



TUGAS AKHIR – RC14 – 1501

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN LEMAH
IRENG II PADA JALAN TOL SEMARANG-
BAWEN MENGGUNAKAN JEMBATAN BUSUR
RANGKA BAJA**

PRASETYO NUR HAKIKIE
NRP : 3113 100 065

Dosen Pembimbing
Endah Wahyuni S.T., M.Sc., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC-14-1501

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN LEMAH
IRENG II PADA JALAN TOL SEMARANG-BAWEN
MENGUNAKAN JEMBATAN BUSUR RANGKA
BAJA**

PRASETYO NUR HAKIKIE
NRP 3113 100 065

Dosen Pembimbing
Endah Wahyuni S.T., M.Sc., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT – RC-14-1501

**REDESIGN LEMAH IRENG II BRIDGE IN
SEMARANG-BAWEN TOLL ROAD USING STEEL
ARCH BRIDGE**

PRASETYO NUR HAKIKIE
NRP 3113 100 065

Supervisor
Endah Wahyuni S.T., M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

Halaman ini sengaja dikosongkan

**PERENCANAAN ULANG JEMBATAN LEMAH
IRENG II PADA JALAN TOL SEMARANG-BAWEN
MENGUNAKAN JEMBATAN BUSUR RANGKA
BAJA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

PRASETYO NUR HAKIKIE

NRP. 3113 100 065

Disetujui oleh pembimbing Tugas Akhir:

Endah Wahyuni S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP : 197002011995122001



**SURABAYA
JULI, 2017**

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERENCANAAN ULANG JEMBATAN LEMAH IRENG II PADA JALAN TOL SEMARANG-BAWEN MENGUNAKAN JEMBATAN BUSUR RANGKA BAJA

Nama Mahasiswa : Prasetyo Nur Hakikie
NRP : 3113100065
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Konsultasi : Endah Wahyuni S.T., M.Sc., Ph.D

Abstrak

Jembatan Lemah Ireng II terletak pada STA 21+912 ~ STA 22+410 jalan tol Semarang-Bawen. Jenis jembatan Multi Span Continuous I-Girder dengan panjang bentang 298,15 dan lebar 2x12 m. Pada struktur bawah jembatan terdapat enam pilar dan dua abutmen. Perencanaan ulang dilakukan dengan menggunakan jembatan busur rangka baja menerus dengan lebar 12 m dan tinggi busur 20 m. Desain jembatan busur menerus terbagi menjadi dua bagian yaitu, bentang tengah 100 m dan dua bentang tepi 50 m.

Perencanaan bangunan atas jembatan Lemah Ireng II menghitung antara lain, struktur lantai kendaraan, struktur baja ikatan angin, struktur baja rangka utama, struktur sambungan, dan desain perletakan. Dalam perencanaan ini harus memenuhi peraturan terbaru, antara lain SNI 1725:2016, RRSNI T-03-2005, SNI 2833:2008, SNI 2847:2013 serta peraturan lain yang berkaitan dengan perencanaan jembatan baja. Perencanaan rangka utama menggunakan kombinasi KUAT 1 (SNI 1725:2016), sedangkan perencanaan ikatan angin menggunakan kombinasi KUAT 3 (SNI 1725:2016). Perencanaan bangunan bawahpada tugas akhir ini menghitung struktur abutment, struktur pilar, dan pondasi bored pile. Abutment dan pilar menggunakan struktur beton bertulang sesuai dengan SNI 2847:2013.

Hasil dari analisa struktur diperoleh: tebal pelat lantai kendaraan 20 cm, dimensi ikatan angin terbesar CHS 267,4x7, dimensi struktur rangka utama terbesar BOX 600x600x25, dimensi

struktur rangka diagonal terbesar BOX 400x400x25, dimensi portal akhir BOX 600x600x25, diameter kabel penggantung 45 mm, perletakan menggunakan tipe POT bearing. Pondasi yang digunakan berupa pondasi bored pile dengan jumlah tiang pada abutment sebanyak 21 buah dan jumlah tiang pada pilar sebanyak 60 buah.

Kata kunci : Lemah Ireng, jembatan busur rangka baja, jembatan busur menerus, POT bearing, bored pile.

REDESIGN LEMAH IRENG II BRIDGE IN SEMARANG-BAWEN TOLL ROAD USING STEEL ARCH BRIDGE

Student Name : Prasetyo Nur Hakikie
Student ID : 3113100065
Department : Civil Engineering FTSP-ITS
Supervisor : Endah Wahyuni S.T., M.Sc., Ph.D

Abstract

Lemah Ireng II bridge located at Semarang-Bawen Toll Road STA 21+912 ~ STA 22+410. Type of bridge is Multi Span Continuous I-Girder with length 298,15 m and width 2x12 m. In the substructure there are six piers and two abutments. Redesign is done by using continuous steel arch bridge with width 12 m and height of arch 20 m. Continuous arch bridge design is divided by middle span with length 100 m and side span with length 50 m on left and right side.

The design on Lemah Ireng II bridge calculates secondary structure, steel wind bracing structure, main steel structure, connection structure and bearing structure. The design have to fulfill the latest regulations, such as SNI 1725:2016, RRSNI T-03-2005, SNI 2833:2008, SNI 2847:2013, also other regulations corresponding to steel bridge design. The design of main frame using combination of KUAT 1 (SNI 1725:2016), and the design of wind bracing using combination of KUAT 3 (SNI 1725:2016). Substructure design in this final project calculates abutment structure, pier structure, and bored pile foundation. Abutment and piers are made by reinforced concrete structure in according to SNI 2847:2013.

Base on the structure analysis, the output from this final project are obtained: 20 cm thick plate of floor, CHS 267,4x7 as the biggest dimension of wind bracing, BOX 600x600x25 as the biggest dimension of main frame structure, BOX 400x400x25 as the biggest dimension of diagonal frame structure, BOX

600x600x25 as the dimension of end portal, cable hanger with diameter 45 mm, POT bearing type is used to bearing structure. The substructure using bored pile foundation with 21 pieces of pile on abutment and 60 pieces of pile on pier.

Keywords : Lemah Ireng, steel arch bridge, continuous arch bridge, POT bearing, bored pile.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Ulang Jembatan Lemah Ireng II pada Jalan Tol Semarang-Bawen Menggunakan Jembatan Busur Rangka Baja” ini dengan baik dan tepat waktu.

Adapun Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat agar dapat melanjutkan ke Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi yang nyata dalam bidang ketekniksipilan.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi atas terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, diantaranya :

1. Kedua orangtua yang selalu memberkan dukungan penuh dan tidak pernah lelah memberi nasehat kepada penulis.
2. Ibu Endah Wahyuni, ST., M.Sc., Ph.D. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan banyak arahan dan ilmu yang sangat bermanfaat.
3. Bapak Dr. Ir. Edijatno, CES., DEA., selaku dosen wali yang selalu memberikan motivasi selama menempuh pendidikan di Teknik Sipil ITS.
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya yang tidak mungkin disebutkan satu persatu, atas kesabarannya memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat.
5. Seluruh teman-teman CEITS 13 yang sudah memberikan semangat dalam bersaing secara sehat.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk pengembangan selanjutnya. Akhir kata, semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi generasi berikutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL (<i>English</i>)	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL.....	xxv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum	5
2.2 Jembatan Busur (<i>Arch Bridge</i>)	5
2.2.1 Jenis-Jenis Jembatan Busur	5
2.2.2 Pemilihan Bentuk Jembatan Busur.....	7
2.3 Preliminary Design Jembatan Busur.....	7
2.3.1 Tebal Pelat Lantai Kendaraan	7
2.3.2 Dimensi Rangka Busur.....	8
2.4 Pembebanan	9
2.4.1 Beban Permanen.....	9
2.4.2 Beban Lalu Lintas	11
2.4.3 Beban Lingkungan	14
2.5 Material.....	16
2.6 Kontrol Material Struktur Utama.....	17

2.7 Sambungan Baut.....	19
2.8 Struktur Bangunan Bawah Jembatan.....	23
2.8.1 Pondasi <i>Bored pile</i>	24
2.8.2 Kapasitas Daya Dukung <i>Bored pile</i>	26
2.8.3 Efisiensi Tiang Grup (Conferse-Labare).....	28
2.8.4 Perencanaan <i>Poer</i>	29
2.9 Perencanaan Perletakan.....	31
BAB III.....	33
METODOLOGI.....	33
3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir.....	33
3.2 Pengumpulan Data.....	34
3.3 Studi Literatur.....	34
3.4 Preliminary Design.....	35
3.5 Analisa Pembebanan pada Jembatan.....	35
3.6 Pemodelan dan Analisa Struktur.....	36
3.7 Perencanaan Struktur Bawah.....	36
3.8 Penggambaran Hasil Desain.....	37
3.9 Jadwal Kegiatan.....	37
BAB IV.....	39
PEMBAHASAN.....	39
4.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan.....	39
4.2 Perencanaan Gelagar Memanjang Jembatan.....	44
4.3 Perencanaan Gelagar Melintang Jembatan.....	49
4.4 Perencanaan Ikatan Angin.....	55
4.4.1 Perhitungan Gaya Angin yang Bekerja.....	55
4.4.2 Perencanaan Profil Ikatan Angin.....	61
4.5 Perencanaan Rangka Utama.....	69
4.5.1 Pemodelan Struktur Jembatan Busur.....	69
4.5.2 Pembebanan Beban Mati.....	71
4.5.3 Pembebanan Beban Hidup.....	74
4.5.4 Kombinasi Pembebanan.....	93
4.5.5 Perencanaan Profil Rangka Utama.....	94

