Indonesia sendiri banyak daerah yang dinilai mempunyai rintangan rintangan tersebut. Salah satunya berada di kota Kediri.

Kediri adalah kota yang terletak di provinsi Jawa Timur dimana wilayah timur dan baratnya dipisahkan oleh sungai Brantas yang lebarnya mencapai  $\pm 100$  meter. Karena kondisi tersebut, banyak jembatan dibangun di Kediri untuk menunjang perkembangan ekonomi kota tersebut. Tetapi kini kondisi beberapa dari jembatan tersebut sudah tidak layak untuk dilewati kendaraan, salah satunya adalah jembatan Mrican. Berikut adalah gambar jembatan Mrican Kediri.



mempunyai 10 pilar di tengah tengahnya. Jembatan ini sempat ditutup oleh pemerintah Kediri karena dianggap sudah tidak layak. Umur yang sudah tua dan juga meningkatnya volume kendaraan mengakibatkan banyak kerusakan yang terjadi di jembatan tersebut. Selain itu adanya kegiatan penambangan pasir di sekitar jembatan tersebut mengakibatkan ketidak stabilan pilar pilar jembatan.

Dari permasalahan permasalahan di atas dapat diambil solusi yaitu perencanaan ulang Jembatan Mrican dengan tipe jembatan busur rangka baja. Jembatan tipe ini dipilih karena konstruksi busur atau non-linear mempunyai kemampuan sangat tinggi terhadap respon momen. Dengan kelebihan yang dimiliki, jembatan tipe ini dapat memiliki bentang hingga 400 meter tanpa adanya pilar di tengah bentang. Dengan tidak adanya pilar di tengah tengah jembatan, maka stabilitas dari jembatan tersebut tidak terganggu. Selain kuat dari segi struktural, jembatan busur memiliki nilai lebih dalam bentuk arsitektural sehingga dapat memberikan kesan monumental.

Dalam penulisan tugas akhir ini akan direncanakan jembatan busur rangka baja dengan lantai kendaraan di bawah. Lantai kendaraan di bawah dipilih karena menyesuaikan kondisi di lapangan.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diambil rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain *layout* awal struktur jembatan?
2. Bagaimana menentukan jenis pembebanan yang akan digunakan dalam desain?
3. Bagaimana merencanakan profil yang akan digunakan pada struktur atas jembatan?



4. Bagaimana menganalisa kekuatan profil terhadap gaya dalamnya?
5. Bagaimana merencanakan abutmen dan pondasi jembatan?
6. Bagaimana menuangkan hasil bentuk desain dan analisa ke dalam bentuk gambar teknik?

### **1.3 Tujuan**

Adapun yang menjadi maksud dan tujuan dalam penulisan proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mendesain *layout* awal struktur jembatan
2. Dapat menentukan jenis pembebanan yang akan digunakan dalam desain
3. Dapat merencanakan profil yang akan dipakai pada struktur atas jembatan
4. Dapat menganalisa perhitungan kekuatan profil terhadap gaya dalamnya
5. Dapat mengontrol desain profil terhadap kekuatan dan kestabilan struktur dengan bantuan program SAP2000
6. Dapat merencanakan abutmen dan pondasi jembatan
7. Dapat menuangkan hasil bentuk desain dan analisa ke dalam bentuk gambar teknik

### **1.4 Batasan Masalah**

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari permasalahan yang telah diuraikan di atas, maka diperlukan pembatasan masalah yang meliputi :

1. Perencanaan dimensi dan analisis jembatan busur rangka batang, abutmen jembatan, dan bangunan pelengkap jembatan
2. Penggunaan rumus – rumus atau literatur sesuai dengan SNI
3. Penggambaran hasil perencanaan jembatan
4. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian bagian tertentu yang dianggap mewakili keseluruhan

5. Perencanaan ini tidak memperhitungkan kondisi beban waktu metode pelaksanaan
6. Tugas akhir yang dilaksanakan tidak membahas tentang metode pelaksanaan, dan anggaran biaya jembatan

**Halaman Ini Sengaja Dikosongkan**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Jembatan merupakan bagian dari jalan raya dan merupakan konstruksi bangunan yang bertujuan untuk menghubungkan antara jalan yang satu dengan yang lain melalui suatu rintangan yang lebih rendah dari permukaan jembatan tersebut baik itu sungai, danau, lembah ataupun jurang.

Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknik dan estetika-arsitektural yang meliputi : aspek lalu lintas, aspek teknis dan aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Dalam merencanakan sebuah jembatan terdapat beberapa pertimbangan dalam segi ekonomis maupun teknis yang disesuaikan dengan tingkat kebutuhan. Pada perkembangannya, berbagai macam dan bentuk serta material jembatan mengalami perubahan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi terkini.

Berikut ini beberapa klasifikasi jembatan:

- a. Menurut jeni material penyusunnya, jembatan dibagi menjadi lima jenis, yaitu:
  - Jembatan Kayu
  - Jembatan Baja
  - Jembatan Beton Bertulang
  - Jembatan Beton Pratekan
  - Jembatan Komposit
- b. Berdasarkan fungsinya, jembatan dibagi menjadi beberapa jenis antara lain sebagai berikut:
  - Jembatan Jalan Raya
  - Jembatan Kereta Api
  - Jembatan Pejalan Kaki dan Penyebrangan
  - Jembatan Khusus, misal: jembatan pipa pengairan

- c. Menurut bentangnya, jembatan dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:
- Bentang pendek (*small span bridge*), dengan panjang bentang hingga 15 meter
  - Bentang sedang (*medium span bridge*), dengan panjang bentang hingga 75 meter
  - Bentang menengah (*large span bridge*), dengan panjang bentang 50-150 meter
  - Bentang panjang (*extra large span bridge*), dengan bentang lebih dari 150 meter
- d. Menurut sistem strukturnya terdapat beberapa tipe jembatan, diantaranya:
- Jembatan Pelat (*Slab Bridge*)
  - Jembatan Gelagar (*Girder Bridge*)
  - Jembatan Busur (*Arch Bridge*)
  - Jembatan Rangka Batang (*Truss Bridge*)
  - Jembatan Gantung (*Suspension Bridge*)
  - Jembatan Kabel (*Cable Stayed*)

Jembatan Mrican yang berada di kota Kediri, Jawa Timur merupakan suatu bangunan struktur yang menjadi sarana dalam akses transportasi untuk menghubungkan sisi barat dan timur kota Kediri yang dipisahkan oleh sungai Brantas. Jembatan ini termasuk jembatan dengan bentang menengah, karena lebar sungai brantas mencapai 120 meter. Diketahui dari karakter tersebut, maka sistem pemikul utamanya dapat dipilih menggunakan busur rangka baja. Sistem ini dipilih atas dasar pertimbangan panjang bentang, stabilitas jembatan, dan juga dari segi arsitekturalnya. Sedangkan untuk pemilihan bahan baja untuk rangkanya, karena kekuatan dari baja dalam menahan tarik dan tekan yang besar tanpa membutuhkan banyak volume. Baja juga mempunyai sifat-sifat lain yang menguntungkan sehingga menjadikannya sebagai salah satu bahan bangunan yang umum dipakai dalam dewasa ini.

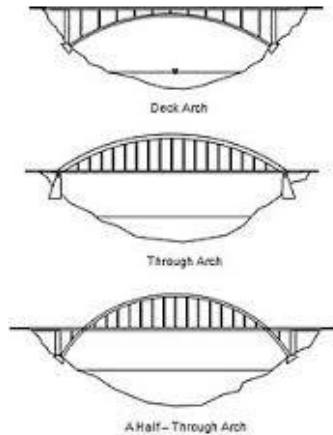
## 2.2 Jembatan Rangka Busur (*Arch Bridge*)

Konstruksi busur didefinisikan sebagai bukaan bentang anggota struktur dan bekerja sebagai penopang bagi beban diatas bukaan tersebut. Dan konstruksi tersebut dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertical yang bekerja (Irawan,2007).

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

### 2.2.1 Jenis-Jenis Jembatan Busur

- a. Menurut Perletakannya (jumlah sendi):
  - Jembatan Busur Terjepit
  - Jembatan Busur Dua Sendi
  - Jembatan Busur Tiga Sendi
- b. Menurut sifat gaya horizontal pada busur:
  - Busur asli: reaksi horizontal (juga komponen reaksi lain: vertical dan momen) diterima oleh perletakan, diteruskan ke pangkal jembatan atau pilar
  - Busur dengan batang tarik: gaya horizontal pada busur diterima oleh bagian konstruksi busur, yaitu batang tarik
- c. Menurut kedudukan lantai kendaraan:
  - Jembatan Busur dengan lantai kendaraan di atas (*deck arch*)
  - Jembatan Busur dengan lantai kendaraan di tengah (*a half-through arch*)
  - Jembatan Busur dengan lantai kendaraan di bawah (*through arch*)



Gambar 2. 1 Jenis Jembatan Berdasarkan Letak Lantai Kendaraan  
(Sumber : [id.wikibooks.org](http://id.wikibooks.org))

- d. Menurut jenis gelagar pemikul utama:
- Busur Dinding Penuh
  - Busur Rangka Batang

### 2.2.2 Bentuk – Bentuk Jembatan Busur:

Bentuk-bentuk dari Jembatan Busur sangat beragam, antara lain sebagai berikut:

- a. Penampang puncak lebih kecil dari penampang pangkal, umumnya untuk busur terjepit.
- b. Tinggi penampang sama untuk seluruh bagian busur, umumnya busur dinding penuh termasuk *box*
- c. Penampang puncak lebih besar dari penampang pangkal, umumnya untuk busur dua sendi.

Khusus untuk busur dengan batang tarik, bentuk busur ditentukan juga oleh pembagian beban antara busur dengan batang tariknya:

- a. Busur sangat kaku dibandingkan dengan batang tarik, sehingga momen sebagian besar dipikul busur, bentuk

busur umumnya penampang puncak lebih kecil dari penampang pangkal

- b. Busur sangat lemah dibandingkan dengan batang tarik yang sangat kaku, sehingga batang tarik memikul sebagian besar momen. Bentuk busur umumnya tinggi penampang sama untuk seluruh bagian busur.

### 2.2.3 Pemilihan Bentuk Jembatan

Ada beberapa pertimbangan dalam pemilihan jenis konstruksi dan bentuk busur, antara lain sebagai berikut:

- a. Kondisi Tanah Dasar
  - Tebing yang curam, kokoh, dan tinggi sangat cocok untuk tipe jembatan busur dengan lantai kendaraan diatas
  - Bula kaki busur terendam air, bisa menggunakan jenis jembatan busur lantai kendaraan di tengah
  - Tanah yang kurang baik untuk menerima gaya horizontal bisa digunakan jenis jembatan busur dengan batang tarik
- b. Besarnya Beban
  - Bila bebannya berat, dapat menggunakan busur rangka
  - Bila bebannya tidak terlalu berat dapat menggunakan busur dengan dinding penuh atau *box*
- c. Panjang Rentangan (Bentang)
  - Bentang 60 – 250 meter digunakan dinding penuh atau rangka
  - Bentang 250 – 500 meter digunakan rangka
- d. Estetika
  - Busur dengan penampang tengah lebih kecil memberikan kesan langsing
  - Penampang busur yang berupa dinding penuh memberikan kesan tenang



## 2.3 Pembebanan

### 2.3.1 Beban Tetap

- a. Berat sendiri / Dead Load. Merupakan berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. Faktor beban berat sendiri diatur pada SNI 1725-2016.
- b. Beban mati tambahan / Superimposed Dead Load. Merupakan berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Faktor beban mati diatur pada SNI 1725-2016.

### 2.3.2 Beban Lalu Lintas

- a. Beban lajur “D”  
Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan yang mempunyai bentang mulai dari sedang sampai panjang. Sesuai dengan SNI 1725-2016 beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) dan beban garis (BGT).

Tabel 2. 1 Faktor beban untuk beban lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban ( $\gamma_{TD}$ )	
		Kedaaan Batas Layan ( $\gamma^s_{TD}$ )	Kedaaan Batas Ultimit ( $\gamma^U_{TD}$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

- Intensitas Beban

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa dengan besaran  $q$  tergantung pada panjang total yang dibebani  $L$  yaitu sebagai berikut:

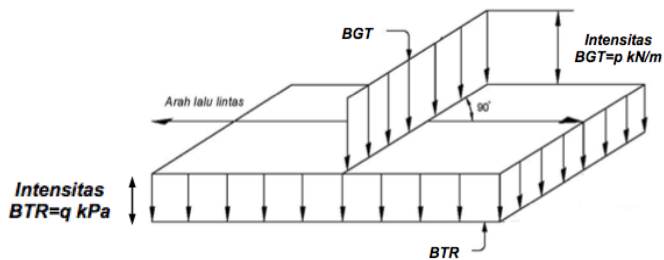
$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad (2.1)$$

$$\text{Jika } L \geq 30 \text{ m} : q = 9,0 \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \quad (2.2)$$

Keterangan :

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

$L$  = panjang total jembatan yang dibebani (meter)



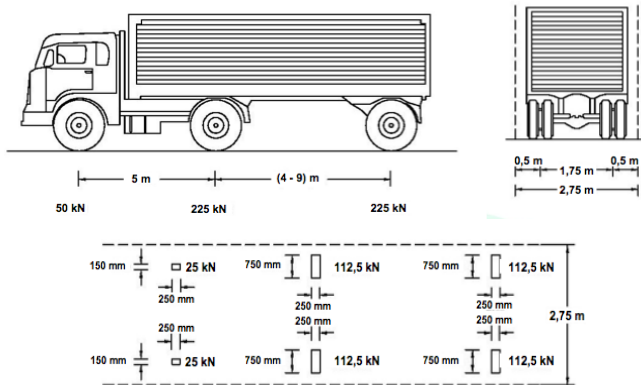
Gambar 2. 2 Beban Lajur “D”

b. Beban Truk “T”

Berdasarkan SNI 1725-2016 pembebanan truk terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang memiliki susunan dan berat seperti yang terlihat dalam gambar 2.3

Tabel 2. 2 Faktor beban untuk beban “T”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor Beban ( $\gamma_{TT}$ )	
		Keadaan Batas Layan ( $\gamma^s_{TT}$ )	Keadaan Batas Ultimit ( $\gamma^U_{TT}$ )
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00



Gambar 2. 3 Beban Truk “T”

## c. Gaya Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu-lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem diatur dalam SNI 1725-2016.

Gaya rem yang harus diambil adalah yang terbesar dari:

- 25% dari berat gandar truk desain atau,

- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR
- d. **Pembebanan Pejalan Kaki**  
 Sesuai dengan peraturan SNI 1725-2016 semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa.

### 2.3.3 Aksi Lingkungan

- a. **Beban Angin**  
 Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Perencanaan jembatan rangka mengacu pada peraturan SNI 1725-2016 .

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left[ \frac{V_{10}}{V_B} \right] \ln \left[ \frac{Z}{Z_0} \right] \quad (2.3)$$

Keterangan :

$V_{DZ}$  adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana,  $Z$  (km/jam)

$V_{10}$  adalah kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)

$V_B$  adalah kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm.

$Z$  adalah elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimanabeban angin dihitung ( $Z > 10000$  mm)  $V_0$  adalah kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, sebagaimana ditentukan dalam Tabel 28, untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)

$Z_o$  adalah panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel 28 (mm)

$V_{10}$  dapat diperoleh dari:

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
- Survey angin pada lokasi jembatan, dan
- Jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa  $=90$  s/d  $126$  km/jam

Tabel 2. 3 Nilai  $V_o$  dan  $Z_o$  untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
$V_o$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$Z_o$ (mm)	70	1000	2500

b. Baban Temperatur

Dalam suatu perencanaan jembatan harus memperhitungkan beban deformasi akibat temperature. Berikut adalah pembebanan temperature menurut SNI 1725-2016.

Tabel 2. 4 Temperatur jembatan rata-rata nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau box beton	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, box atau rangka baja	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks, atau rangka baja	15°C	45°C

## c. Beban Gempa

Dalam suatu perencanaan jembatan harus memperhitungkan beban akibat pengaruh terjadinya gempa. Jembatan Mrican yang terletak di Kediri ini berada pada wilayah zona gempa.



Gambar 2. 4 Peta zona gempa Indonesia

## **2.4 Perencanaan Bangunan Atas**

Yang termasuk bangunan atas adalah pelat lantai kendaraan, trotoar, balok memanjang dan melintang, dan rangka utama.

### **2.4.1 Perencanaan Pelat Lantai**

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

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

$$t_s \geq 100 + 40 L$$

Dimana :

$L$  = bentang dari pelat lantai antara pusat tumpuan (m) dan  $t_s$  dalam mm

### **2.4.2 Perencanaan Trotoar**

Beban hidup pada kerb diperhitungkan sebesar 15 KN/m yang bekerja pada bagian atas kerb sepanjang jembatan dengan arah horizontal.

### **2.4.3 Perencanaan Sandaran**

Sandaran pada jembatan berguna sebagai pembatas atau pengaman bagi pejalan kaki yang melintas di atas jembatan agar tidak jatuh ke sisi luar jembatan. Perencanaan sandaran disesuaikan dengan peraturan BMS, sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan yang bekerja secara bersamaan dalam arah menyilang vertical dan horizontal dengan masing-masing beban sebesar  $W=0,75 \text{ KN/m}$ .

### **2.4.4 Perencanaan Balok**

Dalam jembatan terdapat balok memanjang dan balok melintang. Balok memanjang menerima beban dari pelat lantai.

Sedangkan balok melintang meneruskan beban yang diterima balok memanjang ke struktur utama. Dalam perencanaan balok harus memenuhi persyaratan kontrol, diantaranya:

- Kelangsingan Penampang  
Kelangsingan  $\lambda$ , penampang adalah ukuran dari kecenderungan untuk menekuk pada lentur atau beban aksial, atau kombinasi dari keduanya.

Pelat badan

$$\lambda = \left[ \frac{h}{tw} \right] \quad (2.4)$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} \quad (2.5)$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{fy}} \quad (2.6)$$

Pelat sayap

$$\lambda = \frac{bf}{tf} \quad (2.7)$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{fy}} \quad (2.8)$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{fy - fr}} \quad (2.9)$$

Dimana:

$\lambda$  = Kelangsingan komponen struktur



- $h$  = Tinggi bersih pelat badan (mm)  
 $tw$  = Tebal untuk elemen badan (mm)  
 $bf$  = lebar sayap  
 $tf$  = tebal sayap  
 $f_y$  = kuat leleh profil baja  
 $f_r$  = tegangan tekan residual pada plat sayap

- Kontrol tekuk lateral  
 Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan,  $L$ . batas-batas bentang pengekang lateral :

Tabel 2. 5 Batas-batas pengekang lateral

Profil	$L_p$	$L_r$
Profil I dan kanal ganda	$1,76r_y\sqrt{\frac{E}{f_y}}$ dengan $r_y\sqrt{\frac{I_y}{A}}$ adalah jari-jari girasi terhadap sumbu lemah	$r_y\left[\frac{X_1}{f_L}\right]\sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2f_L^2}}$ dengan $f_L = f_y - f_r$ $X_1 = \frac{\pi}{S}\sqrt{\frac{EGJA}{2}}$ $X_2 = 4\left(\frac{S}{GJ}\right)^2\frac{I_w}{I_y}$ $I_w$ adalah konstanta puntir lengkung $J$ adalah konstanta puntir torsi
Profil kotak pejal atau berongga	$0,13Er_y\frac{\sqrt{JA}}{M_p}$	$2Er_y\frac{\sqrt{JA}}{M_r}$

- Bentang Pendek ( $L_b \leq L_p$ )

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y \quad (2.10)$$

- Bentang Menengah ( $L_p \leq L_b \leq L_r$ )

$$M_n = C_b \left( M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right) \leq M_p \quad (2.11)$$

- Bentang Panjang ( $L_r \leq L_b$ )

$$M_n = M_{cr} \leq M_p \quad M_n = M_{cr} = C_b \frac{\pi}{L_b} \sqrt{E I_y \cdot G \cdot J \left( \frac{\pi E}{L_b} \right)^2} \leq M_p \quad (2.12)$$

Dimana :

$Z_x$  = Modulus plastis

$f_y$  = Kuat leleh profil baja

$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \leq 2.30 \quad (2.13)$$

Keterangan :

$M_{\max}$  adalah momen maksimum dari bentang yang ditinjau

$M_A$  adalah momen pada  $\frac{1}{4}$  bentang yang ditinjau

$M_B$  adalah momen pada  $\frac{1}{2}$  bentang yang ditinjau

$M_C$  adalah momen pada  $\frac{3}{4}$  bentang yang ditinjau

- Lendutan

Balok di atas dua tumpuan atau gelagar menerus,

lendutan maksimumnya adalah  $1/800$  x bentang.

Kecuali pada jembatan di daerah perkotaan yang

sebagian jalur digunakan pejalan kaki, batasan tersebut

adalah  $1/1000$  x bentang.

- Geser  
Pelat badan yang memikul gaya geser terfaktor ( $V_u$ ) harus memenuhi:

$$V_u \leq \phi V_n \quad (2.14)$$

Dimana:

$V_u$  = gaya geser terfaktor (N)

$\phi$  = faktor reduksi (0,9)

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

### 2.4.5 Rangka Utama

Dalam perencanaan ini digunakan metode busur rangka baja. Selain harus memiliki kekuatan yang cukup, rangka batang juga harus memiliki tinggi lengkung busur yang cukup dan ideal. Sehingga kekuatan busur dapat optimum. Tinggi lengkung busur tergantung pada panjang bentang jembatan.

Elemen tarik atau tekan yang dilengkungkan menjadi busur lingkaran boleh direncanakan sebagai system rangka batang biasa, dengan syarat:

- Deviasi ( $\delta$ ) dari garis lurus yang menghubungkan titik-titik pertemuan pada ujung elemen tidak melebihi  $1/12$  panjang garis lurus tersebut
- Penampang melintang adalah kompak
- Jarak dari tepi badan ke ujung luar sayap, jika ada, memenuhi:

$$\frac{b}{t} \leq \frac{R}{6b} \quad (2.15)$$

Dimana:

$b$  = lebar bagian luar, diukur dari ujungnya terhadap:

- Baris pengencang terdekat yang menghubungkannya dengan bagian pendukung dari unsur, atau

- Permukaan bagian pendukung demikian dalam hak konstruksi atau
  - Akar dari penampang digiling
- $t$  = lebar rata-rata bagian luar, atau tebal total dimana dua atau lebih bagian dihubungkan
- $R$  = jari-jari lengkung
- d. Kontrol Kapasitas Tekan
- Mencari angka kelangsingan :

$$\lambda = \frac{Kc \times L}{i} \quad (2.16)$$

Menghitung angka tekuk elastis :

$$Ncr = \frac{fy \times Ag}{\lambda^2} \quad (2.17)$$

Menghitung parameter kelangsingan batang baja :

$$\lambda c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} \quad (2.18)$$

$$\omega = 1 \quad (\lambda c \leq 0.25) \quad (2.19)$$

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67\lambda c} \quad (0.25 < \lambda c < 1.2) \quad (2.20)$$

$$\omega = 1.25\lambda^2 \quad (\lambda c \geq 1.2) \quad (2.21)$$

Kuat Nominal:

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} \quad (2.22)$$

Syarat Kuat Rencana:

$$\phi Pn > Pu ; \phi = 0.85 \quad (2.23)$$

## 2.5 Sambungan

Sambungan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sebuah struktur baja. Sambungan berfungsi untuk menyalurkan

gaya-gaya dalam (momen, lintang/geser, dan/atau aksial) antar komponen-komponen struktur yang disambung, sesuai dengan perilaku struktur yang direncanakan. Keandalan sebuah struktur baja untuk bekerja dengan mekanisme yang direncanakan sangat tergantung oleh keandalan sambungan.

Suatu sistem sambungan terdiri dari:

1. Komponen struktur yang disambung, dapat berupa balok, kolom, batang tarik, atau batang tekan
2. Alat penyambung, dapat berupa pengencang, baut biasa, baut mutu tinggi, dan paku keeling, atau sambungan las seperti las tumpul, las sudut, dan las pengisi
3. Elemen penyambung, berupa plat buhul atau plat penyambung

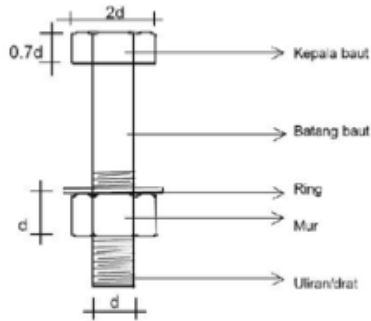
Filosofi dasar perencanaan sambungan adalah suatu system sambungan harus direncanakan lebih kuat daripada komponen struktur yang disambungkan dan deformasi yang terjadi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan. Dengan demikian, keandalan struktur akan ditentukan oleh kekuatan elemen-elemennya.

### **2.5.1 Sambungan Baut**

Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci (lihat Gambar 2.2).

Terdapat dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja. 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 (mutu tinggi) dengan pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung (Amon,

Knobloch, dan Mazumder, 1988).



Gambar 2. 5 Detail Baut Secara Umum  
(Sumber : srcivilengineering.com)

### 2.5.2 Kuat Rencana Sambungan Baut

Sebuah sambungan baut yang memikul gaya terfaktor,  $R_u$ , harus direncanakan sedemikian rupa sehingga selalu terpenuhi hubungan:

$$R_u = \phi \cdot R_n \quad (2. 24)$$

dimana:

$\phi$  = faktor reduksi kuat sambungan baut = 0,75

$R_n$  = kuat nominal terkecil dari baut, elemen struktur yang disambung dan pelat penyambung.

Nilai kuat nominal  $R_n$  ditentukan sesuai dengan mekanisme transfer gaya-gaya dalam yang harus dipikul sistem sambungan.

- Baut dalam geser

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut:

$$V_d = \phi f_v n = \phi f_r 1 f_u b A_b \quad (2. 25)$$

Keterangan:

$r_1 = 0,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

$r_1 = 0,4$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  adalah tegangan tarik putus baut

$A_b$  adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

Kuat geser nominal baut yang mempunyai beberapa bidang geser (bidang geser majemuk) adalah jumlah kekuatan masing-masing yang dihitung untuk setiap bidang geser.

- Baut yang memikul gaya tarik

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f \cdot 0,75 \cdot f_u^b A_b \quad (2.26)$$

Keterangan:

$\phi_f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$f_u^b$  adalah tegangan tarik putus baut  $A_b$  adalah luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

- Baut pada sambungan tipe tumpu yang memikul kombinasi geser dan tarik.

Baut yang memikul gaya geser terfaktor,  $V_u$ , dan gaya tarik terfaktor,  $T_u$ , secara bersamaan harus memenuhi kedua persyaratan berikut ini:

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n A_b} \leq r_1 \phi_f f_u^b m \quad (2.27)$$

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f f_1 A_b \geq \frac{T_u}{n} \quad (2.28)$$

$$f_1 \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2 \quad (2.29)$$

Dimana:

$\phi f = 0,75$  adalah faktor reduksi kekuatan untuk fraktur

$n$  adalah jumlah baut

$m$  adalah jumlah bidang geser

untuk baut mutu tinggi:

$f_1 = 807 \text{ Mpa}$ ,  $f_2 = 621 \text{ Mpa}$

$r_2 = 1,9$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$r_2 = 1,5$  untuk baut tanpa ulir pada bidang geser

untuk baut mutu normal:

$f_1 = 410 \text{ Mpa}$ ,  $f_2 = 310 \text{ Mpa}$

$r_2 = 1,9$

### 2.5.1.1 Tata Letak Baut

$$f_1 \leq f_1 - r_2 f_{uv} \leq f_2 \quad (2.30)$$

Tata letak baut sangat mempengaruhi kinerja sistem sambungan. Pengaturan ini dilakukan untuk mencegah kegagalan pada plat dan untuk memudahkan pemasangan, akan tetapi disarankan agar jarak antar baut tidak terlalu besar untuk mencegah pemborosan bahan yang disambung serta mengurangi variasi tegangan di antara baut dan mencegah korosi.

#### 1. Jarak tepi minimum

Jarak minimum dari pusat pengencang ke tepi plat atau plat sayap profil harus memenuhi spesifikasi:

- Tepi dipotong dengan tangan 1,75 db
- Tepi dipotong dengan mesin 1,50 db
- Tepi profil bukan hasil potongan 1,25 db

Dengan db adalah diameter nominal baut pada daerah tak berulir.

#### 2. Jarak maksimum

Jarak antar baut ditentukan tidak boleh lebih besar dari 15 tp (dengan tp adalah tebal plat lapis tertipis di dalam



sambungan), atau 200 mm.

3. Jarak tepi maksimum

Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh lebih dari 12 kali tebal plat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150 mm.

### 2.5.3 Sambungan Las

Proses pengelasan adalah proses penyambungan dua potong logam dengan cara memanaskan baja hingga mencapai suhu leleh dengan ataupun tanpa bahan pengisi. Pada umumnya mutu kawat las (bahan pengisi) lebih besar atau sama dengan mutu baja yang akan disambung. Pada pelaksanaannya terdapat beberapa tipe sambungan las antara lain:

### 2.5.4 Las Tumpul

Las Tumpul Penetrasi Penuh adalah las tumpul di mana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang kedalaman penuh sambungan. Las Tumpul Penetrasi Sebagian adalah las tumpul di mana kedalaman penetrasi lebih kecil daripada kedalaman penuh sambungan. Ukuran las adalah jarak antara permukaan luar las (tidak termasuk perkuatannya) terhadap kedalaman penetrasinya yang terkecil. Khusus sambungan antara dua bagian yang membentuk T atau siku, ukuran las penetrasi penuh adalah tebal bagian yang menumpu. Tebal rencana las ditetapkan sebagai berikut:

- Las Tumpul Penetrasi Penuh: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi penuh adalah ukuran las.
- Las Tumpul Penetrasi Sebagian: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi sebagian ditetapkan sesuai dengan ketentuan dibawah ini:
  - Sudut antara bagian yang disambung  $\leq 60^\circ$

Satu sisi:  $t_t = (d - 3) \text{ mm}$

Dua sisi:  $t_t = (d_3 + d_4 - 6) \text{ mm}$

- Sudut antara bagian yang disambung  $> 60^\circ$

Satu sisi:  $t_t = d \text{ mm}$

Dua sisi:  $t_t = (d_3 + d_4) \text{ mm}$

dengan  $d$  adalah kedalaman yang dipersiapkan untuk las ( $d_3$  dan  $d_4$  adalah nilai untuk tiap sisi las).

Panjang efektif las tumpul adalah panjang las ukuran penuh yang menerus. Luas efektif las tumpul adalah perkalian panjang efektif dengan tebal rencana las. Sambungan las tumpul antara bagian yang tebalnya berbeda atau lebarnya tidak sama yang memikul gaya tarik harus mempunyai peralihan halus antara permukaan dan ujung. Peralihan harus dibuat dengan melandaikan bagian yang lebih tebal atau dengan melandaikan permukaan las atau dengan kombinasi dari keduanya. Kelandaian peralihan antara bagian-bagian tidak boleh lebih tajam dari 1:1.

#### 2.5.4 Las Sudut

Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang  $tw_1$ ,  $tw_2$ , dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang terbentuk dalam penampang melintang las (lihat SNI 03-1729-2002 Gambar 13.5-2). Bila kakinya sama panjang, ukurannya adalah  $tw$ . Bila terdapat sela akar, ukuran  $tw$  diberikan oleh panjang kaki segitiga yang terbentuk dengan mengurangi sela akar. Ukuran minimum las sudut, selain dari las sudut yang digunakan untuk memperkuat las tumpul,

ditetapkan sesuai dengan Tabel 2.3 kecuali bila ukuran las tidak boleh melebihi tebal bagian yang tertipis dalam sambungan.

Tabel 2. 6 Ukuran Las Sudut  
(Sumber : diktakuliah Struktur Baja I oleh Marwan dan Isdarmanu)

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

1. Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi Ukuran maksimum las sudut sepanjang tepi komponen yang disambung adalah:
  - Untuk komponen dengan tebal kurang dari 6,4 mm, diambil setebal komponen.
  - Untuk komponen dengan tebal 6,4 mm atau lebih, diambil 1,6 mm kurang dari tebal komponen kecuali jika dirancang agar memperoleh tebal rencana las tertentu.
2. Panjang efektif Panjang efektif las sudut adalah seluruh panjang las sudut berukuran penuh. Panjang efektif las sudut paling tidak harus 4 kali ukuran las; jika kurang, maka ukuran las untuk perencanaan harus dianggap sebesar 0,25 dikali panjang efektif. Persyaratan panjang minimum berlaku juga pada sambungan pelat yang bertumpuk (lap). Tiap segmen las sudut yang tidak menerus (selang-seling) harus mempunyai panjang efektif tidak kurang dari 40 mm dan 4 kali ukuran nominal las. Luas efektif las sudut adalah perkalian panjang efektif dan tebal rencana las.
3. Kuat las sudut Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las,  $R_u$ , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw} \quad (2.31)$$

dengan,

$$\phi f R_{nw} = 0,75tt \text{ (} 0,6 f_{uw} \text{ ) (las)}$$

$$\phi f R_{nw} = 0,75tt \text{ (} 0,6 f_u \text{ ) (bahan dasar)}$$

dengan  $\phi f = 0,75$  faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan:

$f_{uw}$  adalah tegangan tarik putus logam las, Mpa

$f_u$  adalah tegangan tarik putus bahan dasar, Mpa

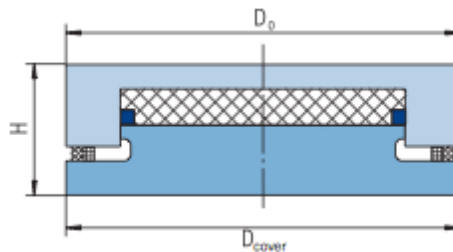
$tt$  adalah tebal rencana las, mm

## 2.6 Perencanaan Perletakan Jembatan

Sebagaimana umumnya jembatan bentang panjang, perletakan yang dimiliki harus mempunyai kemampuan menahan gaya yang besar. Tipe perletakan mekanik pot bearing umumnya digunakan pada jembatan bentang panjang. Berikut adalah macam-macam tipe *pot bearing*:

### a. Fixed Pot Bearing

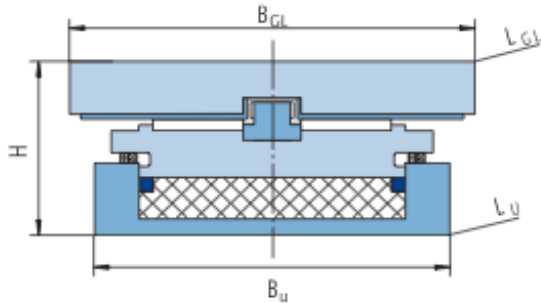
Adalah tipe *pot bearing* yang tidak dapat bergerak. Jadi *pot bearing* jenis ini mempunyai sifat seperti perletakan sendi yaitu bisa menerima gaya vertikal dan horizontal.



Gambar 2. 6 Fixed Pot Bearing

b. *Unilaterally Mobile Pot Bearing*

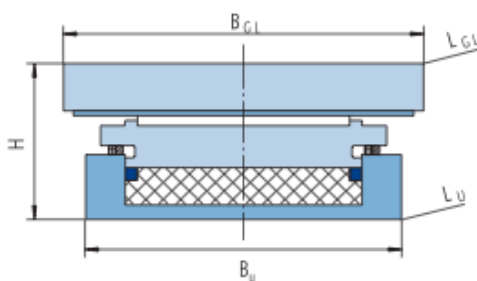
Adalah tipe *pot bearing* yang dapat bergerak ke satu arah. Jadi *pot bearing* jenis ini mempunyai sifat menyerupai roll yaitu bisa menerima gaya vertikal tetapi tidak bisa menerima gaya horizontal.







Gambar 2. 7 *Unilaterally Mobile Pot Bearing*

c. *Generally Mobile Pot Bearing*

Adalah tipe *pot bearing* yang dapat bergerak ke arah X dan Y. jadi *pot bearing* jenis ini bisa menerima gaya horizontal ke arah X maupun Y.



Gambar 2. 8 *Generally Mobile Pot Bearing*

DESIGN PARAMETERS										
Type	Id	Symbol	Reactions			Relative Movements				
			N	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	Displacement V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	Rotation $\alpha_x$	$\alpha_y$
Fixed	TF		N	V <sub>x</sub>	V <sub>y</sub>	None	None			
Longitudinally guided	TGe		N		V <sub>y</sub>	Sliding	None			
Transversally guided	TGe		N	V <sub>x</sub>		None	Sliding	Limited	Deformation	Deformation
Free	TGa		N			Sliding	Sliding			

Gambar 2. 9 Tipe-tipe *Pot Bearing*

## 2.7 Perencanaan Bangunan Bawah

### 2.7.1 Abutment

Abutment adalah suatu bangunan yang meneruskan semua beban baik beban hidup maupun beban mati dari bangunan atas dan tekanan tanah ke tanah pondasi.

Seperti yang telah disebutkan beban yang diterima kepala jembatan antara lain beban bangunan atas dan tekanan tanah. Tekanan tanah aktif merupakan tekanan tanah yang membebani dinding penahan tanah dengan arah horizontal, apabila dinding penahan tanah digerakkan ke arah tanah irisan bagian belakang maka tekanan tanah akan meningkat perlahan-lahan sampai mencapai suatu harga tetap. Tekanan tanah pasif mempunyai tegangan horizontal yang arahnya berlawanan dengan tekanan tanah aktif.

Pada tanah dibagian belakang dinding penahan harus diperhitungkan ada beban tambahan yang bekerja akibat beban lalu

lintas di atas tanah, besar beban lalu lintas tersebut setara dengan tanah setebal 0,6 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut.

Nilai dari koefisien tanah dapat dicari menggunakan rumus:

$$K_o = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.32)$$

dimana harga  $\phi$  dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 2. 7 Harga  $\phi$  untuk tiap jenis tanah

Macam Tanah	$\phi$ (dalam $^{\circ}$ )
Kerikil pasiran	35-40
Kerikil kerakal	35-40
Pasir padat	35-40
Pasir lepas	30
Lempung kelanauan	25-30
Lempung	20-25

### 2.7.2 Kapasitas Daya Dukung Pondasi *Bored Pile*

*Standard Penetration Test* (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan split spoon ke dalam tanah. Dengan percobaan ini maka diperoleh kepadatan relative (*relative density*), sudut geser tanah ( $\Phi$ ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N).

kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan sebagai berikut:

a. Daya dukung Ujung Tiang

Daya dukung ultimit pada ujung bored pile dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_p = q_p \cdot A \quad (2.33)$$

Dimana :

$Q_p$  = daya dukung ultimit ujung tiang (ton)

$q_p$  = tahanan ujung per satuan luas (ton/m<sup>2</sup>)

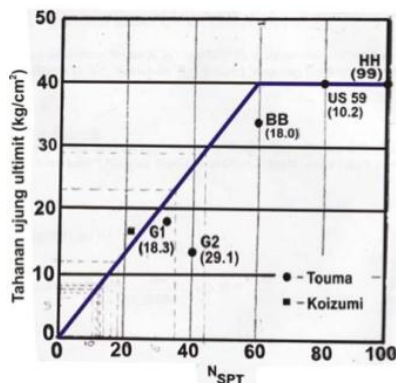
$A$  = luas penampang bored pile (m<sup>2</sup>)

Pada tanah kohesif besar tahanan ujung per satuan luas ( $q_p$ ) dapat diambil sebesar 9 kali kuat geser tanah. Sedangkan pada tanah non kohesif, Reese mengusulkan korelasi antara  $q_p$  dengan  $N_{SPT}$ . Untuk tanah kohesif :

$$q_p = 9 \cdot C_u$$

$$C_u = \frac{2}{3} N_{SPT} \cdot 10 \quad (2.34)$$

Reese & Wright mengusulkan korelasi antara  $q_p$  dan  $N_{SPT}$  seperti terlihat pada Gambar berikut ini.



Gambar 2. 10 Grafik korelasi antara  $q_p$  dan  $N_{SPT}$  (Reese & Wright)



Dimana :

Untuk  $N < 60$  maka  $q_p = 7N \text{ (t/m}^2\text{)} < 400 \text{ (t/m}^2\text{)}$

Untuk  $N > 60$  maka  $q_p = 400 \text{ (t/m}^2\text{)}$

N adalah nilai rata – rata SPT

Untuk tanah non kohesif rumus yang digunakan adalah

$$Q_p = q_p \cdot A_p = 7N \cdot A_p \quad (2. 35)$$

Dimana,  $N = \frac{N_1 + N_2}{2}$

a. Daya Dukung Selimut Tiang

Perhitungan daya dukung selimut tiang pada tanah homogen dapat dituliskan dalam bentuk :

$$Q_s = f \cdot L \cdot p \quad (2. 36)$$

Dimana :

$Q_s$  = daya dukung ultimit selimut tiang (ton)

$f$  = gesekan selimut tiang (ton/m<sup>2</sup>)

$L$  = panjang tiang (m)

$p$  = keliling penampang tiang (m)

Bila bored pile terletak pada tanah yang berlapis, maka formula tersebut dapat dimodifikasi sebagai berikut :

$$Q_s = \sum f_s \cdot l \cdot p \quad (2. 37)$$

Dimana :

$Q_s$  = daya dukung ultimit selimut tiang (ton)

$f_s$  = gesekan selimut tiang (t/m<sup>2</sup>)

$l$  = panjang tiang (m)

$p$  = keliling penampang tiang (m)

Nilai L dan p untuk perhitungan diatas diperoleh dari

data tiang yang akan digunakan, sedangkan untuk nilai  $f$  diperoleh dari perhitungan menggunakan metode Reese & Wright (1977). Gesekan selimut tiang per satuan luas dipengaruhi oleh jenis tanah dan parameter kuat geser tanah. Untuk tanah kohesif dan non kohesif dapat dihitung dengan menggunakan formula :

$$f = \alpha \cdot C_u \quad (2.38)$$

Dimana :

$\alpha$  = Faktor adhesi.

berdasarkan penelitian Reese & Wright (1977)

$\alpha = 0,55$

$C_u$  = Kohesi tanah ( $\text{ton/m}^2$ )

pada tanah non kohesif :

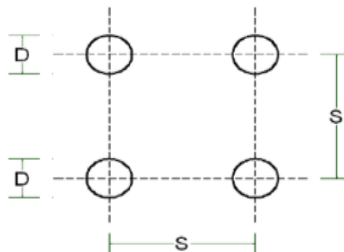
Untuk  $N < 53$  maka  $f = 0,32 N$  ( $\text{ton/m}^2$ )

Untuk  $53 < N < 100$  maka  $f$  diperoleh dari korelasi langsung dengan  $N_{SPT}$  (Reese & Wright)

### 2.7.3 Efisiensi Kelompok Tiang

Berikut adalah metode-metode dalam perhitungan efisiensi tiang :

1. Metode Conferse-Labare



Gambar 2. 11 Definisi s dalam gambar

dimana :

$n$  = Jumlah tiang dalam 1 baris

$m$  = Jumlah baris tiang

$D$  = Diameter tiang

Maka persamaannya adalah :

$$Eg = 1 - \theta \frac{(n-1)m+(m-1)n}{90mn} \quad (2. 39)$$

dimana :

$Eg$  = Efisiensi kelompok tiang(%)

$m$  = Jumlah baris tiang

$n$  = Jumlah tiang dalam satu baris

$\theta$  = Arc tg  $D/S$ , dalam derajat

## 2. Metode Los Angeles

$$Eg = 1 - \frac{D}{\pi.s.m.n} [m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2}(n-1)(m-1)] \quad (2. 40)$$

dimana :

$Eg$  = Efisiensi grup tiang

$n$  = Jumlah tiang dalam 1 baris

$m$  = Jumlah baris tiang

$D$  = Diameter tiang

## 3. Metode Seiler – Keeney

$$\eta = \left\{ 1 - \left[ \frac{11s}{7(s^2-1)} \right] \left[ \frac{m+n-2}{m+n-1} \right] \right\} + \frac{0.3}{m+n} \quad (2. 41)$$

dimana :

$\eta$  = Efisiensi grup tiang

$n$  = Jumlah tiang dalam 1 baris

$m$  = Jumlah baris tiang

$s$  = Jarak antar tiang (as ke as)

Selain menggunakan perhitungan menggunakan nilai efisiensi di atas, berdasarkan pengalaman beberapa peneliti juga menyarankan bahwa perilaku grup tiang di atas tanah pasir mengikuti beberapa ketentuan berikut :

1. Untuk tiang pancang dengan jarak antar pile, pusat ke pusat,  $s > 3d$  maka besar  $Q_g$  adalah sebesar  $\sum Q_a$ .
2. Sedangkan untuk bored pile dengan jarak antar pile,  $s \approx 3d$  maka besar  $Q_g$  diambil sebesar  $\frac{2}{3}$  sampai  $\frac{3}{4}$  dari  $\sum Q_a$ .

Beban maksimum :

$$Q_i = \frac{v}{n} \pm \frac{MyXi}{\sum X^2} \pm \frac{MyXi}{\sum Y^2} \quad (2.42)$$

$Q_i$  = Gaya pada tiang  
 $X$  = Absis tiang terhadap titik berat  
 $Y$  = Ordinat tiang terhadap titik berat kelompok tiang  
 $\sum X^2$  &  $\sum Y^2$  = Jumlah kuadrat absis dan ordinat tiang

#### 4. Metode Feld

Metode ini mereduksi daya dukung setiap tiang pada kelompok tiang dengan  $1/n$  untuk setiap tiang yang berdekatan dan tidak memperhitungkan jarak tiang, akan tetapi untuk jarak antar tiang  $S \geq 3$  maka tiang yang bersebelahan itu diasumsikan tidak berpengaruh terhadap tiang-tiang yang ditinjau.

$$Eff\ tiang = 1 - \frac{jumlah\ tiang\ yang\ mengelilingi}{jumlah\ tiang} \quad (2.43)$$

Total eff tiang = jumlah tiang yang ditinjau x eff tiang

$$Eff\ tiap\ tiang = \frac{total\ eff\ tiang}{\eta} \quad (2.44)$$

Jadi daya dukung tiap tiang menurut Feld :

Daya dukung = eff tiang x Pn

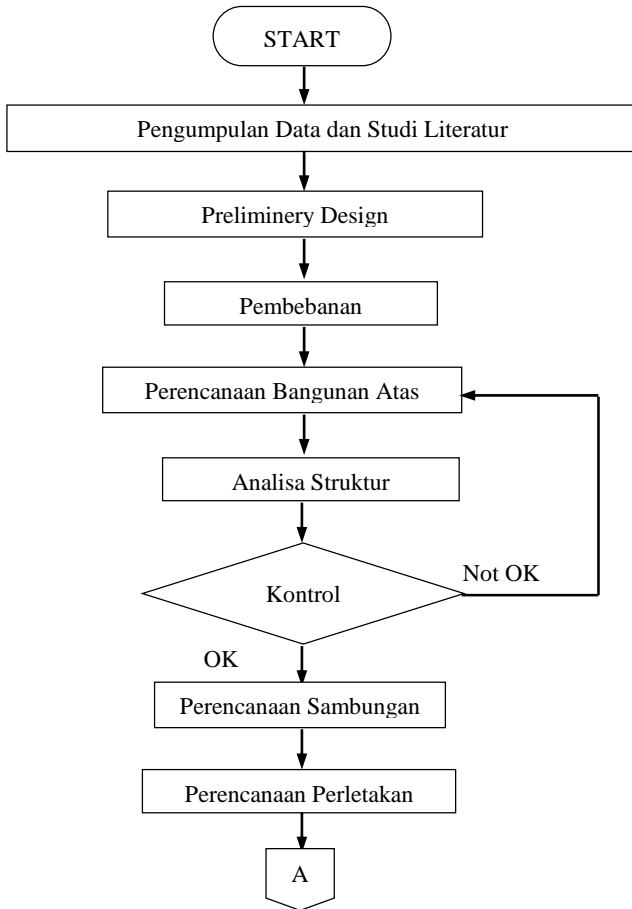
Dimana :

Pn = daya dukung tiang tunggal

$\eta$  = jumlah tiang pancang.

