



TUGAS AKHIR - RC14-1501

MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN TANJANGRONO MOJOKERTO DENGAN MENGUNAKAN RANGKA BAJA PROFIL BOX BAJA

ACHMAD KAMIL
NRP. 0311104000096

Dosen Pembimbing
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN
TANJANGRONO MOJOKERTO DENGAN
MENGUNAKAN RANGKA BAJA PROFIL BOX
BAJA**

ACHMAD KAMIL
NRP. 0311104000096

Dosen Pembimbing
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - RC14-1501

**MODIFICATION OF STRUCTURE
TANJANGRONO BRIDGE MOJOKERTO USING
STEEL TRUSS ARCH HOLLOW BOX SECTION**

ACHMAD KAMIL
NRP. 0311104000096

Major Supervisor
Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environment and Geo
Engineering Institute of Technology Sepuluh
Nopember Surabaya 2018

**MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN
TANJANGRONO MOJOKERTO DENGAN
MENGUNAKAN RANGKA BAJA PROFIL BOX
BAJA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ACHMAD KAMIL
NRP. 0311104000096

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Budi Suswanto, ST., MT, PH.D
NIP 197301281998021002



**SURABAYA
JUNI, 2018**

MODIFIKASI STRUKTUR JEMBATAN TANJANGRONO MOJOKERTO DENGAN MENGUNAKAN RANGKA BAJA PROFIL BOX BAJA

Nama : Achmad Kamil
NRP : 0311104000096
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Dosen Pembimbing : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

ABSTRAK

Pada perencanaan jembatan pelengkung baja dalam proposal tugas akhir ini dijelaskan perihal uraian proses perencanaan jembatan busur khususnya yang menggunakan rangka sebagai pemikul utamanya. Pada proses pendahuluan, diawali dengan penjelasan mengenai latar belakang pemilihan tipe jembatan, perumusan permasalahannya, tujuan perencanaan, hingga batasan masalah dari dibangunnya jembatan tersebut. Kemudian, dijelaskan perihal dasar-dasar perencanaan dengan pedoman yang digunakan yaitu BMS 1992 dan AISC-LRFD serta berbagai peraturan yang dikeluarkan oleh Badan Standar Nasional mengenai jembatan seperti RSNI T-02-2005, RSNI T-03-2005, SNI 03-2833-2013.

Dari data yang ada, direncanakan 1 segmen busur dengan panjang 120 m. Kemudian dilakukan preliminary design dengan menentukan dimensi – dimensi jembatannya. Tahap awal perencanaan adalah perencanaan bangunan atas yang terdiri dari lantai kendaraan dan trotoar, gelagar memanjang dan gelagar melintang, kemudian konstruksi pemikul utama. Analisa dengan menggunakan program SAP 2000 dilakukan setelah diketahui beban – beban yang bekerja pada konstruksi tersebut untuk mendapatkan gaya – gaya dalam yang bekerja, khususnya untuk konstruksi pemikul utama dan konstruksinya

Setelah gaya – gaya tersebut diketahui besarnya maka dilakukan perhitungan kontrol tegangan dan perhitungan sambungan. Untuk penampang rangkanya menggunakan elemen pipa baja dikarenakan bentuknya yang memiliki nilai arsitektural yang lebih.

Selanjutnya, dilakukan perencanaan perletakan, bangunan bawah dan pondasi. Untuk perletakan jembatan menggunakan Elastomeric Bearing Pad. Sedangkan bangunan bawah menggunakan pilar untuk meneruskan beban dari bangunan atas ke tanah pondasi yang menggunakan tiang bore pile sebagai pendukung konstruksinya.

Kata kunci : Rangka baja, Jembatan Busur, Box Baja

MODIFICATION OF STRUCTURE TANJANGRONO BRIDGE MOJOKERTO USING STEEL TRUSS ARCH HOLLOW BOX SECTION

Name : Achmad Kamil
NRP : 03111040000096
Department : Civil Engineering FTSLK – ITS
Major Supervisor : Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D.

ABSTRACT

In the planning of steel arch bridge in this final task proposal described about the description of the process of planning the arch bridge, especially using the frame as the main bearer. In the preliminary process, it begins with an explanation of the background of bridge type selection, the formulation of the problem, the purpose of planning, to the limits of the problem from the construction of the bridge. Subsequently, it was explained about the basics of planning with the guidelines used, namely BMS 1992 and AISC-LRFD and various regulations issued by the National Standards Board on bridges such as RSNI T-02-2005, RSNI T-03-2005, SNI 03-2833- 2013.

From the existing data, 1 arc segment is planned with a length of 120 m. Preliminary design is then done by determining the dimensions of the bridge. The initial stage of planning is the top building planning consisting of floor vehicles and sidewalks, elongated girder and transverse girders, then main bearings construction. The analysis using the SAP 2000 program is performed after diketahui loads that work on the construction to obtain inner forces that work, especially for the main bearer construction and secondary construction. After the forces are known magnitude then performed the calculation of voltage control and connection calculations. For cross-section of the frame using steel pipe elements because of its shape that has more architectural value.

Furthermore, the planning of the placement, bottom building and foundation. For bridge placement use Elastomeric Bearing Pad. While the lower building uses a pillar to continue the load from the upper building to the foundation ground using a bore pile as a supporter of its construction.

Keywords: Steel Truss, Arch Bridge, Steel Hollow Box

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkah, karunia, rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **Modifikasi Struktur Jembatan Tanjanganro Mojokerto dengan Menggunakan Rangka Baja Profil Box Baja** dengan baik dan tepat waktu. Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik bidang studi struktur program studi S1 Departemen Teknik Sipil FTSLK ITS.

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis tidak berjalan sendirian. Banyak pihak yang telah membantu proses pengerjaan Tugas Akhir ini hingga selesai. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas bantuan pihak-pihak yang senantiasa membantu dan membimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran dari pembaca demi kebaikan untuk kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa memberikan manfaat, baik bagi penulis maupun bagi para pembaca. Amin.

Surabaya, 22 Maret 2018

Hormat Kami,

Achmad Kamil

UCAPAN TERIMA KASIH

Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan Tugas Akhir hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, antara lain kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT, Yang selalu setia memberikan hidayah dan pertolongan-Nya dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Ibu kami tercinta, Rosmiah Yunus dan Bapak kami tersayang, Zainal Abidin Rauf serta kakak dan adik sekeluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan fasilitas demi memperlancar kegiatan belajar hingga Tugas Akhir ini selesai.
3. Keluarga Besar YusRa, Nenek, Om, Tante yang memberikan doa dan dukungan.
4. Paman kami Ashadi Yunus dan Tante Rasnah Yunus yang khusus datang dari jauh untuk membantu mensupport dan memberikan moral demi kelancaran tugas akhir ini.
5. Tante Nas dan keluarga yang mensupport fasilitas selama tinggal di Sidoarjo
6. Bapak Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D. sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang sabar dalam membimbing dan memberikan banyak ilmu demi kelancaran pengerjaan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Wahyu Herijanto, Ir., MT., sebagai dosen wali yang selalu memberikan support dan membimbing dalam bidang akademis.
8. Rekan-rekan angkatan 2010 Teknik Sipil ITS lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang berjuang bersama demi mencapai cita-cita.
9. Teman-teman Kos Tenggilis 48 yang selalu membantu dan menjadi penyemangat kelancaran Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	ix
UCAPAN TERIMA KASIH.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat.....	5

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum.....	7
2.1.1. Definisi jembatan	7
2.1.2. Klasifikasi jembatan	7
2.1.3. Bagian utama konstruksi jembatan	9
2.2. Jembatan Busur	10
2.2.1. Definisi jembatan busur.....	10
2.2.2. Bagian-bagian utama jembatan busur.....	10
2.3. Sambungan	13
2.3.1. Sambungan baut	14
2.3.2. Sambungan las.....	16
2.4. Abutmen dan Pier.....	20
2.5. Pondasi	21
2.5.1. Pemilihan Bentuk Pondasi.....	21
2.5.2. Pondasi Tiang dan Daya Dukungnya	24

2.5.3. Daya Dukung Tiang Kelompok.....	26
--	----

BAB III

METODOLOGI

3.1. Flow Chart.....	29
3.2. Umum.....	31
3.3. Metode Penyusunan	31
3.3.1. Studi literatur	31
3.3.2. Pengumpulan data.....	32
3.3.3. <i>Preliminary design</i>	32
3.3.4. Menentukan jenis pembebanan.....	35
3.3.5. Perencanaan struktur bangunan atas.....	43
3.3.6. Perencanaan perletakan dan perlengkapan penahan perletakan	44
3.3.7. Perencanaan struktur bangunan bawah	45

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

10. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan	47
4.1.1. Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan	48
4.1.2. Perhitungan Momen-Momen Arah Melintang	49
4.1.3. Perhitungan Penulangan Lentur Lantai Kendaraan	49
4.1.4. Kontrol Penulangan Geser (<i>Pons</i>) Pelat Lantai Kendaraan.....	51
4.2. Perencanaan Trotoar dan Pagar Pengaman Jembatan	52
4.2.1. Penulangan Trotoar (<i>Kerb</i>)	52
4.2.2. Perhitungan Sandaran.....	54
4.2.2.1. Kontrol Kekuatan Tiang Sandaran.....	56
4.3. Perencanaan Gelagar Memanjang Jembatan	58
4.3.1. Pembebanan Pada Gelagar Memanjang Jembatan	59
4.3.1.1. Beban Mati.....	59
4.3.1.2. Beban Hidup Ultimate	59
4.3.1.2.1. Beban Terbagi Rata (<i>UDL</i>)	59
4.3.1.2.2. Beban Garis (<i>KEL</i>)	59

4.3.1.2.3. Beban Truk (T)	60
4.3.2. Kontrol Profil Gelagar Memanjang.....	61
4.3.2.1. Kuat Rencana Momen Lentur	61
4.3.2.1. Kontrol Lateral Buckling	61
4.3.2.3. Kuat Rencana Geser.....	63
4.3.2.4. Lendutan Ijin.....	64
4.4 Perencanaan Gelagar Melintang Jembatan	65
4.4.1. Pembebanan Pada Gelagar Melintang Jembatan.....	66
4.4.1.1. Beban Mati.....	66
4.4.1.1.1. Beban Mati (Sebelum Komposit)	66
4.4.1.1.2. Beban Mati (Sesudah Komposit)	67
4.4.1.2. Beban Hidup (Sesudah Komposit)	67
4.4.1.3. Beban Truck “T”	70
4.4.2. Kontrol Profil Gelagar Melintang	70
4.4.2.1. Kuat Rencana Geser.....	70
4.4.2.2. Lendutan Ijin.....	70
4.4.2.3. Kuat Penampang	71
4.4.3. Kontrol Gaya Momen Sesudah Komposit	71
4.4.3.1. Perhitungan Lebar Efektif Plat.....	71
4.4.3.2. Perhitungan Kapasitas Momen Setelah Komposit	72
4.4.3.3. Perhitungan Kebutuhan <i>Shear Connector</i>	72
4.5. Perhitungan Beban Angin Rangka Busur	73
4.5.1. Gaya Angin Ultimate Pada Rangka Jembatan	73
4.5.2. Gaya Angin Ultimate Pada Lantai Kendaraan	73

BAB V

DESAIN RANGKA BAJA BUSUR JEMBATAN

5.1. Preliminary Design Busur Rangka Baja.....	75
5.1.1. Preliminary Design Busur Rangka Baja.....	75
5.1.2. Tinggi Tampang Busur Rangka (t)	76
5.2 Panjang Batang Penggantung Busur Rangka	76

5.2.1. Pembebanan Batang Penggantung Busur Rangka.....	79
5.2.1.1. Beban Mati.....	79
5.2.1.2. Beban Hidup	79
5.2.1.2.1. Beban Terbagi Rata (UDL)	79
5.2.1.2.2. Beban Garis (KEL)	79
5.2.1.3. Beban Lain-lain.....	80
5.3. Pra-Pemodelan Struktur Jembatan Busur.....	81
5.3.1. Pembebanan Struktur Utama.....	81
5.3.2. Desain Profil Rangka Utama Busur Jembatan	85
5.3.2.1. Batang 3399	87
5.3.2.2. Batang 3391	89
5.3.2.3. Batang 3419	90
5.3.2.4. Batang 3406	93
5.3.2.5. Batang 3396	95
5.3.2.6. Batang 3388	96
5.3.2.7. Batang 3418	98
5.3.2.8. Batang 3407	100
5.3.2.9. Batang 3393	102
5.3.2.10. Batang 3385	103
5.3.2.11. Batang 3412	105
5.3.2.12. Batang 3413	107
5.3.2.13. Batang 3392	109
5.3.2.14. Batang 3896	110
5.4. Perencanaan Struktur Sekunder Jembatan Busur.....	113
5.4.1. Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur Jembatan.....	113
5.4.2. Perencanaan Balok Portal Akhir	116
5.4.3. Lendutan Ijin Jembatan	122

BAB VI

PERENCANAAN SAMBUNGAN DAN PERLETAKAN

6.1. Umum.....	123
6.2. Sambungan Balok Memanjang dan Balok Melintang.....	123
6.2.1. Profil Balok Memanjang WF 400 x 300 x 10 x 16	123

6.2.2. Profil Balok Melintang WF 900 x 300 x 16 x 28....	124
6.2.3. Jarak Pemasangan Baut	125
6.2.4. Kontrol Pelat Siku Penyambung	126
6.3. Sambungan Ikatan Angin dan Ikatan Silang	126
6.3.1. Sambungan Ikatan Angin Rangka L 160x160x17 ..	126
6.3.2. Sambungan Ikatan Angin Rangka L 100x100x10 ..	127
6.3.3. Sambungan Balok Horizontal Ikatan Angin Rangka.....	128
6.3.4. Jarak Pemasangan Baut Ikatan Rangka.....	129
6.3.5. Kontrol Pelat Sambung Ikatan	129
6.3.6. Sambungan Ikatan Angin Lantai L 150x150x16	129
6.3.7. Kontrol Pelat Sambungan Ikatan Angin.....	130
6.3.8. Kontrol Pelat Sambung Ikatan Silang Akhir Batang.....	130
6.3.9. Jarak Pemasangan Baut Ikatan Lantai.....	131
6.4. Sambungan Balok Melintang dengan Rangka Utama.....	131
6.4.1. Sambungan Pada Batang Tarik Rangka Utama Baut Tipe A325.....	131
6.5. Sambungan Rangka Utama Busur Jembatan	133
6.5.1. Batang Tepi Bawah Rangka Utama	133
6.5.2. Batang Tarik Rangka Utama	134
6.5.3. Batang Vertikal Akhir Rangka Utama	134
6.5.4. Batang Tepi Atas Segmen 3 Rangka Utama	134
6.5.5. Batang Tepi Atas Segmen 2 Rangka Utama	135
6.5.7. Jarak Pemasangan Baut Diameter 32 mm.....	135
6.5.8. Batang Vertikal Rangka Utama.....	135
6.5.9. Batang Diagonal Rangka Utama	136
6.5.10. Jarak Pemasangan Baut Diameter 24 mm.....	136
6.6. Sambungan Portal Akhir Busur Jembatan	142
6.7. Perencanaan Perletakan.....	145
6.7.1. Pembebanan	145
6.7.1.1. Beban Total Struktur.....	145
6.7.1.2. Beban Gempa.....	146
6.7.1.2.1. Perhitungan Gaya Geser Total.....	147

6.7.1.2.2. Kombinasi Pembebanan Terbesar	148
6.7.2. Perencanaan Elastomer	148
6.7.3. Kontrol Elastomer	149
6.7.3.1. Kontrol Faktor Bentuk Elastomer.....	150
6.7.3.2. Regangan Geser Tekan (ϵ_{SC})	150
6.7.3.3. Regangan Geser Torsi (ϵ_{SR})	151
6.7.3.4. Regangan Geser Tangensial (ϵ_{SH})	151
6.7.4. Tebal Minimum Pelat Baja	152
6.7.5. Persyaratan Penahan Perletakan.....	152

BAB VII

PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN

7.1. Analisa Tanah.....	153
7.2. Korelasi SPT dengan Jenis Tanah	153
7.3. Daya Dukung Pondasi Dalam	154
7.3.1. Perumusan Daya Dukung Tanah.....	154
7.3.2. Perumusan Daya Dukung Tiang Pondasi.....	159
7.4. Pembebanan Struktur Bangunan Bawah Jembatan	162
7.4.1. Beban Akibat Kombinasi Pembebanan.....	162
7.4.2. Beban Gesekan.....	162
7.4.3. Gaya Rem (TB)	163
7.4.4. Beban Gempa	164
7.4.4.1. Kombinasi Pengaruh Gaya Gempa.....	166
7.5. Desain Pilar Jembatan	169
7.6. Repetisi Beban Di Atas Tiang Kelompok	172
7.6.1. Efisiensi Tiang Pancang Kelompok	175
7.6.2. Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang	175
7.6.2.1. Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang Terhadap Kelompok.....	175
7.7. Penulangan Pilar Jembatan.....	176
7.7.1. Penulangan Dinding Pilar.....	176
7.7.1.1. Tulangan Utama Pilar	176
7.7.2. Penulangan Poer.....	177
7.7.2.1. Tulangan Utama Poer Arah X.....	178
7.7.2.1. Tulangan Tekan Poer Arah X	178

7.7.3 Tulangan Utama Poer Arah Y	179
7.7.3.1 Tulangan Tekan Poer Arah Y	179

BAB VIII

KESIMPULAN

8.1. Kesimpulan.....	181
----------------------	-----

BAB IX

SARAN

9.1 Saran.....	183
----------------	-----

DAFTAR PUSTAKA.....	185
---------------------	-----

GAMBAR KONSTRUKSI	
-------------------------	--

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Jembatan Tanjanganro Jalan Raya Mojokerto - Sidoarjo	1
Gambar 2.1	Contoh deck arch pada Zhijinghe ArchBridgeChina	11
Gambar 2.2	Contoh Through arch pada jembatan Usk Bridge Newport di Inggris	11
Gambar 2.3	Contoh a half – through arch Sydney Harbour di Australia	12
Gambar 2.4	Bagian-bagian detail baut secara umum.....	14
Gambar 2.5	Jarak lubang baut.....	15
Gambar 2.6	Transisi ketebalan las tumpul yang memikul gaya tarik	17
Gambar 2.7	Ukuran las sudut.....	19
Gambar 2.8	Bentuk umum abutment (kepala jembatan)	20
Gambar 2.9	Contoh-contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi cukup dangkal	22
Gambar 2.10	Contoh-contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi 10 m di bawah permukaan tanah	22
Gambar 2.11	Contoh-contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi 20 m di bawah permukaan tanah	23
Gambar 2.12	Contoh-contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi 30 meter di bawah permukaan tanah ...	23
Gambar 3.1	Potongan memanjang dan ikatan angin desain jembatan Tanjanganro.....	23
Gambar 3.2	Penyebaran pembebanan pada arah melintang (RSNi T-02-2005)	34
Gambar 3.3	Gaya rem (RSNi T-02-2005)	35
Gambar 3.4	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	38
Gambar 3.5	Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	39

Gambar 3.6	Peta respons spektra percepatan 1detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	39
Gambar 4.1	Pelat Lantai Kendaraan	47
Gambar 4.2	Tiang dan Pipa Sandaran.....	54
Gambar 4.3	Beban yang Bekerja pada Tiang Sandaran.....	55
Gambar 4.4	Garis Pengaruh Akibat Beban Hidup.....	60
Gambar 4.5	Titik Momen Absolut pada Bentang Panjang ...	62
Gambar 4.6	Struktur Balok Sebelum Komposit	66
Gambar 4.7	Beban Mati Melintang Gelagar Setelah Komposit	67
Gambar 4.8	Kombinasi Beban UDL & KEL (simetris)	68
Gambar 4.9	Kombinasi Beban UDL & KEL (asimetris)	69
Gambar 5.1	Sketsa Konstruksi Pemikul Utama Rangka Busur Baja Jembatan Tanjanganrono	76
Gambar 5.2	Material Baja Ulir (<i>Threadbar</i>) untuk Penggantung Busur	78
Gambar 5.3	Ilustrasi Baja Ulir (<i>Threadbar</i>) untuk Penggantung Busur	78
Gambar 5.4	Denah Pembalokan Jembatan Busur Rangka Tanjanganrono Mojokerto.....	81
Gambar 5.5	Ilustrasi Penampang box Rangka Utama Jembatan Busur	85
Gambar 5.6	Letak Batang 3399 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	87
Gambar 5.7	Letak Batang 3391 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	89
Gambar 5.8	Letak Batang 3419 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	90
Gambar 5.9	Letak Batang 3406 pada Rangka Busur Utama Gaya Aksial Batang.....	93
Gambar 5.10	Letak Batang 3396 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	95
Gambar 5.11	Letak Batang 3388 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	96

Gambar 5.12	Letak Batang 3418 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	98
Gambar 5.13	Letak Batang 3407 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	100
Gambar 5.14	Letak Batang 3393 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	102
Gambar 5.15	Letak Batang 3385 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	103
Gambar 5.16	Letak Batang 3412 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	105
Gambar 5.17	Letak Batang 3413 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	107
Gambar 5.18	Letak Batang 3392 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	109
Gambar 5.19	Letak Batang 3896 pada Rangka Busur Utama Jembatan.....	110
Gambar 6.1	Sambungan Balok Memanjang ke Balok Melintang	124
Gambar 6.2	Sambungan Balok Melintang ke Balok Memanjang.....	125
Gambar 6.3	Sambungan Ikatan Angin Rangka Jembatan	127
Gambar 6.4	Sambungan Ikatan Silang Ikatan Angin Rangka Jembatan.....	128
Gambar 6.5	Sambungan Ikatan Angin Lantai Kendaraan	130
Gambar 6.6	Denah Detail Sambungan Rangka Utama	137
Gambar 6.7	Detail Sambungan G Rangka Utama Jembatan	138
Gambar 6.8	Detail Sambungan H Rangka Utama Jembatan	138
Gambar 6.9	Detail Sambungan I Rangka Utama Jembatan	139

Gambar 6.10	Detail Sambungan J Rangka Utama Jembatan	139
Gambar 6.11	Detail Sambungan K Rangka Utama.....	140
Gambar 6.12	Detail Sambungan L Rangka Utama.....	140
Gambar 6.13	Detail Sambungan M Rangka Utama.....	141
Gambar 6.14	Detail Sambungan N Rangka Utama.....	141
Gambar 6.15	Ilustrasi Gaya yang Bekerja pada Portal Akhir	142
Gambar 6.16	Ilustrasi Cara Pendekatan Baut Portal Akhir....	144
Gambar 6.17	Sambungan Portal Akhir Jembatan	145
Gambar 6.18	Elastomer dengan <i>Sliding Surface</i> (<i>Sumber: Freyssinet Technology</i>)	148
Gambar 7.1	Grafik Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dalam	158
Gambar 7.2	<i>Section Properties</i> dari Tiang Pancang (<i>Sumber: PT Wijaya Karya Beton</i>)	159
Gambar 7.3	<i>Section Properties</i> dari Tiang Pancang (<i>Sumber: PT Wijaya Karya Beton</i>)	159
Gambar 7.4	Peta (PGA) untuk probabilitas 7% dalam 75 tahun.....	164
Gambar 7.5	Peta respons spectra percepatan 0.2 detik untuk probabilitas 7% dalam 75 tahun	165
Gambar 7.6	Desain Pilar Jembatan	169
Gambar 7.7	Sketsa Rencana Denah Tiang Pancang Pilar	172
Gambar 7.8	Denah Tiang Pancang arah X.....	178
Gambar 7.9	Denah Tiang Pancang arah Y	179

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Luas baut	16
Tabel 2.2	Ukuran minimum las sudut (RSNI 03-2005) .	19
Tabel 3.1	Kecepatan angin rencana (RSNI T-02-2005) ..	36
Tabel 3.2	Koefisien seret (RSNI T-02-2005)	36
Tabel 3.3	Penjelasan Peta gempa 2010 (SNI 2833 2013)	38
Tabel 3.4	Kombinasi Beban Ultimate	40
Tabel 4.1	Data Perencanaan Penulangan Lentur Lantai Kendaraan	49
Tabel 4.2	Data Perencanaan Penulangan Trotoar.....	52
Tabel 4.3	Data Perencanaan Tiang Sandaran	54
Tabel 4.4	Data Perencanaan Penulangan Geser dan Tiang Sandaran	57
Tabel 4.5	Perencanaan gelagar memanjang jembatan.....	57
Tabel 4.6	Data Detail Profil WF 400	58
Tabel 4.7	Data Detail Profil WF 700	65
Tabel 5.1	Panjang <u>Penggantung Busur</u> Rangka Jembatan	77
Tabel 5.2	Data Teknis untuk Material Baja Penggantung <i>DYWIDAG Prestressing System</i>	78
Tabel 5.3	Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal.....	83
Tabel 5.4	Sifat Bahan Rata-rata akibat Pengaruh Temperatur	83
Tabel 5.5	Brosur baja kotak PT. Gunung Raja Paksi Steel	85
Tabel 5.6	Brosur baja kotak PT. Gunung Raja Paksi Steel	86
Tabel 6.1	Tipe-tipe Baut.....	123
Tabel 6.2	Ukuran Minimum Las Sudut.....	123
Tabel 6.3	Sifat-sifat dari Elastomer.....	149
Tabel 7.1	Data Nilai N-SPT per Kedalaman 2 meter.....	153
Tabel 7.2	SPT dan Korelasinya (J.E.Bowles, 1984)	153
Tabel 7.3	Base coefficient α Decourt et all (1996)	155
Tabel 7.4	Shaft coefficient β Decourt et all (1996)	156

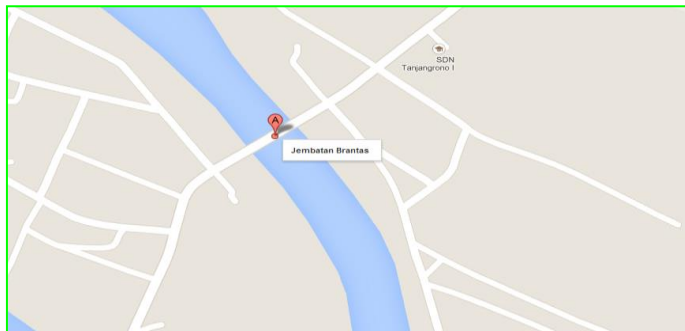
Tabel 7.5	Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dalam Diameter 0.6 meter	156
Tabel 7.6	Klasifikasi dari Tiang Pancang PT. WIKA Beton (<i>Sumber: PT Wijaya Karya Beton</i>)	160
Tabel 7.7	Berat Total Struktur Akibat Kombinasi Beban	162
Tabel 7.8	Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)	165
Tabel 7.9	Faktor modifikasi respons (R) untuk bangunan bawah	166
Tabel 7.10	Faktor modifikasi respons (R) untuk hubungan antar elemen struktur.....	166
Tabel 7.11	Kombinasi Pembebanan Gempa pada SAP 2000	168
Tabel 7.12	Berat Headstock	170
Tabel 7.13	Berat Pier Wall	171
Tabel 7.14	Berat Pile Cap	171
Tabel 7.15	Total Berat Struktur Bawah dan Total Beban Struktur Keseluruhan.....	171
Tabel 7.16	Beban Hidup dan Beban Mati pada SAP 2000	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Mojokerto - Sidoarjo merupakan salah satu daerah di Jawa Timur yang memiliki pertumbuhan perekonomian dan mobilitas yang sangat berkembang. Pengembangan potensi yang ada di wilayah perbatasan tersebut secara langsung akan memberikan dampak pada perkembangan perekonomian daerah (<http://datapenelitianssidoarjo.net>). Sehingga pemerintah kabupaten Mojokerto mengupayakan pembangunan sarana dan prasarana transportasi yang mendukung. Hal ini perlu dilakukan untuk memperlancar hubungan antar satu daerah atau lebih ke daerah yang lain di kabupaten Mojokerto dan Sidoarjo. Kecamatan Krembung dan kecamatan Ngoro merupakan titik penghubung antara kecamatan yang lain, akan tetapi ke dua kecamatan ini dipisahkan oleh sungai Brantas. Oleh karena itu perlu adanya pembangunan jembatan sebagai penghubung antara kecamatan Krembung dan kecamatan Ngoro untuk mendukung perekonomian dan mobilitas antar daerah di Kabupaten Mojokerto dan Sidoarjo.



Gambar 1.1

Lokasi Jembatan Tanjungrono Jalan Raya Mojokerto - Sidoarjo

(Sumber: www.maps.google.co.id)

Untuk mendapatkan suatu desain jembatan yang baik dan memenuhi persyaratan keamanan dan kenyamanan seperti yang sesuai dengan peraturan yang berlaku, maka perlu didesain dimensi serta kebutuhan tulangan plat, balok, tiang sandaran, pilar, abutment dan bagian jembatan lainnya yang sesuai dengan prosedur yang ada pada peraturan yang berlaku.

Jembatan Tanggung memiliki panjang total 190m dan lebar 8,5m yang terbagi menjadi 4 bentang terdiri dari dua bentang tengah yaitu 60m dan dua bentang yang lain masing-masing 35m. Pada tugas akhir ini Jembatan Tanggung akan didesain ulang dengan menggunakan busur rangka bentang panjang. Metode busur rangka batang digunakan untuk jembatan ini dikarenakan dengan metode tersebut dapat digunakan untuk bentang yang panjang, dengan mengambil keuntungan timbulnya gaya tekan pada struktur lengkungnya (Victor, 1980). Bentuk busur pada jembatan dimaksudkan untuk mengurangi momen lentur di lapangan akibat gaya aksial dan gaya normal pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan gelagar parallel (Diktat Kuliah Rekayasa Jembatan Bentang Panjang PS1391 ed. Mei, 2007 Jurusan Teknik Sipil ITS). Konstruksi busur didefinisikan sebagai bukaan bentang anggota struktur dan bekerja sebagai penopang bagi beban di atas bukaan tersebut dan konstruksi tersebut dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja (Sumargono 2000). Dikarenakan bentuknya yang unik, jembatan busur memiliki nilai lebih dalam bentuk arsitekturalnya dan dapat dijadikan sebagai ikon kota, sebagai contohnya jembatan Palu IV di Sulawesi Tengah yang merupakan ikon dari kota Palu.

1.2. Perumusan Masalah

Dalam perencanaan jembatan Tangangrono yang berbentuk busur rangka batang, perlu adanya suatu perhitungan khusus sehingga didapatkan suatu desain jembatan busur rangka batang baja beserta pilar yang baik serta memenuhi standar yang telah disyaratkan dalam peraturan yang berlaku.

Pada perencanaan jembatan Tangangrono ini yang berupa busur rangka batang baja perlu adanya desain yang baik. Hal tersebut meliputi :

1. Bagaimana merancang lay out awal struktur jembatan busur yang sesuai dengan kondisi lapangan dengan lantai kendaraan di bawah dan menggunakan batang tarik?
2. Bagaimana menentukan asumsi pembebanan jembatan busur?
3. Bagaimana menentukan profil dan sambungan pada konstruksi busur yang efisien dengan mengacu RSNI T-02-2005?
4. Bagaimana mengontrol kekuatan profil dan sambungan struktur terhadap gaya dalam dengan mengacu peraturan yang ada?
5. Bagaimana merencanakan pilar jembatan?
6. Bagaimana mengontrol kekuatan jembatan dengan mengacu peraturan yang ada?
7. Bagaimana menuangkan hasil perhitungan desain dan analisa ke dalam bentuk visual gambar teknik yang sesuai dengan standar?

1.3. Tujuan

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

Secara khusus, tujuan perencanaan Jembatan Tangangrono ini adalah :

1. Dapat merancang lay out awal struktur jembatan busur yang sesuai dengan kondisi lapangan dengan lantai kendaraan di bawah dan menggunakan batang tarik.
2. Dapat menentukan asumsi pembebanan jembatan busur.
3. Dapat menentukan profil dan sambungan pada konstruksi busur yang efisien dengan mengacu RSNI T-02-2005.
4. Dapat mengontrol kekuatan profil dan sambungan struktur terhadap gaya dalam dengan mengacu peraturan yang ada.
5. Dapat merencanakan pilar jembatan.
6. Dapat mengontrol kekuatan jembatan dengan mengacu peraturan yang ada
7. Menghasilkan gambar teknik yang sesuai dengan hasil perhitungan dan desain yang ada

1.4. Batasan Masalah

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

1. Tugas Akhir ini hanya perencanaan teknik saja, tidak membahas dalam segi biaya dan waktu.
2. Perencanaan tidak meliputi metode pelaksanaan pembangunan.
3. Perhitungan sambungan dibatasi pada bagian-bagian tertentu yang dianggap mewakili keseluruhan.
4. Perhitungan beban rangka untuk pondasi hanya memakai bentang yang tengah saja, untuk beban rangka yang lainnya memakai data yang sudah ada.

1.5. Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari modifikasi struktur Jembatan Tanjanganrono adalah kehidupan perekonomian masyarakat kabupaten Sidoarjo dan Mojokerto akan berkembang karena tersedianya jembatan yang mampu memfasilitasi mereka untuk beraktivitas tanpa adanya kendala. Selain itu diharapkan dengan adanya jembatan ini dapat dijadikan daya tarik wisatawan dikarenakan bentuknya yang unik.

Penggunaan metode busur rangka batang bentang panjang jembatan menguntungkan karena bentang panjang jembatan tidak memerlukan adanya pilar ditengah. Karena dengan adanya pilar akan dapat mengganggu aliran sungai. Resiko kegagalan struktur akibat tergerusnya lapisan bawah pilar dapat dihindari. Selain itu penggunaan elemen pipa pada rangka batangnya memberikan kesan arsitektural yang lebih.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

2.1.1 Definisi jembatan

Pengertian jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan alur jalan dengan melintasi rintangan yang ada seperti lembah, alur sungai, selat, laut, danau, saluran irigasi, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan sebagainya tanpa harus menutup rintangan yang ada.

Dalam merencanakan sebuah jembatan terdapat beberapa pertimbangan yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan, tingkat kebutuhan, serta kemampuan dalam segi ekonomis maupun teknis. Dalam perkembangannya terdapat berbagai macam dan bentuk serta bahan jembatan yang digunakan mengalami perubahan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi konstruksi.

2.1.2 Klasifikasi jembatan

Berdasarkan fungsinya jembatan dibagi menjadi :

- a) Jembatan yang melintasi air (sungai, laut dan sebagainya) (*aqueduct*)a
- b) Jembatan yang melintasi jalan lainnya, biasa disebut viaduk (*viaduct*)
- c) Jembatan yang untuk lalu lintas kendaraan bermotor (*highway bridge*)
- d) Jembatan pejalan kaki (*pedestrian bridge*)

Berdasarkan bahan konstruksinya jembatan bisa dikelompokkan menjadi:

- a) Jembatan yang terbuat beton, dimana termasuk beton bertulang dan beton prategang.
- b) Jembatan yang terbuat dari Baja. Jembatan Baja bukan berarti jembatan tersebut menggunakan bahan konstruksi Baja pada

semua komponennya. Umumnya pelat deknya menggunakan beton bertulang yang didukung oleh balok Baja *stringer*. Jembatan dengan Rangka batang umumnya terbuat dari Baja.

- c) Jembatan yang terbuat dari kayu
- d) Jembatan yang terbuat dari bahan komposit

Berdasarkan bentuk dari struktur atasnya (*superstructures*) jembatan dibagi menjadi:

- a) jembatan yang struktur atasnya terbuat dari pelat
- b) jembatan yang struktur atasnya terbuat dari balok
- c) jembatan yang struktur atasnya terbuat dari rangka batang
- d) jembatan yang struktur atasnya terbuat dari pelengkung (*arch*)
- e) jembatan yang struktur atasnya menggunakan system penggantung, jembatan gantung (*suspension bridge*)
- f) jembatan yang struktur atasnya berbentuk *cable-stayed*

Berdasarkan panjang bentangnya jembatan dibagi menjadi:

- a) jembatan dengan bentang pendek (kurang dari 40 m)
- b) jembatan dengan bentang menengah (antara 40 m sampai 120 m)
- c) jembatan dengan bentang panjang (lebih dari 120 m)

Sejalan dengan perkembangan teknologi yang berhubungan dengan jembatan, maka baik dari segi struktur maupun metode konstruksi jembatan juga terus berkembang. Jembatan telah dibangun pada periode dimana ilmu struktur analisis belum ditemukan. Jembatan yang dibangun pada era tersebut umumnya mempunyai bentuk struktur yang sederhana (misalnya menggunakan struktur balok sederhana dengan tumpuan yang terbuat secara alami) dan dirancang hanya berdasarkan pengalaman dan coba-coba. Sejalan dengan teknologi yang terus berkembang, struktur dan bentuk jembatan yang dibangunpun semakin beragam dan kompleks. Meskipun begitu, hal-hal dasar

yang umumnya mempengaruhi pemilihan tipe struktur dan bentuknya adalah panjang bentang, kondisi kontur permukaan tahanan dan juga besar dan/atau jenis lalu-lintasnya.

2.1.3 Bagian utama konstruksi jembatan

Secara umum suatu jembatan terdiri atas beberapa bagian konstruksi dasar:

a. Konstruksi bagian atas (*superstructure*)

Superstructure merupakan bagian yang menerima beban langsung meliputi berat sendiri, beban mati, beban mati tambahan, beban lalu lintas kendaraan, gaya rem dan beban pejalan kaki. Konstruksi bagian atas meliputi trotoar (sandaran dan tiang sandaran, kerb, dan slab lantai trotoar), handrail, deck slab, steel girder, balok gelagar, ikatan pengaku (ikatan angin, Ikatan rem, Ikatan tumbukan) dan perletakan.

b. Konstruksi bagian bawah (*substructure*)

Konstruksi bagian bawah berfungsi untuk memikul atau mendukung bagian atas dan meneruskan beban ke bagian pondasi sebelum diteruskan ke tanah dasar. Beberapa *Substructure* antara lain: pile cap, abutment, pier (pilar), dan wingwall.

c. Pondasi

Pondasi pada jembatan pada umumnya berupa pondasi tiang pancang atau pondasi yang dibor (bored pile).

2.2 Jembatan Busur

2.2.1 Definisi jembatan busur

Konstruksi busur didefinisikan sebagai bukaan bentang anggota struktur dan bekerja sebagai penopang bagi beban di atas bukaan tersebut dan konstruksi tersebut dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja (Diktat kuliah, Djoko Irawan).

Jembatan busur memiliki konstruksi yang efektif untuk jembatan dengan bentang yang panjang dan dapat mengurangi momen lentur di lapangan akibat gaya aksial dan gaya normal pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibanding gelagar paralel, serta manfaat yang lain yaitu dapat menghilangkan kebutuhan pilar jembatan. Selain itu jembatan busur sendiri memiliki nilai lebih dalam segi arsitektural.

2.2.2 Bagian – Bagian Utama Jembatan Busur

1. Deck

Bagian ini yang menerima langsung beban lalu lintas dan melindungi terhadap keausan. Untuk konstruksi jembatan biasanya deck menggunakan pelat dari beton bertulang atau pelat baja.

Berdasarkan letak lantai kendaraannya, ada beberapa bentuk jenis jembatan busur yang umum dipakai, Pertimbangan letak lantai kendaraan mengacu pada kondisi tanah dasar dan ketinggian tebing sungai untuk menghindari terendamnya kaki busur.

- a. *Deck Arch* adalah jenis jembatan busur dimana letak lantainya berada pada bagian paling atas busur (lihat gambar 2.1).



(sumber: www.skyscrapercity.com)

Gambar 2.1 Contoh deck arch pada Zhijinghe ArchBridge di China

- b. Through Arch* merupakan jembatan busur dimana letak lantainya berada tepat di springline busurnya (lihat gambar 2.2).



(sumber : www.steelconstruction.info)

Gambar 2.2 Contoh Through arch pada jembatan Usk Bridge Newport di Inggris

- c. *A Half – Through Arch* termasuk satu jenis jembatan busur dimana lantai kendaraannya berada di antara springline dan bagian busur jembatan, atau berada di tengah-tengah.(lihat gambar 2.3).



(sumber : www.harbourrocks.com)

Gambar 2.3 Contoh *a half – through arch* Sydney Harbour di Australia

2. Batang Lengkung

Merupakan bagian dari struktur jembatan busur yang sangat penting karena berfungsi sebagai pemikul utama seluruh beban sepanjang jembatan sebelum didistribusikan ke bagian bawah jembatan (substruktur). Bagian struktur ini mampu mengubah gaya-gaya yang bekerja dari beban vertikal menjadi gaya horizontal tekan. Berdasarkan jenis penampangnya batang lengkung dibagi menjadi tiga:

- a. Dinding Penuh
- b. Box
- c. Rangka
- d. *Pier / Abutmen*

Struktur bagian bawah jembatan yang berfungsi menyangga deck langsung dan menyalurkan semua beban yang

diterima dari struktur atas untuk diteruskan ke bagian pondasi. Untuk pekerjaan *pier* dapat dilaksanakan lebih dahulu beserta deck girdernya. Bagian ini biasanya dimanfaatkan untuk membantu *erection* batang lengkungnya.

3. Pondasi

Untuk kondisi tanah yang kurang mendukung, pondasi menggunakan pondasi dalam, biasanya berupa tiang pancang.

2.3 Sambungan

Setiap struktur adalah gabungan dari bagian-bagian tersendiri atau batang-batang yang harus disambung bersama (biasanya di ujung batang) dengan beberapa cara. Salah satu cara yang digunakan adalah pengelasan, cara lain ialah menggunakan alat penyambung seperti paku keling dan baut (Salmon, Johnson, dan Malhas 2009).

Fungsi sambungan, disamping menyatukan element-element pada suatu konstruksi menjadi satu kesatuan, juga berfungsi sebagai penyalur beban dari satu bagian ke bagian yang lain

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

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

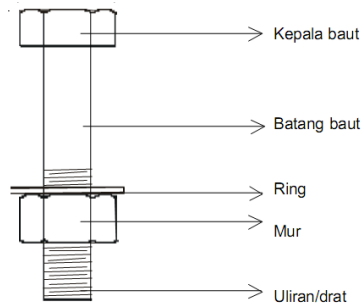
Menurut RSNI T-03-2005 kuat rencana setiap komponen sambungan tidak boleh kurang dari beban terfaktor yang dihitung. Perencanaan sambungan harus memenuhi persyaratan berikut:

- a. gaya dalam yang disalurkan berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhitungkan sambungan

- b. deformasi pada sambungan masih berada dalam batas kemampuan deformasi sambungan
- c. sambungan dan komponen yang berdekatan harus mampu memikul gaya-gaya yang bekerja dengan memperhitungkannya.

2.3.1 Sambungan Baut

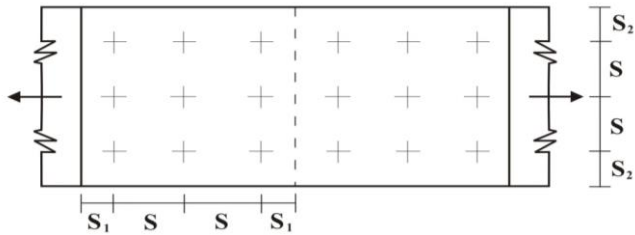
Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci (lihat gambar 2.4). Ada dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja. Pertama adalah baut biasa yang dipakai pada struktur 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. (Agus Setiawan 2008)



Gambar 2.4 Bagian-bagian detail baut secara umum

Untuk profil yang penyambungannya dilakukan dengan alat sambung baut, profil baja perlu dilubangi sehingga terdapat ketentuan jarak lubang baut dari as ke as dan jarak lubang baut ke

tepi pelat yang ditentukan pada peraturan SNI 03-1729-2002 bab 13.4 dengan penjelasan sebagai berikut (lihat gambar 2.5).