4.6 Perencanaan Portal Akhir	109
4.6.1 Perencanaan Balok Portal Akhir	109
4.6.2 Perencanaan Kolom Portal Akhir.....	113
4.7 Perencanaan Kabel Penggantung.....	118
4.8 Analisa Lendutan Ijin Jembatan	123
4.9 Perencanaan Sambungan	125
4.9.1 Sambungan Balok Memanjang dan Melintang	126
4.9.2 Sambungan Ikatan Angin	129
4.9.2.1 Ikatan Angin Atas	129
4.9.2.2 Ikatan Angin Silang antar Busur	131
4.9.2.3 Ikatan Angin Lantai Kendaraan	134
4.9.3 Sambungan Rangka Utama	136
4.9.3.1 Titik Simpul A5	136
4.9.3.2 Titik Simpul C10.....	144
4.9.3.3 Titik Simpul C16.....	150
4.9.3.4 Titik Simpul B10.....	154
4.9.4 Sambungan Portal Akhir	160
4.9.4.1 Kelompok Baut Pembebanan Sebidang	160
4.9.4.2 Kelompok Baut Pembebanan Tak Sebidang.	162
4.10 Perencanaan Perletakan	165
4.10.1 Pembebanan Horizontal akibat Gempa.....	165
4.10.2 Pembebanan Vertikal	172
4.10.3 Pemilihan POT <i>Bearing</i>	172
4.11 Perencanaan <i>Abutment</i>	177
4.11.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	177
4.11.2 Daya Dukung Tiang dalam Grup	180
4.11.3 Preliminary Design <i>Abutment</i>	181
4.11.4 Pembebanan <i>Abutment</i>	182

4.11.4.1	Beban Lalu-Lintas dan Tekanan Tanah	182
4.11.4.2	Berat Sendiri <i>Abutment</i> dan Tanah Timbunan	184
4.11.4.3	Beban Mati Struktur Atas.....	184
4.11.4.4	Beban Hidup Struktur Atas	185
4.11.4.5	Beban Angin pada Struktur Atas.....	185
4.11.4.6	Beban akibat Gempa	185
4.11.4.7	Gaya akibat Beban Rem.....	191
4.11.5	Repartisi Beban diatas Tiang Grup	191
4.11.6	Penulangan <i>Abutment</i>	194
4.11.6.1	Penulangan Longitudinal	194
4.11.6.2	Penulangan Geser.....	196
4.11.7	Penulangan <i>Pile Cap</i>	197
4.11.7.1	Penulangan Lentur Sisi Panjang.....	198
4.11.7.2	Penulangan Lentur Sisi Pendek.....	200
4.12	Perencanaan Pilar.....	201
4.12.1	Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	201
4.12.2	Daya Dukung Tiang dalam Grup	204
4.12.3	Preliminary Design Pilar	206
4.12.4	Pembebanan Pilar.....	207
4.12.4.1	Berat Sendiri Pilar dan Air.....	207
4.12.4.2	Beban Mati Struktur Atas.....	208
4.12.4.3	Beban Hidup Struktur Atas	208
4.12.4.4	Beban Angin pada Struktur Atas.....	208
4.12.4.5	Beban akibat Gempa	208
4.12.4.6	Gaya akibat Beban Rem.....	213
4.12.5	Repartisi Beban diatas Tiang Grup	214

4.12.6	Penulangan Pilar	217
4.12.6.1	Penulangan Longitudinal	217
4.12.6.2	Penulangan Geser.....	219
4.12.7	Penulangan <i>Pile Cap</i>	221
4.12.7.1	Penulangan Lentur Sisi Panjang.....	221
4.12.7.2	Penulangan Lentur Sisi Pendek.....	223
4.13	Perencanaan <i>Bored pile</i>	225
BAB V	228
KESIMPULAN	229
5.1	Kesimpulan	229
5.2	Saran	230

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tipe Deck Arch	6
Gambar 2. 2 Tipe <i>Half Through Arch</i>	6
Gambar 2. 3 Tipe Through Arch	7
Gambar 2. 4 Penentuan Dimensi Rangka Busur	8
Gambar 2. 5 Beban Lajur “D”	12
Gambar 2. 6 Pembebanan Truk “T” (500 kN)	13
Gambar 2. 7 Faktor Beban Dinamis Beban T untuk Pembebanan Lajur “D”	13
Gambar 2. 8 Detail Baut Secara Umum	20
Gambar 2. 9 Abutment Jembatan	23
Gambar 2. 10 Pilar Jembatan	24
Gambar 2. 11 Jenis-Jenis Bored pile	25
Gambar 2. 12 (a) Fixed Type, (b) Guided Type, (c) Free Type ..	32
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metode Pengerjaan	33
Gambar 3. 2 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir	37
Gambar 4. 1 Pelat Lantai Kendaraan	39
Gambar 4. 2 Ilustrasi Geser <i>Pons</i> pada Lantai Kendaraan	43
Gambar 4. 3 Gelagar Memanjang dan Melintang Jembatan	44
Gambar 4. 4 Beban Mati Gelagar Melintang Setelah Komposit ..	50
Gambar 4. 5 Kombinasi Beban BGT + BTR Bekerja 100%	51
Gambar 4. 6 Beban Hidup Truk Kondisi A	51
Gambar 4. 7 Beban Hidup Truk Kondisi B	52
Gambar 4. 8 Ikatan Angin Sialang antar Rangka Busur	56
Gambar 4. 9 Ikatan Angin Atas Rangka Jembatan	56
Gambar 4. 10 Ikatan Angin Lantai Kendaraan Jembatan	57
Gambar 4. 11 Gaya Angin pada Titik Simpul C19	58
Gambar 4. 12 Penamaan Titik Simpul Jembatan	60
Gambar 4. 13 Pemodelan Jembatan dan Input Beban Angin pada SAP2000	61
Gambar 4. 14 Gaya Aksial Tekan Ikatan Angin Atas	62
Gambar 4. 15 Gaya Aksial Tarik Ikatan Angin Atas	63

Gambar 4. 16 Gaya Aksial Tekan Ikatan Angin Bawah	64
Gambar 4. 17 Gaya Aksial Tarik Ikatan Angin Bawah.....	66
Gambar 4. 18 Gaya Aksial Tekan Ikatan Angin Silang Antar Busur	67
Gambar 4. 19 Gaya Aksial Tarik Ikatan Angin Silang Antar Busur	68
Gambar 4. 20 Pemodelan Struktur pada SAP 2000	71
Gambar 4. 21 Pembagian Segmen Jembatan	72
Gambar 4. 22 Penamaan Batang yang Ditinjau.....	73
Gambar 4. 23 Kombinasi Beban BGT + BTR Bekerja 100%	75
Gambar 4. 24 Garis Pengaruh Batang 85	76
Gambar 4. 25 Garis Pengaruh Batang 67	77
Gambar 4. 26 Garis Pengaruh Batang 74	78
Gambar 4. 27 Garis Pengaruh Batang 180	79
Gambar 4. 28 Garis Pengaruh Batang 70	80
Gambar 4. 29 Garis Pengaruh Batang 65	81
Gambar 4. 30 Garis Pengaruh Batang 52	82
Gambar 4. 31 Garis Pengaruh Batang 43	83
Gambar 4. 32 Garis Pengaruh Batang 49	84
Gambar 4. 33 Garis Pengaruh Batang 175	85
Gambar 4. 34 Garis Pengaruh Batang 46	86
Gambar 4. 35 Garis Pengaruh Batang 17	87
Gambar 4. 36 Garis Pengaruh Batang 41	88
Gambar 4. 37 Garis Pengaruh Batang 40	89
Gambar 4. 38 Garis Pengaruh Batang 38	90
Gambar 4. 39 Garis Pengaruh Batang 24	91
Gambar 4. 40 Garis Pengaruh Batang 34	92
Gambar 4. 41 Sketsa Profil Rectangular <i>Hollow</i>	96
Gambar 4. 42 Gaya Dalam Balok Portal Akhir.....	110
Gambar 4. 43 Gaya Aksial Kolom Portal Akhir	113
Gambar 4. 44 Momen Sumbu Y Kolom Portal Akhir.....	115
Gambar 4. 45 Momen Sumbu X Kolom Portal Akhir.....	115
Gambar 4. 46 Seluruh Kabel Penggantung Bekerja.....	118
Gambar 4. 47 Penamaan Kabel Kasus 1	119
Gambar 4. 48 Garis Pengaruh Kabel 222 Kasus 1	119