### BAB III METODOLOGI

Sistematika metodologi penulisan proposal Tugas Akhir ini dapat dilihat seperti diagram flowchart dibawah





Penjelasan metodologi *flowchart* dalam Perencanaan Ulang Struktur Jembatan Mrican Dengan Menggunakan Busur Rangka Baja di atas sebagai berikut :

### 3.1 Pengumpulan Data

Data eksisting Jembatan Mrican adalah sebagai berikut :

1. Nama Jembatan : Jembatan Mrican
2. Lokasi : Kediri, Jawa Timur



Gambar 3. 1 Gambar peta lokasi jembatan Mrican

3. Tipe Jembatan : Jembatan Baja dengan 10 pilar di tengah

4. Panjang Jembatan : 120 m
5. Lebar Jembatan : 5.8 m

Adapun dalam tugas akhir ini jembatan tersebut akan dimodifikasi perencanaannya dengan data – data perencanaan baru sebagai berikut :

1. Tipe Jembatan : Jembatan Busur Rangka Baja
2. Panjang Jembatan : 120 m
3. Lebar rencana : 10 m
4. Lantai kendaraan : 2 lajur, 2 @ 3,5 m  
(Beton Bertulang)
5. Tebal lantai beton : 0.25 m
6. Menggunakan zona gempa dan data tanah Kota Kediri
7. Struktur utama : Busur Rangka Baja  
Abutment  
footing

### 3.2 Studi Literatur

Studi literatur berisi serangkaian kegiatan pencarian dan pengkajian sumber – sumber yang relevan dan terpercaya dalam pengumpulan materi yang menjadi acuan dalam tugas akhir ini. Beberapa literatur yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Peanggunaan material baja pada struktur sesuai dengan ASTM (*American Society for Testing and Material*)
- Sistem dan metode pembangunan lantai kendaraan jembatan sesuai dengan SNI 1725-2016
- Pembebanan pada jembatan sesuai dengan SNI 1725-2016
- Perencanaan struktur baja untuk jembatan sesuai dengan SNI T-03-2005
- Kombinasi beban gempa sesuai dengan SNI 1725-2016



### 3.3 Preliminary Design

Preliminary design merupakan perkiraan material, dimensi, dan mutu awal yang akan digunakan dalam tugas akhir ini. Poin – poinnya antara lain sebagai berikut :

- Penentuan dimensi busur rangka baja jembatan
- Penentuan mutu baja
- Penentuan dimensi rangka jembatan

### 3.4 Perencanaan Bangunan Atas

#### 3.4.1 Perencanaan Pelengkap Jembatan

- Perencanaan sandaran
- Perencanaan trotoar dan kerb

#### 3.4.2 Estimasi Dimensi Elemen Struktur Utama

- Pelat
- Rangka busur
- Kabel penggantung

### 3.5 Pembebanan Struktur Jembatan

Pembebanan yang digunakan dalam analisa struktur jembatan ini mengacu pada SNI 1725-2016 Jenis pembebanan yang ditinjau adalah sebagai berikut :

- Beban mati dari berat sendiri
- Beban lajur:
  - Beban terbagi rata UDL (*Uniform Dead Load*)
  - Beban gari KEL (*Knife Edge Load*)
- Beban T (Truk)
- Beban Angin
- Beban Gempa
- Pengaruh Temperatur

### 3.6 Analisis Pembebanan

Analisis pembebanan struktur bangunan atas tugas akhir ini menggunakan program bantu SAP 2000

### 3.7 Kontrol Bangunan Atas

Kontrol yang digunakan:

- a) Kontrol kapasitas tekan
- b) Kontrol kapasitas tarik
- c) Kontrol terhadap tekuk lokal
- d) Kontrol tekuk lateral
- e) Kontrol terhadap geser
- f) Kontrol terhadap lendutan
- g) Kontrol sambungan
- h) Kontrol perletakan

### 3.8 Perencanaan Sambungan

Jenis-jenis sambungan yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Sambungan baut
- Sambungan las tipe tumpu
- Sambungan las tipe sudut

### 3.9 Perencanaan Perletakan Jembatan

- Perencanaan pembebanan  
Pembebanan pada perletakan merupakan hasil dari pembebanan bangunan atas yang disalurkan pada tiap 1 perletakan
- Penentuan dimensi struktur  
Merencanakan setiap dimensi perletakan jembatan berdasarkan dimensi yang telah sering digunakan pada perencanaan jembatan (dari fabrikasi)

### 3.10 Perencanaan Bangunan Bawah

- Perencanaan dimensi dan analisa kekuatan abutmen
- Perencanaan pondasi *bored pile*

### **3.11 Penggambaran Hasil Desain**

Perencanaan yang telah dilakukan dituangkan dalam bentuk gambar teknik dengan menggunakan program bantu AutoCAD.

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

Pelat lantai kendaraan direncanakan dengan lebar 2 m dan panjang 6 m. Berdasarkan BMS 1992 persyaratan tebal pelat ( $d_3$ ) dan tebal aspal ( $d_4$ ) dapat dihitung dengan perumusan dibawah ini :

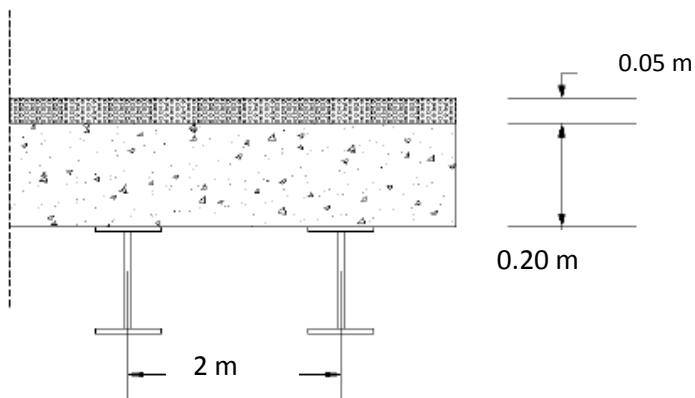
Ditentukan jarak antar balok memanjang ( $b_1$ ) = 2 m

$d_3 \geq 100 + 40 b_1$ , atau  $d_3 \geq 200$  mm

$d_3 \geq 100 + 40 (2)$

$d_3 \geq 180$  mm ( maka dipakai tebal pelat beton ( $d_3$ ) = 200 mm)

Sedangkan untuk perencanaan tebal aspal berdasarkan BMS 1992 dapat dilihat sebagai berikut:  $d_4 \geq 5$  sampai dengan 8 cm ( dipakai tebal aspal ( $d_4$ ) = 5cm = 50 mm)



Gambar 4. 1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

#### 4.1.1 Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Pembebanan pelat lantai kendaraan direncanakan sesuai dengan SNI 1725-2016 dengan faktor beban  $K_U^{MS}=1.3$  (Beton dicor ditempat) dan Beban Truk "T",  $K_U^{TT}=2$ .

Pada perencanaan pelat lantai kendaraan akan dihitung dengan asumsi per meter panjang, dengan perhitungan pembebanan detail sebagai berikut :

- **Beban Mati**

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat sendiri pelat} &= d3.y \text{ beton} \cdot 1m \cdot K_U^{\text{MS}} \\
 &= 0,2m \cdot 24 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 1m \cdot 1,3 \\
 &= 6,24 \frac{\text{KN}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Berat aspal} &= d4.y \text{ aspal} \cdot 1m \\
 &= 0,05m \cdot 22 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3} \cdot 1m \\
 &= 1,1 \frac{\text{KN}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ q mati} &= \text{berat pelat} + \text{berat aspal} \\
 &= 6,24 \frac{\text{KN}}{\text{m}} + 1,1 \frac{\text{KN}}{\text{m}} \\
 &= 7,34 \frac{\text{KN}}{\text{m}}
 \end{aligned}$$

- **Beban Hidup**

Beban roda truk = 112,5 KN, dengan melihat grafik faktor kejut DLA (Dynamic Load Allowed) didapatkan besaran DLA yaitu 30% atau 0,3.

$$T = (1+0,3) \times 112,5 = 146,25 \text{ KN}$$

Beban Hidup Ultimate (Truk) :

$$\begin{aligned}
 T(u) &= K_U^{\text{TT}} \cdot T \\
 &= 2 \cdot 146,25 \text{ KN} = 292,5 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Perhitungan Momen – Momen Arah Melintang

Perhitungan momen – momen arah melintang akibat beban mati dan beban hidup berupa beban truk dapat dilihat sebagai berikut:

- Momen akibat beban mati :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \frac{1}{10} \cdot q \text{ mati} \cdot b l^2 \\ &= \frac{1}{10} \cdot 7,34 \cdot (2)^2 = 2,936 \text{ KNm} \end{aligned}$$

- Momen akibat beban hidup :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 0,8 \cdot \frac{S+0,6}{10} \cdot T_u, \text{ dimana } S = b l \\ &= 0,8 \cdot \frac{2+0,6}{10} \cdot 292,5 \text{ KN} = 60,84 \text{ KNm} \end{aligned}$$

Momen Total :

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 2,936 \text{ KNm} + 60,84 \text{ KNm} \\ &= 63,776 \text{ KNm} = 63776000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

#### 4.1.3 Perhitungan Penulangan Lentur Lantai Kendaraan

Pelat lantai kendaraan akan diberi tulangan rangkap atas dan bawah. Berikut ini adalah data perencanaannya :

- Mutu Beton ( $f'c$ ) = 30 Mpa
  - Mutu Baja Tulangan Utama ( $f_y$ ) = 390 Mpa
  - Mutu Baja Tukangan Susut ( $f_y$ ) = 240 Mpa
  - Kebutuhan Tebal Decking = 40 mm
  - Tulangan Utama (D) = 16 mm  
(arah x)
  - Tulangan Susut ( $\emptyset$ ) = 10 mm  
(arah y)
  - Tebal Pelat (h) = 200 mm
- Dengan mutu beton ( $f'c$ ) = 30 Mpa, maka nilai  $\beta_1 = 0,85$

$$\begin{aligned} d &= h - \left(\frac{1}{2} \cdot D\right) - \text{decking} \\ &= 200 - \left(\frac{1}{2} \cdot 16\right) - 40 = 152 \text{ mm} \\ \rho_b &= \beta_1 \cdot \frac{0,85 \cdot f'c}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 30}{390} \cdot \frac{600}{600 + 390} = 0,0336 \\ \rho_{\text{max}} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0336 = 0,0252 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= \rho \text{ susut} = \frac{0,0018 \cdot 420}{f_y} = \frac{0,0018 \cdot 420}{390} = 0,00194 \\ m &= \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} = \frac{390}{0,85 \cdot 30} = 15,294 \\ R_n &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{63776000}{0,9 \cdot 1000 \cdot 152^2} = 3,6 \text{ N/mm}^2 \\ \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \cdot \left[ 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y} \right)} \right] \\ &= \frac{1}{15,294} \cdot \left[ 1 - \sqrt{\left( 1 - \frac{2 \cdot 15,294 \cdot 3,6}{390} \right)} \right] \\ &= 0,00995 \end{aligned}$$

Karena  $\rho \text{ min} < \rho \text{ perlu} < \rho \text{ max}$ , maka dipakai  $\rho = \rho \text{ perlu} = 0,00406$ . Menurut SNI 2847 – 2013 besarnya As pasang harus melebihi 1/3 dari As perlu, maka :

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \frac{4}{3} \rho \cdot b \cdot d \\ &= \frac{4}{3} 0,00995 \cdot 1000 \cdot 152 \\ &= 2016,533 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

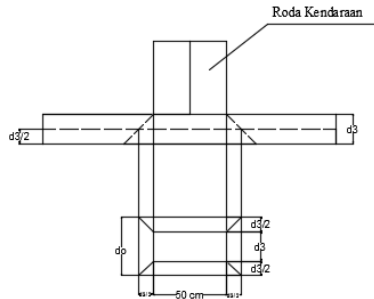
Dari hasil perhitungan di atas, maka didapatkan kebutuhan tulangan utama (arah x) adalah 16 D16-125 (As = 3215,3 mm<sup>2</sup>)

Sedangkan untuk penulangan susut dipakai ketentuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{As} &= 0,002 \cdot A_{\text{bruto pelat}} \\ &= 0,002 \cdot (200 \cdot 1000) = 400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga tulangan susut menggunakan 8 Ø10-125 (As = 628 mm<sup>2</sup>)

#### 4.1.4 Kontrol Penulangan Geser (Pons) Pelat Lantai Kendaraan



Gambar 4. 2 Ilustrasi Geser Pons

Perhitungan penulangan geser pons untuk pelat lantai kendaraan disesuaikan dengan ukuran roda truck, sedangkan untuk kemiringan sudut geser pons diambil sebesar  $45^\circ$ .

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat (d 3)} &= 20 \text{ cm} \\
 b_0 &= 50 + (2 \cdot 0,5 \cdot d_3) = 50 + (2 \cdot 0,5 \cdot 20) \\
 &= 70 \text{ cm} \\
 d_0 &= 20 + (2 \cdot 0,5 \cdot d_3) = 20 + (2 \cdot 0,5 \cdot 20) \\
 &= 40 \text{ cm} \\
 b &= 2 \cdot (b_0 + d_0) = 2 \cdot (70 + 40) = 220 \text{ cm} \\
 A &= b \cdot d = 220 \cdot 15,2 = 3344 \text{ cm}^2 = 334400 \text{ mm}^2 \\
 V_U &= K_U^{TT} \cdot 112,5 \cdot (1+DLA) \\
 &= 2 \cdot 112,5 \cdot (1+0,3) \\
 &= 292,5 \text{ KN} \\
 \emptyset V_n &= \emptyset \cdot A \cdot 0,17 \cdot \sqrt{f'c} \\
 &= 0,75 \cdot 334400 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{30} \\
 &= 307272,355 \text{ N} = 307,272 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka didapatkan bahwa  $\emptyset V_n > V_u$ . Maka pelat lantai kendaraan sudah cukup kuat untuk menerima beban roda truk terpusat pada tengah bentang lantai kendaraan.



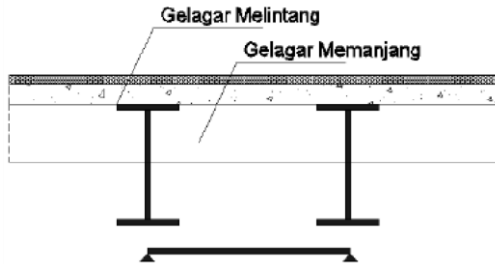
## 4.2 Perencanaan Gelagar Memanjang Jembatan

Untuk perencanaan balok memanjang ini menggunakan baja dengan mutu BJ 41, dengan ketentuan sebagai berikut :

Tegangan leleh ( $f_y$ ) = 250 Mpa = 2500

Tegangan ultimate ( $f_u$ ) = 410 Mpa = 4100 kg/cm<sup>2</sup>

Modulus Elastisitas (E) = 200000 Mpa



Gambar 4. 3 Gelagar Memanjang dan Melintang Jembatan

Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF 582 x 300 x 12 x 17. Data detail profil adalah sebagai berikut:

$A = 174,5 \text{ cm}^2$   $g = 137 \text{ kg/m}$   $d = 582 \text{ mm}$   $bf = 300 \text{ mm}$

$t_f = 17 \text{ mm}$   $t_w = 12 \text{ mm}$   $i_x = 24,3 \text{ cm}$   $i_y = 6,63 \text{ cm}$

$I_x = 103000 \text{ cm}^4$   $I_y = 7670 \text{ cm}^2$   $Z_x = 3782 \text{ cm}^3$   $Z_y = 785 \text{ cm}^3$

$S_x = 3540 \text{ cm}^3$   $r = 22 \text{ mm}$   $h = 582 - 2 \cdot (12+17) = 524 \text{ mm}$

### 4.2.1 Pembebanan Gelagar Memanjang Jembatan

Tabel 4. 1 Load factor menurut SNI 1725:2016 pasal 7.2 tabel 3.

Bahan	Load Factor
Baja, Aluminium	1,1
Beton Pracetak	1,2
Beton Cor Ditempat	1,3
Kayu	1,4
Aspal	2

#### 4.2.1.1. Beban Mati

Pelat beton	: $0,2 \cdot 2400 \cdot 2 \cdot 1,3$	= $1248 \text{ kg/m}$
Aspal	: $0,05 \cdot 2200 \cdot 2 \cdot 2$	= $440 \text{ kg/m}$
Berat bekisting	: $50 \cdot 1,4$	= $140 \text{ kg/m}$
Berat sendiri	: $137 \cdot 1,1$	= $150,7 \text{ kg/m}$
$Q_D$	: $1248+440+140+150,7$	= $1978,7 \text{ kg/m}$
$M_D = Qd(u) \cdot L^2 =$	$1978,7 \cdot 6^2 \cdot \frac{1}{8}$	= $8904,05 \text{ kgm}$

#### 4.2.1.2. Beban Hidup Ultimate

Beban Terbagi Rata (BTR)

Karena bentang ( $L$ ) = 6 m, maka dipakai  $q = 9 \text{ kPa}$  (SNI-1725:2016 pasal 8.3.1)

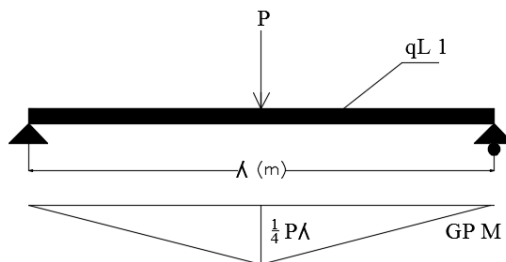
$$q = 9 \text{ kPa} = 900 \text{ kg/m}^2$$

maka beban yang bekerja :

$$Q_L = q \cdot b \cdot L \cdot K_{TD}^U = 900 \cdot 2 \cdot 2 = 3600 \text{ kg/m}$$

Beban Garis Terpusat (BGT)

Beban garis terpusat (BTR) sebesar  $P \text{ KN/m}$  ditempatkan tegak lurus dari arah lalu lintas pada jembatan dengan gaya sebesar  $P = 49 \text{ KN} = 4900 \text{ kg/m}$ . Faktor beban dinamik berlaku untuk KEL ditentukan melalui gambar 8 SNI-1725:2016, dan didapatkan harga  $DLA - 30\%$  sehingga beban yang bekerja dengan adanya faktor kejut  $DLA$  adalah :



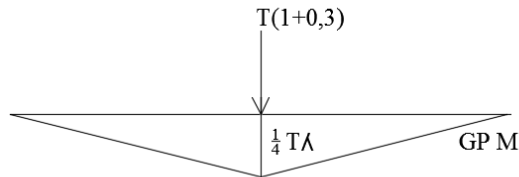
Gambar 4. 4 Garis Pengaruh Akibat Beban Hidup

$$\begin{aligned}
 P_1 &= (1+DLA) \cdot P \cdot b_1 \cdot K_{TD}^U \\
 &= (1+0,3) \cdot 49 \cdot 2 \cdot 2 \\
 &= 254,8 \text{ KN} = 254800 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{L1} &= \left(\frac{1}{8} \cdot QL \cdot \lambda^2\right) + \left(\frac{1}{4} \cdot P1 \cdot \lambda\right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \cdot 3600 \cdot 6^2\right) + \left(\frac{1}{4} \cdot 254800 \cdot 6\right) \\
 &= 390300 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

#### Beban Truk (T)

Beban Truk (T) adalah sebesar 112,5 KN (SNI-1725:2016 pasal 8.4) dengan faktor kejut (DLA) = 30% (SNI-1725:2016)



Gambar 4. 5 Garis Pengaruh Akibat Beban “T”

$$\begin{aligned}
 T_U &= T \cdot (1+DLA) \cdot K_{TT}^U \\
 &= 112,5 \cdot (1+0,3) \cdot 2 \\
 &= 292,5 \text{ KN} = 29250 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{L2} &= \left(\frac{1}{4} \cdot T \cdot \lambda\right) \\
 &= \left(\frac{1}{4} \cdot 29250 \cdot 6\right) \\
 &= 43875 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

Karena  $M_{L2} > M_{L1}$ , maka dipakai momen yang terbesar akibat beban hidup yaitu  $M_L = M_{L2} = 43875 \text{ kgm}$ , sehingga :

$$M_U = M_D + M_L = 8904,05 \text{ kgm} + 43875 \text{ kgm} = 52779 \text{ kgm}$$

## 4.2.2 Kontrol Profil Gelagar Memanjang

### 4.2.2.1 Kontrol Kuat Rencana Momen Lentur

Kontrol penampang :

$$\text{Sayap} : \frac{bf}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{300}{2(18)} \leq \frac{170}{\sqrt{250}} \quad 8,33 \leq 10,75 \quad (\text{OK})$$

$$\text{Badan} : \frac{h}{tw} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{582}{11} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \quad 48,5 \leq 106,25 \quad (\text{OK})$$

Penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 3782 \cdot 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 9455000 \text{ kgcm} = 94550 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 94550 = 85095 \text{ kgm} > M_u = 52779 \text{ kgm} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

### 4.2.2.2 Kontrol Lateral Buckling

$$L_B = 600 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \cdot 6,63 \cdot \sqrt{\frac{2000000}{250}} \\ &= 357,33 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$L_r = i_y \cdot \left( \frac{x_1}{f_y - f_r} \right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + (x_2 \cdot f l^2)}}$$

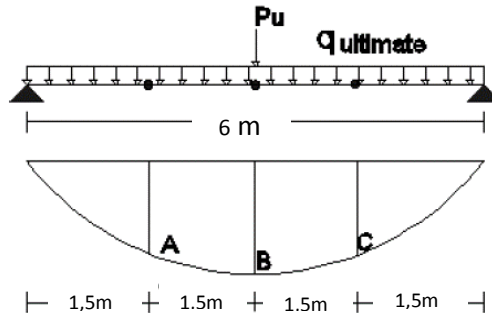
$$\begin{aligned} \text{Dimana, } f_y &= 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ f_r &= 700 \text{ kg/cm}^2 \\ f l &= f_y - f_r = 1800 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \sum \frac{1}{3} \cdot b \cdot t^3 \\ &= \left( \frac{1}{3} \cdot (58,2 - 2 \cdot 1,7) \cdot 1,7^3 \right) + \left( \frac{1}{3} \cdot 30 \cdot 1,2^3 \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 107,0241 \text{ cm}^4 \\
 I_w &= I_y \cdot \frac{h^2}{4} \quad \text{dimana } h = d - t_f = 58,2 - 1,7 = 56,5 \text{ cm} \\
 &= 7670 \cdot \frac{56,5^2}{4} = 6121139 \text{ cm}^6 \\
 X_1 &= \frac{\pi}{S_x} \cdot \sqrt{\frac{EGJA}{2}}, \quad \text{dimana modulus geser } (G) = 8 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= \frac{\pi}{3540} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 10^5 \cdot 107,0241 \cdot 174,5}{2}}, \\
 &= 34285,46 \text{ kg/cm}^2 \\
 X_2 &= 4 \cdot \left(\frac{S_x}{GJ}\right)^2 \cdot \frac{I_w}{I_y} \\
 &= 4 \cdot \left(\frac{3540}{8 \cdot 10^5 \cdot 107,0241}\right)^2 \cdot \frac{6121139}{7670} \\
 &= 0,000546 \text{ kg/cm}^2 \\
 L_r &= i_y \cdot \left(\frac{x_1}{f_y - f_r}\right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + (x_2 \cdot fl^2)}} \\
 &= 6,63 \cdot \left(\frac{34285,46}{2500 - 700}\right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + (0,000546 \cdot 1800^2)}} \\
 &= 828,6878 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Karena  $L_p = 357,33 \text{ cm} < L_B = 600 \text{ cm} < L_r = 830,2361 \text{ cm}$ , maka balok memanjang tersebut termasuk bentang menengah, sehingga :

$$\begin{aligned}
 M_n &= C_b \cdot (M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p}) \\
 M_r &= S_x \cdot (f_y - f_r) \\
 &= 3540 \cdot (2500 - 700) = 6372000 \text{ kgcm} = 63720 \text{ kgm} \\
 M_p &= Z_x \cdot f_y \\
 &= 3782 \cdot 2500 = 9455000 \text{ kgcm} = 94550 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 6 Titik Momen Pada Bentang Panjang

$$\begin{aligned}
 q_U &= (1,2 \cdot q_D) + (1,6 \cdot q_L) \\
 &= (1,2 \cdot 1978,7) + (1,6 \cdot 1800) = 2403,214 \text{ kg/m} \\
 P_U &= 1,6 \cdot P_{KEL} \\
 &= 1,6 \cdot 25480 = 40768 \text{ kg} \\
 V_A &= \frac{V_B}{2} \\
 &= \frac{q_U \cdot L}{2} + \frac{P_U}{2} \\
 &= \frac{2403,214 \cdot 6}{2} + \frac{40768}{2} = 27593,64 \text{ kg} \\
 M_A &= \frac{M_C}{2} \\
 &= (V_A \cdot 1,5) - (0,5 \cdot q_U \cdot 1,5^2) \\
 &= (27540,5 \cdot 1,5) - (0,5 \cdot 2385,499 \cdot 1,5^2) \\
 &= 38627,06 \text{ kgm} \\
 M_{\max} &= M_B \\
 &= (V_A \cdot 3) - (0,5 \cdot q_U \cdot 3^2) \\
 &= (27593,64 \cdot 3) - (0,5 \cdot 2403,214 \cdot 3^2) \\
 &= 71966,46 \text{ kgm} \\
 C_b &= \frac{1,25 M_{\max}}{(2,5 M_{\max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C)} \leq 2,3 \\
 &= \frac{1,25 (71966,46)}{(2,5 (71966,46) + 3(38627,06) + 4(71966,46) + 3(38627,06))} \leq 2,3 \\
 &= 1,285 < 2,3 \text{ (maka dipakai } C_b = 1,285) \\
 M_n &= C_b \cdot (M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p}) \\
 &= 1,285 \cdot (63720 + (94550 - 63720) \frac{828,6878 - 600}{828,6878 - 357,33})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 10112397 \text{ kgcm} = 101123,97 \text{ kgm} > M_p = 94550 \text{ kgm} \\
 \text{Maka } M_n &= M_p = 94550 \text{ kgm} \\
 \varnothing M_n &= 0,9 \cdot M_n \\
 &= 0,9 \cdot 94550 \\
 &= 91011,57 \text{ kgm} > M_u = 52779 \text{ kgm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

### 4.2.2.3 Kuat Rencana Geser

Kontrol penampang :

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{tw} &\leq \lambda_p = \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\
 \frac{582}{12} &\leq \lambda_p = \frac{1100}{\sqrt{250}} \\
 48,5 &\leq \lambda_p = 69,57 \quad (\text{Plastis})
 \end{aligned}$$

Berdasarkan LFRD (RSNI T 03- 2005 Pasal 7.8.3)

$$\begin{aligned}
 V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\
 &= 0,6 \cdot f_y \cdot (h \cdot tw) \\
 &= 0,6 \cdot 2500 \cdot 65,76 = 98640 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Akibat beban mati :

$$\begin{aligned}
 V_u &= \left( \frac{1}{2} \cdot Q_D \cdot \lambda \right) \\
 &= \left( \frac{1}{2} \cdot 1978,7 \cdot 6 \right) = 5936,03 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Akibat beban hidup :

BTR dan BGT

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} \left( P_{BGT} + \left( \frac{1}{2} \cdot Q_{UDL} \cdot \lambda \right) \right) \\
 &= \frac{1}{2} \left( 25480 + \left( \frac{1}{2} \cdot 3600 \cdot 6 \right) \right) \\
 &= 18140 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Truk (T)

$$\begin{aligned}
 V_u &= 29250 \text{ kg} > V_u(\text{BGT} + \text{BTR}) = 18140 \text{ kg} \\
 \text{Maka } V_u &= V_u(\text{Truk}) + V_u(\text{mati}) \\
 &= 29250 + 5936,03 = 36967 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 98640 = 88776 \text{ kg} > V_u = 36967 \text{ kg (OK)}\end{aligned}$$

#### 4.2.2.4 Lendutan Ijin

Syarat :  $\delta' \leq \delta$ , dimana  $\delta$  adalah lendutan ijin, sedangkan  $\delta'$  adalah lendutan yang sudah terjadi (berdasarkan beban hidup saja)

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{\lambda}{800} \\ \delta &= \frac{600}{800} = 0,75 \text{ cm}\end{aligned}$$

Lendutan akibat beban hidup BTR + BGT :

$$\begin{aligned}\delta' &= \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_L \cdot \lambda^4}{E \cdot I_x} \right) + \left( \frac{P_{BGT} \cdot \lambda^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \right) \\ \delta' &= \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{18 \cdot 600^4}{2000000 \cdot 103000} \right) + \left( \frac{127,4 \cdot 600^3}{48 \cdot 2000000 \cdot 103000} \right) \\ \delta' &= 0,153 \text{ cm}\end{aligned}$$

Lendutan akibat beban Truk (T) :

$$\begin{aligned}\delta' &= \left( \frac{T_U \cdot \lambda^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \right) \\ \delta' &= \left( \frac{26325 \cdot 600^3}{48 \cdot 2000000 \cdot 103000} \right) \\ \delta' &= 0,575 \text{ cm} < \delta = 0,75 \text{ cm} \quad (\text{OK})\end{aligned}$$

### 4.3 Perencanaan Gelagar Melintang Jembatan

Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF 950,7 x 310,3 x 24,4 x 44. Data detail profil adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}A &= 486 \text{ cm}^2 & g &= 381 \text{ kg/m} & d &= 950,7 \text{ mm} & bf &= 300 \text{ mm} \\ tf &= 44 \text{ mm} & tw &= 24,4 \text{ mm} & ix &= 37,9 \text{ cm} & iy &= 6,63 \text{ cm} \\ I_x &= 696900 \text{ cm}^4 & I_y &= 21980 \text{ cm}^2 & Z_x &= 17030 \text{ cm}^3 & Z_y &= 2247 \text{ cm}^3 \\ h &= 950,7 - 2 \cdot (44+44) = 524 \text{ mm}\end{aligned}$$



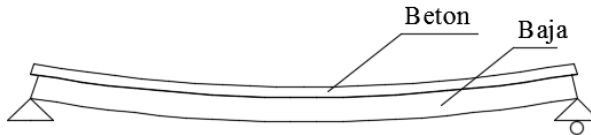
### 4.3.1 Pembebanan Pada Gelagar Melintang Jembatan

#### 4.3.1.1 Beban Mati

##### Beban Mati Sebelum Komposit

Pelat beton	: $0,2 \cdot 2400 \cdot 6 \cdot 1,3$	= 7488 kg/m
Berat bekisting	: $50 \cdot 6 \cdot 1,4$	= 420 kg/m
Berat b. memanjang	: $\frac{137,6m}{2m} \cdot 1,1$	= 452,034kg/m
Berat sendiri	: $381 \cdot 1,1$	= 419,1 kg/m
$Q_D$	: $7488+420+452,034+419,1$	= 8779 kg/m
$M_D = \frac{1}{8} Qd(u) \cdot L^2 =$	$8779 \cdot 10^2 \cdot \frac{1}{8}$	= 109739 kgm
$V_D = \frac{1}{2} Qd(u) \cdot L = \frac{1}{2} \cdot$	$8779 \cdot 10^2 =$	43895,7 kg

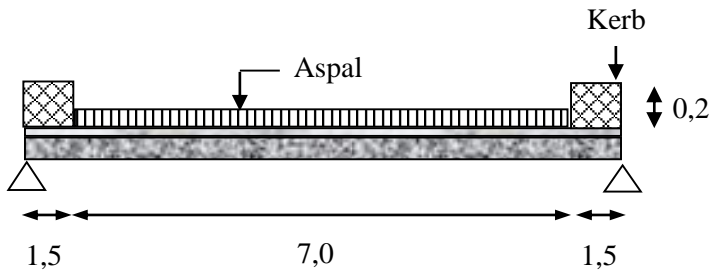
Perilaku balok sebelum komposit dapat dilihat pada **gambar 4.7**, dimana gesekan antara beton dan pelat baja diabaikan, sehingga beton dan pelat baja masing-masing memikul momen secara terpisah.



Gambar 4. 7 Struktur Balok Sebelum Komposit

##### Beban Mati Setelah Komposit

Beban mati jembatan setelah komposit terdiri dari berat aspal dan berat kerb yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. 8 Beban Mati Gelagar Melintang Setelah Komposit

$$\begin{aligned} \text{Berat Aspal} & : 0,05 \cdot 2200 \cdot 6 \cdot 2 = 1320 \text{ kg/m} \\ \text{Berat Kerb} & : 0,2 \cdot 2400 \cdot 6 \cdot 1,3 = 3900 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_A & = \frac{1}{2} (1320 \cdot 7 + 2 \cdot 3900 \cdot 1,5) \\ & = 10470 \text{ kg} \end{aligned}$$

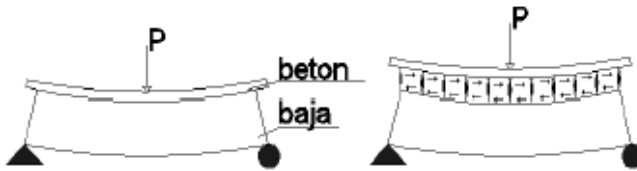
$$\begin{aligned} M_{D2} & = (10470 \cdot 5) - (0,5 \cdot 3900 \cdot \left(\frac{1,5}{2} + \frac{7}{2}\right)^2) - (0,5 \cdot 1320 \cdot \left(\frac{7}{2}\right)^2) \\ & = 1940,25 \text{ kgm} \end{aligned}$$

#### 4.3.1.2 Beban Hidup

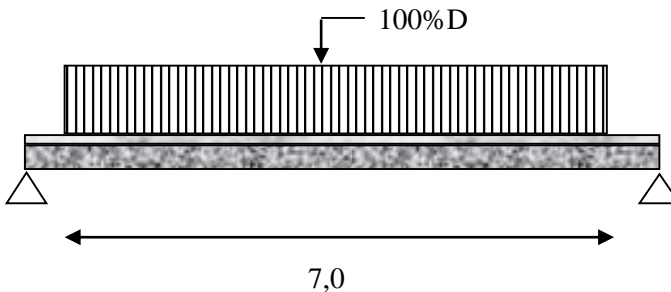
##### Beban Hidup Sesudah Komposit

$$\begin{aligned} P_{BGT} & = (1+DLA) \cdot P \cdot 2 \\ & = (1+0,3) \cdot 4900 \cdot 2 \\ & = 12740 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{UDL} & = q \cdot L \cdot 2 \\ & = 900 \cdot 6 \cdot 2 \\ & = 10800 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Gambar 4. 9 Perilaku Balok Komposit



Gambar 4. 10 Kombinasi Beban BTR dan BGT

Beban BTR

Karena bentang ( $L$ ) = 6 m < 30 m, maka dipakai  $q = 9$  kPa (SNI-1725:2016 pasal 8.3.1)

$$q = 9 \text{ kPa} = 900 \text{ kg/m}^2$$

maka beban yang bekerja :

$$QL = q \cdot l \cdot K_U^{TD} = 900 \cdot 6 \cdot 2 = 10800 \text{ kg/m}$$

Beban BGT

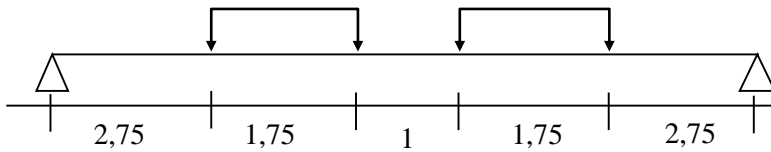
$$\begin{aligned} P_1 &= (1+DLA) \cdot P \cdot K_U^{TD} \\ &= (1+0,3) \cdot 49 \cdot 2 \\ &= 127,4 \text{ KN} = 12740 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban "D"} &= \text{BGT} + \text{BTR} \\ &= 12740 + 10800 = 23540 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$R_A = \frac{1}{2} \cdot 23540 \cdot 7 = 82390 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 M_{L1} &= (82390 \cdot 5) - (0,5 \cdot 1320 \cdot \left(\frac{7}{2}\right)^2) \\
 &= 267768 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

### Beban Truk “T”



Gambar 4. 11 Ilustrasi Beban “T”

$$\begin{aligned}
 T &= (1+0,3) \cdot 112,5 \cdot 2 \\
 &= 292,5 \text{ KN} = 29250 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$V_A \cdot 10 - T(7+5,5+4,5+2,75) = 0$$

$$V_A \cdot 10 - 29250(7+5,5+4,5+2,75) = 0$$

$$V_A = 58500 \text{ kg}$$

$$M_{MAX} = (V_A \cdot 5) - (T \cdot 1,75)$$

$$= (58500 \cdot 5) - (29250 \cdot 1,75) = 212063 \text{ kgm}$$

Maka didapatkan  $M_{MAX}$  akibat beban “T” sebesar 212063 kgm

$$\text{Maka } V_u = V_D + V_L = (43895,7+10470)+(82390) = 136755,6 \text{ kg}$$

## 4.3.2 Kontrol Profil Gelagar Melintang

### 4.3.2.1 Kuat Rencana Geser

Kontrol Penampang

$$\frac{h}{tw} \leq \lambda_p = \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{950,7}{24,4} \leq \lambda_p = \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$38,96 \leq \lambda_p = 69,57$$

(Plastis)

Berdasarkan LRFD

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \cdot f_y \cdot A_w \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot (h \cdot t_w) \\ &= 0,6 \cdot 2500 \cdot ((950,7 - (2 \cdot 44)) \cdot 24,4) \\ &= 315748,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 315748,2 \\ &= 284173,38 \text{ kg} > V_u = 136755,67 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

#### 4.3.2.2 Lentutan Ijin

Syarat :  $\delta' \leq \delta$ , dimana  $\delta$  adalah lentutan ijin, sedangkan  $\delta'$  adalah lentutan yang sudah terjadi (berdasarkan beban hidup saja)

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{\lambda}{800} \\ \delta &= \frac{1000}{800} = 1,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lentutan akibat beban hidup BTR + BGT :

$$\begin{aligned} \delta' &= \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_L \cdot \lambda^4}{E \cdot I_x} \right) \\ \delta' &= \left( \frac{5}{384} \cdot \frac{\frac{23540}{2} \cdot 1000^4}{2000000 \cdot 696900} \right) \\ \delta' &= 1,047 \text{ cm} < \delta = 1,25 \text{ cm (OK)} \end{aligned}$$

#### 4.3.2.3 Kuat Penampang

Kontrol penampang:

$$\begin{aligned} \text{Sayap : } \frac{bf}{2tf} &\leq \frac{170}{\sqrt{fy}} \\ \frac{310,3}{2 \cdot 44} &\leq \frac{170}{\sqrt{250}} \qquad 35,3 < 10,752 \qquad \text{(OK)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Badan : } \frac{h}{tw} &\leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \\ \frac{950,7}{24,4} &\leq \frac{1680}{\sqrt{250}} \qquad 38,96 < 106,253 \qquad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Penampang kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot fy \\ &= 17030 \cdot 2500 = 42575000 \text{ kgcm} = 425750 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 425750 \\ &= 383175 \text{ kgm} > M_U = 142661 \text{ kgm} \qquad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Kontrol Lateral Buckling

$$L_B = 200 \text{ cm (jarak antar gelagar memanjang)}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1,76 \cdot iy \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}} \\ &= 1,76 \cdot 6,72 \cdot \sqrt{\frac{2000000}{250}} \\ &= 342,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

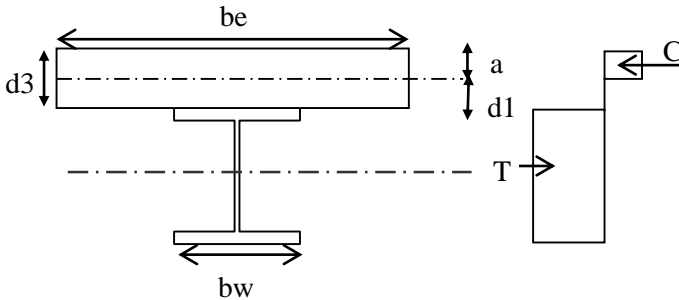
$$L_B = 200 \text{ cm} < L_p = 342,8 \text{ cm}$$

Maka termasuk bentang pendek sehingga  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot fy \\ &= 17030 \cdot 2500 = 42575000 \text{ kgcm} = 425750 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 425750 \\ &= 383175 \text{ kgm} > M_U = 142661 \text{ kgm} \qquad (\text{OK}) \end{aligned}$$

#### 4.3.2.4 Kontrol Gaya Momen Setelah Komposit Perhitungan Lebar Efektif Pelat



Gambar 4. 12 Ilustrasi Gaya Saat Komposit

$$b_{\text{eff}} = 6000 \text{ mm} \text{ (jarak antar gelagar melintang)}$$

$$b_{\text{eff}} = 16 d3 + bw = (16 \cdot 200) + 310,1 = 3510,3 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = \frac{\text{lebar jembatan}}{4} = \frac{1000}{4} = 250 \text{ cm} = 2500 \text{ mm}$$

untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil 2500 mm

Perhitungan kapasitas Momen Setelah Komposit

Kontrol kegagalan struktur pada beton:

$$C_c = 0,85 f'_c b_{\text{eff}} d3 = 0,85 \cdot 30 \cdot 2500 \cdot 200 = 12750 \text{ kN}$$

Kontrol kegagalan struktur pada baja :

$$T = A_s f_y = 48600 \cdot 250 = 12150000 \text{ N}$$

Kontrol kapasitas momen :

$$a = \frac{T}{0,85 f'_c b_{\text{eff}}} = \frac{12150000}{0,85 \cdot 30 \cdot 2500} = 190,59 \text{ mm} < d3 \quad (\text{OK})$$

$$\begin{aligned} Mn &= T \left( d3 - \frac{a}{2} \right) + T \frac{h}{2} \\ &= 12150 \left( 200 - \frac{190,59}{2} \right) + 12150 \frac{950,7}{2} \\ &= 7074,678 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,85 \cdot 7074,678 = 5990,527 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_{D1} + M_{D2} + M_{UDL+KEL \text{ simetris}} \\ &= 142660,93 \text{ kgm} = 1426,6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\phi M_n = 5990,557 \text{ kNm} > M_u = 1426,6 \text{ kNm} \quad (\text{OK})$$

Perhitungan *Shear Connector*

$$D-25 ; A_s = 490,87 \text{ mm}^2 ; f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \cdot \sqrt{f'_c} = 4700 \cdot \sqrt{30} = 25743 \text{ MPa}$$

$$Q_n = 0,5 A_s \cdot (f'_c \cdot E_c)^{0,5} = 215776,7 \text{ kN}$$

$$V_n = T = 12150 \text{ kN}$$

$$n = \frac{v_n}{Q_n} = \frac{12150}{215,7767} = 56,3 \text{ buah untuk } \frac{1}{2} \text{ bentang}$$

jadi jumlah *shear connector* yang dibutuhkan untuk 1 bentang adalah  $2n = 2 \cdot (56,3) = 112,62 \approx 113$  buah

sehingga jarak antar *shear connector* adalah :

$$\frac{L}{2n} = \frac{1000}{113} = 8,85 \text{ cm} \approx 9 \text{ cm}$$

## 4.4 Perencanaan Rangka Utaman Jembatan Busur

### 4.4.1 Preliminary Design

Konstruksi pemikul utama (struktur busur) merupakan konstruksi pokok yang menerima seluruh beban jembatan sebelum diteruskan ke tumpuan (perletakan). Bentuk konstruksi utama yang dipilih adalah sesuai dengan kriteria yang ada pada Bab I, yaitu konstruksi busur rangka baja dengan batang tarik.

Langkah awal dalam perencanaan jembatan busur adalah dengan melakukan *preliminary design*. Tujuan dari *preliminary design* adalah untuk menentukan dimensi awal busur, yang meliputi tinggi busur (f), tinggi tampang busur (t), lebar jembatan (b) dan panjang penggantung busur (y).



**Perencanaan Tinggi Fokus Jembatan Busur (f)**

$$\text{syarat : } \frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \quad \text{atau} \quad 0,167 \leq \frac{f}{L} \leq 0,200$$

$f$  : tinggi busur

$L$  : bentang busur

Dengan  $L = 100\text{m}$ , maka dipakai  $f = 18 \text{ m}$

$$\frac{f}{L} = \frac{23,23}{120} = 0,1935$$

$$0,167 \leq 0,1935 \leq 0,200 \quad (\text{OK})$$

**Perencanaan Tinggi Tampang Busur (t)**

$$\text{syarat : } \frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25} \text{ (ranka batang)}$$

$t$  : tinggi tampang busur

$L$  : bentang busur

Dipakai  $t = 4,1 \text{ m}$

$$\frac{t}{L} = \frac{4,1}{100} = 0,03417$$

$$0,025 \leq 0,03417 \leq 0,04 \quad (\text{OK})$$

**Perencanaan Lebar Jembatan Busur**

$$\text{Syarat : } \frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$$

$b$  : lebar jembatan (jarak perletakan kiri-kanan paling luar)

dipakai  $b = 10 \text{ m}$ ,

$$\frac{10}{100} = 0,1 > 0,05 \quad (\text{OK})$$

**4.4.2 Pembebanan Struktur Utama**

Pembebanan struktur jembatan didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Jembatan dan Jalan Raya (SNI 1725-2016) dengan rincian sebagai berikut:

1. Beban mati (*dead load*)

Beban mati adalah seluruh bagian Jembatan yang bersifat tetap yang tidak terpisahkan dari jembatan selama masa layannya.