Gambar 2.5 Jarak lubang baut

$$3 d_b \leq S \leq 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm} \quad (2.1)$$

$$1.5 d_b \leq S_1 \leq (4 t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm} \quad (2.2)$$

$$n d_b \leq S_2 \leq 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}, \quad (2.3)$$

- untuk tepi dipotong dengan tangan, $n = 1.75$
- untuk tepi dipotong dengan mesin, $n = 1.50$
- tepi profil bukan dari hasil potongan, $n = 1.25$

Luas baut metrik umum diberikan dalam tabel 2.1. Tarikan baut minimum diperlukan untuk baut metrik dalam sambungan.

Tabel 2.1 Luas baut

Diameter Nominal Baut d_f (1)	Luas Baut mm^2		
	A_s (2)	A_s (3)	A_b (4)
M16	144	157	201
M20	225	245	314
M24	324	353	452
M30	519	561	706
M36	759	817	1016

Catatan :

A_s (2) = Luas inti baut, diukur pada diameter lebih kecil dari benang.

A_s (3) = Luas untuk menghitung kekuatan tarik.

A_b (4) = Luas bagian polos nominal baut berdasarkan diameter nominal baut.

Beberapa kelebihan sambungan menggunakan baut antara lain :

- Lebih mudah dalam pemasangan konstruksi di lapangan.
- Konstruksi sambungan baut dapat dibongkar-pasang.
- Dapat dipakai untuk menyambung dengan jumlah tebal baja $> 4d$ (tidak seperti paku keling yang dibatasi maksimum $4d$)
- Baut jenis Baut Pass kuat digunakan untuk
- konstruksi berat, termasuk jembatan.

2.3.2 Sambungan Las

Proses pengelasan merupakan 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 :

1. Las Tumpul

Las tumpul adalah las yang dibuat pada celah antara ujung-ujung yang bersebelahan, tepi-tepi, atau permukaan dua bagian yang akan digabung pada *jointbutt* . Las tumpul dapat

diklasifikasikan menjadi dua, yakni las tumpul penetrasi penuh dan las tumpul penetrasi sebagian.

Las tumpul penetrasi penuh adalah las tumpul di mana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang 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 untuk las tumpul penetrasi penuh adalah ukuran las. Kuat las tumpul penetrasi penuh berdasarkan SNI 03-1729-2002 adalah sebagai berikut:

- Bila sambungan dibebani dengan gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif maka,

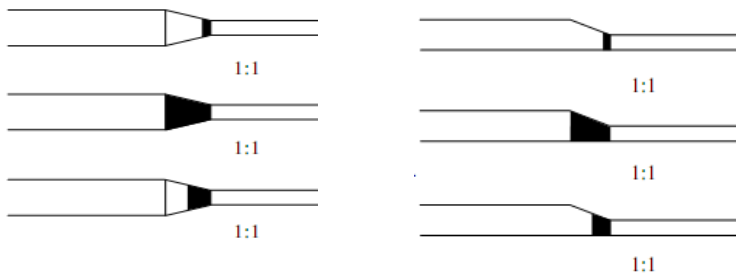
$$\varphi_y R_{nw} = 0.9 t f_y \text{ (bahan dasar)} \quad (2.4)$$

$$\varphi_y R_{nw} = 0.9 t f_{yw} \text{ (las)} \quad (2.5)$$

- Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif maka,

$$\varphi_y R_{nw} = 0.9 t_t (0.6 f_y) \text{ (bahan dasar)} \quad (2.6)$$

$$\varphi_y R_{nw} = 0.8 t_t (0.6 f_{uw}) \text{ (las)} \quad (2.7)$$



Gambar 2.6 Transisi ketebalan las tumpul yang memikul gaya tarik

Las tumpul penetrasi sebagian adalah las tumpul di mana kedalaman penetrasi lebih kecil daripada kedalaman penuh sambungan. Tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi sebagian ditetapkan berdasarkan SNI 03-1729-2002 :

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

Satu sisi: $t_t = (d - 3)$ mm

Dua sisi: $t_t = (d_3 + d_4 - 6)$ mm

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

Satu sisi: $t_t = d$ mm

Dua sisi: $t_t = (d_3 + d_4)$ mm

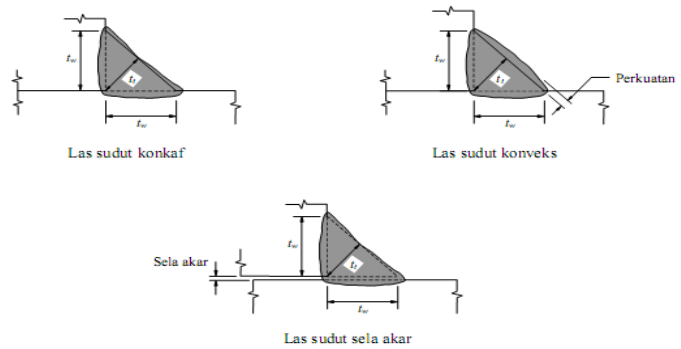
dengan d adalah kedalaman yang dipersiapkan untuk las (d_3 dan d_4 adalah nilai untuk tiap sisi las).

Ada beberapa bahan las tumpul yang dipakai, antara lain F_{E60XX} , F_{E70XX} , F_{E80XX} , F_{E90XX} , F_{E100XX} , F_{E110XX} . E adalah Elektrode, sedangkan 60 – 110 menunjukkan kekuatan tarik minimum dalam KSI (1 ksi = 70.3 kg/cm²), dan digit dibelakangnya xx menunjukkan tipe coatingnya (Marwan dan Isdarmanu 2006)

2. Las Sudut

Las sudut adalah las yang secara teoritis mempunyai penampang melintang segitiga, yang menggabungkan dua permukaan yang kurang lebih mempunyai sudut siku, yaitu pada join lap, tee (T), dan *corner* (pojok).

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 gambar 2.7). Bila kakinya sama panjang, ukurannya adalah tw . Bila terdapat sela akar, ukuran tw diberikan oleh panjang kaki segitiga yang terbentuk dengan mengurangi sela akar seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.7 (SNI 03-1729-2002).



Gambar 2.7 Ukuran las sudut

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 2.2 Ukuran minimum las sudut (RSNI 03-2005)

Tebal Bagian Paling Tebal t mm	Ukuran Minimum Las Sudut t_w mm
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t \leq 20$	6
$20 < t \leq 40$	8
$40 < t \leq 60$	10
$60 < t \leq 70$	12

Beberapa kelebihan sambungan yang menggunakan las :

- Konstruksi sambungan memiliki bentuk lebih rapi.
- Konstruksi baja dengan sambungan las memiliki berat lebih ringan, hanya berkisar 1 – 1,5% dari berat konstruksi,

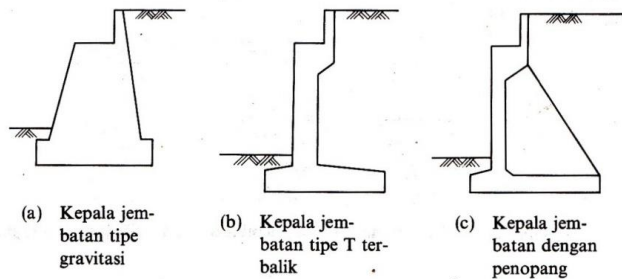
sedang dengan paku keling / baut berkisar 2,5 – 4% dari berat konstruksi.

- Pengerjaan konstruksi relatif lebih cepat (tidakperlu membuat lubang-lubang baut, tak perlu memasang potongan baja siku / pelat penyambung, dan sebagainya).
- Luas penampang batang baja tetap utuh karena tidak dilubangi, sehingga kekuatannya utuh.

2.4 *Abutment dan Pier*

Abutment (kepala jembatan) adalah suatu bangunan yang meneruskan beban (beban mati dan beban hidup) dari bangunan atas dan tekanan tanah. Sedangkan *pier* (pilar jembatan) adalah suatu bangunan yang terutama meneruskan beban dari bangunan atas ke tanah pondasi. (Nakazawa. Kazuto, Sosrodarsono, Suyono. 2000)

Ada berbagai bentuk dan jenis abutment dan pilar, tetapi dalam pemilihannya perlu dipertimbangkan tinggi, macam bangunan atas, kondisi tanah pondasi, demikian pula kondisi bangunannya. Bentuk struktur dari kepala jembatan yang umum, diperlihatkan dalam gambar 2.8



Gambar 2.8 Bentuk umum abutment (kepala jembatan)

Untuk bentuk struktur pilar jembatan bervariasi sesuai dengan penempatan. Dengan kata lain struktur tersebut tidak boleh menghambat aliran air pada waktu banjir, misalnya untuk pilar yang dibangun di sungai. Untuk pilar sebaiknya dipilih penampang berbentuk bulat telur yang selangsing mungkin.

Bentuk bulat telur ini harus lebih tipis dari penampang lingkaran, sehingga pengurangan luas penampang sungai cukup kecil. Juga masalah terhambatnya aliran air dapat diabaikan. Pengurangan luas penampang sungai diberikan dalam persamaan berikut ini, tetapi kriteria umum menurut peraturan teknis Jepang, harga tertinggi adalah 5%. Pengurangan luas penampang sungai dirumuskan melalui pembagian jumlah tebal pilar dengan lebar sungai total.

2.5 Pondasi

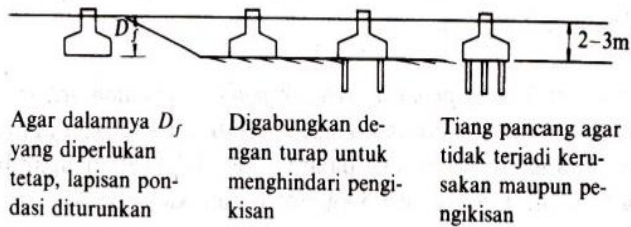
2.5.1 Pemilihan Bentuk Pondasi

Menurut Nakazawa Kazuto, Suyono (2000) untuk memilih pondasi yang memadai, perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan di lapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya. Bila keadaan tersebut ikut dipertimbangkan dalam menentukan macam pondasi, hal-hal berikut ini perlu dipertimbangkan :

- a. Keadaan tanah pondasi
- b. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (*superstructure*)
- c. Batasan-batasan dari sekelilingnya
- d. Waktu dan biaya pengerjaan.

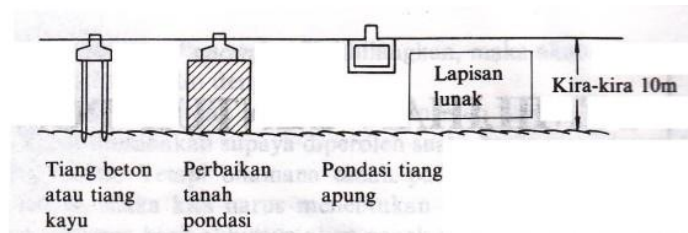
Berikut ini diuraikan jenis-jenis pondasi yang sesuai dengan keadaan tanah pondasi yang bersangkutan.

1. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah (lihat gambar 2.9) : Dalam hal ini pondasinya adalah pondasi telapak (*spread foundation*).



Gambar 2.9 Contoh-contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi cukup dangkal

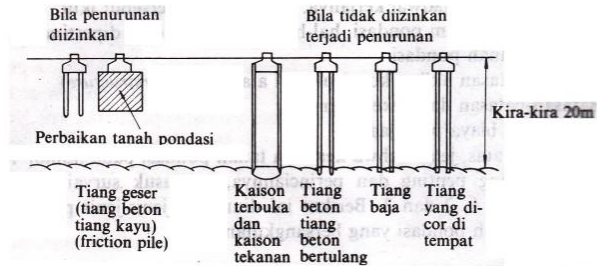
2. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 meter di bawah permukaan tanah : Dalam hal ini, dipakai pondasi tiang atau pondasi tiang apung (floating pile foundation) untuk memperbaiki tanah pondasi, seperti yang terlihat dalam gambar 2.13. Jika memakai tiang, maka tiang baja atau tiang beton yang dicor di tempat (*cast in place*) kurang ekonomis, karena tiang-tiang tersebut kurang panjang.



Gambar 2.10 Contoh-contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi 10 m di bawah permukaan tanah

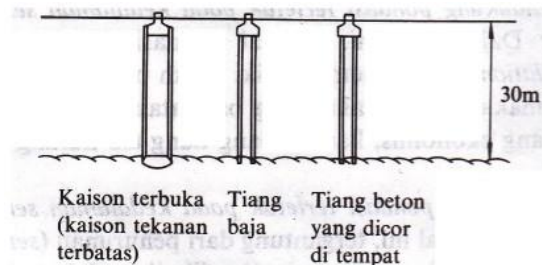
3. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekityar 20 meter ke bawah permukaan tanah : dalam hal ini, tergantung dari penurunan (*settlement*) yang diizinkan, dapat dipakai jenis pondasi seperti diperlihatkan dalam gambar 2.14

Apabila tidak boleh terjadi penurunan, biasanya digunakan pondasi tiang pancang (*piled driven foundation*). Tetapi bila terdapat batu besar (*cobble stones*) pada lapisan antara, pemakaian kaison lebih menguntungkan.



Gambar 2.11 Contoh-contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi 20 m di bawah permukaan tanah

4. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 30 meter di bawah permukaan tanah : Biasanya dipakai kaison terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat, seperti yang diperlihatkan dalam gambar 2.15. Tetapi apabila tekanan atmosfer yang bekerja ternyata kurang dari 3 kg/cm^2 digunakan juga kaison tekanan.



Gambar 2.12 Contoh-contoh pondasi bila lapisan pendukung pondasi 30 meter di bawah permukaan tanah

5. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman lebih dari 40 meter di bawah permukaan tanah: Dalam hal ini, yang paling baik adalah tiang baja dan tiang beton yang dicor di tempat.

2.5.2 Pondasi Tiang dan Daya dukungnya

Pada umumnya, pondasi digolongkan menjadi dua jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal adalah pondasi tapak penyebar beban atau pengkajian yang menyebarkan beban struktur pada suatu titik yang tidak jauh di bawah permukaan tanah. Jika lapisan tanah di dekat permukaan tidak dapat menahan beban-beban struktur atau tanah cenderung mempunyai konsolidasi yang berlebihan, diperlukan pondasi yang lebih dari pondasi dangkal, yakni pondasi dalam (Dishongh 2001).

Dikatakan pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman pondasi (D) dengan diameternya (B) adalah lebih besar sama dengan 10 ($D/B \geq 10$). Contoh konkret dari pondasi dalam ini adalah pondasi tiang (dipancang atau dibor) yang umumnya mempunyai diameter lebih kecil dari satu meter. Apabila nilai D/B diantara 4 dan 10, maka umumnya disebut pondasi semi dalam (misal pondasi sumuran, mini piles, dll).

Menurut bahannya, tipe pondasi dalam dapat dibedakan menjadi pondasi kayu (bambu), pondasi beton dan pondasi baja. Yang paling sering digunakan sebagai pondasi permanen dari ketiga tipe diatas adalah pondasi tiang beton dan baja. (Wahjudi 1999).

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat menjadi satu kesatuan yang monolit dengan menyatukan pangkal tiang pancang yang terdapat di bawah konstruksi dengan tumpuan pondasi (Nakazawa 1980).

Ada beberapa cara perhitungan daya dukung tiang pondasi berdasarkan hasil Standar Penetration Test (SPT), salah satunya adalah dengan menggunakan perumusan dari metode Luciano Decourt (1982) :

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (2.8)$$

$$Q_P = q_p \cdot A_P = (N_p \cdot K) A_P$$

$$Q_S = q_s \cdot A_S = (N_s/3 + I) A_S$$

dimana :

Q_L : Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P : Resistance ultime di dasar pondasi

Q_S : Resistance ultime akibat lekatan lateral

N_p : Harga rata-rata SPT disekitar 4B diatas hingga 4B dibawah

dasar tiang pondasi $\sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{n} \right)$

K : Koefisien karakteristik tanah

$12 \text{ t/m}^2 = 117.7 \text{ kPa}$, untuk lempung

$20 \text{ t/m}^2 = 196 \text{ kPa}$, lanau berlempung

$25 \text{ t/m}^2 = 245 \text{ kPa}$, lanau berpasir

$40 \text{ t/m}^2 = 392 \text{ kPa}$, pasir

A_P : Luas penampang dasar tiang

q_p : Tegangan di ujung tiang

q_s : Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m^2

N_s : Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan $3 \leq N \leq 50$

A_S : Keliling x panjang tiang yang terbenam
(luas selimut tiang)

2.5.3 Daya Dukung Tiang Kelompok

Disaat sebuah tiang merupakan bagian dari sebuah kelompok (group), daya dukungnya mengalami modifikasi, karena pengaruh dari group tiang tersebut. Dari problema ini, dapat dibedakan dua fenomena, yakni pengaruh group disaat pelaksanaan pemancangan tiang-tiang dan pengaruh group akibat sebuah beban yang bekerja.

Untuk kasus daya dukung group pondasi harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut dengan koefisien efisiensi (C_e) sehingga $Q_{L (group)} = Q_{L(1 \text{ tiang})} \cdot n \cdot C_e$, dengan n adalah jumlah tiang dalam group.

Ada beberapa perumusan untuk menghitung nilai C_e , salah satu metode *Converse – Labarre* :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\Phi}{S}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \quad (2.11)$$

dengan , Φ : diameter sebuah tiang pondasi

S : jarak as ke as antar tiang dalam group

m : jumlah baris tiang dalam group

n : jumlah kolom tiang dalam group

Di sisi lain Terzaghi telah memberikan perumusan untuk menghitung daya dukung tiang kelompok untuk tanah lempung :

$$Q_{L (group)} = \alpha \cdot 2 C_U N_C + 4 \alpha C_U D ;$$

$$\alpha = (n-1) S + d \quad (2.12)$$

dengan, D : kedalaman tiang pondasi

S : jarak antar as tiang

C_U : kohesi undrained

n : jumlah tiang dalam group

d : diameter tiang

Sedangkan untuk tiang group pada tanah tanpa kohesi, pemakaian praktis harga koefisien efisiensi C_e adalah sebagai berikut :

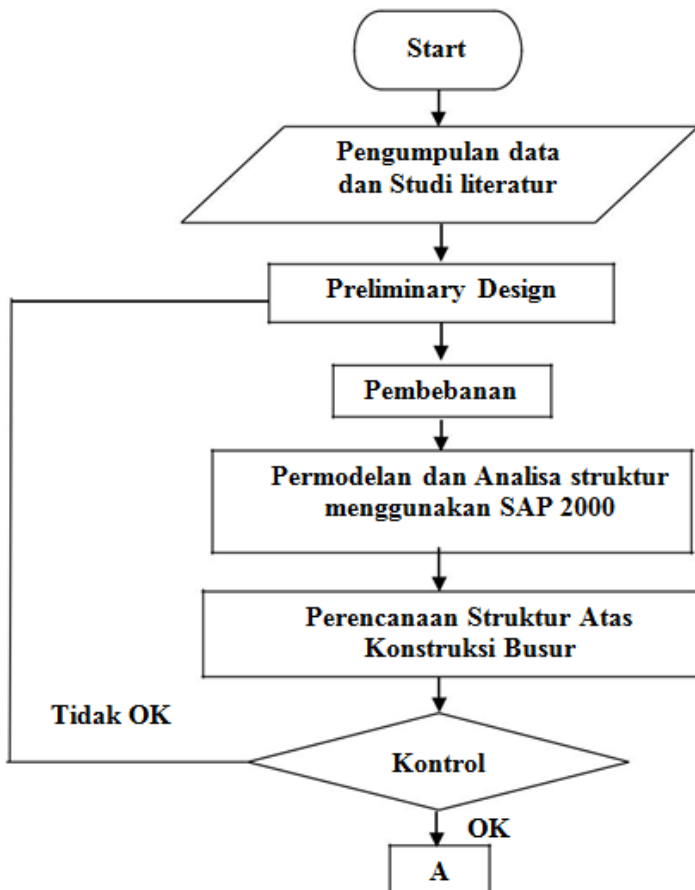
- Pasir lepas untuk tiang – tiang pendek $C_e=1.5$ (untuk $S = 2 \Phi$) s/d 1 (untuk $S= 4 \Phi$), untuk tiang-tiang panjang $C_e = 2$ ($S = 2\Phi$) s/d 1 (untuk $S = 6 \Phi$)
- Pasir padat $C_e = 0.7$ (untuk $S = 3@ 6 \Phi$) s/d 1 (untuk $S = \pm 8 \Phi$)

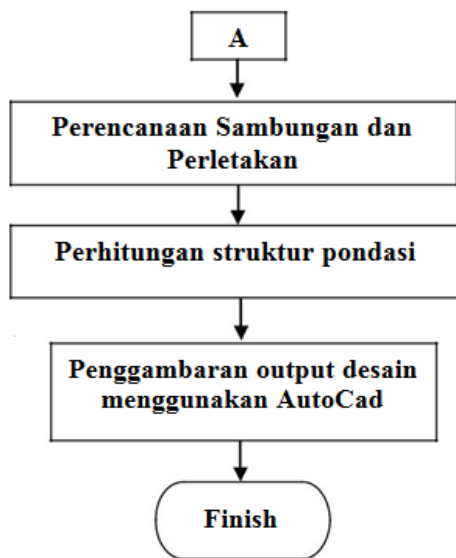
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 *Flow Chart*

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam merencanakan struktur jembatan busur tanjatrono yang digambarkan dengan diagram alir





3.2 Umum

Dalam perencanaan struktur jembatan busur Tanjungrono ini menggunakan prinsip perencanaan struktur baja dengan konsep LRFD dan berbagai peraturan yang *dikeluarkan* oleh BSN (Badan Standardisasi Nasional) mengenai jembatan seperti RSNI T-02-2005, RSNI T-03-2005, SNI 03-2833-2013 serta merujuk pada beberapa literatur buku yang terkait.

Untuk pembebanan perencanaan ini mengacu pada standar pembebanan untuk jembatan (RSNI T-02-2005), untuk perencanaan struktur baja mengacu pada RSNI T-03-2005. Sedangkan SNI 03-2833-2008 digunakan sebagai standar perencanaan ketahanan gempa.

3.3 Metode Penyusunan

Secara garis besar langkah-langkah ini mencakup beberapa hal pokok antara lain :

3.3.1 Studi literatur

Melakukan studi literatur berupa buku atau peraturan sebagai bahan pustaka dalam pengerjaan tugas akhir, antara lain :

- a. Standar pembebanan untuk jembatan (RSNI T-02-2005)
- b. Perencanaan struktur baja untuk jembatan (RSNI T-03-2005)
- c. Standar perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan (SNI 03-2833-2013)
- d. Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan (SNI 3967-2008)
- e. AISC – LRFD

3.3.2 Pengumpulan data

Data yang diperlukan antara lain :

a. Data Topografi dan Layout Jembatan

Data topografi merupakan pengukuran situasi dari ketinggian tanah (*Levelling*) dilakukan untuk mengetahui detail ketinggian suatu lokasi. Hasil pengukuran Topografi berupa peta kontur yang menunjukkan elevasi tanah, denah jalan (*Site plan*) serta (*longitudinal section*) jalan yang telah ada, profil sungai, serta instalasi.

b. Data Tanah

Data tanah berupa hasil pengujian tanah yang secara ringkas dapat digambarkan dalam bentuk standar penetrasi test (SPT)..

c. Data Umum Jembatan

- | | |
|------------------------|--|
| 1) Nama jembatan | : Jembatan Tangangrono |
| 2) Lokasi | : Krembung Mojokerto |
| 3) Lebar Ruas Jembatan | : 9 meter |
| 4) Ruas Jalan | : Ngoro Mojokerto |
| 5) Bentang Jembatan | : 190 meter (2 bentang 35m, 2 bentang 60m) |

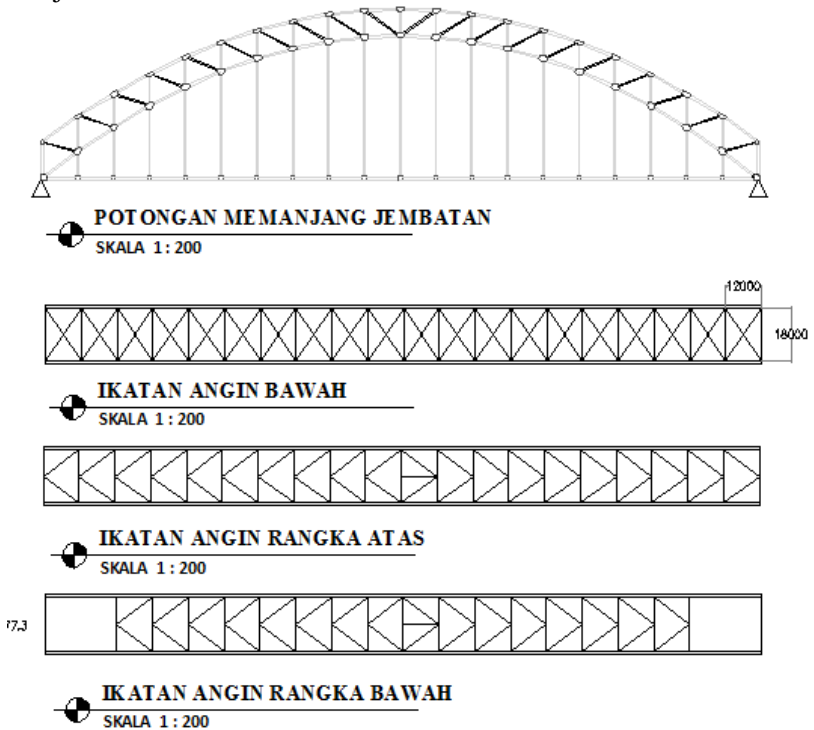
3.3.3 Preliminary design

Preliminary design antara lain :

- a. Penentuan mutu bahan yang digunakan
- b. Menentukan tipe jembatan busur

Dalam perencanaan jembatan Tangangrono ini didesain ulang menggunakan tipe jembatan through arch bridge atau tipe jembatan dengan lantai kendaraan berada dibawah. Hal ini untuk

menghindari kaki busur terendam air saat kondisi Muka Air Banjir.

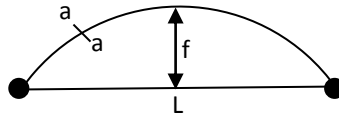


Gambar 3.1 Potongan memanjang dan ikatan angin desain jembatan Tanjungrono

c. Memperkirakan tebal pelat lantai kendaraan

Pelat lantai yang berfungsi sebagai jalan kendaraan pada jembatan harus mempunyai tebal minimum t_s , yang memenuhi kedua ketentuan berikut : $t_s \geq 200$ mm dan $t_s \geq 100 + 40 L$ (m), dimana L adalah bentang dari pelat lantai antara pusat tumpuan dan t_s diberikan dalam millimeter. (BMS 6.7.1.2)

d. Menentukan dimensi busur



Untuk lantai kendaraan di bawah, semakin datar akan semakin terlihat indah, dengan batasan persyaratan sebagai berikut :

- Tinggi busur : $\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$
- Untuk batang lengkung yang menggunakan rangka batang, tinggi tampang busur : $\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25}$, dimana L adalah panjang bentang.
- Rangka batang dengan menggunakan batang tarik tidak dipengaruhi kekakuan batang tarik.
- Agar busur cukup kaku, maka lebar jembatan (b) sebaiknya dibuat: $\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$

e. Merencanakan panjang penggantung busur tiap segmen

Profil batang penggantung merupakan profil baja hasil fabrikasi. Panjang penggantung busur tiap segmen dapat dicari dengan rumus berikut:

$$Y_n = \frac{4fx(L-x)}{L^2} \quad (3.1)$$

Dimana :

f = tinggi busur (m)

x = jarak tertentu yang diukur dari tumpuan menuju ke lapangan (m)

L = panjang bentang (m)

3.3.4 Menentukan jenis pembebanan

a. Beban Tetap

- Berat sendiri

Berat sendiri adalah berat badan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. Berat dari struktur tersebut didapat dari perkalian masa dengan percepatan gravitasi. Faktor beban untuk berat sendiri terdapat dalam RSNi-02-2005 5.2.

- Beban mati tambahan

Beban mati tambahan adalah berat suatu bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural yang mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. Faktor beban untuk beban mati tambahan terdapat dalam RSNi-02-2005 5.3

- Tekanan tanah

Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung dari sifat – sifat tanah yang ditentukan berdasarkan pada kepadatan, kadar kelembaban, kohesi sudut geser dalam dan sebagainya.

b. Beban Lalu Lintas

Lajur lalu lintas rencana harus mempunyai lebar 2.75 m yang disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan. Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T".

- Beban lajur "D"

- 1) Beban "D" merata (UDL)

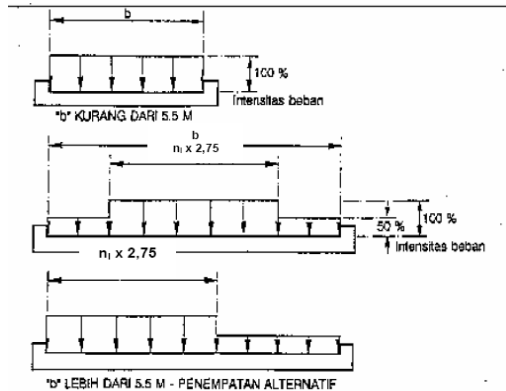
$$\text{untuk } L \leq 30 \text{ m} \quad q = 9.0 \text{ kPa}$$

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

- 2) Beban "D" garis (KEL)

Besarnya beban "D" garis adalah 49 kN/m yang ditempatkan tegak lurus pada arah lalu lintas.

Posisi beban UDL dan KEL harus disusun dalam arah melintang sedemikian hingga mencapai momen yang maksimum (lihat gambar 3.2)



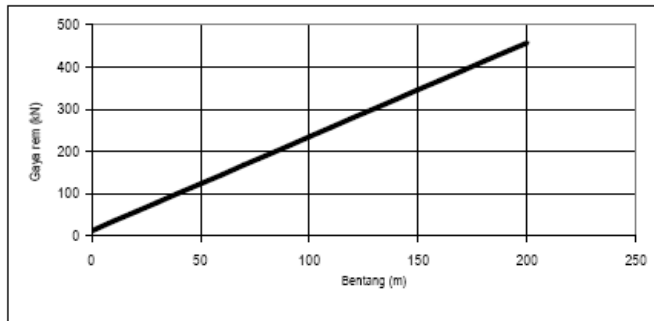
Gambar 3.2 Penyebaran pembebanan pada arah melintang (RSNI T-02-2005)

- **Pembebanan truk “ T “**

Beban truk yang digunakan adalah beban truk semi-trailer yang memiliki susunan dan berat as tertentu. Berat dari masing-masing as diteruskan oleh roda ke lantai kendaraan. Jarak antar dua as tersebut dapat diubah-ubah antara 4 sampai 9 meter sampai didapat pengaruh terbesar pada arah memanjang

- **Gaya rem**

Pengaruh pengereman kendaraan harus diperhitungkan sebagai gaya arah memanjang pada jembatan dan dianggap bekerja pada lantai kendaraan.



Gambar 3.3 Gaya rem (RSNI T-02-2005)

- Pembebanan untuk pejalan kaki
Trotoar yang terdapat pada jembatan harus diperhitungkan adanya beban pejalan kaki sebesar 5 kPa

c. Aksi lingkungan

- Beban angin

1. Beban angin yang langsung bekerja pada konstruksi.(RSNI T-02-2005)

$$T_{EW1} = 0,0006 C_W (V_W)^2 A_b \quad (3.2)$$

2. Beban angin yang bekerja pada konstruksi lewat kendaraan yang berada diatas jembatan.(RSNI T-02-2005)

$$T_{EW2} = 0,0012 C_W (V_W)^2$$

(3.3)

Tabel 3.1 Kecepatan angin rencana (RSNI T-02-2005)

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

Tabel 3.2 Koefisien seret (RSNI T-02-2005)

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

- Akibat gaya gempa

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa dengan kemungkinan terlampaui 7% dalam 75 tahun. Penggantian secara parsial atau lengkap pada struktur diperlukan untuk beberapa kasus. Kinerja yang lebih tinggi seperti kinerja operasional dapat ditetapkan oleh pihak yang berwenang. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R) dengan formulasi sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t$$

(3.4)

Keterangan:

- E_Q* : adalah gaya gempa horizontal statis (kN)
C_{sm} : adalah koefisien respons gempa elastik pada moda getar ke-m
R : adalah faktor modifikasi respons
W_t : adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

Koefisien respons elastik *C_{sm}* diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan spektra percepatan (**Gambar 1** hingga **Gambar 6**) sesuai dengan daerah gempa dan periode ulang gempa rencana. Koefisien percepatan yang diperoleh berdasarkan peta gempa dikalikan dengan suatu faktor amplifikasi sesuai dengan kondisi tanah sampai kedalaman 30 m di bawah struktur jembatan. Ketentuan pada standar ini berlaku untuk jembatan konvensional. Pemilik pekerjaan harus menentukan dan menyetujui ketentuan yang sesuai untuk jembatan non konvensional. Ketentuan ini tidak perlu digunakan untuk struktur bawah tanah, kecuali ditentukan lain oleh pemilik pekerjaan. Pengaruh gempa terhadap gorong-gorong persegi dan bangunan bawah tanah tidak perlu diperhitungkan kecuali struktur tersebut melewati patahan aktif. Pengaruh ketidakstabilan kondisi tanah (misalnya : likuifaksi, longsor, dan perpindahan patahan) terhadap fungsi jembatan harus diperhitungkan.

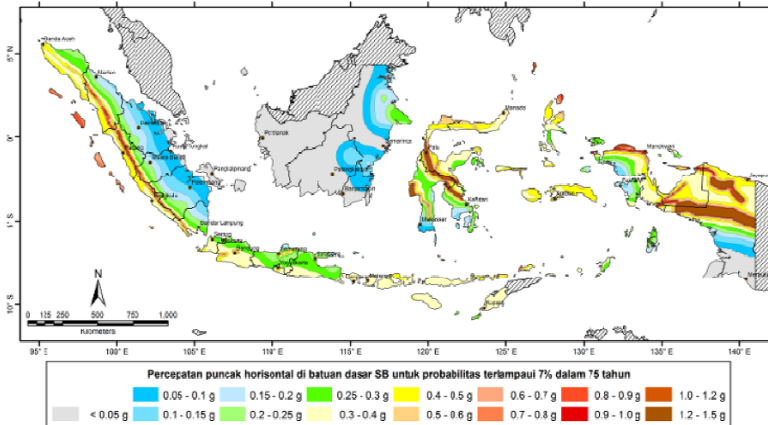
Peta gempa dalam ketentuan ini meliputi peta percepatan puncak batuan dasar (*PGA*) dan respons spektra percepatan 0,2 detik dan 1 detik di batuan dasar yang mewakili dua *level hazard* (potensi bahaya) gempa 500 dan 1000 dengan kemungkinan terlampaui 10% dalam 50 tahun dan 7% dalam 75 tahun.

Penjelasan untuk masing-masing peta dapat dilihat pada **Tabel 3.3**

Tabel 3.3 Penjelasan Peta gempa 2010 (SNI 2833 2013)

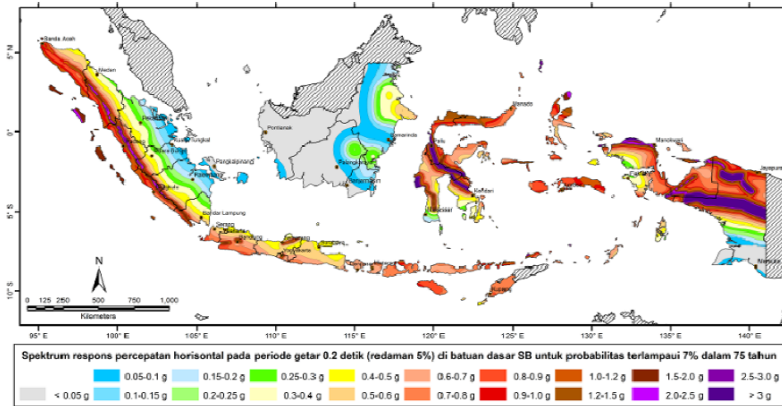
No	No Gambar	Level Gempa	Keterangan
1	Gambar 1	10% dalam 50 tahun (500 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
2	Gambar 2		Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar (S_2)
3	Gambar 3		Peta respons spektra percepatan 1.0 detik di batuan dasar (S_1)
4	Gambar 4	7% dalam 75 tahun (1000 tahun)	Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA)
5	Gambar 5		Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar (S_2)
6	Gambar 6		Peta respons spektra percepatan 1.0 detik di batuan dasar (S_1)

Untuk jembatan ini menggunakan Level Gempa 7% dalam 75 tahun (1000 tahun) maka memakai peta zona sebagai berikut :



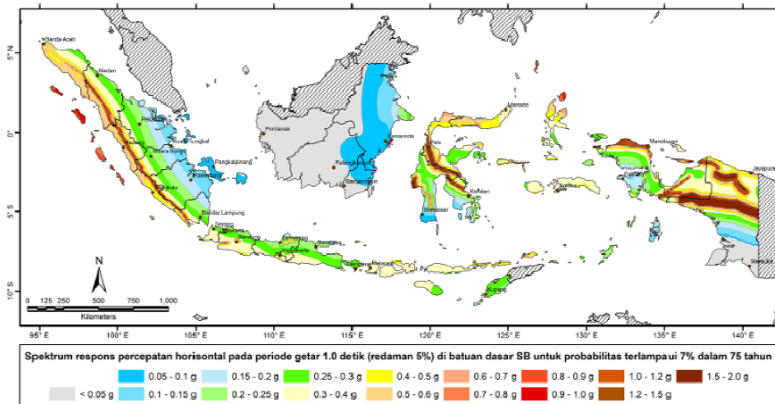
Gambar 4 - Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 3.4 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 5 - Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 3.5 Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 6 - Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 3.6 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

- Kombinasi Pembebanan
Konfigurasi kombinasi pembebanan berdasarkan SNI T-02-2005 dapat dilihat sebagai berikut:

1,30DL + 1,80LL + 1.20T + 1.20W + 1.0E

Dimana:

DL : beban mati

LL : beban hidup

E : beban gempa

W : beban angin arah x

T : beban temperature

Berikut adalah tabel kombinasi beban ultimate

Tabel 3.4 Kombinasi Beban Ultimate

Aksi / Beban	Faktor Beban	KOMBINASI			
		1	2	3	4
A. Aksi Tetap					
Berat sendiri	K_{MS}	1.30	1.30	1.30	1.30
Beban Mati Tambahan	K_{MA}	2.00	2.00	2.00	2.00
Pengaruh susut dan rangkai	K_{SR}	1.00	1.00	1.00	1.00
B. Aksi Transien					
Beban Lajur "D"	K_{TD}	2.00	1.00	1.00	
Gaya Rem	K_{TB}	2.00	1.00	1.00	
Beban Trotoar	K_{TP}		2.00		
C. Aksi Lingkungan					
Pengaruh Temperatur	K_{ET}	1.00	1.20	1.20	
Beban Angin	K_{EW}	1.00		1.20	
Beban Gempa	K_{EQ}				1.00

3.3.5 Perencanaan struktur bangunan atas

a. Perencanaan sandaran

Perencanaan sandaran diperhitungkan berdasarkan BMS 2.9.5 hal 2-69. Dijelaskan bahwa sandaran untuk pejalan kaki direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu $W = 0,75 \text{ kN/m}$

Beban- beban yang bekerja pada pipa sandaran :

- Beban hidup vertikal dan horisontal = $0,75 \text{ kN/m}$
- Berat sendiri pipa sandaran

Beban-beban yang bekerja pada tiang sandaran :

- Beban sendiri
- Beban hidup vertikal dan horisontal = $1,5 \text{ kN}$

b. Perencanaan kerb dan trotoar

Berdasarkan BMS 2.9.1 beban hidup pada kerb diperhitungkan sebesar 15 kN/m yang bekerja pada bagian atas kerb sepanjang jembatan. Sedangkan untuk trotoar langsung memikul beban pejalan kaki dan harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa , berdasarkan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS 1992 hal 2-32. untuk perhitungan penulangan pelat pada trotoar sama seperti perhitungan penulangan pada pelat lantai.

c. Perencanaan pelat lantai kendaraan :

1) Tahap awal adalah pembebanan meliputi beban mati, diantaranya :

- Berat sendiri rangka busur
- Berat sendiri pelat
- Berat mati tambahan

2) Kemudian dilanjutkan dengan analisa gaya-gaya dalam akibat pembebanan pada struktur. Gaya-gaya dalam yang terjadi merupakan hasil output program SAP 2000

3) Kontrol profil terhadap tekuk, kontrol geser dan kontrol lendutan

- Kontrol terhadap tekuk (lateral torsional buckling)
 $M_u \leq \Phi M_n$, dimana $\Phi = 0.9$ (3.5)

$$M_n = M_D + M_H \quad (3.6)$$

- Kontrol terhadap geser untuk penampang profil :

$$u \leq \Phi V_n, \text{ dimana } \Phi = 0.9 \quad (3.7)$$

$$V_n = 0.6 f_y A_w \quad (\text{kondisi plastis}) \quad (3.8)$$

$$V_n = 0.6 f_y A_w \frac{1100 tb}{h \sqrt{f_y}} \quad (\text{inelastis})$$

$$V_n = \frac{90000 A_w}{\left(\frac{h}{tb}\right)^2} \quad (\text{kondisi Elastis}) \quad (3.9)$$

- Kontrol terhadap lendutan dimana lendutan yang terjadi akibat beban hidup harus lebih kecil dari lendutan ijin : $\Delta^0 < \Delta$

$$\Delta^0 = \left(\frac{5}{384} \frac{qL^4}{3EI_x} \right) + \left(\frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI_x} \right), \text{ akibat UDL dan KEL} \quad (3.10)$$

3.3.6 Perencanaan perletakan dan perlengkapan penahan perletakan

a. Perencanaan perletakan

Perletakan direncanakan menggunakan landasan yang terbuat dari karet yang di dalamnya juga dilengkapi dengan pelat baja (*Rubber Bearing Pad*) atau yang dikenal dengan Elastomer Laminasi sebagaimana dijelaskan dalam SNI 3967-2008 (Spesifikasi bantalan elastomer tipe polos dan tipe berlapis untuk perletakan jembatan).

Tahapan perencanaan perletakan elastomer mengacu pada penjelasan PPTJ (Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan) K8.3 yang didasarkan pada BMS 1994

3.3.7 Perencanaan struktur bangunan bawah

a. Perencanaan pilar

- Memperhitungkan beban struktur atas yang terdiri dari beban mati jembatan dan beban hidup yang meliputi beban angin, gaya gesek, gaya gempa dan aksi lalu lintas. Gaya dari bangunan atas diteruskan ke bangunan bawah melalui perletakan.
- Menghitung tekanan tanah aktif (P_a), tanah pasif (P_{pa}) dan dan tekanan tanah lateral (P), Tekanan tanah akibat gempa (T_{ag})

b. Perencanaan pondasi tiang

- Menghitung daya dukung tiang maksimum pada pondasi dengan metode Luciano Decourt (1982)

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.11)$$

$$Q_P = q_p \cdot A_P = (N_p \cdot K) A_P \quad (3.12)$$

$$Q_S = q_s \cdot A_S = (N_s/3 + I) A_S \quad (3.13)$$

- Daya dukung ijin dari satu tiang pancang yang berdiri sendiri adalah daya dukung tiang total (Q_L) dibagi dengan suatu angka keamanan (SF)

$$P_{\text{ijin 1 tiang}} = Q_L / SF \quad (3.14)$$

- Menghitung daya dukung ijin tiang kelompok :

$$P_{\text{ijin group}} = N \times P_{\text{ijin 1 tiang}} \times C_e \quad (3.15)$$

N = Jumlah tiang dalam group

$$C_e = 1 - [\text{arc tan}(\Phi/S) / 90^\circ] \times [2 - (1/m) - (1/n)] \quad (3.16)$$

- Menghitung beban maksimum tiang :

$$P_{\text{max}} = \frac{\sum P_u}{n} + \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{\sum x^2} + \frac{M_x \cdot Y_{\text{max}}}{\sum y^2} \leq P_{\text{ult}} \quad (3.17)$$

- Kontrol kekuatan bahan :

- Kontrol gaya lateral
- Kontrol gaya momen
- kontrol defleksi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

11. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

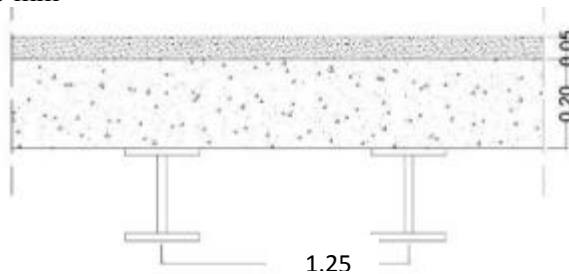
Pelat lantai kendaraan direncanakan dengan lebar 1.25 m dan panjang 6 m. Berdasarkan SNI T-02-2005 persyaratan tebal pelat (d_3) dan tebal aspal (d_4) dapat dihitung dengan perumusan dibawah ini:

Ditentukan jarak antar balok memanjang (b_1) = 1.25 m

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

$$d_3 \geq 100 + 40 (1.25)$$

$$d_3 \geq 150 \text{ mm}$$



Gambar 4.1 Pelat Lantai Kendaraan

Berdasarkan rumusan dan persyaratan tentang tebal lantai kendaraan, maka diambil tebal pelat lantai kendaraan sebesar $d_3 = 200$ mm, sedangkan untuk perencanaan tebal aspal berdasarkan SNI T-02-2005 dapat dilihat sebagai berikut:

$$d_4 \geq 5 - 8 \text{ cm}$$

Dari syarat diatas maka diambil tebal aspal sebesar $d_4 = 50$ mm.