Gambar 4. 49 Kabel 222 Putus.....	120
Gambar 4. 50 Penamaan Kabel Kasus 2	120
Gambar 4. 51 Garis Pengaruh Kabel 221 Kasus 2	120
Gambar 4. 52 Kabel 223 Putus.....	121
Gambar 4. 53 Penamaan Kabel Kasus 3	121
Gambar 4. 54 Garis Pengaruh Kabel 222 Kasus 3	122
Gambar 4. 55 Sketsa Kabel Strand yang Digunakan	123
Gambar 4. 56 Brosur Kabel Strand Produk PFEIFER-Zuglieder	123
Gambar 4. 57 Pemodelan pada SAP 2000 untuk Menghitung Lendutan.....	124
Gambar 4. 58 Sambungan Memanjang ke Melintang	127
Gambar 4. 59 Sambungan Melintang ke Memanjang	128
Gambar 4. 60 Letak Titik Simpul A5	136
Gambar 4. 61 Sketsa <i>Socket</i> Tipe PV 195	140
Gambar 4. 62 Tampak Luar Simpul A5 (2D).....	142
Gambar 4. 63 Tampak Luar Simpul A5 (3D).....	142
Gambar 4. 64 Tampak Dalam Simpul A5 (2D)	143
Gambar 4. 65 Tampak Dalam Simpul A5 (3D)	143
Gambar 4. 66 Letak Titik C10	144
Gambar 4. 67 Tampak Luar Simpul C10 (2D).....	148
Gambar 4. 68 Tampak Luar Simpul C10 (3D).....	148
Gambar 4. 69 Tampak Dalam Simpul C10 (2D).....	149
Gambar 4. 70 Tampak Dalam Simpul C10 (3D).....	149
Gambar 4. 71 Letak Titik C16.....	150
Gambar 4. 72 Tampak Luar Simpul C16 (2D).....	152
Gambar 4. 73Tampak Luar Simpul C16 (3D).....	152
Gambar 4. 74 Tampak Dalam Simpul C16 (2D).....	153
Gambar 4. 75 Tampak Dalam Simpul C16 (3D).....	153
Gambar 4. 76 Letak Titik B10.....	154
Gambar 4. 77 Tampak Luar Simpul B10 (2D).....	158
Gambar 4. 78 Tampak Luar Simpul B10 (3D).....	158
Gambar 4. 79 Tampak Dalam Simpul B10 (2D).....	159
Gambar 4. 80 Tampak Dalam Simpul B10 (2D).....	159
Gambar 4. 81 Momen pada Pembebanan Sebidang (KUAT 1)	160

Gambar 4. 82 Konfigurasi Baut Pembebanan Sebidang	160
Gambar 4. 83 Asumsi Baut Penahan Momen	161
Gambar 4. 84 Momen pada Pembebanan Tak Sebidang (KUAT 3)	162
Gambar 4. 85 Konfigurasi Baut Pembebanan Tak Sebidang	163
Gambar 4. 86 Tampak Portal Akhir (3D).....	164
Gambar 4. 87 Penamaan Titik Perletakan	166
Gambar 4. 88 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun.....	167
Gambar 4. 89 Periode Alami Struktur.....	169
Gambar 4. 90 POT <i>Bearing</i> Penahan Gaya Horizontal-y	170
Gambar 4. 91 POT <i>Bearing</i> Penahan Gaya Horizontal-y	171
Gambar 4. 92 Brosur POT <i>Bearing</i> Tipe <i>Fixed</i>	173
Gambar 4. 93 Brosur POT <i>Bearing</i> Tipe <i>Guided</i>	174
Gambar 4. 94 Brosur POT <i>Bearing</i> Tipe <i>Free</i>	175
Gambar 4. 95 Konfigurasi Tiang <i>Abutment</i>	180
Gambar 4. 96 Desain <i>Abutment</i>	182
Gambar 4. 97 Ilustrasi Gaya Lalu-Lintas dan Tekanan Tanah..	182
Gambar 4. 98 Ilustrasi Berat Sendiri <i>Abutment</i> dan Tanah Timbunan	184
Gambar 4. 99 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun.....	186
Gambar 4. 100 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun.....	187
Gambar 4. 101 Konfigurasi Tiang <i>Abutment</i>	193
Gambar 4. 102 Ilustrasi Tulangan Utama <i>Abutment</i>	195
Gambar 4. 103 Desain <i>Abutment</i> pada SpColumn	196
Gambar 4. 104 Daerah Hitung Tulangan Memanjang	198
Gambar 4. 105 Daerah Hitung Tulangan Sisi Pendek.....	200
Gambar 4. 106 Konfigurasi Tiang <i>Abutment</i>	205
Gambar 4. 107 Desain Pilar	206
Gambar 4. 108 Ilustrasi Berat Sendiri Pilar dan Air	207
Gambar 4. 109 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun.....	209

Gambar 4. 110 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun.....	210
Gambar 4. 111 Konfigurasi Tiang Pilar	216
Gambar 4. 112 Ilustrasi Tulangan Utama Pilar	218
Gambar 4. 113 Desain Pilar pada SpColumn.....	219
Gambar 4. 114 Daerah Hitung Tulangan Memanjang	222
Gambar 4. 115 Daerah Hitung Tulangan Sisi Pendek.....	223
Gambar 4. 116 Kontrol Tulangan Utama Tiang.....	227

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat Isi untuk Beban Mati	9
<i>Lanjutan</i> Tabel 2. 2 Berat Isi untuk Beban Mati	10
Tabel 2. 3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	10
Tabel 2. 4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan.....	11
Tabel 2. 5 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”	11
Tabel 2. 6 Faktor Beban untuk Beban "T"	12
Tabel 2. 7 Nilai V_0 dan Z_0 untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu	15
Tabel 2. 8 Tekanan Angin Dasar (PB)	15
Tabel 2. 9 Komponen Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan	16
Tabel 2. 10 Tabel Reaksi dan Pergerakan Pot <i>Bearing</i>	32
Tabel 4. 1 Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu	58
Tabel 4. 2 Tekanan Angin Dasar	58
Tabel 4. 3 Komponen Beban Angin pada Kendaraan	59
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Gaya Tiap Titik Simpul.....	60
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Gaya Aksial Ikatan Angin	61
<i>Lanjutan</i> Tabel 4. 6 Rekapitulasi Gaya Aksial Ikatan Angin.....	62
Tabel 4. 7 Material Properti Ikatan Angin Atas	62
Tabel 4. 8 Material Properti Ikatan Angin Atas	64
Tabel 4. 9 Material Properti Ikatan Angin Bawah	65
Tabel 4. 10 Material Properti Ikatan Angin Bawah	66
Tabel 4. 11 Material Properti Ikatan Angin Silang Antar Busur..	67
Tabel 4. 12 Material Properti Ikatan Angin Silang Antar Buasur	68
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Profil Ikatan Angin.....	69
Tabel 4. 14 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	71
Tabel 4. 15 Rekapitulasi Gaya Aksial akibat Beban Mati.....	73
<i>Lanjutan</i> Tabel 4. 16 Rekapitulasi Gaya Aksial akibat Beban Mati	74
Tabel 4. 17 Nilai Garis Pengaruh Batang 85	76

Tabel 4. 18 Nilai Garis Pengaruh Batang 67	77
Tabel 4. 19 Nilai Garis Pengaruh Batang 74	78
Tabel 4. 20 Nilai Garis Pengaruh Batang 180	79
Tabel 4. 21 Nilai Garis Pengaruh Batang 70	80
Tabel 4. 22 Nilai Garis Pengaruh Batang 65	81
Tabel 4. 23 Nilai Garis Pengaruh Batang 52	82
Tabel 4. 24 Nilai Garis Pengaruh Batang 43	83
Tabel 4. 25 Nilai Garis Pengaruh Batang 49	84
Tabel 4. 26 Nilai Garis Pengaruh Batang 175	85
Tabel 4. 27 Nilai Garis Pengaruh Batang 46	86
Tabel 4. 28 Nilai Garis Pengaruh Batang 17	87
Tabel 4. 29 Nilai Garis Pengaruh Batang 41	88
Tabel 4. 30 Nilai Garis Pengaruh Batang 40	89
Tabel 4. 31 Nilai Garis Pengaruh Batang 38	90
Tabel 4. 32 Nilai Garis Pengaruh Batang 24	91
Tabel 4. 33 Nilai Garis Pengaruh Batang 34	92
Tabel 4. 34 Rekapitulasi Total Gaya Aksial	93
<i>Lanjutan</i> Tabel 4. 35 Rekapitulasi Total Gaya Aksial	94
Tabel 4. 36 Brosur Profil Rectangular <i>Hollow</i>	95
Tabel 4. 37 Material Properti Batang 85	96
Tabel 4. 38 Material Properti Batang 67	97
Tabel 4. 39 Material Properti Batang 74	98
Tabel 4. 40 Material Properti Batang 180	99
Tabel 4. 41 Material Properti Batang 70	100
Tabel 4. 42 Material Properti Batang 65	101
Tabel 4. 43 Material Properti Batang 52	102
Tabel 4. 44 Material Properti Batang 43	103
Tabel 4. 45 Material Properti Batang 49	104
Tabel 4. 46 Material Properti Batang 175	104
Tabel 4. 47 Material Properti Batang 46	105
Tabel 4. 48 Material Properti Batang 17	106
Tabel 4. 49 Material Properti Batang 40	107
Tabel 4. 50 Material Properti Batang 38	108
Tabel 4. 51 Material Properti Batang 34	108
Tabel 4. 52 Rekapitulasi Kebutuhan Profil Rangka Utama	109