Beban mati yang dihitung pada struktur ini antara lain:

- Berat sendiri beton bertulang yang memiliki massa jenis sebesar  $2400 \text{ kg/m}^3$
  - Berat sendiri aspal yang memiliki massa jenis sebesar  $2200 \text{ kg/m}^3$
  - Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa rangka utama, balok, dan *bracing* dengan massa jenis sebesar  $7850 \text{ kg/m}^3$
2. Beban hidup (*live load*)  
 Beban hidup adalah beban yang bertumpu pada jembatan yang memiliki kemungkinan untuk lepas dari bangunan tersebut. Beban hidup pada jembatan adalah beban lalu lintas yang terdiri dari beban lajur “D” dan beban truk “T”.
3. Beban Angin (*Wind Load*)  
 Beban angin adalah beban yang bertumpu pada jembatan akibat besaran gaya angin yang terjadi.
4. Beban Temperatur (*Temperature Load*)  
 Beban temperatur adalah beban yang terjadi akibat adanya perubahan suhu pada jembatan. Pada SNI T-1725-2016.

Tabel 4. 2 Tabel Temperatur Jembatan Rata – rata Normal  
 (Sumber : SNI 1725 : 2016)

Tipe Bangunan Atas	Temperatur Jembatan Rata-rata Minimum (1)	Temperatur Jembatan Rata-rata Maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton.	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	45°C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

Tabel 4. 3Tabel Sifat Bahan Rata – rata Akibat Pengaruh Temperatur

(Sumber : SNI 1725 : 2016)

Tabel 19 - Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu ( $\alpha$ )	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	$12 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$	200.000
Beton:		
Kuat tekan $<30$ MPa	$10 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$	$4700\sqrt{f_c}$
Kuat tekan $>30$ MPa	$11 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$	$4700\sqrt{f_c}$

Sesuai dengan Tabel 5.3, besarnya temperatur yang digunakan untuk pembebanan dalam jembatan ini adalah 250 C untuk *lantai beton di atas gelagar ,boks atau rangka baja* dengan asumsi pada saat pemasangan tidak memperhatikan beban temperatur.

#### 5. Beban gempa (*earthquake load*)

Perhitungan beban gempa jembatan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa statik.

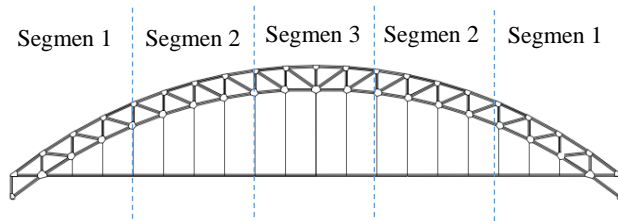
### **Kombinasi Pembebanan Pada Jembatan**

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan maupun jembatan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai jembatan. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur jembatan ini mengacu pada SNI 1725-2016 tentang pembebanan pada jembatan.

## Permodelan Struktur Utama

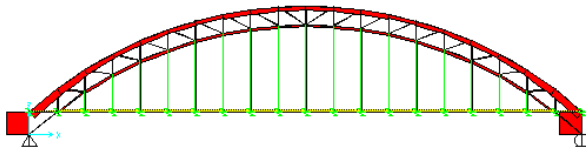
Pembagian segmen pada perhitungan gaya aksial batang dianggap sebagai wakil dari batang-batang lainnya pada segmen tersebut. Untuk pembagian segmen jembatan bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 13 Pembagian Segmen Jembatan

### 4.4.2.1 Gaya Aksial Akibat Beban Mati

Dari permodelan menggunakan SAP 2000, maka didapatkan gaya aksial per segmen sebagai berikut :



Gambar 4. 14 Permodelan Akibat Beban Mati

Tabel 4. 4 Gaya Aksial Akibat Beban Mati

Segmen 1	frame 32	Tekan	-5430,86	KN
		Tarik	0	KN
	frame 34	Tarik	3771,78	KN
		Tarik	0	KN
	frame 3	Tekan	-16603,4	KN
		Tarik	0	KN
	frame 2	Tarik	0	KN
		Tarik	758,726	KN
frame 82	Tarik	0	KN	
	Tarik	702,39	KN	

	frame 84	Tarik	0	KN
		Tarik	1325,621	KN
	frame 85	Tarik	0	KN
		Tarik	1254,871	KN
	frame 5	Tekan	-578,821	KN
		Tarik	0	KN
	frame 33	Tekan	-4457,06	KN
		Tarik	0	KN
	frame 22	Tekan	-169,843	KN
		Tarik	0	KN
	frame 25	Tekan	-1944,5	KN
		Tarik	0	KN
Segmen 2	frame 39	Tekan	-3231,04	KN
		Tarik	0	KN
	frame 12	Tarik	0	KN
		Tarik	135,206	KN
	frame 90	Tarik	0	KN
		Tarik	1021,447	KN
	frame 26	Tekan	-2090,34	KN
		Tarik	0	KN
	frame 17	Tarik	0	KN
		Tarik	78,854	KN
Segmen 3	frame 41	Tekan	-2990,11	KN
		Tarik	0	KN
	frame 40	Tekan	-3334,59	KN
		Tarik	0	KN
	frame 4	Tarik	0	KN
		Tarik	208,278	KN
	frame 92	Tarik	0	KN
		Tarik	980,321	KN
	frame 30	Tekan	-1803,33	KN
		Tarik	0	KN
	frame 21	Tekan	-42,539	KN
		Tarik	0	KN
	frame 31	Tekan	-1434,93	KN
		Tarik	0	KN
frame 19	Tarik	0	KN	
	Tarik	98,414	KN	

#### 4.4.2.2 Gaya Aksial Akibat Beban Temperatur Pembebanan

Temperatur rata – rata nominal dengan tipe jembatan baja dengan lantai beton diatas gelagar, maka diperoleh :

$$T_{\max} = 40^{\circ} \text{ C}$$

$$T_{\min} = 15^{\circ} \text{ C}$$

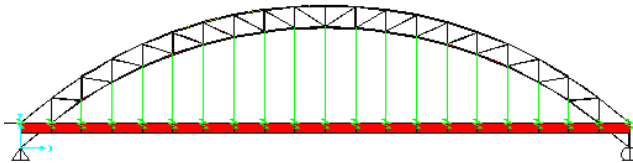
Sifat bahan rata – rata akibat pengaruh temperatur (bahan baja) maka di peroleh :

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^{\circ} \text{ C}$$

$$L = 120 \text{ m} = 120000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= \alpha L (T_{\max} - T_{\min}) \\ &= (12 \times 10^{-6}) \cdot 120000 \cdot (40 - 15) \\ &= 36^{\circ} \text{ C} \end{aligned}$$

Dari pembebanan diatas maka diperoleh gaya aksial per segmen dengan menggunakan SAP2000 adalah sebagai berikut :



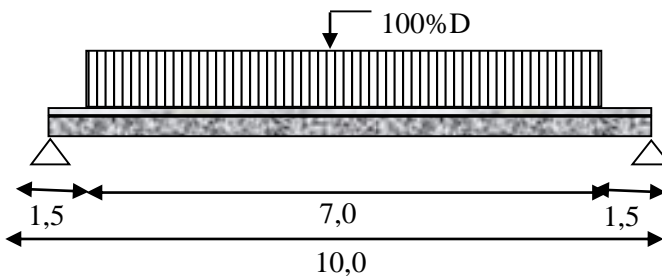
Gambar 4. 15 Permodelan Akibat Beban Suhu  
Tabel 4. 5 Gaya Aksial Akibat Beban Suhu

Segmen 1	frame 32	Tekan	-46,596	KN
		Tarik	0	KN
	frame 34	Tarik	0	KN
		Tarik	196,439	KN
	frame 3	Tarik	0	KN
		Tarik	69,995	KN
	frame 2	Tarik	0	KN
		Tarik	2,832	KN
frame 82	Tekan	-4423,26	KN	
	Tarik	0	KN	
frame 84	Tekan	-4658,41	KN	

	frame 85	Tarik	0	KN	
		Tekan	-4625,76	KN	
	frame 5	Tarik	0	KN	
		Tekan	-152,835	KN	
	frame 33	Tarik	0	KN	
		Tarik	84,125	KN	
	frame 22	Tekan	-101,764	KN	
		Tarik	0	KN	
	frame 25	Tekan	-297,939	KN	
		Tarik	0	KN	
	Segmen 2	frame 39	Tarik	0	KN
			Tarik	416,401	KN
		frame 12	Tarik	0	KN
			Tarik	9,105	KN
frame 90		Tekan	-4478,4	KN	
		Tarik	0	KN	
frame 26		Tekan	-363,881	KN	
		Tarik	0	KN	
frame 17	Tekan	-30,387	KN		
	Tarik	0	KN		
Segmen 3	frame 41	Tarik	0	KN	
		Tarik	395,137	KN	
	frame 40	Tarik	0	KN	
		Tarik	430,135	KN	
	frame 4	Tekan	-27,346	KN	
		Tarik	0	KN	
	frame 92	Tekan	-4436,04	KN	
		Tarik	0	KN	
	frame 30	Tekan	-509,405	KN	
		Tarik	0	KN	
	frame 31	Tekan	-390,943	KN	
		Tarik	0	KN	
	frame 21	Tekan	-8,425	KN	
		Tarik	0	KN	
frame 19	Tekan	-20,799	KN		
	Tarik	0	KN		

#### 4.4.2.3 Gaya Aksial Akibat Beban Hidup Pembebanan Dengan Menggunakan Garis Pengaruh

Untuk kasus Jembatan Busur, agar mendapatkan gaya batang maksimal akibat beban hidup, digunakan dengan cara membagi busur per segmen untuk perhitungannya dan dicari garis pengaruh dari batang yang ditinjau. Pertama, beban berjalan dilakukan untuk mendapatkan garis pengaruh pada batang yang ditinjau. Selanjutnya, kombinasi dari beban BTR+BGT diposisikan sesuai dengan besar garis pengaruh positif dan negatifnya (tarik atau tekan). Menurut SNI .



Gambar 4. 16 Kombinasi beban BTR dan BGT

BTR (Beban Terbagi Rata)

$$L \leq 30 \text{ m}; q = 9 \text{ kPa}; L = 6 \text{ m}$$

$$Q_L = q \cdot b_1 \cdot K^U_{TD}$$

$$= 900 \cdot 6 \cdot 2 = 10800 \text{ kg/m}$$

$$q_1 = 100\% \cdot 10800 = 10800 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 10 - \left( q_1 \cdot 7 \text{ m} \cdot \frac{10}{2} \text{ m} \right) = 0$$

$$V_A \cdot 10 - (10800 \cdot 7 \text{ m} \cdot 5 \text{ m})$$

$$V_A = 37800 \text{ kg}$$



BGT (Beban Garis Terpusat)

$$P = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}; \quad DLA = 30\%$$

$$P_L = (1 + 0,3) \cdot 4900 \cdot 2 = 12740 \text{ kg/m}$$

$$q_1 = 100\% \cdot 12740 = 12740 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

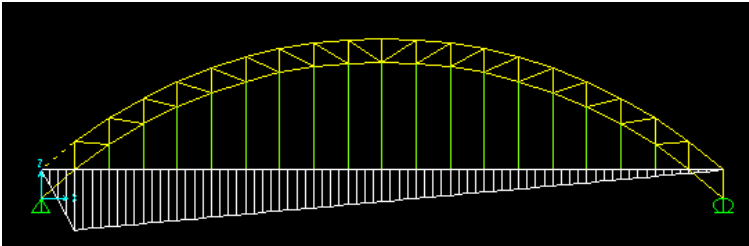
$$V_A \cdot 10 - \left( q_1 \cdot 7 \text{ m} \cdot \frac{10}{2} \text{ m} \right) = 0$$

$$V_A \cdot 10 - (12740 \cdot 7 \text{ m} \cdot 5 \text{ m}) = 0$$

$$V_A = 44590 \text{ kg}$$

Berikut merupakan lampiran dari analisis garis pengaruh batang akibat beban berjalan 1 ton menggunakan program bantu SAP 2000.

**Segmen 1 :**  
*Frame 32*

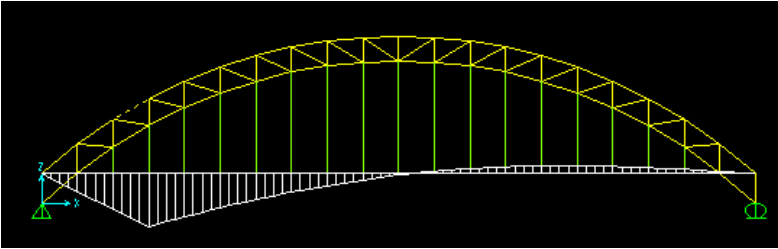


Gambar 4. 17 Garis Pengaruh *Frame 32*

Tabel 4. 6 Garis Pengaruh *Frame 32*

Sta. Dist	Frame 32	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-2,49E-04	
6	-1,4946	
12	-1,4159	
18	-1,3373	
24	-1,2586	
30	-1,1799	
36	-1,1013	
42	-1,0226	
48	-0,9439	
54	-0,8653	
60	-0,7866	
66	-0,708	
72	-0,6293	
78	-0,5506	
84	-0,472	
90	-0,3933	
96	-0,3146	
102	-0,236	
108	-0,1573	
114	-0,0787	
120	-1,31E-05	
Σ	-1,49E+01	0,00E+00
max	-1,31E-05	0,00E+00

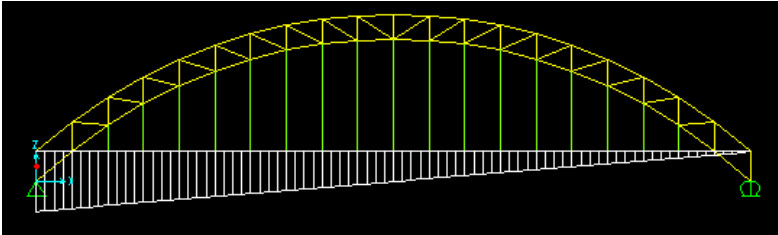
## Frame 34



Gambar 4. 18 Garis Pengaruh *Frame 34*  
Tabel 4. 7 Garis Pengaruh *Frame 34*

Sta. Dist	Frame 34	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-1,63E-04	
6	-0,9769	
12	-1,9532	
18	-2,9476	
24	-2,4032	
30	-1,8955	
36	-1,4322	
42	-1,0165	
48	-0,6509	
54	-0,3371	
60	-0,0791	
66		0,1339
72		0,2912
78		0,3966
84		0,452
90		0,4597
96		0,423
102		0,3496
108		0,2452
114		0,1223
120		2,04E-05
Σ	-1,37E+01	2,87E+00
max	-1,63E-04	4,60E-01

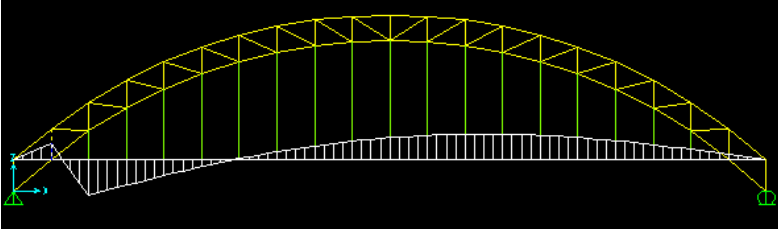
Frame 3



Gambar 4. 19 Garis Pengaruh *Frame 3*  
Tabel 4. 8 Garis Pengaruh *Frame 3*

Sta. Dist	Frame 3	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-1	
6	-0,95	
12	-0,9	
18	-0,85	
24	-0,8	
30	-0,75	
36	-0,7	
42	-0,65	
48	-0,6	
54	-0,55	
60	-0,5	
66	-0,45	
72	-0,4	
78	-0,35	
84	-0,3	
90	-0,25	
96	-0,2	
102	-0,15	
108	-0,1	
114	-0,05	
120	-8,33E-06	
$\Sigma$	-1,05E+01	0,00E+00
max	-8,33E-06	0,00E+00

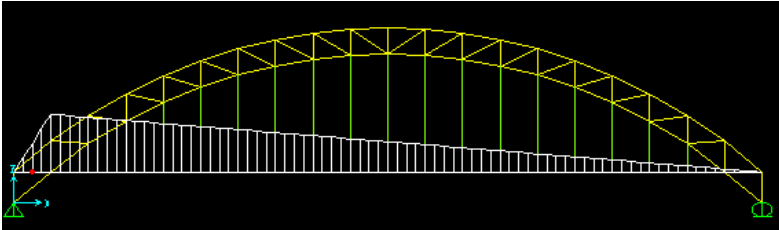
Frame 2



Gambar 4. 20 Garis Pengaruh *Frame 2*  
Tabel 4. 9 Garis Pengaruh *Frame 2*

Sta. Dist	Frame 2	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		4,22E-05
6		0,2531
12	-0,5735	
18	-0,4068	
24	-0,2511	
30	-0,1085	
36		0,0184
42		0,1284
48		0,2205
54		0,2943
60		0,3483
66		0,3863
72		0,4045
78		0,4043
84		0,3863
90		0,3514
96		0,3008
102		0,237
108		0,1623
114		0,0811
120		1,35E-05
Σ	-1,34E+00	3,98E+00
max	-1,09E-01	4,05E-01

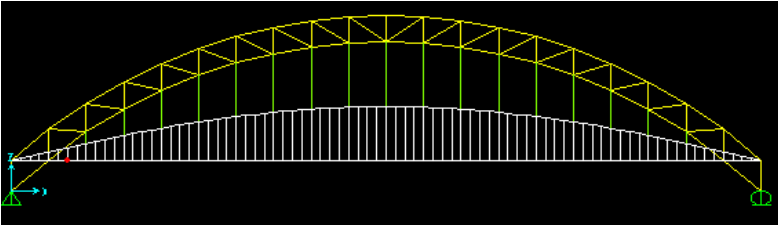
Frame 82



Gambar 4. 21 Garis Pengaruh *Frame 82*  
Tabel 4. 10 Garis Pengaruh *Frame 82*

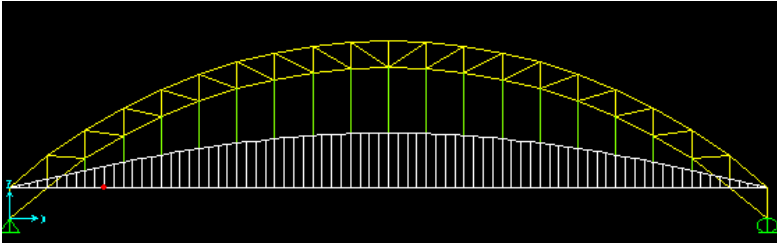
Sta. Dist	Frame 82	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		1,92E-04
6		1,1538
12		1,0931
18		1,0324
24		0,9716
30		0,9109
36		0,8502
42		0,7895
48		0,7287
54		0,668
60		0,6073
66		0,5465
72		0,4858
78		0,4251
84		0,3644
90		0,3036
96		0,2429
102		0,1822
108		0,1214
114		0,0607
120		1,01E-05
Σ	0,00E+00	1,15E+01
max	0,00E+00	1,15E+00

## Frame 84

Gambar 4. 22 Garis Pengaruh *Frame 84*Tabel 4. 11 Garis Pengaruh *Frame 82*

Sta. Dist	Frame 84	
	Influence	
	Kgf	
m	(-)	(+)
0		2,79E-05
6		0,1678
12		0,3359
18		0,4952
24		0,6401
30		0,7677
36		0,8745
42		0,9589
48		1,0199
54		1,0566
60		1,0671
66		1,0566
72		1,0199
78		0,9589
84		0,8744
90		0,7676
96		0,64
102		0,4952
108		0,3358
114		0,1678
120		2,80E-05
Σ	0,00E+00	1,37E+01
max	0,00E+00	1,07E+00

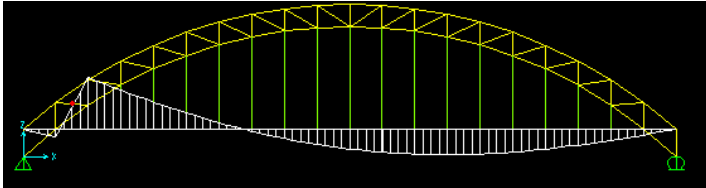
## Frame 85

Gambar 4. 23 Garis Pengaruh *Frame 85*Tabel 4. 12 Garis Pengaruh *Frame 85*

Sta. Dist	Frame 85	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		2,79E-05
6		0,1678
12		0,3359
18		0,4952
24		0,6401
30		0,7677
36		0,8745
42		0,9589
48		1,0199
54		1,0566
60		1,0671
66		1,0566
72		1,0199
78		0,9589
84		0,8744
90		0,7676
96		0,64
102		0,4952
108		0,3358
114		0,1678
120		2,80E-05
Σ	0,00E+00	1,37E+01
max	0,00E+00	1,07E+00

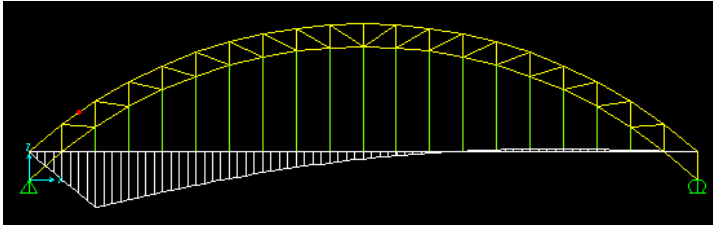


## Frame 5

Gambar Garis Pengaruh *Frame 5*Tabel Garis Pengaruh *Frame 5*

Sta. Dist	Frame 5	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-2,23E-05	
6	-0,1333	
12		0,95
18		0,7188
24		0,5021
30		0,3028
36		0,1242
42	-0,0319	
48	-0,1645	
54	-0,2728	
60	-0,3548	
66	-0,4157	
72	-0,4504	
78	-0,4607	
84	-0,4476	
90	-0,412	
96	-0,3556	
102	-0,2819	
108	-0,1936	
114	-0,0967	
120	-1,61E-05	
Σ	-4,07E+00	2,60E+00
max	-1,61E-05	9,50E-01

*Frame 33*

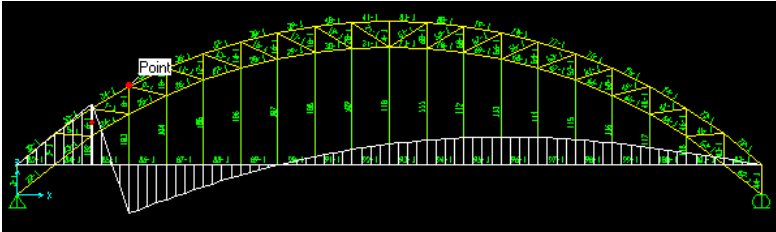


Gambar 4. 24 Garis Pengaruh *Frame 33*

Tabel 4. 13 Garis Pengaruh *Frame 5*

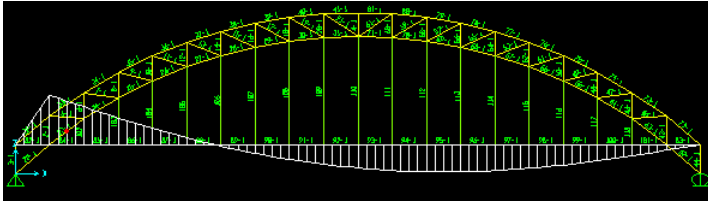
Sta. Dist	frame 33	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-2,07E-04	
6	-1,241	
12	-2,4812	
18	-2,1269	
24	-1,79E+00	
30	-1,4746	
36	-1,1842	
42	-0,921	
48	-0,6864	
54	-0,4812	
60	-0,3079	
66	-0,1602	
72	-0,0443	
78		0,0421
84		0,1
90		0,1306
96		0,136
102		0,1204
108		0,0872
114		0,0435
120		7,25E-06
Σ	-1,29E+01	6,60E-01
max	-2,07E-04	1,36E-01

## Frame 6

Gambar 4. 25 Garis Pengaruh *Frame 6*Tabel 4. 14 Garis Pengaruh *Frame 6*

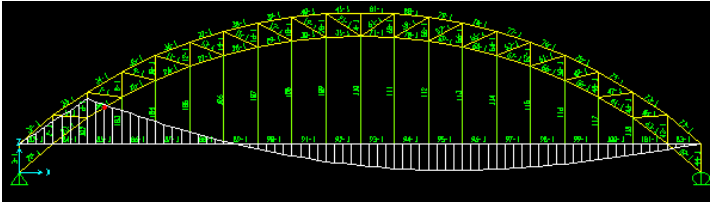
Sta. Dist	frame 6	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		4,05E-05
6		0,243
12		0,4859
18	-0,3944	
24	-0,2824	
30	-0,1791	
36	-0,0865	
42	-5,25E-03	
48		0,064
54		0,1208
60		0,1643
66		0,197
72		0,2163
78		0,2232
84		0,2182
90		0,2017
96		0,1746
102		0,1387
108		0,0954
114		0,0476
120		7,94E-06
Σ	-9,48E-01	2,59E+00
max	-5,25E-03	4,86E-01

## Frame 23

Gambar 4. 26 Garis Pengaruh *Frame 23*Tabel 4. 15 Garis Pengaruh *Frame 6*

Sta. Dist	frame 23	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		2,06E-04
6		1,2369
12		0,9499
18		0,6738
24		0,4159
30		0,1797
36	-0,0305	
42	-0,2126	
48	-0,3653	
54	-0,4875	
60	-0,5769	
66	-0,6398	
72	-0,67	
78	-0,6696	
84	-0,6399	
90	-0,582	
96	-0,4981	
102	-0,3926	
108	-0,2689	
114	-0,1343	
120	-2,24E-05	
Σ	-6,17E+00	3,46E+00
max	-2,24E-05	1,24E+00

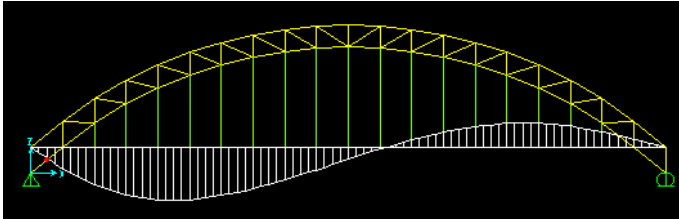
## Frame 24



Gambar 4. 27 Garis Pengaruh *Frame 24*  
Tabel 4. 16 Garis Pengaruh *Frame 6*

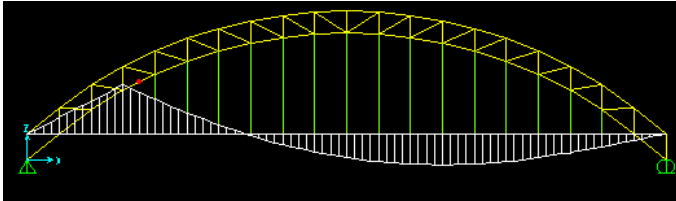
Sta. Dist	frame 24	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		1,66E-04
6		0,9952
12		1,9894
18		1,4635
24		0,9714
30		0,5196
36		0,1163
42	-0,2349	
48	-0,5313	
54	-0,771	
60	-0,9496	
66	-1,0791	
72	-1,1475	
78	-1,1592	
84	-1,1162	
90	-1,021	
96	-0,8773	
102	-0,6933	
108	-0,4755	
114	-0,2374	
120	-3,96E-05	
Σ	-1,03E+01	6,06E+00
max	-3,96E-05	1,99E+00

## Frame 22

Gambar 4. 28 Garis Pengaruh *Frame 22*Tabel 4. 17 Garis Pengaruh *Frame 22*

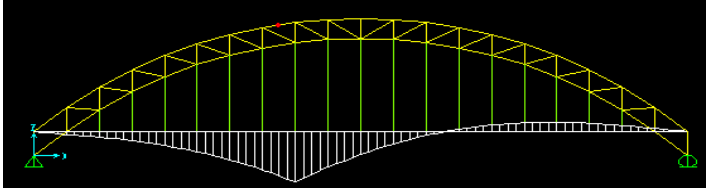
Sta. Dist m	frame 22 Influence Kgf	
	(-)	(+)
	0	-8,93E-08
6	-5,14E-06	
12	-8,85E-06	
18	-1,13E-05	
24	-1,24E-05	
30	-1,24E-05	
36	-1,15E-05	
42	-9,83E-06	
48	-7,74E-06	
54	-5,38E-06	
60	-2,91E-06	
66	-4,51E-07	
72		1,76E-06
78		3,58E-06
84		4,90E-06
90		5,61E-06
96		5,63E-06
102		4,98E-06
108		3,64E-06
114		1,78E-06
120	-1,02E-08	
$\Sigma$	-8,79E-05	3,19E-05
max	-1,02E-08	5,63E-06

## Frame 25

Gambar 4. 29 Garis Pengaruh *Frame 25*Tabel 4. 18 Garis Pengaruh *Frame 25*

Sta. Dist	Frame 25	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		1,26E-04
6		0,7569
12		1,5128
18		2,2961
24		1,6079
30		0,9745
36		0,4072
42	-0,089	
48	-0,5106	
54	-0,855	
60	-1,1161	
66	-1,3103	
72	-1,4213	
78	-1,4551	
84	-1,4142	
90	-1,3022	
96	-1,1242	
102	-0,8914	
108	-0,6123	
114	-0,3057	
120	-5,10E-05	
$\Sigma$	-1,24E+01	7,56E+00
max	-5,10E-05	2,30E+00

**Segmen 2**  
*Frame 39*



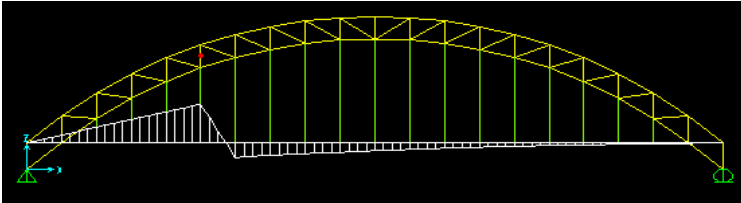
Gambar 4. 30 Garis Pengaruh *Frame 39*

Tabel 4. 19 Garis Pengaruh *Frame 39*

Sta. Dist	Frame 39	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-2,33E-05	
6	-0,1397	
12	-0,2783	
18	-0,4554	
24	-0,6971	
30	-1,0156	
36	-1,4264	
42	-1,9367	
48	-2,5511	
54	-1,7973	
60	-1,16	
66	-0,6162	
72	-0,1888	
78		0,1306
84		0,3455
90		0,461
96		0,4841
102		0,4305
108		0,3123
114		0,1556
120		2,59E-05
$\Sigma$	-1,23E+01	2,32E+00
max	-2,33E-05	4,84E-01



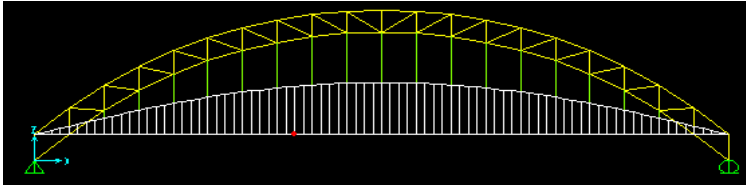
## Frame 12



Gambar 4. 31 Garis Pengaruh *Frame 12*  
Tabel 4. 20 Garis Pengaruh *Frame 12*

Sta. Dist	Frame 12	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		2,36E-05
6		0,1415
12		0,283
18		0,4236
24		0,5628
30		0,7001
36	-0,2642	
42	-0,2308	
48	-0,1997	
54	-0,1711	
60	-0,145	
66	-0,121	
72	-0,0996	
78	-0,0805	
84	-0,0639	
90	-0,0494	
96	-0,0369	
102	-0,0262	
108	-0,0169	
114	-8,46E-03	
120	-1,41E-06	
Σ	-1,51E+00	2,11E+00
max	-1,41E-06	7,00E-01

*Frame 90*

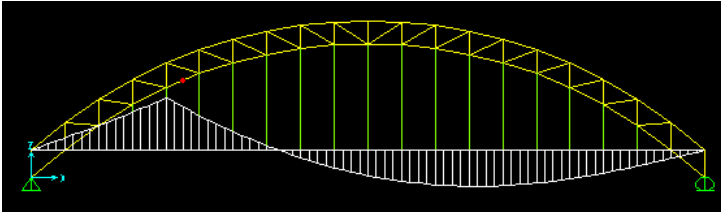


Gambar 4. 32 Garis Pengaruh *Frame 90*

Tabel 4. 21 Garis Pengaruh *Frame 90*

Sta. Dist	Frame 90	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		2,79E-05
6		0,1678
12		0,3359
18		0,4952
24		0,6401
30		0,7677
36		0,8745
42		0,9589
48		1,0199
54		1,0566
60		1,0671
66		1,0566
72		1,0199
78		0,9589
84		0,8744
90		0,7676
96		0,64
102		0,4952
108		0,3358
114		0,1678
120		2,80E-05
Σ	0,00E+00	1,37E+01
max	0,00E+00	1,07E+00

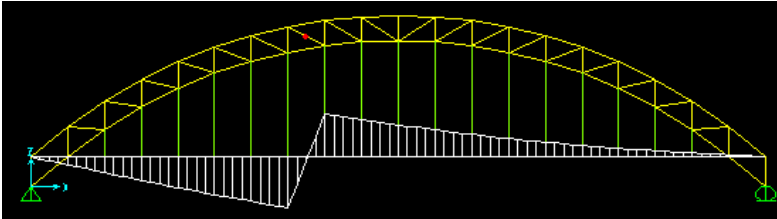
## Frame 26



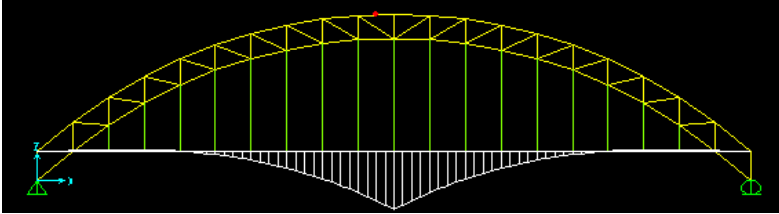
Gambar 4. 33 Garis Pengaruh *Frame 26*  
Tabel 4. 22 Garis Pengaruh *Frame 26*

Sta. Dist	Frame 26	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		9,18E-05
6		0,5513
12		1,1015
18		1,6853
24		2,325
30		1,5318
36		0,819
42		0,1925
48	-0,3432	
54	-0,785	
60	-1,1255	
66	-1,3848	
72	-1,5429	
78	-1,6071	
84	-1,5805	
90	-1,4675	
96	-1,2742	
102	-1,0143	
108	-0,6982	
114	-0,3486	
120	-5,81E-05	
Σ	-1,32E+01	8,21E+00
max	-5,81E-05	2,33E+00

Frame 17

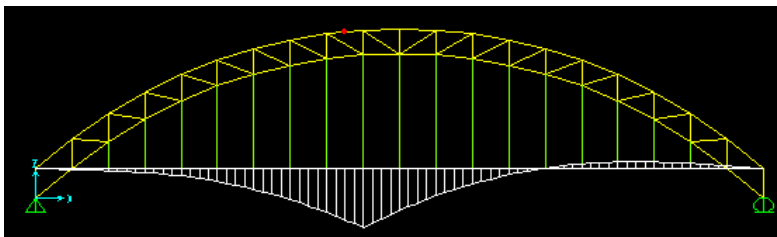
Gambar 4. 34 Garis Pengaruh *Frame 17*Tabel 4. 23 Garis Pengaruh *Frame 17*

Sta. Dist	Frame 17	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-2,13E-05	
6	-0,128	
12	-0,256	
18	-0,3813	
24	-5,02E-01	
30	-0,6171	
36	-0,7258	
42	-0,827	
48		0,7065
54		0,6091
60		0,5199
66		0,4374
72		0,3632
78		0,2967
84		0,2377
90		0,1857
96		0,1404
102		0,1005
108		0,0652
114		0,0326
120		5,44E-06
Σ	-3,44E+00	3,69E+00
max	-2,13E-05	7,07E-01

**Segmen 3***Frame 41*Gambar 4. 35 Garis Pengaruh *Frame 41*Tabel 4. 24 Garis Pengaruh *Frame 41*

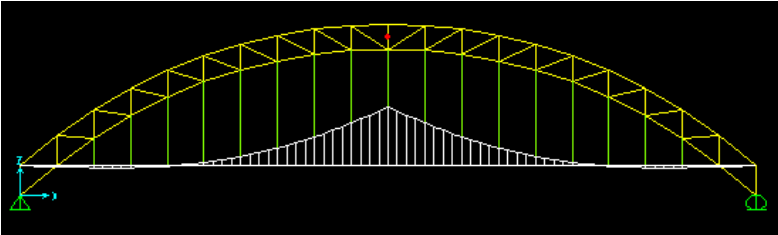
Sta. Dist	Frame 41	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0		6,97E-06
6		0,0418
12		0,0847
18		0,0877
24		0,0236
30	-0,12	
36	-0,3594	
42	-0,702	
48	-1,1528	
54	-1,7157	
60	-2,3991	
66	-1,7155	
72	-1,1526	
78	-0,7018	
84	-0,3593	
90	-0,1199	
96		0,0236
102		0,0877
108		0,0847
114		0,0418
120		6,97E-06
Σ	-1,05E+01	4,76E-01
max	-1,20E-01	8,77E-02

## Frame 40

Gambar 4. 36 Garis Pengaruh *Frame 40*Tabel 4. 25 Garis Pengaruh *Frame 40*

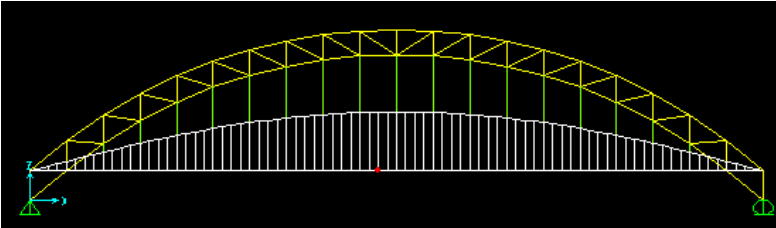
Sta. Dist	Frame 40	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-6,65E-06	
6	-0,04	
12	-0,0788	
18	-0,1574	
24	-0,3024	
30	-0,5264	
36	-0,8454	
42	-1,2667	
48	-1,7955	
54	-2,4352	
60	-1,7261	
66	-1,1133	
72	-0,6202	
78	-0,2384	
84		0,036
90		0,2082
96		0,2852
102		0,2833
108		0,2149
114		0,1069
120		1,78E-05
$\Sigma$	-1,11E+01	1,13E+00
max	-6,65E-06	2,85E-01

## Frame 4

Gambar 4. 37 Garis Pengaruh *Frame 4*Tabel 4. 26 Garis Pengaruh *Frame 4*

Sta. Dist	Frame 4	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-4,66E-07	
6	-2,80E-03	
12	-5,67E-03	
18	-5,87E-03	
24	-1,58E-03	
30		8,03E-03
36		0,024
42		0,0469
48		0,0771
54		0,1147
60		0,1605
66		0,1147
72		0,0771
78		0,0469
84		0,024
90		8,02E-03
96	-1,58E-03	
102	-5,87E-03	
108	-5,67E-03	
114	-2,80E-03	
120	-4,66E-07	
Σ	-3,18E-02	7,02E-01
max	-4,66E-07	1,61E-01

## Frame 92

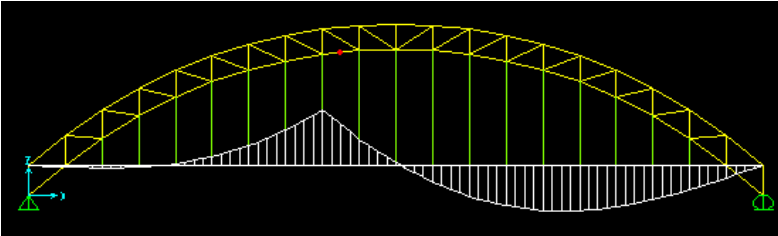


Gambar 4. 38 Garis Pengaruh *Frame 92*  
Tabel 4. 27 Garis Pengaruh *Frame 92*

Sta. Dist m	Frame 92 Influence Kgf	
	(-)	(+)
0		2,79E-05
6		0,1678
12		0,3359
18		0,4952
24		0,6401
30		0,7677
36		0,8745
42		0,9589
48		1,0199
54		1,0566
60		1,0671
66		1,0566
72		1,0199
78		0,9589
84		0,8744
90		0,7676
96		0,64
102		0,4952
108		0,3358
114		0,1678
120		2,80E-05
Σ	0,00E+00	1,37E+01
max	0,00E+00	1,07E+00

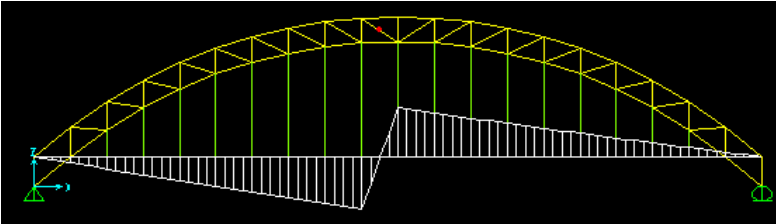


## Frame 30

Gambar 4. 39 Garis Pengaruh *Frame 30*Tabel 4. 28Garis Pengaruh *Frame 30*

Sta. Dist	Frame 30	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-5,05E-06	
6	-0,0303	
12	-0,0618	
18	-0,0465	
24		0,0475
30		0,2349
36		0,5347
42		0,9555
48		1,5033
54		0,7192
60		0,0769
66	-0,4515	
72	-0,8382	
78	-1,0935	
84	-1,2215	
90	-1,2286	
96	-1,1233	
102	-0,9246	
108	-0,6472	
114	-0,3229	
120	-5,38E-05	
Σ	-7,99E+00	4,07E+00
max	-5,05E-06	1,50E+00

*Frame 21*

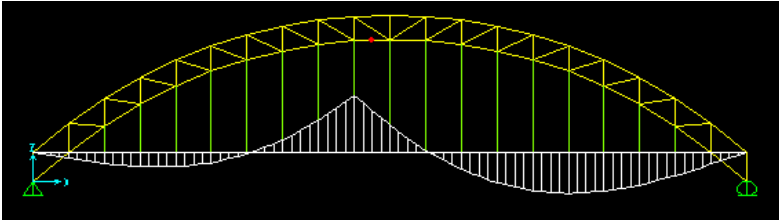


Gambar 4. 40 Garis Pengaruh *Frame 21*

Tabel 4. 29 Garis Pengaruh *Frame 21*

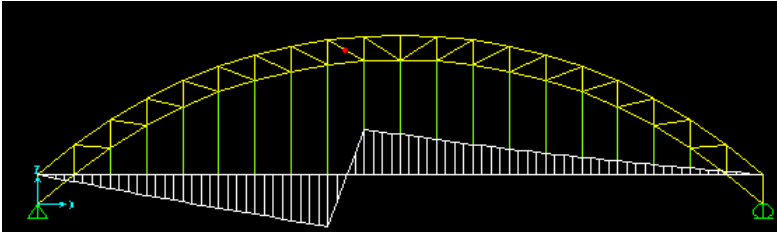
Sta. Dist	frame 21	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-2,14E-05	
6	-0,1281	
12	-0,2576	
18	-0,3389	
24	-0,3394	
30	-0,2441	
36	-0,0334	
42		0,3016
48		0,767
54		1,3671
60		0,6507
66		0,0511
72	-0,403	
78	-0,7222	
84	-0,9109	
90	-0,9753	
96	-0,9243	
102	-0,7775	
108	-0,55	
114	-0,2743	
120	-4,57E-05	
Σ	-6,88E+00	3,14E+00
max	-2,14E-05	1,37E+00

## Frame 31

Gambar 4. 41 Garis Pengaruh *Frame 31*Tabel 4. 30 Garis Pengaruh *Frame 31*

Sta. Dist	frame 31	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-1,62E-05	
6	-0,0973	
12	-0,1946	
18	-0,2913	
24	-0,387	
30	-0,4815	
36	-0,5747	
42	-0,6664	
48	-0,7565	
54	-0,8447	
60		0,8113
66		0,7237
72		0,6379
78		0,5537
84		0,4711
90		0,39
96		0,3102
102		0,2316
108		0,154
114		0,077
120		1,28E-05
Σ	-4,29E+00	4,36E+00
max	-1,62E-05	8,11E-01

Frame 19

Gambar 4. 42 Garis Pengaruh *Frame 19*Tabel 4. 31 Garis Pengaruh *Frame 19*

Sta. Dist	Frame 19	
	Influence	
m	Kgf	
	(-)	(+)
0	-1,89E-05	
6	-0,1134	
12	-0,2268	
18	-0,3385	
24	-0,4474	
30	-0,5529	
36	-0,6544	
42	-0,7514	
48	-0,8437	
54		0,7536
60		0,6643
66		0,5791
72		0,4989
78		0,4236
84		0,3528
90		0,2864
96		0,224
102		0,1651
108		0,1089
114		0,0545
120		9,08E-06
Σ	-3,93E+00	4,11E+00
max	-1,89E-05	7,54E-01

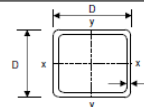
Dari perhitungan pembebanan di atas, maka diperoleh total gaya aksial per segmen adalah sebagai berikut ;

Tabel 4. 32 Total Gaya Aksial Rangka Utama

Segmen	Frame	Beban Yang Bekerja						Total	
		Mati		Thermal		Hidup			
		(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)
1	32	-5430,857	0	-46,596	0	-5649,617315	0	-11127,07032	0
	34	3771,78	0	0	196,439	-5175,785649	1291,171	-1404,005649	1487,61
	3	-16603,374	0	0	69,995	-3969,006861	0	-20572,38086	69,995
	2	0	758,726	0	2,832	-554,86235	1683,694	-554,86235	2445,252
	82	0	702,39	-4423,263	0	0	4875,958	-4423,263	5578,348
	84	0	1325,621	-4658,407	0	0	5654,403	-4658,407	6980,024
	85	0	1254,871	-4625,761	0	0	5654,403	-4625,761	6909,274
	5	-578,821	0	-152,835	0	-1539,048692	1405,611	-2270,704692	1405,611
	33	-4457,055	0	0	84,125	-4876,0679	310,0495	-9333,1229	394,1745
	22	-169,843	0	-101,764	0	-0,03225363	0,014554	-271,6402254	0,014554
	25	-1944,496	0	-297,939	0	-4690,039202	3879,82	-6932,474202	3879,82
	39	-3231,036	0	0	416,401	-4635,281964	1092,679	-7866,317964	1509,08
	2	12	0	135,206	0	9,105	-572,1661553	1110,141	-572,1661553
90		0	1021,447	-4478,402	0	0	5654,403	-4478,402	6675,85
26		-2090,342	0	-363,881	0	-4978,988285	4138,771	-7433,211285	4138,771
17		0	78,854	-30,387	0	-1299,241357	1711,703	-1329,628357	1790,557
3		41	-2990,112	0	0	395,137	-4021,74521	218,8875	-7011,85721
	40	-3334,585	0	0	430,135	-4213,117882	556,0184	-7547,702882	986,1534
	4	0	208,278	-27,346	0	-12,02663	336,9033	-39,37263	545,1813
	92	0	980,321	-4436,044	0	0	5654,403	-4436,044	6634,724
	30	-1803,329	0	-509,405	0	-3020,206712	2209,537	-5332,940712	2209,537
	31	-1434,927	0	-390,943	0	-1623,145347	2010,033	-3449,015347	2010,033
	21	-42,539	0	-8,425	0	-2600,296872	1795,565	-2651,260872	1795,565
	19	0	98,414	-20,799	0	-1484,988555	1890,067	-1505,787555	1988,481

Setelah mendapatkan gaya aksial dengan menggunakan program SAP2000, desain dari profil rangka utama busur jembatan dapat ditentukan. Rangka utama jembatan busur baja ini menggunakan profil kotak (*square/box*). Deatail profil rangka busur utama didapatkan dari Brosur *Continental Steel* dengan lampiran sebagai berikut :

## Square



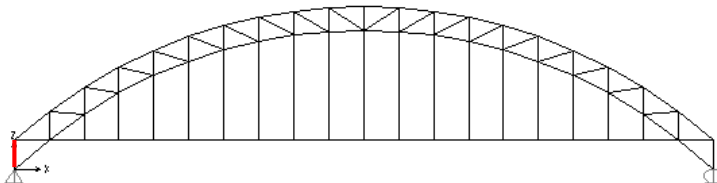
Designation	Mass Per Metre	Area Of Section	Second Moment Of Area	Radius Of Gyration	Elastic Modulus	Plastic Modulus	Torsional Constants			Surface Area Per Metre
DxD	t	A	I	r	Z	S	J	C		
mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	m <sup>2</sup> /m	
<b>500x500</b>										
12	*	181.00	233	92030	19.89	3681	4248	141200	5451	1.97
16	*	238.00	307	119300	19.71	4771	5554	184400	7038	1.96
19	*	280.00	362	138600	19.58	5545	6498	215500	8159	1.95
22	*	320.00	415	157100	19.44	6283	7411	245600	9222	1.94
25	*	360.00	468	174600	19.31	6986	8295	274600	10230	1.94
28	△	399.00	520	191300	19.18	7653	9149	302600	11180	1.93
32	△	450.00	588	212300	19.00	8491	10242	338200	12370	1.92
36	△	498.00	654	231700	18.82	9269	11283	372000	13470	1.91
<b>550x550</b>										
16	*	263.00	339	160400	21.75	5833	6769	247300	8616	2.16
19	*	309.00	400	186800	21.62	6793	7930	289500	10010	2.15
22	*	355.00	459	212100	21.49	7714	9058	330400	11340	2.14
25	*	399.00	518	236300	21.35	8594	10150	370100	12610	2.14
28	△	443.00	576	259500	21.22	9436	11220	408400	13810	2.13
32	△	500.00	652	288700	21.04	10500	12580	457500	15330	2.12
36	△	555.00	726	316100	20.86	11500	13890	504400	16740	2.11
40	△	608.00	799	341800	20.68	12430	15140	549000	18060	2.10

Gambar 4. 43 Brosur Dimensi *Square Box Continental Steel*

### 4.4.3 Desain Profil Rangka Utama Jembatan

Untuk perhitungan detail manual profil rangka utama jembatan busur dapat dilihat pada beberapa perhitungan dengan tinjauan sesuai gambar yang terlampir.