4.1.1 Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Sesuai dengan SNI T-02-2005 maka pembebanan pelat lantai kendaraan direncanakan dengan beton dicor ditempat memiliki faktor beban $K_U^{MS} = 1.3$ dan Beban truck "T", $K_U^{TT} = 1.8$. Diketahui berat jenis (γ) beton adalah 24 kN/m^3 dan berat jenis (γ) aspal adalah 22 kN/m^3 .

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

- **Perhitungan beban mati:**

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri pelat} &= d_3 \times \gamma_{\text{beton}} \times 1 \text{ m} \times K_U^{MS} \\ &= 0.20 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m} \times 1.3 \\ &= 6.24 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal} &= d_4 \times \gamma_{\text{aspal}} \times 1 \text{ m} \\ &= 0.05 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 \times 1 \text{ m} \\ &= 1.1 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{\text{Mati}} &= \text{berat sendiri pelat} + \text{berat aspal} \\ &= 6.24 + 1.1 \\ &= 7.34 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- **Perhitungan beban hidup:**

Beban Roda Truck = 112.5 kN , dengan melihat grafik faktor kejut DLA (*Dynamic Load Allowance*) didapatkan besaran DLA yaitu 30 % atau 0.3.

$$T = (1 + 0.3) \times 112.5 = 146.25 \text{ kN}$$

Beban Hidup *Ultimate* (Truck):

$$\begin{aligned} T_{(U)} &= K_U^{TT} \times T \\ &= 1.8 \times 146.25 \text{ kN} = 263.25 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.1.2 Perhitungan Momen-Momen Arah Melintang

Perhitungan momen–momen arah melintang (bentangpendek) akibat beban mati dan beban hidup berupa beban truck dapat dilihat sebagai berikut:

- Perhitungan momen akibat beban mati:

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{10} \times q_{\text{Mati}} \times b l^2 \\ &= \frac{1}{10} \times 7.34 \text{ kN/m} \times (1.25 \text{ m})^2 = 1.147 \text{ kNm} \end{aligned}$$

- Perhitungan momen akibat beban mati:

$$\begin{aligned} M_u &= 0.8x \frac{S+0.6}{10} x T(u), \text{ dimana } S = b_1 \\ &= 0.8x \frac{1.25+0.6}{10} x 263.25 \text{ KN} = 38.961 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen Total:

$$\begin{aligned} M_u &= 1.147 \text{ kNm} + 38.961 \text{ kNm} \\ &= 40.108 \text{ kNm} \\ &= 40108000 \text{ Nm} \end{aligned}$$

4.1.3 Perhitungan Penulangan Lentur Lantai Kendaraan

Pelat lantai kendaraan akan ditulangi dengan penulangan rangkap atas dan bawah. Tabel 4.1 Berikut ini adalah data perencanaannya:

Tabel 4.1 Data Perencanaan Penulangan Lentur Lantai Kendaraan

Uraian	Nilai
Mutu Beton($f'c$)	40 MPa
Mutu Baja Tulangan Utama (f_y)	390 MPa
Mutu Baja Tulangan Susut (f_y)	240 MPa
Kebutuhan tebal decking diambil	40 mm
Tulangan utama (D)	16 mm (arah x)
Tulangan susut (ϕ)	10 mm (arah y)
Tebal Pelat	200 mm

Dengan mutu beton ($f'c$) = 40 MPa > 30 mPa, maka nilai β yaitu:

$$\begin{aligned}\beta &= 0.85 - 0.05 \frac{f'c-28}{7} \\ &= 0.85 - 0.05 \frac{40-28}{7} \\ &= 0.764\end{aligned}$$

(sesuai dengan standarisasi SNI 03-2847-2013)

$$\begin{aligned}d &= h - \emptyset - \left(\frac{1}{2} \times D\right) - \text{decking} \\ &= 200 - 10 - \left(\frac{1}{2} \times 16\right) - 40 = 142 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_b &= \beta_1 \times \frac{0.85f'c}{fy} \times \frac{600}{(600 + fy)} \\ &= 0.764 \times \frac{0.85 \times 40}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \\ &= 0.0404\end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0404 = 0.0303$$

$$\rho_{min} = \rho_{susut} = \frac{0.0018 \times 420}{fy} = \frac{0.0018 \times 420}{390} = 0.00194$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times f'c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.471$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b_1 \times d^2} = \frac{40108000}{0.9 \times 1000 \times 142^2}$$

$$\begin{aligned}\rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}\right)} \right] \\ &= \frac{1}{11.471} \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \times 11.471 \times 1.768}{390}\right)} \right] \\ &= 0.00466\end{aligned}$$

Karena $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$, maka dipakai $\rho_{\min} =$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0.00466, \text{ maka :}$$

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= \rho \times b \times d \\ &= 0.00466 \times 1250 \times 142 \\ &= 827.15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa perhitungan penulangan diatas didapatkan bahwa kebutuhan penulangan arah x (bentang pendek) adalah D 16 - 240 ($\text{As} = 1004.8 \text{ mm}^2$)

Untuk penulangan susut dipakai ketentuan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{As}_{\min} &= 0.00194 \times A_{\text{bruto pelat}} \\ &= 0.00194 \times (200 \times 1250) \\ &= 485 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga kebutuhan penulangan susut didesain menggunakan $\emptyset 10 - 180$ ($\text{As} = 549.78 \text{ mm}^2$)

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

Perhitungan penulangan geser (*pons*) untuk pelat lantai kendaraan disesuaikan dengan ukuran roda truck, sedangkan untuk kemiringan sudut geser pons diambil sebesar 45° . d_3 adalah tebal pelat = 20 cm, sehingga besarnya nilai b_0 , d_0 , b , d , $\emptyset V_n$, V_u dan kontrol kapasitas geser pons dari pelat lantai kendaraan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} b_0 &= 50 + (2 \times 0.5 \times d_3) = 50 + (2 \times 0.5 \times 20) = 70 \text{ cm} \\ d_0 &= 20 + (2 \times 0.5 \times d_3) = 20 + (2 \times 0.5 \times 20) = 40 \text{ cm} \\ b &= 2 \times (b_0 + d_0) = 2 \times (70 + 40) = 220 \text{ cm} \\ d &= 20 \text{ cm} \\ A &= b \times d = 4400 \text{ cm}^2 = 440000 \text{ mm}^2 \\ V_u &= K_U^{\text{TT}} \times 112.5 \times (1 + \text{DLA}) \\ &= 1.8 \times 112.5 \times (1 + 0.3) \\ &= 263.25 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= \phi A \sqrt{\frac{f'rc}{6}} \\
 &= 0.6 \times 440000 \times \frac{\sqrt{40}}{6} \\
 &= 278280.434 \text{ N} = 278.28 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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

4.2 Perencanaan Trotoar dan Pagar Pengaman Jembatan

4.2.1 Penulangan Trotoar (Kerb)

Berikut disajikan data perencanaan penulangan trotoar di table 4.2 :

Tabel 4.2. Data Perencanaan Penulangan Trotoar

Uraian	Nilai
Lebar trotoar	1 m
Tebal pelat trotoar (kerb)	200 mm
Mutu beton ($f'c$)	40 MPa
Mutu baja tulangan utama ($f'y$)	390 MPa

- Perhitungan beban mati:

$$\begin{aligned}
 q_{\text{Mati}} &= b \times d \times \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 1 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 4.8 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan beban hidup:

Beban trotoar akibat pejalan kaki sebesar 5 kPa = 500 kg/m² = 5 kN/m² dengan faktor beban $K_U^{TT} = 1.8$ (SNI T-02-2005), maka

$$q_{\text{Hidup}} = 5 \text{ kN/m}^2 \times 1 \text{ m} \times 1.8 = 9 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned}
 q_{\text{Total}} &= q_{\text{Mati}} + q_{\text{Hidup}} \\
 &= 4.8 \text{ kN/m} + 9 \text{ kN/m} = 13.8 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MU} &= \frac{1}{2} \times q_{\text{Total}} \times (L)^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 13.8 \times 1^2 = 6.9 \text{ kNm} = 6900000 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$d = 142 \text{ mm}$$

$$\rho_b = 0.0404$$

$$\rho_{\max} = 0.0303$$

$$\rho_{\min} = 0.00194$$

$$m = 11.471$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_u}{\phi \times b_1 \times d^2} = \frac{6900000}{0.9 \times 1000 \times 142^2} \\ &= 0.38 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)} \right] \\ &= \frac{1}{11.471} \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \times 11.471 \times 0.38}{390} \right)} \right] \\ &= 0.00098 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min}$, sehingga yang dipakai adalah $\rho_{\min} = 0.00194$. Berdasarkan standarisasi SNI 2847-2013 :

As pasang $\geq 1/3 \times A_s$ perlu,

maka:

$$A_s = 4_3 \times b \times d = 4_3 \times 0.00194 \times 1000 \times 142 = 367.31 \text{ mm}^2$$

Sehingga dipakai tulangan D 16 – 500 ($A_s = 402.124 \text{ mm}^2$)

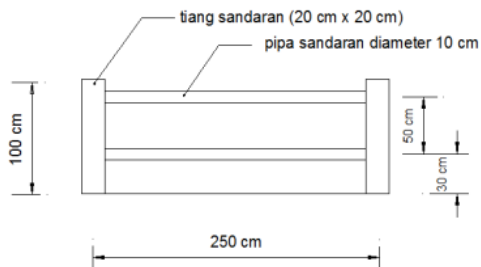
4.2.2 Perhitungan Sandaran

Data – data perencanaan:

Tabel 4.3. Data Perencanaan Tiang Sandaran

Uraian	Nilai
Tinggi tiang	1 m
Jarak antar tiang	2.5 m
Dimensi tiang	20cm x20cm
Profil Baja :	101.6 mm
Tebal Pipa	4.0 mm
I	146 cm ⁴
Zx	28.8 cm ³
g	g = 9.63 kg/m
fy	3900 kg/cm ² .

Tinggi tiang sandaran = 1 m
 Jarak antar tiang sandaran = 2.5 m
 Dimensi tiang sandaran = 20 cm x 20 cm



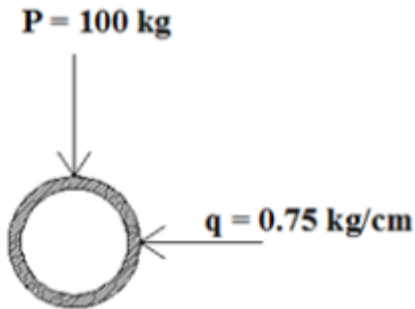
Gambar 4.2 Tiang dan Pipa Sandaran

- **Kontrol Kekuatan Pipa Sandaran:**

Dengan asumsi pembebanan:

Beban angin pada sandaran (w') = 0.75 kN/m = 0.75 kg/cm

Beban terpusat pada sandaran = 100 kg



Gambar 4.3 Beban yang Bekerja pada Tiang Sandaran

• **Kontrol Lentutan**

$$y_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{250}{360} = 0.69$$

Akibat beban merata:

$$fy = \frac{5}{384} \times \frac{q \times L^4}{I_x} = \frac{5}{384} \times \frac{0.75 \times 250^4}{2 \times 10^6 \times 146} = 0.13$$

Akibat beban terpusat:

$$fy = \frac{1}{48} \times \frac{P \times L^4}{E \times I_x} = \frac{1}{48} \times \frac{100 \times 250^4}{2 \times 10^6 \times 146} = 0.11$$

Syarat Lentutan:

$$\frac{L}{360} \geq \sqrt{(f_x^2 + f_y^2)}$$

$$\frac{250}{360} \geq \sqrt{(0.13^2 + 0.11^2)}$$

$$0.69 > 0.17$$

.....perhitungan 4.1

Berdasarkan perhitungan 4.1 di atas maka sandaran memenuhi syarat lentutan

Kontrol kekuatan Lentur :

$$M_x = \left(\frac{1}{4} \times P \times L\right) + \left(\frac{1}{8} \times q_D \times L^2\right)$$

$$= \left(\frac{1}{4} \times 100 \times 2.5^2\right) + \left(\frac{1}{8} \times 9.63 \times 2.5^2\right) = 163 \text{ kg}$$

$$M_y = \left(\frac{1}{4} \times Q_L \times L^2\right)$$

$$= \frac{1}{4} \times 75 \times 2.5^2 = 47 \text{ kgm}$$

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

$$= \sqrt{165^2 + 47^2} = 169.64 \text{ kgm} = 16964 \text{ kgcm}$$

$$\sigma_{ijin} = 0.6 \times f_y = 0.6 \times 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = \frac{M}{W} \qquad W = \frac{I_x}{y} = \frac{146}{5} = 29.2 \text{ cm}^3$$

$$\sigma = \frac{16964}{29.2} = 581 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Syarat : } \sigma \leq \sigma_{ijin}$$

$$581 \text{ kg/cm}^2 < 1440 \text{ kg/cm}^2$$

.....perhitungan 4.2

Berdasarkan perhitungan 4.2 di atas maka sandaran memenuhi syarat lendutan

4.2.2.1. Kontrol Kekuatan Tiang Sandaran

Tiang sandaran direncanakan dari beton bertulang dengan tinggi 1 meter dan dimensi penampang 20x20x20 cm. tiang diasumsikan berperilaku seperti kolom dengan Beban mati pipa sandaran dan beban hidup (Pu) sebesar 100 Kg dan menerima momen Mu akibat beban angin (w').

Berikut adalah perhitungan control kekuatan tiang sandaran :

$$Pu = 1.2 \times \left(2 \times 2 \times \frac{q_D \times \lambda}{2}\right) + 1.6 \left(2 \times 2 \times \frac{P_L}{2}\right)$$

$$= 1.2 \times \left(2 \times 2 \times \frac{9.63 \times 2.5}{2}\right) + 1.6 \left(2 \times 2 \times \frac{100}{2}\right)$$

$$= 377.78 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 1.6 \times \left[2 \times \frac{75 \times 2.5}{2} \times 0.8 \right] + \left(2 \times \frac{75 \times 2.5}{2} \times 0.3 \right) \\ &= 330 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Sebagai tulangan tiang sandaran maka digunakan tulangan 5 Φ 12 (Ukuran as 565.49 mm²)

4.2.2.2. Penulangan Geser Tiang Sandaran

Berikut adalah data perencanaan penulangan geser tiang sandaran :

Tabel 4.4. Data Perencanaan Penulangan Geser Tiang Sandaran

Uraian	Nilai
bw	200 m
d	170 mm
Mutu beton (f'c)	25 MPa
fy	240 MPa
w'	0.75 kN

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times bw \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{25} \times 200 \times d \\ &= 28333.333 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 28333.333 = 21250 \text{ N} = 21.25 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{s} \\ &= \frac{(0.25 \times \pi \times 8^2 \times 2) \times 240 \times 170}{200} \\ &= 20508.317 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_s = 0.75 \times 20508.317 = 15381.238 \text{ N} = 15.381 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_u &= \left(\frac{w' \times \lambda}{2} \times 2 \right) + \left(\frac{w' \times \lambda}{2} \times 2 \right) \\ &= \left(\frac{0.75 \times 2.5}{2} \times 2 \right) + \left(\frac{0.75 \times 2.5}{2} \times 2 \right) \\ &= 3.75 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= \phi V_c + \phi V_s \\ &= 21.25 \text{ kN} + 15.381 \text{ kN} \\ &= 36.631 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan persyaratan : $\phi V_n \geq V_u$

Maka 36.361 kN > 3.75 kN dinyatakan memenuhi syarat

4.3. Perencanaan Gelagar Memanjang Jembatan

Balok jembatan direncanakan menggunakan profil baja dengan mutu BJ 41 dengan ketentuan sesuai table 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5. Perencanaan gelagar memanjang jembatan

Uraian	Nilai
Tegangan Leleh (f_y)	250 MPa = 2500kg/cm ³
Tegangan Ultimate (f_u)	410 MPa =4100 kg/cm ²
Modulus Elastisitas (E)	200000 MPa

Dalam perencanaan gelagar memanjang jembatan digunakan profil WF 400 x300x10x16, detail profil dapat dilihat pada table 4.6. berikut ini :

Tabel 4.6. Data Detail Profil WF 400

Uraian	Nilai
A	136 cm ²
g	107 kg/m
d	400mm
bf	300 mm
tf	16
tw	16.9
iy	7.28
Ix	38700cm ⁴
Iy	7210
Zx	2116cm ³
Zy	729cm ³
Sx	1980cm ³
r	22 mm
h	324 mm

4.3.1. Pembebanan Pada Gelagar Memanjang Jembatan

4.3.1.1. Beban Mati

$$\text{Pelat beton} : 0.20 \times 2400 \times 1.25 \times 1.3 = 780 \text{ kg/m}$$

$$\text{Aspal} : 0.05 \times 2200 \times 1.25 \times 1.3 = 178.75 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat bekisting} : 600 \times 1.25 \times 1.3 = 812.5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat sendiri} : 107 \times 1.3 = 139.1 \text{ kg/m}$$

$$\text{QD} : 780 + 178.75 + 812.5 + 139.1 = 1910.35 \text{ kg/m}$$

$$M_D = \frac{1}{8} Qd(u) \times L^2 = \frac{1}{8} \times 1910.35 \times 6^2 = 8596.6 \text{ kgm}$$

4.3.1.2. Beban Hidup Ultimate

4.3.1.2.1. Beban Terbagi Rata (UDL)

Karena bentang (L) = 6 m < 30 m, maka dipakai $q = 9.0$ kPa (sesuai dengan RSNI T-02 2005 pasal 6.3)

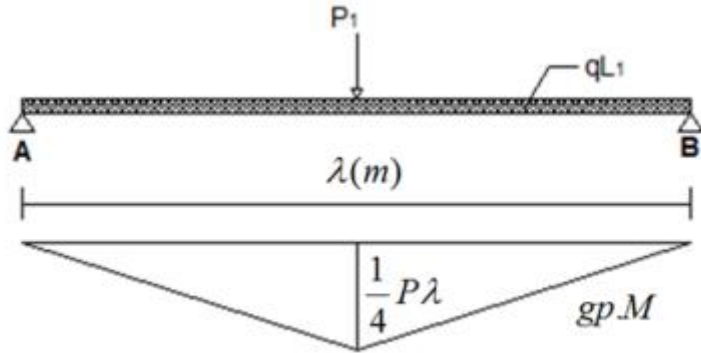
$q = 9.0$ kPa = 900 kg/m^2 Beban yang bekerja:

$$Q_L = 900 \times 1.25 \times 1.8 = 2025 \text{ kg/m} = 20.25 \text{ kN/m}$$

4.3.1.2.2. Beban Garis (KEL)

Beban garis (KEL) sebesar p kN/m ditempatkan tegak lurus dari arah lalu-lintas pada jembatan dimana besarnya $P = 49 \text{ kN} = 4900 \text{ kg}$. Faktor beban dinamik yang berlaku untuk KEL ditentukan melalui gambar 8 SNI T-02-2005, didapatkan harga $DLA = 30\%$ sehingga beban yang bekerja dengan adanya factor kejut DLA adalah:

$$\begin{aligned} P_1 &= (1 + DLA) \times P \times b_1 \times K_{TD}^U \\ &= (1 + 0.30) \times 49 \times 1.25 \times 1.8 \\ &= 143.325 \text{ kN} \\ &= 14332.5 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4.4. Garis pengaruh Akibat Beban Hidup

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

$$M_{L1} = \left(\frac{1}{8} \times 2025 \times 6^2\right) + \left(\frac{1}{4} \times 14332.5 \times 6\right)$$

$$= 30611.25 \text{ kgm}$$

4.3.1.2.. Beban Truk “T”

Sesuai dengan RSNI T-02 2005 6.4 maka beban truk “T” adalah sebesar 112.5 kN dan di RSNI T-02 2006 6.6 faktor kejut DLA adalah sebesar 0,3

$$T_U = T \times (1 + DLA) \times K_{TT}^U$$

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

$$= 263.25 \text{ kN} = 26325 \text{ kg}$$

$$M_{L2} = \frac{1}{4} \times T \times \lambda = \frac{1}{4} \times 263.25 \times 6$$

$$= 394.875 \text{ kNm} = 39487.5 \text{ kgm}$$

Karena $M_{L2} > M_{L1}$ maka dipakai momen terbesar akibat beban hidup yakni $M_L = M_{L2} = 39487.5 \text{ kgm}$, Sehingga $M_U = M_D + M_L = 8596.6 + 39487.5 = 48083.5 \text{ kgm}$

4.3.2. Kontrol Profil Gelagar Memanjang

4.3.2.1 Kuat Rencana Momen Lentur

Kontrol penampang:

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

$$\frac{300}{2 \times 16} \leq \frac{170}{\sqrt{250}} 9.375 < 10.752 \dots\dots\dots \text{memenuhi syarat}$$

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

$$\frac{324}{10} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}} 32.4 < 106.253 \dots\dots\dots \text{Memenuhi syarat}$$

Untuk Penampang kompak maka $M_n = M_p$ sehingga :

$$M_n = Z_x \times f_y$$

$$= 2200 \times 2500 = 5500000 \text{ kgcm} = 55000 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times M_n$$

$$= 0.9 \times 55000$$

$$= 49500 \text{ kgm} > M_u = 48083.5 \text{ kgm} \dots\dots\dots \text{memenuhi}$$

syarat

4.3.2.2. Kontrol Lateral Buckling

$$L_B = 500 \text{ cm.}$$

$$L_P = 1.76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1.76 \times 7.28 \times \sqrt{\frac{2000000}{250}} = 362.4 \text{ cm}$$

$$L_R = i_y \times \left(\frac{x_1}{f_y - f_r} \right) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + (x_2 f_L^2)}}$$

$$f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2; f_r = 700 \text{ kg/cm}^2 \text{ (fabrikasi)}$$

$$f_L = f_y - f_r = 2500 - 700 = 1800 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 ; \text{ plat badan } b = d - 2t_f = 400 - 2(16) = 368 \text{ mm}$$

$$= \left(\frac{1}{3} \times 36.8 \times 1^3 \right) + \left(\frac{1}{3} \times 30 \times 1.6^3 \right) = 53.227 \text{ cm}^4$$

$$I_w = \times \frac{(h')^2}{4} ; h' = d - t_f = 400 - 16 = 384 \text{ mm}$$

$$I_w = 7210 \times \frac{(48.4)^2}{4} = 2657864.4 \text{ cm}^6$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E G J A}{2}} = \frac{\pi}{1980} \sqrt{\frac{2 \times 10^6 \times 8 \times 10^5 \times 53 \times 10^7}{2}}$$

$$= 107099.529 \text{ kg/cm}^2$$

$$X_1 = 4 \times \left(\frac{S_x}{G \times J} \right) \times \frac{I_w}{I_y}$$

$$4 \times \left(\frac{1980}{8 \times 10^5 \times 53.227} \right) \times \frac{2657864.4}{7210} = 3.188 \times 10^{-6} (\text{kg/cm}^2)^{-2}$$

$$X_1 = i_y \times \left(\frac{x_1}{f_y - f_r} \right) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + (x_2 f_L^2)}}$$

$$= 7.28 \times \left(\frac{107099.529}{1800} \right) \times \sqrt{1 + \sqrt{1 + (3.188 \times 10^{-6} \times 1800^2)}}$$

$$L_R = 905.069 \text{ cm}$$

Karena $LP = 362.4 \text{ cm} < LB = 500 \text{ cm} < LR = 905.069 \text{ cm}$

(Bentang Menengah)

$$M_n = C_b \times \left[M_R + (M_P - M_R) \frac{M_R - M_B}{M_R - M_P} \right]$$

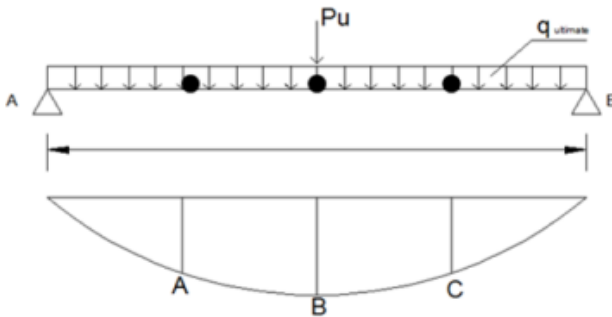
$$MR = S_x \times (f_y - f_r)$$

$$= 1980 \times (2500 - 700)$$

$$= 3573000 \text{ kgcm}$$

$$MP = Z_x \times f_y$$

$$= 2116 \times 2500 = 5290000 \text{ kgcm}$$



Gambar 4.5 Titik Momen Absolut pada Bentang Panjang

$$q_u = (1.2 \times q_D) + (1.6 \times q_L)$$

$$= (1.2 \times 1910.35 \text{ kg/m}) + (1.6 \times 2025 \text{ kg/m})$$

$$= 5532.42 \text{ kg/m}$$

$$P_U = 1.6 \times P_{KEL}$$

$$= 1.6 \times 14332.5 \text{ kg} = 22932 \text{ kg}$$

$$V_a = V_b$$

$$= \frac{(Q_U \times L)}{2} + \frac{P_U}{2}$$

$$= \frac{(532.42 \times 5)}{2} + \frac{22932}{2} = 25297.05 \text{ kg}$$

$$M_A = M_C$$

$$= (V_a \times 1.5) - (0.5 \times q_U \times 1.252)$$

$$= (25297.05 \times 1.5) - (0.5 \times 5532.42 \times 1.252)$$

$$= 37945.575 - 3463.29492$$

$$= 34482.280 \text{ kgm}$$

$$M_{\max} = M_B$$

$$= (V_a \times 2.5) - (0.5 \times q_U \times 2.52)$$

$$= (25297.05 \times 2.5) - (0.5 \times 5532.42 \times 2.52)$$

$$= 45953.8125 \text{ kgm}$$

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

$$= 1.562 < 2.30$$

$$M_n = C_b \times \left[M_R + (M_P - M_R) \frac{L_R - M_{LB}}{L_R - L_P} \right] \leq M_P$$

$$= 5519865.961 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 5519865.961 \text{ kgcm}$$

$$= 4967879.365 \text{ kgcm}$$

$$M_U = 45953.8125 \text{ kgm} = 4595381.25 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n$$

$$= 4967879.365 \text{ kgcm} > M_U = 4595381.25 \text{ kgcm} \dots\dots\dots$$

..... memenuhi syarat

4.3.2.3. Kuat Rencana Geser

Kontrol penampang:

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{320}{10} \leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}}$$

$$32.4 < 69.5$$

..... memenuhi syarat

Berdasarkan pedoman LRFD (load and Resistance factor Design) maka:

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \times f_y \times A_w \\ &= 0.6 \times f_y \times ((d-2x_{tr}) \times t_w) \\ &= 0.6 \times 2500 \times (36.8 \times 1.0) \\ &= 55200 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat UDL + KEL dan beban mati:

$$\begin{aligned} V_u &= \left[P_{KEL} + \left(\frac{1}{2} \times Q_{UDL} \times \lambda \right) \right] + \left[\frac{1}{2} \times Q_D \times \lambda \right] \\ &= \left[14332.5 + \left(\frac{1}{2} \times 2025 \times 5 \right) \right] + \left[\frac{1}{2} \times 1910.35 \times 5 \right] \\ &= 24170.875 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat beban Truck (T) dan beban mati:

$$\begin{aligned} V_u &= T + \left(\frac{1}{2} \times Q_D \times \lambda \right) \\ &= \frac{1}{2} \times 1910.35 \times 5 \\ &= 31100.875 \text{ kg} \end{aligned}$$

Akibat UDL + KEL:

$$\begin{aligned} V_a &= P_{KEL} + \left(\frac{1}{2} \times Q_{UDL} \times \lambda \right) \\ &= 14332.5 + \left(\frac{1}{2} \times 2025 \times 5 \right) = 19395 \text{ kg} \end{aligned}$$

V_u diambil terbesar yakni akibat beban Truck (T) dan beban mati sebesar 31100.875 kg.

$$\phi V_n = 0.9 \times 55200 \text{ kg} = 49680 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$31100.875 \text{ kg} < 49680 \text{ kg}$$

memenuhi syarat

4.3.2.4. Lendutan Ijin

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

$$\delta = \frac{\lambda}{500} \text{ (LRFD)}$$

$$= \frac{600}{500} = 1.2 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban hidup KEL + UDL:

$$\delta' = \frac{\lambda}{384} \times \frac{Q \times \lambda^4}{E \times I_x} \times \frac{P_{KEL} \times \lambda^3}{I_x}$$

$$\delta' = \left(\frac{6}{384} \times \frac{11.25 \times 600^4}{2000000 \times 38700} \right) \times \frac{14332.5 \times 600^3}{48 \times 2000000 \times 38700}$$

$$= 0.294 + 0.833$$

$$= 1.127 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban Truck:

$$\delta' = \frac{T_U \times \lambda^3}{48 \times E \times I_x}$$

$$\delta' = \frac{14625 \times 600^3}{48 \times 2000000 \times 38700} = 0.850 \text{ cm}$$

Dipilih lendutan terbesar = 1.127 cm

Cek syarat lendutan ijin:

$$\delta' \leq \delta$$

$$1.127 \text{ cm} \leq 1.2 \text{ cm}$$

,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,memenuhi

syarat

4.4 Perencanaan Gelagar Melintang Jembatan

Balok memanjang direncanakan dengan menggunakan BJ41

profil WF 700x300x15x28

Data detail profil:

Tabel 4.7. Data Detail Profil WF 700

Uraian	Nilai
A	273.6 cm ²
g	215 kg/m
d	700 mm
bf	300 mm
tf	28
tw	15
iy	6.86
Ix	29.4 cm ⁴
Iy	12900 cm ²

Zx	6700 cm ³
Zy	853 cm ³
r	28 mm
h	588 mm

4.4.1. Pembebanan Pada Gelagar Melintang Jembatan

4.4.1.1 Beban Mati

4.4.1.1.1 Beban Mati (Sebelum Komposit)

Berat balok memanjang : $\delta' = \left(\frac{107 \text{ kg/m} \times 6 \text{ m}}{1.5 \text{ m}} \right) \times 1.1 =$

470.8 kg/m

Berat balok melintang : $215 \times 1.1 = 236.5 \text{ kg/m}$

Berat pelat beton : $0.20 \times 2400 \times 6 \times 1.3 = 3744 \text{ kg/m}$

Berat bekisting : $600 \times 1.6 = 960 \text{ kg/m}$

Beban Pelaksanaan = 200 kg/m

$Q_{D1(U)} = 470.8 + 236.5 + 3744 + 960 + 200 = 5611.3 \text{ kg/m}$

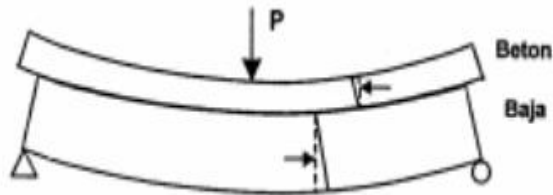
Momen akibat beban mati (sebelum komposit):

$Q_{D1} = \frac{1}{8} \times Qd1 \times L^2 = \frac{1}{8} \times 5611.3 \times 9^2 = 56814.41 \text{ kgm}$

Gaya geser max akibat beban mati (sebelum komposit):

$V_{D1} = \frac{1}{2} \times Qd1 \times L = \frac{1}{2} \times 5611.3 \times 9 = 25250.85 \text{ kg}$

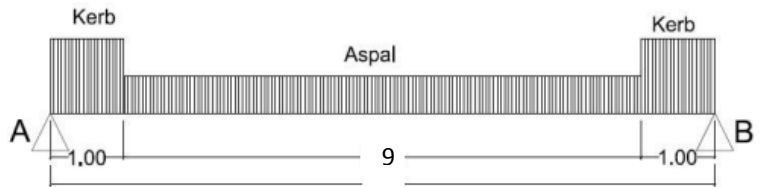
Perilaku balok sebelum komposit terlihat pada gambar 4.6, gesekan antara beton dan pelat baja diabaikan sehingga beton dan pelat baja masing-masing memikul momen terpisah,



Gambar 4.6 Struktur Balok Sebelum Komposit

4.4.1.1.2. Beban Mati (Sesudah Komposit)

Beban mati jembatan sesudah komposit terdiri dari berat aspal dan kerb yang dapat dilihat gambarannya pada gambar 4.7 berikut ini :



Gambar 4.7 Beban mati melintang gelagar setelah komposit

$$\text{Berat aspal} : 0.05 \times 2200 \times 6 \times 1.3 = 858 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat kerb} : 0.2 \times 2400 \times 6 \times 1.3 = 3744 \text{ kg/m}$$

$$R_A = \frac{858 \times 7}{2} + \frac{2 \times (3744 \times 1)}{2} = 6747 \text{ kg}$$

Momen akibat beban mati sesudah komposit:

$$\begin{aligned} M_{D2} &= (6747 \times 4.5) - (3744 \times 1 \times 4) - (858 \times 3.5 \times 0.5) \\ &= 15236.75 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Gaya geser max akibat beban mati (sebelum komposit):

$$V_{\max} = R_A = 6747 \text{ kg}$$

4.4.1.2. Beban Hidup (Sesudah Komposit)

$$P_{\text{KEL}} = (1 + \text{DLA}) \times P \times 1.8$$

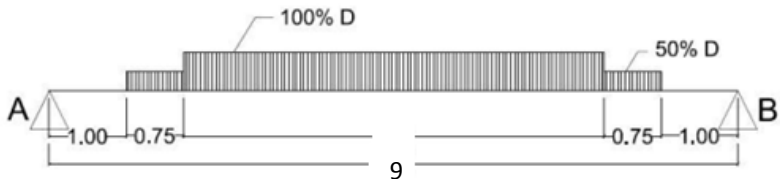
$$= (1 + 0.3) \times 4900 \text{ kg/m} \times 1.8$$

$$= 11466 \text{ kg/m}$$

$$q_{\text{UDL}} = q \times L \times 1.8$$

$$= 900 \text{ kg/m}^2 \times 6 \text{ m} \times 1.8$$

$$= 9720 \text{ kg/m}$$



Gambar 4.8 Kombinasi Beban UDL & KEL (simetris)

Beban "D" = Beban UDL + KEL

$$= 9720 \text{ kg/m} + 11466 \text{ kg/m}$$

$$= 21186 \text{ kg/m}$$

$$q_1 = 100\% \times 21186 \text{ kg/m}$$

$$= 21186 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 50\% \times 21186 \text{ kg/m}$$

$$= 10593 \text{ kg/m}$$

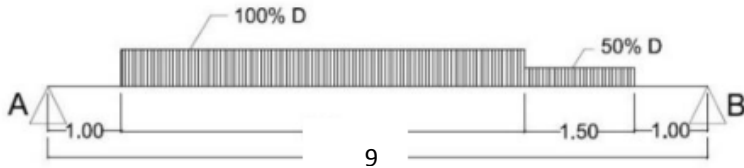
$$V_A = \frac{q_1 \times 5.5m}{2} + \frac{2 \times q_2 \times 0.75m}{2}$$

$$= \frac{21186 \times 5.5}{2} + \frac{2 \times 10593 \times 0.75}{2} = 66206.25 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = (V_A \times 4.5 \text{ m}) - (q_2 \times 0.75 \text{ m} \times 3.125 \text{ m}) - (q_1 \times 2.75 \text{ m} \times 1.375 \text{ m})$$

$$= (66206.25 \times 4.5) - (10593 \times 0.75 \times 3.125) - (21186 \times 2.75 \times 1.375)$$

$$= 192991.21 \text{ kgm (menentukan)}$$



Gambar 4.9 Kombinasi Beban UDL & KEL (asimetris)

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \times 9 - (q_1 \times 5.5 \text{ m} \times 5.25 \text{ m}) - (q_2 \times 1.5 \text{ m} \times 1.75) = 0$$

$$V_A \times 9 - (21186 \times 5.5 \times 5.25) - (10593 \times 1.5 \times 1.75) = 0$$

$$V_A = 71061.375 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$V_B \times 9 - (q_1 \times 5.5 \text{ m} \times 3.75 \text{ m}) - (q_2 \times 1.5 \text{ m} \times 7.25) = 0$$

$$V_B \times 9 - (21186 \times 5.5 \times 3.75) - (10593 \times 1.5 \times 7.25) = 0$$

$$V_B = 61351.125 \text{ kg}$$

Kontrol:

$$V_A + V_B = (q_1 \times 5.5 \text{ m}) + (q_2 \times 1.5 \text{ m})$$

$$71061.375 + 61351.125 = (21186 \times 5.5) + (10593 \times 1.5)$$

$$132412.5 \text{ kg} = 132412.5 \text{ kg (OK)}$$

Sehingga momen maksimum kombinasi asimetris adalah:

$$M_x = V_A(1 + x) - \left(\frac{1}{2} q_1 x^2\right)$$

$$= 71061.375 (1 + x) - \left(\frac{1}{2} \times 21186 x^2\right)$$

$$= 71061.375 + 71061.375x - 10593 x^2$$

Untuk mencari nilai x maka:

$$\frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$71061.375 - 21186 x = 0, \text{ sehingga } x = 3.354 \text{ m}$$

$$M_{\max} = V_A x (1 \text{ m} + 3.354 \text{ m}) - (q_1 \times 3.354 \text{ m} \times 1.677 \text{ m})$$

$$= (71061.375 \times 4.354) - (21186 \times 3.354 \times 1.677 \text{ m})$$

$$= 190237.22 \text{ kgm}$$

4.4.1.3. Beban Truck "T"

$$T = (1 + 0.3) \times 112.5 \times 1.8 = 263.25 \text{ kN} = 26325 \text{ kg}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \times 9 - T (6.75 + 5 + 4 + 2.25) = 0$$

$$(V_A \times 9) - 26325 (6.75 + 5 + 4 + 2.25) = 0$$

$$V_A = 52650 \text{ kg}$$

M_{\max} terletak pada T_2 dan T_3

$$M_{\max} = (V_A \times 4.5) - (T_1 \times 1.75)$$

$$= (52650 \times 4) - (26325 \times 1.75) = 164531.25 \text{ kgm}$$

Didapatkan M_{\max} akibat beban truk "T" sebesar 164531.25 kgm

4.4.2. Kontrol Profil Gelagar Melintang

4.4.2.1. Kuat Rencana Geser

Kontrol penampang:

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

$$\frac{500}{15} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

39.2 < 69.57 -memenuhi syarat

Berdasarkan LRFD:

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \times fy \times A_w \\ &= 0.6 \times fy \times (d \times tw) \\ &= 0.6 \times 2500 \times (70 \times 1.5) \\ &= 157500 \text{ kg} \end{aligned}$$

Syarat:

$$V_{\max} \leq \phi V_n$$

$$V_{\max} = 71061.375 \text{ kg} \leq \phi V_n = 0.9 \times 157500 \text{ kg} = 141750 \text{ kg} \text{ -OK}$$

4.4.2.2. Lenturan Ijin

$$\text{Syarat: } \delta' \leq \delta$$

Dimana δ adalah lenturan ijin, sedangkan δ' adalah lenturan yang terjadi (berdasarkan beban hidup saja)

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{\lambda}{800} (\text{LRFD}) \\ &= \frac{900}{800} = 1.125 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lenturan akibat beban hidup KEL + UDL:

Untuk perhitungan lendutan akibat beban KEL + UDL digunakan program bantu SAP2000. Dari hasil analisis program SAP2000 Versi 12 didapatkan besarnya lendutan akibat beban UDL + KEL sebesar 1.125 cm

$$\delta \leq \delta$$

$$0.71 \text{ cm} \leq 1.125 \text{ cm}$$

.....memenuhi syarat

4.4.2.3. Kuat Penampang

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

$$\frac{300}{2 \times 28} \leq \frac{170}{\sqrt{250}} \quad 5.357 < 10.752$$

.....memenuhi syarat

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

$$\frac{588}{15} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}} \quad 39.4 < 106.253 \quad \dots\dots\dots$$

Memenuhi syarat

Penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \times f_y$$

$$= 6700 \times 2500 = 16750000 \text{ kgcm} = 167500 \text{ kgm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times M_n$$

$$= 0.9 \times 167500$$

$$= 150750 \text{ kgm} > M_{D(U)} = 56814.41 \text{ kgm} \quad \text{--}$$

OK

4.4.3. Kontrol Gaya Momen Setelah Komposit

4.4.3.1. Perhitungan Lebar Efektif Pelat

$$b_{\text{eff}} = 5000 \text{ mm (jarak antar gelagar memanjang)}$$

$$b_{\text{eff}} = 16 d_3 + bw = (16 \times 200) + 300 = 3500 \text{ mm}$$

$$b_{\text{eff}} = \frac{\text{Lebar Jembatan}}{4} = \frac{850}{4} = 212.5 \text{ cm} = 2125 \text{ mm}$$

Untuk lebar efektif pelat beton diambil yang terkecil yaitu 2250 mm.

4.4.3.2. Perhitungan Kapasitas Momen Setelah Komposit

Kontrol Kegagalan Struktur Pada Beton:

$$C_c = 0.85 f'_c b_{eff} d_3 = 0.85 \times 40 \times 2250 \times 200 = 15300 \text{ kN}$$

Kontrol Kegagalan Struktur Pada Baja:

$$T = A_s f_y = 27360 \times 250 = 6840 \text{ kN}$$

Kontrol Kapasitas Momen:

$$a = \frac{T}{0.85 f'_c b_{eff}} = \frac{6840000}{0.85 \times 40 \times 2250} = 89.412 \text{ mm}$$

$$M_n = T \left(d_3 - \frac{a}{2} \right) + T \frac{h}{2}$$

$$= 6840 \left(200 - \frac{89.412}{2} \right) + 6840 \frac{588}{2} = 3073.171 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0.85 \times 3073.171 \text{ kNm} = 2612.195 \text{ kNm}$$

$$M_u = M_{D1} + M_{D2} + M_{UDL+KEL \text{ simetris}}$$

$$= 46851.4125 \text{ kgm} + 11570 \text{ kgm} + 178234.0313 \text{ kgm}$$

$$= 236655.444 \text{ kgm} = 2366.554 \text{ kNm}$$

Syarat:

$$\phi M_n = 2612.195 \text{ kNm} > M_u = 2366.554 \text{ kNm}$$

.....**memenuhi syarat**

4.4.3.3. Perhitungan Kebutuhan Shear Connector

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

$$E_c = 4700 \times \sqrt{f'_c} = 4700 \times \sqrt{40} = 29725.41 \text{ MPa}$$

$$Q_n = 0.5 A_{sc} (f'_c E_c)^{0.5} = 0.5 \times 490 \times (40 \times 29725.41)^{0.5}$$

$$= 267.153 \text{ kN}$$

$$V_n = T = 6840 \text{ kN}$$

$$n = \frac{V_n}{Q_n} = \frac{6840}{267.153} = 25.6 \approx 26 \text{ buah}$$

Dipakai 2-D25 ~ 200 mm

4.5. Perhitungan Beban Angin Rangka Busur

4.5.1. Gaya Angin Ultimate Pada Rangka Jembatan

$A_b = \lambda \times$ tinggi tampang busur

$$= 6 \times 4,5$$

$$= 27 \text{ m}^2$$

$$T_{EW} = 0.0006 C_W (V_W)^2 A_b K_{uEW}$$

$$= 0.0006 \times 1.2 \times (30)^2 \times 27 \times 1.2$$

$$= 21 \text{ kN}$$

$$= 2100 \text{ Kg}$$

4.5.2. Gaya Angin Ultimate Pada Lantai Kendaraan

Sehingga:

$A_b = \lambda \times 4.5 \text{ m}$

$$= 6 \times 4,5$$

$$= 27 \text{ m}^2$$

- Akibat Angin Pada Jembatan

$$T_{EW} = 0.0012 C_W (V_W)^2 A_b K_u^{EW}$$

$$= 0.0012 \times 1.2 \times (30)^2 \times 27 \times 1.2$$

$$= 42 \text{ kN}$$

$$= 4200 \text{ Kg}$$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

DESAIN RANGKA BAJA BUSUR JEMBATAN

5.1. Preliminary Design Busur Rangka Baja

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).