Tabel 4. 53 Material Properti Balok Portal Akhir	110
Tabel 4. 54 Material Properti Kolom Portal Akhir.....	113
Tabel 4. 55 Analisa Garis Pengaruh Kabel 222 Kasus 1	119
Tabel 4. 56 Analisa Garis Pengaruh Kabel 221 Kasus 2.....	121
Tabel 4. 57 Analisa Garis Pengaruh Kabel 222 Kasus 3.....	122
Tabel 4. 58 Rekapitulasi Lentutan Maksimum yang Terjadi ...	125
Tabel 4. 59 Gaya Tarik Baut Minimum	125
Tabel 4. 60 Sifat Mekanis Baja Struktual.....	125
Tabel 4. 61 Reaksi Vertikal pada Perletakan (Ekstrim I).....	166
Tabel 4. 62 Akselerasi puncak PGA	167
Tabel 4. 63 Klasifikasi Tanah.....	168
Tabel 4. 64 Koefisien Tanah (S)	168
Tabel 4. 65 Faktor Modifikasi Respon R_d	170
Tabel 4. 66 Reaksi Vertikal pada Perletakan (Kuat I).....	172
Tabel 4. 67 Jenis POT <i>Bearing</i> dengan Gaya Horizontal-y	176
Tabel 4. 68 Jenis POT <i>Bearing</i> dengan Gaya Horizontal-x	176
Tabel 4. 69 Nilai N_{SPT} BG-99 Koreksi	177
Tabel 4. 70 Base Coefficient α Decourt Et All (1996).....	179
Tabel 4. 71 Shaft Coefficient β Decourt Et All (1996)	179
Tabel 4. 72 Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tiang	179
Tabel 4. 73 Berat Sendiri <i>Abutment</i> dan Tanah Timbunan	184
Tabel 4. 74 Beban Mati pada Perletakan di <i>Abutment</i>	185
Tabel 4. 75 Beban Hidup pada Perletakan di <i>Abutment</i>	185
Tabel 4. 76 Akselerasi puncak PGA	187
Tabel 4. 77 Klasifikasi Tanah.....	188
Tabel 4. 78 Koefisien Tanah (S)	188
Tabel 4. 79 Perhitungan Gaya Gempa Arah x dan y	189
Tabel 4. 80 Faktor Modifikasi Respon R_d	190
Tabel 4. 81 Gaya Gempa Horizontal Arah x dan y	190
Tabel 4. 82 Kombinasi Pembebanan Desain <i>Abutment</i>	191
Tabel 4. 83 Kombinasi Kuat 1.....	192
Tabel 4. 84 Kombinasi Kuat 3.....	192
Tabel 4. 85 Kombinasi Ekstrim 1	193
Tabel 4. 86 Nilai N_{SPT} BG-98 Koreksi	202
Tabel 4. 87 Base Coefficient α Decourt Et All (1996).....	203

Tabel 4. 88 Shaft Coefficient β Decourt Et All (1996)	204
Tabel 4. 89 Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tiang	204
Tabel 4. 90 Berat Sendiri Pilar dan Air	207
Tabel 4. 91 Beban Mati pada Perletakan di Pilar	208
Tabel 4. 92 Beban Hidup pada Perletakan di Pilar.....	208
Tabel 4. 93 Akselerasi puncak PGA	210
Tabel 4. 94 Klasifikasi Tanah.....	211
Tabel 4. 95 Koefisien Tanah (S)	211
Tabel 4. 96 Perhitungan Gaya Gempa Arah x dan y.....	212
Tabel 4. 97 Faktor Modifikasi Respon R_d	213
Tabel 4. 98 Gaya Gempa Horizontal Arah x dan y	213
Tabel 4. 99 Kombinasi Pembebanan Desain Pilar	214
Tabel 4. 100 Kombinasi Kuat 1.....	215
Tabel 4. 101 Kombinasi Kuat 3.....	215
Tabel 4. 102 Kombinasi Ekstrim 1	216
Tabel 4. 103 Nilai Titik Jepit Tanah.....	225
Tabel 4. 104 Gaya yang Bekerja Keseluruhan	225
Tabel 4. 105 Gaya pada Satu Tiang	226
Tabel 4. 106 Nilai Momen pada Satu Tiang.....	226

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi adalah pemindahan manusia atau barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan menggunakan sebuah kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin (Rianty, 2015). Menurut data Badan Pusat Statistik (2016) pada tahun 2014 jumlah kendaraan bermotor telah mencapai lebih dari seratus sepuluh juta kendaraan. Hal ini harus diimbangi dengan infrastruktur transportasi darat yang memadai dari segi kelayakan dan jumlahnya. Infrastruktur dalam hal ini dapat berupa jalan, jembatan, rambu lalu lintas, dan lain-lain.

Jalan tol merupakan salah satu infrastruktur yang ditargetkan akan dibangun sepanjang 1.000 kilometer dan selesai sebelum tahun 2019 (Infonawacita, 2016). Tujuan dari jalan tol adalah untuk mempersingkat jarak dan waktu tempuh kendaraan. Hal ini membuat jalan tol harus dibangun melintasi rintangan seperti sungai, jalan, perlintasan kereta api, dan lain-lain. Untuk menghindari rintangan tersebut dibutuhkan suatu sistem simpangan berupa jembatan atau terowongan.

Jembatan memiliki variasi bentuk desain, material, dan fungsi yang bermacam-macam. Sapanjang jalan tol seringkali terdapat lebih dari satu jembatan yang dibangun. Salah satu jembatan yang terdapat pada jalan tol adalah Jembatan Lemah Ireng II, terletak pada Jalan Tol Semarang-Bawen STA 21+912 sampai STA 22+410. Jembatan Lemah Ireng II menggunakan tipe *Multi Span Continuous I-Girder* dengan panjang bentang 298,15 m. Jembatan ini menopang jalan 4 lajur 2 arah dengan lebar 2 x 12 m. Struktur bawah menggunakan 6 buah kolom *pier* dan 2 buah *abutment* dengan jarak antar kolom *pier* antara 41 m – 44 m. Kolom *pier* memiliki tinggi 8 m – 33 m dengan kedalaman bor pile antara 31 m – 35 m.

Struktur bawah Jembatan Lemah Ireng II memiliki banyak komponen dengan dimensi yang masif. Hal ini menjadi

pertimbangan utama dalam memunculkan desain baru Jembatan Lemah Ireng II menggunakan Busur Rangka Baja. Adapun pemberian bentuk busur itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi momen pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih efisien dibandingkan gelagar parallel.

Pada perencanaannya, jembatan ini terdiri dari 2 bentang jembatan yang terletak berjajar dengan lebar masing-masing 12 m. Pada *middle span* dengan panjang bentang 200 m digunakan Jembatan Busur Rangka Baja. Untuk *side span* dengan panjang bentang masing-masing 50 m digunakan Jembatan Rangka Baja yang dibangun menerus menyatu dengan *middle span*. Desain ini memiliki 3 buah kolom *pier* dan 1 buah *abutment*.

Dengan dibuatnya desain baru pada konstruksi Jembatan Lemah Ireng II ini diharapkan mampu menjadi solusi dalam merancang sebuah jembatan yang kuat secara struktural. Pemilihan sistem busur ini bertujuan agar kebutuhan material menjadi lebih efisien. Desain Jembatan Lemah Ireng II diharapkan mampu memberikan nilai lebih dalam segi estetika dan kesan monumental.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana menentukan *preliminary design* penampang elemen struktur Jembatan Lemah Ireng II ?
2. Bagaimana menganalisa pembebanan jembatan Lemah Ireng II ?
3. Bagaimana memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program bantu SAP 2000 ?
4. Bagaimana menentukan profil baja dan sambungan yang efisien serta mengontrol kekuatannya terhadap beban sesuai dengan SNI ?
5. Bagaimana merencanakan bangunan bawah Jembatan Lemah Ireng II yang sesuai ?
6. Bagaimana menuangkan hasil perancangan ke dalam bentuk gambar teknik yang sesuai dengan standar ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari adanya penyimpangan pembahasan dalam tugas akhir ini maka dibuatlah suatu batasan dalam perencanaannya. Adapun batasan-batasan masalah yang dipakai dalam tugas akhir ini antara lain :

1. Hanya merencanakan satu bentang jembatan.
2. Tidak mendesain jembatan rangka pendekat.
3. Analisa daya dukung tanah menggunakan hasil analisa konsultan perencanaan.
4. Tidak membahas analisa biaya konstruksi dan waktu.
5. Tidak meninjau metode pelaksanaan konstruksi.
6. Tidak merencanakan perkerasan dan desain jalan pendekat.
7. Tidak meninjau adanya *scouring* dan tumbukan kapal.
8. Tidak meninjau aspek arsitektural, *mechanical* dan *electrical*.