#### 4.4.3.1 Frame 3



Gambar 4. 44 Posisi *Frame 3* Pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : -20572,3806 KN = -2057238,06 Kg  
(Tekan)  
: 69,995 KN = 6999,5 Kg (Tarik)

Desain batang menggunakan profil *double square/box* dengan mutu BJ 50, sesuai spesifikasi dari brosur *Continental Steel* (**Gambar 4.43**)

b	= 550 mm	h	= 550 mm	t	= 25 mm
A	= 1169,28cm <sup>2</sup>	W	= 798 kg/m	f <sub>y</sub>	= 2900 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub>	= 1416813cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub>	= 25760,23cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub>	= 34,81 cm
I <sub>y</sub>	= 532545 cm <sup>4</sup>	Z <sub>y</sub>	= 19365,26cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub>	= 21,34 cm

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{25} = 22$$

$$22 < 39,05 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{290}} = 39,05$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 4,94 m = 494 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 4,94 m = 494 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 494}{34,81} = 14,19$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 494}{21,34} = 23,14$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{23,14}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 0,28$$

untuk  $\lambda_c < 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

$$P_n = (0,66^{\lambda^2}) \cdot A_g \cdot f_y$$

$$P_n = (0,66^{0,28^2}) \cdot 1169,28 \cdot 2900 = 3281791,891 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 3281791,891 = 2789523,107 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 2789523,107 \text{ kg} > P_u = 2057238,086 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Kapasitas Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 1169,28 = 993,888 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 993,888 \cdot 5000 = 4969440 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 4969440 = 3727080 \text{ Kg}$$

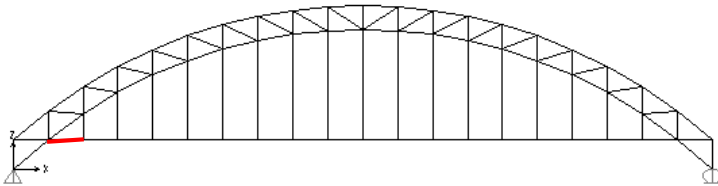
$$\phi P_n = 3727080 \text{ Kg} > 6999,5 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 1169,28 \cdot 2900 = 2543184 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 2543184 \text{ Kg} > 6999,5 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### 4.4.3.2 Frame 84



Gambar 4. 45 Posisi *Frame 84* Pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang :  $-4658,407 \text{ KN} = -465849,7 \text{ Kg}$  (Tekan)  
 $6980,024 \text{ KN} = 69802,4 \text{ Kg}$  (Tarik)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu BJ 50, sesuai spesifikasi dari brosur *Continental Steel* (Gambar 4.43)

$b$	$= 550 \text{ mm}$	$h$	$= 550 \text{ mm}$	$t$	$= 36 \text{ mm}$
$A$	$= 726 \text{ cm}^2$	$W$	$= 555 \text{ kg/m}$	$f_y$	$= 2900 \text{ kg/cm}^2$
$I_x=I_y$	$= 316100 \text{ cm}^4$	$Z_x=Z_y$	$= 11500 \text{ cm}^3$	$i_x=i_y$	$= 20,86 \text{ cm}$



**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{36} = 15,27$$

$$15,27 < 39,05 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{290}} = 39,05$$

**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 6 m = 600 cm
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 6 m = 600 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 600}{20,86} = 28,76$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 600}{20,86} = 28,76$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{28,76}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,04$$

untuk  $\lambda_c < 1,5$  , kuat nominal penampang adalah;

$$P_n = (0,66^{\lambda^2}) \cdot A_g \cdot f_y$$

$$P_n = (0,66^{1,04^2}) \cdot 726 \cdot 2900 = 2001708,49 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 2001708,49 = 1701452,216 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 1701452,216 \text{ kg} > P_u = 465849,7 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Kapasitas Tarik****Kuat Putus**

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 726 = 617,1 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 617,1 \cdot 5000 = 3085500 \text{ Kg}$$

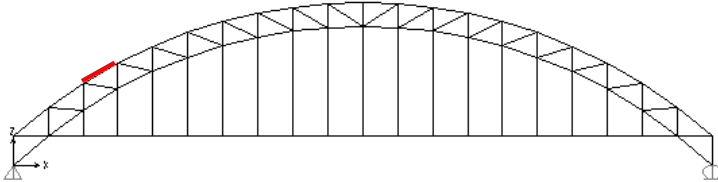
$$\phi P_n = 0,75 \cdot 3085500 = 2314125 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 2314125 \text{ Kg} > 698002,4 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kuat leleh**

$$Pn = \phi \cdot Ag \cdot fy = 0,9 \cdot 726 \cdot 2900 = 1579050 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 1579050 \text{ Kg} > 698002,4 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**4.4.3.3 Frame 34**

Gambar 4. 46 Posisi *Frame 34* Pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : -1404KN = -140400,5 Kg (Tekan)

1487,61 KN = 148761 Kg (Tarik)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu BJ 50, sesuai spesifikasi dari brosur *Continental Steel* (**Gambar 4.43**)

b	= 550 mm	h	= 550 mm	t	= 28 mm
A	= 576cm <sup>2</sup>	W	= 443 kg/m	fy	= 2900 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	=259200 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 9436 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 21,22 cm

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{28} = 19,64$$

$$19,64 < 39,05 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{290}} = 39,05$$

**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 6,94 m = 694 cm
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 6,94 m = 694 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 694}{21,22} = 32,705$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 694}{21,22} = 32,705$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{32,705}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,07$$

untuk  $\lambda_c < 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y$$

$$P_n = (0,66^{1,07^2}) \cdot 576.2900 = 1564814,936 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1564814,936 = 1330092,695 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 1330092,695 \text{ kg} > P_u = 140400,5 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Kapasitas Tarik****Kuat Putus**

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 576 = 489,6 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 489,6 \cdot 5000 = 2448000 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 2448000 = 1836000 \text{ Kg}$$

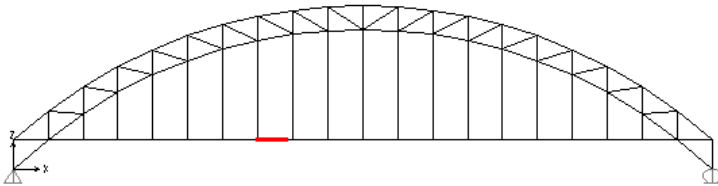
$$\phi P_n = 1836000 \text{ Kg} > 148761 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kuat leleh**

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 576 \cdot 2900 = 1252800 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1252800 \text{ Kg} > 148761 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### 4.4.3.4 Frame 90



Gambar 4. 47 Posisi *Frame 90* Pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : -4478,402KN = -447840,2 Kg (Tekan)  
6675,85 KN = 667585 Kg (Tarik)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu BJ 50, sesuai spesifikasi dari brosur *Continental Steel* (**Gambar 4.43**)

b	= 550 mm	h	= 550 mm	t	= 25 mm
A	= 518cm <sup>2</sup>	W	= 399 kg/m	f <sub>y</sub>	= 2900 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	=236300 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 8594 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 21,35 cm

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{25} = 22$$

$$22 < 39,05 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{290}} = 39,05$$

#### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 6 m = 600 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 6 m = 600 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 600}{21,35} = 28,103$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 600}{21,35} = 28,103$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{28,103}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,04$$

untuk  $\lambda_c < 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y$$

$$P_n = (0,66^{1,04^2}) \cdot 518 \cdot 2900 = 1431492,95 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1431492,95 = 1216769,008 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 1216769,008 \text{ kg} > P_u = 447840,2 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Kapasitas Tarik

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 518 = 440,3 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 440,3 \cdot 5000 = 2201500 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 2201500 = 1651125 \text{ Kg}$$

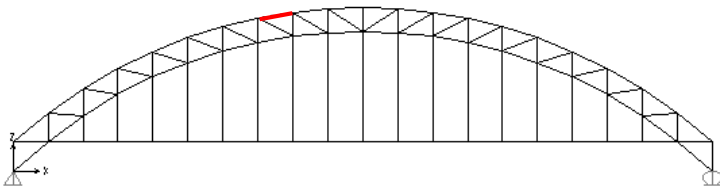
$$\phi P_n = 1651125 \text{ Kg} > 667585 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 518 \cdot 2900 = 11126650 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 11126650 \text{ Kg} > 667585 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### 4.4.3.5 Frame 39



Gambar 4. 48 Posisi *Frame 39* Pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : -7866,3179 KN = -786631,8 Kg (Tekan)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu BJ 50, sesuai spesifikasi dari brosur *Continental Steel* (**Gambar 4.43**)

b	= 550 mm	h	= 550 mm	t	= 22 mm
A	= 459cm <sup>2</sup>	W	= 355 kg/m	f <sub>y</sub>	= 2900 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	=212100 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 7714 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 21,49 cm

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{22} = 25$$

$$25 < 39,05 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{290}} = 39,05$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 6,17 m = 617 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 6,17 m = 617 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 617}{21,49} = 28,71$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 617}{21,49} = 28,71$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{28,71}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,046$$

untuk  $\lambda_c < 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

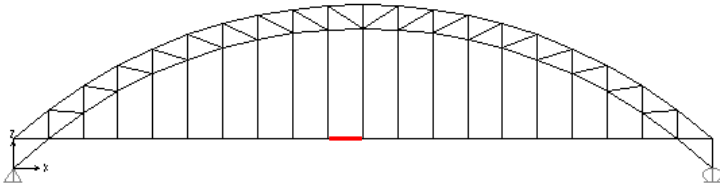
$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y$$

$$P_n = (0,66^{1,046^2}) \cdot 459 \cdot 2900 = 1265774,571 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1265774,571 = 1075908,385 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 1075908,385 \text{ kg} > P_u = 786631,8 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

#### 4.4.3.6 Frame 92



Gambar 4. 49 Posisi *Frame 92* Pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : 6634,724 KN = 663472,4 Kg (Tarik)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu BJ 50, sesuai spesifikasi dari brosur *Continental Steel* (**Gambar 4.43**)

b	= 550 mm	h	= 550 mm	t	= 22 mm
A	= 459cm <sup>2</sup>	W	= 355 kg/m	f <sub>y</sub>	= 2900 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	=212100 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 7714 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 21,49 cm

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{22} = 25$$

$$25 < 39,05 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{2900}} = 39,05$$

#### Kontrol Kapasitas Tarik

##### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 459 = 390,15 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 390,15 \cdot 5000 = 1950750 \text{ Kg}$$

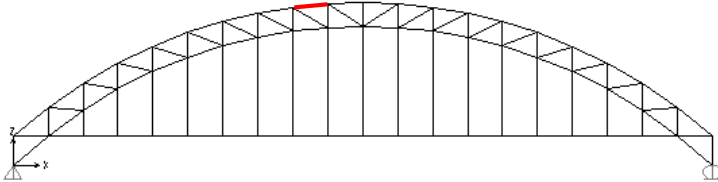
$$\phi P_n = 0,75 \cdot 1950750 = 1463063 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1463063 \text{ Kg} > 663472,4 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kuat leleh**

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 459 \cdot 2900 = 998325 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 998325 \text{ Kg} > 663472,4 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**4.4.3.7 Frame 40**

Gambar 4. 50 Posisi *Frame 40* Pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang :  $-7547,703 \text{ KN} = -754770,3 \text{ Kg}$  (Tekan)

$986,1534 \text{ KN} = 98615,34 \text{ Kg}$  (Tarik)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu BJ 50, sesuai spesifikasi dari brosur *Continental Steel* (**Gambar 4.43**)

b	= 550 mm	h	= 550 mm	t	= 19 mm
A	= $400 \text{ cm}^2$	W	= 309 kg/m	$f_y$	= $2900 \text{ kg/cm}^2$
$I_x=I_y$	= $186800 \text{ cm}^4$	$Z_x=Z_y$	= $6793 \text{ cm}^3$	$i_x=i_y$	= 21,62 cm

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{19} = 28,94$$

$$28,94 < 39,05 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{2900}} = 39,05$$



**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 6,09 m = 609 cm
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 6,09 m = 609 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 609}{21,62} = 28,168$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 609}{21,62} = 28,168$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{28,168}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,0428$$

untuk  $\lambda_c < 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y$$

$$P_n = (0,66^{1,0428^2}) \cdot 400 \cdot 2900 = 1105151,964 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1105151,964 = 939379,17 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 939379,17 \text{ kg} > P_u = 754770,3 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Kapasitas Tarik****Kuat Putus**

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 400 = 340 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 340 \cdot 5000 = 1700000 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 1700000 = 1275000 \text{ Kg}$$

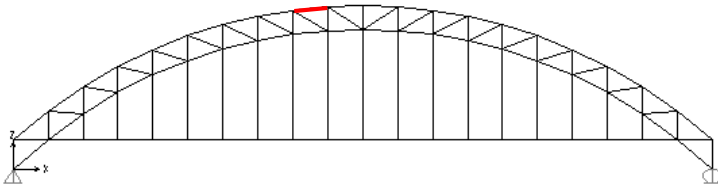
$$\phi P_n = 1275000 \text{ Kg} > 98615,34 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kuat leleh**

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 400 \cdot 2900 = 870000 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 870000 \text{ Kg} > 98615,34 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### 4.4.3.8 Frame 26



Gambar 4. 51 Posisi *Frame 26* Pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya aksial batang : -7433,211 kN = -743321,1 Kg (Tekan)  
4138,771 kN = 413877,1 Kg (Tarik)

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu BJ 50, sesuai spesifikasi dari brosur *Continental Steel* (**Tabel 5.20-5.21**)

b	= 550 mm	h	= 550 mm	t	= 16 mm
A	= 339cm <sup>2</sup>	W	= 263 kg/m	f <sub>y</sub>	= 2900 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	=160400 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 5833 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 21,75 cm

#### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{16} = 34,37$$

$$34,37 < 39,05 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{290}} = 39,05$$

#### Kontrol Kapasitas Tekan :

- faktor panjang tekuk (K<sub>cx</sub>) = 1
- faktor panjang tekuk (K<sub>cy</sub>) = 1
- Panjang batang (L<sub>x</sub>) = 648 m = 6480 cm
- Panjang batang (L<sub>y</sub>) = 648 m = 6480 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 648}{21,75} = 29,8$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 648}{21,75} = 29,8$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{29,8}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,0529$$

untuk  $\lambda_c > 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

$$Pn = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot Ag \cdot fy$$

$$Pn = (0,66^{1,0529^2}) \cdot 339.2900 = 931247,29 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 931247,29 = 791560,2018 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 791560,2018 \text{ kg} > Pu = 754770,3 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Kapasitas Tarik

#### Kuat Putus

$$Ae = 0,85 \cdot Ag = 0,85 \cdot 339 = 288,15 \text{ cm}^2$$

$$Pn = Ae \cdot fu = 288,15 \cdot 5000 = 1440750 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 0,75 \cdot 1440750 = 1080563 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 1080563 \text{ Kg} > 413877,1 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### Kuat leleh

$$Pn = \phi \cdot Ag \cdot fy = 0,9 \cdot 339 \cdot 2900 = 737325 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 737325 \text{ Kg} > 413877,1 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

## 4.4.4 Perencanaan Ikatan Angin Jembatan Busur

### 4.4.4.1 Pembebanan Angin

Pembebanan angin sesuai dengan SNI 1726 : 2016 dengan rumus sebagai berikut :

$$V_{DZ} = 2,5 V_o \cdot \left(\frac{V_{10}}{V_B}\right) \ln\left(\frac{Z}{Z_o}\right)$$

Tabel 4. 33 Nilai  $V_o$  dan  $Z_o$  untuk berbagai kondisi

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
$V_o$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$Z_o$ (mm)	70	1000	2500

Contoh Perhitungan :

$$V_{10} = 100 \text{ km/jam (asumsi diantara 92 – 126 km/jam)}$$

$$V_0 = 17,6 \text{ km/jam (Sub Urban)}$$

$$Z = 33440 \text{ mm} = 0,03344 \text{ km}$$

$$Z_0 = 10000 \text{ mm} = 0,0001 \text{ km}$$

$$V_B = 100 \text{ km/jam (asumsi diantara 92 – 126 km/jam)}$$

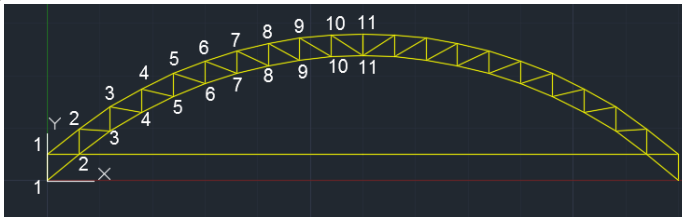
$$V_{DZ} = 2,5 (17,6) \cdot \left(\frac{100}{100}\right) \ln \left(\frac{0,03344}{0,0001}\right) = 154,4291 \text{ km/jam}$$

$$P_D = P_B \cdot \left(\frac{V_{DZ}}{V_B}\right)$$

$$P_B = 0,0024 \text{ Mpa (Angin Tekan)}$$

$$P_D = 0,0024 \cdot \left(\frac{154,4291}{100}\right) = 0,005724$$

### Perhitungan Pembebanan Angin Tekan Horizontal per Segmen



Gambar 4. 52 Titik – titik Segmen Yang Terkena Angin

Tabel 4. 34 Pembebanan Angin Rangka Atas

Titik	Z total	VDZ	PD (tekan)	b	tekan
	mm	km/jam	Mpa	(mm)	Kn/m
1	10.440	103	0,00256	1100	2,81212
				1100	2,81212
				550	1,40606
2	15.380	120	0,00347	550	1,90889
				1100	3,81777
				1100	3,81777
3	19.530	131	0,00410	550	1,90889
				550	2,25716

				550	2,25716
				550	2,25716
				550	2,25716
4	23.010	138	0,00457	550	2,51311
				550	2,51311
				550	2,51311
				550	2,51311
5	25.900	143	0,00492	550	2,70632
				550	2,70632
				550	2,70632
				550	2,70632
6	28.280	147	0,00519	550	2,85452
				550	2,85452
				550	2,85452
				550	2,85452
7	30.170	150	0,00539	550	2,96609
				550	2,96609
				550	2,96609
				550	2,96609
8	31.620	152	0,00554	550	3,04839
				550	3,04839
				550	3,04839
				550	3,04839
9	32.630	153	0,00564	550	1,55207
				550	1,55207
				550	1,55207
				550	1,55207
10	33.240	154	0,00570	550	3,13723
				550	3,13723
				550	3,13723
				550	3,13723
11	33.440	154	0,00572	550	3,14798
				550	3,14798
				550	3,14798

Tabel 4. 35 Pembebanan Angin Rangka Bawah

Titik	Z total	VDZ	PD tekan	b	Gaya
	mm				
1	5500	75,0089161	0,00135	1100	1,485353
				550	0,742677
2	10440	103,208362	0,002556	550	1,40606
				550	1,40606
				550	1,40606
				550	1,40606
3	14980	119,095503	0,003404	550	1,872254
				550	1,872254
				550	1,872254
				550	1,872254
4	18590	128,595447	0,003969	550	2,182856
				550	2,182856
				550	2,182856
				550	2,182856
5	21580	135,157746	0,004384	550	2,411325
				550	2,411325
				550	2,411325
				550	2,411325
6	24030	139,889334	0,004697	550	2,583111
				550	2,583111
				550	2,583111
				550	2,583111
7	25980	143,322388	0,00493	550	2,711453
				550	2,711453
				550	2,711453
				550	2,711453
8	27470	145,776158	0,0051	550	2,805091
				550	2,805091
				550	2,805091
				550	2,805091
9	28720	147,734125	0,005238	550	2,880949
				550	2,880949
				550	2,880949
				550	2,880949
10	29130	148,357817	0,005282	550	2,905326

				550	2,905326
				550	2,905326
				550	2,905326
11	29340	148,673878	0,005305	550	2,917718
				550	2,917718
				550	2,917718
				550	2,917718
				550	2,917718

Dari perhitungan di atas didapatkan semua gaya angin tekan di rangka atas maupun bawah adalah kurang dari 4,4 KN/m. Maka menurut SNI 1725:2016 dipakai gaya angin tekan per segmen adalah 4,4 KN/m.

### Perhitungan Gaya Aksial Akibat Angin Tekan

Gaya angin tekan yang telah didapatkan dari perhitungan di atas yaitu 4,4 KN/m *diinput* ke dalam permodelan SAP2000 3 Dimensi. Dengan program bantu SAP2000 maka diperoleh gaya aksial di setiap ikatan angin adalah sebagai berikut:

#### 4.4.4.2 Perencanaan Ikatan Angin Atas Rangka Busur



Gambar 4. 53 Gaya Aksial Tekan pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan

Batang didesain menggunakan profil O 245x14, dengan spesifikasi :

D	: 254 mm	t	: 14 mm
A	: 101 cm <sup>2</sup>	i	: 8,16 cm

**Kontrol Tekan**

$$P = -87,4796 \text{ KN} = -8747,96 \text{ Kg (Tekan)}$$

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{D}{t} = \frac{254}{14} = 17,5$$

$$17,5 < 51,03 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{14800}{fy} = \frac{14800}{290} = 51,03$$

Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk ( $Kcx$ ) = 1
- Faktor panjang tekuk ( $Kcy$ ) = 1
- Panjang batang ( $Lx$ ) = 7,82 m = 782 cm
- Panjang batang ( $Ly$ ) = 7,82 m = 782 cm

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 782}{8,16} = 95,833$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 782}{8,16} = 95,833$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{95,833}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,16$$

untuk  $\lambda_c < 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

$$Pn = (0,66^{\lambda^2}) \cdot Ag \cdot fy$$

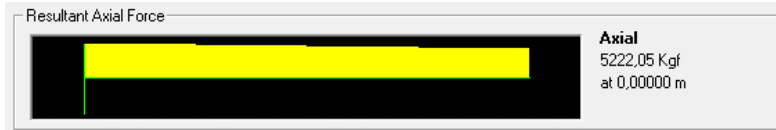
$$Pn = (0,66^{1,16^2}) \cdot 101.2900 = 167104 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 167104 = 142038,4 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 142038,4 \text{ kg} > Pu = 8747,96 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$



### Kontrol Kapasitas Tarik



Gambar 4. 54 Gaya Aksial Tarik pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan

$$P = 52,2205 \text{ KN} = 5222,05 \text{ Kg}$$

### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 101 = 85,85 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 85,85 \cdot 5000 = 429250 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 429250 = 321937,5 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 321937,5 \text{ Kg} > 5222,05 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 101 \cdot 2900 = 219675 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 219675 \text{ Kg} > 5222,05 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### 4.4.4.3 Perencanaan Ikatan Angin Diagonal Atas Rangka Busur



Gambar 4. 55 Gaya Aksial Tekan pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan

Batang didesain menggunakan profil O 245x14, dengan spesifikasi :

$$D \quad : 254 \text{ mm} \quad t \quad : 14 \text{ mm}$$

$$A \quad : 101 \text{ cm}^2 \quad i \quad : 8,16 \text{ cm}$$

**Kontrol Tekan**

$$P = -174,286 \text{ KN} = -17428,6 \text{ Kg (Tekan)}$$

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{D}{t} = \frac{254}{14} = 17,5$$

$$17,5 < 51,03 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{14800}{fy} = \frac{14800}{290} = 51,03$$

Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk ( $Kcx$ ) = 1
- Faktor panjang tekuk ( $Kcy$ ) = 1
- Panjang batang ( $Lx$ ) = 10,91 m = 1091,3 cm
- Panjang batang ( $Ly$ ) = 10,91 m = 1091,3 cm

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = \frac{1 \cdot 1091,3}{8,16} = 133,7402$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 1091,3}{8,16} = 133,7402$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{133,7402}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,62$$

untuk  $\lambda_c > 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

$$Pn = \left( \frac{0,88}{\lambda^2} \right) \cdot Ag \cdot fy$$

$$Pn = \left( \frac{0,88}{1,62^2} \right) \cdot 101.2900 = 979872,2 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 0,85 \cdot 979872,2 = 832891,4 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 832891,4 \text{ kg} > Pu = 17428,6 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Kapasitas Tarik



Gambar 4. 56 Gaya Aksial Tarik pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan

$$P = 177,9121 \text{ KN} = 17791,21 \text{ Kg}$$

#### Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 101 = 85,85 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 85,85 \cdot 5000 = 429250 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 429250 = 321937,5 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 321937,5 \text{ Kg} > 17791,21 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### Kuat leleh

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 101 \cdot 2900 = 219675 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 219675 \text{ Kg} > 17791,21 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### 4.4.4.4 Perencanaan Ikatan Angin Lantai Kendaraan



Gambar 4. 57 Gaya Aksial Tekan pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan

Batang didesain menggunakan profil O 245x14, dengan spesifikasi :

$$D \quad : 254 \text{ mm} \quad t \quad : 14 \text{ mm}$$

$$A \quad : 101 \text{ cm}^2 \quad i \quad : 8,16 \text{ cm}$$

#### Kontrol Tekan

$$P = -230,1952 \text{ KN} = -23019,52 \text{ Kg (Tekan)}$$

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{D}{t} = \frac{254}{14} = 17,5$$

$$17,5 < 51,03 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{14800}{f_y} = \frac{14800}{290} = 51,03$$

### Kontrol Kapasitas Tekan :

- Faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- Faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 11,67 m = 1167 cm
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 11,67 m = 1167 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 1167}{8,16} = 143,047$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 1167}{8,16} = 143,047$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{143,047}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,73$$

untuk  $\lambda_c > 1,5$  , kuat nominal penampang adalah;

$$P_n = \left( \frac{0,88}{\lambda^2} \right) \cdot A_g \cdot f_y$$

$$P_n = \left( \frac{0,88}{1,73^2} \right) \cdot 101.2900 = 856903,6 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 856903,6 = 728368 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 728368 \text{ kg} > P_u = 23019,52 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Kapasitas Tarik



Gambar 4. 58 Gaya Aksial Tekan pada Ikatan Angin Lantai Kendaraan

$$P = 297,6887 \text{ KN} = 29768,87 \text{ Kg}$$

**Kuat Putus**

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 101 = 85,85 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 85,85 \cdot 5000 = 429250 \text{ Kg}$$

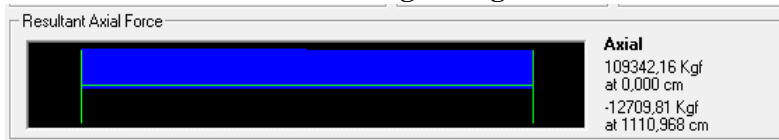
$$\phi P_n = 0,75 \cdot 429250 = 321937,5 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 321937,5 \text{ Kg} > 29768,87 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kuat leleh**

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 101 \cdot 2900 = 219675 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 219675 \text{ Kg} > 29768,87 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**4.4.4.5 Perencanaan Ikatan Angin Diagonal Bawah**

Gambar 4. 59Gaya Aksial pada Ikatan Angin Diagonal Bawah

$$P = -127,0981 \text{ KN} = -12709,81 \text{ Kg}$$

$$P = 1093,4216 \text{ KN} = 109342,16 \text{ Kg}$$

Desain batang menggunakan profil *square/box* dengan mutu BJ 50, sesuai spesifikasi dari brosur *Continental Steel* (**Gambar 4.43**)

b	= 550 mm	h	= 550 mm	t	= 16 mm
A	= 339 cm <sup>2</sup>	W	= 263 kg/m	f <sub>y</sub>	= 2900 kg/cm <sup>2</sup>
I <sub>x</sub> =I <sub>y</sub>	= 160400 cm <sup>4</sup>	Z <sub>x</sub> =Z <sub>y</sub>	= 5833 cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> =i <sub>y</sub>	= 21,75 cm

**Kontrol Kelangsingan Penampang**

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{16} = 34,37$$

$$34,37 < 39,05 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{290}} = 39,05$$

**Kontrol Kapasitas Tekan :**

- faktor panjang tekuk ( $K_{cx}$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $K_{cy}$ ) = 1
- Panjang batang ( $L_x$ ) = 11,11 m = 1111 cm
- Panjang batang ( $L_y$ ) = 11,11 m = 1111 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = \frac{1 \cdot 1111}{21,75} = 51,08$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \cdot L_y}{i_y} = \frac{1 \cdot 1111}{21,75} = 51,08$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{51,08}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 0,619$$

untuk  $\lambda_c < 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y$$

$$P_n = (0,66^{0,619^2}) \cdot 339 \cdot 2900 = 838344,8 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 838344,8 = 712593,1 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 712593,1 \text{ kg} > P_u = 12709,81 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Kapasitas Tarik****Kuat Putus**

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 0,85 \cdot 339 = 288,15 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 288,15 \cdot 5000 = 1440750 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 1440750 = 1080563 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1080563 \text{ Kg} > 109342,16 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

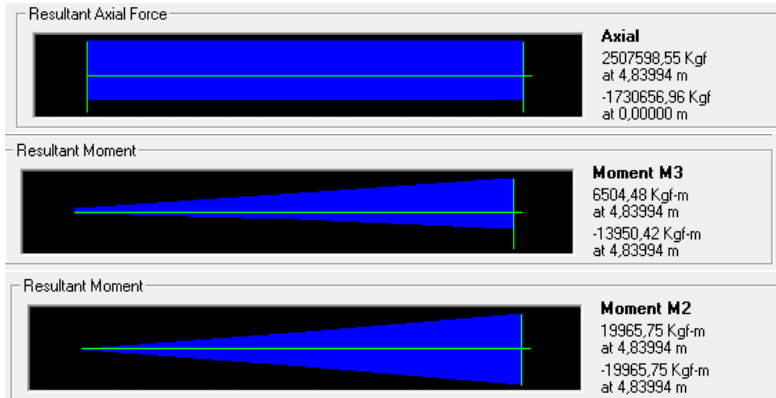
**Kuat leleh**

$$P_n = \phi \cdot A_g \cdot f_y = 0,9 \cdot 339 \cdot 2900 = 737325 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 737325 \text{ Kg} > 109342,16 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

## 4.4.5 Perencanaan Portal Akhir

### 4.4.5.1 Perencanaan Kolom Portal Akhir Jembatan



Gambar 4. 60 Gaya Aksial pada Kolom Portal Akhir Jembatan

$$P = 2507598,55 \text{ kg (Tarik)}$$

$$= -1730656,96 \text{ kg (Tekan)}$$

$$M_{ntx1} = 13950,42 \text{ kgm}$$

$$M_{ntx2} = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{nty1} = 19965,75 \text{ kgm}$$

$$M_{nty2} = 0 \text{ kgm}$$

Batang didesain menggunakan profil Double BOX 550x550x25, dengan spesifikasi sebagai berikut :

b : 550 mm	h : 550 mm	t : 25 mm
A : 1169,28 cm <sup>2</sup>	W : 798Kg/m	f <sub>y</sub> : 290 Mpa
i <sub>y</sub> : 21,34 cm	I <sub>x</sub> : 1416812,7 cm <sup>4</sup>	S <sub>x</sub> : 25760,23 cm <sup>3</sup>
i <sub>x</sub> : 34,8 cm	I <sub>y</sub> : 532544,7 cm <sup>4</sup>	S <sub>y</sub> : 19365,26 cm <sup>3</sup>
	Z <sub>x</sub> : 32155,2 cm <sup>3</sup>	Z <sub>y</sub> : 22910,6 cm <sup>3</sup>

### Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{25} = 22$$

$$22 > 39,05$$

(OK)

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{290}} = 39,05$$

### Kontrol Kelangsingan Struktur

- faktor panjang tekuk ( $Kcx$ ) = 1
- faktor panjang tekuk ( $Kcy$ ) = 1
- Panjang batang ( $Lx$ ) = 4,94 m = 4940 cm
- Panjang batang ( $Ly$ ) = 4,94 m = 4940 cm

$$\lambda_x = \frac{Kcx \cdot Ly}{ix} = \frac{1 \cdot 4940}{34,8} = 14,19$$

$$Ncrb_x = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot Ag}{\lambda_x^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 1169,28}{14,19^2} = 114600744,7 \text{ kg}$$

$$\lambda_y = \frac{Kcy \cdot Ly}{iy} = \frac{1 \cdot 4940}{34,8} = 23,14$$

$$Ncrb_y = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot Ag}{\lambda_y^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000 \cdot 1169,28}{23,14^2} = 1961870886 \text{ kg}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{23,14}{\pi} \sqrt{\frac{290}{200000}} = 1,012$$

untuk  $\lambda_c < 1,5$ , kuat nominal penampang adalah;

$$Pn = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot Ag \cdot fy$$

$$Pn = (0,66^{1,012^2}) \cdot 1169,28 \cdot 290 = 3348271,076 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 2846030,414 \text{ Kg} > Pu = 2507598,55 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Lentur

Terhadap Sumbu X

$C_m = 0.85$  (elemen menerima gaya transversal dan dianggap ujung-ujungnya kaku)

$$\delta bx = \frac{cm}{1 - \frac{Nu}{Ncrb_x}} > 1,00$$



$$\begin{aligned}\delta b_x &= \frac{0,85}{1 - \frac{1730656,96}{114600744,7}} > 1,00 \\ &= 0,86 > 1,00\end{aligned}$$

Maka dipakai nilai  $\delta b_x = 1$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga : } M_{ux} &= \delta b_x \cdot M_{utx} \\ &= 1 \cdot 13950,42 \\ &= 13950,42 \text{ Kgm}\end{aligned}$$

Sumbu Y

$$\begin{aligned}\delta b_x &= \frac{\frac{cm}{Nu}}{1 - \frac{Ncrb_x}{Nu}} > 1,00 \\ \delta b_x &= \frac{0,85}{1 - \frac{1730656,96}{1961870886}} > 1,00 \\ &= 0,85 > 1,00\end{aligned}$$

Maka dipakai nilai  $\delta b_y = 1$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga : } M_{uy} &= \delta b_y \cdot M_{uty} \\ &= 1 \cdot 19965,75 \\ &= 19965,75 \text{ Kgm}\end{aligned}$$

### Kontrol Tekuk Lokal

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{25} = 22$$

$$22 > 29,361 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{500}{\sqrt{f_y}} = \frac{500}{\sqrt{290}} = 29,361$$

$$\frac{h}{t} = \frac{550}{25} = 22$$

$$22 < 90,445 \quad \text{OK}$$

$$\frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,65$$

Sehingga :

$$M_{ux} = M_{px} = Z_x \cdot f_y = 32155,2 \cdot 2900 = 93250080 \text{ Kgcm}$$

$$M_{uy} = M_{py} = Z_y \cdot f_y = 22910,6 \cdot 2900 = 66440740 \text{ Kgcm}$$

**Kontrol Lateral Buckling**

$$L_B = 494 \text{ cm}$$

$$L_P = 0,13 E r_y \frac{\sqrt{J A}}{M_p} \quad (\text{SNI T03-2005 pasal 7.3-1})$$

$$J = 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 55 \cdot 2,5^3 = 1145,833 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$L_P = 0,13 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 21,34 \cdot \frac{\sqrt{1145,833 \cdot 1169,28}}{74704670}$$

$$L_P = 85,97 \text{ cm}$$

$$L_R = 2 E r_y \frac{\sqrt{J A}}{M_r} \quad (\text{SNI T03-2005 pasal 7.3-1})$$

$$M_r = S \cdot (F_u - F_R) ; F_R = 110 \text{ Mpa (welded)}$$

$$M_r = 25760,23 (2900 - 1100)$$

$$= 46368414 \text{ kgcm} = 463684,14 \text{ kgm}$$

Maka :

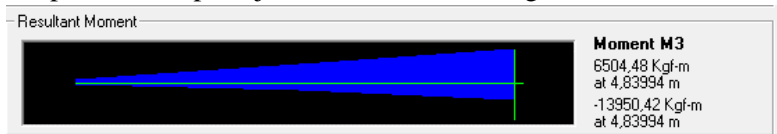
$$L_R = 2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 21,34 \cdot \frac{\sqrt{1145,833 \cdot 1169,28}}{46368414}$$

$$L_R = 2103,625 \text{ cm}$$

$$L_p \leq L \leq L_R \quad \text{“Bentang menengah”}$$

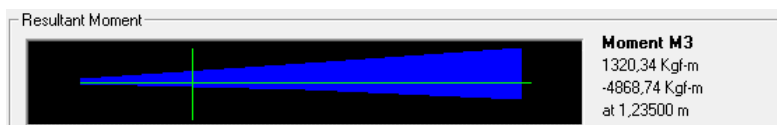
$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right]$$

Output Momen pada jarak  $\frac{1}{4}$  dan  $\frac{1}{8}$  bentang



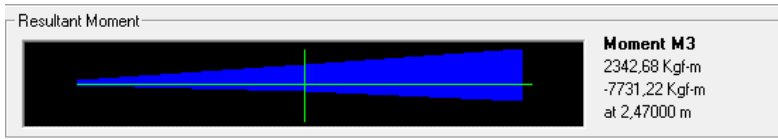
Gambar 4. 61 Gaya Momen Maksimal Balok Portal Akhir

$$M_{MAX} = 13950,42 \text{ Kgm}$$



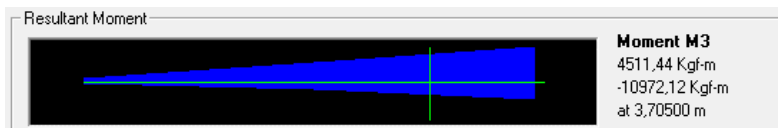
Gambar 4. 62 Gaya Momen A Balok Portal Akhir

$$M_A = 4868,74 \text{ Kgm}$$



Gambar 4. 63 Gaya Momen B Balok Portal Akhir

$$M_B = 7731,22 \text{ Kgm}$$



Gambar 4. 64 Gaya Momen Maksimal Balok Portal Akhir

$$M_C = 10972,12 \text{ Kgm}$$

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

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 13950,42}{2,5 \cdot 13950,42 + 3 \cdot 4868,74 + 4 \cdot 7731,22 + 3 \cdot 10972,12}$$

$$C_b = 1,5 < 2,3, \text{ maka dipakai } 1,53$$

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_P} \right]$$

$$M_{nx} = 128167561,3 \text{ Kgcm} > 93250080 \text{ Kgcm}$$

$$\text{Maka, } M_{nx} = M_{px} = 93250080 \text{ Kgcm}$$

### Kontrol Interaksi Balok Kolom

$$\frac{P_u}{\phi P_n} = \frac{1730656,96}{2846030,414} = 0,608 > 0,2$$

Menggunakan Rumus I

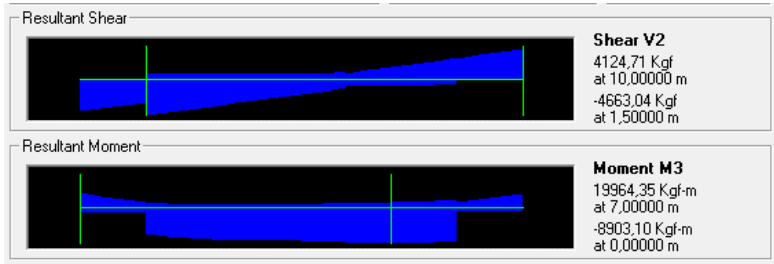
$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \cdot \left[ \frac{M_{ux}}{0,9 \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{0,9 \cdot M_{ny}} \right] \leq 1,00$$

$$\frac{1730656,96}{2846030,414} + \frac{8}{9} \cdot \left[ \frac{13950,42}{0,9 \cdot 93250080} + \frac{19965,75}{0,9 \cdot 66440740} \right]$$

$$0,608 < 1,00 \quad (\text{OK})$$

#### 4.4.5.2 Perencanaan Balok Portal Akhir

Pada SAP2000 didapatkan momen pada balok portal akhir jembatan sebesar +19964,35 Kgm dan -8903,1 Kgm



Gambar 4. 65 Besar Momen pada Balok Portal Akhir

Batang didesain menggunakan profil box 550x550x25, dengan spesifikasi sebagai berikut :

b	: 550 mm	h	: 550 mm	t	: 25 mm
A	: 518 cm <sup>2</sup>	W	: 399 Kg/m	ix=iy	: 21,35 cm
fy	: 290 Mpa	Ix=Iy	: 236300 cm <sup>2</sup>	Sx=Sy	: 8594 cm <sup>3</sup>
				Zx=Zy	: 10150 cm <sup>3</sup>

#### Kuat Rencana Momen Lentur

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{25} = 22$$

$$22 > 98,65 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{290}} = 98,65$$

$$\frac{b}{t} = \frac{550}{25} = 22$$

$$22 > 29,36 \quad (\text{OK})$$

$$\frac{500}{\sqrt{fy}} = \frac{500}{\sqrt{290}} = 29,36$$

Penampang Kompak, maka  $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y = 10150 \cdot 2900 \\ &= 29435000 \text{ kgcm} = 294350 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 0,9 \cdot M_n = 0,9 \cdot 294350 = 264915 \text{ Kgm}$$

$$\phi M_n = 264915 \text{ Kgm} > 21686,79 \text{ Kgm} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Lateral Buckling

$$L_B = 200 \text{ cm}$$

$$L_P = 0,13 E r_y \frac{\sqrt{J_A}}{M_p} \quad (\text{SNI T03-2005 pasal 7.3-1})$$

$$J = 4 \cdot \frac{1}{3} \cdot 55 \cdot 2,5^3 = 1145,833 \text{ cm}^4$$

Maka :

$$L_P = 0,13 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 21,34 \cdot \frac{\sqrt{1145,833 \cdot 518}}{24922600}$$

$$L_P = 171,59 \text{ cm}$$

$$L_R = 2 E r_y \frac{\sqrt{J_A}}{M_r} \quad (\text{SNI T03-2005 pasal 7.3-1})$$

$$M_r = S \cdot (F_u - F_R) ; F_R = 110 \text{ Mpa (welded)}$$

$$\begin{aligned} M_r &= 8594(2900 - 1100) \\ &= 15469200 \text{ kgcm} = 154692 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Maka :

$$L_R = 2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 21,34 \cdot \frac{\sqrt{1145,833 \cdot 581}}{15469200}$$

$$L_R = 4502,3 \text{ cm}$$

$$L_p \leq L \leq L_R \quad \text{“Bentang menengah”}$$

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

Output Momen pada jarak  $\frac{1}{4}$  dan  $\frac{1}{8}$  bentang

$$M_{MAX} = 19622,39 \text{ Kgm}$$

$$M_A = 18984,76 \text{ Kgm}$$

$$M_B = 18682,98 \text{ Kgm}$$

$$M_C = 18721,82 \text{ Kgm}$$

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

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 19622,39}{2,5 \cdot 19622,39 + 3 \cdot 18984,76 + 4 \cdot 18682,98 + 3 \cdot 18721,82}$$

$$C_b = 1,05 < 2,3$$

$$M_n = C_b \cdot \left[ M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_P} \right]$$

$$M_{nx} = 308105,5173 \text{ kgm}$$

$$\phi M_{nx} = 0,9 \cdot 308105,5173$$

$$= 277294,96 \text{ kgm} > 19964,35 \text{ Kgm} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Kuat Geser

$$V_n = 0,6 \cdot A_w \cdot f_y = 0,6 \cdot 275 \cdot 2900 = 478500 \text{ Kg}$$

$$\phi V_n = 0,9 \cdot 478500 = 430650 \text{ Kg}$$

$$\phi V_n = 430650 \text{ Kg} > V_u = 4663,04 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Lendutan Ijin

Syarat  $\delta' \leq \delta$  dimana  $\delta$  adalah lendutan ijin, sedangkan  $\delta'$  adalah lendutan yang terjadi

$$\delta = \frac{\lambda}{800}$$

$$= \frac{1000}{800} = 1,25 \text{ cm}$$

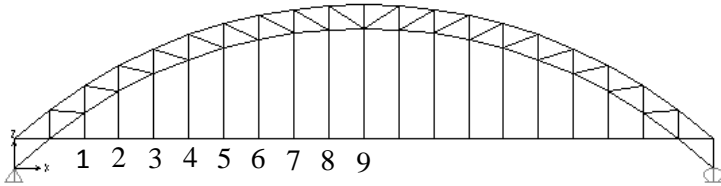
Pada SAP2000 didapatkan output lendutan batang sebesar 0,00322 m = 0,3 cm (OK)

Joint Object	359	Joint Element	359
	1	2	3
Trans	0,01106	-0,00154	0,00322
Rotn	-9,001E-04	0,00103	-0,00278

Gambar 4. 66 Output Lendutan Balok Portal Akhir SAP2000

### 4.4.6 Perencanaan Penggantung Jembatan

Perencanaan Jembatan Mrican ini menggunakan bahan kabel sebagai penggantung lantai kendaraan dengan jumlah 17 kabel dengan panjang yang bervariasi sebagai berikut;



Gambar 4. 67 Kabel Penggantung Jembatan

Tabel 4. 36 Panjang Kabel Penggantung Jembatan

Kabel	Panjang (m)
1	4,54
2	8,15
3	11,14
4	13,6
5	15,54
6	17,03
7	18,07
8	18,7
9	18,9

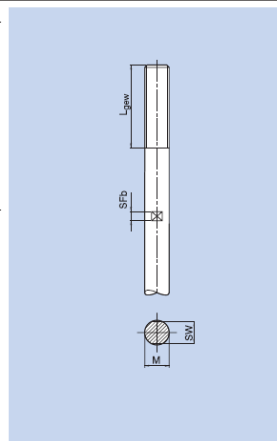
#### 4.4.6.1 Perencanaan Dimensi Kabel Penggantung

Perencanaan dimensi kabel menggunakan kabel penggantung milik PFEIFER dengan brosur sebagai berikut:



### Zugstab Typ 860 und Typ 860-X Tension Rod Type 860 and Type 860-X

Technische Daten	Technical Data
Material (Typ 860): S460N, DIN EN 10025	Material (Type 860): S460N, DIN EN 10025
Material (Typ 860-X): S460N, modifizierter Stahl mit erhöhter Zugfestigkeit	Material (Type 860-X): S460N, modified steel with raised tensile strength
Elastizitätsmodul: 210 ± 10 kN/mm <sup>2</sup>	Modulus of Elasticity: 210 ± 10 kN/mm <sup>2</sup>
Korrosionsschutz: feuerverzinkt oder walzblank	Corrosion Protection: Hot dip galvanised or bright
Anwendungsgebiet	Field of Application
Aussteifungen: Windverbände Dach, Wände, Stützen	Bracings for roofs, walls, girders Stays for roof elements, pylons
Abspannungen: Dachelemente, Pylone	Suspension of steel trusses, timber trusses and space frames
Unterspannungen: Stahl-, Holzbinder, Raumfachwerk	



Gambar 4. 68 Tipe Kabel Pengantungan yang Dipakai  
(Sumber : PFEIFER Catalog)



Größe size M mm	ETA/EC3 860	EC3 860-X	L <sub>gew</sub> mm	S <sub>Fb</sub> mm	S <sub>w</sub> mm	L <sub>max</sub> mm	Gewicht weight kg/m
	N <sub>R,d</sub> * kN	N <sub>R,d</sub> * kN					
10	26,1	–	33	19	9	6000	0,61
12	37,9	41,8	38	19	10	8000	0,88
16	70,5	77,8	54	19	14	12000	1,58
20	110,1	121,6	67	19	18	12000	2,47
24	158,5	175,0	80	19	22	12000	3,55
27	206,6	228,1	90	19	25	12000	4,50
30	252,1	278,4	100	19	28	12000	5,55
36	367,3	405,5	120	19	33	12000	8,00
42	504,2	556,6	140	19	39	12000	10,9
48	658,6	731,5	159	19	45	15000	14,2
52	790,6	872,8	172	**	**	15000	16,7
56	913,0	1008,0	187	**	**	15000	19,3
60	1062,4	1172,8	199	**	**	15000	22,2
64	1203,6	1328,7	211	**	**	15000	25,3
70	1463,7	1615,9	233	**	**	15000	30,2
80	1953,8	2157,0	266	**	**	18000	39,5
90	2514,6	2776,1	297	**	**	18000	49,9
100	3146,0	3473,2	328	**	**	18000	61,7

Konstruktionsänderungen vorbehalten

\* Anschließbereich S325

\*\* Wir empfehlen die Verwendung einer Kettenrohcrange

Subject to technical modification

\* Connecting plate S325

\*\* We propose the use of a chain wrench

Gambar 4. 69 Brosur PFEIFER Kabel Penggantung Jembatan

Direncanakan kabe penggantung jembatan Mrican menggunakan kabel dengan tipe 860 dengan diameter 70 mm.