5.1.1 Preliminary Design Busur Rangka Baja

Syarat : $\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5}$ atau $0.167 \leq \frac{f}{L} \leq 0.200$

f : tinggi busur

L : bentang busur

Dengan $L = 120$ m, maka dipakai $f = 24$ m

$$\frac{f}{L} = \frac{24}{120} = 0.2$$

$0.167 \leq 0.2 \leq 0.200$ **memenuhi syarat**

5.1.2. Tinggi Tampang Busur Rangka (t)

Syarat : $\frac{1}{40} \leq \frac{t}{L} \leq \frac{1}{25}$ (rangka batang)

t : tinggi tampang busur;

L : bentang busur

Dipakai $t = 4.5$ m ;

$$\frac{t}{L} = \frac{4.5}{120}$$

$0.025 < 0.0375 < 0.04$

memenuhi syarat

5.1.3. Lebar Jembatan (b)

Syarat :

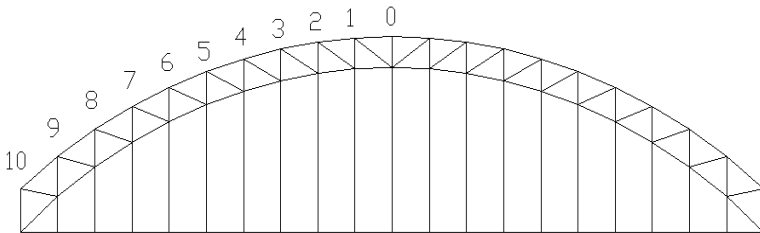
$$\frac{b}{L} \geq \frac{1}{20}$$

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

Dipakai $b = 9m$; $\frac{9}{100} = \frac{1.8}{20} \geq \frac{1}{20}$

5.2. Panjang Batang Penggantung Busur Rangka

Panjang dari penggantung busur dapat dicari dengan menggunakan pendekatan persamaan sumbu geometrik busur.



Gambar 5.1 Sketsa Konstruksi Pemikul Utama Rangka Busur Baja Jembatan Tanjanganro

Tabel 5.1 Panjang Penggantung Busur Rangka Jembatan

Titik	Y _n (m)
10	0.00
9	4.56
8	8.64
7	12.24
6	15.36
5	18
4	20.16
3	21.84
2	23.04
1	23.76
0	24.00

Persamaan parabola : $y_n = \frac{4 \times f \times (L-x)}{L^2}$

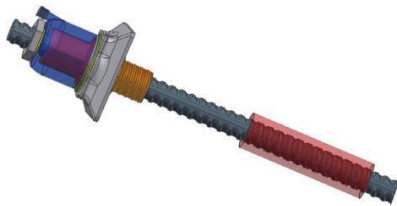
Material yang dipakai untuk penggantung adalah baja ulir (*threadbars*) dari perusahaan *DYWIDAG Prestressing System using Bars* dengan diameter 47 mm. Data detail *threadbars* yang dipakai antara lain:

Diameter = 47 mm; $A = 1735 \text{ mm}^2$; $w = 14.10 \text{ kg/m}$; $f_y = 839.19 \text{ MPa}$; $f_u = 1048 \text{ MPa}$



Gambar 5.2 Material Baja Ulir (*Threadbar*) untuk Penggantung Busur

(*Sumber: DYWIDAG Prestressing System Brochure*)



Gambar 5.3 Ilustrasi Baja Ulir (*Threadbar*) untuk Penggantung Busur

(*Sumber: DYWIDAG Prestressing System Brochure*)

Tabel 5.2 Data Teknis untuk Material Baja Penggantung *DYWIDAG Prestressing System* (*Sumber: DYWIDAG Prestressing System Brochure*)

Designation	-	-	26 WRI	32 WRI	36 WRI	40 WRI	47 WRI	32 W5	36 W5
Nominal diameter	d_s	mm	26.5	32	36	40	47	32	36
Cross section area	S_s	mm ²	552	804	1018	1257	1735	804	1018
Nominal mass per metre	M	kg/m	4.48 ¹⁾	6.53 ¹⁾	8.27 ¹⁾	10.21 ¹⁾	14.10 ¹⁾	6.31	7.99
Pitch	c	mm	13	16	18	20	21	3.0	3.0
Characteristic breaking load	F_{tk}	kN	580	845	1070	1320	1820	845	1070
Max. initial stressing force									
$P_{s,init,max} = S_s \times 0.8 \times f_{p,0.8}$		kN	464	676	856	1056	1456	676	856
Max. overstressing force									
$P_{s,over,max} = S_s \times 0.95 \times f_{p,0.95}$		kN	499	722	912	1130	1567	722	912

5.2.1. Pembebanan Batang Penggantung Busur Rangka

5.2.1.1. Beban Mati

– Berat trotoar : $0.20 \times 2400 \times 6 \times 1.3 = 3744 \text{ kg/m}$

– Berat pejalan kaki : $500 \times 6 = 3000 \text{ kg/m}$

$QD1 = 3744 + 3000 = 6744 \text{ kg/m}$

$P_{D1} = 1 \text{ m} \times 6744 \text{ kg/m} = 6744 \text{ kg}$

– Berat pelat lantai kendaraan :

$0.20 \times 2400 \times 6 \times 1.3 = 3744 \text{ kg/m}$

$P_{D2} = \frac{1}{2} \times 3744 \times 9 = 16848 \text{ kg}$

– Berat gelagar melintang : $g = 215 \text{ kg/m}$

$P_{D3} = \frac{1}{2} \times 215 \times 9 \times 1.1 = 1064.25 \text{ kg}$

– Berat gelagar memanjang : $g = 107 \text{ kg/m}$

$P_{D4} = \frac{1}{2} \times 107 \times 6 \times 1.1 = 353.1 \text{ kg}$

– Berat aspal : $0.05 \times 6 \times 2200 \times 2 = 1320 \text{ kg/m}$

$P_{D5} = \frac{1}{2} \times 1100 \times 6 = 3300 \text{ kg}$

Jadi PD total = $P_{D1} + P_{D2} + P_{D3} + P_{D4} + P_{D5}$
 $= 28309.5 \text{ kg}$

5.2.1.2. Beban Hidup

5.2.1.2.1. Beban Terbagi Rata UDL

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

$QL = q \times b1 \times K_{TD}^U$
 $= 900 \times 6 \times 1.8 = 9720 \text{ kg/m}$

$q_1 = 100\% \times 9720 = 9720 \text{ kg/m}$

$q_2 = 50\% \times 9720 = 4860 \text{ kg/m}$

5.2.1.2.2. Beban Garis KEL

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

$PL = (1 + 0.3) \times 4900 \times 1.8 = 11466 \text{ kg/m}$

Beban "D" = $QL + PL = 9720 + 11466 = 21186 \text{ kg/m}$

Beban 50% D = $50\% \times 21186 = 10593 \text{ kg/m}$

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \times 9 - (q_1 \times 5.5 \text{ m} \times 5.25 \text{ m}) - (q_2 \times 1.5 \text{ m} \times 1.75) = 0$$

$$V_A \times 9 - (21186 \times 5.5 \times 5.25) - (10593 \times 2.5 \times 1.75) = 0$$

$$V_A = 62822.375 \text{ kg} \quad (\text{menentukan})$$

5.2.1.3. Beban Lain-lain

Berat sambungan dan berat ikatan angin bawah diasumsikan sebesar 10% dari beban mati (PD total), sehingga satu penggantung busur menerima beban tersebut sebesar:

$$0.1 \times 28309.5 = 2830.95 \text{ kg}$$

Jadi penggantung busur menerima beban sebesar:

$$\begin{aligned} R_A \text{ total} &= P_D \text{ total} + V_A + \text{beban lain-lain} \\ &= 28309.5 + 62822.375 + 2830.95 = 93962.8625 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kontrol Tegangan

Diambil pada batang terpanjang, yakni batang T9 pada titik 0

$$\begin{aligned} P_u &= R_A \text{ total} + \text{berat sendiri penggantung} \\ &= 93962.8625 \text{ kg} + (14.10 \text{ kg/m} \times 24 \text{ m}) \\ &= 94301 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan leleh batang tarik:

$$\begin{aligned} P_n &= f_y \times A_g \\ &= 8391.9 \times 17.35 = 145599.465 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_n &= 0.9 \times 145599.465 \text{ kg} \\ &= 131039.52 \text{ kg} > P_u = 94301 \text{ kg} \end{aligned}$$

memenuhi syarat

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

$$\begin{aligned} Q_L &= q \times b_1 \times \text{KUTD} \\ &= 900 \times 6 = 5400 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q_1 = 100\% \times 5400 = 5400 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 50\% \times 5400 = 2700 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$\begin{aligned} V_A \times 9 - (q_1 \times 5.5 \text{ m} \times 5.25 \text{ m}) - (q_2 \\ \times 1.5 \text{ m} \times 1.75) = 0 \end{aligned}$$

$$V_A \times 9 - (5400 \times 5.5 \times 5.25) - (2700 \times 2.5 \times 1.75) = 0$$

$$V_A = 154612.5 \text{ kg}$$

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

$$PL = (1 + 0.3) \times 4900 = 6370 \text{ kg/m}$$

$$q_1 = 100\% \times 6370 = 6370 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = 50\% \times 6370 = 3185 \text{ kg/m}$$

$$\sum M_B = 0$$

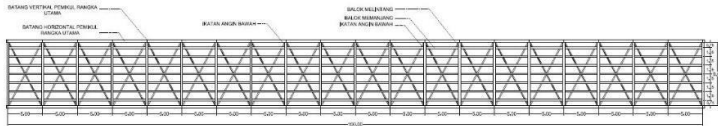
$$V_A \times 9 - (q_1 \times 5.5 \text{ m} \times 5.25 \text{ m}) - (q_2 \times 1.5 \text{ m} \times 1.75) = 0$$

$$V_A \times 9 - (6370 \times 5.5 \times 5.25) - (3185 \times 2.5 \times 1.75) = 0$$

$$V_A = 21985.35 \text{ kg}$$

5.3. Pra-Pemodelan Struktur Jembatan Busur

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini yaitu jembatan busur rangka baja. Struktur yang direncanakan adalah jembatan busur dengan lebar lantai kendaraan 9 meter, panjang bentang jembatan yaitu 120 meter dan tinggi jembatan yaitu 24 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut:



Gambar 5.4 Denah Pembalokan Jembatan Busur Rangka Tanjanganro Mojokerto

Permodelan struktur jembatan busur rangka baja pada tugas akhir ini dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program SAP 2000, struktur jembatan busur akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI-2833-2013 (Gempa untuk jembatan) dan SNI-1729-2002 (Baja).

5.3.1. Pembebanan Struktur Utama

Pembebanan struktur jembatan didasarkan pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Jembatan dan Jalan Raya (SNI T-02-2005) 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 kg/m^3
- Berat sendiri aspal yang memiliki massa jenis sebesar 2200 kg/m^3
- Berat sendiri baja profil yang terpasang sebagai struktur rangka baja berupa rangka utama, balok, dan bresing dengan massa jenis sebesar 7850 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-02-2005, besarnya beban temperatur diatur dalam pasal 7.3.

5. Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin adalah beban yang bertumpu pada jembatan akibat besaran gaya angin yang terjadi.

6. Beban Temperatur (*Temperature Load*)

Beban temperatur adalah beban yang terjadi akibat adanya perubahan suhu pada jembatan. Pada SNI T-02-2005, besarnya beban temperatur diatur dalam pasal 7.3.

Tabel 5.3 Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal

(Sumber: SNI T-02-2005 pasal 7.3)

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 5.4 Sifat Bahan Rata-rata akibat Pengaruh Temperatur

(Sumber: SNI T-02-2005 pasal 7.3)

Bahan	Koefisien Perpanjangan Akibat Suhu	Modulus Elastisitas MPa
Baja	12×10^{-6} per C	200.000
Beton:		
Kuat tekan <30 MPa	10×10^{-6} per C	25.000
Kuat tekan >30 MPa	11×10^{-6} per C	34.000
Aluminium	24×10^{-6} per C	70.000

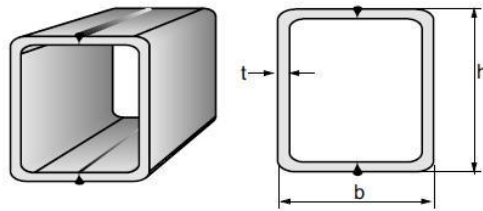
Sesuai dengan Tabel 5.2, besarnya temperatur yang digunakan untuk pembebanan dalam jembatan ini adalah 25^0 C untuk *lantai beton di atas gelagar ,boks atau rangka baja* dengan asumsi pada saat pemasangan tidak memperhatikan beban temperatur.

7. Beban gempa (*earthquake load*)

Perhitungan beban gempa jembatan ini dilakukan dengan menganalisa beban gempa statik saja, dengan asumsi beban gempa yang mempengaruhi struktur atas sangat kecil sehingga pada pemodelan struktur dengan menggunakan SAP2000 beban gempa tidak di masukkan kedalam pembebanan struktur atas

5.3.2. Desain Profil Rangka Utama Busur Jembatan

Desain rangka utama busur jembatan ini menggunakan profil kotak (*square/box*). Detail profil box baja tersebut di dapatkan dari Brosur *PT. Gunung Raja Paksi* dengan lampiran sebagai berikut:



Gambar 5.5 Ilustrasi Penampang box Rangka Utama Jembatan Busur

(Sumber: *PT. Gunung Raja Paksi Steel*)

Untuk mutu baja yang ada, dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut sesuai dengan *grade* baja nya.

Tabel 5.5 Brosur baja kotak *PT. Gunung Raja Paksi Steel*

(*Square Hollow Section*)

(Sumber: *PT. Gunung Raja Paksi Steel*)

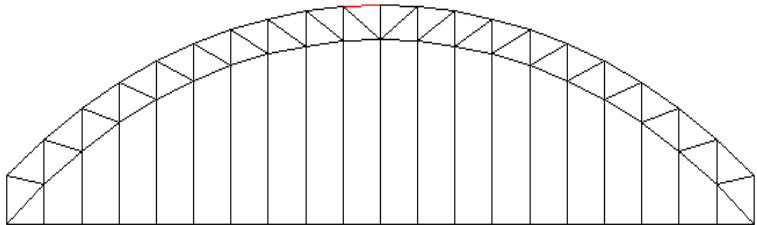
GRADE	Y.S (Mpa)			T.S (Mpa)	E (%)
	$t \leq 16 \text{ mm}$	$16 \text{ mm} \leq t \leq 40 \text{ mm}$	$t \leq 40 \text{ mm}$		
SS 400	245	235	215	400 - 510	21
A 36	250	250	250	400 - 550	20
SM 490 A & B	325	315	295	490 - 610	17
GR 50 A	355	345	340	490 - 640	18

Tabel 5.6 Brosur baja kotak PT. Gunung Raja Paksi Steel

(Square Hollow Section)(Sumber: PT. Gunung Raja Paksi Steel)

DIMENSION		t	R	WEIGHT	AREA	MOMENT OF INERTIA	MOMENT OF RESISTANT	RADIUS OF GYRATION
H	B					$I_x = I_y$	$Z_x = Z_y$	$i_x = i_y$
mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
180	180	6.30	18	33.56	42.41	2,095.65	232.85	7.03
180	180	8.00	18	41.92	52.84	2,545.86	282.87	6.94
180	180	10.00	18	51.36	64.57	3,016.80	335.20	6.84
220	220	6.30	18	41.48	52.49	3,939.93	358.18	8.66
220	220	8.00	18	51.96	65.64	4,828.01	438.91	8.58
220	220	10.00	18	63.92	80.57	5,782.46	525.68	8.47
200	200	8.00	18	46.94	59.24	3,566.25	356.63	7.76
200	200	9.00	18	52.34	66.67	3,990.00	399.00	7.73
200	200	10.00	18	57.64	72.57	4,251.06	425.11	7.65
200	200	12.00	18	67.92	86.53	4,980.00	498.00	7.59
250	250	8.00	18	59.50	75.24	7,229.20	578.34	9.80
250	250	9.00	18	66.48	84.67	8,090.00	647.00	9.78
250	250	10.00	18	73.34	92.57	8,706.67	696.53	9.70
250	250	12.00	18	86.76	110.50	10,300.00	820.00	9.63
250	250	16.00	45	112.38	138.80	12,000.00	964.00	9.32
260	260	6.30	18	49.38	62.57	6,634.95	510.38	10.30
260	260	8.00	18	62.00	78.44	8,178.02	629.08	10.21
260	260	10.00	18	76.48	96.57	9,864.65	758.82	10.11
260	260	11.00	18	83.56	105.41	10,656.87	819.76	10.06
300	300	8.00	18	72.06	91.24	12,800.69	853.38	11.84
300	300	9.00	18	80.60	102.70	14,300.00	956.00	11.80
300	300	10.00	18	89.04	112.57	15,519.37	1,034.62	11.74
300	300	12.00	18	105.60	134.50	18,300.00	1,220.00	11.70
300	300	16.00	45	137.50	170.80	22,100.00	1,470.00	11.40
350	350	9.00	18	94.74	120.70	23,200.00	1,320.00	13.90
350	350	12.00	18	124.44	158.50	29,800.00	1,700.00	13.70
350	350	16.00	45	162.62	202.80	36,500.00	2,090.00	13.40
350	350	19.00	45	190.18	233.80	40,700.00	2,320.00	13.20
400	400	12.00	18	143.28	180.10	44,300.00	2,220.00	15.70
400	400	16.00	45	187.74	234.80	56,200.00	2,810.00	15.50
400	400	19.00	45	220.02	271.80	63,100.00	3,160.00	15.20
400	400	22.00	75	251.34	300.20	66,200.00	3,310.00	14.80
400	400	25.00	75	281.74	346.00	76,500.00	3,830.00	14.90
450	450	12.00	18	162.12	204.10	64,200.00	2,850.00	17.70
450	450	16.00	45	212.86	266.80	81,800.00	3,640.00	17.50
450	450	19.00	45	249.84	309.80	92,600.00	4,120.00	17.30
450	450	22.00	75	285.88	344.20	98,500.00	4,380.00	16.90
450	450	25.00	75	321.00	396.00	113,600.00	5,050.00	16.90
500	500	12.00	18	180.96	228.10	89,300.00	3,570.00	19.80
500	500	16.00	45	237.98	298.80	114,000.00	4,570.00	19.60
500	500	19.00	45	279.68	347.80	130,000.00	5,200.00	19.30
500	500	22.00	75	320.42	388.20	140,000.00	5,590.00	19.00
500	500	25.00	75	360.24	446.00	160,900.00	6,440.00	19.00
550	550	12.00	18	199.80	252.10	120,100.00	4,370.00	21.80
550	550	16.00	45	263.10	330.80	154,500.00	5,620.00	21.60
550	550	19.00	45	309.50	388.10	178,500.00	6,490.00	21.40
550	550	22.00	75	354.96	443.90	200,800.00	7,300.00	21.30
550	550	25.00	75	399.50	496.00	219,800.00	7,990.00	21.00
600	600	12.00	18	218.64	276.10	157,300.00	5,240.00	23.80
600	600	16.00	45	288.22	362.80	203,000.00	6,770.00	23.70
600	600	19.00	45	339.34	426.10	235,100.00	7,840.00	23.50
600	600	22.00	75	389.50	487.90	265,200.00	8,840.00	23.30
600	600	25.00	75	438.74	546.00	291,400.00	9,710.00	23.10
650	650	12.00	18	237.48	300.10	201,500.00	6,200.00	25.90
650	650	16.00	45	313.34	394.80	260,800.00	8,020.00	25.70
650	650	19.00	45	369.16	464.10	302,500.00	9,310.00	25.50
650	650	22.00	75	424.04	531.90	342,100.00	10,520.00	25.40
650	650	25.00	75	478.00	596.00	377,000.00	11,600.00	25.10
700	700	12.00	18	256.32	324.10	253,300.00	7,240.00	28.00
700	700	16.00	45	338.46	426.80	328,500.00	9,380.00	27.70
700	700	19.00	45	398.00	502.10	381,800.00	10,910.00	27.60
700	700	22.00	75	458.58	575.90	432,500.00	12,360.00	27.40
700	700	25.00	75	517.24	646.00	477,900.00	13,650.00	27.20

Untuk perhitungan detail manual perhitungan profil rangka utama busur dapat dilihat pada beberapa perhitungan berikut dengan tinjauan batang yang diberi *warna merah*.



Gambar 5.6 Letak Batang 3399 pada Rangka Busur Utama Jembatan

5.3.2.1. Batang 3399

Gaya Aksial Batang : -605488 Kg (Tekan)

Batang di desain menggunakan profil kotak (*Square/box*) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi Steel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 400 \text{ mm}$; $h = 400 \text{ mm}$; $t = 19 \text{ mm}$; $A = 271.8 \text{ cm}^2$; $W = 220.0$
 2
 kg/m ; $f_y = 3450 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 63100 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 3160 \text{ cm}^3$; i_x
 $= i_y$
 $= 15.2 \text{ cm}$

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{19} = 21.053$$

21.053 < 3.65 – OK

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 3.65$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = 6.00 m = 600 cm
- Panjang batang (L_y) = 6.00 m = 600 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \times L_x}{ix} = \frac{1 \times 600}{15.2} = 32.9$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{i_y} = \frac{1 \times 600}{15.2} = 32.9$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{32.9}{\pi} = \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0.435$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.435} = 1.093$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{fy}{\omega} = 271.8 \times \frac{3450}{1.093} = 857923.147 \text{ kg}$$

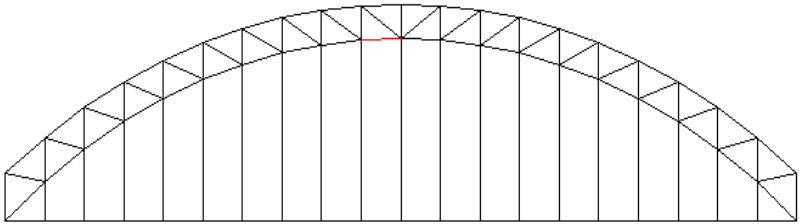
$$\phi P_n = 0.85 \times 857923.147 = 729234.675 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 729234.675 \text{ Kg} > P_u = 605488 \text{ Kg}$$

syarat

memenuhi

5.3.2.2. Batang 3391



Gambar 5.7 Letak Batang 3391 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : -146968 Kg (Tekan)

Batang di desain menggunakan profil kotak (*Square/box*) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi

Steel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 400 \text{ mm}$; $h = 400 \text{ mm}$; $t = 16 \text{ mm}$; $A = 234.8 \text{ cm}^2$; $W = 187.74 \text{ kg/m}$; $f_y = 3450 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 56200 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 2810 \text{ cm}^3$;

$i_x = i_y = 15.5 \text{ cm}$

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{16} = 25$$

$$25 < 33.65 \text{ -- OK}$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 3.65$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (Kcx) = 1

- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = 6.00 m = 600 cm
- Panjang batang (L_y) = 6.00 m = 600 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \times L_x}{i_x} = \frac{1 \times 500}{15.5} = 32.26$$

$$\lambda_x = \frac{K_{cy} \times L_y}{i_y} = \frac{1 \times 500}{15.5} = 32.26$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{32.26}{\pi} = \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0.427$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.427} = 1.089$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

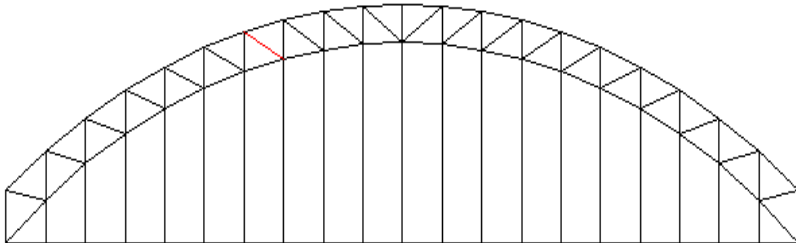
$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 234.8 \times \frac{3450}{1.093} = 743856.75 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 743856.75 = 632278.24 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 632278.24 \text{ Kg} > P_u = 146968 \text{ Kg} \quad \text{--}$$

OK

5.3.2.3. Batang 3419



Gambar 5.8 Letak Batang 3419 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : 62470 Kg (Tarik)
 Batang di desain menggunakan profil kotak (*Square/box*) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi Steel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 200 \text{ mm}$; $h = 200 \text{ mm}$; $t = 12 \text{ mm}$; $A = 86.53 \text{ cm}^2$; $W = 67.92 \text{ kg/m}$; $f_y = 3550 \text{ kg/cm}^2$; $I_x=I_y = 4980 \text{ cm}^4$; $Z_x=Z_y= 498 \text{ cm}^3$; $i_x=i_y = 7.59 \text{ cm}$

Kontrol Tekan

Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{200}{12} = 16.67$$

$$16.67 <$$

33.172 **memenuhi syarat**

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33.172$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = $6.60 \text{ m} = 660 \text{ cm}$
- Panjang batang (L_y) = $6.60 \text{ m} = 660 \text{ cm}$

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \times L_x}{i_x} = \frac{1 \times 560}{7.59} = 73.781$$

$$\lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{i_y} = \frac{1 \times 560}{7.59} = 73.781$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{73.781}{\pi} = \sqrt{\frac{355}{200000}} = 0.99$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.99} = 1.53$$

Sehinga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 234.8 \times \frac{3450}{1.53} = 200772.22 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 200772.22 = 170656.39 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 170656.39 \text{ Kg} > P_u = 62470 \text{ Kg} \quad \text{--}$$

OK

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$A_e = 0.85 \times A_g$$

$$= 0.85 \times 86.53$$

$$= 73.55 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \times f_u = 73.55 \times 5650 = 415557.5 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.75 \times 415557.5 = 311668.125 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 170656.39 \text{ Kg} > P_u = 146282.964 \text{ Kg}$$

Kuat Leleh

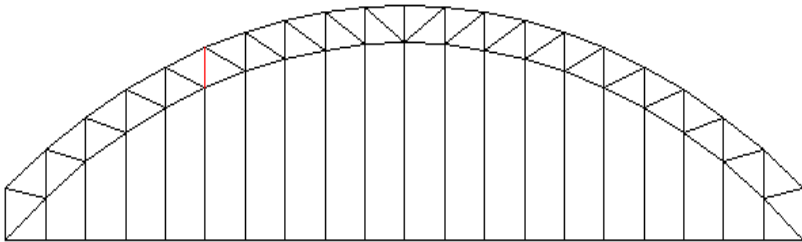
$$P_n = \phi \times A_g \times f_y = 0.90 \times 86.53$$

$$\times 3550 = 276463.35 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 276463.35 \text{ Kg} > P_u = 62470 \text{ Kg} \quad \text{--}$$

OK

5.3.2.4. Batang 3406



Gambar 5.9 Letak Batang 3406 pada Rangka Busur Utama

Gaya Aksial Batang : 19667 Kg (Tarik)

Batang di desain menggunakan profil kotak (Square/box) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja PaksiSteel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 200 \text{ mm}$; $h = 200 \text{ mm}$; $t = 10 \text{ mm}$; $A = 72.57 \text{ cm}^2$; $W = 57.64 \text{ kg/m}$; $f_y = 3550 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 4251.06 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 425.11 \text{ cm}^3$

;

$i_x = i_y = 7.65 \text{ cm}$

Kontrol Tekan

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{200}{10} = 20$$

$$20 <$$

33.172 **Memenuhi syarat**

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33.172$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = 4.5 m = 450 cm
- Panjang batang (L_y) = 4.5 m = 450 cm

$$\begin{aligned}\lambda_x &= \frac{K_{cx} \times L_x}{ix} = \frac{1 \times 450}{7.65} = 44.71 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{iy} = \frac{450}{7.65} \\ &= 44.71 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{44.71}{\pi} = \sqrt{\frac{355}{200000}} \\ &= 0.6\end{aligned}$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.6} = 1.2$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{fy}{\omega} = 72.57 \times \frac{3550}{1.2} = 214686.25 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 214686.25 = 182483.3125 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 182483.3125 \text{ Kg} > P_u = 40283.3393 \text{ Kg}$$

memenuhi syarat

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$A_n = 0.85 \times A_g$$

$$= 0.85 \times 72.57$$

$$= 61.685 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \times f_u = 51.685 \times 5650 = 292020.25 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.75 \times 292020.25 = 21901.1875 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 21901.1875 \text{ Kg} > P_u = 19667 \text{ Kg}$$

memen

uhi syarat

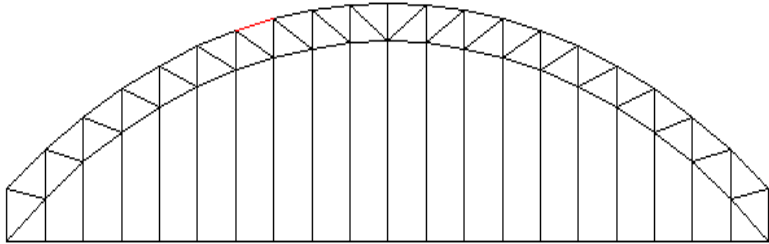
Kuat Leleh

$$P_n = \phi \times A_g \times f_y$$

$$= 0.90 \times 72.57 \times 3550 = 231861.15 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 231861.15 \text{ Kg} > P_u = 19667 \text{ Kg} \text{—OK}$$

5.3.2.5. Batang 3396



Gambar 5.10 Letak Batang 3396 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : -524473 Kg (Tekan)

Batang di desain menggunakan profil kotak (*Square/box*) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja PaksiSteel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 400 \text{ mm}$; $h = 400 \text{ mm}$; $t = 22 \text{ mm}$; $A = 300.20 \text{ cm}^2$; $W = 251.34 \text{ kg/m}$; $f_y = 3450 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 66200 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 3310 \text{ cm}^3$; $i_x = i_y = 14.80 \text{ cm}$

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{22} = 18.18$$

$$18.18 < 33.6$$

memenuhi syarat

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33.65$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (Kcx) = 1
- Faktor panjang tekuk (Kcy) = 1
- Panjang batang (Lx) = $6.23 \text{ m} = 623 \text{ cm}$
- Panjang batang (Ly) = $6.23 \text{ m} = 623 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}\lambda_x &= \frac{K_{cx} \times L_x}{ix} = \frac{1 \times 623}{14.80} = 34.84 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{iy} = \frac{1 \times 623}{14.80} \\ &= 34.84 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{34.84}{\pi} = \sqrt{\frac{345}{200000}} \\ &= 0.461\end{aligned}$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.461} = 1.108$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

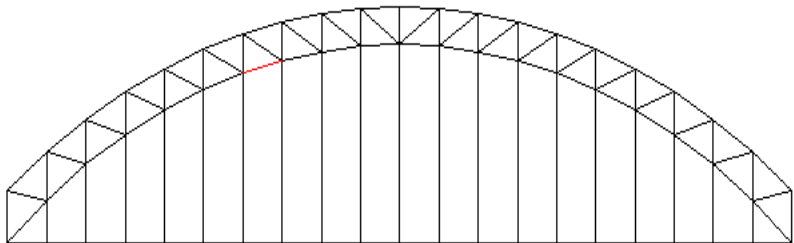
$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 300.0 \times \frac{3450}{1.108} = 934738.267 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 0.85 \times 934738.267 = 794527.527 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 794527.527 \text{ Kg} > Pu = 524473 \text{ Kg} \quad \text{memenuhi}$$

syarat

5.3.2.6. Batang 3388



Gambar 5.11 Letak Batang 3388 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : -316718 Kg (Tekan)

Batang di desain menggunakan profil kotak (*Square/box*) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi

Steel (Tabel 5.20-5.21).

$$b = 400 \text{ mm}; h = 400 \text{ mm}; t = 16 \text{ mm}; A = 234.8 \text{ cm}^2; W = 187.7$$

$$4 \text{ kg/m}; f_y = 3450 \text{ kg/cm}^2; I_x = I_y = 56200 \text{ cm}^4; Z_x = Z_y = 2810 \text{ cm}^3; i_x = i_y = 15.5 \text{ cm}$$

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{16} = 25$$

$$25 <$$

$$33.65$$

memenuhi syarat

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33.65$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

$$- \text{Faktor panjang tekuk } (K_{cx}) = 1$$

$$- \text{Faktor panjang tekuk } (K_{cy}) = 1$$

$$- \text{Panjang batang } (L_x) = 6.23 \text{ m} = 623 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \times L_x}{i_x} = \frac{1 \times 623}{15.5} = 33.265 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{i_y} = \frac{1 \times 623}{15.5}$$

$$= 33.265 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{33.265}{\pi} = \sqrt{\frac{345}{200000}}$$

$$= 0.44$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.44} = 1.096$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 234.8 \times \frac{3450}{1.096} = 739105.84 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 739105.84 = 628239.964 \text{ Kg}$$

$\phi P_n = 628239.964 \text{ Kg} > P_u = 316718 \text{ Kg}$ **memenuhi syarat**

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$\begin{aligned} A_e &= 0.85 \times A_g \\ &= 0.85 \times 86.53 \\ &= 73.55 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$P_n = A_e \times f_u = 199.58 \times 5650 = 1127627 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \times 1127627 = 845720.25 \text{ kg}$$

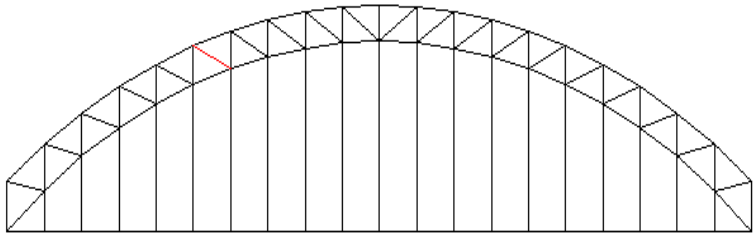
$\phi P_n = 845720.25 \text{ Kg} > P_u = 146764.93 \text{ Kg}$ **memenuhi syarat**

Kuat Leleh

$$P_n = \phi \times A_g \times f_y = 0.90 \times 234.8 \times 3550 = 750186 \text{ Kg}$$

$\phi P_n = 750186 \text{ Kg} > P_u = 316718 \text{ Kg}$ **memenuhi syarat**

5.3.2.7. Batang 3418



Gambar 5.12 Letak Batang 3418 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : 55159 Kg (Tarik)

Batang di desain menggunakan profil kotak (*Square/box*) dengan

mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi

Steel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 200 \text{ mm}$; $h = 200 \text{ mm}$; $t = 12 \text{ mm}$; $A = 86.53 \text{ cm}^2$; $W = 67.92 \text{ kg/m}$; $f_y = 3550 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 4980 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 498 \text{ cm}^3$; $i_x = i_y$

$$= 7.59 \text{ cm}$$

Kontrol Tekan

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{200}{12} = 16.67$$

$$16.67 < 33.172$$

memenuhi syarat

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33.172$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = 6.4 m = 640 cm
- Panjang batang (L_y) = 6.4 m = 640 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \times L_x}{ix} = \frac{1 \times 640}{7.59} = 68.55 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{iy} = \frac{1 \times 640}{7.59}$$

$$= 68.55 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{68.55}{\pi} = \sqrt{\frac{355}{200000}}$$

$$= 0.92$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.92} = 1.46$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{fy}{\omega} = 86.53 \times \frac{3550}{1.46} = 210398.29 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 210398.29 = 178838.55 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 178838.55 \text{ Kg} > P_u = 55159 \text{ Kg}$$

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$A_e = 0.85 \times A_g$$

$$= 0.85 \times 86.53$$

$$= 73.55 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \times f_u = 73.55 \times 5650 = 415557.5 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.75 \times 415557.5 = 233751.094 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 233751.094 \text{ Kg} > P_u = 21039.94 \text{ Kg}$$

memenuhi syarat

Kuat Leleh

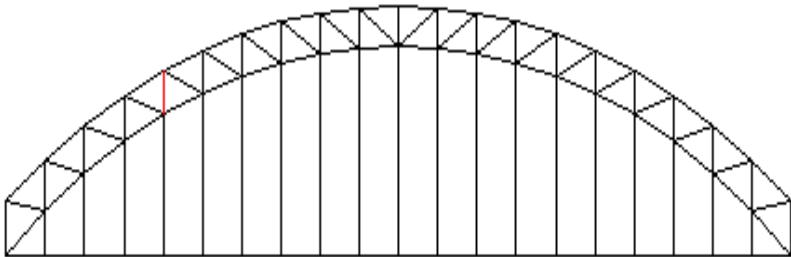
$$P_n = \phi A_g \times f_y = 0.90 \times 86.53 \times$$

$$\times 3550 = 276463.35 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 276463.35 \text{ Kg} > P_u = 21039.94 \text{ Kg}$$

memenuhi syarat

5.3.2.8. Batang 3407



Gambar 5.13 Letak Batang 3407 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : -18770 Kg (Tekan)

Batang di desain menggunakan profil kotak (*Square/box*) dengan

mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi

Steel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 200 \text{ mm}$; $h = 200 \text{ mm}$; $t = 10 \text{ mm}$; $A = 72.57 \text{ cm}^2$; $W = 57.64 \text{ kg/m}$; $f_y = 3550 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 4251.06 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 425.11 \text{ cm}^3$;

$$i_x = i_y = 7.65 \text{ cm}$$

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$A_e = 0.85 \times A_g$$

$$= 0.85 \times 72.57$$

$$= 61.685 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \times f_u = 61.685 \times 5650 = 292020.25 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.75 \times 292020.25 = 219015.1875 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 219015.1875 \text{ Kg} > P_u = 9714.70 \text{ Kg}$$

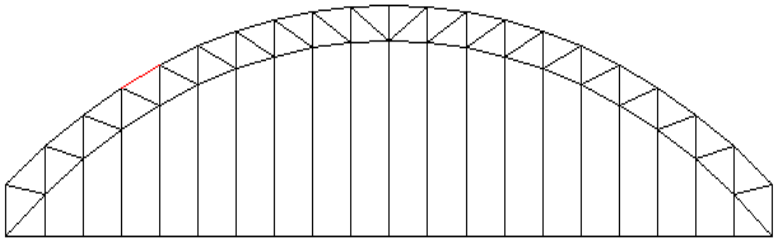
memenuhi syarat

Kuat Leleh

$$P_n = \phi \times A_g \times f_y = 0.90 \times 72.57 \times 3550 = 231861.15 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 231861.15 \text{ Kg} > P_u = 18770 \text{ Kg} \quad \text{memenuhi}$$

syarat



5.3.2.9. Batang 3393

Gambar 5.14 Letak Batang 3393 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : -420623 Kg (Tekan)

Batang di desain menggunakan profil kotak (*Square/box*) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi Steel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 500$ mm; $h = 500$ mm; $t = 22$ mm; $A = 388.20$ cm²; $W = 320.42$

kg/m; $f_y = 3450$ kg/cm²; $I_x = I_y = 140000$ cm⁴; $Z_x = Z_y = 5590$ cm³; $i_x = i_y = 19$ cm

Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{22} = 22.73$$

22.73 < 33.65 **memenuhi syarat**

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33.65$$

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = 6.7 m = 670 cm
- Panjang batang (L_y) = 6.7 m = 670 cm

$$\begin{aligned}\lambda_x &= \frac{K_{cx} \times L_x}{ix} = \frac{1 \times 670}{19} = 29.053 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{iy} = \frac{1 \times 670}{19} \\ &= 29.053 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{29.503}{\pi} = \sqrt{\frac{345}{200000}} \\ &= 0.39\end{aligned}$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.39} = 1.07$$

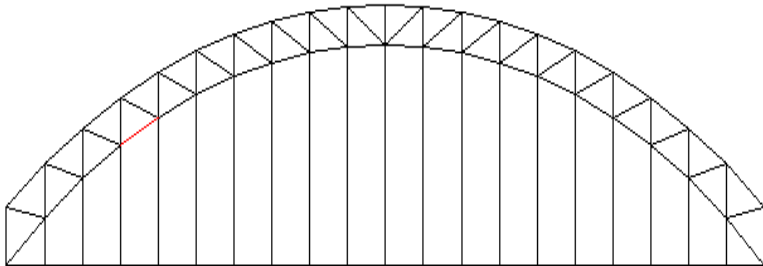
Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{fy}{\omega} = 388.20 \times \frac{3450}{1.07} = 1251672.897 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 1251672.897 = 1063921.963 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 1063921.963 \text{ Kg} > P_u = 420623 \text{ Kg} \quad \text{OK}$$

5.3.2.10. Batang 3385



Gambar 5.15 Letak Batang 3385 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : -524678 Kg (Tekan)

Batang di desain menggunakan profil kotak (Square/box) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja PaksiSteel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 400 \text{ mm}$; $h = 400 \text{ mm}$; $t = 16 \text{ mm}$; $A = 234.8 \text{ cm}^2$; $W = 187.7$
 4
 kg/m ; $f_y = 3450 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 56200 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 2810 \text{ cm}^3$; $i_x =$
 i_y
 $= 15.5 \text{ cm}$

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{16} = 25$$

$$25 <$$

33.65 *memenuhi syarat*

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33.65$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = $6.76 \text{ m} = 676 \text{ cm}$
- Panjang batang (L_y) = $6.76 \text{ m} = 676 \text{ cm}$

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \times L_x}{i_x} = \frac{1 \times 676}{15.5} = 35.62 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{i_y} = \frac{1 \times 676}{15.5}$$

$$= 35.62 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{29.503}{\pi} = \sqrt{\frac{345}{200000}}$$

$$= 0.471$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.471} = 1.12$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 234.8 \times \frac{3450}{1.12} = 723267.86 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 723267.86 = 614777.68 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 614777.68 \text{ Kg} > P_u = 524678 \text{ Kg}$$

memenuhi

syarat

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$\begin{aligned}
 Ae &= 0.85 \times Ag \\
 &= 0.85 \times 234.8 \\
 &= 199.58 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$Pn = Ae \times fu = 199.58 \times 5650 = 1127627 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 0,75 \times 1127627 = 845720.25 \text{ kg}$$

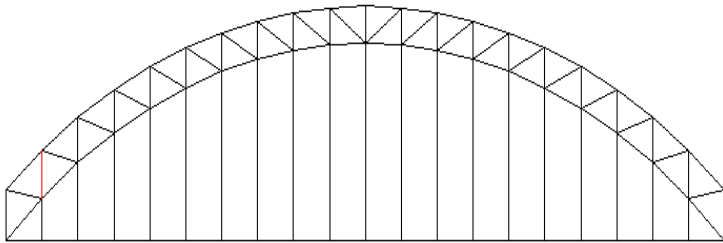
$$\phi Pn = 845720.25 \text{ Kg} > Pu = 239457.30 \text{ Kg} \quad \text{memenuhi syarat}$$

Kuat Leleh

$$Pn = \phi \times Ag \times fy = 0.90 \times 234.8 \times 3550 = 750186 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 750186 \text{ Kg} > Pu = 239457.30 \text{ Kg} \quad \text{memenuhi syarat}$$

5.3.2.11. Batang 3412



Gambar 5.16 Letak Batang 3412 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : -79606 Kg (Tekan)

Batang di desain menggunakan profil kotak (Square/box) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi

Steel (Tabel 5.20-5.21).

$$b = 200 \text{ mm}; h = 200 \text{ mm}; t = 10 \text{ mm}; A = 72.57 \text{ cm}^2; W = 57.64 \text{ kg/m}; fy = 3550 \text{ kg/cm}^2; I_x = I_y = 4251.06 \text{ cm}^4; Z_x = Z_y = 425.11 \text{ cm}^3$$

$$i_x = i_y = 7.65 \text{ cm}$$

Kontrol Tekan**Kontrol Kelangsingan Penampang:**

$$\frac{b}{t} = \frac{200}{10} = 20$$

20 < 33.172 *memenuhi syarat*

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33.172$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = 4.5 m = 450 cm
- Panjang batang (L_y) = 4.5 m = 450 cm

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{K_{cx} \times L_x}{i_x} = \frac{1 \times 342}{7.65} = 44.71 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{i_y} = \frac{1 \times 342}{7.65} \\ &= 44.71 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{44.71}{\pi} = \sqrt{\frac{355}{200000}} \\ &= 0.6 \end{aligned}$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.6} = 1.2$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 72.57 \times \frac{3550}{1.2} = 214686.25 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 214686.25 = 182483.3125 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 182483.3125 \text{ Kg} > P_u = 30685.60$$

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$A_e = 0.85 \times A_g$$

$$= 0.85 \times 72.57$$

$$= 61.685 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \times f_u = 61.685 \times 5650 = 348520.25 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.75 \times 348520.25 = 261390.1875 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 21390.1875 \text{ Kg} > P_u = 79606 \text{ Kg} \quad \text{memenuhi}$$

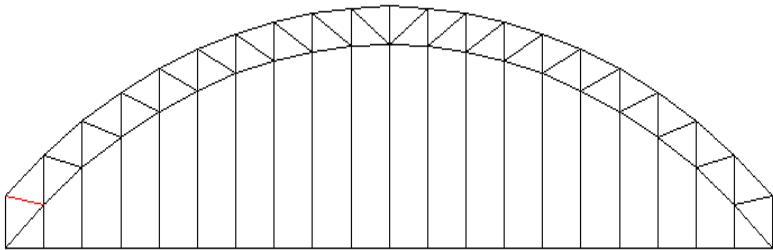
syarat

Kuat Leleh

$$P_n = \phi \times A_g \times f_y = 0.90 \times 72.57 \times 3550 = 231861.15 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 231861.15 \text{ Kg} > P_u = 30685.60 \text{ Kg} \quad \text{--OK}$$

5.3.2.12. Batang 3413



Gambar 5.17 Letak Batang 3413 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : 89857 Kg (Tarik)

Batang di desain menggunakan profil kotak (Square/box) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi Steel (Tabel 5.20-5.21). $b = 200 \text{ mm}$; $h = 200 \text{ mm}$; $t = 12 \text{ mm}$; $A = 86.53 \text{ cm}^2$; $W = 67.92 \text{ kg/m}$; $f_y = 3550 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 4980 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 498 \text{ cm}^3$; $i_x = i_y = 7.59 \text{ cm}$.