1.4 Tujuan

Dengan rumusan masalah tersebut maka tujuan yang diharapkan adalah sebagai berikut :

1. Dapat menentukan *preliminary design* penampang elemen struktur Jembatan Lemah Ireng II.
2. Dapat menganalisa pembebanan Jembatan Lemah Ireng II.
3. Dapat memodelkan dan melakukan analisis struktur dengan program bantu SAP 2000.
4. Dapat menentukan profil baja dan sambungan yang efisien serta mengontrol kekuatannya terhadap beban mengacu pada SNI.
5. Dapat merencanakan bangunan bawah Jembatan Lemah Ireng II yang sesuai.
6. Dapat menuangkan hasil perancangan ke dalam bentuk gambar teknik yang sesuai dengan standar.

1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa diperoleh dari tugas akhir ini adalah :

1. Dengan desain baru Jembatan Lemah Ireng II diharapkan mampu menjadi solusi dalam merancang sebuah jembatan yang kuat secara struktural dan penggunaan material seefisien mungkin.
2. Untuk dunia keteknik sipil, dengan adanya desain baru Jembatan Lemah Ireng II ini diharapkan jembatan busur rangka baja dapat menjadi inspirasi jembatan masa depan yang lebih modern.
3. Manfaat untuk penulis sendiri yaitu dapat meningkatkan pengetahuan dan *skill* dalam ilmu perencanaan jembatan, khususnya Jembatan Busur Rangka Baja.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Bab tinjauan pustaka ini akan membahas beberapa artikel ilmiah yang berkaitan dengan perencanaan modifikasi jembatan Lemah Ireng II pada Jalan Tol Semarang-Bawen. Pada perencanaan modifikasi jembatan ini diperlukan tinjauan khusus terhadap desain jembatan busur rangka baja.

2.2 Jembatan Busur (*Arch Bridge*)

Secara umum, Jembatan Busur adalah sebuah jembatan yang mempunyai bentuk struktur setengah lingkaran dengan abutmen di kedua sisi jembatan. Struktur setengah lingkaran tersebut merupakan rangka utama dari jembatan yang fungsinya menerima semua gaya-gaya yang bekerja pada jembatan.

Pada prinsipnya, konstruksi dari jembatan busur dapat memberikan reaksi horizontal akibat beban vertikal yang bekerja. Desain lengkung akan mengalihkan beban yang diterima lantai kendaraan jembatan menuju abutmen yang menjaga kedua sisi jembatan agar tidak bergerak ke samping. Selain itu, bentuk busur setengah lingkaran dimaksudkan untuk memungkinkan konstruksi tersebut dapat menerima momen lentur lebih efisien bila dibandingkan dengan gelagar parallel.

2.2.1 Jenis-Jenis Jembatan Busur

- Jembatan Busur Lantai Kendaraan Atas (*Deck Arch*)
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya berada diatas dan menopang beban lalu lintas secara langsung.



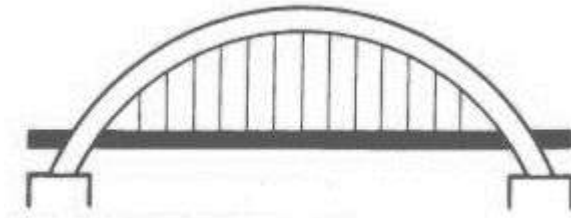
Gambar 2. 1 Tipe Deck Arch

- Jembatan Busur Lantai Kendaraan Tengah (*Half Through Arch*)
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya berada diantara springline dan bagian busur jembatan atau berada di tengah-tengah.



Gambar 2. 2 Tipe *Half Through Arch*

- Jembatan Busur Lantai Kendaraan Bawah (*Through Arch*)
Salah satu jenis jembatan busur dimana letak lantainya berada tepat di springline busur, atau lantainya berada dibawah.



Gambar 2. 3 Tipe Through Arch

2.2.2 Pemilihan Bentuk Jembatan Busur

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

- a. Kondisi Tanah Dasar
 - Memilih tebing yang kuat
 - Bila kaki busur terendam, bias menggunakan lantai kendaraan di tengah atau di bawah.
- b. Besarnya Beban
 - Bila bebannya berat, dapat menggunakan busur rangka
 - Bila bebannya tidak terlalu berat dapat menggunakan busur dinding penuh atau box
- c. Panjang Bentang
 - Bentang 60-250 meter digunakan dinding penuh atau rangka
 - Bentang 250-500 meter digunakan rangka

2.3 Preliminary Design Jembatan Busur

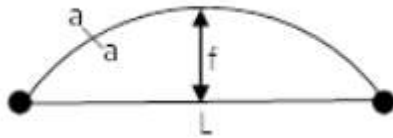
Aspek yang ditinjau adalah penentuan dimensi rangka busur pada awal perencanaan.

2.3.1 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 $t_s \geq 100 + 40 b_1$ (mm),
dimana b_1 adalah jarak gelagar memanjang dari jembatan,
diberikan dalam meter.

2.3.2 Dimensi Rangka Busur



Gambar 2. 4 Penentuan Dimensi Rangka Busur

- **Tinggi busur**

Syarat:

$$\frac{1}{6} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{5} \quad (2.1)$$

Dimana :

f : tinggi busur

L : bentang busur

- **Panjang penggantung busur**

Panjang penggantung busur dapat dicari dengan persamaan sumbu geometrik busur.

$$y_n = \frac{4fx(L-x)}{L^2} \quad (2.2)$$

Dimana :

y_n = Panjang penggantung busur

f = Tinggi busur

x = Jarak horizontal penggantung dari
penggantung ujung

L = Panjang bentang busur

- **Tinggi tampang busur**

Syarat :

$$\frac{1}{40} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{25} \quad (2.3)$$

Dimana :

T = Tinggi tampang busur

L = Bentang busur

- **Lebar Jembatan**

Syarat :

$$\frac{b}{L} \leq \frac{1}{20} \quad (2.4)$$

Dimana :

b = Jarak perletakan kiri-kanan paling luar

L = Bentang busur

2.4 Pembebanan

Pembebanan sesuai dengan SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan.

2.4.1 Beban Permanen

- **Berat jenis material**

Berikut merupakan tabel berat isi untuk beban mati.

Tabel 2. 1 Berat Isi untuk Beban Mati

No	Bahan	Berat isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240

Lanjutan Tabel 2. 2 Berat Isi untuk Beban Mati

3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f'c < 35\text{MPa}$ Beton $35 < f'c < 105\text{MPa}$	22,0-25,0 $22 + 0,022f'c$	2320 $2240 + 2,29 f'c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

Sumber : SNI 1725:2016, tabel 2, pasal 7.1

- **Berat sendiri**

Merupakan berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.

Tabel 2. 3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber : SNI 1725:2016, tabel 3, pasal 7.2

- **Beban mati tambahan**

Merupakan berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

Tabel 2. 4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA}^S)		Biasa	Terkurangi
	Keadaan			
	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,7
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,8
Catatan ⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

Sumber : SNI 1725:2016, tabel 4, pasal 7.3

2.4.2 Beban Lalu Lintas

- **Beban lajur “D”**

Secara umum beban “D” akan menentukan dalam perhitungan yang mempunyai bentang mulai dari sedang sampai panjang. Sesuai dengan SNI 1725:2016 beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT).

Tabel 2. 5 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{D})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{D}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{D}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

Sumber : SNI 1725:2016, tabel 12, pasal 8.3

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

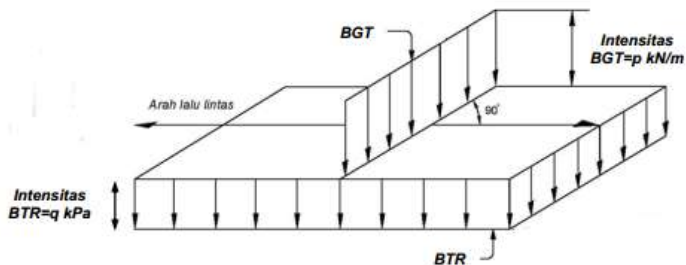
$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad (2.5)$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa} \quad (2.6)$$

Dimana :

q = intensitas BTR dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L = panjang total jembatan yang dibebani (m)



Gambar 2. 5 Beban Lajur “D”

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m.

- **Beban truk “T” (TT)**

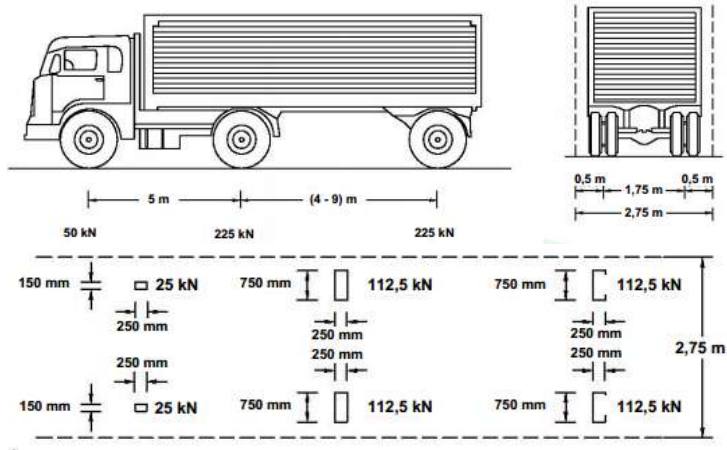
Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk “T”. Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai.