#### 4.4.6.2 Pembebanan Kabel Penggantung Beban Mati

Gaya aksial kabel yang diperoleh dari program bantu SAP2000 akibat berat sendiri rangka, pelat lantai kendaraan dan berat sendiri kabel adalah sebagai berikut;

#### Akibat Berat Sendiri dan Pelat Lantai Kendaraan

Tabel 4. 37Gaya Aksial Kabel Akibat Beban Sendiri dan Lantai  
Kendaraan

Kabel	Gaya Aksial (KN)
7	242,786
8	325,68
9	349,68

### Akibat Berat Sendiri Kabel

Tabel 4. 38 Berat Sendiri Kabel Penggantung Jembatan

Kabel	L (m)	W (kg/m)	W total (KN)
7	18,07	30,2	5,45
8	18,7	30,2	5,64
9	18,9	30,2	5,707

### Beban Hidup

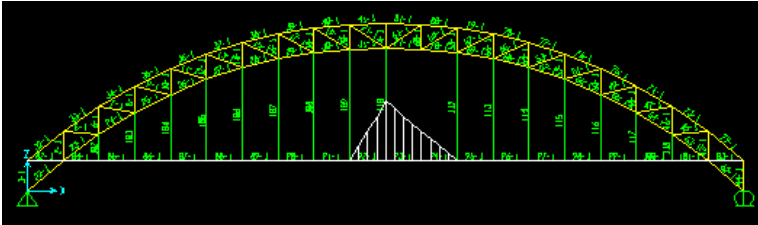
Beban hidup diperoleh dari permodelan garis pengaruh dengan beberapa kasus pada program bantu SAP2000.

BTR = 445,9 KN

BGT = 378 KN

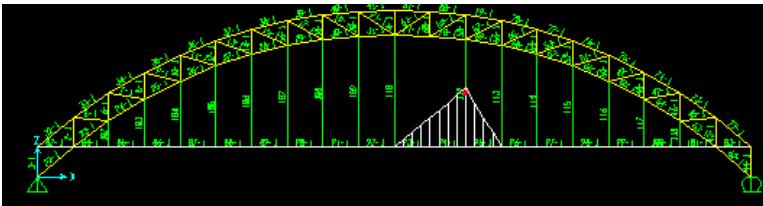
Kasus 1

GP kabel 9



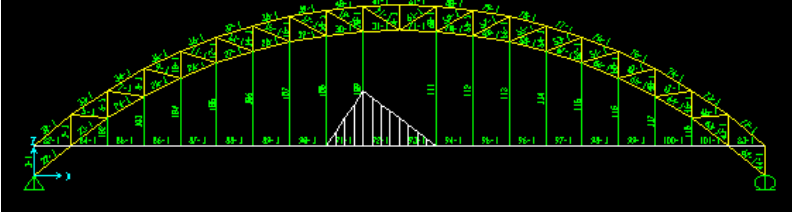
Gambar 4. 70 Garis Pengaruh Kasus 1 Kabel Penggantung Jembatan 9

GP kabel 7



Gambar 4. 71 Garis Pengaruh Kasus 1 Kabel Penggantung Jembatan 7

Kasus 2  
GP kabel 8



Gambar 4. 72Garis Pengaruh Kasus 2 Kabel Penggantung Jembatan 8

Tabel 4. 39Garis Pengaruh Kabel Penggantung Jembatan

	cab 7	cab9	cab8
Sta. Dist	Influence	Influence	Influence
m	Kgf	Kgf	Kgf
0	0	0	0
6	0	0	0
12	0	0	0
18	0	0	0
24	0	0	0
30	0	0	0
36	0	0	0
42	0	0	0
48	0	0	0,00E+00
54	0	0,00E+00	1
60	0,00E+00	1	0,5
66	0,5	0,5	0
72	1	0	0
78	0	0	0

84	0	0	0
90	0	0	0
96	0	0	0
102	0	0	0
108	0	0	0
114	0	0	0
120	0	0	0
$\Sigma$	1,5	1,5	1,5
max	1	1	1
Gaya	1046,85	1046,85	1046,85

### Gaya Total

Tabel 4. 40 Gaya Total Kabel Penggantung Jembatan

Kabel	Gaya (KN)
7	1295,093
8	1378,177
9	1402,258

Gaya maksimal :

Kabel 9 = 1402,258 KN > 1615,9 KN (OK)

### 4.5 Perencanaan Sambungan

Dalam mendesain sambungan pada Jembatan Mrican ini mengacu pada peraturan sambungan baja SNI 1729-2002 yang mendasarkan metodenya pada LRFD. Beberapa sistem sambungan yang digunakan terdiri dari sambungan baut dan las. Tipe-tipe baut dan las yang digunakan mengacu pada **Tabel 4.41**, **Tabel 4.42**, dan **Tabel 4.43**

Tabel 4. 41 Tipe-Tipe Baut *Friction*  
(Sumber: SNI 1729-2002 Tabel 18.2-1)

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

Tabel 4. 42 Tabel Tipe-tipe baut  
(Sumber : Salmon dkk, 1991)

Ukuran Baut (mm)	A325 (KN)	A490 (KN)
12,7	53	67
15,9	85	107
19,1	125	156
22,2	173	218
25,4	227	285
28,6	249	356
31,8	316	454
34,9	378	538
38,1	458	658

Tabel 4. 43 Ukuran Minimum Las Sudut  
(Sumber: SNI 1729-2002 Tabel 13.5.1)

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

## 4.5.1 Perencanaan Sambungan Antar Balok dan Rangka

### 4.5.1.1 Perencanaan Sambungan Balok Memanjang – Balok Melintang

#### Profil Balok Memanjang WF 582 x 300 x 12 x 17

Fy	: 250 MPa	fu	: 410 MPa	Es	: 200000 MPa
d	: 582 mm	B	: 300 mm	tw	: 12 mm
				tf	: 17 mm

Vu maksimum : 36933,844 Kg

#### Baut tipe A325

Diameter baut (db)	= 20 mm
Gaya tarik minimum	= 14500 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 2
Phi ( $\emptyset$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\emptyset Vn) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 14500 \\ &= 11469,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{36933,844}{11469,5} = 3,22 \approx 4 \text{ buah}$$

#### Jarak Antar Baut Sambungan Balok Memanjang – Balok Melintang

Dipakai pelat siku 90 x 90 x 11

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 20 \leq S \leq 15 \cdot 11$  atau 200 mm  
 Dipakai S = 80 mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 20 \leq S_1 \leq (4 \cdot 11 + 100)$  atau 200 mm

dipakai  $S1 = 45 \text{ mm}$

- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5d_b \leq S2 \leq (4 \cdot 11 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 45 \text{ mm}$

### Kontrol Pelat Sambung Balok Memanjang – Balok Melintang

Dipakai pelat siku  $90 \times 90 \times 11$

BJ 55  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$   $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$

#### Kontrol Geser

$$A_g = 40,3 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 40,3 \cdot 0,75 = 30,225 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \emptyset R_n &= \emptyset \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 5500 \cdot 30,225 \\ &= 74806,875 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset R_n = 74806,875 \text{ Kg} > V_u = 36933,844 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### 4.5.1.2 Perencanaan Sambungan Balok Melintang – Balok Memanjang

#### Profil Balok Memanjang WF 950,7 x 310,3 x 24,4 x 44

$F_y$	: 250 MPa	$f_u$	: 410 MPa	$E_s$	: 200000 MPa
$d$	: 950,7 mm	$B$	: 310,3 mm	$t_w$	: 24,4 mm
				$t_f$	: 44 mm

$V_u$  maksimum : 36933,844 Kg

#### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 20 mm

Gaya tarik minimum = 14500 Kg

Jumlah bidang geser ( $m$ ) = 2

Phi ( $\emptyset$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\emptyset V_n) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 14500 \\ &= 11469,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{36933,844}{11469,5} = 3,22 \approx 4 \text{ buah}$$

### Jarak Antar Baut Sambungan Balok Melintang – Balok Memanjang

Dipakai pelat siku 90 x 90 x 11

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 20 \leq S \leq 15 \cdot 11$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 80$  mm
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 20 \leq S1 \leq (4 \cdot 11 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S1 = 45$  mm
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5d_b \leq S2 \leq (4 \cdot 11 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S2 = 45$  mm

### Kontrol Pelat Sambung Balok Melintang – Balok Memanjang

Dipakai pelat siku 90 x 90 x 11

$$BJ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

#### Kontrol Geser

$$A_g = 40,3 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 40,3 \cdot 0,75 = 30,225 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 5500 \cdot 30,225 \\ &= 74806,875 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 74806,875 \text{ Kg} > V_u = 36933,844 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### 4.5.1.3 Perencanaan Sambungan Balok Melintang – Rangka Utama (Batang Tarik)

#### Profil Balok Memanjang WF 950,7 x 310,3 x 24,4 x 44

$f_y$	: 250 MPa	$f_u$	: 410 MPa	$E_s$	: 200000 MPa
$d$	: 950,7 mm	$B$	: 310,3 mm	$t_w$	: 24,4 mm
				$t_f$	: 44 mm



$V_u$  maksimum : 136755,67 Kg

**Baut tipe A325**

Diameter baut ( $d_b$ ) = 30 mm

Gaya tarik minimum = 33500 Kg

Jumlah bidang geser ( $m$ ) = 1

Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 33500 \\ &= 13249,25 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut } (n) = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{136755,67}{13249,25} = 10,32 \approx 12 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Balok Melintang – Rangka Utama (Batang Tarik)**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 100$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 30 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 45$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 30 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 45$  mm

### Kontrol Pelat Sambung Balok Melintang – Balok Memanjang

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$BJ\ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

#### Kontrol Leleh

$$A_g = S \cdot n \cdot t_p = 270 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 270 \cdot 0,75 = 202,5 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 5500 \cdot 202,5 \\ &= 668250 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\phi R_n = 668250 \text{ Kg} > V_u = 136755,67 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

## 4.5.2 Perencanaan Sambungan Ikatan Angin

### 4.5.2.1 Perencanaan Sambungan Ikatan Angin Antar Rangka Atas

Ikatan angin antar rangka atas dalam perencanaan jembatan Mrican ini menggunakan ikatan angin dengan profil pipa lingkaran :

$$\begin{array}{lll} F_y & : 290 \text{ MPa} & f_u & : 500 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 254 \text{ mm} & b & : 14 \text{ mm} \end{array}$$

$$V_u \text{ maksimum} : 8747,96 \text{ Kg}$$

#### Baut tipe A325

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 2$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0,35 \text{ (permukaan bersih)}$$

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 17300 \end{aligned}$$

$$= 13684,3 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{8747,96}{13684,3} = 0,63 \approx 1 \text{ buah}$$

### **Jarak Antar Baut Sambungan Ikatan Angin Atas Rangka**

Dipakai pelat tebal 15 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 15$  atau 200 mm  
 Dipakai S = - mm
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S1 \leq (4 \cdot 15 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai S1 = 112 mm
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S2 \leq (4 \cdot 15 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai S2 = 112 mm

### **Kontrol Pelat Sambung Ikatan Angin Atas Rangka**

Dipakai pelat tebal 15 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### **Kontrol Leleh**

$$A_g = 25,4 \cdot 1,5 = 38,1 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 38,1 \cdot 0,75 = 28,575 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 28,575 = 140589 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 140589 \text{ Kg} > Vu = 8747,96 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### **Kontrol Putus**

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 28,575 = 117871,9 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 117871,9 \text{ Kg} \geq Vu = 8747,96 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### 4.5.2.2 Perencanaan Sambungan Ikatan Angin Diagonal Antar Rangka Atas

Ikatan angin antar rangka atas dalam perencanaan jembatan Mrican ini menggunakan ikatan angin dengan profil pipa lingkaran :

$$\begin{array}{lll} F_y & : 290 \text{ MPa} & f_u & : 500 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 254 \text{ mm} & b & : 14 \text{ mm} \end{array}$$

$V_u$  maksimum : 17791,21 Kg

##### Baut tipe A325

$$\begin{array}{ll} \text{Diameter baut (db)} & = 20 \text{ mm} \\ \text{Gaya tarik minimum} & = 14500 \text{ Kg} \\ \text{Jumlah bidang geser (m)} & = 1 \\ \text{Phi } (\phi) & = 1 \text{ (lubang standar)} \\ \mu & = 0.35 \text{ (permukaan bersih)} \end{array}$$

##### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) & = \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ & = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 14500 \\ & = 5734,75 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{17791,21}{5734,75} = 3,1 \approx 4 \text{ buah}$$

##### Jarak Antar Baut Sambungan Ikatan Angin Diagonal Atas Rangka

Dipakai pelat tebal 15 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 20 \leq S \leq 15 \cdot 15$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 125$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 20 \leq S_1 \leq (4 \cdot 15 + 100)$  atau 200 mm

dipakai  $S1 = 45 \text{ mm}$

- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 20 \leq S2 \leq (4 \cdot 15 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 65 \text{ mm}$

### **Kontrol Pelat Sambung Ikatan Angin Atas Rangka**

Dipakai pelat tebal  $15 \text{ mm}$

BJ 55  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$        $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$

### **Kontrol Leleh**

$A_g = 25,4 \cdot 1,5 = 38,1 \text{ cm}^2$

$A_u = A_e = 38,1 \cdot 0,75 = 28,575 \text{ cm}^2$

$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 28,575 = 140589 \text{ Kg}$

$\phi T_n = 140589 \text{ Kg} > V_u = 17791,21 \text{ Kg}$  (OK)

### **Kontrol Putus**

$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 28,575 = 117871,9 \text{ Kg}$

$\phi T_n = 117871,9 \text{ Kg} \geq V_u = 17791,21 \text{ Kg}$  (OK)

### **4.5.2.3 Perencanaan Sambungan Ikatan Angin Silang Lantai Kendaraan**

Ikatan angin antar rangka atas dalam perencanaan jembatan Mrican ini menggunakan ikatan angin dengan profil pipa lingkaran :

$F_y$  : 290 MPa       $f_u$  : 500 MPa       $E_s$  : 200000 MPa  
 $d$  : 254 mm       $b$  : 14 mm

$V_u$  maksimum : 29768,87 Kg

### **Baut tipe A325**

Diameter baut ( $d_b$ ) = 20 mm

Gaya tarik minimum = 14500 Kg

Jumlah bidang geser ( $m$ ) = 1

Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

### **Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

Kuat geser ( $\phi V_n$ ) =  $\phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$

=  $1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 14500$

$$= 5734,75 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{29768,87}{5734,75} = 5,19 \approx 6 \text{ buah}$$

### **Jarak Antar Baut Sambungan Ikatan Angin Silang Lantai Kendaraan**

Dipakai pelat tebal 15 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 20 \leq S \leq 15 \cdot 15$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 80$  mm
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 20 \leq S1 \leq (4 \cdot 15 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 20 \leq S2 \leq (4 \cdot 15 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S2 = 72$  mm

### **Kontrol Pelat Sambung Ikatan Angin Silang Lantai Kendaraan**

Dipakai pelat tebal 15 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

#### **Kontrol Leleh**

$$A_g = 25,4 \cdot 1,5 = 38,1 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 38,1 \cdot 0,75 = 28,575 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 28,575 = 140589 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 140589 \text{ Kg} > V_u = 29768,87 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

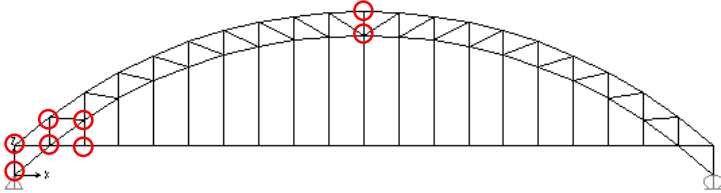
#### **Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 28,575 = 117871,9 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 117871,9 \text{ Kg} \geq V_u = 29768,87 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

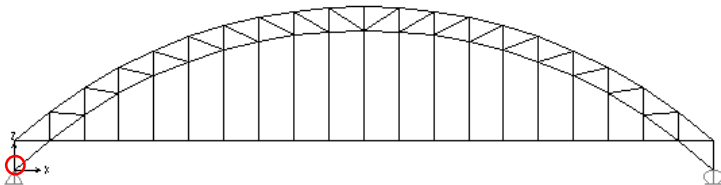
### 4.5.3 Perencanaan Sambungan Rangka Utama

Perencanaan antar batang dalam rangka utama jembatan Mrican ini menggunakan pelat sambung dengan tebal 25 mm



Gambar 4. 73 Titik Sambungan yang Ditinjau

#### 4.5.3.1 Perencanaan Sambungan A



Gambar 4. 74 Titik Sambungan A

#### Frame 3

Profil Double Box 550 x 550 x 25

$F_y$  : 290 MPa       $f_u$  : 500 MPa       $E_s$  : 200000 MPa

$d$  : 550 mm       $b$  : 550 mm       $t$  : 25mm

$V_u$  maksimum : 1028619,04 Kg

#### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 22,2 mm

Gaya tarik minimum = 17300 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat geser ( $\phi V_n$ ) =  $\phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$

= 1 . 1,13 . 0,35 . 1 . 17300

$$\begin{aligned} &= 6842,15 \text{ Kg} \\ \text{Jumlah Baut (n)} &= \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{1028619}{6842,15} = 75,17 \approx 80 \text{ buah} \end{aligned}$$

### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai S = 94 mm
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai S1 = 40 mm
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai S2 = 134 mm

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 32 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 3,2 \times 110 = 352 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 352 \cdot 0,75 = 264 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 264 = 1298880 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 1298880 \text{ Kg} > Vu = 1028619,04 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 264 = 1089000 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 1089000 \text{ Kg} \geq Vu = 1028619,04 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$



**Frame 22**

Profil Box 550 x 550 x 36

$$\begin{array}{llll} F_y & : 290 \text{ MPa} & f_u & : 500 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 550 \text{ mm} & b & : 550 \text{ mm} & t & : 36 \text{ mm} \end{array}$$

Vu maksimum : 13582,01 Kg

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{13582,01}{6842,15} = 1,118 \approx 9 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 150$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 125$  mm

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 32 mm

BJ 55  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$        $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 3,2 \times 55 = 176 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 176 \cdot 0,75 = 132 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 132 = 649440 \text{ Kg}$$

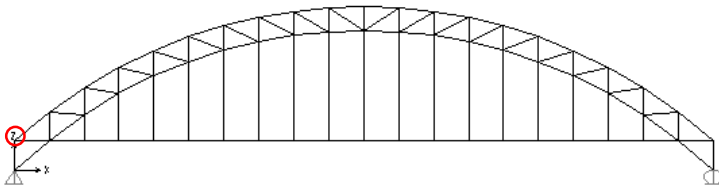
$$\phi T_n = 649440 \text{ Kg} > V_u = 13582,01 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 132 = 544500 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 544500 \text{ Kg} \geq V_u = 13582,01 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### 4.5.3.2 Perencanaan Sambungan B



Gambar 4. 75 Titik Sambungan B

### Frame 32

Profil Box 550 x 550 x 25

$F_y$  : 290 MPa       $f_u$  : 500 MPa       $E_s$  : 200000 MPa

$d$  : 550 mm       $b$  : 550 mm       $t$  : 25 mm

$V_u$  maksimum : 556353,52 Kg

### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 22,2 mm

Gaya tarik minimum = 17300 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{556353,52}{6842,15} = 34,10 \approx 96 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 94$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 134$  mm

**Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 32 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

**Kontrol Leleh**

$$A_g = 3,2 \times 110 = 352 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 352 \cdot 0,75 = 264 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 264 = 1298880 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 1298880 \text{ Kg} > V_u = 556353,52 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 264 = 1089000 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 1089000 \text{ Kg} \geq V_u = 556353,52 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Frame 82**

Profil Box 550 x 550 x 36

$$\begin{array}{llll} F_y & : 290 \text{ MPa} & f_u & : 500 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 550 \text{ mm} & b & : 550 \text{ mm} & t & : 36 \text{ mm} \end{array}$$

Vu maksimum : 278917,38 Kg

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{278917,38}{6842,15} = 20,15 \approx 24 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 94$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 134$  mm

**Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 32 mm

$$BJ\ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

**Kontrol Leleh**

$$A_g = 3,2 \times 55 = 176 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 176 \cdot 0,75 = 132 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 132 = 649440 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 649440 \text{ Kg} > V_u = 278917,38 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 132 = 544500 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 544500 \text{ Kg} \geq V_u = 278917,38 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Frame 3**

Profil Double Box 550 x 550 x 25

$$F_y : 290 \text{ MPa} \quad f_u : 500 \text{ MPa} \quad E_s : 200000 \text{ MPa}$$

$$d : 550 \text{ mm} \quad b : 550 \text{ mm} \quad t : 25 \text{ mm}$$

$V_u$  maksimum : 1028619,04 Kg

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{1028619}{6842,15} = 75,17 \approx 120 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3db \leq S \leq 15tp$  atau 200 mm

$$1.5db \leq S_1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $3.22 \leq S \leq 15.25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S1 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S2 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 32 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 3,2 \times 110 = 352 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 352.0,75 = 264 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 264 = 1298880 \text{ Kg}$$

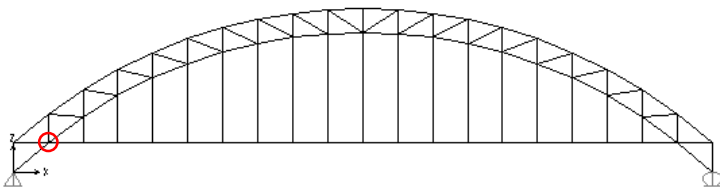
$$\phi T_n = 1298880 \text{ Kg} > V_u = 1028619,04 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 264 = 1089000 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 1089000 \text{ Kg} \geq V_u = 1028619,04 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### 4.5.3.3 Perencanaan Sambungan C



Gambar 4. 76 Titik Sambungan C

**Frame 82**

Profil Box 550 x 550 x 36

$$\begin{array}{llll} F_y & : 290 \text{ MPa} & f_u & : 500 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 550 \text{ mm} & b & : 550 \text{ mm} & t & : 36 \text{ mm} \end{array}$$

Vu maksimum : 278917,38 Kg

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{278917,38}{6842,15} = 20,15 \approx 24 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 94$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 134$  mm

**Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$BJ\ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

**Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 278917,38 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 278917,38 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Frame 84**

Profil Box 550 x 550 x 36

$$F_y : 290 \text{ MPa} \quad f_u : 500 \text{ MPa} \quad E_s : 200000 \text{ MPa}$$

$$d : 550 \text{ mm} \quad b : 550 \text{ mm} \quad t : 36 \text{ mm}$$

$V_u$  maksimum : 349001,21 Kg

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0,35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (Friction Type)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{349001,21}{6842,15} = 25,5 \approx 30 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3db \leq S \leq 15tp$  atau 200 mm

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



$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $3.22 \leq S \leq 15.25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S1 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S2 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$BJ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 349001,21 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 349001,21 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Frame 2

Profil Box 550 x 550 x 16

$$F_y : 290 \text{ MPa} \quad f_u : 500 \text{ MPa} \quad E_s : 200000 \text{ MPa}$$

$$d : 550 \text{ mm} \quad b : 550 \text{ mm} \quad t : 16 \text{ mm}$$

$$V_u \text{ maksimum} : 122262,58 \text{ Kg}$$

### Baut tipe A325

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\begin{aligned}\text{Phi } (\emptyset) &= 1 \text{ (lubang standar)} \\ \mu &= 0.35 \text{ (permukaan bersih)}\end{aligned}$$

### **Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\emptyset Vn) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{122262,58}{6842,15} = 8,8 \approx 12 \text{ buah}$$

### **Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S2 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai S = 94 mm
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai S1 = 40 mm
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai S2 = 134 mm

### **Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### **Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 122262,58 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### **Kontrol Putus**

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 122262,58 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Frame 22

Profil Box 550 x 550 x 36

$$\begin{array}{llll} F_y & : 290 \text{ MPa} & f_u & : 500 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 550 \text{ mm} & b & : 550 \text{ mm} & t & : 36 \text{ mm} \end{array}$$

$V_u$  maksimum : 13582,01 Kg

### Baut tipe A325

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{13582,01}{6842,15} = 1,118 \approx 9 \text{ buah}$$

### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 150$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm

Dipakai  $S_2 = 125 \text{ mm}$

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 32 mm

$$BJ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 3,2 \times 55 = 176 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 176 \cdot 0,75 = 132 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 132 = 649440 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 649440 \text{ Kg} > V_u = 13582,01 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 132 = 544500 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 544500 \text{ Kg} \geq V_u = 13582,01 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Frame 23

Profil Box 550 x 550 x 22

$$F_y : 290 \text{ MPa} \quad f_u : 500 \text{ MPa} \quad E_s : 200000 \text{ MPa}$$

$$d : 550 \text{ mm} \quad b : 550 \text{ mm} \quad t : 22$$

$V_u$  maksimum : 168145,32 Kg

### Baut tipe A325

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{168145,32}{6842,15} = 12,14 \approx 18 \text{ buah}$$

### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3db \leq S \leq 15tp$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $3.22 \leq S \leq 15.25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S1 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S2 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$

Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### **Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### **Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

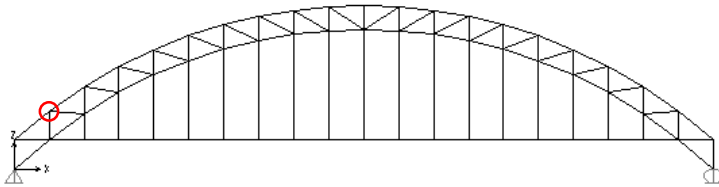
$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 168145,32 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### **Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 168145,32 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### 4.5.3.4 Perencanaan Sambungan D



Gambar 4. 77 Titik Sambungan D

##### Frame 2

Profil Box 550 x 550 x 16

$F_y$  : 290 MPa       $f_u$  : 500 MPa       $E_s$  : 200000 MPa

$d$  : 550 mm       $b$  : 550 mm       $t$  : 16 mm

$V_u$  maksimum : 122262,58 Kg

##### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 22,2 mm

Gaya tarik minimum = 17300 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

$\Phi$  ( $\emptyset$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

##### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\emptyset V_n) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{122262,58}{6842,15} = 8,8 \approx 12 \text{ buah}$$

##### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p$  atau 200 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm
- $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm

Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$

- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 22 \leq S1 \leq (4 \cdot 25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 22 \leq S2 \leq (4 \cdot 25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

BJ 55  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$   $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$

### Kontrol Leleh

$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$

$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$

$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$

$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 122262,58 \text{ Kg}$  (OK)

### Kontrol Putus

$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$

$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 122262,58 \text{ Kg}$  (OK)

### Frame 5

Profil Box 550 x 550 x 16

$F_y : 290 \text{ MPa}$   $f_u : 500 \text{ MPa}$   $E_s : 200000 \text{ MPa}$

$d : 550 \text{ mm}$   $b : 550 \text{ mm}$   $t : 16 \text{ mm}$

$V_u$  maksimum : 113535,23 Kg

### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 22,2 mm

Gaya tarik minimum = 17300 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu = 0.35$  (permukaan bersih)

### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat gesek ( $\phi V_n$ ) =  $\phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$

$$= 1.1,13.0,35.1.17300$$

$$= 6842,15 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{113535,23}{6842,15} = 8,29 \approx 12 \text{ buah}$$

### **Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$3.22 \leq S \leq 15.25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Dipakai  $S = 94$  mm

- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

$$1.5.22 \leq S1 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

dipakai  $S1 = 40$  mm

- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

$$1.5.22 \leq S2 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Dipakai  $S2 = 134$  mm

### **Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### **Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 113535,23 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### **Kontrol Putus**

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 113535,23 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$



**Frame 33**

Profil Box 550 x 550 x 25

$$\begin{array}{llll} F_y & : 290 \text{ MPa} & f_u & : 500 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 550 \text{ mm} & b & : 550 \text{ mm} & t & : 25 \text{ mm} \end{array}$$

Vu maksimum : 466656,15 Kg

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{466656,15}{6842,15} = 34,10 \approx 84 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_2 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai S = 94 mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai S1 = 40 mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai S2 = 134 mm

**Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$BJ\ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

**Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 110 = 275 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 275 \cdot 0,75 = 206,25 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 206,25 = 1014750 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 1014750 \text{ Kg} > V_u = 466656,15 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 206,25 = 850781 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 850781 \text{ Kg} \geq V_u = 466656,15 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Frame 32**

Profil Box 550 x 550 x 25

$$F_y : 290 \text{ MPa} \quad f_u : 500 \text{ MPa} \quad E_s : 200000 \text{ MPa}$$

$$d : 550 \text{ mm} \quad b : 550 \text{ mm} \quad t : 25 \text{ mm}$$

$V_u$  maksimum : 556353,52 Kg

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0,35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (Friction Type)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{556353,52}{6842,15} = 34,10 \approx 96 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3db \leq S \leq 15tp$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $3.22 \leq S \leq 15.25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S1 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S2 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### **Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### **Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 110 = 275 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 275 \cdot 0,75 = 206,25 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 206,25 = 1014750 \text{ Kg}$$

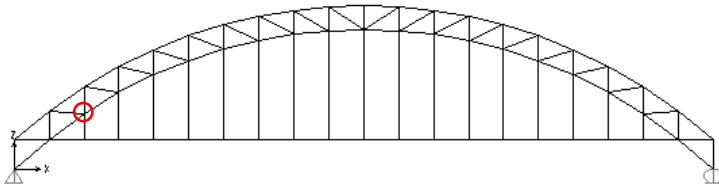
$$\phi T_n = 1014750 \text{ Kg} > V_u = 556353,52 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### **Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 206,25 = 850781 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 850781 \text{ Kg} \geq V_u = 556353,52 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### 4.5.3.5 Perencanaan Sambungan E



Gambar 4. 78 Titik Sambungan E

#### Frame 5

Profil Box 550 x 550 x 16

$F_y$  : 290 MPa       $f_u$  : 500 MPa       $E_s$  : 200000 MPa  
 $d$  : 550 mm       $b$  : 550 mm       $t$  : 16 mm

$V_u$  maksimum : 113535,23 Kg

#### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 22,2 mm

Gaya tarik minimum = 17300 Kg

Jumlah bidang geser ( $m$ ) = 1

$\Phi$  ( $\emptyset$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\emptyset V_n) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut } (n) = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{122262,58}{6842,15} = 8,29 \approx 12 \text{ buah}$$

#### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

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

$$3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$

- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 22 \leq S1 \leq (4 \cdot 25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 22 \leq S2 \leq (4 \cdot 25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal  $25 \text{ mm}$

$$\text{BJ } 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 113535,23 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 113535,23 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Frame 24

Profil Box  $550 \times 550 \times 22$

$$F_y : 290 \text{ MPa} \quad f_u : 500 \text{ MPa} \quad E_s : 200000 \text{ MPa}$$

$$d : 550 \text{ mm} \quad b : 550 \text{ mm} \quad t : 22$$

$V_u$  maksimum :  $282303,35 \text{ Kg}$

### Baut tipe A325

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{282303,}{6842,15} = 20,39 \approx 24 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 94$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 134$  mm

**Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

**Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > Vu = 282303,35 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq Vu = 282303,35 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Frame 6**

Profil Box 550 x 550 x 16

$$\begin{array}{llll} F_y & : 290 \text{ MPa} & f_u & : 500 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 550 \text{ mm} & b & : 550 \text{ mm} & t & : 16 \text{ mm} \end{array}$$

Vu maksimum : 87197,74 Kg

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{87197,74}{6842,15} = 6,299 \approx 12 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 94$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 134$  mm

**Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$BJ\ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

**Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 87197,74 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 87197,74 \text{ Kg} (\text{OK})$$

**Frame 23**

Profil Box 550 x 550 x 22

$$F_y : 290 \text{ MPa} \quad f_u : 500 \text{ MPa} \quad E_s : 200000 \text{ MPa}$$

$$d : 550 \text{ mm} \quad b : 550 \text{ mm} \quad t : 22 \text{ mm}$$

$$V_u \text{ maksimum} : 168145,32 \text{ Kg}$$

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0,35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (Friction Type)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{168145,32}{6842,15} = 12,44 \approx 18 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3db \leq S \leq 15tp$  atau 200 mm

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



$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $3.22 \leq S \leq 15.25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S1 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S2 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### **Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ } 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### **Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

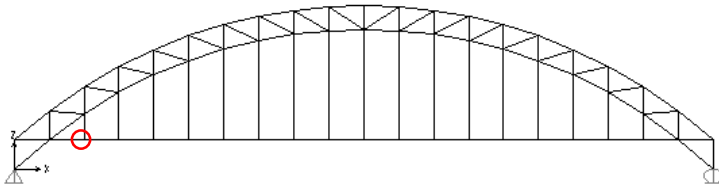
$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 168145,32 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### **Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 168145,32 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### 4.5.3.6 Perencanaan Sambungan F



Gambar 4. 79 Titik Sambungan F

#### Frame 84(Batang Tarik)

Profil Box 550 x 550 x 36

$F_y$  : 290 MPa       $f_u$  : 500 MPa       $E_s$  : 200000 MPa  
 $d$  : 550 mm       $b$  : 550 mm       $t$  : 36 mm

$V_u$  maksimum : 349001,21 Kg

#### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 22,2 mm

Gaya tarik minimum = 17300 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{349001,21}{6842,15} = 25,5 \approx 30 \text{ buah}$$

#### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p$  atau 200 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$3.22 \leq S \leq 15.25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$

- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S1 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S2 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal  $25 \text{ mm}$

$$\text{BJ } 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 349001,21 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 349001,21 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Frame 85(Batang Tarik)

Profil Box  $550 \times 550 \times 36$

$$F_y : 290 \text{ MPa} \quad f_u : 500 \text{ MPa} \quad E_s : 200000 \text{ MPa}$$

$$d : 550 \text{ mm} \quad b : 550 \text{ mm} \quad t : 36 \text{ mm}$$

$$V_u \text{ maksimum} : 345463,71 \text{ Kg}$$

### Baut tipe A325

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{345463,71}{6842,15} = 24,9 \approx 30 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 94$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 134$  mm

**Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

**Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

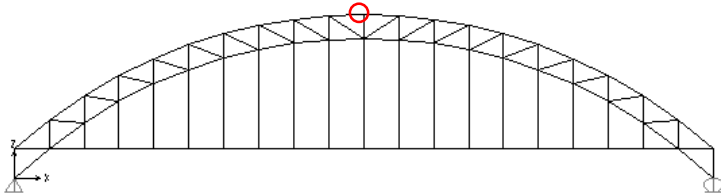
$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 345463,71 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 345463,71 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### 4.5.3.7 Perencanaan Sambungan G



Gambar 4. 80Titik Sambungan G

#### Frame 41

Profil Box 550 x 550 x 16

$F_y$  : 290 MPa       $f_u$  : 500 MPa       $E_s$  : 200000 MPa

$d$  : 550 mm       $b$  : 550 mm       $t$  : 16 mm

$V_u$  maksimum : 350592,86 Kg

#### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 22,2 mm

Gaya tarik minimum = 17300 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

$\Phi$  ( $\emptyset$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

#### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\emptyset V_n) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{350592,86}{6842,15} = 25,3 \approx 30 \text{ buah}$$

#### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p$  atau 200 mm

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm
- $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm

Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$

- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 22 \leq S1 \leq (4 \cdot 25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 22 \leq S2 \leq (4 \cdot 25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

BJ 55  $f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2$   $f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$

### Kontrol Leleh

$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$

$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$

$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$

$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 350592,86 \text{ Kg}$  (OK)

### Kontrol Putus

$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$

$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 350592,86 \text{ Kg}$  (OK)

### Frame 4

Profil Box 550 x 550 x 16

$F_y : 290 \text{ MPa}$   $f_u : 500 \text{ MPa}$   $E_s : 200000 \text{ MPa}$

$d : 550 \text{ mm}$   $b : 550 \text{ mm}$   $t : 16 \text{ mm}$

$V_u$  maksimum : 27259,06 Kg

### Baut tipe A325

Diameter baut (db) = 22,2 mm

Gaya tarik minimum = 17300 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

Phi ( $\phi$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu = 0.35$  (permukaan bersih)

### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat geser ( $\phi V_n$ ) =  $\phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$

$$= 1.1,13.0,35.1.17300$$

$$= 6842,15 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{27259,06}{6842,15} = 2,37 \approx 9 \text{ buah}$$

### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$3.22 \leq S \leq 15.25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Dipakai  $S = 150$  mm

- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

$$1.5.22 \leq S1 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

dipakai  $S1 = 40$  mm

- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm

$$1.5.22 \leq S2 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Dipakai  $S2 = 125$  mm

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 32 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 3,2 \times 55 = 176 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 176.0,75 = 132 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 132 = 649440 \text{ Kg}$$

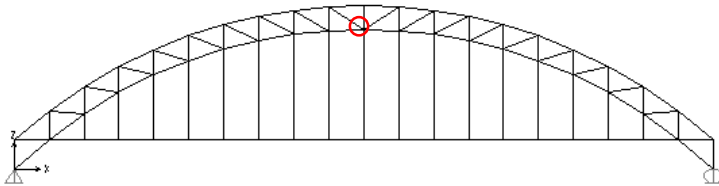
$$\emptyset T_n = 649440 \text{ Kg} > Vu = 27259,06 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 132 = 544500 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 544500 \text{ Kg} \geq Vu = 27259,06 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

#### 4.5.3.8 Perencanaan Sambungan H



Gambar 4. 81 Titik Sambungan H

##### Frame 21

Profil Box 550 x 550 x 16

$F_y$  : 290 MPa       $f_u$  : 500 MPa       $E_s$  : 200000 MPa  
 $d$  : 550 mm       $b$  : 550 mm       $t$  : 16 mm

$V_u$  maksimum : 132563,04 Kg

##### Baut tipe A325

Diameter baut ( $d_b$ ) = 22,2 mm

Gaya tarik minimum = 17300 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

$\Phi$  ( $\emptyset$ ) = 1 (lubang standar)

$\mu$  = 0.35 (permukaan bersih)

##### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\emptyset V_n) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{132563,04}{6842,15} = 9,5 \approx 15 \text{ buah}$$

##### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm



$$3.22 \leq S \leq 15.25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Dipakai  $S = 94 \text{ mm}$

- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S1 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 40 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5.22 \leq S2 \leq (4.25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 134 \text{ mm}$

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 132563,04 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 132563,04 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Frame 31

Profil Box 550 x 550 x 16

$$F_y : 290 \text{ MPa} \quad f_u : 500 \text{ MPa} \quad E_s : 200000 \text{ MPa}$$

$$d : 550 \text{ mm} \quad b : 550 \text{ mm} \quad t : 16 \text{ mm}$$

$V_u$  maksimum : 172450,77 Kg

### Baut tipe A325

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{172450,77}{6842,15} = 12,45 \approx 15 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 94$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 134$  mm

**Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

**Kontrol Leleh**

$$A_g = 2,5 \times 55 = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 507375 \text{ Kg} > V_u = 172450,77 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 172450,77 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

**Frame 4**

Profil Box 550 x 550 x 16

$$\begin{array}{llll} F_y & : 290 \text{ MPa} & f_u & : 500 \text{ MPa} & E_s & : 200000 \text{ MPa} \\ d & : 550 \text{ mm} & b & : 550 \text{ mm} & t & : 16 \text{ mm} \end{array}$$

Vu maksimum : 27259,06 Kg

**Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{27259,06}{6842,15} = 2,37 \approx 9 \text{ buah}$$

**Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 22 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S = 150$  mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai  $S_1 = 40$  mm
- $1.5d_b \leq S_2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 22 \leq S_2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai  $S_2 = 125$  mm

### Kontrol Pelat Sambung Rangka

Dipakai pelat tebal 32 mm

$$BJ\ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### Kontrol Leleh

$$A_g = 3,2 \times 55 = 176 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 176 \cdot 0,75 = 132 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 132 = 649440 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 649440 \text{ Kg} > V_u = 27259,06 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 132 = 544500 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 544500 \text{ Kg} \geq V_u = 27259,06 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### 4.5.3.9 Perencanaan Sambungan Kabel

Direncanakan sambungan ujung kabel penggantung dengan lantai kendaraan menggunakan pelat siku 150 x 150 x 16 dengan BJ 55

$$V_u \text{ maks} = 69827,5 \text{ kg (kabel 9)}$$

### Baut tipe A325

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum} = 17300 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser (m)} = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standar)}$$

$$\mu = 0,35 \text{ (permukaan bersih)}$$

### Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned} \text{Kuat geser } (\phi V_n) &= \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{69827,5}{6842,15} = 10,08 \approx 12 \text{ buah}$$

### Jarak Antar Baut Sambungan Rangka

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3db \leq S \leq 15tp$  atau 200 mm

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

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S = 90 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 30 \leq S1 \leq (4 \cdot 25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 dipakai  $S1 = 45 \text{ mm}$
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 $1.5 \cdot 30 \leq S2 \leq (4 \cdot 25 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$   
 Dipakai  $S2 = 40 \text{ mm}$

### **Kontrol Pelat Sambung Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$BJ 55 \quad f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### **Kontrol Leleh**

$$A_g = 45,7 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 45,7 \cdot 0,75 = 34,275 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 34,275 = 168633 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 168633 \text{ Kg} > V_u = 69827,5 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### **Kontrol Putus**

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 34,275 = 141384,4 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 141384,4 \text{ Kg} \geq V_u = 69827,5 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### **4.5.3.10 Perencanaan Sambungan Portal Akhir**

#### **Perencanaan Sambungan Balok Portal Akhir – Rangka Utama**

Dari permodelan program bantu SAP2000 didapatkan gaya gaya sebagai berikut;

$$V_u \text{ maks} = 69524,59 \text{ kg}$$

$$M_u = 19180,93 \text{ kgm}$$

Dipakai pelat tebal 25 mm

### **Baut tipe A325**

$$\text{Diameter baut (db)} = 22,2 \text{ mm}$$

Gaya tarik minimum	= 17300 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi ( $\emptyset$ )	= 1 (lubang standar)
$\mu$	= 0.35 (permukaan bersih)

### **Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)**

$$\begin{aligned}\text{Kuat geser } (\emptyset Vn) &= \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b \\ &= 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 17300 \\ &= 6842,15 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{69524,59}{6842,15} = 10,04 \approx 12 \text{ buah}$$

### **Jarak Antar Baut Sambungan Rangka**

Dipakai pelat tebal 25 mm

Syarat :  $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S1 \leq 12 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

maka :

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$  atau 200 mm  
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25$  atau 200 mm  
 Dipakai S = 94 mm
- $1.5d_b \leq S1 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 30 \leq S1 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 dipakai S1 = 40 mm
- $1.5d_b \leq S2 \leq (4t_p + 100)$  atau 200 mm  
 $1.5 \cdot 30 \leq S2 \leq (4 \cdot 25 + 100)$  atau 200 mm  
 Dipakai S2 = 40 mm

### **Kontrol Pelat Sambung**

Dipakai pelat tebal 25 mm

$$\text{BJ 55 } f_y = 4100 \text{ kg/cm}^2 \quad f_u = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

### **Kontrol Leleh**

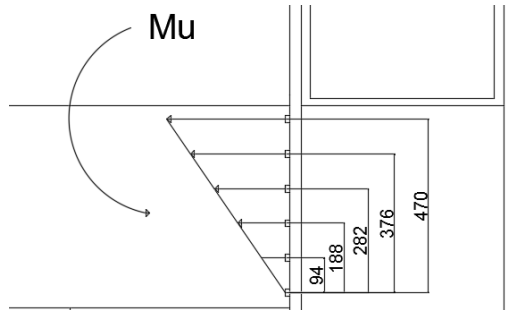
$$A_g = 137,5 \text{ cm}^2$$

$$A_u = A_e = 137,5 \cdot 0,75 = 103,125 \text{ cm}^2$$

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 0,9 \cdot 2900 \cdot 103,125 = 507375 \text{ Kg}$$

$$\emptyset T_n = 507375 \text{ Kg} > Vu = 69524,59 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

### Kontrol Putus Baut



Gambar 4. 82 Baut Balok Portal Akhir

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 0,75 \cdot 5500 \cdot 103,125 = 425390,6 \text{ Kg}$$

$$\phi T_n = 425390,6 \text{ Kg} \geq V_u = 69524,59 \text{ Kg} \quad (\text{OK})$$

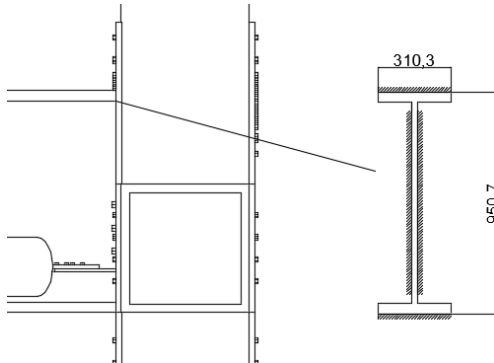
$$T_{Umax} = \frac{M_u \cdot y_{max}}{\sum y^2}$$

$$= \frac{19180,93/2 \cdot 470}{2 \cdot (487580)}$$

$$= 9244,67 \text{ Kg} \leq T_{dulir} \quad (\text{OK})$$

#### 4.5.4 Perencanaan Sambungan Las

Pada perencanaan Tugas Akhir ini sambungan las digunakan untuk menyambung antara pelat penyambung dan balok melintang. Berikut salah satu contoh kontrol perhitungan las pelat penyambung pada Tugas Akhir ini.