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{200}{12} = 16.67$$

$$16.67 < 33.172\text{--}$$

OK

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{355}} = 33.172$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = 6.2 m = 620 cm
- Panjang batang (L_y) = 6.2 m = 620 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \times L_x}{ix} = \frac{1 \times 560}{7.59} = 73.781 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{iy} = \frac{1 \times 560}{7.59}$$

$$= 73.781 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{73.781}{\pi} = \sqrt{\frac{355}{200000}}$$

$$= 0.99$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.99} = 1.53$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 86.53 \times \frac{3550}{1.53} = 200772.22 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 200772.22 = 170656.39 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 170656.39 \text{ Kg} > P_u = 34588.14 \text{ kg}$$

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$A_e = 0.85 \times A_g$$

$$= 0.85 \times 86.53$$

$$= 73.55 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \times f_u = 73.55 \times 5650 = 415557.5 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.75 \times 415557.5 = 31168.125 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 311668.125 \text{ Kg} > P_u = 89857 \text{ Kg} \quad \text{--OK}$$

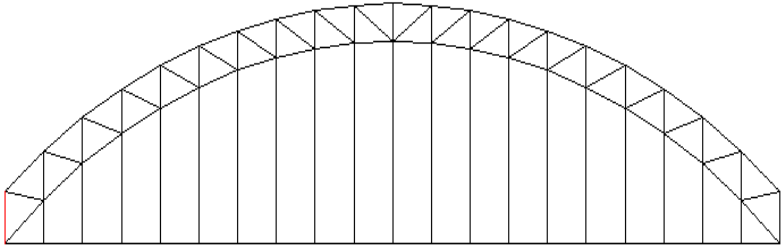
Kuat Leleh

$$P_n = \phi$$

$$\times A_g \times f_y = 0.90 \times 86.53 \times 3550 = 276463.35 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 276463.35 \text{ Kg} > P_u = 89857 \text{ Kg} \quad \text{--OK}$$

5.3.2.13. Batang 3392



Gambar 5.18 Letak Batang 3392 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : -89026 Kg (Tekan)
 $b = 400 \text{ mm}$; $h = 400 \text{ mm}$; $t = 22 \text{ mm}$; $A = 300.2 \text{ cm}^2$; $W = 251.3$
 4 kg/m ; $f_y = 3450 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 66200 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 3310 \text{ cm}$
 3 ; $i_x = i_y$
 $= 14.8 \text{ cm}$

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{22} = 18.18$$

$$18.18 < 33.65$$

OK

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33.65$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = $6.2 \text{ m} = 620 \text{ cm}$
- Panjang batang (L_y) = $6.2 \text{ m} = 620 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}\lambda_x &= \frac{K_{cx} \times L_x}{i_x} = \frac{1 \times 342}{14.8} = 23.11 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{i_y} = \frac{1 \times 342}{14.8} \\ &= 23.11 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{23.11}{\pi} = \sqrt{\frac{345}{200000}} \\ &= 0.306\end{aligned}$$

Karena $0.25 < \lambda_c < 1.2$, maka :

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.306} = 1.025$$

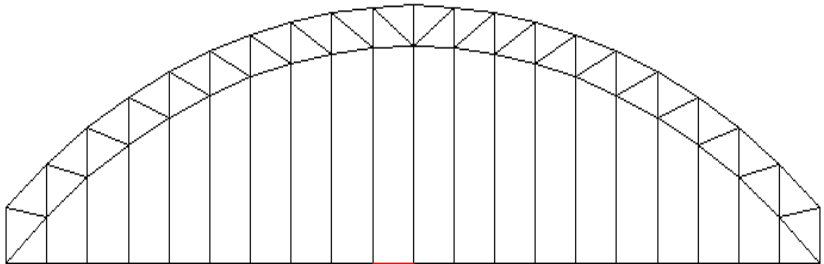
Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega} = 300.2 \times \frac{3450}{1.025} = 1010429.27 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 1010429.27 = 858864.88 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 858864.88 \text{ Kg} > P_u = 89026 \text{ kg OK}$$

5.3.2.14. Batang 3896



Gambar 5.19 Letak Batang 3896 pada Rangka Busur Utama Jembatan

Gaya Aksial Batang : 20520 Kg (Tarik)

Batang di desain menggunakan profil kotak (Square/box) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja PaksiSteel (Tabel 5.5-5.6).

$b = 500 \text{ mm}$; $h = 500 \text{ mm}$; $t = 25 \text{ mm}$; $A = 446.0 \text{ cm}^2$; $W = 360.24 \text{ kg/m}$; $f_y = 3450 \text{ kg/cm}^2$; $I_x = I_y = 160900 \text{ cm}^4$; $Z_x = Z_y = 6440 \text{ cm}^3$; $i_x = i_y = 19 \text{ cm}$

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$\begin{aligned} Ae &= 0.85 \times Ag \\ &= 0.85 \times 446.0 \\ &= 379.1 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$Pn = Ae \times fy = 379.1 \times 5650 = 2141915 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 0,75 \times 2141915 \times 1606436.25 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 1606436.25 \text{ Kg} > Pu = 272 \text{ Kg} \quad \text{--}$$

OK

Kuat Leleh

$$Pn = \phi \times Ag \times fy = 0.90 \times 446.0 \times 3450 = 1384830 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 1384830 \text{ Kg} > Pu = 20520 \text{ Kg} \quad \text{--}$$

OK

5.3.3. Perencanaan Ikatan Angin Lantai Kendaraan

Batang di desain menggunakan profil siku L 150x150x16, dengan spesifikasi sebagai berikut:

$b = 150 \text{ mm}$; $h = 150 \text{ mm}$; $t = 16 \text{ mm}$; $A = 45.7 \text{ cm}^2$; $W = 35.9 \text{ kg/m}$; $I_x = I_y = 949 \text{ cm}^4$; $W_x = W_y = 88.7 \text{ cm}^3$; $i_x = i_y = 4.56 \text{ cm}$; $f_y = 250 \text{ MPa}$

Gaya Aksial Batang : 47101 Kg

$$I_{\min} = 1.69 PL_k^2 = 1.69 \times 47 \times 10.81 = 858 \text{ cm}^4 \quad \text{OK}$$

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$\begin{aligned} Ae &= 0.85 \times Ag \\ &= 0.85 \times 45.7 \\ &= 38.845 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$Pn = Ae \times fu = 38.845 \times 4100 = 159264.5 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 0,75 \times 159264.5 = 119448.375 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 119448.375 \text{ Kg} > Pu = 47101 \text{ Kg} \quad \text{memenuhi syarat}$$

Kuat Leleh

$$P_n = \phi \times A_g \times f_y = 0.90 \times 45.7 \times 2500 = 102825 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 102825 \text{ Kg} > P_u = 47101 \text{ Kg} \text{ memenuhi syarat}$$

5.3.4. Perencanaan Ikatan Silang Akhir Batang

Besar Gaya Aksial Pada Ikatan Silang Akhir Batang :
100127 Kg

Batang di desain menggunakan profil siku L 200x200x18, dengan spesifikasi sebagai berikut:

$$b = 200 \text{ mm}; h = 200 \text{ mm}; t = 18 \text{ mm}; A = 69.1 \text{ cm}^2; W = 54.3 \text{ kg/m}; I_x = I_y = 2600 \text{ cm}^4; W_x = W_y = 181 \text{ cm}^3; i_x = i_y = 6.13 \text{ cm}; f_y = 250 \text{ MPa}$$

$$I_{\min} = 1.69 P L_k^2 = 1.69 \times 100 \times 10.29 = 1739 \text{ cm}^4 \text{ OK}$$

Kontrol tarik**Kuat Putus**

$$A_e = 0.85 \times A_g$$

$$= 0.85 \times 69.1$$

$$= 58.735 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \times f_u = 58.735 \times 4100 = 240813.5 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.75 \times 240813.5 = 180610.125 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 180610.125 \text{ Kg} > P_u = 100127.69 \text{ Kg} \text{ memenuhi syarat}$$

Kuat Leleh

$$P_n = \phi \times A_g \times f_y = 0.90 \times 69.1 \times 2500 = 155475 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 155475 \text{ Kg} > P_u = 100127.69 \text{ Kg} \quad \text{--}$$

OK

5.4. Perencanaan Struktur Sekunder Jembatan Busur

Setelah mendapatkan gaya-gaya dalam dari setiap elemenstruktur jembatan, kemudian kita dapat mendesain batang/elemen jembatan yang cocok digunakan sebagai struktur sekunder. Struktur sekunder jembatan tersebut meliputi ikatan angin rangka, ikatan angin lantai, ikatan silang dan batang portal akhir.

5.4.1. Perencanaan Ikatan Angin Rangka Busur Jembatan

Batang di desain menggunakan profil siku L 160x160x17, dengan spesifikasi sebagai berikut:

$b = 160 \text{ mm}$; $h = 160 \text{ mm}$; $t = 17 \text{ mm}$; $A = 51.8 \text{ cm}^2$; $W = 40.7 \text{ kg/m}$; $I_x = I_y = 1230 \text{ cm}^4$; $i_x = i_y = 4.86 \text{ cm}$; $f_y = 250 \text{ Mpa}$

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{160}{17} = 9.41$$

$$9.41 <$$

12.65 *memnuhi syarat*

$$\frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{250}} = 12.65$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (Kcx) = 1
- Faktor panjang tekuk (Kcy) = 1
- Panjang batang (Lx) = $6.73 \text{ m} = 673 \text{ cm}$
- Panjang batang (Ly) = $6.73 \text{ m} = 673 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}\lambda_x &= \frac{K_{cx} \times L_x}{ix} = \frac{1 \times 673}{4.86} = 138.48 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{iy} = \frac{1 \times 673}{4.86} \\ &= 138.48 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{138.48}{\pi} = \sqrt{\frac{250}{200000}} \\ &= 1.56\end{aligned}$$

Karena $\lambda_c > 1.2$, maka:

$$\omega = 1.25 \times \lambda_c^2 = 1.25(1.56)^2 = 1.56$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 518 \times \frac{2500}{3.042} = 42570.68 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 0.85 \times 42570.68 = 36185.08 \text{ Kg}$$

$\phi Pn = 36185.08 \text{ Kg} > Pu = 28849.13 \text{ kg}$ **memenuhi syarat**

Kontrol tarik

Kuat Putus

$$\begin{aligned}Ae &= 0.85 \times Ag \\ &= 0.85 \times 51.8 \\ &= 44.03 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$Pn = Ae \times fu = 44.03 \times 4100 = 180523 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 0.75 \times 180523 = 135392.25 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 135392.25 \text{ Kg} > Pu = 26428.35 \text{ kg}$$

memenuhi syarat

Kuat Leleh

$$Pn = \phi \times Ag \times fy = 0.90 \times 51.8 \times 2500 = 116550 \text{ Kg}$$

$\phi Pn = 116550 \text{ Kg} > Pu = 26428.35 \text{ Kg}$ **memenuhi syarat**

Batang di desain menggunakan profil kotak (box/Square Hollow) dengan spesifikasi sebagai berikut $b = 180 \text{ mm}$; $h = 180 \text{ mm}$; $t_b = 6.3 \text{ mm}$; $A = 42.41 \text{ cm}^2$; $W = 33.56 \text{ Kg/m}$; $I_x = I_y = 2095.65 \text{ cm}^4$; $i_x = i_y = 7.03 \text{ cm}$; $f_y = 250 \text{ MPa}$

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{180}{6.3} = 28.57$$

28.57 < 39.53 memenuhi syarat

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{250}} = 39.53$$

Kontrol Kapasitas Tekan:

- Faktor panjang tekuk (K_{cx}) = 1
- Faktor panjang tekuk (K_{cy}) = 1
- Panjang batang (L_x) = 9 m = 900 cm
- Panjang batang (L_y) = 9 m = 900 cm

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \times L_x}{ix} = \frac{1 \times 900}{7.03} = 128.023 \lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{iy} = \frac{1 \times 900}{7.03}$$

$$= 128.023 \lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{128.023}{\pi} = \sqrt{\frac{250}{200000}}$$

$$= 1.44$$

Karena $\lambda_c > 1.2$, maka:

$$\omega = 1.25 \times \lambda_c^2 = 1.25(1.44)^2 = 2.6$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$P_n = A_g \frac{fy}{\omega} = 42.41 \times \frac{2500}{2.6} = 40778.85 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0.85 \times 40778.85 = 34662.02 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 34662.02 \text{ Kg} > P_u = 23625.41 \text{ kg}$$

memenuhi syarat

Batang di desain menggunakan profil siku L 100 x 100 x 10, denaspesifikasi sebagai berikut: b = 100 mm; h = 100 mm; t = 10 mm; A = 19.2 cm²; W = 15.1 kg/m; I_x = I_y = 177 cm⁴; i_x = i_y = 3.04 cm; f_y = 250 MPa

Kontrol tarik**Kuat Putus**

$$\begin{aligned}
 Ae &= 0.85 \times Ag \\
 &= 0.85 \times 19.2 \\
 &= 16.32 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$Pn = Ae \times fu = 16.32 \times 4100 = 66912 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 0,75 \times 66912 = 50184 \text{ kg}$$

$$\phi Pn = 50184 \text{ Kg} > Pu = 20033.67 \text{ Kg} \text{ memenuhi syarat}$$

Kuat Leleh

$$Pn = \phi \times Ag \times fy = 0.90 \times 19.2 \times 2500 = 43200 \text{ Kg}$$

$$\phi Pn = 43200 \text{ Kg} > Pu = 20033.67 \text{ Kg} \text{ memenuhi syarat}$$

5.4.2. Perencanaan Balok Portal Akhir

Batang di desain menggunakan profil kotak (*Square/box*) dengan mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi Steel (Tabel 5.20-5.21).

$$\begin{aligned}
 b &= 400 \text{ mm}; h = 400 \text{ mm}; t = 19 \text{ mm}; A = 300.2 \text{ cm}^2; W = \\
 &251.34 \text{ kg/m}; fy = 3450 \text{ kg/cm}^2; Ix=Iy = 76500 \text{ cm}^4; Zx=Zy= \\
 &3830 \text{ cm}^3; ix=iy = 14.90 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kontrol Kelangsingan Penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{400}{19} = 21.053$$

$$21 < 39.53$$

memenuhi syarat

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{345}} = 33.65$$

Kontrol Kelangsingan Struktur :

$$\lambda_x = \frac{K_{cx} \times L_x}{ix} = \frac{1 \times 648}{14.9} = 43.49$$

$$Ncrb_x = \frac{\pi^2 \times E \times AG}{\lambda x^2} = \frac{9.87 \times 2000000 \times 300.2}{1891.38}$$

$$= 3133134.537kg\lambda_y = \frac{K_{cy} \times L_y}{i_y} = \frac{1 \times 648}{14.9}$$

$$= 43.49$$

$$Ncrb_y = \frac{\pi^2 \times E \times Ag}{\lambda y^2} = \frac{9.87 \times 2000000 \times 300.2}{1891.38}$$

$$= 3133134.537kg\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{43.49}{\pi}$$

$$= \sqrt{\frac{345}{200000}} = 0.575$$

Karena $0.25 < \lambda c > 1.2$, maka:

$$\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda_c} = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times 0.575} = 1.18$$

Sehingga Kuat Nominal Penampang

$$Pn = Ag \frac{fy}{\omega} = 300.2 \times \frac{3450}{1.18} = 877703.4kg$$

$$\phi Pn = 0.85 \times 877703.4 = 746047.88Kg$$

$$\phi Pn = 746047.88Kg > Pu = 149097.90kg$$

memenuhi syarat

Sehingga:

$$\frac{Pu}{\phi Pn} = \frac{149097.90}{746047.88}$$

Kontrol Balok

Terhadap Sumbu X

$C_m = 0.9$ (elemen menerima gaya transversal dan dianggap ujung-ujungnya semi kaku)

$$\delta_{bx} = \frac{C_m}{1 - \frac{Nu}{Ncrbx}} > 1.00$$

$$\delta_{bx} = \frac{0.9}{1 \frac{149097.90}{3133134.537}} > 1.00$$

$$= 0.95 > 1.00$$

Maka dipakai nilai $\delta_{bx} = 1.00$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga: } M_{ux} &= \delta_{bx} \times M_{ux} \\ &= 1.00 \times 64014.08 \\ &= 64014.08 \text{ Kgm} \end{aligned}$$

Terhadap Sumbu Y

Kontrol Tekuk Lokal

$$\frac{h}{t} = \frac{400}{19} = 21.053$$

$$21 < 90.45$$

memenuhi syarat

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{345}} = 90.45$$

$$\frac{b}{2t} = \frac{400}{38} = 10.53$$

$$10.53 < 35.8$$

memenuhi syarat

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{665}{\sqrt{345}} = 35.8$$

Sehingga:

$$M_{nx} = M_{px} = Z_x \times f_y = 3830 \times 3450 = 132135 \text{ Kgm}$$

Kontrol Interaksi Balok Kolom

Menggunakan Rumus I

$$\frac{Pu}{\phi Pn} + \frac{8}{9} \times \left[\frac{Mux}{0.9 \times Mnx} + \frac{Muy}{Mny} \right] \leq 1.00$$

$$\frac{149097.9}{746047.88} + \frac{8}{9} \times \left[\frac{64014.08}{0.9 \times 132135} + 0 \right] \leq 1.00$$

$$0.68 \leq 1.00$$

Batang di desain menggunakan profil kotak (Square/box) dengan

mutu GR 50A, sesuai spesifikasi dari brosur PT.Gunung Raja Paksi Steel (Tabel 5.20-5.21).

$b = 400 \text{ mm}$; $h = 400 \text{ mm}$; $t = 12 \text{ mm}$; $A = 180.1 \text{ cm}^2$; $W = 143.28 \text{ kg/m}$; $f_y = 3450 \text{ kg/cm}^2$; $I_x=I_y = 44300 \text{ cm}^4$; $Z_x=Z_y = 2220 \text{ cm}^3$; $i_x=i_y = 15.7 \text{ cm}$

Kuat Rencana Momen Lentur

Kontrol penampang:

$$\frac{h}{t} = \frac{400}{12} = 33.33$$

$$33.33 <$$

90.4 memenuhi syarat

$$\frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{345}} = 90.45$$

$$\frac{b}{2t} = \frac{400}{24} = 16.67$$

$$16.67 < 35.8$$

memnuhi syarat

$$\frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{665}{\sqrt{345}} = 35.8$$

Penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \times f_y \\ &= 2220 \times 3450 = 7659000 \text{ kgcm} = 76590 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0.9 \times M_n \\ &= 0.9 \times 76590 \\ &= 68931 \text{ kgm} > MU = 46078.35 \text{ kgm} \end{aligned}$$

memnuhi syarat

Kontrol Lateral Buckling

$$L_B = 900 \text{ cm.}$$

$$L_P = 1.76 \times i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1.76 \times 15.7 \times \sqrt{\frac{2000000}{3450}} = 665.3 \text{ cm}$$

$$L_R = i_y \times \left(\frac{x_1}{f_y - f_r} \right) \times \left(\sqrt{1 + \sqrt{1 + (x_2 f_2^2)}} \right)$$

$$f_y = 3450 \text{ kg/cm}^2 ; f_r = 700 \text{ kg/cm}^2 \text{ (fabrikasi)}$$

$$f_L = f_y - f_r = 3450 - 700 = 2750 \text{ kg/cm}^2$$

$$J = \sum \frac{1}{3} b t^3 ; \text{ plat badan } b = h - 2t = 400 - 2(12) = 376 \text{ mm}$$

$$I_w = \left(\frac{1}{3} \times 376 \times 1.2^3 \right) + \left(\frac{1}{3} \times 40 \times 1.2^3 \right) = 44.7 \text{ cm}^4$$

$$I_w = i_y \times \frac{(h')^2}{4} ; h' = h - t = 400 - 12 = 388 \text{ mm}$$

$$I_w = 44300 \times \frac{(38.8)^2}{4} = 1672748 \text{ cm}^6$$

$$X1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}} = \frac{\pi}{2220} \sqrt{\frac{2 \times 10^6 \times 8 \times 10^5 \times 44.7 \times 180.1}{2}}$$

$$= 113567.09 \text{ kg/cm}^2$$

$$X2 = 4 \times \left(\frac{S_x}{G \times J} \right) \times \frac{I_w}{I_y}$$

$$= 4 \times \left(\frac{2220}{8 \times 10^5 \times 4.7} \right) \times \frac{1672748}{44300} = 5.82 \times 10^{-7} (\text{kg/cm}^2)^{-2}$$

$$L_R = i_y \times \left(\frac{x_1}{f_y - f_r} \right) \times \left(\sqrt{1 + \sqrt{1 + (x_2 f_2^2)}} \right)$$

=

$$15.7 \times \left(\frac{113567.09}{2750} \right) \times \left(\sqrt{1 + \sqrt{1 + (5.82 \times 10^{-7} \times 2750^2)}} \right)$$

$$L_R = 1182.1 \text{ cm}$$

Karena $L_P = 665.3 \text{ cm} < L_B = 900 \text{ cm} < L_R = 1182.1 \text{ cm}$ (*Bentang Menengah*)

$$M_n = C_b \times \left[M_R + (M_p - M_R) \frac{L_p - L_B}{L_R - L_P} \right]$$

$$M_R = S_x \times (f_y - f_r)$$

$$= 2220 \times (3450 - 700) = 6105000 \text{ Kgcm}$$

$$M_p = Z_x \times f_y$$

$$= 2220 \times 3450 = 7659000 \text{ Kgcm}$$

$$\text{Momen di } \frac{1}{4} \text{ bentang} = 22636.81 \text{ Kgcm}$$

$$\text{Momen di } \frac{1}{8} \text{ bentang} = 34549.06 \text{ Kgcm}$$

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

$$= 0.8 < 2.30$$

$$M_n = C_b \times \left[M_R + (M_p - M_R) \frac{L_p - L_B}{L_R - L_P} \right]$$

$$= 5601913.932 \text{ kgcm}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 5601913.932 \text{ kgcm}$$

$$= 5041722.54 \text{ kgcm}$$

$$M_U = 46078.35 \text{ kgm} = 4607835 \text{ kgcm}$$

$$\phi Mn = 5041722.54 \text{ kgcm} > M_U = 4607835 \text{ kgcm} \text{ --OK}$$

Kuat Rencana Geser

Kontrol penampang:

$$\frac{b}{t} = \frac{625}{\sqrt{fy}} \qquad \frac{400}{12} \leq \frac{625}{\sqrt{345}}$$

$$33.33 < 33.65 \text{ memenuhi syarat}$$

Berdasarkan LRFD:

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \times fy \times A_w \\ &= 0.6 \times fy \times ((h - 2 \times t) \times tw) \\ &= 0.6 \times 3450 \times (37.6 \times 1.2) \\ &= 93398.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

V_u diambil terbesar yaitu 10373.36 kg.

$$\phi V_n = 0.9 \times 93398.4 \text{ kg} = 84058.56 \text{ kg}$$

Syarat:

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$10373.36 \text{ kg} < 84058.56 \text{ kg} \text{ -- OK}$$

Lendutan Ijin

Syarat:

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

$$\delta = \frac{\lambda}{800} \text{ (LRFD)}$$

$$= \frac{900}{800} = 1.125 \text{ cm}$$

Joint Displacements			
Joint Object	1840	Joint Element	1840
	1	2	3
Trans	0.00000	-2.056E-04	-0.71054
Rotn	8.765E-04	0.00000	0.00000

Cek syarat lendutan ijin:

$$\delta' \leq \delta$$

0.71 cm ≤ 1.125 cm **memenuhi syarat**

5.4.3. Lendutan Ijin Jembatan

Dalam perencanaan suatu Jembatan, salah satu syarat utama yang harus dipenuhi untuk mendesain jembatan adalah lendutan yang tidak boleh melebihi batas. Syarat: $\delta' \leq \delta Z$

, dimana δ adalah lendutan ijin, sedangkan δ' adalah lendutan yang terjadi berdasarkan beban hidup saja.

$$\delta = \frac{\lambda}{800} \text{ (LRFD)}$$

dimana λ adalah panjang bentang jembatan, maka didapatkan:

$$\delta = \frac{12000}{800}$$

$$\delta = 15 \text{ cm}$$

Joint Displacements			
Joint Object	Joint Element		
16	1	2	3
Trans	-3.746E-06	-1.453E-05	-9.52264
Rotn	0.00399	5.545E-04	0.00000

Cek syarat lendutan ijin:

$$\delta' \leq \delta$$

9.5 cm ≤ 15 cm **memenuhi syarat**

BAB VI

PERENCANAAN SAMBUNGAN DAN PERLETAKAN

6.1. Umum

Desain detail sambungan ini mengacu pada peraturan sambungan baja SNI 1729-2002 yang mendasarkan metodenya pada LRFD. Beberapa sistem sambungan yang digunakan dalam perencanaan ini terdiri dari sambungan baut dan sambungan las. Tipe-tipe baut dan las yang digunakan mengacu kepada tabel berikut ini.

Tabel 6.1 Tipe-tipe Baut

(Sumber: Buku Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD Edisi Kedua Karya Agus Setiawan)

Baut	Mutu	d_b (mm)	Proof Stress (MPa)	Kuat Tarik min. , fu (MPa)
A307	Normal	6,35 – 10,4	-	60
A325	Tinggi	12,7 – 25,4	585	825
		28,6 – 38,1	510	725
A490	Tinggi	12,7 – 38,1	825	1035
Keling	Normal		-	370

Tabel 6.2 Ukuran Minimum Las Sudut

(Sumber: SNI-03-17292002 Tabel 13.5.1)

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

6.2. Sambungan Balok Memanjang dan Balok Melintang

6.2.1. Profil Balok Memanjang WF 400 x 300 x 10 x 16:

$$f_y = 250 \text{ MPa} \quad ; \quad f_u = 410 \text{ MPa}; \quad E_s = 200000 \text{ MPa}$$

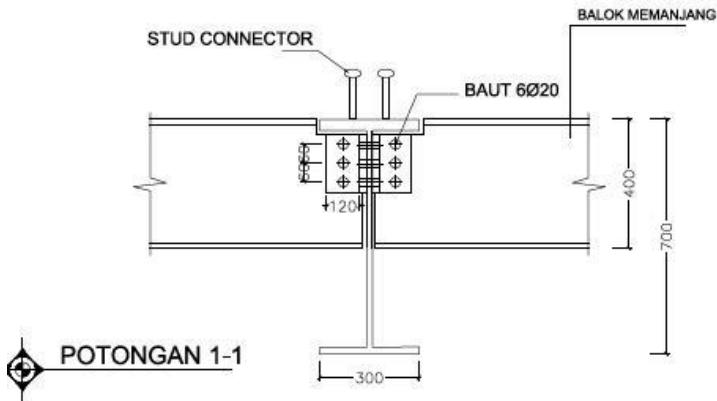
$$d = 390 \text{ mm} \quad ; \quad b = 300 \text{ mm} ; \quad t_w = 10 \text{ mm} ; \quad t_f = 16 \text{ mm}$$

$$V_u \text{ maksimum} = 31100.875 \text{ Kg}$$

Pelat Sambung Siku 120x120x11 BJ 50

Baut Tipe A325Diameter baut (d_b) = 20 mmGaya tarik minimum baut (T_b) = 14500 KgJumlah bidang geser (m) = 2Phi (ϕ) = 1 (lubang standart) μ = 0.35 (permukaan bersih)**Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (Friction Type)**Kuat Geser (ϕV_n) = $\phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b$ = $1 \times 1.13 \times 0.35 \times 2 \times 14500$

= 11469.5 Kg

 V_u 31100.875Jumlah Baut (n) = $\frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{31100.875}{11469.5} = 2.72 \approx 3$ 

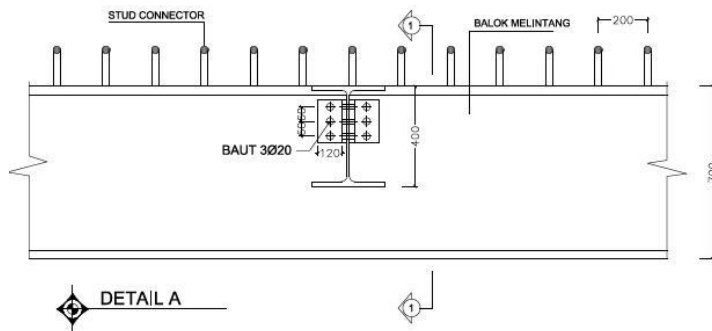
Gambar 6.1 Sambungan Balok Memanjang ke Balok Melintang

6.2.2. Profil Balok Melintang WF 900 x 300 x 16 x 28: $f_y = 250$ MPa ; $f_u = 410$ MPa ; $E_s = 200000$ MPa $d = 900$ mm ; $b = 300$ mm ; $t_w = 16$ mm ; $t_f = 28$ mm V_u maksimum = 31100.875 Kg

Pelat Sambung Siku 120x120x11 BJ 50

Baut Tipe A325Diameter baut (d_b) = 20 mmGaya tarik minimum baut (T_b) = 14500 Kg

$$\begin{aligned} \text{Jumlah bidang geser } (m) &= 1 \\ \text{Phi } (\phi) &= 1 \text{ (lubang standart)} \\ \mu &= 0.35 \text{ (permukaan bersih)} \\ \text{Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (Friction Type)} \\ \text{Kuat Geser } (\phi V_n) &= \phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 14500 \\ &= 5734.75 \text{ Kg} \\ \text{Jumlah Baut } (n) &= \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{31100.875}{5734.75} = 5.423 \approx 6 \end{aligned}$$



Gambar 6.2 Sambungan Balok Melintang ke Balok Memanjang

6.2.3. Jarak Pemasangan Baut:

Syarat: $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

Maka:

4.1.2 $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$3 \times 20 \leq S \leq 15 \times 11$ atau 200 mm

$60 \leq S \leq 165$ atau 200 mm Dipakai

$S = 60$ mm

4.1.3 $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

$1.5 \times 20 \leq S_1 \leq (4 \times 10 + 100)$ atau 200 mm

$30 \leq S_1 \leq 144$ atau 200 mm

Dipakai $S_1 = 30$ mm

6.2.4. Kontrol Pelat Siku Penyambung

Kontrol Leleh

$$A_g = 25.4 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_e = 25.4 - 2 \times (1.6 + 1.5) \\ = 19.2 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \times f_y \times A_g$$

$$= 0.9 \times 2900 \times 25.4$$

$$= 66294 \text{ Kg} > V_u = 65627.625 \text{ Kg}$$

--OK

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \times f_u \times A_e$$

$$= 0.75 \times 5000 \times 19.2$$

$$= 72000 \text{ Kg} > V_u = 65627.625 \text{ Kg}$$

--OK

6.3. Sambungan Ikatan Angin dan Ikatan Silang

Pada Tugas Akhir ini, sambungan ikatan angin digunakan pelat sambung dengan tebal = 12 mm dan Baut Tipe A325 dengan spesifikasi baut kami lampirkan pada Tabel 6.1.

6.3.1. Sambungan Ikatan Angin Rangka L 160x160x17

$$f_y = 250 \text{ MPa} ; f_u = 410 \text{ MPa}; E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$d = 17 \text{ mm} ; b = 160 \text{ mm} ;$$

$$V_u \text{ maksimum} = 28849.13 \text{ Kg}$$

Pelat Sambung tebal 12 mm BJ 50

Baut Tipe A325

$$\text{Diameter baut } (d_b) = 24 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya tarik minimum baut } (T_b) = 21000 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah bidang geser } (m) = 1$$

$$\text{Phi } (\phi) = 1 \text{ (lubang standart)}$$

$$\mu = 0.35 \text{ (permukaan bersih)}$$

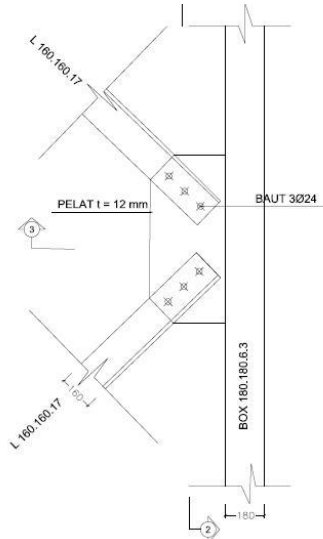
Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\text{Kuat Geser } (\phi V_n) = \phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b$$

$$= 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 21000$$

$$= 8305.5 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah Baut } (n) = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{28849.13}{8305.5} = 2.97 \approx 3$$



Gambar 6.3 Sambungan Ikatan Angin Rangka Jembatan

6.3.2. Sambungan Ikatan Silang Angin Rangka L 100x100x10

$f_y = 250 \text{ MPa}$; $f_u = 410 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$

$d = 10 \text{ mm}$; $b = 100 \text{ mm}$;

V_u maksimum = 20033.67 Kg

Pelat Sambung tebal 12 mm BJ 50

Baut Tipe A325

Diameter baut (d_b) = 24 mm

Gaya tarik minimum baut (T_b) = 21000 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

Phi (ϕ) = 1 (lubang standart)

μ = 0.35 (permukaan bersih)

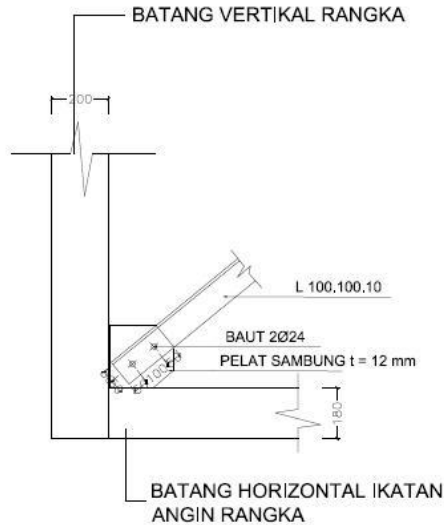
Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat Geser (ϕV_n) = $\phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b$

$$\square 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 21000$$

$$\square 8305.5 \text{ Kg}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{20033.67}{8305.5} = 1.98 \approx 2$$



Gambar 6.4 Sambungan Ikatan Silang Ikatan Angin Rangka Jembatan

6.3.3. Sambungan Balok Horizontal Ikatan Angin Rangka

Balok Horizontal = Box 180 x 180 x 6.3 Pelat

Sambung = L 120 x 120 x 11 V_u maksimum = 23625.41 Kg

Baut Tipe A325

Diameter baut (d_b) = 24 mm

Gaya tarik minimum baut (T_b) = 21000 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

Phi (ϕ) = 1 (lubang standart)

μ = 0.35 (permukaan bersih)

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat Geser (ϕV_n) = $\phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b$
 = $1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 21000$
 = 8305.5 Kg

Jumlah Baut (n) = $\frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{23625.41}{8305.5} = 3.02 \approx 4$

6.3.4. Jarak Pemasangan Baut Ikatan Rangka

Syarat: $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

Maka:

4.1.3 $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$3 \times 20 \leq S \leq 15 \times 11$ atau 200 mm

$60 \leq S \leq 161$ atau 200 mm Dipakai

$S = 100$ mm

4.1.4 $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

$1.5 \times 20 \leq S_1 \leq (4 \times 11 + 100)$ atau 200 mm

$30 \leq S_1 \leq 144$ atau 200 mm

Dipakai $S_1 = 50$ mm

6.3.5. Kontrol Pelat Sambung Ikatan

Rangka Kontrol leleh Pelat Sambung

$$A_g = 12 \times 160 = 1920 \text{ mm}^2 = 19.2 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_e = 19.2 - 3 \times (2.0 + 1.5)$$

$$= 8.7 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \times f_y \times A_g$$

$$= 0.9 \times 2900 \times 19.2$$

$$= 50112 \text{ Kg} > V_u = 23625.41 \text{ Kg}$$

--OK

Kontrol Putus Pelat Sambung

$$\phi T_n = \phi \times f_u \times A_e$$

$$= 0.75 \times 5000 \times 8.7$$

$$= 32625 \text{ Kg} > V_u = 23625.41 \text{ Kg}$$

--OK

6.3.6. Sambungan Ikatan Angin Lantai L 150x150x16

$f_y = 250 \text{ MPa}$; $f_u = 410 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$

$d = 16 \text{ mm}$; $b = 150 \text{ mm}$;

V_u maksimum = 66281.54 Kg

Pelat Sambung tebal 16 mm BJ 50

Baut Tipe A325

Diameter baut (d_b) = 30 mm

Gaya tarik minimum baut (T_b) = 33500 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

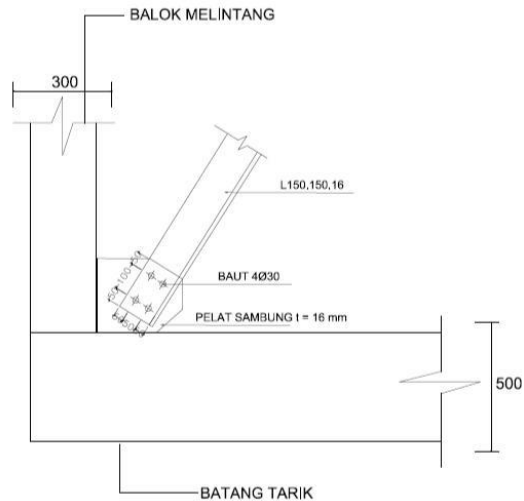
Phi (ϕ) = 1 (lubang standart)

μ = 0.35 (permukaan bersih)

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}\text{Kuat Geser } (\phi V_n) &= \phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 33500 \\ &= 13249.25 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{66281.54}{13249.25} = 3.99 \approx 4$$



Gambar 6.5 Sambungan Ikatan Angin Lantai Kendaraan

6.3.7. Kontrol Pelat Sambung Ikatan Angin Lantai Kontrol leleh Pelat Sambung

$$A_g = 16 \times 240 = 3840 \text{ mm}^2 = 38.4 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned}A_n = A_e &= 38.4 - 4 \times (2.4 + 1.5) \\ &= 22.4 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

$$\phi T_n = \phi \times f_y \times A_g$$

$$= 0.9 \times 2900 \times 32$$

$$= 83520 \text{ Kg} > V_u = 66281.54 \text{ Kg}$$

--OK**Kontrol Putus Pelat Sambung**

$$\phi T_n = \phi \times f_u \times A_e$$

$$= 0.75 \times 5000 \times 22.4$$

$$= 84000 \text{ Kg} > V_u = 66281.54 \text{ Kg}$$

--OK

6.3.8. Kontrol Pelat Sambung Ikatan Silang Akhir Batang Kontrol leleh Pelat Sambung

$$A_g = 22 \times 300 = 6600 \text{ mm}^2 = 66 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_e = 66 - 6 \times (2.4 + 1.5)$$

$$= 42.6 \text{ cm}^2$$

$$\phi T_n = \phi \times f_y \times A_g$$

$$= 0.9 \times 2900 \times 66$$

$$= 172260 \text{ Kg} > V_u = 100127.69 \text{ Kg}$$

--OK

Kontrol Putus Pelat Sambung

$$\phi T_n = \phi \times f_u \times A_e$$

$$= 0.75 \times 5000 \times 42.6$$

$$= 159750 \text{ Kg} > V_u = 100127.69 \text{ Kg}$$

--OK

6.3.9. Jarak Pemasangan Baut Ikatan Lantai

Syarat: $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

Maka:

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$3 \times 24 \leq S \leq 15 \times 16$ atau 200 mm

$72 \leq S \leq 240$ atau 200 mm Dipakai

$S = 100 \text{ mm}$

- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

$1.5 \times 24 \leq S_1 \leq (4 \times 16 + 100)$ atau 200 mm

$36 \leq S_1 \leq 164$ atau 200 mm

Dipakai $S_1 = 50 \text{ mm}$

6.4. Sambungan Balok Melintang dengan Rangka Utama

Tebal pelat sambung = 22 mm BJ 50

Balok Melintang = WF 700 x 300 x 16 x 28

Rangka Utama Bt. Tarik = Box 500 x 500 x 25

V_u maksimum = 65627.625 Kg

6.4.1. Sambungan Pada Balok Melintang

Baut Tipe A325

Diameter baut (d_b) = 20 mm

Gaya tarik minimum baut (T_b) = 14500 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 2

$$\begin{aligned}\text{Phi } (\phi) &= 1 \text{ (lubang standart)} \\ \mu &= 0.35 \text{ (permukaan bersih)}\end{aligned}$$

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}\text{Kuat Geser } (\phi V_n) &= \phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 2 \times 14500 \\ &= 11469.5 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{65627.625}{11469.5} = 5.72 \approx 6$$