Tabel 2. 6 Faktor Beban untuk Beban “T”

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TT}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TT}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

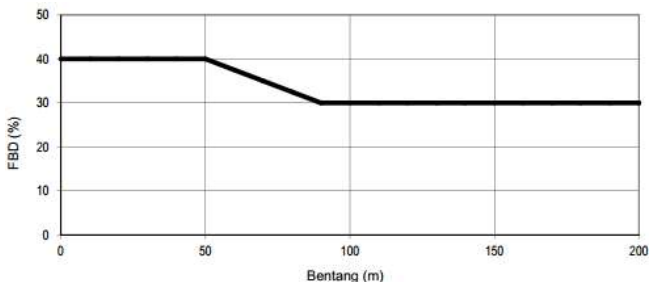
Sumber : SNI 1725:2016, tabel 13, pasal 8.4

Berdasarkan SNI 1725:2016 pembebanan truk terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang memiliki susunan dan berat as sebagai berikut,



Gambar 2. 6 Pembebanan Truk “T” (500 kN)

Faktor Beban Dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dan jembatan. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari suspense kendaraan, biasanya antara 2 Hz sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.



Gambar 2. 7 Faktor Beban Dinamis Beban T untuk Pembebanan Lajur “D”

- **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 dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan bekerja horizontal diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan.

2.4.3 Beban Lingkungan

- **Beban angin**

Tekanan angin yang ditentukan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/jam sesuai SNI 1725:2016. Untuk jembatan atau bagian jembatan yang lebih tinggi dari 10000 mm diatas permukaan air laut, kecepatan angin rencana V_{DZ} harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$V_{DZ} = 2,5 \cdot V_0 \cdot \left(\frac{V_{10}}{V_B}\right) \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) \quad (2.7)$$

Dimana :

V_{DZ} = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)

V_{10} = Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm

V_B = Kecepatan angin rencana 90 hingga 126 km/jam

Z = Elevasi struktur

V_0 = Kecepatan gesekan angin

Z_0 = Panjang gesekan dihulu jembatan

V_0 dapat diperoleh dari :

- Grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang
- Survey angin pada lokasi jembatan
- Jika tidak ada data, dapat diasumsikan 90 hingga 126 km/jam

Tabel 2. 7 Nilai V_0 dan Z_0 untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

Sumber : SNI 1725:2016, tabel 28, pasal 9.6.1

Beban angin pada struktur (EWS)

$$P_D = P_B \cdot \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (2.8)$$

Tabel 2. 8 Tekanan Angin Dasar (PB)

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Sumber : SNI 1725:2016, tabel 29, pasal 9.6.1.1

Beban angin pada kendaraan (EW₁)

Tabel 2. 9 Komponen Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan

Sudut	Komponen tegak lurus	Komponen sejajar
derajat	N/mm	N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,50	0,55

Sumber : SNI 1725:2016, tabel 31, pasal 9.6.1.2

- **Pengaruh gempa**

Berdasarkan SNI 1725:2016, beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastic (C_{sm}) dengan berat struktur ekivalen yang kemudian dimodifikasi dengan factor modifikasi respons (R_d) dengan formulasi sebagai berikut,

$$E_Q = \left(\frac{C_{sm}}{R_d} \right) \cdot W_t \quad (2. 9)$$

Dimana :

- E_Q = Gaya gempa horizontal statis (Kn)
- C_{SM} = Koefisien respons gempa elastis
- R_d = Faktor modifikasi respons
- W_t = Berat total struktur (kN)

2.5 Material

Penentuan mutu bahan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut,

- Mutu Beton ($f'c$) = 40 MPa
- Mutu Baja Tulangan (f_y) = 390 MPa

- Struktur Utama = BJ 41
- Tegangan Leleh Minimum (f_y) = 250 Mpa
- Tegangan Putus Minimum (f_u) = 410 Mpa
- Mutu baut sambungan menggunakan ASTM A325 dan ASTM A490 untuk sambungan baut antar profil

2.6 Kontrol Material Struktur Utama

- **Kontrol kapasitas tekanan**

Kontrol kelangsingan :

$$\lambda = \left(\frac{K_c \cdot L}{i} \right) \quad (2.10)$$

$$\lambda < 140$$

Menghitung parameter kelangsingan batang baja :

$$\lambda_c = \left(\frac{\lambda}{\pi} \right) \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (2.11)$$

$$\omega = 1 \quad (\lambda_c \leq 0,25)$$

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

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2 \quad (\lambda_c \geq 1,2)$$

Kuat Nominal :

Untuk $\lambda_c < 1,5$

$$N_n = 0,66^{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_u \quad (2.12)$$

Untuk $\lambda_c > 1,5$

$$N_n = \frac{0,88 \cdot A_g \cdot f_u}{\lambda c^2} \quad (2.13)$$

Syarat Kuat Rencana :

$$\Phi N_n > P_u ; \Phi = 0,85$$

- **Kontrol kapasitas tarik**
Kontrol Kelangsingan

$$\lambda_{max} = \frac{L}{i_y} \quad (2.14)$$

Untuk Struktur Primer : $\lambda_{max} \leq 240$

Untuk Struktur Sekunder : $\lambda_{max} \leq 300$

Kuat Nominal

$$P_n = \emptyset \cdot A_g \cdot f_y > P_u : \emptyset = 0,9 \quad (2.15)$$

- **Kontrol tekuk local**

$$\text{Sayap} : \frac{b}{2t_f} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (2.16)$$

$$\text{Badan} : \frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (2.17)$$

- **Kontrol kapasitas tekuk lokal**

L_B = Jarak penahan lateral

$$L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \frac{E}{f_y} \quad (2.18)$$

$$L_r = i_y \cdot \left(\frac{x_1}{f_y - f_r} \right) \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + (x_2 f_L^2)}} \quad (2.19)$$

Dimana :

$L_B < L_R$ (bentang pendek)

$L_P \leq L_B \leq L_R$ (bentang menengah)

$L_B > L_R$ (bentang panjang)

- **Kontrol kapasitas lentur**

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{(2,5 M_{max} + 3M_A + 4M_B + 3M_C)} \leq 2,3 \quad (2. 20)$$

Kuat nominal lentur penampang

Bentang pendek : $M_n = M_p$

Bentang menengah :

$$M_n = C_b \cdot \left[M_R + (M_r - M_R) \frac{L_R - L_B}{L_R - L_r} \right] \leq M_r \quad (2. 21)$$

Bentang panjang : $M_n = M_{cr}$

- **Kontrol kapasitas geser**

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \quad (2. 22)$$

$$V_n = 0,9 \cdot 0,6 \cdot fy \cdot A_w > V_u \quad (2. 23)$$

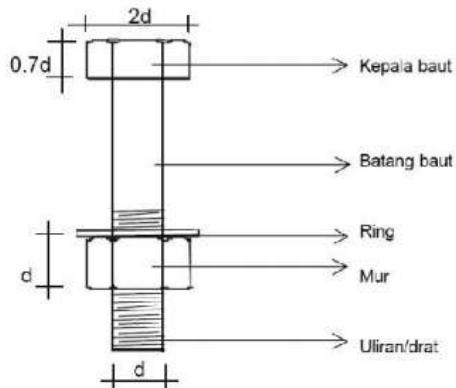
Cek Kapasitas

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8\phi M_{ux}}{9\phi M_{ux}} + \frac{8\phi M_{uy}}{9\phi M_{uy}} < 1 \quad (2. 24)$$

2.7 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.

Terdapat dua jenis baut yang biasa dipakai pada konstruksi baja. Pertama adalah baut biasa yang dipakai pada struktur ringan yang menahan beban statis atau untuk menyambung batang-batang sekunder. Jenis yang kedua adalah baut tegangan tinggi (mutu tinggi) dengan pemasangan dikencangkan sedemikian rupa sehingga menahan suatu tekanan yang besar dan bisa menjepit dengan keras bagian-bagian struktur yang disambung (Amon, Knobloch, dan Mazumder, 1988).