Gambar 4. 83 Perencanaan Sambungan Las

#### 4.5.4.1 Perencanaan Tebal Kaki Las (a)

Profil Balok Melintang :

WF 950,7 x 310,3 x 24,4 x 44 BJ 41

Las FE70xx = 70 ksi = 4921 kg/cm<sup>2</sup>

a minimal = 5 mm

#### Mencari a efektif maksimal Badan

$$\begin{aligned} a_{\text{ef maks}} &= 0,707 \cdot \frac{f_u}{f_{E 70xx}} t_w \\ &= 0,707 \cdot \frac{4100}{4921} 24,4 \\ &= 14,37 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### Sayap

$$\begin{aligned} a_{\text{ef maks}} &= 0,707 \cdot \frac{f_u}{f_{E 70xx}} t_f \\ &= 0,707 \cdot \frac{4100}{4921} 44 \\ &= 25,92 \text{ mm (menentukan)} \end{aligned}$$

$$t_e = 1$$

$$\begin{aligned} A &= t_e \cdot (2 \cdot (95 + 31)) \\ &= 252 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{1}{12} b h^3 + A D^2 \\
 &= 2 \cdot \left( \frac{1}{12} 1.95^3 + (1.31) \cdot \left(\frac{95}{2}\right)^2 \right) \\
 &= 282989,56 \text{ cm}^4 \\
 S_x &= \frac{I_x}{y_{\max}} = \frac{282989,56}{\frac{95}{2}} = 5953,288 \text{ cm}^3 \\
 P_u &= 136755,67 \text{ kg} \\
 \text{Akibat } P_u : F_v &= \frac{P_u}{A} = \frac{136755,67}{252} = 542,68 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Akibat } M_u : F_h &= \frac{M_u}{S_x} = \frac{39690918}{5953,288} = 6667,058 \text{ kg/cm}^2 \\
 F_{\text{total}} &= \sqrt{542,68^2 + 6667,058^2} = 6689,107 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{te perlu} &= \frac{f_{\text{total}}}{\phi f_n} = \frac{6689,107}{0,75 \cdot 0,6 \cdot 4921} = 3,02 \text{ cm} \\
 \text{a perlu} &= \frac{3,02}{0,707} = 4,27 \text{ cm} > 25,92 \text{ mm} \\
 \text{maka dipakai } a &= 25,92 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

**Kontrol leleh pelat :**

$$\begin{aligned}
 R_u &= \phi \cdot A_g \cdot f_y \\
 &= 0,9 \cdot (2,5 \cdot 30) \cdot 4100 = 276750 \text{ kg (menentukan)}
 \end{aligned}$$

**Kontrol putus pelat :**

$$\begin{aligned}
 V_u &= \phi \cdot A_n \cdot f_u \\
 &= 0,75 \cdot (0,75 \cdot 2,5 \cdot 30) \cdot 5500 = 232031,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$P_u < R_u$$

$$136755,67 \text{ kg} < 276750 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

**4.6 Perencanaan Perletakan**

Perletakan yang digunakan adalah jenis POT *Bearing* produk dari Freyssinet. Perletakan ini didesain untuk mampu menahan beban horizontal dan vertikal akibat beban yang bekerja pada jembatan. Permbebanan vertikal menggunakan kombinasi Kuat I sesuai SNI 1725-2016, sedangkan pembebanan vertikal menggunakan kombinasi Ekstrim I sesuai SNI 1725-2016.

Pada pembebanan horizontal sesuai dengan kombinasi Ekstrim I, beban yang bekerja adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Gaya horizontal yang terjadi akibat beban gempa dihitung sesuai dengan SNI 2833-2008 tentang Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan.

#### 4.6.1 Pembebanan Horizontal Akibat Gempa

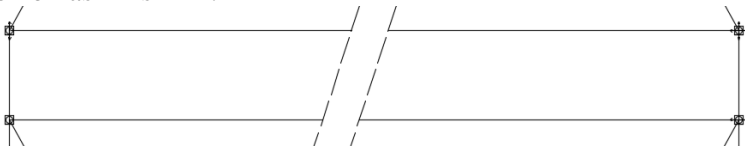
Pembebanan horizontal akibat gempa mengacu pada SNI 1725-2016 pasal 9.7 dengan koefisien-koefisien sesuai dengan SNI 2833-2008. Gaya horizontal statis dicari berdasarkan rumus berikut,

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t$$

Keterangan :

- $E_Q$  adalah gaya gempa horizontal statis
- $C_{sm}$  adalah koefisien respons gempa elastis
- $R_d$  adalah faktor modifikasi respons
- $W_t$  adalah berta total struktur

- Mencari Nilai  $W_t$   
 Nilai  $W_t$  didapatkan dari program bantu SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan beban hidup dan beban mati sesuai dengan kombinasi Ekstrim I.



Gambar 4. 84Rencana Perletakan *Pott Bearing*

Tabel 4. 44 Output Gaya Perletakan *Pott Bearing* dari SAP2000

Joint	OutputCase	F3	Sambungan	
Text	Text	Kgf	10%	Total
3	COMB1	2120266	212026,625	2332293
25	COMB1	2120532	212053,214	2332585
86	COMB1	2118406	211840,648	2330247
108	COMB1	2118139	211813,922	2329953
Total V		8477344	847734,409	9325078

➤ Mencari Nilai  $C_{sm}$

$$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}}$$

Keterangan :

**A** adalah akselerasi puncak di batuan dasar

**T** adalah perioda alami struktur

**S** adalah kofisien tanah

• Mencari Nilai A



ZONA	AKSELERASI PGA DI BATUAN DASAR	
1	0,53 - 0,60	
2	0,46 - 0,50	
3	0,36 - 0,40	
4	0,26 - 0,30	
5	0,15 - 0,20	
6	0,05 - 0,10	

Gambar 4. 85 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun

Tabel 4. 45 Akselerasi puncak PGA

PGA (g)	50 tahun	100 tahun	200 tahun	500 tahun	1000 tahun
Wilayah 1	0,34-0,38	0,40-0,46	0,47-0,53	0,53 - 0,60	0,59-0,67
Wilayah 2	0,29-0,32	0,35-0,38	0,40-0,44	0,46 - 0,50	0,52-0,56
Wilayah 3	0,23-0,26	0,27-0,30	0,32-0,35	0,36 - 0,40	0,40-0,45
Wilayah 4	0,17-0,19	0,20-0,23	0,23-0,26	0,26 - 0,30	0,29-0,34
Wilayah 5	0,10-0,13	0,11-0,15	0,13-0,18	0,15 - 0,20	0,17-0,22
Wilayah 6	0,03-0,06	0,04-0,08	0,04-0,09	0,05 - 0,10	0,06-0,11

Kota Kediri terletak pada zona wilayah 4. Untuk menentukan nilai A diambil nilai ketika periode ulang 1000 tahun yaitu sebesar 0,29.

- Mencari Nilai S

Menurut data tanah, rata rata nilai N-SPT untuk tanah hingga 16 m memiliki nilai  $N \geq 50$ . Nilai ini dapat dikategorikan sebagai tanah keras sesuai dengan tabel berikut,

Tabel 4. 46 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi Site	$\bar{V}_s$ (m/dt)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air (<math>w</math>) <math>\geq 40\%</math>, dan</li> <li>3. Kuat geser tak terdrainase <math>\bar{S}_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>			

Tabel 4. 47 Koefisien Tanah (S)

S (tanah teguh)	S (tanah sedang)	S (tanah lembek)
$S_1=1,0$	$S_2=1,2$	$S_3=1,5$

Sesuai dengan tabel maka dapat diambil nilai S sebesar 1.

- Mencari nilai T

Nilai T adalah nilai perioda alami struktur, nilai ini didapatkan pada program bantu SAP 2000. Kombinasi pembebanan yang digunakan pada pemodelan struktur adalah kombinasi Ekstrim I. Berikut adalah periode yang didapatkan,

Tabel 4. 48 *Output* Periode Struktur dari SAP2000

OutputCase	Period
Text	Sec
MODAL	1,004266
MODAL	0,825892
MODAL	0,529719
MODAL	0,441348
MODAL	0,399412
MODAL	0,336907
MODAL	0,329879
MODAL	0,325875
MODAL	0,276217
MODAL	0,273497
MODAL	0,25036
MODAL	0,216024

Periode alai struktur didapat dari mode 1 sebesar 1,004 detik. Maka nilai  $C_{sm}$  dapat dihitung sebagai berikut,

$$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}}$$

$$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot 0,29 \cdot 1}{1,004^{2/3}}$$

$$C_{sm} = 0,34$$

➤ Mencari Nilai Modifikasi Respons  $R_d$

Faktor modifikasi respon untuk kolom dan hubungan dengan bangunan bawah memiliki nilai faktor yang berbeda sesuai dengan jenis strukturnya. Nilai modifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4. 49 Faktor Modifikasi Respon  $R_d$ 

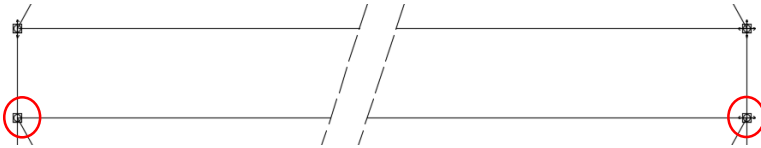
	Kolom atau Pilar	Penghubung ( <i>connection</i> ) bangunan atas pada		
		Kepala Jembatan (b)	Kolom, pilar atau tiang (c)	Sambungan dilatasi
Pilar tipe dinding	2 (sumbu kuat) 3 (sumbu lemah)	0,8	1	0,8
Kolom tunggal	3-4			
Kolom Majemuk	5-6			
<i>Pile cap</i> beton	2-3			
Catatan : a.) Pilar tipe dinding direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah b.) Untuk jembatan bentang tunggal digunakan faktor $R_d = 2,5$ untuk hubungan pada kepala jembatan c.) Sebagai alternatif hubungan kolom dapat direncanakan untuk gaya maksimum yang dikembangkan oleh sendi plastis kolom				

Untuk struktur jembatan bentang tunggal, maka digunakan faktor  $R_d = 2,5$  untuk hubungan pada kepala jembatan.

#### 4.6.2 Menghitung Gaya Gempa Horizontal Statis

##### Gaya Horizontal arah-y

Gaya horizontal arah-y diterima oleh 2 buah POT *bearing*, dengan tipe *guided* (PU) dan tipe *fixed* (PF). Berikut adalah penempatan POT *bearing* yang menerima gaya horizontal arah-y,



Gambar 4. 86 POT *Bearing* Penahan Gaya Horizontal-y

Gaya pada POT *Bearing* (*Abutment*)

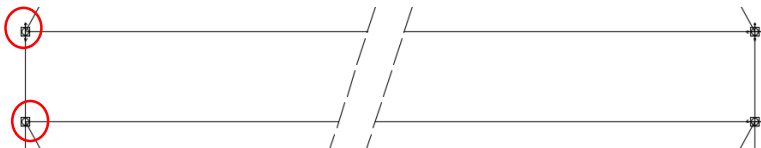
$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t$$

$$E_Q = \frac{0,34}{2,5} \times \frac{8459636,91}{2}$$

$$E_Q = 5871,22 \text{ kN}$$

### Gaya Horizontal arah-x

Gaya horizontal arah-x diterima oleh 2 buah POT *bearing*, dengan *guided* (PU) dan *fixed* (PF). Berikut adalah penempatan POT *bearing* yang menerima gaya horizontal arah-x,



Gambar 4. 87 Gambar POT *Bearing* Penahan Gaya Horizontal-x



### 4.6.3 Pembebanan Vertikal

Pembebanan vertikal menggunakan kombinasi Kuat I sesuai dengan SNI 1725-2016. Untuk menghitung gaya vertikal yang terjadi pada perletakan digunakan program bantu SAP 2000. Gaya vertikal yang terjadi sebagai berikut,

Tabel 4. 50 Reaksi Vertikal pada Perletakan (Kuat I)

Joint	OutputCase	F3	Sambunngan	
Text	Text	Kgf	10%	Total
3	COMB1	2120266	212026,625	2332293
25	COMB1	2120532	212053,214	2332585
86	COMB1	2118406	211840,648	2330247
108	COMB1	2118139	211813,922	2329953
Total V		8477344	847734,409	9325078

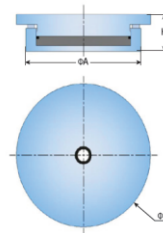
### Pemilihan POT Bearing

Pemilihan POT *Bearing* sesuai dengan brosur Freyssinet yang sesuai dengan AASHTO. Berikut adalah brosur yang dipakai,

*Bearings with horizontal load = 30% of vertical load*

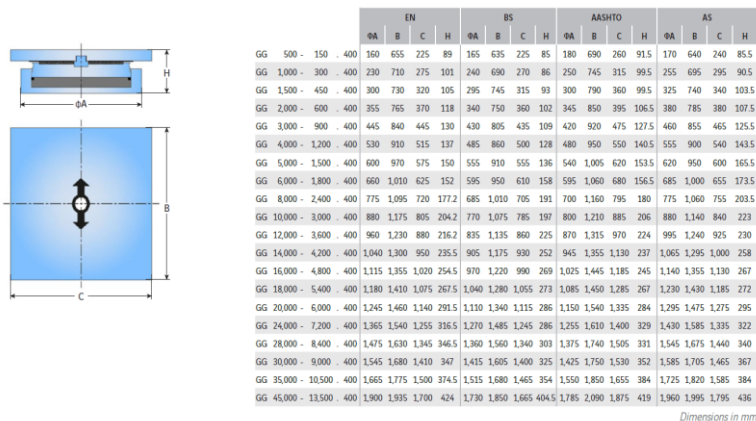
	EN			BS			AASHTO			AS		
	ΦA	ΦD	H	ΦA	ΦD	H	ΦA	ΦD	H	ΦA	ΦD	H
FX 500 - 150	160	160	53	160	160	59	180	180	59	165	165	54
FX 1.000 - 300	220	220	60	235	235	59	250	250	60	255	255	54
FX 1.500 - 450	295	295	64	290	290	67	300	300	65	315	315	67
FX 2.000 - 600	350	350	72	335	335	68	345	345	69	375	375	71
FX 3.000 - 900	440	440	84	415	415	78	415	415	81	475	475	84
FX 4.000 - 1.200	525	525	92	480	480	87	480	480	94	560	560	92
FX 5.000 - 1.500	590	590	109	545	545	95	535	535	111	630	630	108
FX 6.000 - 1.800	660	660	110	590	590	108	595	595	114	705	705	116
FX 8.000 - 2.400	770	770	127	695	695	123	690	690	134	800	800	138
FX 10.000 - 3.000	870	870	145	765	765	142	775	775	161	905	905	152
FX 12.000 - 3.600	955	955	157	835	835	160	845	845	169	1.025	1.025	161
FX 14.000 - 4.200	1.050	1.050	167	905	905	178	920	920	187	1.100	1.100	175
FX 16.000 - 4.800	1.120	1.120	181	980	980	186	990	990	205	1.190	1.190	180
FX 18.000 - 5.400	1.200	1.200	186	1.030	1.030	194	1.075	1.075	206	1.275	1.275	194
FX 20.000 - 6.000	1.270	1.270	203	1.100	1.100	196	1.125	1.125	231	1.350	1.350	198
FX 24.000 - 7.200	1.400	1.400	210	1.245	1.245	197	1.250	1.250	257	1.485	1.485	215
FX 28.000 - 8.400	1.530	1.530	226	1.355	1.355	201	1.365	1.365	271	1.605	1.605	235
FX 30.000 - 9.000	1.590	1.590	239	1.415	1.415	204	1.415	1.415	291	1.665	1.665	238
FX 35.000 - 10.500	1.710	1.710	260	1.540	1.540	206	1.545	1.545	295	1.805	1.805	255
FX 45.000 - 13.500	1.955	1.955	282	1.800	1.800	209	1.780	1.780	340	2.045	2.045	283

*Dimensions in mm*



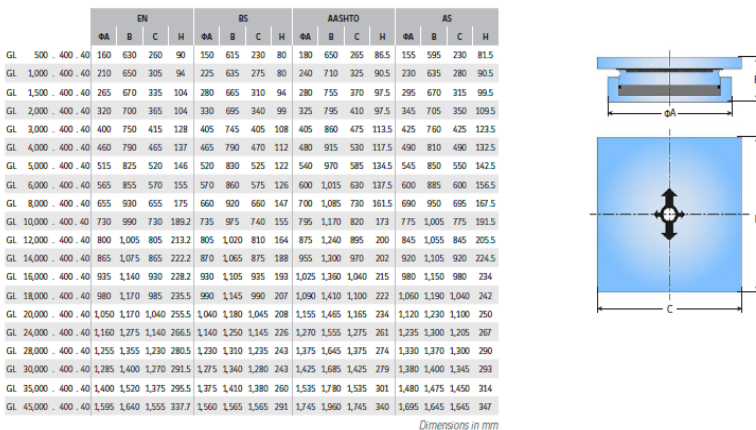
Gambar 4. 88 Brosur POT *Bearing* Tipe Fixed

Bearings with horizontal load = 30% of vertical load and ±200mm movement



Gambar 4. 89 Brosur POT Bearing Tipe Guided

Bearings with ±200mm longitudinal and ±20mm transverse movement



Gambar 4. 90 Brosur POT Bearing Tipe Free

Hasil perhitungan gaya vertikal dan horizontal yang diterima perletakan harus disesuaikan dengan kekuatan POT



Tabel 4. 53 Korelasi SPT  
(Sumber : J.E. Bowles, 1984)

	<i>Cohesionless Soil</i>				
N (blows)	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	-	12-16	14-18	16-20	18-23
$\phi$ (°)	-	25-32	28-36	30-40	>35
<i>State</i>	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100

Tabel 4. 54 Nilai NSPT Kota Kediri

Kedalaman	N	N Koreksi	Np	Ns
m				
2	50,0	32,5	32,5	32,5
4	50,0	32,5	32,5	32,5
6	50,0	32,5	32,5	32,5
8	50,0	32,5	32,5	32,5
10	50,0	32,5	32,5	32,5
12	50,0	32,5	32,5	32,5
14	50,0	32,5	32,5	32,5
16	50,0	32,5	32,5	32,5

#### 4.7.2 Daya Dukung Tanah

Pada tugas akhir ini, perhitungan daya dukung tanah menggunakan metode Luciano Decourt (1996).

Tabel 4. 55 Daya Dukung Tanah Kota Kediri

z	N	N Koreksi	Np	Ns	K	$\beta$	Qs	$\alpha$	Qp	QL	Qijin
m					t/m <sup>2</sup>		ton		ton	ton	ton
2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	16,2024	0,5	734,76	750,9624	250,3208
2,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	17,82264	0,5	734,76	752,5826	250,8609
2,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	19,44288	0,5	734,76	754,2029	251,401
2,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	21,06312	0,5	734,76	755,8231	251,941
2,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	22,68336	0,5	734,76	757,4434	252,4811
3	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	24,3036	0,5	734,76	759,0636	253,0212
3,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	25,92384	0,5	734,76	760,6838	253,5613
3,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	27,54408	0,5	734,76	762,3041	254,1014
3,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	29,16432	0,5	734,76	763,9243	254,6414
3,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	30,78456	0,5	734,76	765,5446	255,1815
4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	32,4048	0,5	734,76	767,1648	255,7216
4,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	34,02504	0,5	734,76	768,785	256,2617
4,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	35,64528	0,5	734,76	770,4053	256,8018
4,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	37,26552	0,5	734,76	772,0255	257,3418
4,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	38,88576	0,5	734,76	773,6458	257,8819

z	N	N Koreksi	Np	Ns	K	$\beta$	Qs	$\alpha$	Qp	QL	Qijin
m					t/m2		ton		ton	ton	ton
5	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	40,506	0,5	734,76	775,266	258,422
5,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	43,74648	0,5	734,76	778,5065	259,5022
5,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	45,36672	0,5	734,76	780,1267	260,0422
5,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	46,98696	0,5	734,76	781,747	260,5823
6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	48,6072	0,5	734,76	783,3672	261,1224
6,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	50,22744	0,5	734,76	784,9874	261,6625
6,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	51,84768	0,5	734,76	786,6077	262,2026
6,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	53,46792	0,5	734,76	788,2279	262,7426
6,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	55,08816	0,5	734,76	789,8482	263,2827
7	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	56,7084	0,5	734,76	791,4684	263,8228
7,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	58,32864	0,5	734,76	793,0886	264,3629
7,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	59,94888	0,5	734,76	794,7089	264,903
7,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	61,56912	0,5	734,76	796,3291	265,443
7,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	63,18936	0,5	734,76	797,9494	265,9831
8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	64,8096	0,5	734,76	799,5696	266,5232
8,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	66,42984	0,5	734,76	801,1898	267,0633

z	N	N Koreksi	Np	Ns	K	$\beta$	Qs	$\alpha$	Qp	QL	Qijin
m					t/m2		ton		ton	ton	ton
8,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	68,05008	0,5	734,76	802,8101	267,6034
8,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	71,29056	0,5	734,76	806,0506	268,6835
9	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	72,9108	0,5	734,76	807,6708	269,2236
9,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	74,53104	0,5	734,76	809,291	269,7637
9,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	76,15128	0,5	734,76	810,9113	270,3038
9,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	77,77152	0,5	734,76	812,5315	270,8438
9,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	79,39176	0,5	734,76	814,1518	271,3839
10	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	81,012	0,5	734,76	815,772	271,924
10,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	82,63224	0,5	734,76	817,3922	272,4641
10,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	84,25248	0,5	734,76	819,0125	273,0042
10,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	85,87272	0,5	734,76	820,6327	273,5442
10,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	87,49296	0,5	734,76	822,253	274,0843
11	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	89,1132	0,5	734,76	823,8732	274,6244
11,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	90,73344	0,5	734,76	825,4934	275,1645
11,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	92,35368	0,5	734,76	827,1137	275,7046
11,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	93,97392	0,5	734,76	828,7339	276,2446

z	N	N Koreksi	Np	Ns	K	$\beta$	Qs	$\alpha$	Qp	QL	Qijin
m					t/m2		ton		ton	ton	ton
11,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	95,59416	0,5	734,76	830,3542	276,7847
12,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	98,83464	0,5	734,76	833,5946	277,8649
12,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	100,4549	0,5	734,76	835,2149	278,405
12,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	102,0751	0,5	734,76	836,8351	278,945
12,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	103,6954	0,5	734,76	838,4554	279,4851
13	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	105,3156	0,5	734,76	840,0756	280,0252
13,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	106,9358	0,5	734,76	841,6958	280,5653
13,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	108,5561	0,5	734,76	843,3161	281,1054
13,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	110,1763	0,5	734,76	844,9363	281,6454
13,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	111,7966	0,5	734,76	846,5566	282,1855
14	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	113,4168	0,5	734,76	848,1768	282,7256
14,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	115,037	0,5	734,76	849,797	283,2657
14,4	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	116,6573	0,5	734,76	851,4173	283,8058
14,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	118,2775	0,5	734,76	853,0375	284,3458
14,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	119,8978	0,5	734,76	854,6578	284,8859
15	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	121,518	0,5	734,76	856,278	285,426

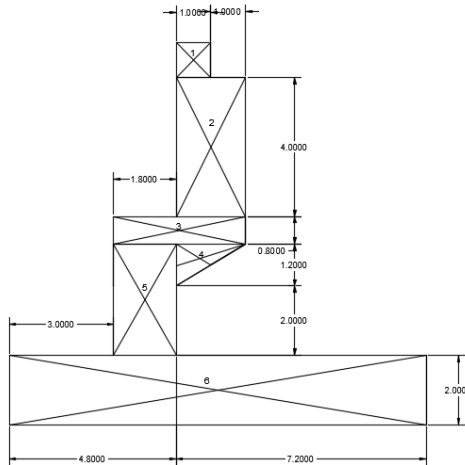


z	N	N Koreksi	Np	Ns	K	$\beta$	Qs	$\alpha$	Qp	QL	Qijin
m					t/m <sup>2</sup>		ton		ton	ton	ton
15,2	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	123,1382	0,5	734,76	857,8982	285,9661
15,6	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	126,3787	0,5	734,76	861,1387	287,0462
15,8	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	127,999	0,5	734,76	862,759	287,5863
16	50,0	32,5	32,5	32,5	40	0,5	129,6192	0,5	734,76	864,3792	288,1264

## 4.7.2 Desain Abutment

### 4.7.2.1 Desain Abutment (A1) Jembatan

Pada perencanaan jembatan Mrican ini, terdapat dua abutment yang digunakan. Tetapi untuk perencanaan desain abutment, hanya meninjau satu abutment yaitu Abutment 1 (A1). Untuk desain *Abutment* 1 (A1) dapat dilihat pada **Gambar 4.89** sebagai berikut :



Gambar 4. 91 Desain *Abutment* 1

Luas Abutment

$$A_1 = 1 \text{ m}^2$$

$$A_2 = 8 \text{ m}^2$$

$$A_3 = 3,04 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 1,2 \text{ m}^2$$

$$A_5 = 5,76 \text{ m}^2$$

$$A_6 = 24 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Total} = 41,2 \text{ m}^2$$

Titik Berat *Abutment* :

$$\text{Sumbu X} = 5,522 \text{ m (dari kiri)}$$

Sumbu Y = 3,336 m (dari bawah)

Berat *Abutment* dan Modulus Elastisitas Beton:

$$W_{\text{Total}} = 1584000 \text{ kg}$$

$$W_{\text{Total Ultimate}} = 1584000 \text{ kg} \times 1.3 \\ = 2059200 \text{ kg} = 2059,2 \text{ t}$$

$$E (f_c' : 40 \text{ MPa}) = 4700\sqrt{f_c} \\ = 4700\sqrt{30} \\ = 25742,96 \text{ Mpa} = 2574296020 \text{ kg/m}^2$$

Momen Inersia *Abutment* :

$$I_x = 1634,71 \text{ m}^4$$

$$I_y = 2440,8 \text{ m}^4$$

### 4.7.3 Pembebanan Struktur Bangunan Bawah Jembatan

#### 4.7.3.1 Beban akibat Kombinasi Pembebanan

Beban total keseluruhan struktur bangunan atas yang diterima oleh perletakan pada pilar dan *abutment*, didapatkan dengan menggunakan kombinasi pembebanan yaitu kombinasi Kuat 1, Kuat 3 dan Ekstreme 1. Dengan menggunakan program bantu SAP2000, didapatkan beban akibat kombinasi pada *abutment* dan pilar yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 56 Beban Struktur Atas Kombinasi pada *Abutment*

Joint	OutputCase	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
3	COMB1	Max	362645,8	22358,5	2120266
86	COMB1	Max	363300	0	2118406
3	kuat3		-71349,6	-88880,6	1522092
86	kuat3		71353,52	0	1783302
3	extreme		-755,73	-62,93	2115881
86	extreme		761,46	0	2113938

### 4.7.3. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa bangunan bawah Jembatan Buol ini mengacu pada peraturan SNI 1725:2016 pasal 9.7 tentang pengaruh gempa. Beban rencana gempa diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t$$

Dimana :

$$C_{sm} = \frac{1,2 \times A \times S}{T^{\frac{2}{3}}} \leq 2,5 A, \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{W}{g \times K_p}} \quad \text{dan} \quad K_p = \frac{3 \times E \times I_x}{H^3}$$

#### 4.7.3.1 Perhitungan Gaya Gempa Horizontal Statis

##### Perhitungan Gaya Gempa Horizontal Statis pada Abutment Arah Melintang

$$I_Y = 2440,8 \text{ m}^4$$

$$K_{Py} = \frac{3 \times 25,743 \times 2440,8}{11^3} = 14162302,9 \text{ t/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2059,2}{9,8 \times 14162302,9}} = 0,024 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} C_{sm} &= \frac{1,2 \times 0,29 \times 1}{0,024^{\frac{2}{3}}} \leq 2,5 \times 0,29 \\ &= 4,15 \leq 0,725 \\ &= 0,725 \end{aligned}$$

Untuk koefisien faktor modifikasi respons ( $R_d$ ) dapat dilihat pada **Tabel 4.49** . Pada perencanaan ini, faktor modifikasi respons untuk abutment menggunakan Pilar Tipe Dinding untuk koefisien faktor modifikasi respons.

$$R_d = 2 \text{ (Sumbu Kuat)}$$

$$\begin{aligned} E_Q &= \frac{0,725}{2} \times 2059,2 \\ &= 746,46 \text{ t} = 7464,6 \text{ KN} \end{aligned}$$

Gaya gempa horizontal statis ini diterima oleh abutment pada titik pusat masa abutment atau titik berat abutment. Oleh karena terdapat jarak antara titik pusat massa dan dasar *pilecap*, maka dasar *pilecap* menerima momen akibat gaya gempa horizontal sebesar :

$$M_y = 746,46 \times 3,33 = 2490,4 \text{ tm}$$

### Perhitungan Gaya Gempa Horizontal Statis pada Abutment Arah Memanjang

$$I_x = 1634,71 \text{ m}^4$$

$$K_{Px} = \frac{3 \times 25,743 \times 1634,71}{11^3} = 9485091,36 \text{ t/m}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2059,2}{9,8 \times 9485091,36}} = 0,029 \text{ s}$$

$$\begin{aligned} C_{sm} &= \frac{1,2 \times 0,29 \times 1}{0,029^{\frac{2}{3}}} \leq 2,5 \times 0,29 \\ &= 3,3 \leq 0,725 \\ &= 0,725 \end{aligned}$$

Untuk koefisien faktor modifikasi respons ( $R_d$ ) dapat dilihat pada **Tabel 4.49** . Pada perencanaan ini, faktor modifikasi respons untuk abutment menggunakan Pilar Tipe Dinding untuk koefisien faktor modifikasi respons.

$$R_d = 3 \text{ (Sumbu Lemah)}$$

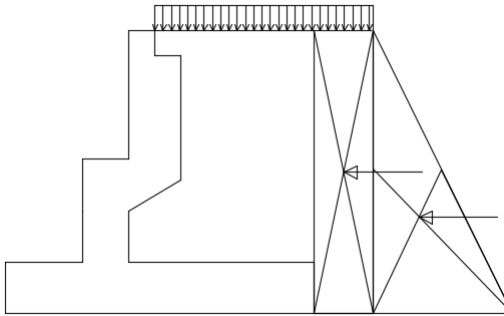
$$\begin{aligned} E_Q &= \frac{0,725}{3} \times 2059,2 \\ &= 497,64 \text{ t} = 4976,4 \text{ KN} \end{aligned}$$

Gaya gempa horizontal statis ini diterima oleh abutment pada titik pusat masa abutment atau titik berat abutment. Oleh karena terdapat jarak antara titik pusat massa dan dasar *pilecap*, maka dasar *pilecap* menerima momen akibat gaya gempa horizontal sebesar :

$$M_y = 497,64 \times 3,33 = 1660,27 \text{ tm}$$

#### 4.7.3.2 Beban Tekanan Tanah Aktif

Gaya yang diakibatkan oleh tekanan tanah dapat menimbulkan geser dan momen pada struktur bangunan bawah. Pada perencanaan ini, beban tekanan tanah aktif hanya diterima oleh *Abutment*. Gaya tekanan aktif tanah yang bekerja dapat dilihat pada **Gambar 4.90**.



Gambar 4. 92 Tekanan Tanah Aktif dan Beban Lalu Lintas (q)

Beban lalu lintas (q) setinggi 0.7 m setara dengan beban  $1.19 \text{ t/m}^2$ . Untuk sifat-sifat fisis dan mekanis tanah dibelakang *abutment* dapat dilihat sebagai berikut:

$$\gamma_t = 1.98 \text{ t/m}^3$$

$$\emptyset = 30 \text{ derajat}$$

$$C = 0$$

$$K_{EA} = \text{Tan}(45 - 30)^2 = 0.333$$

Gaya horizontal akibat tekanan tanah aktif dapat dihitung sebagai berikut.

$$E_{a1} = q \times ka \times H_{tanah}$$

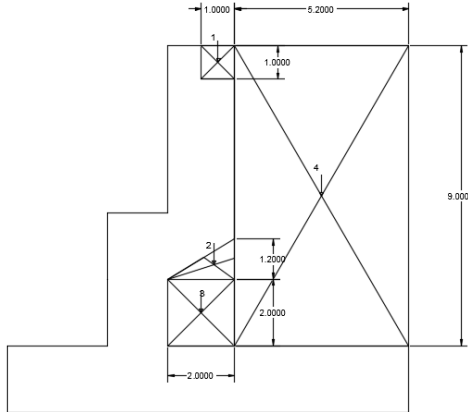
$$= 1,19 \times 0,333 \times 11 = 4,3633 \text{ t/m}$$

$$E_{a2} = 0.5 \times (1.98 \times 10) \times 0.333 \times 11 = 39,93 \text{ t/m}$$

$$T_a = (4,3633 + 39,93) \times 18 \times 1.25 = 797,28 \text{ t}$$

$$M_{TA} = \left(4,36 \times \frac{11}{2}\right) + \left(39,93 \times \frac{11}{3}\right) = 2437,6275 \text{ tm}$$

Beban tanah diatas *pilecap* menambah beban vertikal dan momen pada dasar *pilecap*. Nilai beban vertikal dan momen akibat tanah vertikal dengan faktor beban 1.25 sebagai berikut :



Gambar 4. 93 Tekanan Tanah Vertikal Akibat Berat Tanah

$$\begin{aligned}
 W_1 &= 29,7 \text{ ton} \\
 W_2 &= 35,64 \text{ ton} \\
 W_3 &= 178,2 \text{ ton} \\
 W_4 &= 2084,94 \text{ ton} \\
 W_{\text{total}} &= 2328,48 \text{ ton} \\
 M_{\text{TV}} &= 8155,3133 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

#### 4.7.3.3 Beban Tekanan Tanah Aktif akibat Gempa

Sifat-sifat fisis dan mekanis tanah dibelakang *abutment* untuk tekanan tanah aktif akibat gempa, dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \gamma_t &= 1.98 \text{ t/m}^3 \\
 \emptyset &= 30 \text{ derajat (korelasi)} \\
 C &= 0 \\
 K_h &= 0.2
 \end{aligned}$$

$$\delta_E = 20 \text{ derajat}$$

$$\theta = 0 \text{ derajat}$$

$$\alpha = 0 \text{ derajat}$$

$$\theta_0 = \tan^{-1}(0.2) = 4.933 \text{ derajat}$$

$$K_{EA} = \frac{\cos^2(\phi - \theta_0 - \theta)}{\cos\theta_0 \cos^2\theta \cos(\theta + \theta_0 + \delta_E) \left[ 1 - \frac{\sin(\phi - \delta_E) \sin(\theta + \alpha - \theta_0)}{\cos(\theta - \theta_0 + \delta_E) \cos(\theta - \alpha)} \right]^2}$$

$$K_{EA} = \frac{\cos^2(30 - 4.933 - 0)}{\cos(4.933) \cos^2(0) \cos(0 + 4.933 + 20) \left[ 1 - \frac{\sin(30 - 20) \sin(30 + 0 - 4.933)}{\cos(0 - 4.933 + 20) \cos(0 - 0)} \right]^2}$$

$$= 0.383$$

Gaya horizontal akibat tekanan tanah aktif dapat dihitung sebagai berikut.

$$E_{a1} = q \times ka \times H_{tanah}$$

$$= 1.19 \times 0.383 \times 11 = 5,01 \text{ t/m}$$

$$E_{a2} = 0.5 \times (1.98 \times 11) \times 0.383 \times 11 = 45,93 \text{ t/m}$$

$$T_a = (5,01 + 45,93) \times 18 \times 1,25 = 1146,55 \text{ t}$$

$$M_{TA} = \left( 5,01 \times \frac{11}{2} \right) + \left( 45,93 \times \frac{11}{3} \right) = 2804,39 \text{ tm}$$

Beban tanah diatas *pilecap* menambah beban vertikal dan momen pada dasar *pilecap*. Nilai beban vertikal dan momen akibat tanah vertikal dengan faktor beban 1,25 sebagai berikut :

$$W_1 = 29,7 \text{ ton}$$

$$W_2 = 35,64 \text{ ton}$$

$$W_3 = 178,2 \text{ ton}$$

$$W_4 = 2084,94 \text{ ton}$$

$$W_{total} = 2328,48 \text{ ton}$$

$$M_{TV} = 8155,3133 \text{ tm}$$

#### 4.7.4 Perencanaan *Bored Pile*

Dalam perencanaan *bored pile* ini, digunakan *bored pile* dengan diameter 1000 mm untuk *abutment*



#### 4.7.4.1 Kombinasi Pembebanan

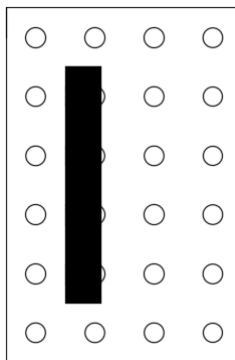
Kombinasi pembebanan untuk *bored pile* diambil dari salah satu yang paling kritis. Kombinasi yang digunakan yaitu Kombinasi Kuat 1, Kuat 3 dan Ekstreme 1. Tekanan tanah aktif, beban gempa dan beban sendiri pilar telah dimasukkan kedalam ketiga kombinasi tersebut dengan faktor beban yang telah diatur pada SNI 1725:2016. Ketiga kombinasi pembebanan *abutment* dapat dilihat pada **Tabel 4.57**.