Kontrol Pelat Siku Penyambung

Kontrol leleh

$$\begin{aligned}A_g &= 25.4 \text{ cm}^2 \\ A_n = A_e &= 25.4 - 2 \times (1.6 + 1.75) \\ &= 18.7 \text{ cm}^2 \\ \phi T_n &= \phi \times f_y \times A_g \\ &= 0.9 \times 2900 \times 25.4\end{aligned}$$

$$= 66294 \text{ Kg} > Vu = 65627.625 \text{ Kg} \quad \text{--OK}$$

Kontrol patah

$$\begin{aligned}\phi T_n &= \phi \times f_u \times A_e \\ &= 0.75 \times 5000 \times 18.7 \\ &= 70125 \text{ Kg} > Vu = 65627.625 \text{ Kg} \quad \text{--OK}\end{aligned}$$

Jarak Pemasangan Baut

$$\text{Syarat: } 3d_b \leq S \leq 15t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka:

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$$3 \times 20 \leq S \leq 15 \times 16 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$60 \leq S \leq 240 \text{ atau } 200 \text{ mm Dipakai}$$

$$S = 70 \text{ mm}$$

- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

$$1.5 \times 20 \leq S_1 \leq (4 \times 16 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$30 \leq S_1 \leq 164 \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } S_1 = 50 \text{ mm}$$

6.4.2. Sambungan Pada Batang Tarik Rangka Utama Baut Tipe A325

$$\text{Diameter baut } (d_b) = 20 \text{ mm}$$

Gaya tarik minimum baut (T_b) = 14500 Kg
 Jumlah bidang geser (m) = 2
 Phi (ϕ) = 1 (lubang standart)
 μ = 0.35 (permukaan bersih)

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat Geser (ϕV_n) = $\phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b$
 = $1 \times 1.13 \times 0.35 \times 2 \times 14500$
 = 11469.5 Kg

Jumlah Baut (n) = $\frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{65627.625}{11469.5} = 5.72 \approx 6$

Jarak Pemasangan Baut

Syarat: $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

Maka:

• $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$3 \times 20 \leq S \leq 15 \times 16$ atau 200 mm

$60 \leq S \leq 240$ atau 200 mm Dipakai

$S = 70$ mm

• $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

$1.5 \times 20 \leq S_1 \leq (4 \times 16 + 100)$ atau 200 mm

$30 \leq S_1 \leq 164$ atau 200 mm

Dipakai $S_1 = 50$ mm

6.5. Sambungan Rangka Utama Busur Jembatan

Tebal pelat sambung = 22 mm BJ 50

Baut Tipe A325

Diameter baut (d_b) = 36 mm

Gaya tarik minimum baut (T_b) = 49000 Kg

Jumlah bidang geser (m) = 1

Phi (ϕ) = 1 (lubang standart)

μ = 0.35 (permukaan bersih)

6.5.1. Batang Tepi Bawah Rangka Utama

Profil Bt. Tepi Bawah = Box 400 x 400 x 16

V_u maksimum = 560142.757 Kg

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Geser } (\phi V_n) &= \phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b \\
 &= 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 49000 \\
 &= 19379.5 \text{ Kg} \\
 \text{Jumlah Baut (n)} &= \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{560142.757}{19379.5} = 17.94 \approx 18
 \end{aligned}$$

6.5.2. Batang Tarik Rangka Utama

$$\begin{aligned}
 \text{Profil Bt. Tepi Bawah} &= \text{Box } 500 \times 500 \times 25 \\
 V_u \text{ maksimum} &= 909366.67 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Geser } (\phi V_n) &= \phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b \\
 &= 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 49000 \\
 &= 19379.5 \text{ Kg} \\
 \text{Jumlah Baut (n)} &= \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{909366.67}{19379.5} = 29.13 \approx 30
 \end{aligned}$$

6.5.3. Batang Vertikal Akhir Rangka Utama

$$\begin{aligned}
 \text{Profil Bt. Tepi Bawah} &= \text{Box } 400 \times 400 \times 22 \\
 V_u \text{ maksimum} &= 844500.12 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Geser } (\phi V_n) &= \phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b \\
 &= 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 49000 \\
 &= 19379.5 \text{ Kg} \\
 \text{Jumlah Baut (n)} &= \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{844500.12}{19379.5} = 27.05 \approx 28
 \end{aligned}$$

6.5.4. Batang Tepi Atas Segmen 3 Rangka Utama

$$\begin{aligned}
 \text{Profil Bt. Tepi Bawah} &= \text{Box } 400 \times 400 \times 19 \\
 V_u \text{ maksimum} &= 634541.86 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat Geser } (\phi V_n) &= \phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b \\
 &= 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 49000 \\
 &= 19379.5 \text{ Kg} \\
 \text{Jumlah Baut (n)} &= \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{634541.86}{19379.5} = 21.24 \approx 22
 \end{aligned}$$

6.5.5. Batang Tepi Atas Segmen 2 RangkaUtama

Profil Bt. Tepi Bawah = Box 400 x 400 x 22

Vu maksimum = 751279.339 Kg

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat Geser (ϕVn) = $\phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b$

= $1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 49000$

= 19379.5 Kg

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{751279.339}{19379.5} = 25.25 \approx 26$$

6.5.6. Batang Tepi Atas Segmen 1 RangkaUtama

Profil Bt. Tepi Bawah = Box 500 x 500 x 22

Vu maksimum = 941787.747 Kg

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat Geser (ϕVn) = $\phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b$

= $1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 49000$

= 19379.5 Kg

$$\text{Jumlah Baut (n)} = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{941787.747}{19379.5} = 33.69 \approx 34$$

6.5.7. Jarak Pemasangan Baut Diameter 32 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

Maka:

4.1.5 $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$3 \times 32 \leq S \leq 15 \times 16$ atau 200 mm

$96 \leq S \leq 240$ atau 200 mm Dipakai

$S = 100$ mm

4.1.6 $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

$1.5 \times 32 \leq S_1 \leq (4 \times 16 + 100)$ atau 200 mm

$48 \leq S_1 \leq 164$ atau 200 mm

Dipakai $S_1 = 50$ mm

6.5.8. Batang Vertikal Rangka Utama

Tebal pelat sambung = 22 mm BJ 50

Profil Bt. Vertikal = Box 200 x 200 x 12

Vu maksimum = 158140.117 Kg

Baut Tipe A325

Diameter baut (d_b)	= 36 mm
Gaya tarik minimum baut (T_b)	= 49000 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi (ϕ)	= 1 (lubang standart)
μ	= 0.35 (permukaan bersih)

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat Geser (ϕV_n)	= $\phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b$
	= $1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 49000$
	= 19379.5 Kg
Jumlah Baut (n)	= $\frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{158140.117}{19379.5} = 9.01 \approx 10$

6.5.9. Batang Diagonal Rangka Utama

Tebal pelat sambung	= 22 mm BJ 50
Profil Bt. Vertikal	= Box 200 x 200 x 12
V_u maksimum	= 161025.289 Kg

Baut Tipe A325

Diameter baut (d_b)	= 36 mm
Gaya tarik minimum baut (T_b)	= 49000 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi (ϕ)	= 1 (lubang standart)
μ	= 0.35 (permukaan bersih)

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

Kuat Geser (ϕV_n)	= $\phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b$
	= $1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 49000$
	= 19379.5 Kg
Jumlah Baut (n)	= $\frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{161025.289}{19379.5} = 9.17 \approx 10$

6.5.10. Jarak Pemasangan Baut Diameter 24 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

Maka:

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm
- $3 \times 24 \leq S \leq 15 \times 10$ atau 200 mm

$72 \leq S \leq 150$ atau 200 mm

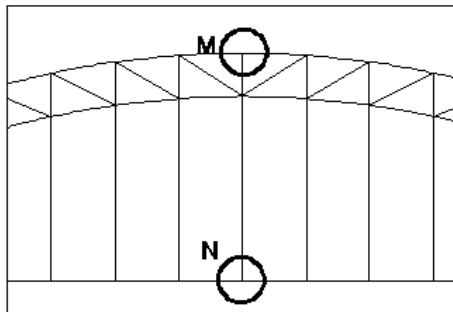
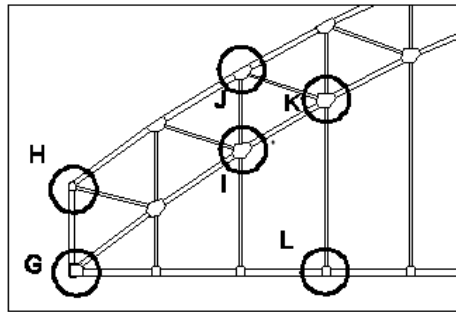
Dipakai $S = 100$ mm

• $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm

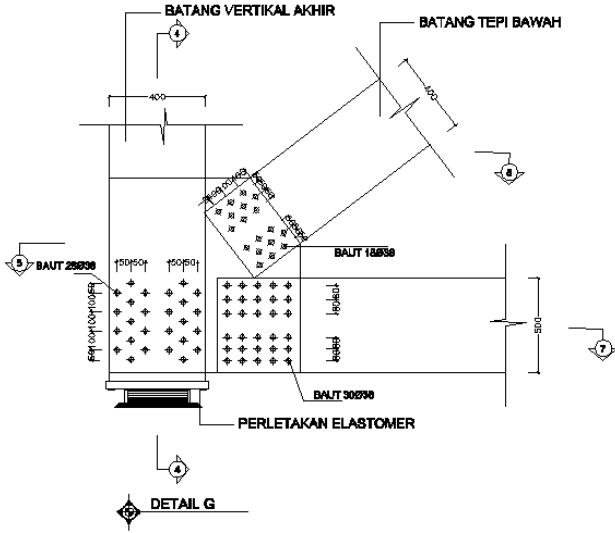
$1.5 \times 24 \leq S_1 \leq (4 \times 10 + 100)$ atau 200 mm

$36 \leq S_1 \leq 140$ atau 200 mm

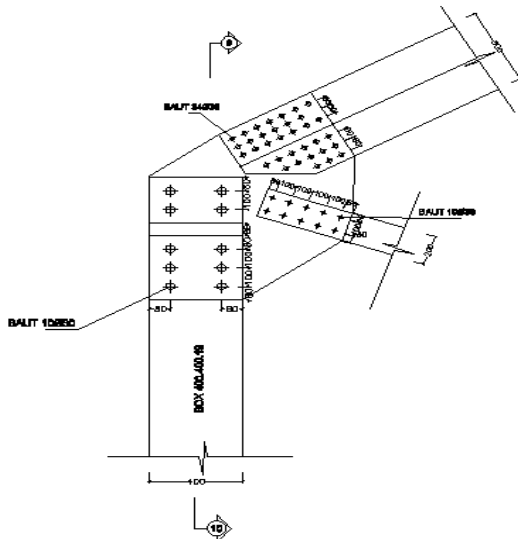
Dipakai $S_1 = 50$ mm



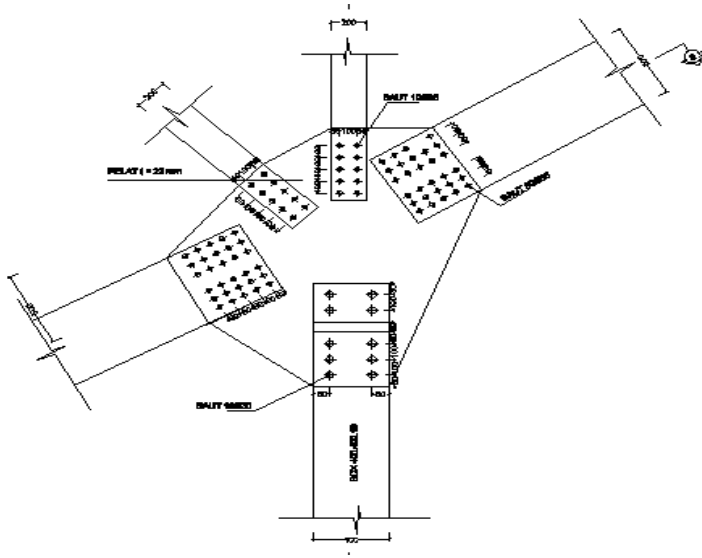
Gambar 6.6 Denah Detail Sambungan Rangka Utama



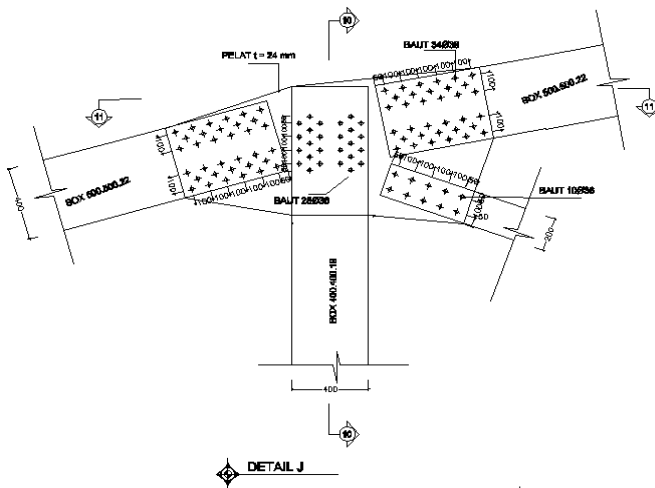
Gambar 6.7 Detail Sambungan G Rangka Utama Jembatan



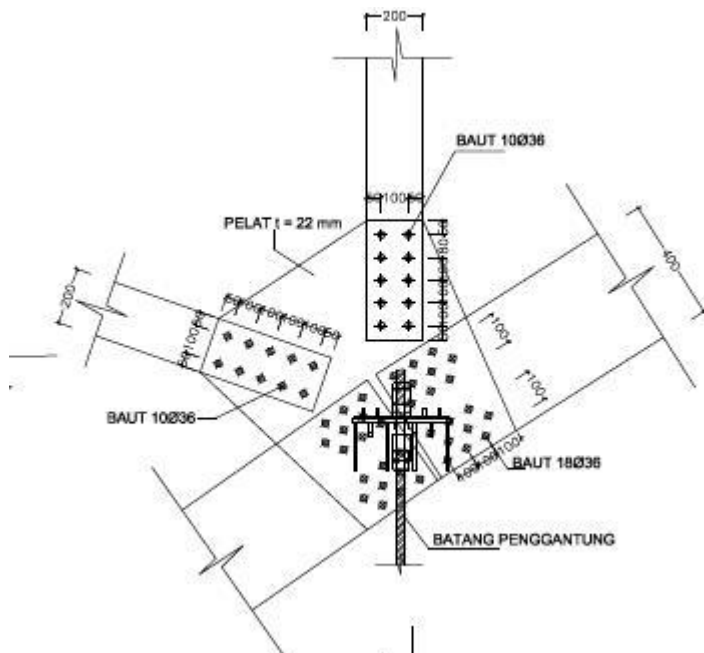
Gambar 6.8 Detail Sambungan H Rangka Utama Jembatan



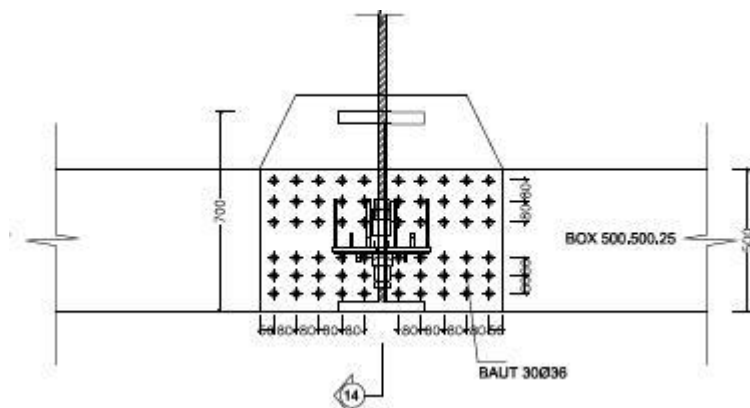
Gambar 6.9 Detail Sambungan I Rangka Utama Jembatan



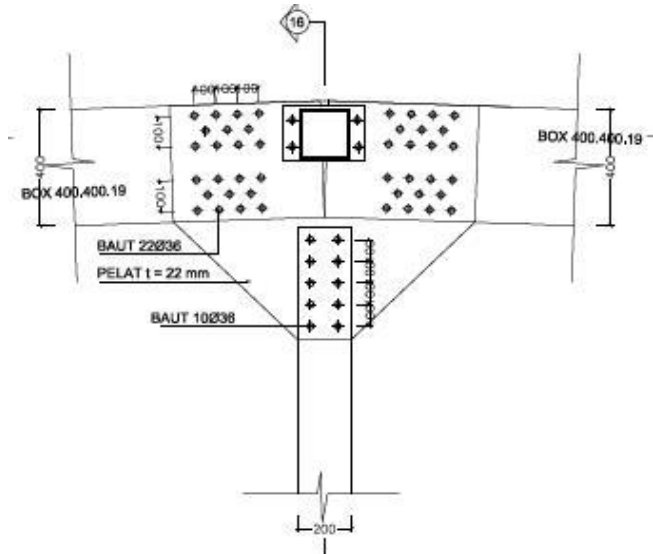
Gambar 6.10 Detail Sambungan J Rangka Utama Jembatan



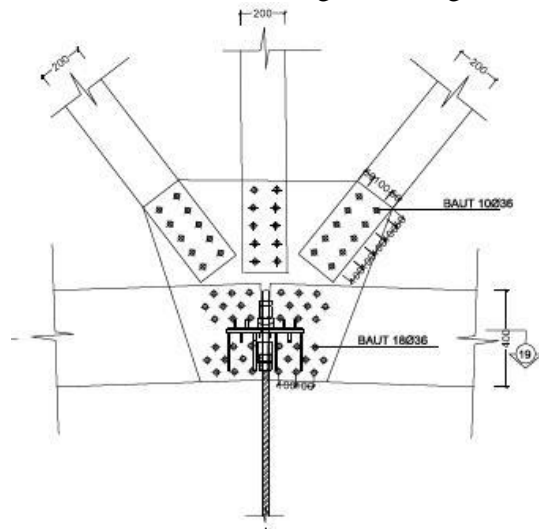
Gambar 6.11 Detail Sambungan K Rangka Utama



Gambar 6.12 Detail Sambungan L Rangka Utama

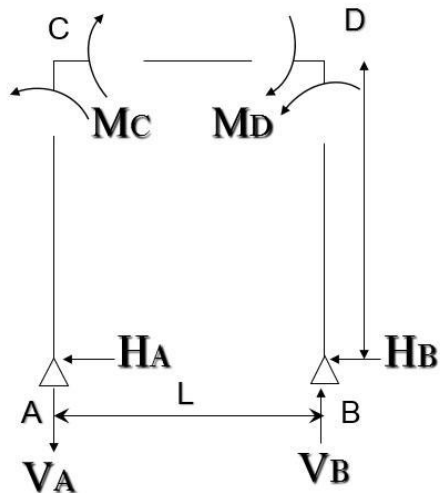


Gambar 6.13 Detail Sambungan M Rangka Utama



Gambar 6.14 Detail Sambungan N Rangka Utama

6.6. Sambungan Portal Akhir Busur Jembatan



Gambar 6.15 Ilustrasi Gaya yang Bekerja pada Portal Akhir

Perhitungan sambungan portal akhir mengacu kepada hasil analisis struktur pada SAP2000. Untuk besaran Momen 2-2 (M_y) dan Momen 3-3 (M_x) didapatkan nilai $M_y = 85745.03$ Kgm dan $M_x = 88243.99$ Kgm

Tebal pelat sambung	= 22 mm BJ 50
Profil Kolom Portal Akhir	= Box 400 x 400 x 19
Profil Balok Portal Akhir	= Box 400 x 400 x 12
V_u maksimum	= 86803.66 Kg

Baut Tipe A325

Diameter baut (d_b)	= 30 mm
Gaya tarik minimum baut (T_b)	= 33500 Kg
Jumlah bidang geser (m)	= 1
Phi (ϕ)	= 1 (lubang standart)
μ	= 0.35 (permukaan bersih)

Kekuatan Rencana Baut Tipe Gesek (*Friction Type*)

$$\begin{aligned}\text{Kuat Geser } (\phi V_n) &= \phi \times 1.13 \times \mu \times m \times T_b \\ &= 1 \times 1.13 \times 0.35 \times 1 \times 33500 \\ &= 13249.25 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Baut } (n) = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{86803.66}{13249.25} = 6.55 \approx 10$$

Jarak Pemasangan Baut Diameter 24 mm

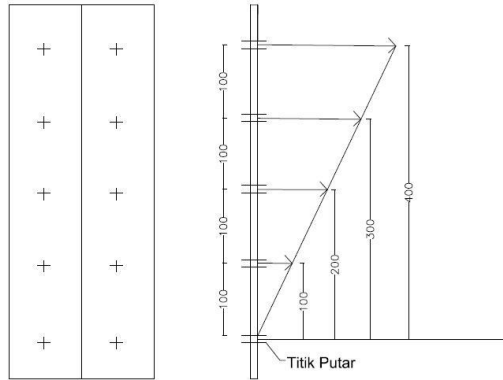
Syarat: $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm

$$1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

Maka:

- $3d_b \leq S \leq 15t_p$ atau 200 mm
 $3 \times 24 \leq S \leq 15 \times 12$ atau 200 mm
 $72 \leq S \leq 174$ atau 200 mm Dipakai
 $S = 100$ mm
- $1.5d_b \leq S_1 \leq (4t_p + 100)$ atau 200 mm
 $1.5 \times 24 \leq S_1 \leq (4 \times 10 + 100)$ atau 200 mm
 $36 \leq S_1 \leq 140$ atau 200 mm
Dipakai $S_1 = 50$ mm

(rumus cara pendekatan)



Gambar 6.16 Ilustrasi Cara Pendekatan Baut Portal Akhir

$$T_u \text{ max} = \frac{Mu \times y \text{ max}}{\sum y^2}$$

$$= 2 \times \left(10 \frac{8824399 \times 40}{2+20 \quad 2+30 \quad 2+40 \quad 2} \right)$$

$$= 58829.33 \text{ Kg}$$

Kontrol Geser

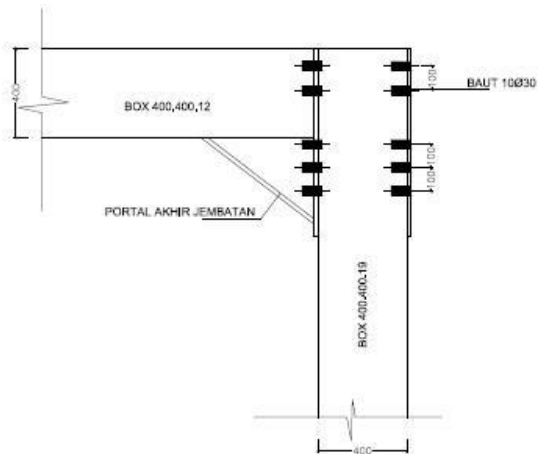
$$Vu = \frac{Pu}{n} = \frac{86803.66}{10} = 8680.37 \text{ Kg} < Vn = 13249.25 \text{ Kg}$$

$$f_{uv} = \frac{Vu}{Ab} = \frac{8680.37}{7.07} = 1227.775 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi \times 0.5 \times f_u^b = 0.75 \times 0.5 \times 8250 = 3093.75 \text{ Kg/cm}^2$$

Syarat:

$$f_{uv} = 1227.775 \text{ Kg/cm}^2 < \phi \times 0.5 \times f_u^b = 3093.75 \text{ Kg/cm}^2 \text{ --OK}$$



Gambar 6.17 Sambungan Portal Akhir Jembatan

6.7. Perencanaan Perletakan

Perencanaan perletakan jembatan pada tugas akhir ini mengacu kepada peraturan *Bridge Management System* (BMS) Bagian 8 tentang Perletakan dan Hubungan Lantai Jembatan.

6.7.1. Pembebanan

6.7.1.1. Beban Total Struktur

Dari SAP 2000, kita dapatkan berat total struktur akibat kombinasi pembebanan $1.3DL + 1.8LL + 1.2T + 1E + 1.2W$ sebesar 2750723 Kg.

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
DEAD	LinStatic		0	0	0
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Max	2725.03	181410.42	2750723.57
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Min	-2725.27	94250.58	2750131.51
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Max	817.43	283096.9	2750516.35
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Min	-817.66	-7435.9	2750338.73

Berat tersebut belum termasuk berat dari sambungan dan titik simpul yang direncanakan sebesar 10% dari berat mati total bangunan. yang jumlahnya 1394866 Kg

$$\begin{aligned}\text{Berat sambungan} &= 0.10 \times 1394866 \text{ Kg} \\ &= 139486.6 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Sehingga berat total dari struktur jembatan yaitu sebesar:
Direncanakan jembatan dengan 4 Elastomer, sehingga tiap Elastomer menerima beban sebesar:

$$\begin{aligned}P_{TOTAL} &= 2750723 + 139486.6 = 2890209.6 \\ P_{ELASTOMER} &= \frac{2890209.6}{4} = 722522.4 \text{ Kg}\end{aligned}$$

6.7.1.2. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa bangunan bawah Jembatan Busur Tanjungrono Mojokerto ini mengacu kepada peraturan SNI 2833-2013 tentang Pengaruh Gempa. Beban rencana gempa diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t$$

Keterangan:

E_Q : adalah gaya gempa horizontal statis (kN)
 C_{sm} : adalah koefisien respons gempa elastik pada moda getar ke-m
 R : adalah faktor modifikasi respons
 W_t : adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

Untuk berat total struktur tertuang dalam SAP 2000 yaitu :

$$\begin{aligned} W_t &= \text{Berat Total Struktur} + \text{Beban Hidup} \\ &= 1915478.21 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$E_q = C_{sm}/R \times W_t = 0.6/1 \times 1915478.21 = 1149287 \text{ kg}$$

6.7.1.2.1. Perhitungan Gaya Geser Total

Kombinasi pengaruh gaya gempa

Gaya gempa elastis yang bekerja pada struktur jembatan harus dikombinasi

sehingga memiliki 2 tinjauan pembebanan sebagai berikut :

- 100% gaya gempa pada arah x dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada

arah y.

- 100% gaya gempa pada arah y dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada

arah x.

Sehingga apabila diaplikasikan dengan memperhitungkan variasi arah maka

kombinasi gaya gempa menjadi sebagai berikut :

1. $DL + \gamma_{EQ}LL \pm EQ_x \pm 0,3 EQ_y$

2. $DL + \gamma_{EQ}LL \pm EQ_y \pm 0,3 EQ_x$

Keterangan :

DL adalah beban mati yang bekerja (kN)

γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

$\gamma_{EQ} = 0,5$ (jembatan sangat penting)

$\gamma_{EQ} = 0,3$ (jembatan penting)

$\gamma_{EQ} = 0$ (jembatan lainnya)

LL adalah beban hidup yang bekerja (kN)

EQ_x adalah beban gempa yang bekerja pada arah x

EQ_y adalah beban gempa yang bekerja pada arah y

Dari Perhitungan SAP menggunakan spektrum gempa maka diperoleh hasil sebagai berikut :

TABLE: Base Reactions								
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
DEAD	LinStatic		0	0	0	0	0	0
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Max	5450.18	224990.34	2751019.6	-13250917.9	-162805514	13505866.47
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Min	-5450.42	50670.66	2749835.49	-13842968.9	-165025568	3033789.05
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Max	1634.97	428363.31	2750605.16	-12560231.3	-163582533	25723100.21
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Min	-1635.21	-152702.31	2750249.93	-14533655.5	-164248549	-9183444.68
1D+1L+1Ey	Combination	Max	1635.06	290532.81	1655349.95	-6461563.4	-98669898	17453272.26
1D+1L+1Ey	Combination	Min	-1635.12	-290532.81	1654994.71	-8434987.56	-99335914	-17453272.6
1D+1L+1Ex	Combination	Max	5450.27	87159.84	1655764.39	-7152249.96	-97892879	5236038.52
1D+1L+1Ex	Combination	Min	-5450.33	-87159.84	1654580.27	-7744300.99	-100112933	-5236038.9

6.7.1.2.2. Kombinasi Pembebanan Terbesar

- Kombinasi Beban Vertikal Terbesar

$$V_{\max} = 722522.4 \text{ Kg}$$

Kombinasi Beban Horizontal Memanjang

$$F_{(x)Q} = 0.5 \times T_{EQ} = 0.5 \times 290532 = 145266 \text{ Kg}$$

$$H_a = F_{(x)Q} = 145266 \text{ Kg}$$

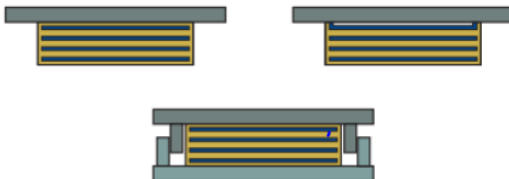
- Kombinasi Beban Horizontal Melintang

$$F_{(y)Q} = 0.5 \times T_{EQ} = 0.5 \times 87159.84 = 43579 \text{ Kg}$$

$$H_b = F_{(y)Q} = 43579 \text{ Kg}$$

6.7.2. Perencanaan Elastomer

Perletakan elastomer harus mampu memikul translasi dan rotasi melalui deformasi elastis. Lendutan elastomer pada beban tekan dipengaruhi oleh bentuknya dan dimana pelat tulangan terikat pada elastomer.



Gambar 6.18 Elastomer dengan *Sliding Surface*
(Sumber: Freyssinet Technology)

6.7.3. Kontrol Elastomer

Pada tugas akhir ini, kami memilih jenis Elastomer berdasarkan peraturan BMS pasal 8.3.4.2. dengan kekerasan durometer IRHD 70. Untuk jenis tersebut didapat besaan Modulus Geser (G) = 1.69 MPa dan Modulus Bulk (B) = 20000 MPa.

Tabel 6.3 Sifat-sifat dari Elastomer
(Sumber: Freyssinet Technology)

Hardness (Shore A)	Young's Modulus E_o	Shear Modulus G	k Factor
50	312 psi (2.2 MPa)	100 psi (0.68 MPa)	0.73
60	635 psi (4.4 MPa)	150 psi (1.04 MPa)	0.57
70	1040 psi (7.2 MPa)	245 psi (1.69 MPa)	0.53

Berikut merupakan property dari elastomer tersebut:

$G = 1.69$ MPa; $B = 2000$ MPa; $a = 800$ mm; $b = 800$ mm; $t_e = 20$ mm; $t_s = 5$ mm; $t = 85$ mm; $t_{sc} = 15$ mm; $A_r = 592900$ mm²; $n = 4$ lapis; jumlah pelat baja = 5 buah.

Dimana:

G = Modulus Geser

B = Modulus Bulk

a = Lebar Elastomer

b = panjang elastomer

t_e = tebal elastomer

t_s = tebal pelat baja

t = tebal seluruh lapisan elastomer

t_{sc} = tebal lapisan sampling

A_r = luas daerah total karet elastomer

n = jumlah lapisan karet.

6.7.3.1 Kontrol Faktor Bentuk Elastomer

Berdasarkan peraturan BMS pasal 8.3.5 didapat persamaan:

$$S = \frac{A_r}{P \times t_e}$$

Dimana: A_r = luas permukaan terikat
 P = Keliling permukaan terikat
 T_e = tebal lapisan karet elastomer

Sehingga:

$$S = \frac{AR}{P \times t_e} = \frac{592900}{3480 \times 20} = 9.625$$

Syarat untuk perletakan laminasi yaitu $4 \leq S \leq 12$ --OK

6.7.3.2 Regangan Geser Tekan (ϵ_{SC})

$$\delta_a = \frac{Ha \times t}{Ar \times G} \quad \delta_b = \frac{Hb \times t}{Ar \times G}$$

Dimana: δ = simpangan geser maksimum dalam arah dimensi akibat pergerakan struktur

A_r = luas permukaan terikat

t = tebal lapisan elastomer

G = Modulus Geser

$$\delta_a = \frac{145266 \times 85}{592900 \times 0.169} = 123 \text{ mm}$$

$$\delta_b = \frac{43579 \times 85}{592900 \times 0.169} = 37 \text{ mm}$$

Berdasarkan peraturan BMS pasal 8.3.6., untuk menghitung regangan geser harus menggunakan nilai A_{eff} yaitu luasan efektif daerah perletakan.

$$A_{eff} = A \times \left[1 - \frac{\delta a}{a} - \frac{\delta b}{b} \right]$$

$$A_{eff} = 592900 \times \left[1 - \frac{123}{800} - \frac{37}{800} \right] = 474320 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$\epsilon_c = \frac{V \max}{3 \times A_{eff} \times G \times (1 + 2\delta^2)}$$

$$= \frac{722522.4}{3 \times 546481 \times 0.169 \times (1 + 2 \times 9.625^2)} = 0.021$$

Maka:

$$\begin{aligned}\varepsilon_{SC} &= 6 \times s \times \varepsilon_C \\ &= 6 \times 10.875 \times 0.021 \\ &= 1.22\end{aligned}$$

6.7.3.3 Regangan Geser Torsi (ε_{SR})

Pada tugas akhir ini, dianggap gaya vertikal bekerja pada pusatluasan elastomer dan momen = 0, sehingga berdasarkan BMS pasal 8.3.6.3. didapatkan:

$$\begin{aligned}\alpha a &= \alpha b \\ \varepsilon_{SR} &= 0\end{aligned}$$

6.7.3.4. Regangan Geser Tangensial (ε_{SH})

Untuk membatasi distorsi tangensial dan agar ujung perletakanmenggeling semimum mungkin atas kecenderungan pelat bajamelentur, maka berdasarkan peraturan BMS pasal 8.3.6.3., syarat

yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

$$\varepsilon_{SH} = \frac{2 \times Aeff}{Ar} - 1.1\varepsilon_{SH} = \frac{2 \times 474320}{592900} - 1.1 = 0.5$$

Syarat yang harus dipenuhi yaitu $\varepsilon_{SH} \leq 0.7$ --OK

Untuk menjamin bahwa regangan getar total yang berkembang tidak berlebihan, maka menurut peraturan BMS pasal 8.3.6.1:

$$\varepsilon_{SC} + \varepsilon_{SR} + \varepsilon_{SH} \leq \frac{2.6}{\sqrt{G}}$$

Sehingga diperoleh:

$$1.22 + 0 + 0.5 \leq \frac{2.6}{\sqrt{G}}$$

$1.72 \leq 1.85$ --OK

6.7.3.5. Tegangan Rata-rata pada Perletakan Elastomer

Menurut peraturan BMS pasal 8.3.6.2., menyebutkan bahwa:

$$\frac{V_{max}}{Aeff} \leq \frac{2 \times b \times G \times s}{3 \times t}$$

Maka diperoleh:

$$\frac{722522.4}{474320} \leq \frac{2 \times 800 \times 0.12 \times 9.625}{3 \times 110}$$

$$1.813 \text{ Kg} / \text{mm}^2 \leq 5.6 \text{ Kg} / \text{mm}^2 \text{ --OK}$$

6.7.4. Tebal Minimum Pelat Baja

Berdasarkan peraturan BMS pasal 8.3.6.6., tebal minimum pelat baja perletakan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

$$ts \geq \frac{3 \times V_{max} \times te}{Ar \times fy}$$

Direncanakan pelat baja dengan tebal 5 mm dan $fy = 250 \text{ MPa}$
Sehingga:

$$ts \geq \frac{3 \times 722522.4 \times 20}{592900 \times 34.5} 5 \text{ mm} \geq 3.182$$

6.7.5. Persyaratan Penahan Perletakan Kombinasi Beban

Menurut peraturan BMS pasal 8.3.6.7., Perletakan boleh ditahandalam kedudukan hanya melalui gesekan, dengan syarat sebagai berikut:

$$H' < 0.2 (V_{max} + 3 \times A_{eff} \times 0.1)$$

Dimana:

H' = beban gempa horizontal terbesar = 145266 Kg

Sehingga:

$$145266 \text{ Kg} < 0.2 (722522.4 + 3 \times 474320 \times 0.1)$$

$$145266 \text{ Kg} < 172963.068 \text{ Kg} \text{ --OK}$$

Beban Permanen (Perletakan Laminasi)

$$\frac{V_{max}}{A_{eff}} \leq 2 \text{ Mpa}$$

Maka :

$$\frac{722522.4}{474320} \geq 0.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$1.523 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \geq 0.2 \text{ Kg/cm}^2$$

memenuhi syarat

BAB VII

PERENCANAAN BANGUNAN BAWAH JEMBATAN

7.1. Analisa Data Tanah

Pada tugas akhir berikut, diberikan data tanah untuk mengetahui jenis tanah menggunakan metode *Standart Penetration Test (SPT)* (data tanah lengkap disajikan dalam Lampiran). Didapat data-data sebagai berikut:

Tabel 7.1 Data Nilai N-SPT per Kedalaman 2 meter
(*Sumber: Hasil Tes N-SPT Tanah Tanjanganrono Mojokerto*)

Kedalaman (m)	Nilai SPT
2.2	2
4.2	3
6.2	6
8.2	33
10.2	13
12.2	5
14.2	3
16.2	4
18.2	3
20.2	20
22.2	41
24.2	48
26	50
28	50
30	50

7.2. Korelasi SPT dengan Jenis Tanah

Pada data diatas, disajikan beberapa korelasi antara nilai SPT dengan sifat-sifat fisis dan mekanis tanah, yang antara lain seperti tercantum pada Tabel 7.2 berikut:

Tabel 7.2 SPT dan Korelasinya (J.E.Bowles, 1984) (*Sumber: Buku Daya Dukung Pondasi Dalam Karya Prof. Herman Wahyudi*)

Cohesionless Soil / Sol Pulverent					
N (blows)	0 - 3	4-10	11-30	31-50	> 50
\bar{y} (KN/m ³)	-	12-16	14-18	16-20	18-23
ϕ (o)	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
Cohesive Soil / Sol Coherent					
N (blows)	<4	4-6	6-15	16-25	> 50
\bar{y} (KN/m ³)	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

No.	Depth (m)	N_{SPT} (blow)	Thickness (m)	Deskripsi Tanah		γ_s (t/m ³)	γ_d (t/m ³)	Wc %	G_s	e	Sr (%)	ϕ
				Jenis Tanah	Sifat Tanah							
1	0.0 - 1.0	0	1.5	Lempung	Stiff to Very Stiff	1.862	1.39	33.98	2.634	0.895	100.00	0
2	1.00 - 4.50	14	3.5	Lempung Berlempau	Stiff to Very Stiff	1.862	1.39	33.98	2.634	0.895	100.00	0
3	4.50 - 10.50	32	6	Lanau Pasir	Medium to Stiff	1.862	1.39	33.98	2.634	0.895	100.00	0
4	10.50 - 12.50	32	2	Lanau Pasir Berkerkil	Hard	1.770	1.234	28.64	2.628	1.114	100.00	0
5	12.50 - 14.50	>50	2	Lanau Pasir	Hard	1.770	1.234	28.64	2.628	1.114	100.00	0
6	14.50 - 21.00	>50	6.5	Lanau Pasir Berkerkil	Hard	1.917	1.491	23.95	2.601	0.623	100.00	0

7.3. Daya Dukung Pondasi Dalam

7.3.1. Perumusan Daya Dukung Tanah

Pada tugas akhir struktur bangunan bawah jembatan ini, kami menggunakan rumusan Luciano Decourt untuk perhitungan daya dukung pondasi dalam. Luciano Decourt (1996) menyajikan metode sebagai berikut:

$$Q_L = Q_P + Q_S$$

Dimana:

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P = *Resistance Ultimate* di dasar pondasi

Q_S = *Resistance Ultimate* akibat tekanan lateral

Sedangkan :

$$Q_P = q_p \times A_p = \alpha \times N_p \times K \times A_p$$

Dimana :

N_p = Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi (B = diameter pondasi)

$$\sum_{i=1}^n \frac{Ni}{n}$$

K = Koefisien karakteristik tanah di dasar pondasi

12 t/m², untuk lempung (*clay*)

20 t/m², untuk lempung berlanau (*silty clay*)

25 t/m², untuk pasir berlanau (*silty sand*)

40 t/m², untuk pasir (*sand*)

$$QS = q_s \times AS = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s$$

Dimana :

q_s = Tegangan akibat lekukan lateral dalam t/m²

A_s = Keliling dikali panjang tiang yang terbenam (luas selimut tiang)

N_s = Harga rata-rata sepanjang tiang yang terbenam, dengan batasan : $3 \leq N \leq 50$, khusus untuk aspek friction

Koefisien α dan β adalah berturut-turut base coefficient dan shaft coefficient menurut Decourt et all (1996) yang nilainya seperti tabel dibawah ini:

Tabel 7.3 Base coefficient α Decourt et all (1996)

(Sumber: Buku Daya Dukung Pondasi Dalam Karya Prof. Herman Wahyudi)

Soil/Pile	Driven Pile	Bored Pile	Bored Pile (bentonik)	Continuous Hollow Anger	Root Pile	Infected Pile (High Pressure)
Clay	1,0	0,85	0,85	0,30	0,85	1,0
Intermediate Soil	1,0	0,60	0,60	0,30	0,60	1,0
Sands	1,0	0,50	0,50	0,30	0,50	1,0

Tabel 7.4 Shaft coefficient β Decourt et al (1996)

(Sumber: Buku Daya Dukung Pondasi Dalam Karya Prof. Herman Wahyudi)

Soil/Pile	Driven Pile	Bored Pile	Bored Pile (bentonik)	Continuous Hollow Anger	Root Pile	Infected Pile (High Pressure)
Clay	1.0	0.80	0.90	1.0	1.5	3.0
Intermediate Soil	1.0	0.65	0.70	1.0	1.5	3.0
Sands	1.0	0.50	0.60	1.0	1.5	3.0

Pada tugas akhir ini, digunakan tiang pancang *Spun Pile/ Driven Pile* sehingga dipakai nilai β yaitu 1.0

Harga N untuk lempung atau pasir berlanau (*silty sands*) di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N' berdasarkan rumusan sebagai berikut (Terzaghi & Peck):

$N' = 15 + 0,5 (N - 15)$, untuk $N > 15$

$N' = 1,25 N$, untuk gravel atau sandy gravel

Dimana N adalah Jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah (N measured).

Berdasarkan rumusan dan tabel diatas, berikut kami sajikan perhitungan daya dukung tanah untuk pondasi dalam pada tabel dibawah ini.