Gambar 2. 8 Detail Baut Secara Umum

- **Kuat Rencana Sambungan Baut**

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

$$R_u = \Phi \cdot R_n \quad (2. 25)$$

Dimana :

Φ = faktor reduksi kuat sambungan baut = 0,75

R_n = kuat nominal terkecil dari baut, elemen struktur yang disambung dan plat penyambung

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

- **Baut dalam geser**

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut:

$$Vd = \emptyset \cdot Vn = \emptyset_f \cdot r_1 \cdot f_{Ub} \cdot A_b \quad (2. 26)$$

Keterangan :

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

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

$\Phi_f = 0,75$ adalah faktor reduksi kekuatan fraktur

f_u^b = tegangan Tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

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

- **Baut yang memikul gaya tarik**

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$Td = \emptyset \cdot Tn = \emptyset_f \cdot 0,75 \cdot f_{Ub} \cdot A_b \quad (2. 27)$$

Keterangan :

$\Phi_f = 0,75$ adalah faktor reduksi kekuatan fraktur

f_u^b = tegangan Tarik putus baut

A_b = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir

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

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

$$f_{uv} = \frac{V_u}{nA_b} \leq r_1 \cdot \emptyset_f \cdot f_{Ub} \cdot m \quad (2. 28)$$

$$Td = \Phi_f \cdot Tn = \Phi_f \cdot f_1 \cdot A_b \geq \frac{Tu}{n} \quad (2. 29)$$

$$f_1 \leq f_1 - r_2 \cdot f_{uv} \leq f_2 \quad (2. 30)$$

dimana :

Φ_f = 0,75 adalah faktor reduksi kekuatan fraktur

n = jumlah baut

m = jumlah bidang geser

untuk bat mutu tinggi :

f_1 = 807 MPa

f_2 = 621 MPa

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

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

untuk baut mutu normal :

f_1 = 410 MPa

f_2 = 310 MPa

r_2 = 1,9

- **Tata letak baut**

1. Jarak tepi minimum

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

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

Dengan db adalah diameter nominal baut pada daerah tak berulir.

2. Jarak maksimum

Jarak antar baut ditentukan tidak boleh lebih besar dari 15 tp (dengan tp adalah tebal plat lapis tertipis di dalam sambungan), atau 200 mm.

3. Jarak tepi maksimum

Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak

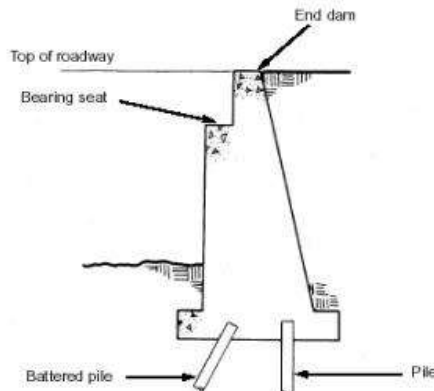
boleh lebih dari 12 kali tebal plat lapis luar tertipis dalam sambungan dan juga tidak boleh melebihi 150 mm.

2.8 Struktur Bangunan Bawah Jembatan

Struktur bangunan bawah jembatan adalah bagian dari struktur jembatan yang umumnya terletak di sebelah bawah bangunan atas dengan fungsi untuk menerima dan memikul beban dari bangunan atas agar dapat disalurkan kepada pondasi. Bangunan bawah dibagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu kepala jembatan (*abutment*) atau pilar (*pier*) dan pondasi untuk kepala jembatan atau pilar. Struktur bangunan bawah perlu didesain khusus sesuai dengan jenis kekuatan tanah dasar dan elevasi jembatan.

- **Kepala Jembatan (*Abutment*)**

Abutment terletak diujung dari sebuah jembatan. Selain meneruskan beban-beban dari struktur atas jembatan, *abutment* juga berfungsi sebagai penahan tanah. Umumnya, *abutment* dilengkapi dengan konstruksi dinding sayap (*wing wall*) yang berfungsi menahan tanah dalam arah tegak lurus as jembatan.



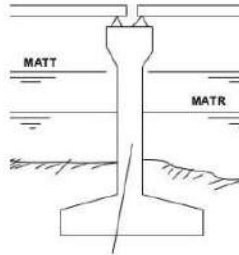
Gambar 2. 9 *Abutment* Jembatan

- **Pilar Jembatan (*Pier*)**

Berbeda dengan *abutment*, yang selalu ada di setiap jembatan, maka pilar belum tentu ada di suatu konstruksi jembatan. Pilar

merupakan suatu struktur yang berfungsi untuk membagi bentang suatu jembatan dan meneruskan beban struktur atas kepada pondasi.

Pada umumnya, pilar diletakkan ditengah bentang jembatan sehingga terkena pengaruh aliran sungai. Untuk menanggulangi masalah tersebut maka pada perencanaannya, direncanakan selain segi kekuatannya juga di lihat pula dari segi keamanannya.



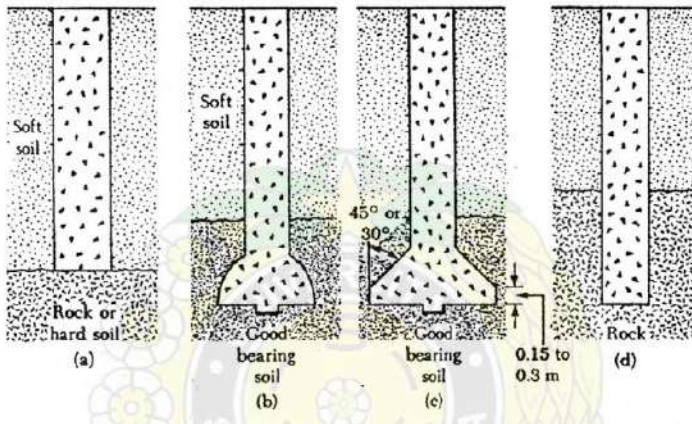
Gambar 2. 10 Pilar Jembatan

2.8.1 Pondasi *Bored pile*

Bored pile dipasang ke dalam tanah dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. Tiang ini biasanya, dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik keatas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk manambah tahanan dukung ujung tiang.

Ada berbagai jenis pondasi *bored pile* yaitu,

1. *Bored pile* lurus untuk tanah keras
2. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel
3. *Bored pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium
4. *Bored pile* lurus untuk tanah berbatu-batuan.



Gambar 2. 11 Jenis-Jenis *Bored pile*

Sumber : Braja M. Das(1941)

Ada beberapa alasan digunakannya pondasi *bored pile* dalam konstruksi :

1. *Bored pile* tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau *pile cap*.
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
3. *Bored pile* dapat didirikan sebelum penyelesaian tahapan selanjutnya.
4. Ketika proses pemancangan dilakukan, getaran tanah akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada didekatnya, tetapi dengan penggunaan pondasi *bored pile* hal ini dapat dicegah.
5. Pada pondasi tiang pancang, proses pemancangan pada tanah lempung akan membuat tanah bergelombang dan menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergerak ke samping. Hal ini tidak terjadi pada konstruksi *bored pile*.
6. Selama pelaksanaan pondasi *bored pile* tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang.

7. Karena dasar dari pondasi *bored pile* dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk gaya keatas.
8. Permukaan diatas dimana *bored pile* didirikan dapat diperiksa secara langsung
9. Pondasi *bored pile* mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral.

2.8.2 Kapasitas Daya Dukung *Bored pile*

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

Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi *bored pile* pada tanah pasir dan *silt* didasarkan pada data uji lapangan SPT. Selanjutnya rumusan Luciano Decourt untuk perhitungan daya dukung pondasi dalam. Luciano Decourt (1996) menyajikan metode sebagai berikut:

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (2.31)$$

Dimana:

Q_L = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

Q_P = *Resistance Ultimate* di dasar pondasi

Q_S = *Resistance Ultimate* akibat tekanan lateral

Sedangkan,

$$Q_P = q_p \times A_p = \alpha \times N_p \times K \times A_p \quad (2.32)$$

Dimana :

N_p = Harga rata-rata SPT disekitar 4B di atas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi (B = diameter pondasi)

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)

Sedangkan,

$$Q_s = q_s \times A_s = \beta \times (N_s/3 + 1) \times A_s \quad (2.33)$$

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 2. 10 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 2. 11 Shaft Coefficient β 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	0,80	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

2.8.3 Efisiensi Tiang Grup (Conferse-Labare)

Untuk daya dukung tiang pancang dalam grup harus dikoreksi dengan koefisien efisiensi (Ce). Menurut Converse-Labarre, Ce dihitung menggunakan rumus sebagai berikut,

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{S_1}{S}\right)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \quad (2.34)$$

Dimana :

m : jumlah baris

n : jumlah kolom

S : jarak antar tiang

S1 : jarak tiang ke tepi luar

Jarak antar tiang sesuai syarat,

$$2D \leq S \leq 3D \quad (2.35)$$

Jarak tiang ke tepi terluar sesuai syarat,

$$S1 \geq D \quad (2.36)$$

2.8.4 Perencanaan Poer

1. Merencanakan ketinggian (h) poer

Untuk merencanakan tebal poer harus memenuhi syarat yaitu kuat geser nominal beton harus lebih besar dari geser pons, dimana nilai V_c diambil dari persamaan:

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (2.37)$$

$$V_c = \left(2 + \frac{a_2 \cdot d}{b_o}\right) \cdot \frac{\sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d}{12} \quad (2.38)$$

$$V_c = \left(\frac{1}{3}\right) \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_o \cdot d \quad (2.39)$$

Dimana :

β_c : rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek kolom

b_o : keliling dari penampang kritis

2. Kontrol geser satu arah

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \quad (2.40)$$

$$\emptyset V_c \geq V_u$$

Dimana :

$$\emptyset = 0,75$$

$$V_u = \sigma_u \cdot B \cdot bo$$

3. Kontrol geser dua arah

$$b_o = 4 \cdot (0,5 \cdot d + b \text{ kolom} + 0,5 \cdot d)$$

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d \quad (2.41)$$

$$\emptyset V_c \geq V_u$$

Dimana :

$$\emptyset = 0,75$$

$$\sigma u = \frac{\Sigma P}{A}$$

$$V_u = \sigma u (A_{poer} + A_{pons})$$

4. Menghitung Penulangan

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.42)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c} \quad (2.43)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (2.44)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (2.45)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot s \quad (2.46)$$

2.9 Perencanaan Perletakan

Perletakan adalah perangkat struktural yang berfungsi untuk:

- Mentransfer gaya dari suatu bagian jembatan ke bagian lainnya, biasanya dari struktur atas (*superstructure*) ke struktur bawah (*substructure*).
- Mengakomodasi pergerakan, translasi dan/atau rotasi.