Tabel 4. 57 Kombinasi Pembebanan *Abutment*

Kombinasi	P	Mx	My	Hx	Hy
Kuat 1	2182,59	360,42	0,48	563,25	-
Kuat 3	1847,72	360,42	-812,91	563,25	13,65
Kuat 5	1847,72	360,42	-214,09	563,25	6,45
Ekstreme 1	1887,90	1140,47	4787,97	841,06	842,49

#### 4.7.4.2 Repartisi Beban-beban di atas Tiang Kelompok

Perencanaan jumlah tiang pancang perlu memperhatikan kedalaman, diameter dan daya dukung tanah. Rencana tiang pancang *Abutment* dapat dilihat pada **Gambar**



Gambar 4. 94 Rencana Tiang *bored pile Abutment*

Jika *bored pile* disatukan menjadi sebuah kelompok yang disatukan oleh kepala tiang (poer) dan bekerja beban vertikal (V), horizontal (H) dan momen (M), maka beban vertikal ekivalen ( $P_v$ ) yang bekerja pada sebuah tiang sebagai berikut :

$$P_v = \frac{\Sigma P}{n} \pm \frac{M_x \times x_{max}}{\Sigma x^2} \pm \frac{M_y \times y_{max}}{\Sigma y^2}$$

Keterangan :

$P_v$  = Beban vertikal ekivalen sebuah *bored pile*

$\Sigma P$  = Total beban aksial yang bekerja pada tiang

$M_x$  = Momen terhadap sumbu X

$M_y$  = Momen terhadap sumbu Y

$X_{max}$  = Koordinat tiang pancang terjauh terhadap garis netral

$Y_{max}$  = Koordinat tiang pancang terjauh terhadap garis netral

$\Sigma x^2$  = Jumlah kuadrat koordinat tiang pancang terhadap garis netral kelompok tiang

$\Sigma y^2$  = Jumlah kuadrat koordinat tiang pancang terhadap garis netral kelompok tiang

$n$  = Banyaknya tiang pancang

Tabel 4. 58 Beban Vertikal Ekivalen *Bored Pile*

Kombinasi	P/n (t)	$M_x X/X^2$ (t)	$M_y Y/Y^2$ (t)	$P_v$ (t)
Kuat 1	262,411	-0,186	0,000	262,225
Kuat 3	223,525	-0,186	-0,005	223,334
Ekstreme 1	244,634	-0,176	0,017	244,475

#### 4.7.4.3 Kontrol Kekuatan *Bored Pile*

##### Kontrol Daya Dukung *Bored Pile Grup*

Kedalaman tiang pancang yang direncanakan untuk *abutment* ialah 5 meter. Kontrol dilakukan dengan menggunakan data  $Q_{ijin}$  1 tiang pada kedalaman 21 meter untuk pilar dan kedalaman 24 meter untuk *abutment* yang dapat dilihat pada **Tabel**. Kontrol daya dukung ini dilakukan dengan membandingkan daya

dukung tiang pancang akibat group tiang pondasi dengan nilai  $P_v$ . Metode yang digunakan untuk mendapatkan daya dukung akibat group tiang pondasi ialah metode Converse-Labarre. Kontrol daya dukung tiang panjang sebagai berikut :

Untuk *Abutment*:

Jumlah baris (m) = 6

Jumlah kolom (n) = 4

S (Memanjang) = 3000 mm

S (Melintang ) = 3000 mm

Diameter Tiang  $\emptyset$  = 1000 mm

$Q_{ijin}$  = 285,42 ton

$P_v$  = 262,225 ton

$P_v$  = 285,42 ton <  $Q_{dukung}$  = 262,225 ton (OK)

#### 4.7.4.4 Kontrol Kekuatan Horizontal *Bored Pile*

Tiang pancang pada *abutment* perlu dikontrol untuk menahan gaya horizontal atau lateral. Gaya ultimate lateral resistance yang bekerja pada *fixed headed pile* dapat dihitung dengan metode menurut Tomlinson dan Terzaghi sebagai berikut:

$$H_u = \frac{M_u}{Zf}$$

Keterangan :

$Zf$  = Letak titik jepit tanah (m)

Untuk Silt, rumusan  $Zf = 1.8T$

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

$T$  = *Stiffness factor* (m)

$E$  =  $4700 \times \sqrt{40} = 3 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

$I$  =  $\frac{1}{4} \pi \left( \frac{1}{2} d^4 \right) = 0,3925 \text{ m}^4$

$n_h$  =  $20000000 \text{ N/m}^3$  (*dense soil*)

Sehingga didapatkan nilai  $T$  sebagai berikut:

$$T = \sqrt[5]{\frac{3 \times 10^{10} \times 0.3925}{20000000}} = 3,57m$$

Letak titik jepit tanah dari permukaan tanah didapatkan :

$$Z_f = 1.8 \times T = 1,8 \times 3,57 = 6,43 \text{ m}$$

Kontrol gaya lateral pada *Bored Pile abutment* :

$$H_{ux} = 1644,19 \text{ t}$$

$$H_{uy} = 88,88061 \text{ t}$$

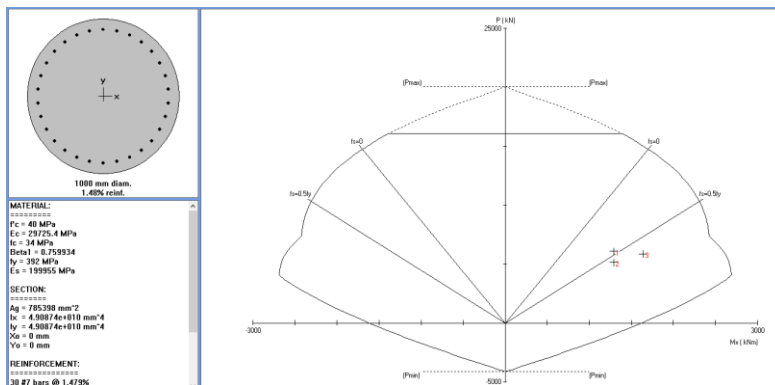
$$M_{\text{break } x} = 1644,19 \times 6,43 = 10578,2067 \text{ tm}$$

$$M_{\text{break } y} = 88,88061 \times 6,43 = 571,83 \text{ tm}$$

### Penulangan *Bored Pile*

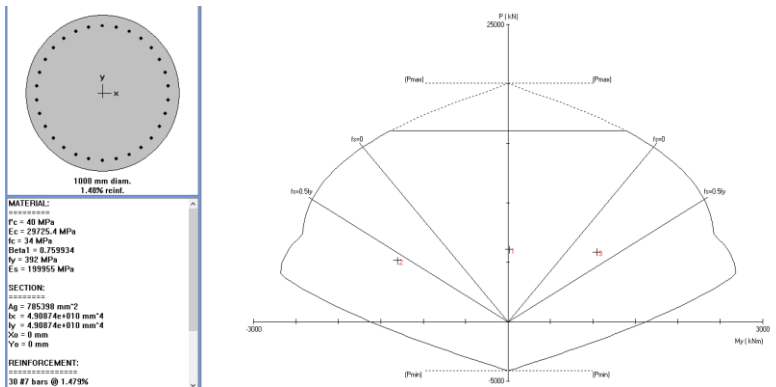
Dengan perhitungan gaya diatas dan program bantu *SPColumn* maka didapatkan dimensi dan jarak tulangan utama adalah sebagai berikut

Momen x :



Gambar 4. 95 *Output* Kontrol Penulangan Akibat Momen x dari SP Column

## Momen Y



Gambar 4. 96 Output Kontrol Penulangan Akibat Momen y dari SP Column

### 4.7.5 Penulangan Abutment Jembatan

#### 4.7.5.1 Penulangan Dinding Abutment Jembatan

Besarnya gaya dalam pada abutment dari hasil kombinasi

Tabel adalah sebagai berikut :

$$P_u = 6297,87 \text{ ton}$$

$$M_{ux} = 6701,312 \text{ tm}$$

$$M_{uy} = 2535,343 \text{ tm}$$

$$H_x = 1644,19 \text{ ton}$$

$$H_y = 88,88 \text{ ton}$$

Mutu bahan:

$$F_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$F_y = 392 \text{ MPa}$$

#### Penulangan Utama Dinding

Tulangan utama D29 mm

Tulangan susut D25 mm

Selimut beton = 75 mm

$$d' = 2000 - 75 - 25 - 0.5 \times 29 = 1683,5 \text{ mm}$$

$$\rho_{\max} = 0,025 \text{ (SNI 2847:2013 ps. 7.12)}$$

$$\rho_{\min} = 0,002 \text{ (SNI 2847:2013 ps. 7.12)}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_x}{0,85 \times h \times d^2} \\ &= \frac{6701,312}{0,85 \times 11000 \times 1683,5^2} = 2,34 \end{aligned}$$

$$m_x = \frac{f_y}{(0,85 \cdot f'c)} = \frac{392}{(0,85 \cdot 30)} = 15,37$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{15,37} \left( 1 - \sqrt{\left( 1 - 2 \cdot 15,37 \cdot \frac{2,34}{392} \right)} \right) = 0,006 < 0,25 \text{ (OK)}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d^2 \\ &= 0,006 \times 18000 \times 1683,5 \\ &= 125288,823 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29^2 \right) \cdot \frac{12000}{125288,823} = 63,26 = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah (n)} = 12000 : 60 = 200 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan utama 200D29 60mm

$$A_s = 200 \times \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29^2 \right) = 132037 \geq 125288,823 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

#### 4.7.5.3 Penulangan Geser Abutment Jembatan

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh beton dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} x \sqrt{f'c} x b x d x \left[ 1 + \frac{Nu}{14Ag} \right] \\ &= \frac{1}{6} x \sqrt{29} x 2000 x (10000 - 75 - 0,5 x 29) x \left[ 1 + \frac{6297,87 x 10000}{14 x (2000 x 8000)} \right] \\ &= 2194,078 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\emptyset V_c = 0,75 \times 2194,078 = 1645,55 \text{ t} > 1644,19 \text{ t} \quad \text{(OK)}$$

Sehingga tidak perlu tulangan geser, namun dipasang tulangan geser praktis Ø13 dengan jarak paling minimum yaitu 150 mm. Jadi tulangan geser pada abutment yaitu Ø13-150 mm.

#### 4.7.5.4 Penulangan *Pilecap Abutment Jembatan*

Penulangan lentur *pilecap* sebagai balok kantilever adalah  $P_v$  dan berat dari *pilecap* sendiri. Berikut adalah data-data untuk perhitungan tulangan lentur pada *pilecap* abutment:

Tulangan Utama D25 mm,  $A_s = 491.07 \text{ mm}^2$

Selimut beton = 75 mm

$d'$  sisi panjang =  $1200 - 75 - 25 - 0.5 \times 25 = 1087.5 \text{ mm}$

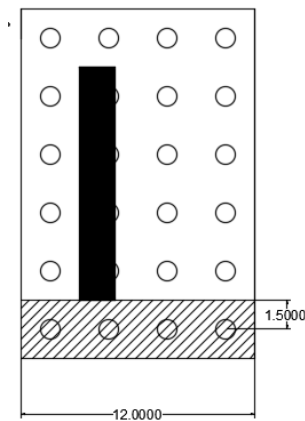
$d'$  sisi pendek =  $1200 - 75 - 25 - 0.5 \times 25 = 1087.5 \text{ mm}$

Mutu bahan:

$F_c' = 29 \text{ MPa}$

$F_y = 392 \text{ MPa}$

#### Penulangan Lentur Sisi Panjang



Gambar 4. 97 Daerah Tulangan Lentur Sisi Panjang

$$P_v = 262,225 \text{ ton}$$

$$n = 4$$

$$W_u = 1.3 \times 2400 \times 18 \times 2$$

$$= 112320 \text{ kg/m} = 0,11232 \text{ t/mm}$$

$$M_{ux} = n \times p \times 1500 - 0.5 \times W_u \times 3000^2$$

$$= 4 \times 262,225 \times 1500 - 0,5 \times 0,07488 \times 3000^2$$

$$= 9,5 \times 10^9 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{9,5 \times 10^9}{0,9} = 1,05 \times 10^{10} \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{392}{0,85 \times 29} = 15,9$$

$$\rho_{\min} = 0,002$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1,05 \times 10^{10}}{12000 \times 1890,5^2} = 0,261 \text{ N/mm}^2$$

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

$$= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,9 \times 0,261}{392}}\right) \times \frac{1}{15,9}$$

$$= 0,0063$$

Tulangan butuh sisi bawah dan atas *pilecap*

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

$$= 0,0063 \times 12000 \times 1890,5$$

$$= 45372 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan} = \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29^2\right) \cdot \frac{12000}{45372} = 129,8 = 120 \text{ mm}$$

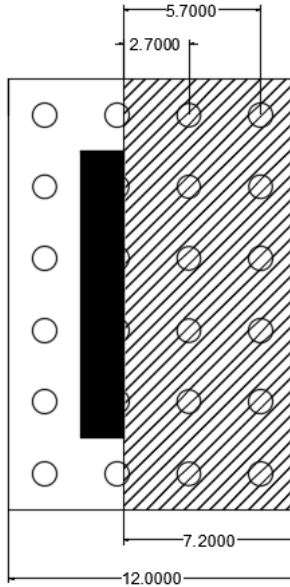
$$\text{Jumlah (n)} = 12000 : 120 = 100 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan utama 100D29 120mm

$$A_s = 100 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29^2\right) = 66018 \geq 45372 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$



### Penulangan Lentur sisi pendek



Gambar 4. 98 Daerah Tulangan Lentur Sisi Pendek

$$P_v = 262,225 \text{ ton}$$

$$n = 6$$

$$W_u = 1.3 \times 2400 \times 18 \times 2 \\ = 112320 \text{ kg/m} = 0.11232 \text{ t/mm}$$

$$M_u = 6 \times p \times 2700 + 6 \times p \times 5700 - 0.5 \times W_u \times 7200^2 \\ = 1.03 \times 10^{10} \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{1.03 \times 10^{10}}{0.9} = 1.506 \times 10^{10} \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c'} = \frac{392}{0.85 \times 29} = 15.9$$

$$\rho_{\min} = 0.002$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1.506 \times 10^{10}}{19200 \times 1087.5^2} = 1,88 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}}\right) \times \frac{1}{m} \\ &= \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15.9 \times 1,88}{392}}\right) \times \frac{1}{15.9} \\ &= 0.005\end{aligned}$$

Tulangan butuh sisi bawah dan atas *pilecap*

$$\begin{aligned}\text{As} &= \rho \times b \times d^2 \\ &= 0.005 \times 18000 \times 1889 \\ &= 170520,303 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan} = \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29^2\right) \cdot \frac{18000}{170520,303} = 69,58 = 60 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah (n)} = 18000 : 60 = 300 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan utama 300D29 60mm

$$\text{As} = 300 \times \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29^2\right) = 198055,5 \geq 170520,303 \text{ mm}^2$$

(OK)

### Penulangan Geser *Pilecap* Akibat Abutment

Penulangan geser pada *pilecap* dihitung sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.11.2.1 yaitu  $V_c$  harus diambil terkecil dari :

- $V_{c1} = 0.17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d$
- $V_{c2} = 0.083 \times \left(2 + \frac{\alpha \times d}{b_0}\right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d$
- $V_{c3} = 0.33 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_0 \times d$

Berikut adalah data *pilecap* :

Dimensi abutment (b x l)	= 2000 x 12000
Dimensi <i>pilecap</i>	= 12000 x 18000 x 2000 mm
Tulangan utama	= 29 mm
Selimit beton	= 75 mm
$F_c'$	= 29 MPa
$F_y$	= 392 MPa

$$\alpha = 30$$

**Kontrol geser akibat abutment:**

$$\beta = 12000/2000 = 6$$

$$d' = 2000 - 75 - 22 - (29 \times 0.5) = 1888,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} b_0 &= 2 \times (b + d') + 2 (l + d') \\ &= 2 \times (2000 + 1888,5) + 2 \times (12000 + 1888,5) \\ &= 35554 \text{ mm} \end{aligned}$$

Koefisien  $V_{c1}$

$$\text{Koef } V_{c1} = 0.17 \times \left(1 + \frac{2}{6}\right) = 0,22 \text{ (menentukan)}$$

Koefisien  $V_{c2}$

$$\text{Koef } V_{c2} = 0.083 \times \left(2 + \frac{30 \times 1888,5}{35554}\right) = 0,3359$$

Koefisien  $V_{c3}$

$$\text{Koef } V_{c3} = 0.33$$

Menggunakan perumusan  $V_{c1}$

$$\begin{aligned} V_c &= 0,22 \times 1 \times \sqrt{29} \times 35554 \times 1888,5 \\ &= 79547610,21 \text{ N} \\ &= 7954,76 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset V_c &= 0.75 \times 7954,76 \\ &= 5966,07 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &= P_u + W_{\text{beton}} - n \times P_v \\ &= 6297,8 + 2.4 \times 1.2 \times 2 \times 12 - 4 \times 285,426 \\ &= 5213,696 \text{ ton} < \emptyset V_c = 5966,07 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi ketebalan dan ukuran *pilecap* memenuhi untuk menahan gaya geser akibat reaksi aksial dinding pilar

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari berbagai kontrol dan analisa perhitungan yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan tugas akhir ini antara lain :

1. Perencanaan pelat lantai kendaraan merupakan pelat beton yang memiliki ketebalan 20 cm dan dilapisi aspal dengan ketebalan 5 cm.
2. Profil struktur sekunder Jembatan Mrican menggunakan mutu baja BJ 41 dengan  $f_u = 410$  Mpa dan  $f_y = 250$  Mpa.
3. Dari hasil perhitungan struktur sekunder jembatan busur didapatkan :
  - Profil gelagar memanjang WF 582 x 300 x 12 x 17
  - Profil gelagar melintang WF 950,7 x 310,3 x 24,4 x 44
  - Ikatan angin rangka atas, diagonal atas, dan lantai kendaraan *O Hollow* 245 x 14
  - Ikatan silang akhir angin Box 550 x 550 x 16
4. Pada permodelan Jembatan Busur Mrican dengan menggunakan SAP2000, digunakan permodelan 2 dimensi untuk memperoleh gaya aksial batang maksimum sesuai dengan garis pengaruh yang diberi beban berjalan 1 ton yang kemudian dijadikan acuan untuk mendesain dimensi profil sekunder dari Jembatan Busur Mrican.  
Untuk desain profil rangka utama dari Jembatan Mrican, dibagi menjadi 3 segmen utama dengan asumsi setiap batang mewakili dari seluruh batang yang ada pada segmen.

5. Profil rangka utama menggunakan brosur *Continental Steel* yang memiliki mutu BJ 50 ( $f_y = 290$  Mpa dan  $f_u = 500$  Mpa)

Berikut merupakan rekap profil rangka utama jembatan :

- Batang tepi atas segmen 1 Double Box 550 x 550 x 25
- Batang tepi atas segmen 2 Box 550 x 550 x 22
- Batang tepi atas segmen 3 Box 550 x 550 x 19
- Batang tepi bawah segmen 1 Box 550 x 550 x 22
- Batang tepi bawah segmen 2 Box 550 x 550 x 16
- Batang tepi bawah segmen 3 Box 550 x 550 x 16
- Batang vertikal Box 550 x 550 x 16
- Batang diagonal Box 550 x 550 x 16
- Batang tarik Segmen 1 Box 550 x 550 x 36
- Batang tarik Segmen 1 Box 550 x 550 x 25
- Batang tarik Segmen 1 Box 550 x 550 x 22
- Kolom portal akhir Double Box 550 x 550 x 25
- Balok portal akhir Box 550 x 550 x 25

Sedangkan kabel penggantung menggunakan brosur PFEIFER jenis *Tension Rod 860* dengan diameter 70 mm.

6. Perletakaan yang digunakan menggunakan *Pott Bearing* dengan ukuran sebagai berikut ;
- *Fix* : Fx 200000 dengan ukuran 1125 x 1125 x 231
  - *Longitdinal X* dan *Y*: GG20000 dengan ukuran 1150 x 1540 x 284
  - *Free* : GL18000 dengan ukuran 1090 x 1410 x 222
7. *Abutment* jembatan memiliki tinggi 10 meter dan lebar 11 meter dengan lebar poer 18 meter dan tebal 2 meter. mutu beton yang digunakan adalah  $f'_c$  30 Mpa.
8. Pondasi struktur menggunakan *Bored Pile* dengan diameter 100 cm yang memiliki kedalaman 15 meter sesuai dengan penyelidikan tanah SPT (*Standard*

*Penetration Test*). Jumlah *Bored Pile* yang dibutuhkan adalah 24 buah.

## 5.2 Saran

Dalam laporan Tugas Akhir ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan dalam pengerjaannya. Berikut merupakan saran untuk memperbaiki perencanaan jembatan busur sehingga untuk kedepannya didapatkan hasil yang lebih baik dan maksimal.

Dalam perhitungan desain jembatan busur disarankan menggunakan software MIDAS CIVIL daripada SAP2000. Karena dalam MIDAS CIVIL lebih khusus dalam perhitungan jembatan sehingga hasil yang didapatkan lebih baik.

Selain itu dalam menggambar sambungan disarankan menggambar dengan bantuan *Google Sketch Up* untuk mempermudah dalam penggambaran potongan.

Selain saran dalam menggunakan program bantu, penulis juga menyarankan agar alangkah baiknya profil jembatan busur menggunakan profil *custom* daripada menggunakan brosur. Hal ini dikarenakan penggunaan profil *custom* mempunyai nilai lebih dibidang estetika jembatan busur.



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

**MAHASISWA**

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 104

**DOSEN PEMBIMBING I**

Ir. Djoko Irawan, MS

**DOSEN PEMBIMBING II**

**KETERANGAN**

**JUDUL GAMBAR**

Site Plan Jembatan Mrican

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

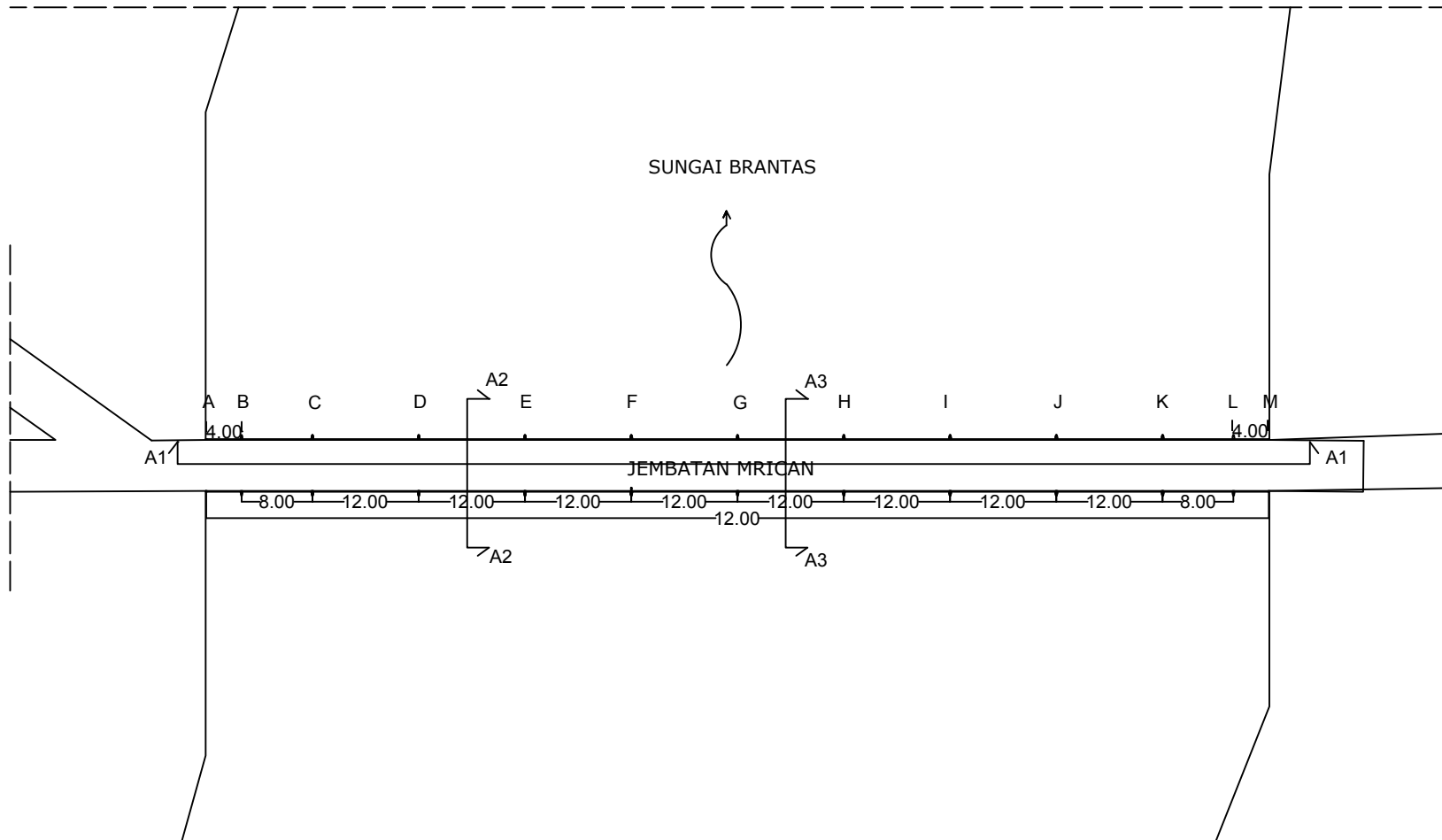
1	21
---	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:750	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------

--	--





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 104

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Denah Jembatan Mrican  
Eksisting

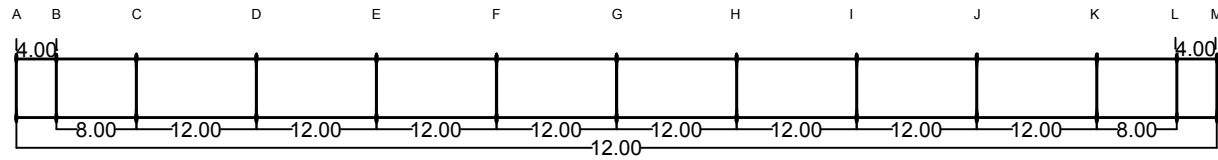
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

2	21
---	----

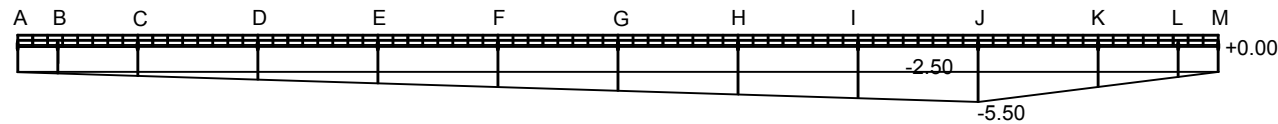
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:750	
-------	--

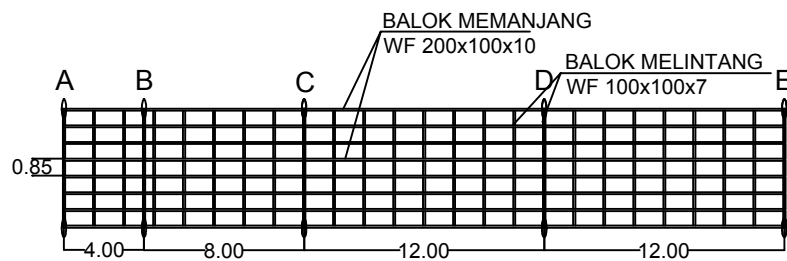
REVISI	TANGGAL
--------	---------



TAMPAK ATAS  
SKALA 1: 750



TAMPAK SAMPING  
SKALA 1: 750



DENAH PEMBALOKAN  
SKALA 1: 250

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
2	21
SKALA	CATATAN
1:750	
REVISI	TANGGAL





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

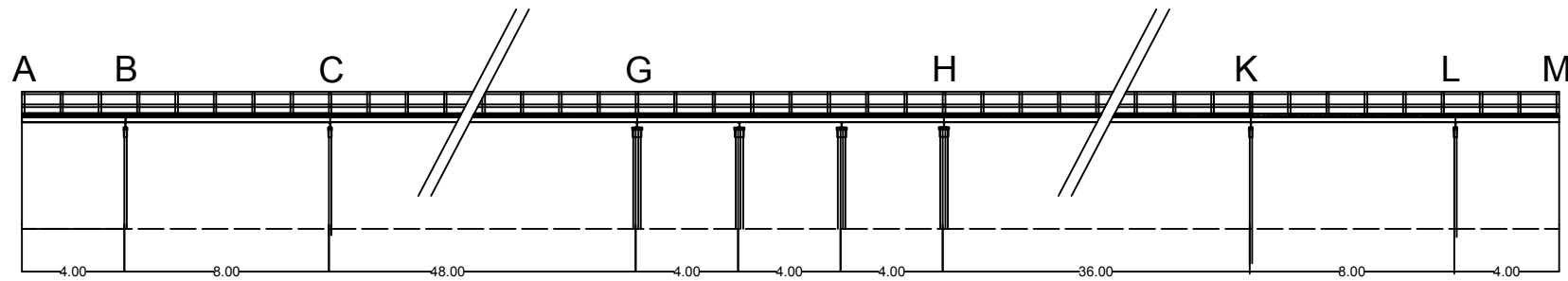
Jembatan Mrican Eksisting

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

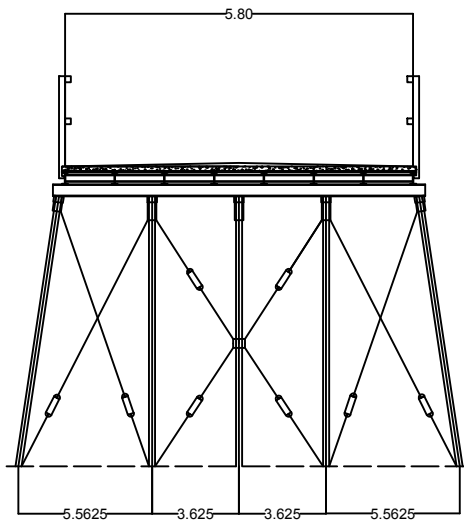
3	21
---	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

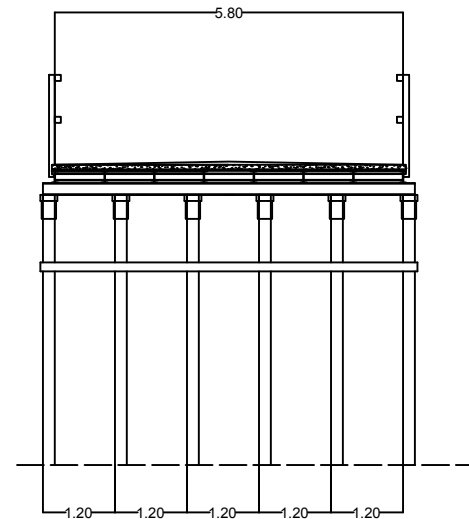
REVISI	TANGGAL
--------	---------



POTONGAN A1-A1  
SKALA 1:225



POTONGAN A2-A2  
SKALA 1:500



POTONGAN A3-A3  
SKALA 1: 500



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

**MAHASISWA**

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 104

**DOSEN PEMBIMBING I**

Ir. Djoko Irawan, MS

**DOSEN PEMBIMBING II**

**KETERANGAN**

**JUDUL GAMBAR**

Denah Jembatan Mrican  
Rencana

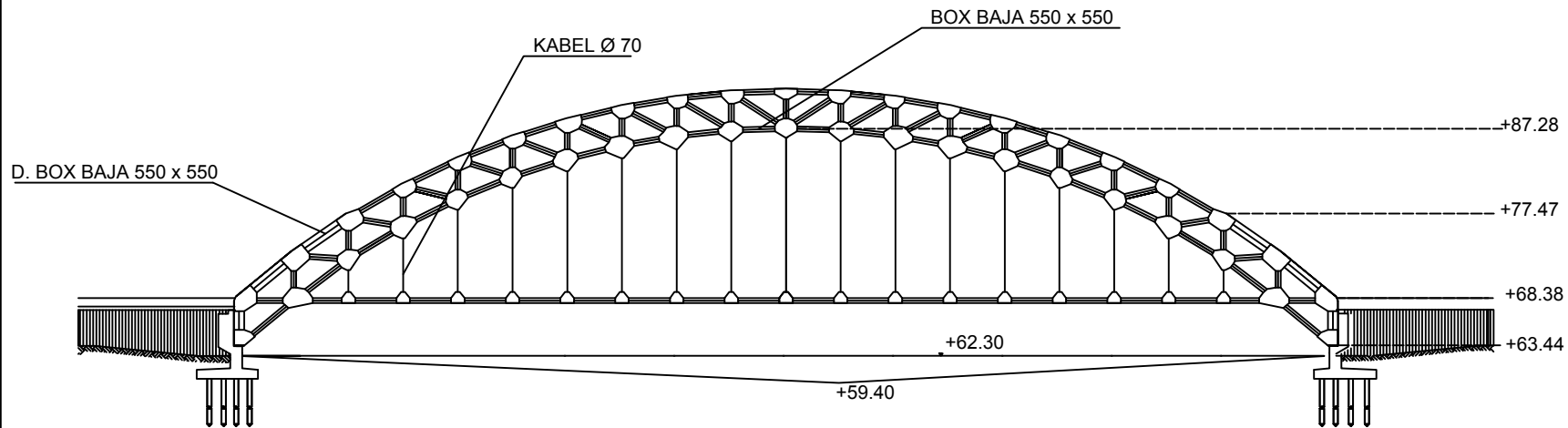
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

4	21
---	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:750	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
4	21
SKALA	CATATAN
1:750	
REVISI	TANGGAL



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

**MAHASISWA**

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 104

**DOSEN PEMBIMBING I**

Ir. Djoko Irawan, MS

**DOSEN PEMBIMBING II**

**KETERANGAN**

**JUDUL GAMBAR**

Ikatan Angin Rencana  
Jembatan Mrican

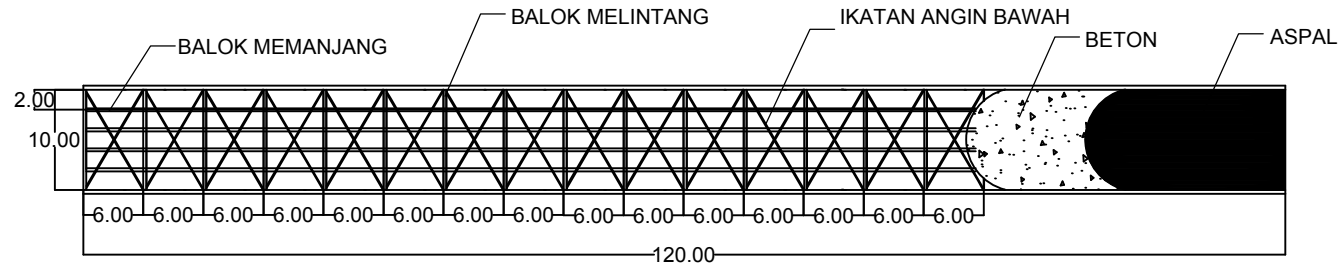
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

5	21
---	----

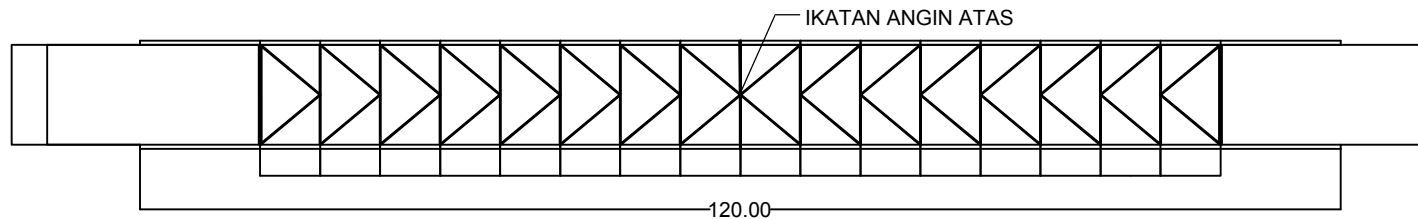
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:750	
-------	--

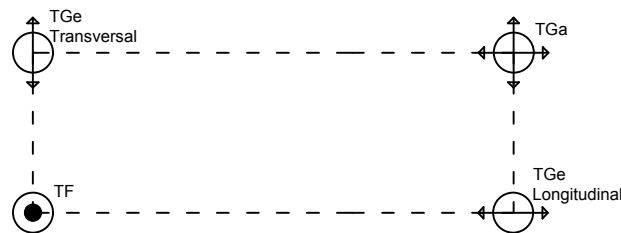
REVISI	TANGGAL
--------	---------



IKATAN ANGIN BAWAH



IKATAN ANGIN ATAS



KONFIGURASI PERLETAKAN



Jurusan Teknik Sipil  
 Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
 Surabaya 2017

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
 Kediri Menggunakan Busur Rangka  
 Baja

**MAHASISWA**

Helmi Zumar F S  
 3 1 13 100 104

**DOSEN PEMBIMBING I**

Ir. Djoko Irawan, MS

**DOSEN PEMBIMBING II**

**KETERANGAN**

**JUDUL GAMBAR**

Tampak Ikatan Angin

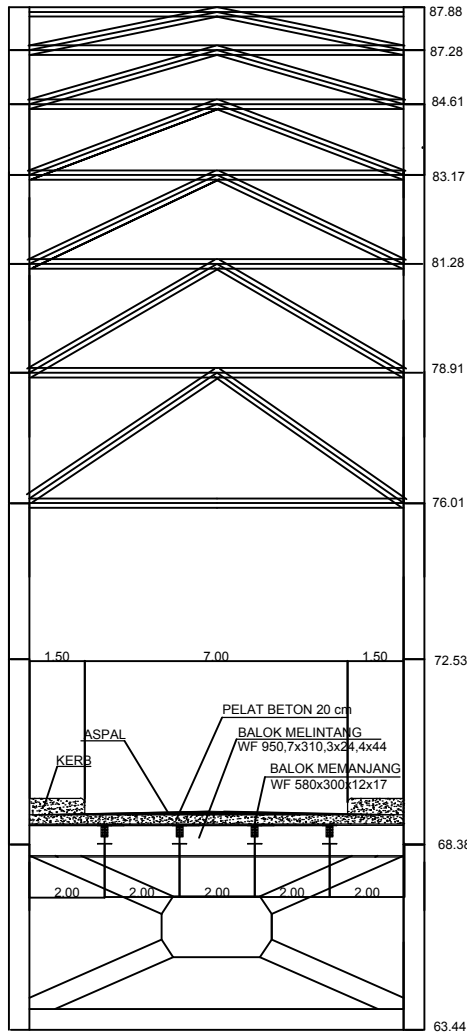
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

6	21
---	----

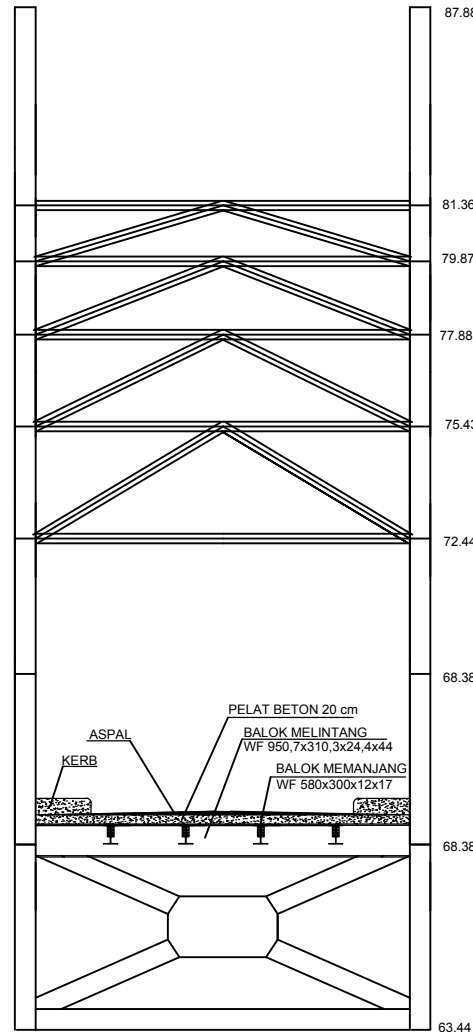
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:200	
-------	--

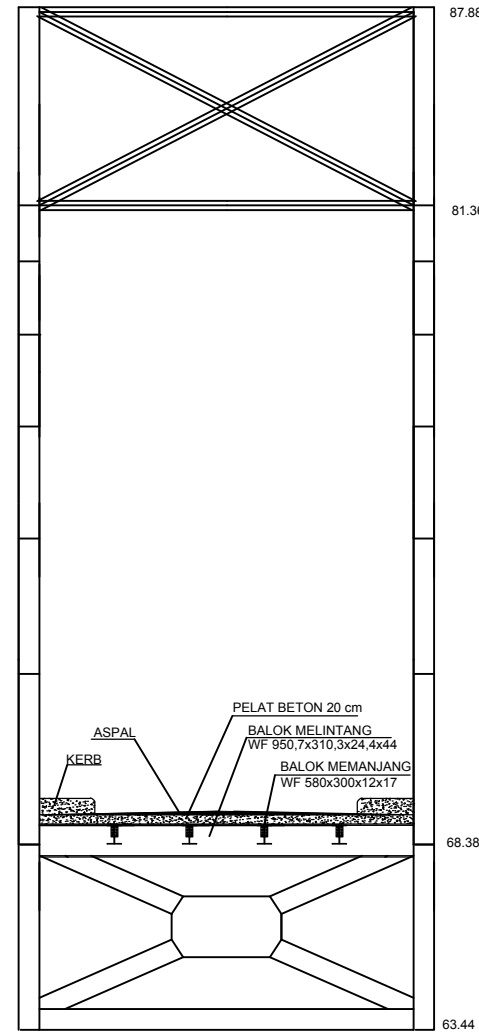
REVISI	TANGGAL
--------	---------



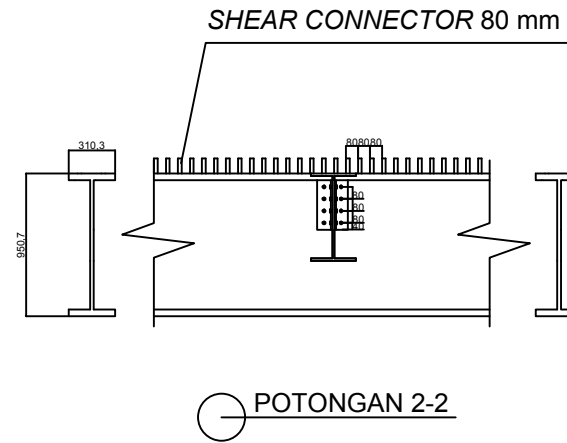
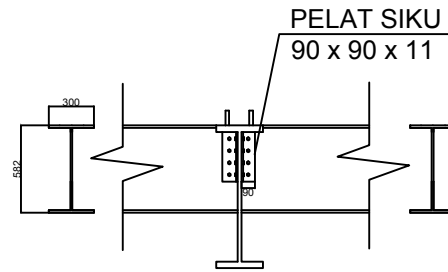
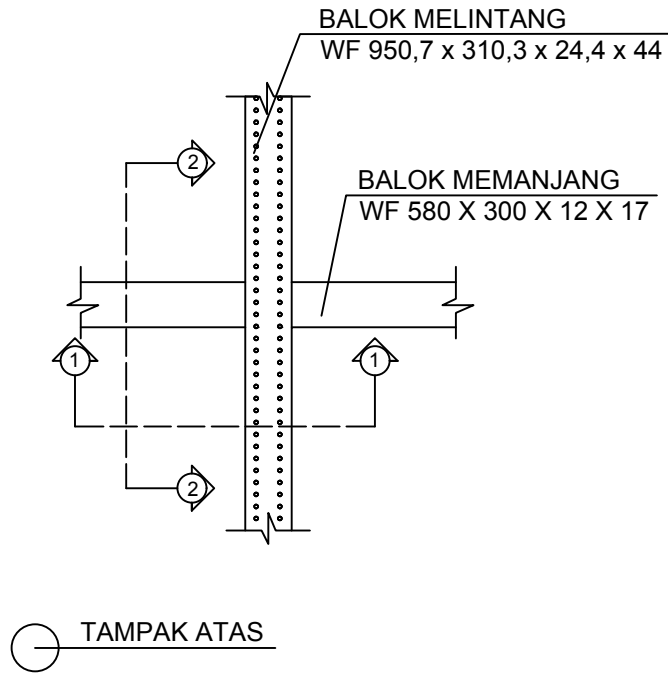
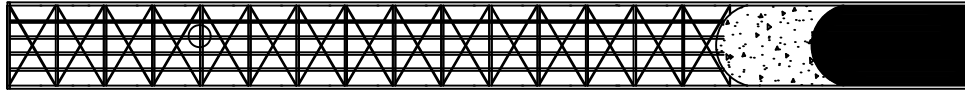
I. ANGIN RANGKA ATAS



I. ANGIN RANGKA BAWAH



I. ANGIN RANGKA DIAGONAL



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 104

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Gambar Sambungan Balok

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
7	21
SKALA	CATATAN
1:50	
REVISI	TANGGAL



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 104

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Gambar Sambungan Ikatan  
Angin Rangka Atas

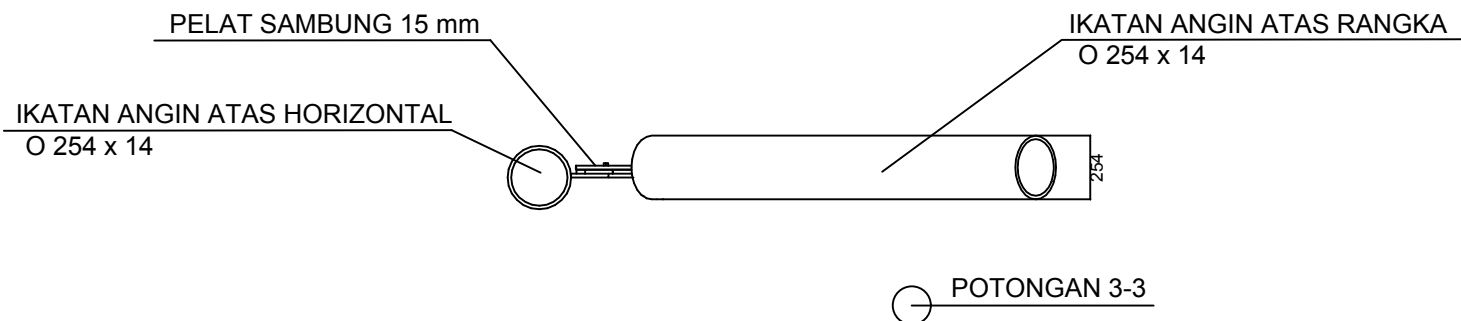
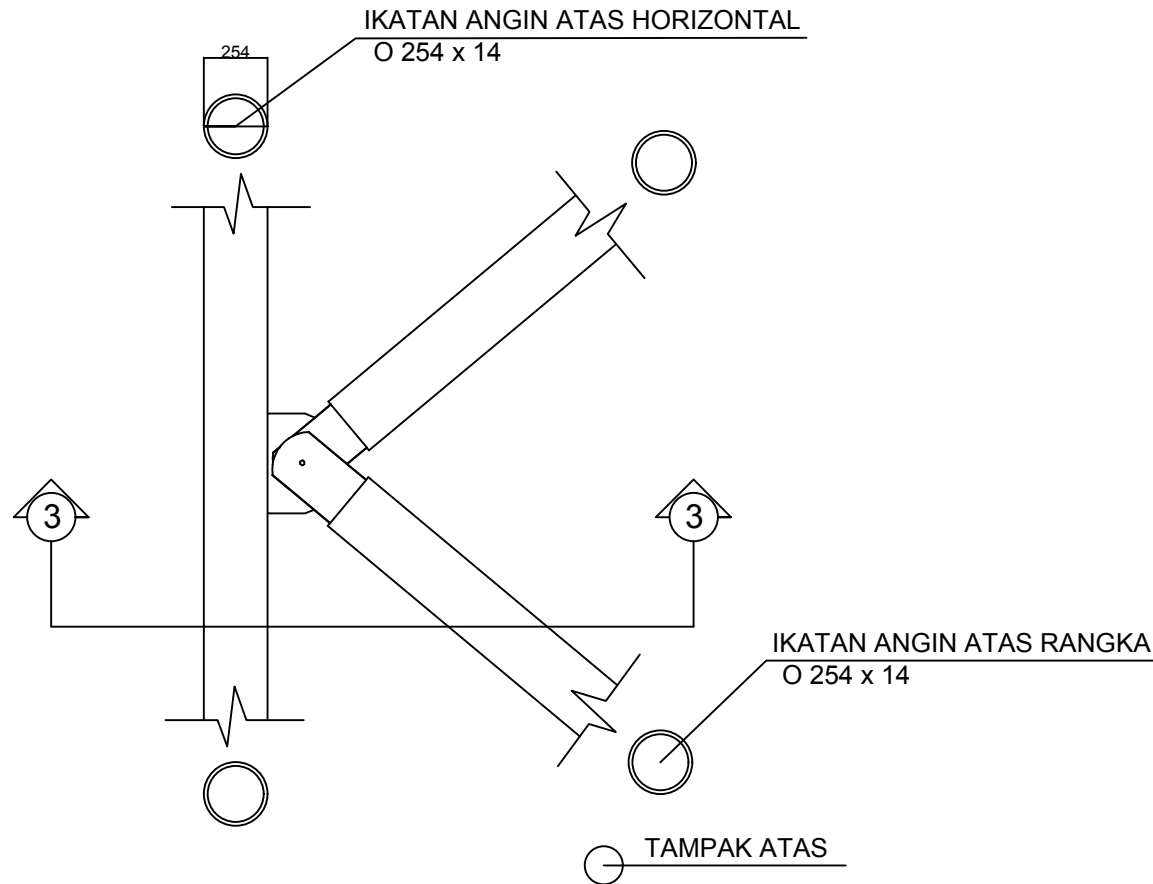
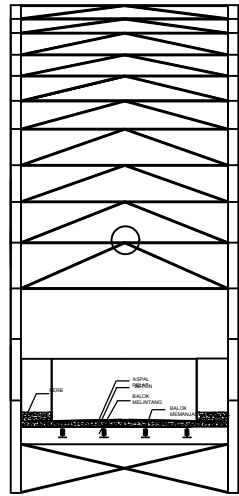
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

8	21
---	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:30	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