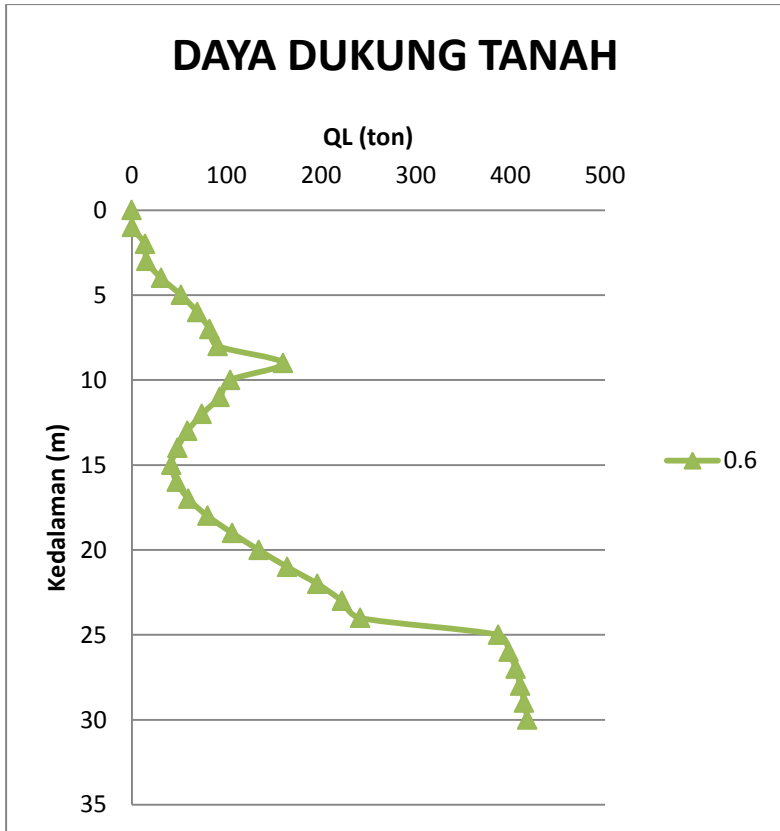
Tabel 7.5 Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dalam Diameter 0.6 meter

Diketahui: D pondasi (B) = 0.6m

$4B = 2.4m$

Luas dasar tiang (A_p) = 0.283m

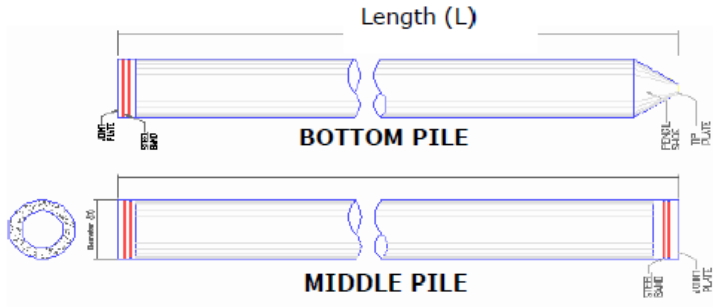
Kedalaman m	N	N _{koreksi}	N _p	K	A _p	N _s	\check{N}_s	$\check{N}_s/3$	A _s	Q _p	Q _s	Q _L
										ton	ton	ton
0	0	0	0	25	0.283	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	25	0.283	0	0	0	0.28	0	0.283	0.283
2	2	2	1.883333	25	0.283	2	0.667	0.222	0.57	13.32	0.691	14.01
3	2.5	2.5	2.26	22.5	0.283	2.5	1.125	0.375	0.85	14.38	1.167	15.55
4	2.8	2.8	4.614286	22.5	0.283	2.8	1.46	0.487	1.13	29.37	1.682	31.05
5	4	4	7.828571	22.5	0.283	4	1.883	0.628	1.41	49.82	2.302	52.13
6	6	6	10.4	22.5	0.283	6	2.471	0.824	1.7	66.19	3.095	69.28
7	15	15	12.18571	22.5	0.283	15	4.038	1.346	1.98	77.55	4.645	82.2
8	30	22.5	13.21429	22.5	0.283	22.5	6.089	2.03	2.26	84.1	6.856	90.96
9	25	20	13.35714	40	0.283	20	7.48	2.493	2.55	151.1	8.893	160
10	15	15	13.21429	25	0.283	15	8.164	2.721	2.83	93.44	10.53	104
11	10	10	11.5	25	0.283	10	8.317	2.772	3.11	81.32	11.74	93.06
12	5	5	8.714286	25	0.283	5	8.062	2.687	3.39	61.62	12.52	74.14
13	5	5	6.428571	25	0.283	5	7.843	2.614	3.68	45.46	13.29	58.75
14	3	3	4.857143	25	0.283	3	7.52	2.507	3.96	34.35	13.89	48.23
15	3	3	3.857143	25	0.283	3	7.238	2.413	4.24	27.28	14.48	41.75
16	4	4	4.571429	25	0.283	4	7.047	2.349	4.53	32.33	15.16	47.48
17	4	4	6.214286	25	0.283	4	6.878	2.293	4.81	43.94	15.83	59.78
18	3	3	9	25	0.283	3	6.674	2.225	5.09	63.64	16.42	80.06
19	10	10	12.5	25	0.283	10	6.84	2.28	5.37	88.39	17.63	106
20	18	16.5	16.21429	25	0.283	16.5	7.3	2.433	5.66	114.7	19.42	134.1
21	30	22.5	20.14286	25	0.283	22.5	7.991	2.664	5.94	142.4	21.76	164.2
22	40	27.5	24.28571	25	0.283	27.5	8.839	2.946	6.22	171.7	24.56	196.3
23	45	30	27.5	25	0.283	30	9.721	3.24	6.51	194.5	27.59	222.1
24	48	31.5	29.78571	25	0.283	31.5	10.59	3.531	6.79	210.6	30.76	241.4
25	49	32	31.21429	40	0.283	32	11.42	3.805	7.07	353.2	33.98	387.1
26	50	32.5	31.92857	40	0.283	32.5	12.2	4.065	7.35	361.2	37.25	398.5
27	50	32.5	32.28571	40	0.283	32.5	12.92	4.307	7.64	365.3	40.53	405.8
28	50	32.5	32.41667	40	0.283	32.5	13.6	4.532	7.92	366.8	43.81	410.6
29	50	32.5	32.5	40	0.283	32.5	14.23	4.742	8.2	367.7	47.1	414.8
30	50	32.5	32.5	40	0.283	32.5	14.82	4.939	8.49	367.7	50.39	418.1



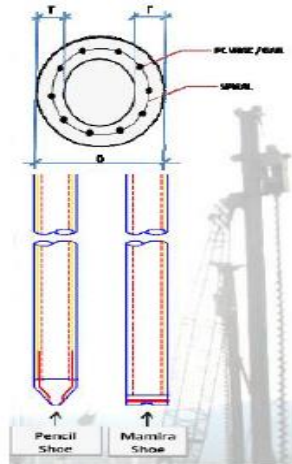
Gambar 7.1 Grafik Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dalam

7.3.2 Perumusan Daya Dukung Tiang Pondasi

Setelah mendapatkan daya dukung tanah untuk pondasi dalam, kemudian kita dapat menghitung kekuatan daya dukung tiang pondasi nya. Kemampuan material tiang pancang dapat kita lihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 7.2 Section Properties dari Tiang Pancang
(Sumber: PT Wijaya Karya Beton)



Gambar 7.3 Section Properties dari Tiang Pancang
(Sumber: PT Wijaya Karya Beton)

Tabel 7.6 Klasifikasi dari Tiang Pancang PT. WIK A Beton

(Sumber: PT Wijaya Karya Beton)

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	502	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.60
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.80	139.80	604.80
		A3				93.80	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
		C				123.60	229.90	552.90
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10

Contoh perhitungan dari tiang pancang tersebut yaitu sebagai contoh untuk tiang pancang diameter 600 mm kelas A1, kita dapatkan besaran material sebagai berikut:

- Momen Cracking = 17 tm
- Momen Ultimate = 25.5 tm

- Allowable Axial Load = 252.7 t
- Nominal Weight = 393 Kg/m

Gaya Ultimate lateral resistance yang bekerja pada *fixed headed pile* dapat dihitung dengan rumusan menurut Tomlinson, sebagai berikut:

$$Hu = \frac{Mu}{Z_f} \text{ (free headed pile)}$$

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KB}}$$

R = Stiffness Factor (m)

E = Modulus elastisitas young

$$= 4700 \times \sqrt{fc} = 4700 \times \sqrt{40} = 29725410.01 \text{ N/m}^2$$

I = Momen inersia tiang pondasi (d = 0.6 m)

$$= \frac{1}{64} \times \pi \times d^2 = \frac{1}{64} \times \pi \times 0.6^2 = 0.0177 \text{ m}^2$$

K = $k_1 \times 1.5$

$$= \text{untuk tanah stiff } k_1 = 2700.10^3 \text{ N/m}^3$$

Sehingga kita dapat:

$$T = \sqrt{\frac{29725410.01 \times 0.0177}{2700.10^3 \times 0.6}} = 0.76 \text{ m}$$

Zf = 1.4 x T

$$= 1.4 \times 0.76 \text{ m}$$

$$= 1.064 \text{ m}$$

$$Mu_{crack} = 17 \text{ tm}$$

$$Hu_{crack} = \frac{17}{1.064} = 16 \text{ ton}$$

$$Mu_{ultimate} = 25.5 \text{ tm}$$

$$Hu_{crack} = \frac{25.5}{1.064} = 24 \text{ ton}$$

7.4. Pembebanan Struktur Bangunan Bawah Jembatan

7.4.1. Beban Akibat Kombinasi Pembebanan

Pada SAP2000 didapatkan berat total keseluruhan struktur akibat kombinasi pembebanan yaitu 1.3DL + 1.8LL + 1.2T + 1.2W sebagai berikut:

Tabel 7.7 Berat Total Struktur Akibat Kombinasi Beban

TABLE: Base Reactions									
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ	
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	
DEAD	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Max	5450.18	224990.34	2751019.6	-13250917.9	-162805514	13505866.47	
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Min	-5450.42	50670.66	2749835.49	-13842968.9	-165025568	3033789.05	
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Max	1634.97	428363.31	2750605.16	-12560231.3	-163582533	25723100.21	
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Min	-1635.21	-152702.31	2750249.93	-14533655.5	-164248549	-9183444.68	

DESIGN FORCES FOR ABUTMENTS										
SPAN	VERTICAL FORCE "V" FROM EACH BEARING			LONGITUDINAL FORCES "L" FROM END BUFFER		TRANSVERSE FORCE "H" FROM LATERAL STOP			JACKING FORCE "J"	UPLIFT FORCE "U" FROM H.D. BOLTS
	DEAD LOAD	LIVE LOAD	MAK. TOTAL	TRAFFIC	EARTHQUAKE	WIND LOAD		EARTHQUAKE		
						W	WL			
B35	610	580	1190	125	680	23	23	230	610	59
B40	680	610	1290	125	720	26	26	270	680	68
B45	770	640	1410	125	770	29	29	310	770	77
B50	880	670	1530	125	810	32	33	350	860	86
B60	1070	730	1800	125	970	38	39	430	1070	107

$$\begin{aligned}
 R_k &= \frac{1}{2} \times \text{Berat total akibat kombinasi} \\
 &= \frac{1}{2} \times 2751019 + (119000 \times 4) \\
 &= \frac{1}{2} \times \\
 &= 1613509.5 \text{ kg} = 1613.5 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

7.4.2. Beban Gesekan

Menurut SNI T-02-2005 pasal 8.1, Beban gesekan pada tumpuan bergerak (beban horizontal longitudinal pada perletakan), misalkan akibat pemuaian, penyusutan dan gaya gempa. Gaya akibat gesekan hanya dihitung dengan menggunakan beban tetap saja.

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
1D+1L+1Ey	Combination	Max	1635.02	290532.81	1915655.82	-7632939.84	-113979360
1D+1L+1Ey	Combination	Min	-1635.15	-290532.81	1915300.59	-9606364	-114645376
1D+1L+1Ex	Combination	Max	5450.23	87159.84	1916070.26	-8323626.4	-113202341
1D+1L+1Ex	Combination	Min	-5450.36	-87159.84	1914886.15	-8915677.43	-115422395
SD	Combination		1.387E-07	-0.0003337	955494.47	-4299725.1	-57329668
LL	Combination		-0.06409	-0.0002203	520611.75	-2342752.88	-30618924.2
DL+LL	Combination		-0.06497	-0.0007638	1915478.21	-8619651.92	-114312368

$$\begin{aligned}
 H_L &= 15 \% \times \text{Beban akibat beban mati dan beban hidup} \\
 &= 0.15 \times 1613509.5 \text{ Kg} \\
 &= 242026.425 \text{ Kg} \\
 &= 287 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

7.4.3. Gaya Rem (TB)

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

- 25% dari berat gandar truk desain atau,
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

Gaya rem tersebut harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati sesuai dengan Pasal 8.2 dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Untuk jembatan yang dimasa depan akan dirubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan pada Pasal 8.4.3 berlaku untuk menghitung gaya rem.

$$\begin{aligned}
 TB &= 0.25 \times 500 \\
 &= 125 \text{ kN} \\
 &= 12.5 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

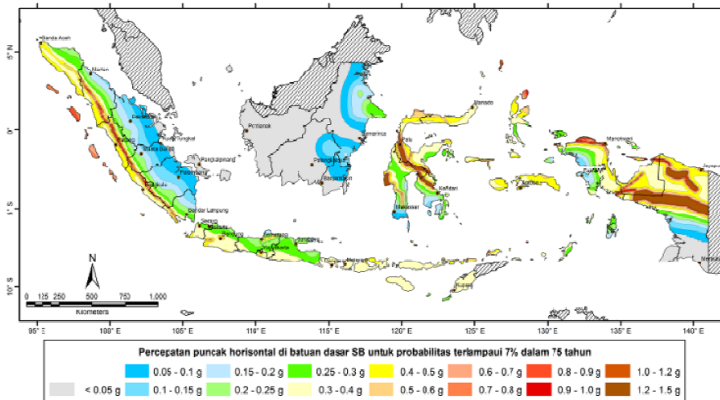
7.4.4. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa bangunan bawah Jembatan Busur Tanjungrono Mojokerto ini mengacu kepada peraturan SNI 2833-2013 tentang Pengaruh Gempa. Beban rencana gempa diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} \times W_t$$

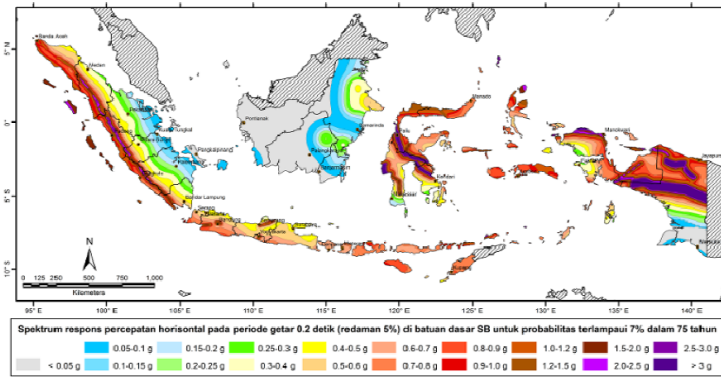
Keterangan:

- E_Q : adalah gaya gempa horizontal statis (kN)
 C_{sm} : adalah koefisien respons gempa elastik pada moda getar ke-m
 R : adalah faktor modifikasi respons
 W_t : adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)



Gambar 4 - Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 7.4 Peta (PGA) untuk probabilitas 7% dalam 75 tahun



Gambar 5 - Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 7.5 Peta respons spectra percepatan 0.2 detik untuk probabilitas 7% dalam 75 tahun

Tabel 7.8 Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0.25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0.5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0.75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1.0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1.25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan:

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

S_s adalah parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek ($T=0.2$ detik) mengacu pada Peta Gempa Indonesia 2010 (Gambar 2 atau Gambar 5).

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

Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama

dengan TS , respons spektra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan SDS .

$$S_{DS} = F_a \times S_s$$

Tabel 7.9 Faktor modifikasi respons (R) untuk bangunan bawah

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Catatan:

Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

Tabel 7.10 Faktor modifikasi respons (R) untuk hubungan antar elemen struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan fondasi	1,0

7.4.4.1 Kombinasi pengaruh gaya gempa

Gaya gempa elastis yang bekerja pada struktur jembatan harus dikombinasi

sehingga memiliki 2 tinjauan pembebanan sebagai berikut :

- 100% gaya gempa pada arah x dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah y.
- 100% gaya gempa pada arah y dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah x.

Sehingga apabila diaplikasikan dengan memperhitungkan variasi arah maka

kombinasi gaya gempa menjadi sebagai berikut :

‘

1. $DL + \gamma_{EQ}LL \pm EQ_x \pm 0,3 EQ_y$
2. $DL + \gamma_{EQ}LL \pm EQ_y \pm 0,3 EQ_x$

Keterangan :

DL adalah beban mati yang bekerja (kN)

γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

$\gamma_{EQ} = 0,5$ (jembatan sangat penting)

$\gamma_{EQ} = 0,3$ (jembatan penting)

$\gamma_{EQ} = 0$ (jembatan lainnya)

LL adalah beban hidup yang bekerja (kN)

EQ_x adalah beban gempa yang bekerja pada arah x

EQ_y adalah beban gempa yang bekerja pada arah y

$$\begin{aligned} W_t &= \text{Berat Total Struktur} + \text{Beban Hidup} \\ &= 1915478.21 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk Kombinasi Pembebanan Gempa menggunakan SAP 2000 didapatkan hasil sebagai berikut :

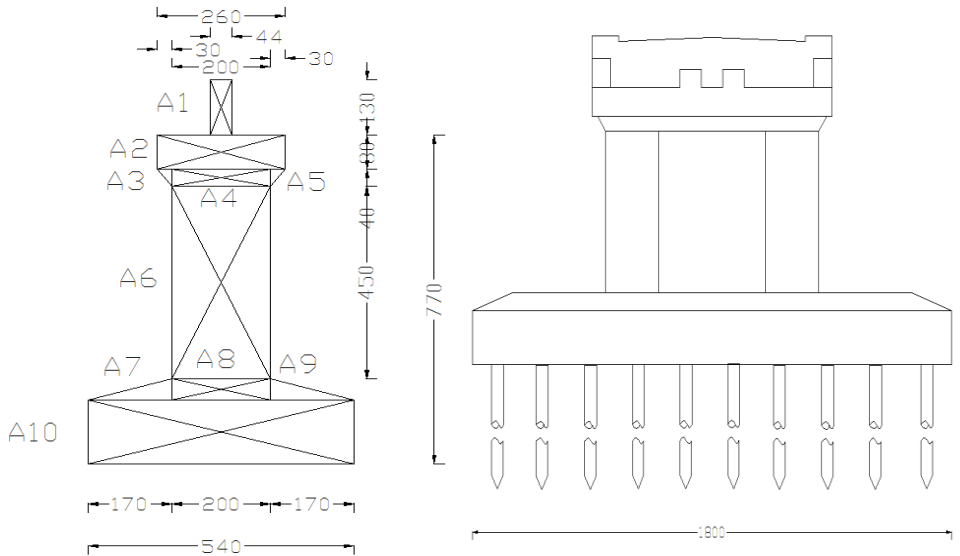
Tabel 7.11 Kombinasi Pembebanan Gempa pada SAP 2000

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	Tonf
DEAD	LinStatic		0	0	0
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Max	5.4502	224.9903	2751.0196
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Min	-5.4504	50.6707	2749.8355
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Max	1.635	428.3633	2750.6052
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Min	-1.6352	-152.7023	2750.2499
1D+1L+1Ey	Combination	Max	1.6351	290.5328	1655.3499
1D+1L+1Ey	Combination	Min	-1.6351	-290.5328	1654.9947
1D+1L+1Ex	Combination	Max	5.4503	87.1598	1655.7644
1D+1L+1Ex	Combination	Min	-5.4503	-87.1598	1654.5803

$$1. \quad My \text{ max} = (290.532 \times 7.7) + (1915 * 0.76) \\ = 3692.5 \text{ tm}$$

$$2. \quad Mx \text{ max} = (87.16 \times 7.7) \\ = 671.13 \text{ tm}$$

7.5. Desain Pilar Jembatan



Gambar 7.6 Desain Pilar Jembatan

Luas Pilar

A_1	$= 1.3 \text{ m} \times 0.44 \text{ m}$	$= 0.57 \text{ m}^2$
A_2	$= 0.8 \text{ m} \times 2.6 \text{ m}$	$= 2.08 \text{ m}^2$
A_3	$= 0,5 \times 0.4 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$	$= 0.06 \text{ m}^2$
A_4	$= 2 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$	$= 0.8 \text{ m}^2$
A_5	$= 0,5 \times 0.4 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$	$= 0.06 \text{ m}^2$
A_6	$= 4.5 \text{ m} \times 2 \text{ m}$	$= 9 \text{ m}^2$
A_7	$= 0,5 \times 0.5 \text{ m} \times 1.7 \text{ m}$	$= 0.43 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}
 A_8 &= 0.5 \text{ m} \times 2 \text{ m} && = 1 \text{ m}^2 \\
 A_9 &= 0,5 \times 0.5 \text{ m} \times 1.7 \text{ m} && = 0.43 \text{ m}^2 \\
 A_{10} &= 1.5 \text{ m} \times 5.4 \text{ m} && = 8.1 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{total}} &= A_1 + A_2 + A_3 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} \\
 &= 22.53 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Mencari garis netral abutment:

$$Y_b = \frac{(1.3 \times 8.35) + (0.8 \times 7.3) + (0.2 \times 6.7) + (4.5 \times 4.25) + (0.5 \times 1.75) + (1.5 \times 0.75)}{29.1}$$

$$= 5.435 \text{ meter (dari bawah)}$$

$$Y_a = 9 - 5.435 = 3.565 \text{ meter (dari atas)}$$

$$Y_b = Y_x = \frac{4m}{2} = 2 \text{ m}$$

Untuk berat dari pilar sendiri disajikan dalam tabel berikut ini

Tabel 7.12 Berat Headstock

BERAT HEADSTOCK								
NO	PARAMETER BERAT BAGIAN				BERAT	Lengan terhadap alas		Mom stat
	b (m)	h (m)	L (m)	Shape	(kN)	y	(m)	(kNm)
1	0.44	1.3	9	1	123.552		1.85	228.5712
2	2.6	0.8	9	1	449.28		0.8	359.424
3	2	0.4	8.6	1	165.12		0.2	33.024
4	0.3	0.4	8.6	0.5	24.768		0.266667	6.6048
				Wh	762.72		Mh	627.624
Letak titik berat terhadap alas			0.822876 m					
Letak titik berat terhadap dasar fondasi			7.322876 m					

Tabel 7.13 Berat Pier Wall

BERAT PIER WALL									
NO	PARAMETER BERAT BAGIAN				Jumlah	BERAT (kN)	Lengan terhadap alas		Mom stat (kNm)
	b (m)	h (m)	L (m)	Shape			y	(m)	
5	2	2	4.5	12.571429	2	2715.429		2.25	6109.714
Letak titik berat terhadap alas			2.25 m						
Letak titik berat terhadap dasar fondasi			4.25 m						
Luas Penampang pier wall			25.14286 m ²						
Lebar ekuivalen pier wall			12.57143 m						

Tabel 7.14 Berat Pile Cap

BERAT PILE CAP									
NO	PARAMETER BERAT BAGIAN				BERAT (kN)	Lengan terhadap alas		Mom stat (kNm)	
	b (m)	h (m)	L (m)	Shape		y	(m)		
6	2	0.5	18	1	432		1.75	756	
7	1	0.5	18	0.5	216		1.666667	360	
8	5.4	1.5	18	1	3499.2		0.75	2624.4	
				Wp	4147.2		Mp	3740.4	
Letak titik berat terhadap alas			0.90191 m						
Letak titik berat terhadap dasar fondasi			0.90191 m						

Tabel 7.15 Total Berat Struktur Bawah dan Total Beban Struktur Keseluruhan

No	Jenis Konstruksi	Berat (kN)
1	Headstock	762.72
2	Pier Wall	2715.4286
3	Pilecap	4147.2

Total berat sendiri struktur bawah 7625.349 kN

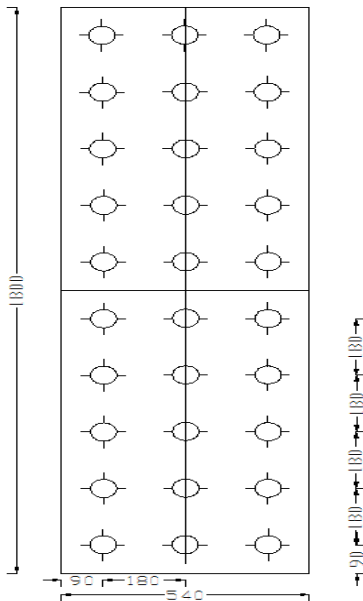
No	Berat Sendiri	PMS (kN)
1	Struktur Atas	6844.5
2	Struktur Bawah	7625.3486
Total		14469.849

Berat beban sendiri pada fondasi 14469.85 kN

Berat beban sendiri pada pier wall 7607.22 kN

7.6. Repetisi Beban Di Atas Tiang Kelompok

Perencanaan jumlah tiang pancang yang diperlukan tergantung pada kedalaman, diameter tiang pancang dan besarnya daya dukung pancang tersebut.



Gambar 7.7 Sketsa Rencana Denah Tiang Pancang Pilar

Apabila diatas tiang-tiang kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (poer) dan bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan Momen (M), maka besarnya beban vertikal ekivalen (P_v) yang bekerja adalah:

$$P_v = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y_{\max}}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times X_{\max}}{\sum x^2}$$

Dimana:

P_v = Beban vertikal ekivalen tiang pancang

$\sum P$ = Total beban aksial yang bekerja pada tiang

M_x = Momen terhadap sumbu X

M_y = Momen terhadap sumbu Y

X_{\max} = Absis tiang pancang terjauh terhadap garis berat keliling tiang

Y_{\max} = Ordinat tiang pancang terjauh terhadap garis berat keliling tiang

$\sum X^2$ = Jumlah kuadrat absis tiang pancang terhadap garis berat kelompok tiang

$\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat tiang pancang terhadap garis berat kelompok tiang

n = Banyaknya tiang pancang

Dalam Tugas akhir ini, kami menggunakan spesifikasi Tiang Pancang tipe A1 dari PT. WIKA Beton (Tabel 7.9) dengan diameter 600 mm. Dari perhitungan tersebut, kami dapat menghitung Q ijin satu tiang dalam kelompok. Untuk mencari Q ijin satu tiang dalam kelompok menggunakan kombinasi dari 1 LL+ 1DL yaitu terdiri dari beban hidup dan berat struktur atas + struktur bawah yaitu :

Tabel 7.16 Tabel Beban Hidup dan Beban Mati pada SAP 2000

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
SD	Combination		1.387E-07	-0.0003337	955494.47	-4299725.1	-57329668
LL	Combination		-0.06409	-0.0002203	520611.75	-2342752.88	-30618924.2
DL+LL	Combination		-0.06497	-0.0007638	1915478.21	-8619651.92	-114312368
MATI TOTAL	Combination		-0.000873	-0.0005436	1394866.45	-6276899.04	-83693444

Kombinasi = (Beban DL+LL/2)+ Berat Struktur Jembatan Span
35 + Berat Struktur Bawah
 $= (1915/2) + (119 \times 2) + 762.5 \text{ ton}$
 $= 1958 \text{ ton}$

$$P_v = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_x \times y \text{ max}}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \times X \text{ max}}{\sum x^2}$$

$$P \text{ maks} = \frac{1958}{30} + \frac{0}{801.9} + \frac{(1958 \times 0.76) - (338 \times 0.76) \times 1.8}{64.8} = 65.26 + 0 + 15.828$$

$$= 81.1 \text{ ton}$$

$$P \text{ min} = \frac{1958}{30} - \frac{0}{801.9} - \frac{(1958 \times 0.76) - (338 \times 0.76) \times 1.8}{64.8} = 65.26 - 0 - 15.828$$

$$= 49.432 \text{ ton}$$

7.6.1. Efisiensi Tiang Pancang Kelompok

Dalam perencanaan tiang grup, koefisien efisiensi untuk tiang pancang menurut perumusan *Converse-Labarre*:

$$\eta = 1 - \left[\frac{\arctan(D/s)}{90^\circ} \right] \left[2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right]$$

Dimana: S = Jarak tiang pancang

D = Diameter pancang

m = Jumlah tiang pancang dalam 1(satu) baris

n = Jumlah baris tiang pancang

$$\eta = 1 - \left[\frac{\arctan\left(\frac{60}{180}\right)}{90} \right] \left[2 - \frac{1}{3} - \frac{1}{10} \right] = 0.67 = 67\%$$

7.6.2. Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang

7.6.2.1. Kontrol Daya Dukung Tiang Pancang Terhadap Kelompok

Kontrol dilakukan terhadap Qijin 1 tiang kedalaman rencana tiang pancang yaitu pada kedalaman 30 meter dengan diameter tiang pancang rencana yaitu 0.6 meter.

Qall 1 tiang pancang

= Qall 1 tiang pancang \times efisiensi

= (418.1 /3) ton \times 0.67

= 93.37 ton > P-maks = 81.1 ton --OK

7.6.2.2. Kontrol beban aksial pada tiang ber kelompok

P kelompok = Qall 1 tiang pancang \times jumlah > Vu

= 136.92 ton \times 30 > 1958 ton

= 4107 ton > 1958 ton --OK

Jadi, kami dapat menarik kesimpulan bahwa perencanaan tiang pancang diameter 60 cm dengan jumlah 30 buah dapat digunakan

7.7. Penulangan Pilar Jembatan

7.7.1. Penulangan Dinding Pilar

7.7.1.1 Tulangan Utama Pilar

$M_y = 3692.5 \text{ tm}$	$= 0.369 \times 10^{11} \text{ Nmm}$
Lebar Pilar (b) = 2 m	= 2000 mm
Tinggi Pilar (t) = 4.5 m	= 4500 mm
Tebal dinding abutmen = 2 m	= 2000 mm
Diameter tulangan utama (D_{utm})	= 32 mm
Diameter tulangan memanjang (D_{skng})	= 32 mm
F_y Tulangan	= 390 MPa
F_c' Beton	= 40 MPa
Selimit beton (s)	= 75 mm

$$d = t - s - (\frac{1}{2} \times D_{utm}) - D_{skng}$$

$$= 2000 - 75 - (\frac{1}{2} \times 32) - 32$$

$$= 1877 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_{max}}{\phi b d^2} = \frac{0.369 \times 10^{11}}{0.85 \times 2000 \times 1877^2} = 6.16$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.470$$

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

$$= \frac{1}{11.471} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.471 \times 6.16}{390}} \right)$$

$$= 0.0175$$

$$\rho_{min} = 0.0018 \text{ (untuk dalam } f_y \text{ 240 MPa} < f_y < \text{400 MPa)}$$

Karena $\rho_{min} \leq \rho_{perlu}$ maka digunakan

$$\rho_{pasang} \leq \rho_{perlu} = 0.0175$$

$$A_{sperlu} = \rho_{pasang} \times b \times d$$

$$= 0.0175 \times 2000 \times 1877$$

$$= 65695 \text{ mm}^2$$

Dibutuhkan tulangan D32 – 150 mm ($A_s = 65914.88 \text{ mm}^2$) 82 buah

7.7.2. Penulangan Poer

P/Tiang (max)	= 136.92 ton = $0.137 \times 10^7 \text{ N}$
Lebar Poer = 5.4 m	= 5400 mm
Panjang Poer = 12 m	= 12000 mm
Tebal Poer = 1.5 m	= 1500 mm
Diameter tulangan utama	= 32 mm
Diameter tulangan tekan	= 32 mm
Fy Tulangan	= 390 MPa
Fc' Beton	= 40 Mpa
Selimit beton = 75 mm	

Untuk penulangan lentur, poer di analisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom (tiang pondasi). Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang pondasi yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer.

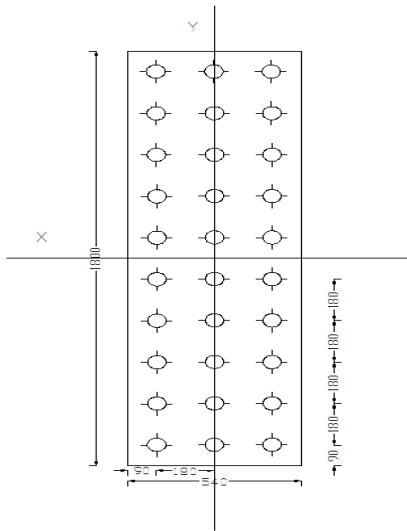
$$\begin{aligned} dy &= t - s - (\frac{1}{2} \times D_{\text{utm}}) - D_{\text{tul.tekan}} \\ &= 1500 - 75 - (\frac{1}{2} \times 32) - 32 \\ &= 1377 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= t - s - D_{\text{utm}} - (\frac{1}{2} \times D_{\text{utm}}) - D_{\text{tul.tekan}} \\ &= 2000 - 75 - 32 - (\frac{1}{2} \times 32) - 32 \\ &= 1345 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 0.0018 \text{ (untuk } f_y \text{ dalam } 240 \text{ MPa} < f_y < 400 \text{ MPa)}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f_c} = \frac{390}{0.85 \times 40} = 11.471$$

7.7.2.1. Tulangan Utama Poer Arah X



Gambar 7.8 Denah Tiang Pancang arah X

Dipakai $\rho_{pasang} \leq \rho_{perlu} = 0.0018$

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho_{pasang} \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 5400 \times 1345 \\ &= 13073.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

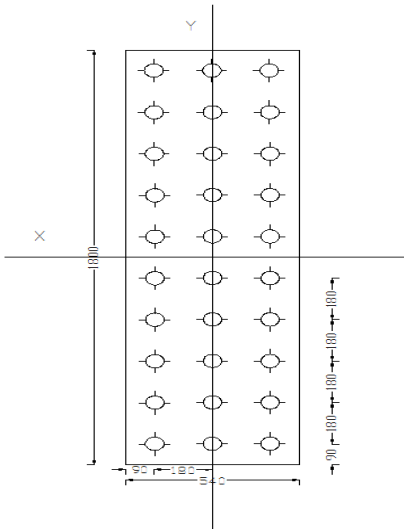
Dibutuhkan tulangan D32 – 320 mm ($A_s = 13665.28 \text{ mm}^2$) 17 buah

7.7.2.2. Tulangan Tekan Poer Arah X

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho_{min} \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 5400 \times 1345 \\ &= 13073.4 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dibutuhkan tulangan D32 – 320 mm ($A_s = 13665.28 \text{ mm}^2$) 17 buah

7.7.3 Tulangan Utama Poer Arah Y



Gambar 7.9 Denah Tiang Pancang arah Y

Tulangan dipasang

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho_{min} \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 18000 \times 13777 \\ &= 44614 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dibutuhkan tulangan D32 – 320 mm ($A_s = 45015.04 \text{ mm}^2$) 56 buah

7.7.3.1. Tulangan Tekan Poer Arah Y

Luas Tulangan

$$\begin{aligned} A_{s_{perlu}} &= \rho_{min} \times b \times d \\ &= 0.0018 \times 18000 \times 13777 \\ &= 44614 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dibutuhkan tulangan D32 – 320 mm ($A_s = 45015.04 \text{ mm}^2$) 56 buah

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VIII KESIMPULAN

8.1. Kesimpulan

Dari berbagai macam analisa dan kontrol yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari perencanaan struktur Jembatan Busur Tanjanganrono ini antara lain:

1. Pelat lantai kendaraan berupa pelat beton dengan tebal 20 cm dan dilapisi aspal setebal 5 cm
2. Profil struktur sekunder Jembatan Busur Tanjanganrono Mojokerto menggunakan mutu baja BJ 41 dengan $f_y = 250$ MPa dan $f_u = 410$ MPa.

Dari hasil perhitungan struktur sekunder jembatan busur didapatkan:

Profil gelagar memanjang WF 400 x 300 x 10 x 16

Profil gelagar melintang WF 700 x 300 x 15 x 28

Ikatan angin lantai kendaraan L 150 x 150 x 16

Ikatan Silang akhir lantai kendaraan L 200 x 200 x 18

Ikatan angin rangka L 160 x 160 x 17

Ikatan silang angin rangka L 100 x 100 x 10

Batang horizontal ikatan angin rangka Box 180 x 180 x 6.3

3. Pada permodelan struktur jembatan menggunakan SAP2000. Untuk perhitungan profil rangka utama jembatan busur, dibagi menjadi 3 segmen utama dengan asumsi setiap batang mewakili seluruh batang yang ada pada segmen tersebut

Setelah profil didapat, kemudian dimodelkan dalam bentuk 3 dimensi untuk mendapatkan profil-profil ikatan dengan kombinasi pembebanan maksimum (1.3DL + 1.8LL + 1.2W + 1.2T)

4. Profil rangka utama didapat dari brosur **PT. GUNUNG RAJA PAKSI** dengan mutu GR 50 A ($f_y = 345$ MPa; $f_y = 355$ MPa dan $f_u = 565$ MPa)

Dari hasil perhitungan struktur utama jembatan busur didapatkan:

Batang tepi atas segmen 1 box $500 \times 500 \times 22$

Batang tepi atas segmen 2 box $400 \times 400 \times 22$

Batang tepi atas segmen 3 box $400 \times 400 \times 19$

Batang tepi bawah box $400 \times 400 \times 16$

Batang diagonal box $200 \times 200 \times 12$

Batang vertikal box $200 \times 200 \times 10$

Batang vertikal akhir box $400 \times 400 \times 22$

Batang tarik box $500 \times 500 \times 25$

Kolom portal akhir box $400 \times 400 \times 19$

Balok portal akhir box $400 \times 400 \times 12$

Batang penggantung baja ulir diameter 47 mm ($f_y = 839$ MPa dan $f_u = 1048$ MPa)

5. Perletakan menggunakan *bearing pad* ukuran 800×800 mm dengan ketebalan 85 mm
6. Pilar jembatan berukuran tinggi 4.5 meter dan diameter 2 meter dengan lebar poer 18×5.4 meter dan tebal 2 meter. Mutu beton yang dipakai yaitu $f'_c = 40$ MPa.
7. Pondasi struktur menggunakan tiang pancang *spun pile* PT. WIKA BETON dengan $D = 60$ cm (tipe A1) dengan kedalaman 30 m berdasarkan hasil penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*). Jumlah kebutuhan tiang pancang yaitu 30 buah tiang pancang.

BAB IX SARAN

9.1 Saran

Pada perencanaan untuk perletakan Jembatan Tanjangerono ini, disarankan memakai perletakan pot bearing. Pada Jembatan ini menggunakan perletakan PF SERIES FIXED BEARINGS yang diambil dari brosur GOODCO Z-TECH dengan spesifikasi sebagai berikut :

Gambar 9.1 Pot Bearing Fixed

Dari Hasil SAP 2000 didapatkan hasil dari perletakan sebagai berikut

PF SERIES FIXED BEARINGS

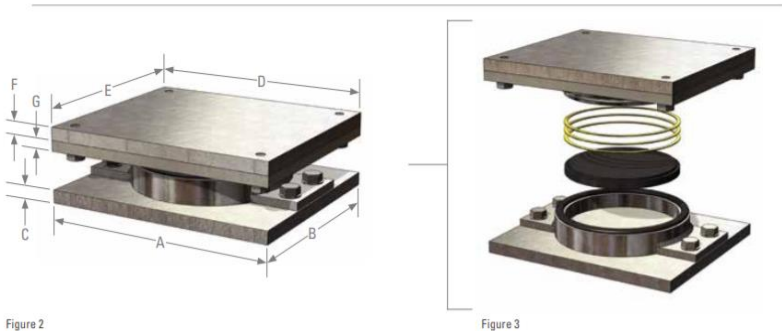


Figure 2

Figure 3

TABLE: Base Reactions									
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ	
Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	
DEAD	LinStatic		0	0	0	0	0	0	0
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Max	5450.18	224990.34	2751019.6	-13250917.9	-162805514	13505866.47	
1.3D+1.8L+1.2T+1Ex+1.2W	Combination	Min	-5450.42	50670.66	2749835.49	-13842968.9	-165025568	3033789.05	
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Max	1634.97	428363.31	2750605.16	-12560231.3	-163582533	25723100.21	
1.3D+1.8L+1.2T+1Ey+1.2W	Combination	Min	-1635.21	-152702.31	2750249.93	-14533655.5	-164248549	-9183444.68	

Tabel 9.1 Spesifikasi Pot Bearing

Model No. *	Load Capacity (SLS)		Base Plate			Sole Plate and Bolting Plate				Total Height
	Maximum Vertical	Horizontal	A	B	C	D	E	F	G	H
	kN	kN	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
PF 500	500	50	315	215	22	315	215	22	19	123
PF 750	750	75	350	250	22	350	250	22	19	129
PF 1000	1 000	100	385	285	22	385	285	22	19	134
PF 1250	1 250	125	420	320	22	420	320	22	19	143
PF 1500	1 500	150	440	340	22	440	340	22	19	143
PF 1750	1 750	175	465	365	22	465	365	22	19	144
PF 2000	2 000	200	505	390	25	505	390	25	19	152
PF 2500	2 500	250	570	435	28	570	435	28	22	172
PF 3000	3 000	300	610	475	28	610	475	28	22	184
PF 3500	3 500	350	645	515	28	645	515	28	22	191
PF 4000	4 000	400	675	550	28	675	550	28	22	192
PF 4500	4 500	450	705	585	28	705	585	28	22	202
PF 5000	5 000	500	775	615	35	775	615	35	29	230
PF 6000	6 000	550	825	675	35	825	675	35	29	240
PF 7000	7 000	600	880	725	35	880	725	35	29	250
PF 8000	8 000	650	920	775	35	920	775	35	29	256
PF 9000	9 000	700	960	825	35	960	825	35	29	265
PF 10000	10 000	750	1 010	870	35	1 010	870	35	29	275
PF 15000	15 000	1 000	1 235	1 060	41	1 235	1 060	41	35	322
PF 20000	20 000	1 250	1 365	1 225	41	1 365	1 225	41	35	355

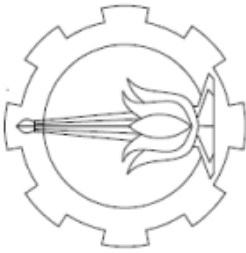
Dari Hasil SAP didapatkan reaksi di perletakan yaitu 2751019 Kg untuk 4 perletakan, maka untuk 1 perletakan didapatkan berat $2751019/4 = 687754 \text{ Kg} = 6877.54 \text{ kN}$

Maka digunakan Pot Bearing Model no PF 7000 dengan maksimum vertical load 7000 kN

DAFTAR PUSTAKA

- Bridge Management System (BMS). **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan. 1992.** Departemen PU Bina Marga.
- Irawan, Djoko. 2007. **Diktat Kuliah Jembatan Bentang Panjang.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Marwan, Ir. Isdarmanu, Ir. 2006. **Buku Ajar Struktur Baja I.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Nakazawa. Kazuto, Sosrodarsono, Suyono. 2000. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi.** Jakarta : Pradnya Paramita.
- RSNI T-02-2005. **Standar Pembebanan Untuk Jembatan.** Badan Standardisasi Nasional. Jakarta 2005.
- RSNI T-03-2005. **Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan.** Badan Standardisasi Nasional. Jakarta 2005.
- RSNI 2833:2013. **Perancangan Jembatan Terhadap Beban Gempa.** Badan Standardisasi Nasional. Jakarta 2013.
- SNI 1725:2016. **Pembebanan Untuk Jembatan.** Badan Standardisasi Nasional. Jakarta 2016.
- Setiawan, Agus. 2008. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD.** Jakarta: Erlangga.
- Wahjudi, Herman. 1999. **Diktat Kuliah Daya Dukung Pondasi Dalam.** Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