**MAHASISWA**

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

**DOSEN PEMBIMBING I**

Ir. Djoko Irawan, MS

**DOSEN PEMBIMBING II**

**KETERANGAN**

**JUDUL GAMBAR**

Sambungan A dan B

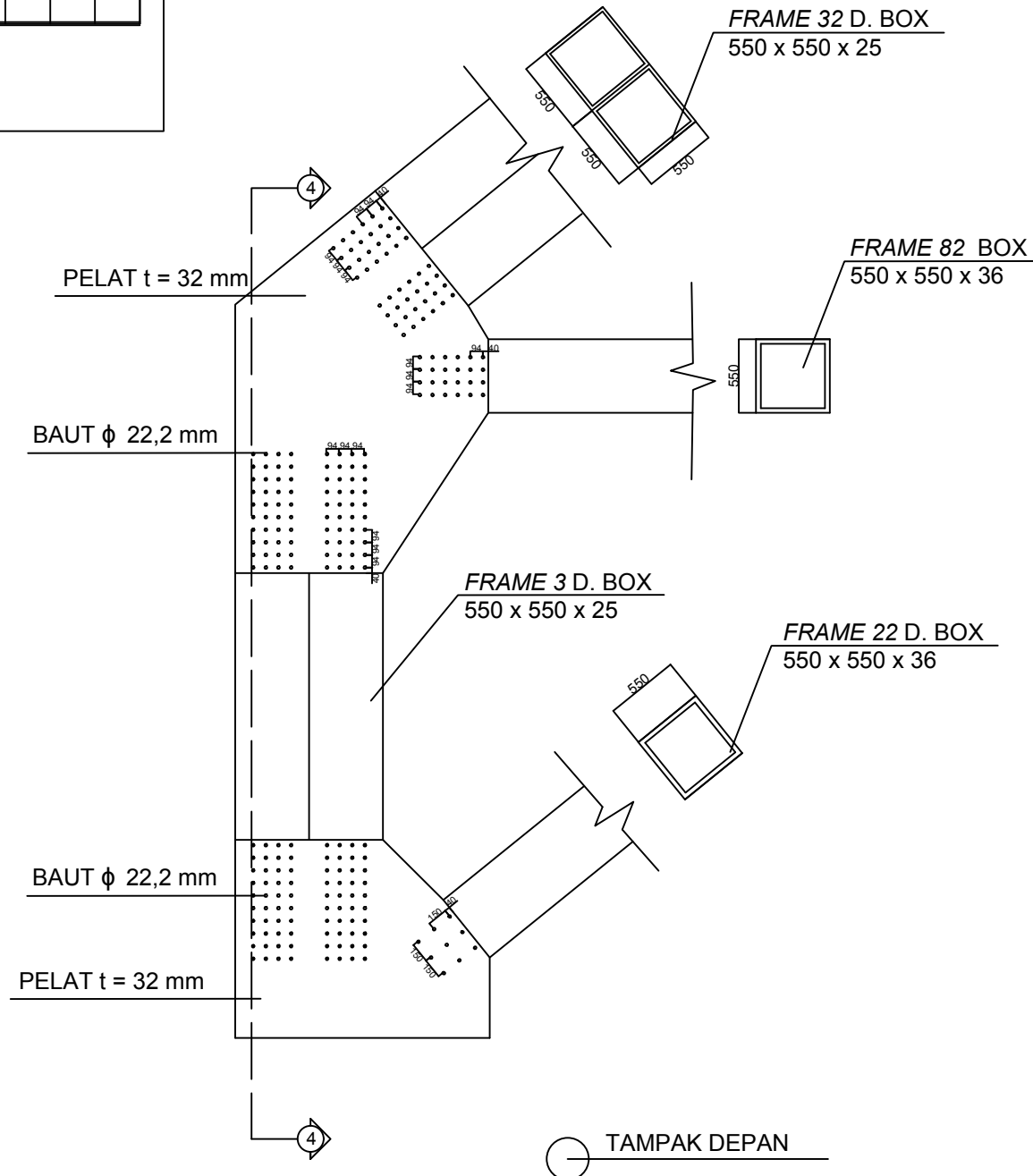
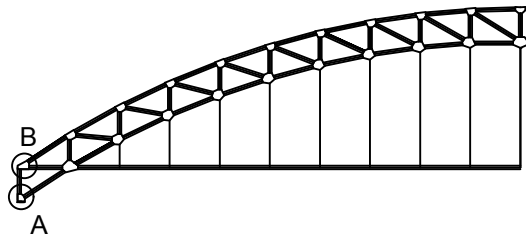
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

9	21
---	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:50	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
9	21
SKALA	CATATAN
1:50	
REVISI	TANGGAL



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Sambungan A dan B

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

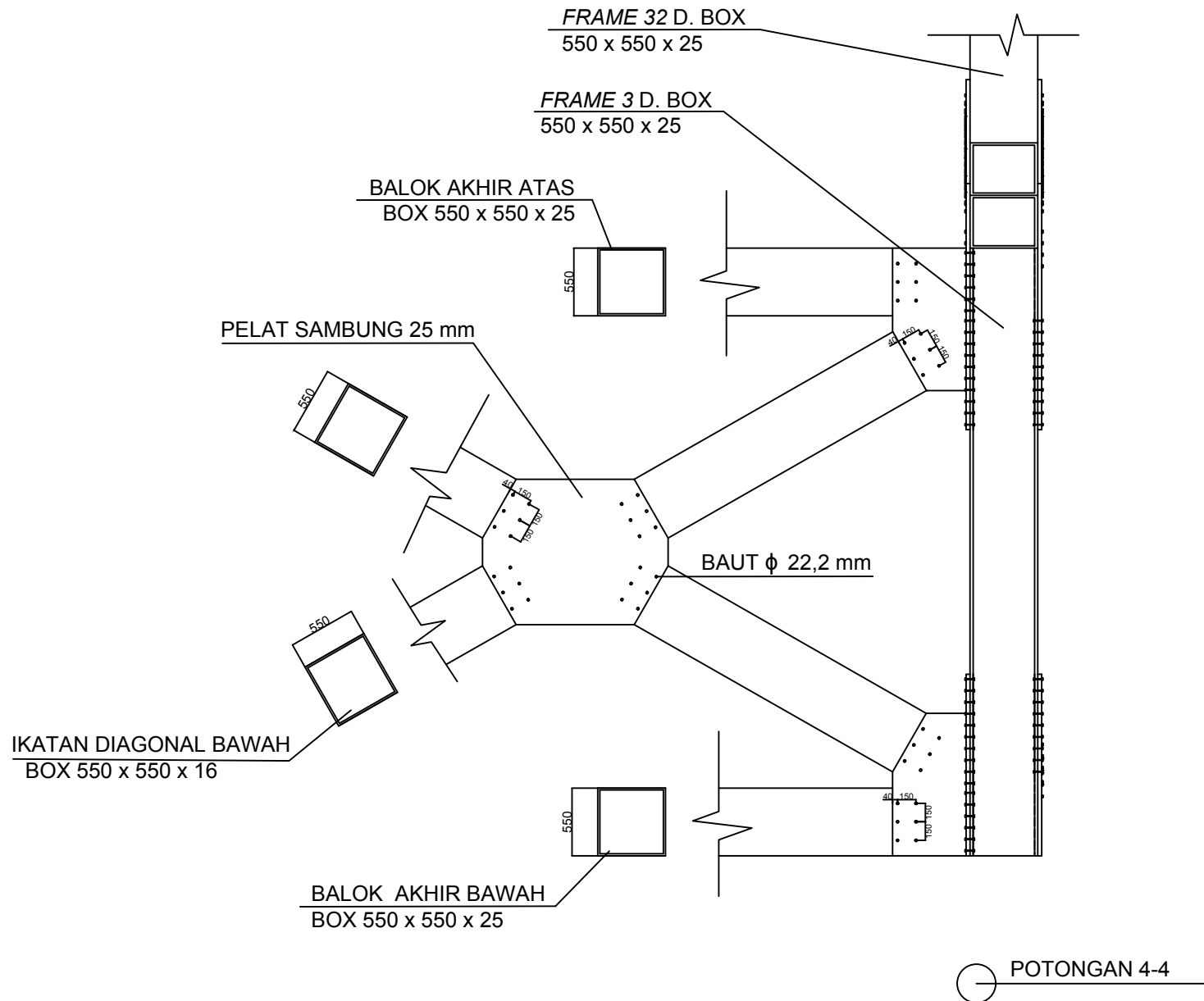
10	21
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:50	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------

--	--







JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

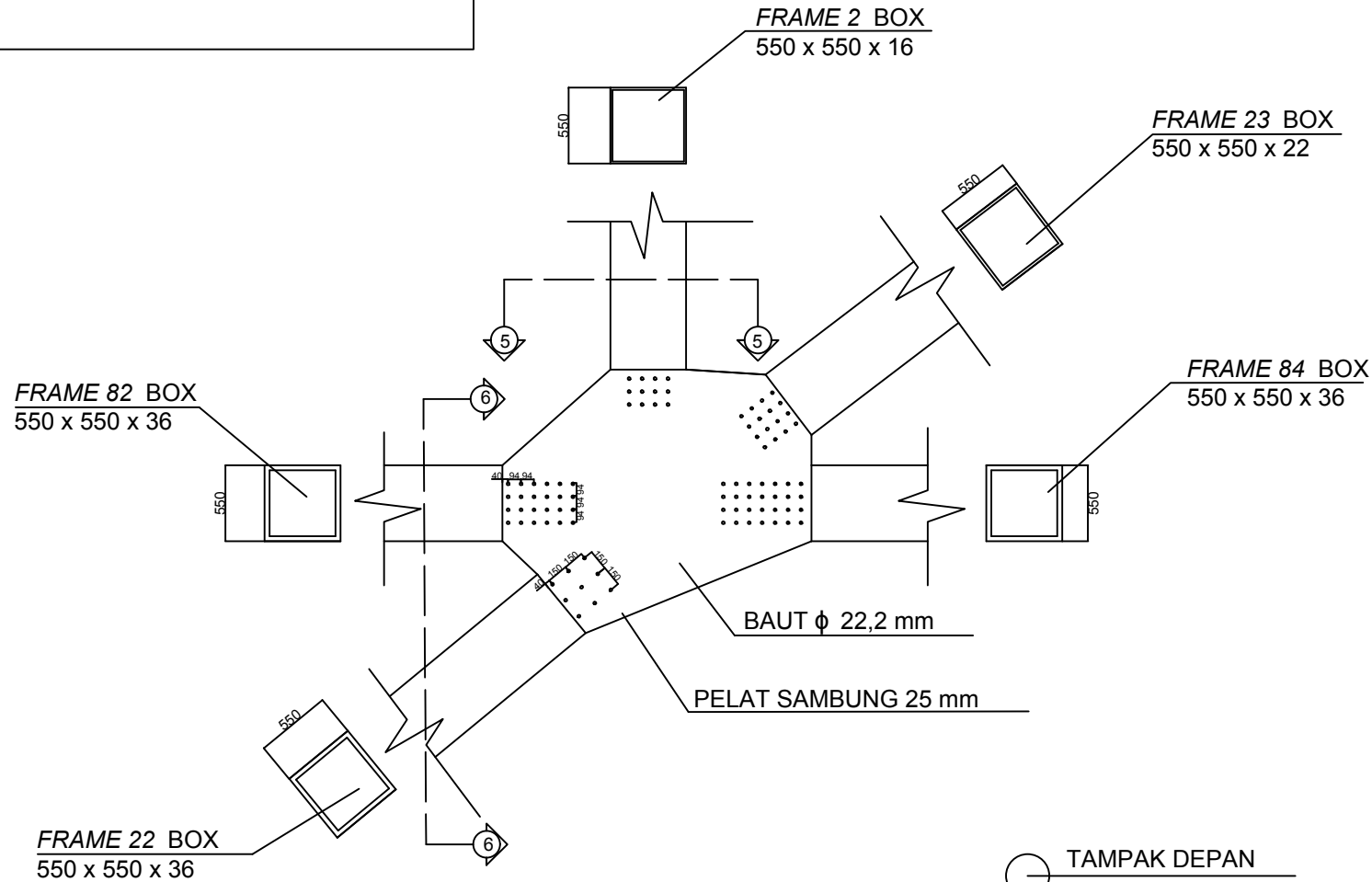
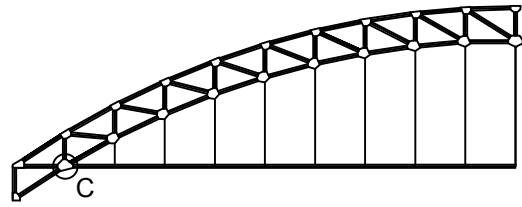
DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Sambungan C

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
11	21
SKALA	CATATAN
1:50	
REVISI	TANGGAL





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

**MAHASISWA**

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 104

**DOSEN PEMBIMBING I**

Ir. Djoko Irawan, MS

**DOSEN PEMBIMBING II**

**KETERANGAN**

**JUDUL GAMBAR**

Sambungan C

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

12	21
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

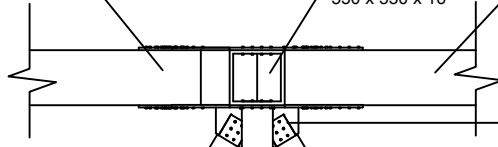
1:75	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------

FRAME 82 BOX  
550 x 550 x 36

FRAME 2 BOX  
550 x 550 x 16

FRAME 84 BOX  
550 x 550 x 36



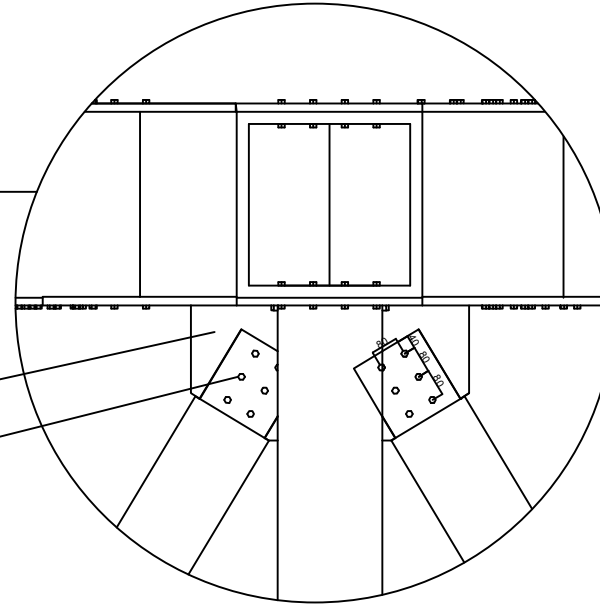
IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN  
O 254 x 14

PELAT SAMBUNG 15 mm

BAUT  $\phi$  22,2 mm

BALOK MELINTANG  
WF 950,7 x 310,3 x 24,4 x 44

POTONGAN 5-5



FRAME 23 BOX  
550 x 550 x 22

FRAME 2 BOX  
550 x 550 x 16

BALOK MELINTANG  
WF 950,7 x 310,3 x 24,4 x 44

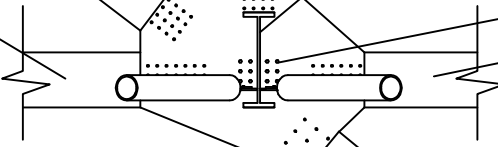
BAUT  $\phi$  30 mm

BALOK MELINTANG  
WF 950,7 x 310,3 x 24,4 x 44

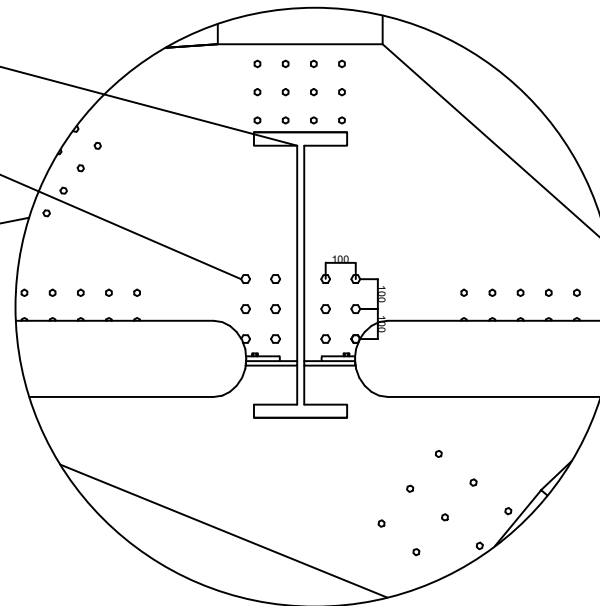
FRAME 84 BOX  
550 x 550 x 36

FRAME 82 BOX  
550 x 550 x 36

FRAME 22 BOX  
550 x 550 x 36



POTONGAN 7-7





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Sambungan C

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

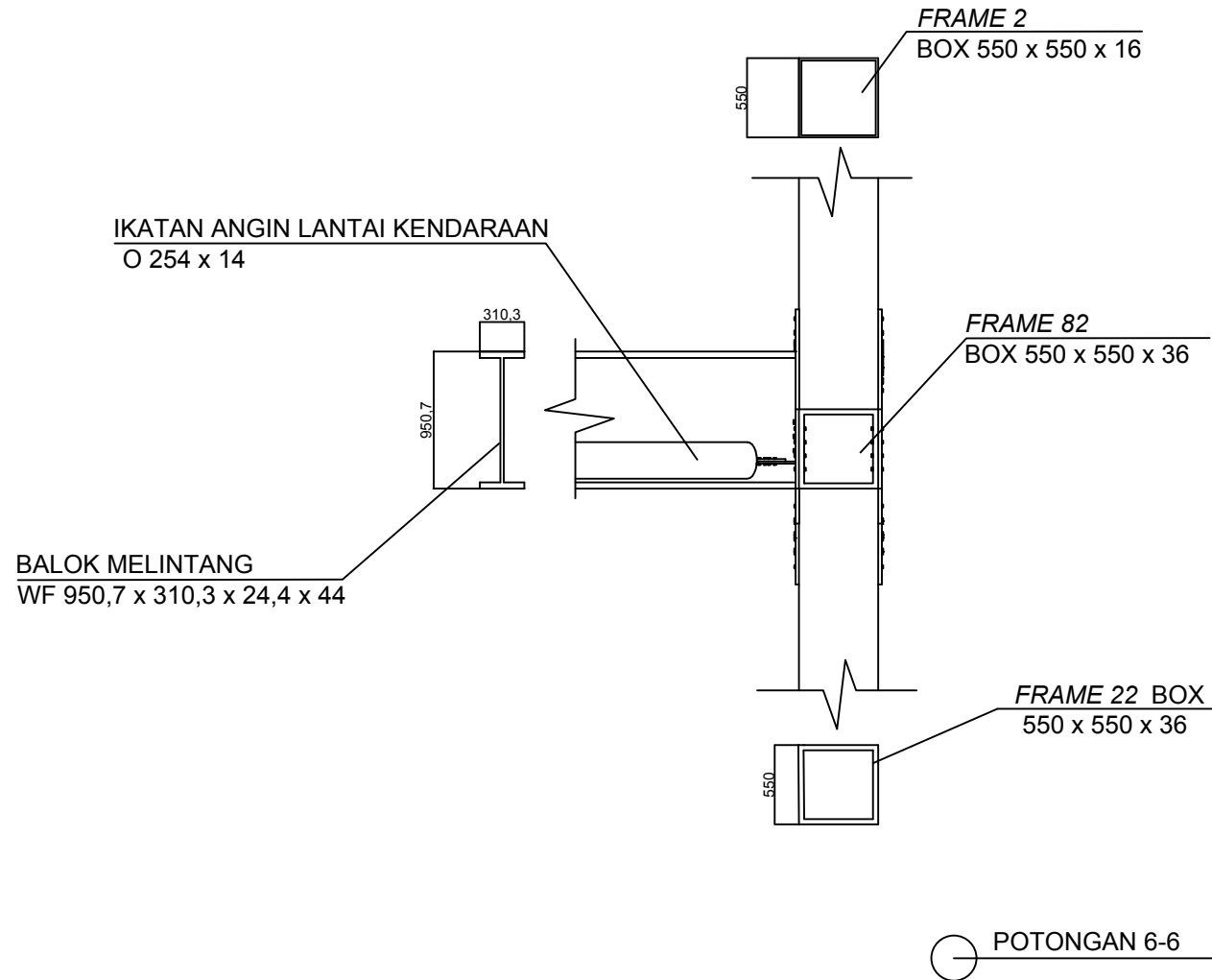
13	21
----	----

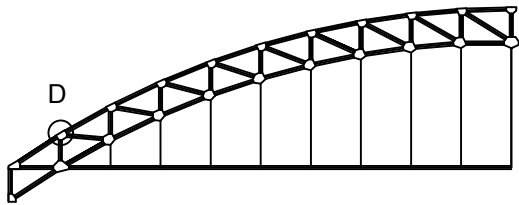
SKALA	CATATAN
-------	---------

1:50	
------	--

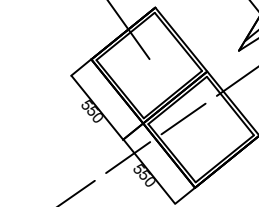
REVISI	TANGGAL
--------	---------

--	--



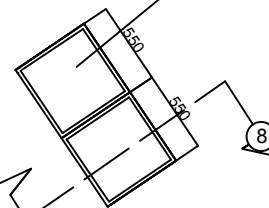


FRAME 32 D. BOX  
550 x 550 x 25



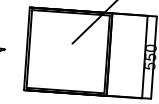
8

FRAME 33  
D. BOX 550 x 550 x 25



8

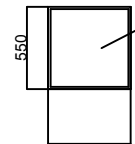
FRAME 2  
BOX 550 x 550 x 16



BAUT  $\phi$  22,2 mm

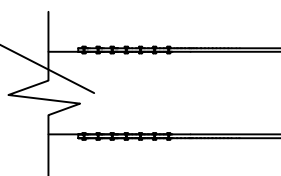
PELAT SAMBUNG 25 mm

FRAME 2 BOX  
550 x 550 x 16

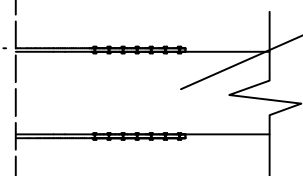


TAMPAK DEPAN

FRAME 32 D. BOX  
550 x 550 x 25



FRAME 33  
D. BOX 550 x 550 x 25



POTONGAN 8-8



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Sambungan D

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

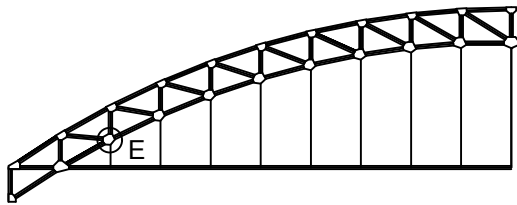
14	21
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

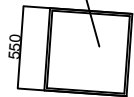
1:50	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------

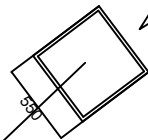
--	--



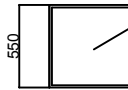
FRAME 5  
BOX 550 x 550 x 16



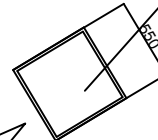
FRAME 23 BOX  
550 x 550 x 22



FRAME 6 BOX  
550 x 550 x 16



FRAME 24 BOX  
550 x 550 x 19



BAUT  $\phi$  22,2 mm

PELAT SAMBUNG 25 mm

BAUT  $\phi$  30 mm

KABEL PENGGANTUNG  $\phi$  70 mm

TAMPAK DEPAN



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Sambungan E

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

15	21
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:50	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------

--	--



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

**MAHASISWA**

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

**DOSEN PEMBIMBING I**

Ir. Djoko Irawan, MS

**DOSEN PEMBIMBING II**

**KETERANGAN**

**JUDUL GAMBAR**

Sambungan E

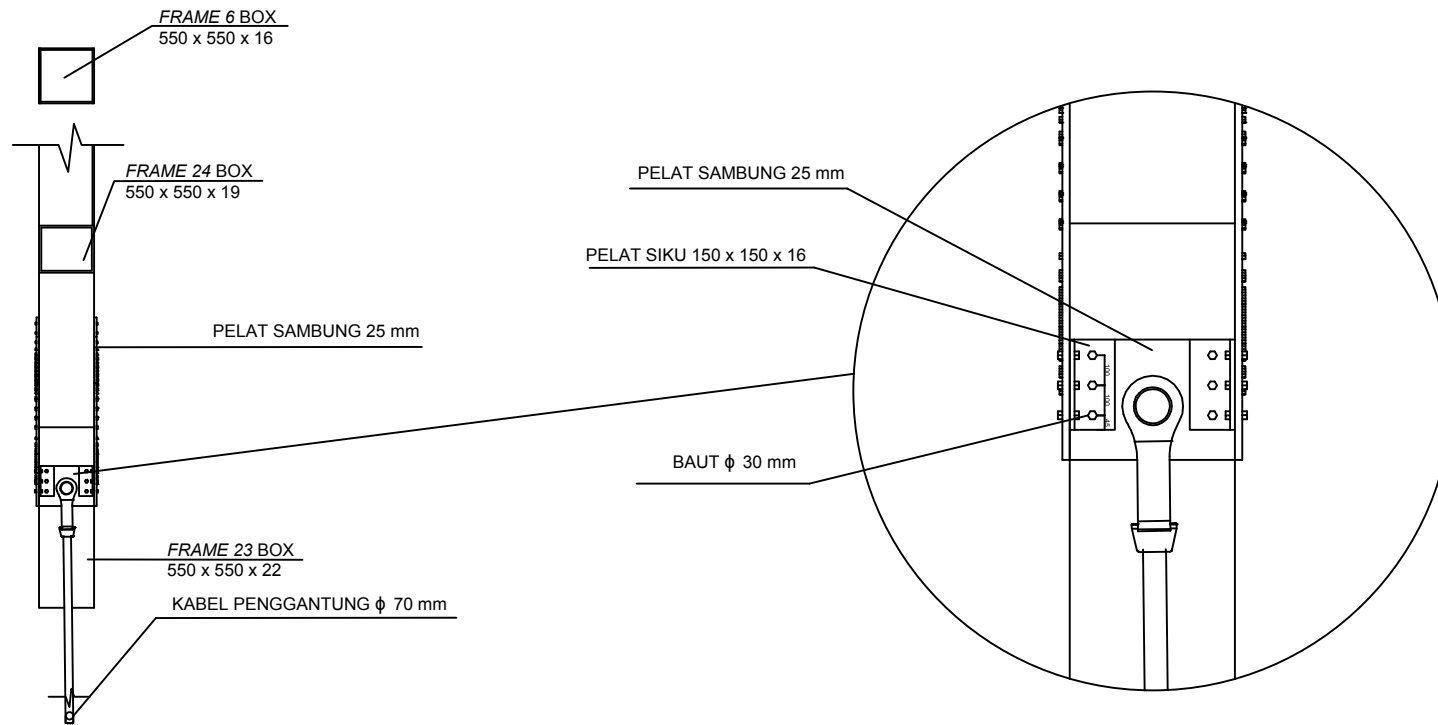
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

16	21
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:75	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------



POTONGAN 9-9



Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Sambungan F

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

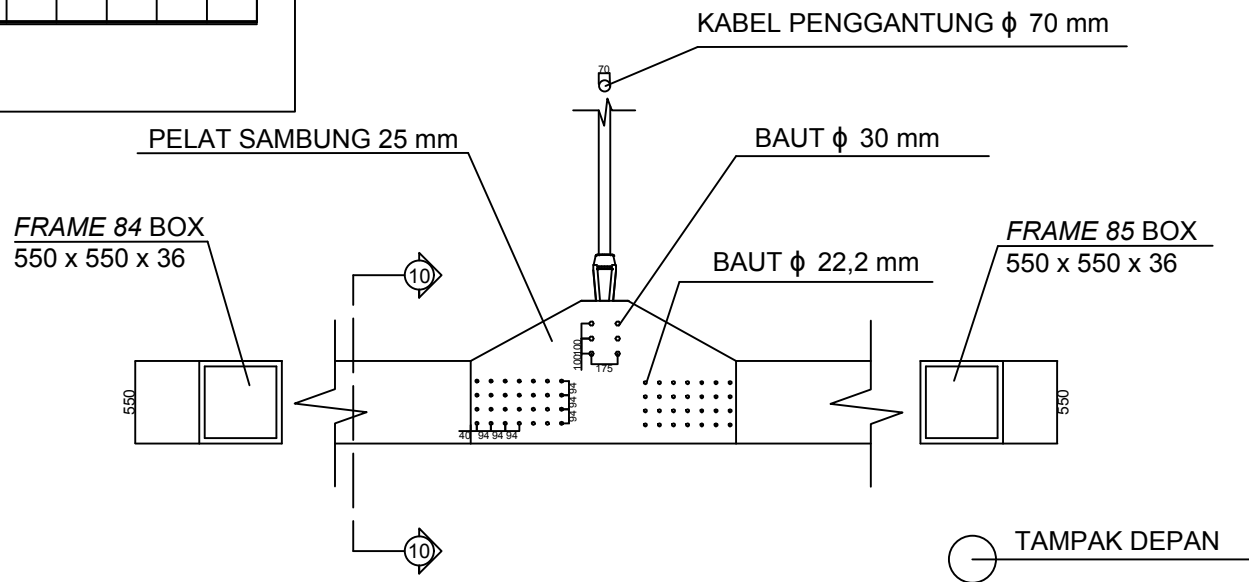
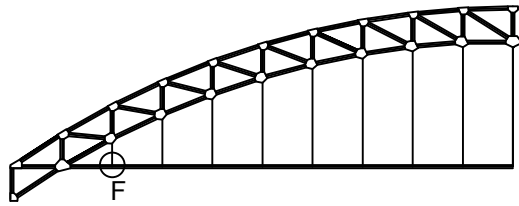
17	21
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:50	
------	--

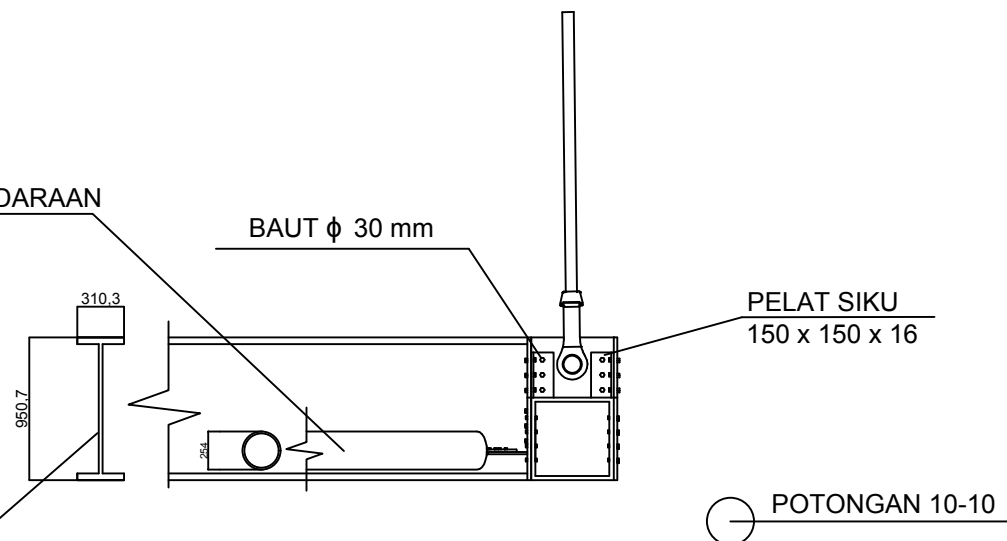
REVISI	TANGGAL
--------	---------

--	--



IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN  
O 254 x 14

BALOK MELINTANG  
WF 950,7 x 310,3 x 24,4 x 44





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Sambungan G dan H

NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

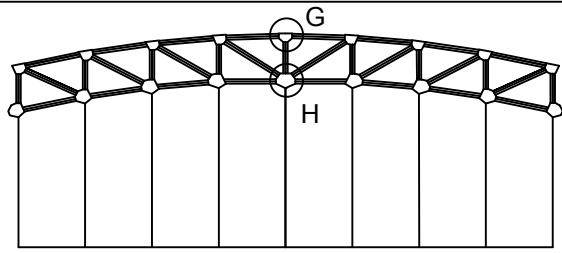
18	21
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

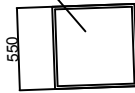
1:50	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------

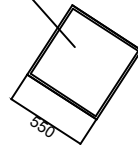
--	--



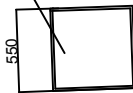
FRAME 41 BOX  
550 x 550 x 19



FRAME 21 BOX  
550 x 550 x 16



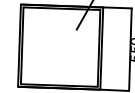
FRAME 31 BOX  
550 x 550 x 16



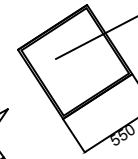
PELAT SAMBUNG 25 mm

BAUT  $\phi$  22,2 mm

FRAME 81 BOX  
550 x 550 x 19

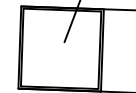


FRAME 4 BOX  
550 x 550 x 16



FRAME 61 BOX  
550 x 550 x 16

FRAME 71 BOX  
550 x 550 x 16



BAUT  $\phi$  30 mm

KABEL PENGGANTUNG  $\phi$  70 mm

TAMPAK DEPAN







Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

**MAHASISWA**

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 097

**DOSEN PEMBIMBING I**

Ir. Djoko Irawan, MS

**DOSEN PEMBIMBING II**

**KETERANGAN**

**JUDUL GAMBAR**

Sambungan G dan H

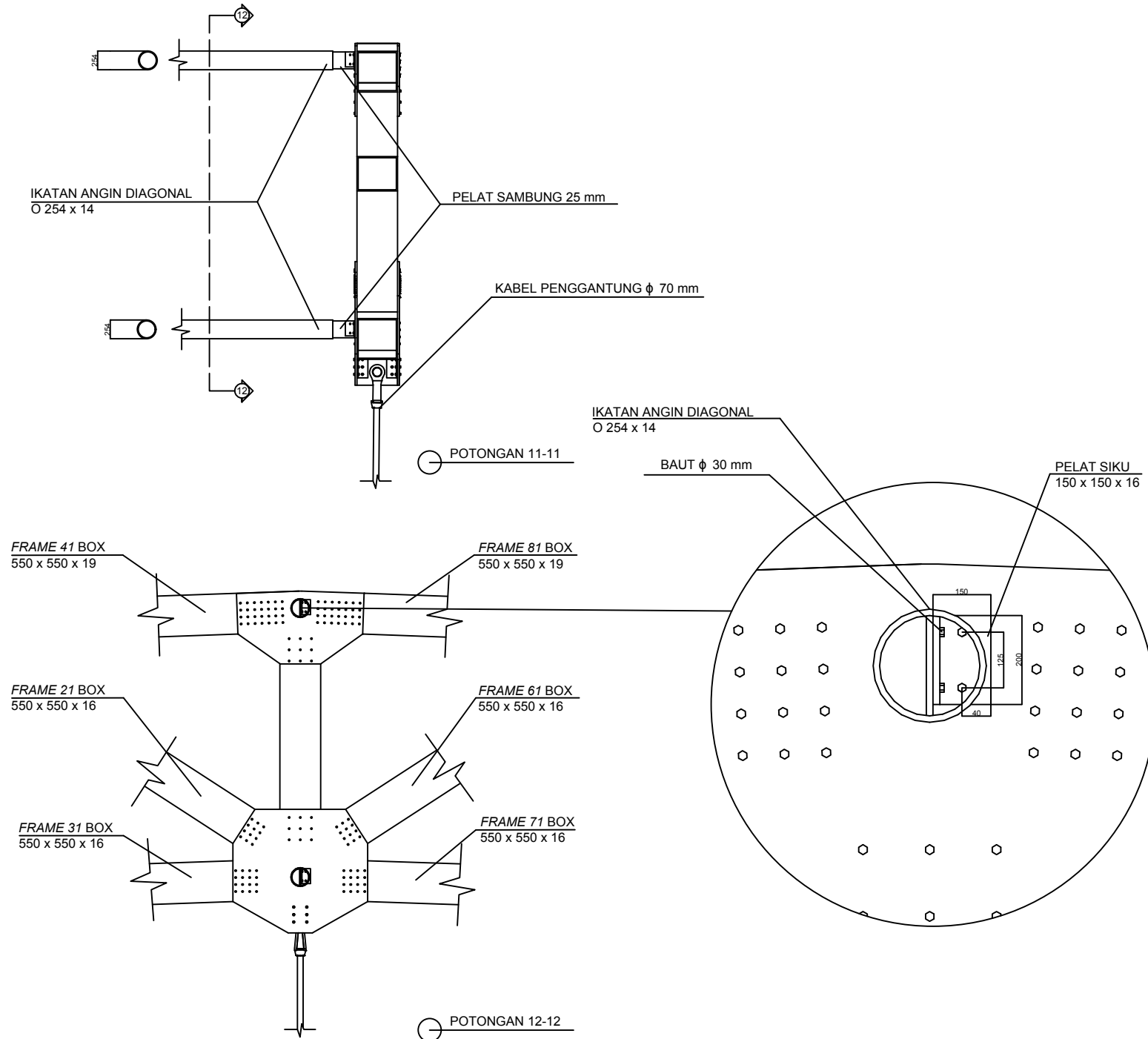
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

19	21
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:75	
------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**JUDUL TUGAS AKHIR**

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

**MAHASISWA**

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 104

**DOSEN PEMBIMBING I**

Ir. Djoko Irawan, MS

**DOSEN PEMBIMBING II**

**KETERANGAN**

**JUDUL GAMBAR**

Perencanaan Bangunan Bawah  
Jembatan Mrican

**NO. GAMBAR**      **JML. GAMBAR**

20

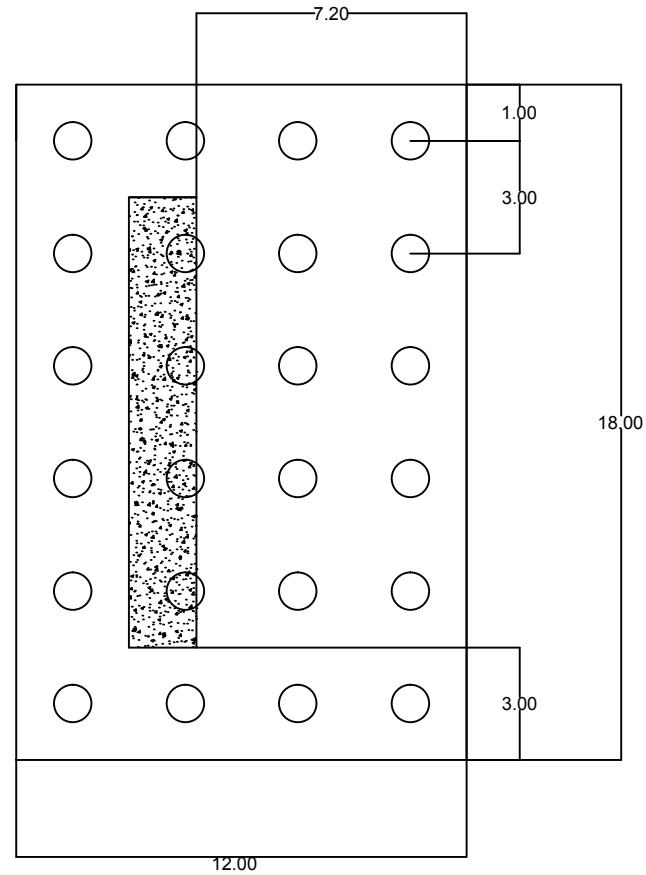
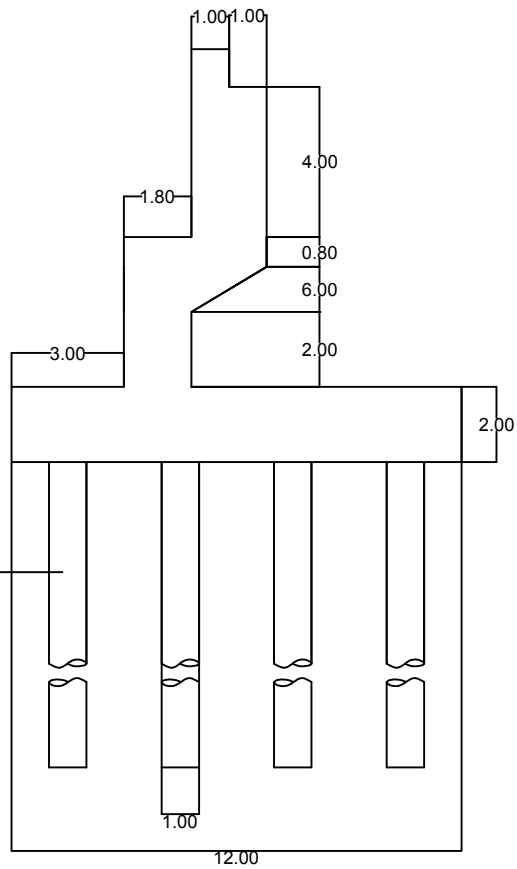
21

**SKALA**      **CATATAN**

1:200

**REVISI**      **TANGGAL**

**BORED PILE**  
**Ø 1000 mm**





Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

JUDUL TUGAS AKHIR

Perencanaan Ulang Jembatan Mrican  
Kediri Menggunakan Busur Rangka  
Baja

MAHASISWA

Helmi Zumar F S  
3 1 13 100 104

DOSEN PEMBIMBING I

Ir. Djoko Irawan, MS

DOSEN PEMBIMBING II

KETERANGAN

JUDUL GAMBAR

Penulangan Abutment

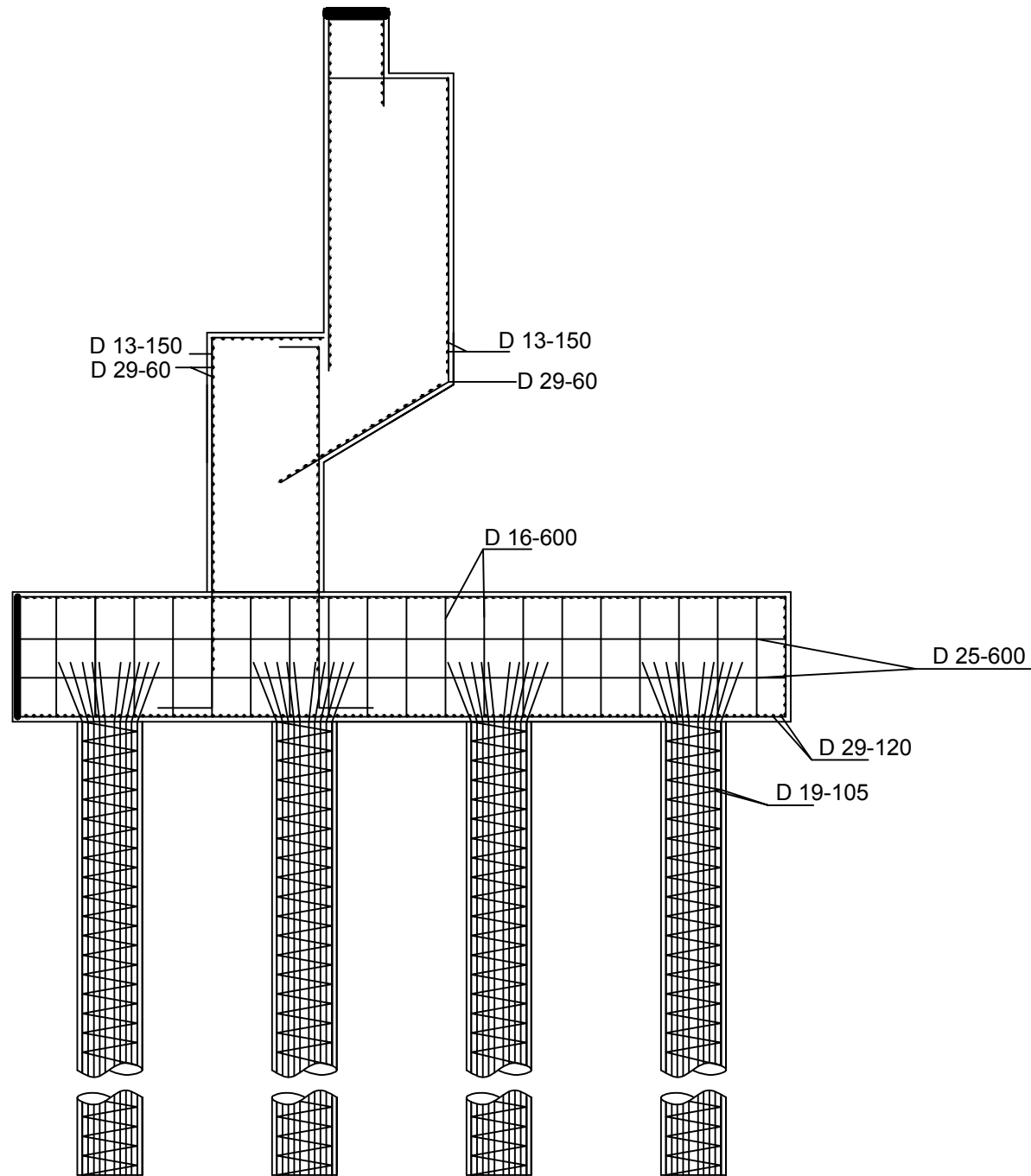
NO. GAMBAR	JML. GAMBAR
------------	-------------

21	21
----	----

SKALA	CATATAN
-------	---------

1:100	
-------	--

REVISI	TANGGAL
--------	---------





PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.2, Kampus ITS Sukotilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: PAK DJOKO IRWAN
NAMA MAHASISWA	: HELMI ZUMAR FAIRUZ SRADJ
NRP	: 3113100104
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERENCANAAN ULANG JEMBATAN MPICAN KEBIRI MENCEUNAKAN STRUKTUR BUSUR PANJANG AJA
TANGGAL PROPOSAL	: 27 JANUARI 2017
NO. SP-MMTA	: 014612

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	4/4/2017	- Analisis profil menggunakan SAP 2000 - Cek profilnya - ambil detail yg sesuai	}	
2	19/4/2017	- Analisa desain jembatan dengan SAP 2000		lengkapi ikatan angin.
3	28/4/2017	- Analisis profil di SAP2000 (OK) - kontrol profil rangka utama secara manual (Excel) - Merambatkan ikatan angin atas jembatan	}	28/4 
4	18/5/2017	- Portal Akhir, Kabel penggantung		18/5 
5	23/5/2017	- sambungan Balok - sambungan Ikatan Angin.	}	25/5 
6	2/6/2017	- Laporan sekunder		
7	8/6/2017	- Gambar Sambungan		
8	16/6/2017	- Laporan BAB III	Laporan lengkap + Gambar di cetak	

## **BIODATA PENULIS**



**Helmi Zumar Fairuz Siradj**

Penulis dilahirkan di Malang, tanggal 4 November 1995, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh Pendidikan formal, yaitu SDN Pepelegi 1 Sidoarjo, SMP Islam Al Falah Deltasari Sidoarjo, dan SMAN 15 Surabaya. Setelah lulus SMAN 15 Surabaya pada tahun 2013, penulis mengikuti SBMPTN (salah satu jalur masuk Program S1 ITS) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS, terdaftar dengan NRP 31 13 100 104. Di jurusan Teknik Sipil penulis

mengambil bidang studi Struktur. Penulis aktif dalam berbagai kepanitiaan di berbagai kegiatan yang ada selama menjadi mahasiswa. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi himpunan mahasiswa jurusan. Penulis pernah menjabat sebagai Staff Ahli Departemen Dana dan Usaha (DANUS LE-HMS) periode 2015-2016.

e-mail : [helmizumar04@gmail.com](mailto:helmizumar04@gmail.com)