LAMPIRAN



NAMA GAMBAR

DENAH LOKASI JEMBATAN
SKALA 1: 200

DOSEN PEMBIMBING

Budi Surwanto, ST.,MT.,Ph.D

MAHASISWA

ACIBIAD EAMEL

031114000094

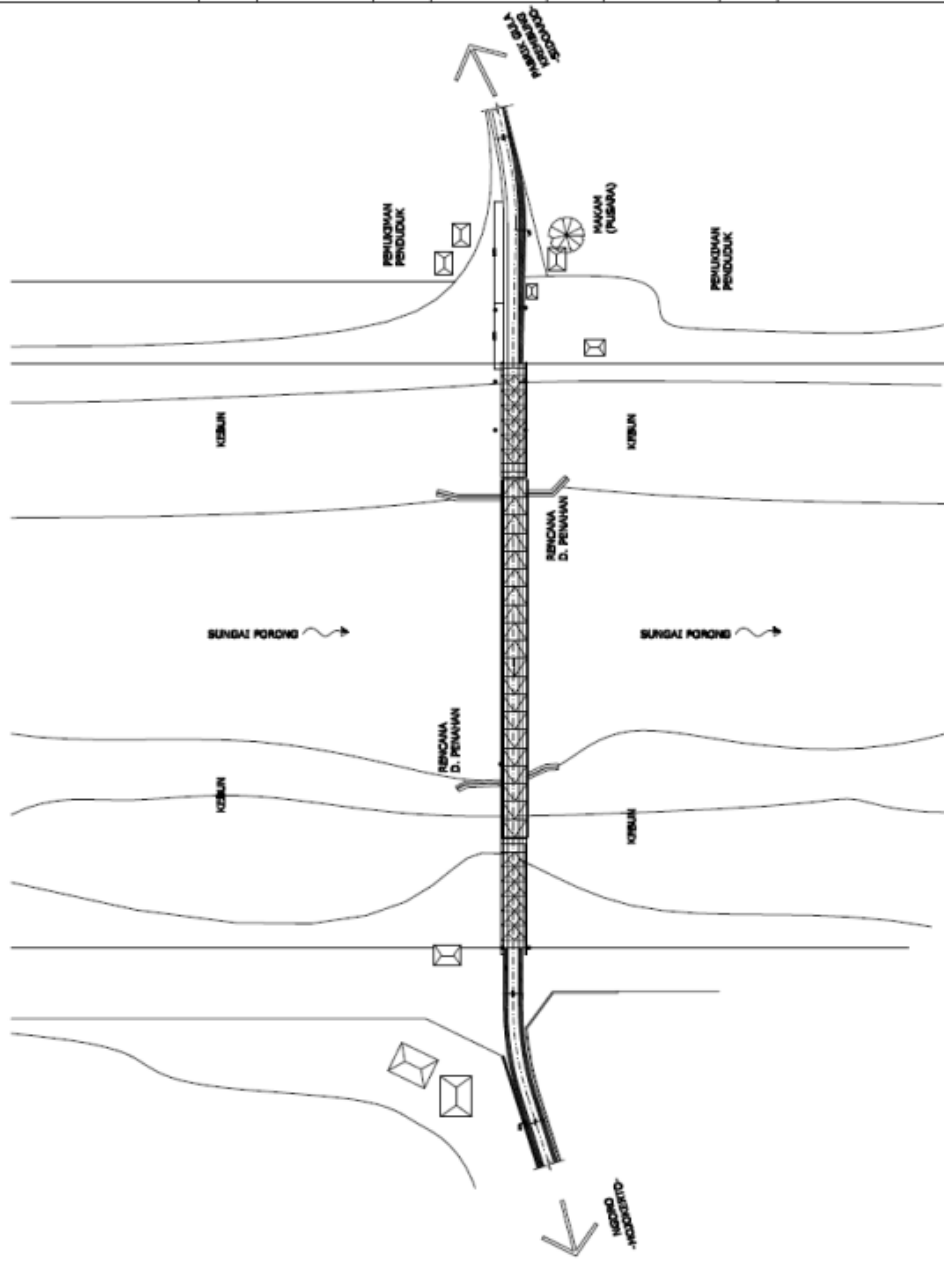
KETERANGAN

NOMOR
GAMBAR

01

JUMLAH
GAMBAR

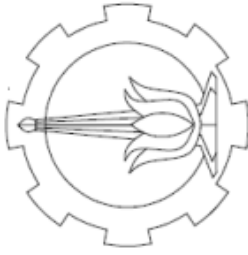
19



DENAH RENCANA JEMBATAN TANJANGRONGO

SKALA 1: 200





NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
MODIFIKASI JEMBATAN
TANJANGRONO

SKALA 1 : 200

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suwanto, ST.,MT.,Ph.D

MAHASISWA

ACEMAD KAMEL

0511104000096

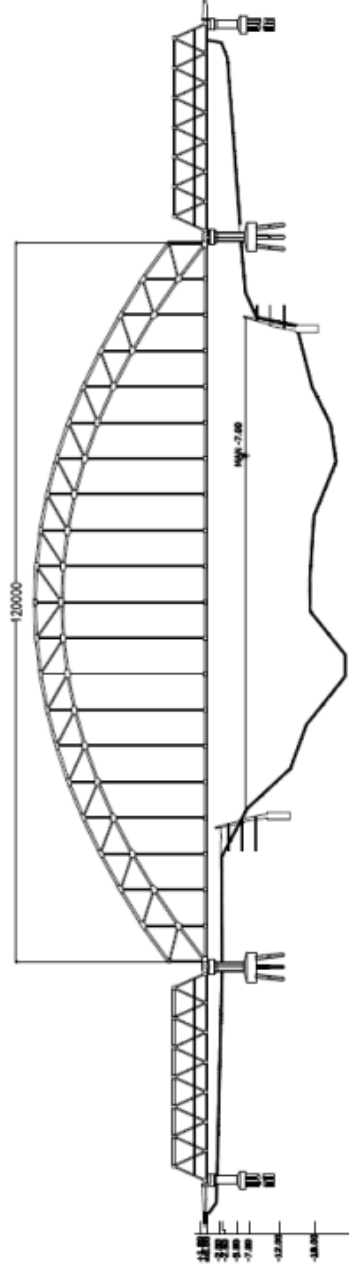
KETERANGAN

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

02

19



Center Line Abutment Beton

35914

Center Line Pier

121863.3

Center Line Pier

35914

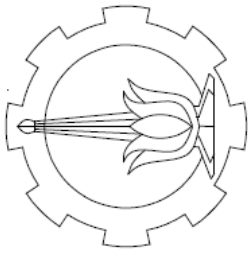
Center Line Abutment Beton

Titik awal eksisting jembatan

**POTONGAN MEMANJANG MODIFIKASI JEMBATAN
TANJANGRONO**



SKALA 1 : 200



NAMA GAMBAR

**POTONGAN MELINTANG,
MEMANJANG DAN IKATAN ANGEN
JEMBATAN**

SKALA 1: 200

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST., MT., Ph.D

MAHASISWA

ACEMAD KAMIL

081104000096

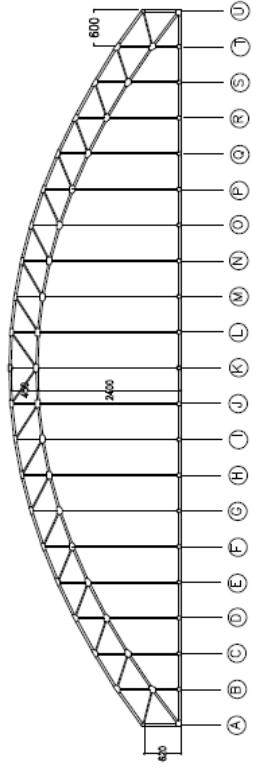
KETERANGAN

**NOMOR
GAMBAR**

03

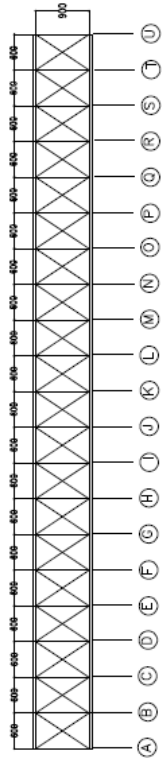
**JUMLAH
GAMBAR**

19



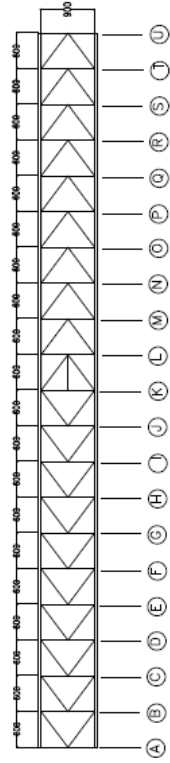
POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN

SKALA 1: 200



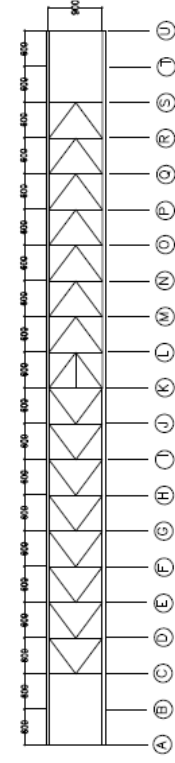
IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN

SKALA 1: 200



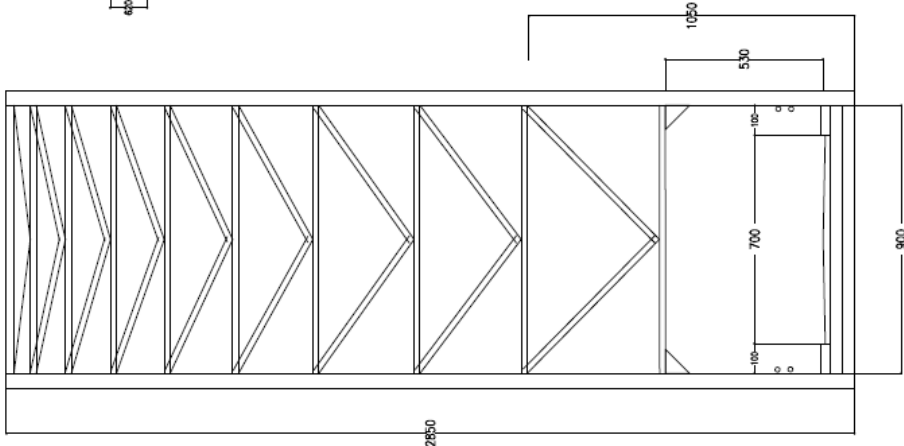
IKATAN ANGIN RANGKA ATAS

SKALA 1: 200



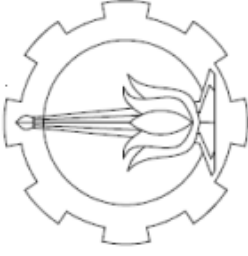
IKATAN ANGIN RANGKA BAWAH

SKALA 1: 200



POTONGAN MELINTANG A

SKALA 1: 100



NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG
JEMBATAN

SKALA 1 : 50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Surwanto, ST.,MT.,Ph.D

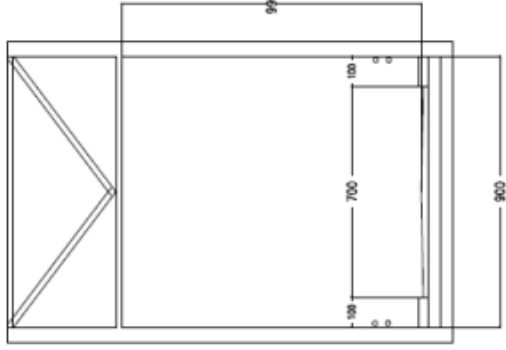
MABASISWA

ACEMAD KAMEL

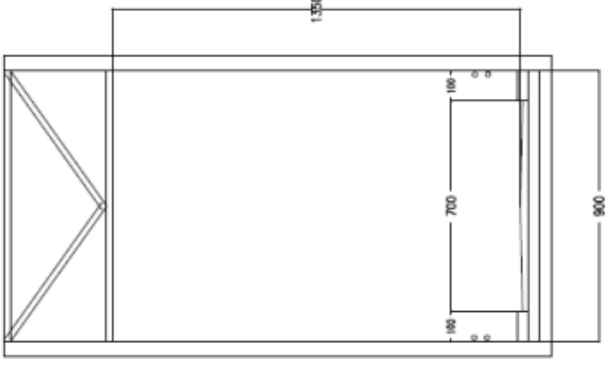
031114000006

KETERANGAN

POTONGAN MELINTANG B
SKALA 1 : 100



POTONGAN MELINTANG C
SKALA 1 : 100



POTONGAN MELINTANG D
SKALA 1 : 100



NOMOR
GAMBAR

04

JUMLAH
GAMBAR

19



NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG
DAN MELINTANG

SKALA 1: 50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST.,MT.,P.Eng

MAHASISWA

ACERMAJ LAMEL

081110400006

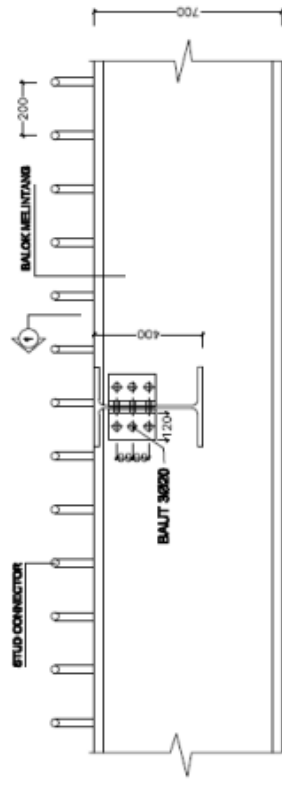
KETERANGAN

NOMOR
GAMBAR

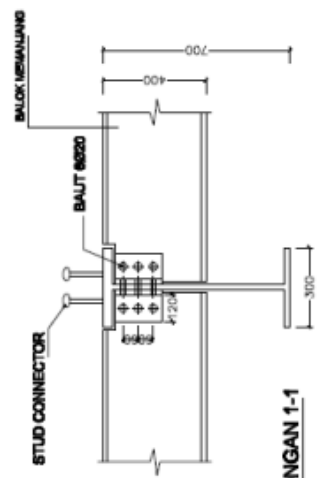
05

JUMLAH
GAMBAR

19



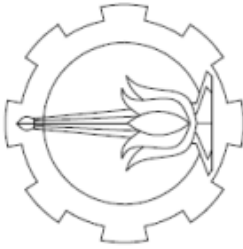
DETAIL A



POTONGAN 1-1

SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG DAN MELINTANG

SKALA 1: 50



NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN IKATAN ANGIN RANGKA

SKALA 1 : 50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D

MAHASISWA

ACEBAG KAMEL

0911194000096

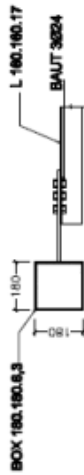
KETERANGAN

NOMOR GAMBAR

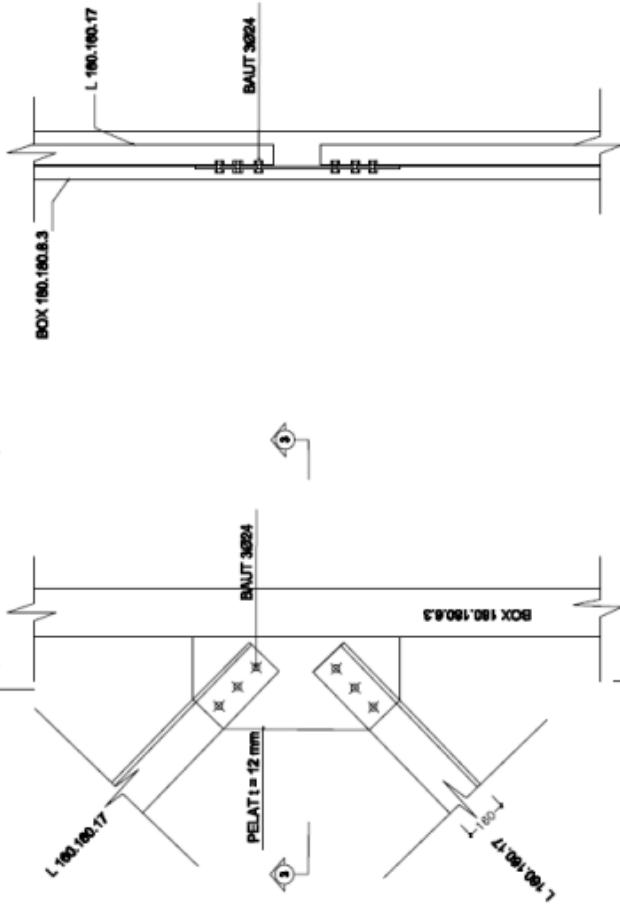
06

JUMLAH GAMBAR

19



POTONGAN 3-3

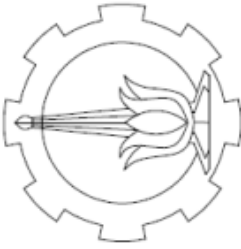


POTONGAN 2-2

DETAIL B

SAMBUNGAN IKATAN ANGIN RANGKA

SKALA 1 : 50



NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN IKATAN SILANG
IKATAN ANGIN RANGKA

SKALA 1 : 50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Sunwanto, ST.,MT.,Ph.D

MAHASISWA

ACEBQAD KAMEL

0911104000006

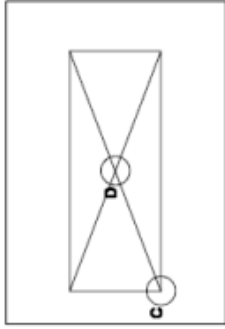
KETERANGAN

NOMOR
GAMBAR

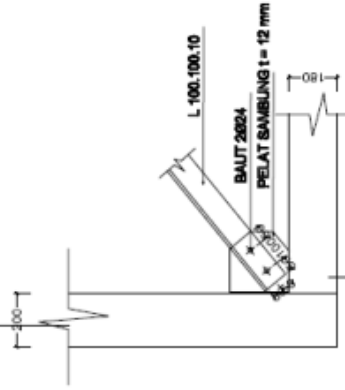
07

JUMLAH
GAMBAR

19

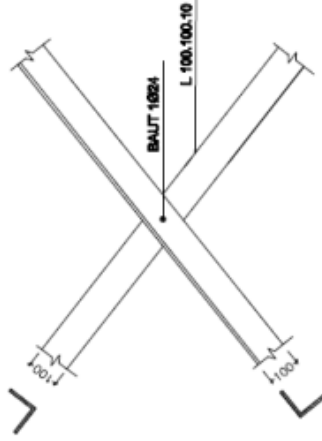


BATANG VERTIKAL RANGKA



BATANG HORIZONTAL IKATAN
ANGIN RANGKA

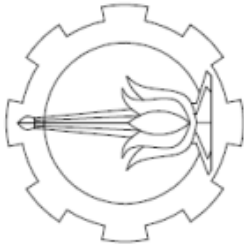
DETAIL C



DETAIL D

SAMBUNGAN IKATAN SILANG IKATAN ANGIN RANGKA

SKALA 1 : 50



NAMA GAMBAR

SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI

SKALA 1:50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Surwanto, ST.,MT.,Pb.D

MAHASISWA

ACEBMAK KAMIL

03111940002006

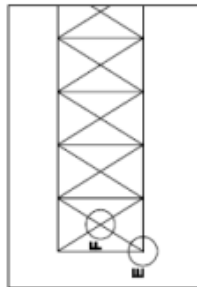
KETERANGAN

NOMOR
GAMBAR

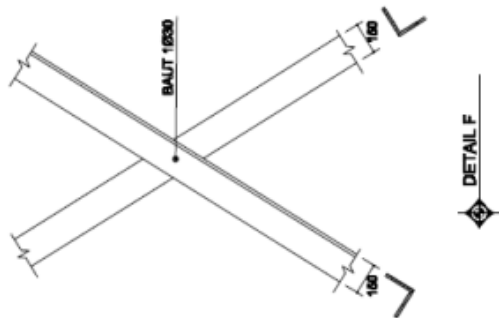
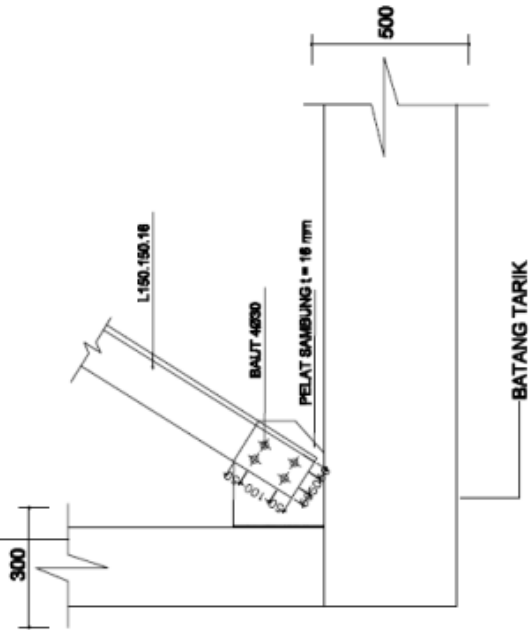
08

JUMLAH
GAMBAR

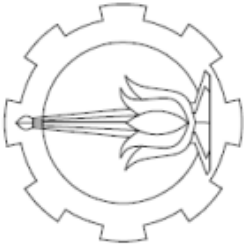
19



BALOK MELINTANG



SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI
SKALA 1:50



NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
SEKALA 1:50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Sunwanto, ST.,MT.,Ph.D

MAHASISWA

ACEHMAD KAMIL

051104000096

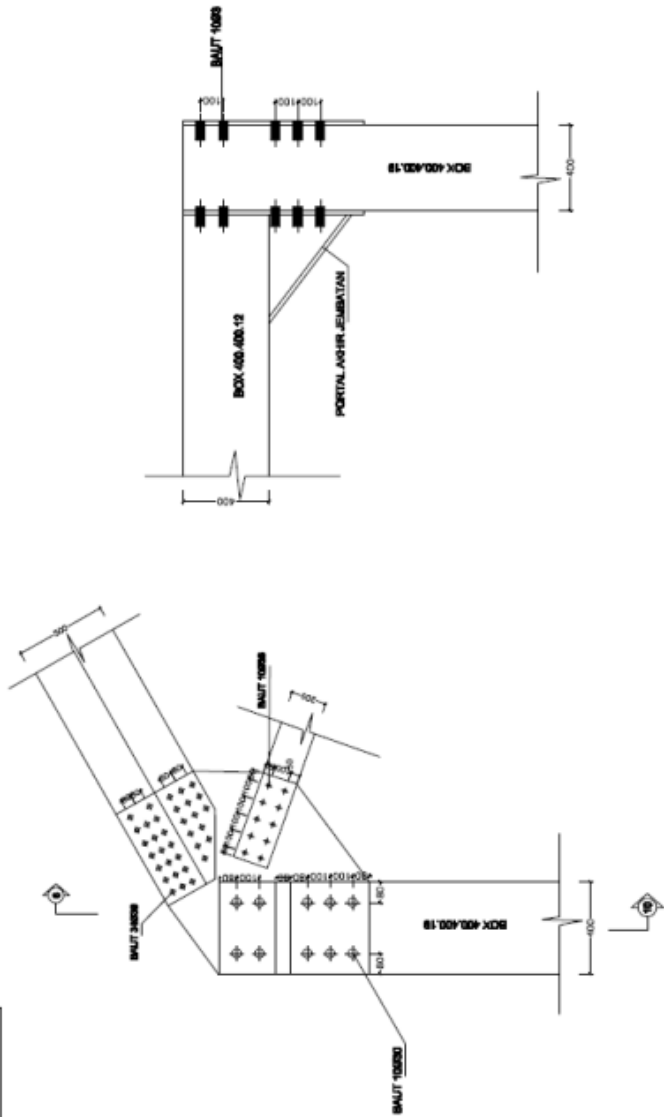
KETERANGAN

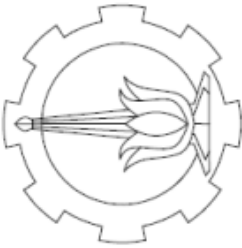
NOMOR
GAMBAR

10

JUMLAH
GAMBAR

19





NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
SKALA 1:50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suwanto, ST.,MT.,P.LD

MAHASISWA

ACEMAD KAMIL 091110400096

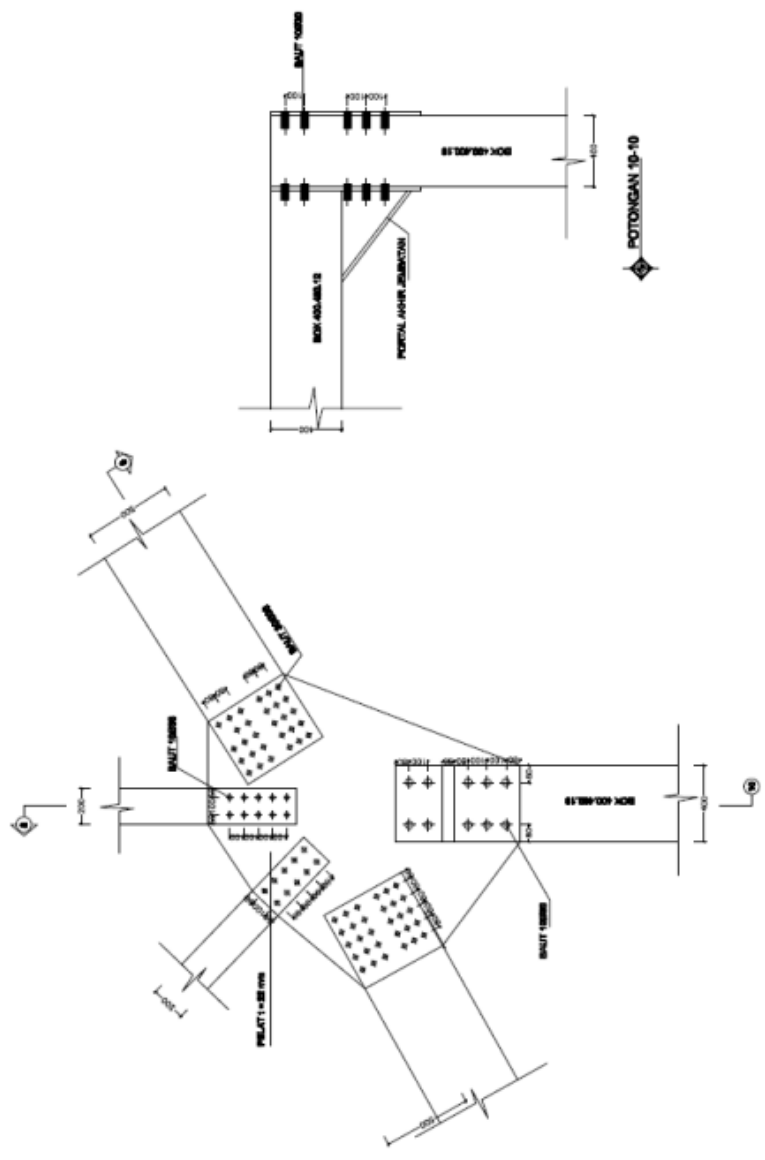
KETERANGAN

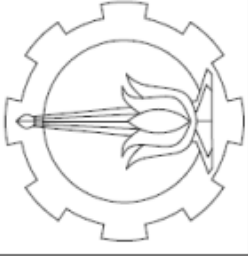
NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

11

19





NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
SEKALA 1: 50

DOSEN PEMBIMBING

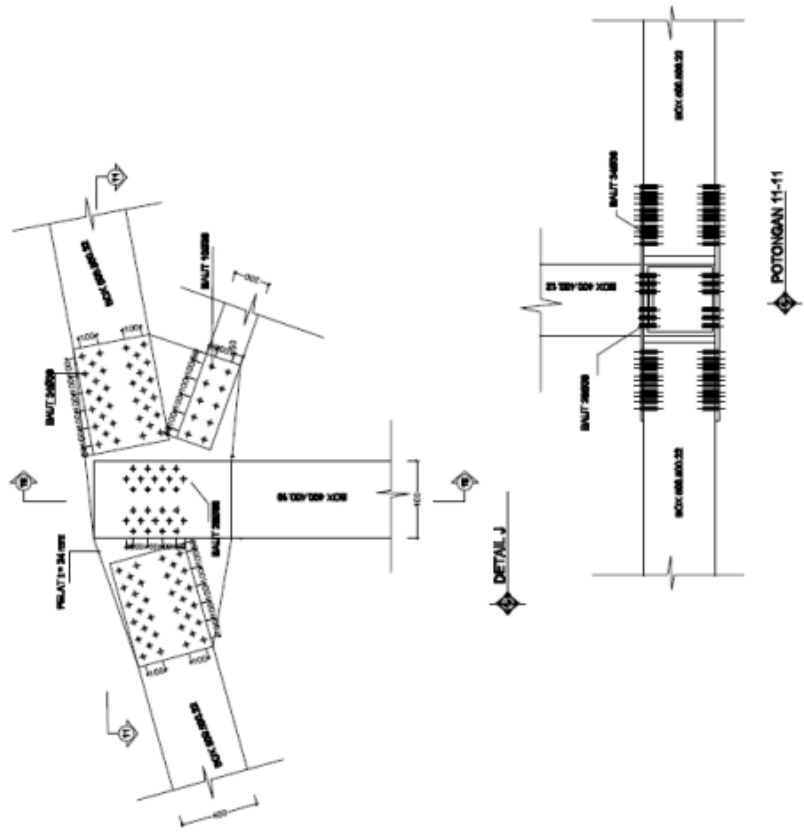
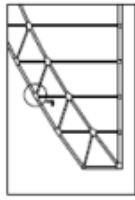
Budi Surwanto, ST.,MT.,P.LD

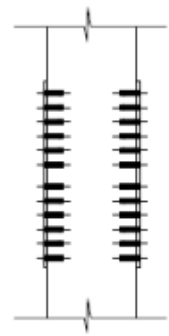
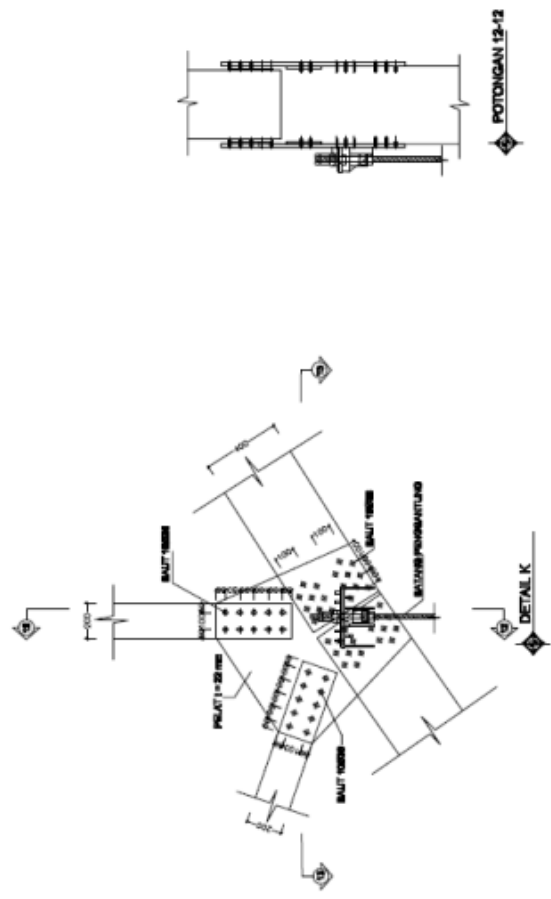
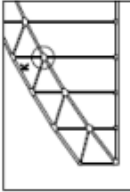
MAHASISWA

ACEMAD KAMEL 0311194000096

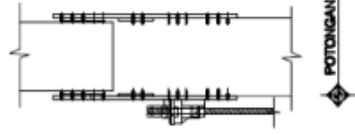
KETERANGAN

NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
12	19

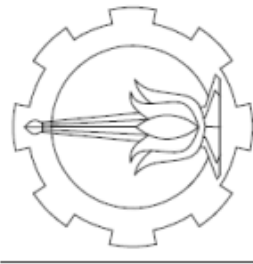




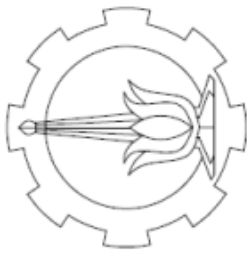
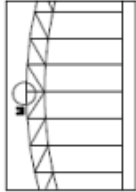
POTONGAN 12-13



POTONGAN 12-12



NAMA GAMBAR	
DETAIL SAMBUNGAN SEKALA 1: 50	
DOSEN PEMBIMBING	
Budi Suwanto, ST.,MT.,Ph.D	
MAHASISWA	
ACHMAD KAMIL	0911104000096
KETERANGAN	
NOMOR GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
13	19



NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
SEKALA 1: 50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suswanto, ST.,MT.,Ph.D

MAHASISWA

ACBIMAD KAMEL

031114000006

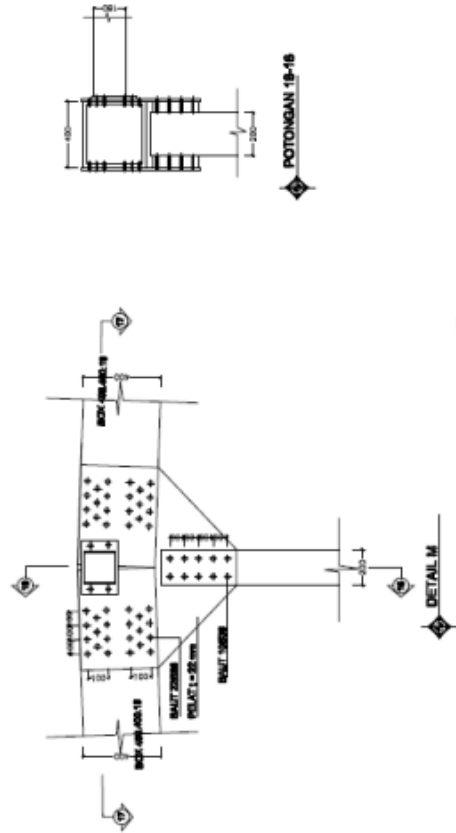
KETERANGAN

NOMOR
GAMBAR

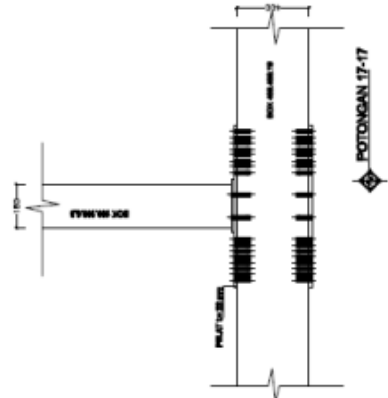
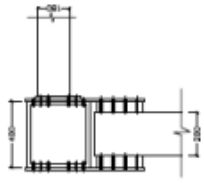
15

JUMLAH
GAMBAR

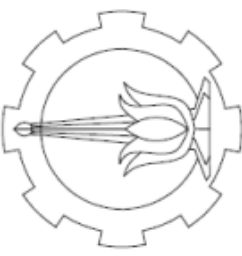
19



POTONGAN 1B-16



POTONGAN 17-17



NAMA GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
SKALA 1: 200

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suwanto, ST, MT, Ph.D

MAHASISWA

ACHMAD KAMIL

011104000006

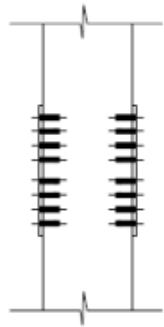
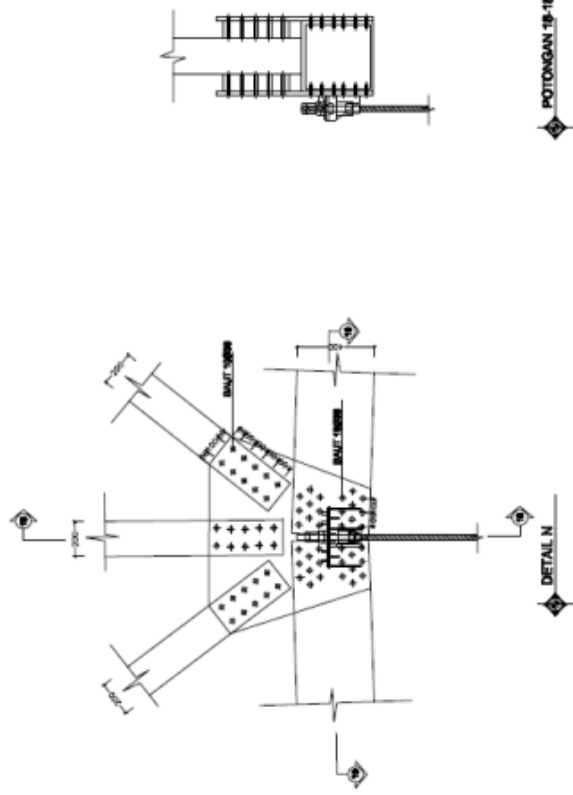
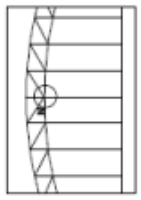
KETERANGAN

NOMOR
GAMBAR

JUMLAH
GAMBAR

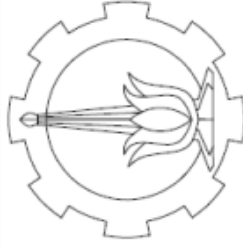
16

19



POTONGAN 19-19

POTONGAN 19-18



NAMA GAMBAR

PILAR JEMBATAN DAN DENAH
TIANG PANGCANG

SKALA 1: 50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Suwanto, ST.,MT.,Ph.D

MAHASISWA

ACHMAD KAMIL

0911104000066

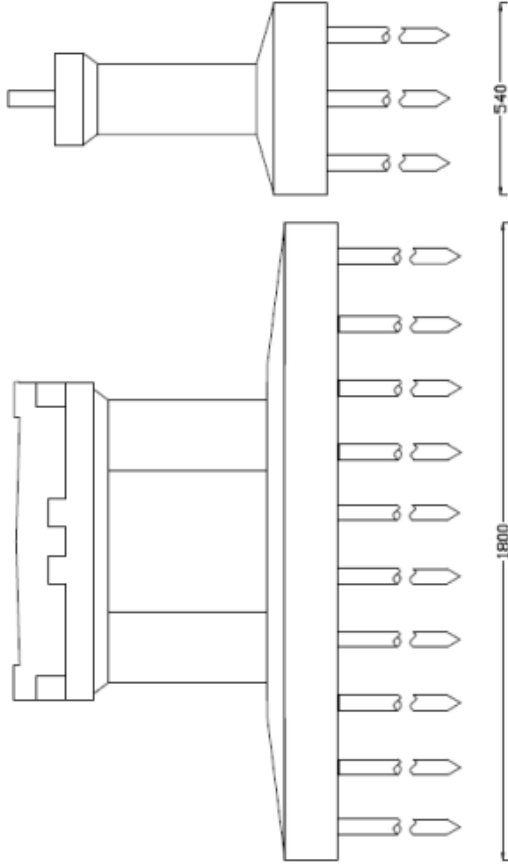
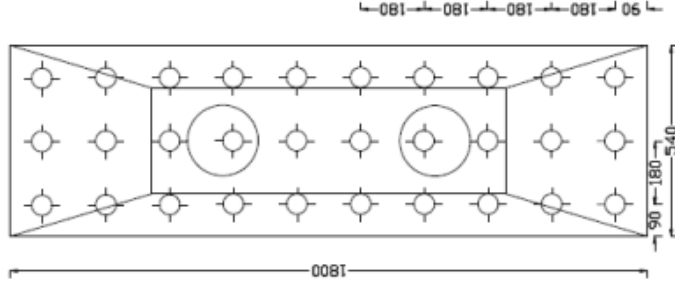
KETERANGAN

NOMOR
GAMBAR

17

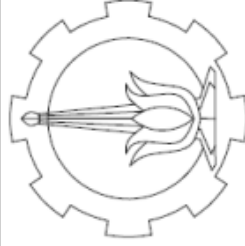
JUMLAH
GAMBAR

19



PILAR JEMBATAN

DENAH TIANG PANGCANG



NAMA GAMBAR

**PENULANGAN PIER DAN PILAR
JEMBATAN**

SKALA 1:50

DOSEN PEMBIMBING

Budi Sunanto, ST.,MT.,P.LD

MAHASISWA

ACHMAD KAMIL

081116400006

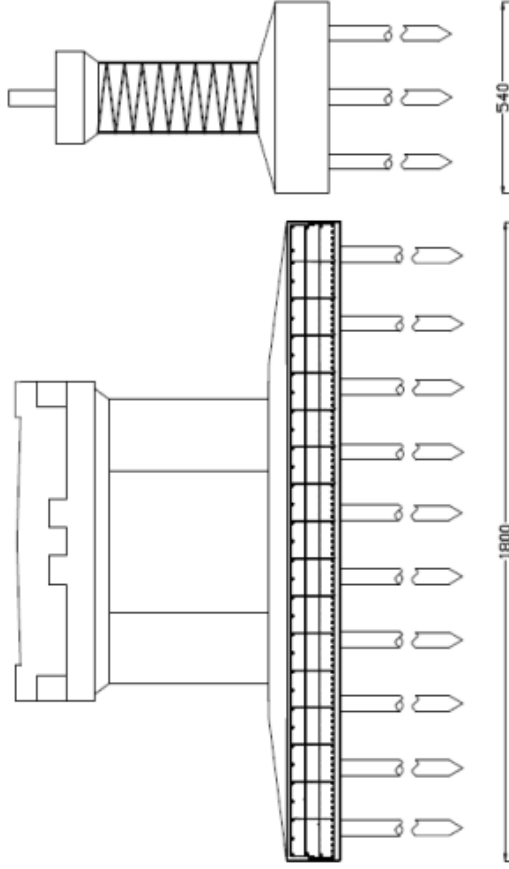
KETERANGAN

NOMOR
GAMBAR

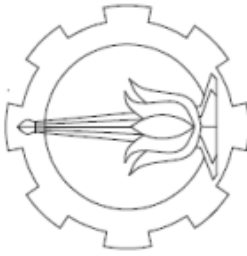
18

JUMLAH
GAMBAR

19



PENULANGAN PIER DAN PILAR



NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG HASIL MODIFIKASI AKHIR JEMBATAN TANJANGGRONO
SKALA 1: 200

DOSEN PEMBIMBING

Budi Sawanto, ST.,MT.,Ph.D

MAHASISWA

ACERMAJ KAMIL

081104000066

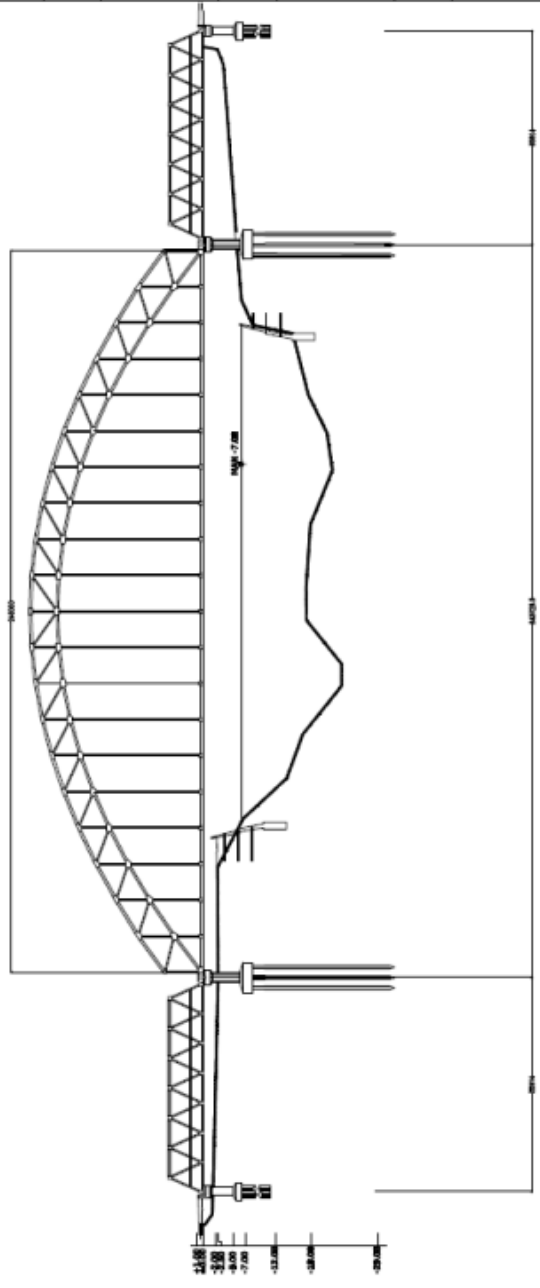
KETERANGAN

NOMOR GAMBAR

19

JUMLAH GAMBAR

19



**POTONGAN MEMANJANG HASIL MODIFIKASI AKHIR
JEMBATAN TANJANGGRONO**

● SKALA 1: 200

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Balikpapan, 17 Desember 1991, dengan nama Achmad Kamil. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Kasih Ibu Semarang (1998), SD Negeri Pendrikan 2 Semarang dan SDN Suko II Sidoarjo (1998-2004), SLTP Negeri 1 Sidoarjo (2004-2006), SMA Negeri 1 Gedangan Sidoarjo (2007-2010). Menempuh pendidikan di S1 Teknik Sipil FTSLK Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya setelah lulus dari SMA dan terdaftar dengan NRP.

3110100096. Penulis bisa dihubungi melalui email, achmadkamil171291@gmail.com.