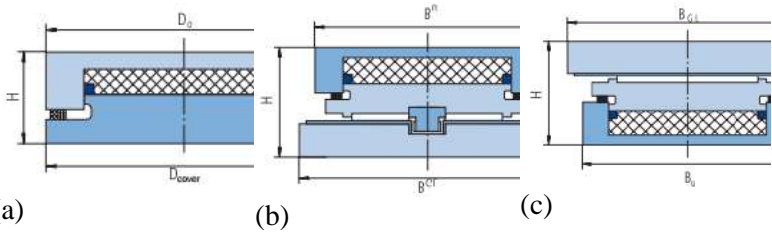
Ada bermacam-macam tipe *bearing* seperti *rocker bearing*, *roller bearing*, *knuckle pinbearing*, *leaf bearing*, *pot bearing*, *sliding bearing*, *disc bearing*, *elastomer bearing*, dan lainnya seiring dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan.

Untuk modifikasi Jembatan Lemah Ireng II dipilih tipe *Pot Bearing*, yaitu struktur yang terdiri dari piston baja menumpu pada cakram elastomer yang “terkurung” dalam pot/ silinder baja. Alasan *bearing* tipe ini dipilih adalah,

- Daya tahan yang tinggi terhadap gaya horizontal yang besar dan mampu mendistribusikannya dengan aman.
- Daya tahan yang tinggi terhadap beban dinamis dan siklus “fatigue”
- Mengakomodasi rotasi
- Tersedia kapasitas bervariasi dari 50 ton s/d 10000 ton

Pot Bearing memiliki tiga jenis utama (katalog Trelleborg E.S. Australia) yaitu,

- a. *Fixed Type* (TF)
- b. *Guided Type* (TGe)
- c. *Free Type* (TGa)



Gambar 2. 12 (a) Fixed Type, (b) Guided Type, (c) Free Type

Sumber : katalog Trelleborg E.S. Australia

Tabel 2. 12 Tabel Reaksi dan Pergerakan Pot Bearing

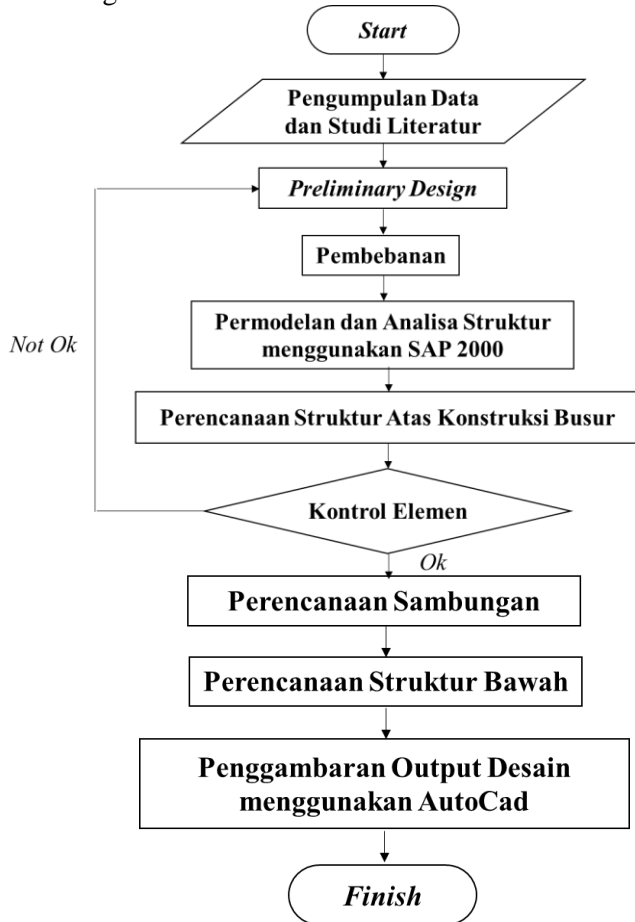
Type	Id	Symbol	DESIGN PARAMETERS					
			Reactions			Relative Movements		
			Loads	Displacement V_x V_y V_z	Rotation α_x α_y α_z			
Fixed	TF		N V_x V_y	None None				
Longitudinally guided	TGe		N V_y	Sliding None	Limited	Deformation		
Transversally guided	TGe		N V_x	None Sliding	Deformation	Deformation	Deformation	
Free	TGa		N	Sliding Sliding				

Sumber : katalog Trelleborg E.S. Australia

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

Langkah-langkah yang dilakukan untuk menyusun tugas akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metode Pengerjaan

3.2 Pengumpulan Data

Mencari data umum jembatan dan data tanah di sekitar jembatan,

1. Nama Jembatan : Jembatan Lemah Ireng II
2. Lokasi : STA 21+912 ~ STA 22+410
Jalan Tol Semarang-Bawen
3. Jenis Jembatan : *Multi Span Countinuous I-Girder*
4. Panjang Jembatan : 298,15 m
5. Lebar Jembatan : 2 x 12 m
6. Bangunan Bawah : 6 kolom *pier* dan 2 *abutment*
7. Zona Gempa : Zona Gempa Kabupaten Semarang

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

1. Nama Jembatan : Jembatan Lemah Ireng II
2. Lokasi : STA 21+912 ~ STA 22+410
Jalan Tol Semarang-Bawen
3. *Middle Span Model* : Jembatan Busur Rangka Baja dengan panjang bentang 100 m
4. *Side Span Model* : Jembatan Rangka Baja dengan panjang bentang 2 x 50 m
5. Lebar Jembatan : 12 m
6. Material Struktur : Baja
7. Bangunan Bawah : 3 kolom *pier* dan 1 *abutment*
8. Zona Gempa : Zona Gempa Kabupaten Semarang
9. Gambar rencana desain dan data tanah dapat dilihat pada lampiran..

3.3 Studi Literatur

Studi literatur berisi serangkaian kegiatan pencarian dan pengkajian sumber-sumber yang relevan dan terpercaya dalam

pengumpulan materi yang menjadi pakem atau acuan dalam dokumen perencanaan ini. Literatur yang digunakan dititikberatkan pada buku-buku dan jurnal ilmiah mengenai materi berikut :

- Desain struktur jembatan busur rangka baja
- Penggunaan material baja pada struktur jembatan sesuai ASTM (*American Society for Testing and Material*) dan RRSNI T-03-2005
- Pembebanan pada jembatan sesuai SNI 1725:2016
- Kombinasi beban gempa sesuai SNI 2833:2008

3.4 Preliminary Design

Melakukan perkiraan dimensi awal dari elemen-elemen struktur, penentuan mutu bahan dan material yang digunakan dan merencanakan dimensi profil yang memenuhi persyaratan minimum. Poin-poin yang harus diperkirakan sebelumnya antara lain,

- Penentuan mutu bahan yang digunakan
- Penentuan dimensi jembatan rangka pada *side span*
- Penentuan dimensi jembatan rangka busur pada *middle span*
- Penentuan dimensi struktur bangunan bawah jembatan

3.5 Analisa Pembebanan pada Jembatan

Pembebanan yang diberikan pada struktur jembatan ini mengacu pada SNI 1725:2016. Jenis pembebanan yang perlu ditinjau antara lain,

- Beban mati
- Beban lajur UDL (*Uniform Dead Load*)
- Beban hidup KEL (*Knife Edge Load*)
- Beban hidup truk T (*Truck Load*)
- Koefisien pembebanan
- Beban angin rangka
- Beban gempa

- Kombinasi pembebanan

3.6 Pemodelan dan Analisa Struktur

Perencanaan ini menggunakan studi kasus perencanaan ulang jembatan dengan sistem *Multi Span Continuous I-Girder* yang didesain ulang dengan sistem Busur Rangka Baja. Selanjutnya permodelan dan analisa yang dilakukan hanya pada jembatan baru dengan sistem Busur Rangka Baja.

Analisa struktur dilakukan untuk mendapatkan gaya dalam yang kemudian digunakan untuk merancang elemen dan sambungan profil baja. Gaya dalam akibat beban gravitasi pada elemen struktur sekunder didapatkan melalui analisa mekanika dan bahan sesuai standar yang ada. Sedangkan gaya dalam pada elemen struktur primer akibat kombinasi beban gravitasi dan gempa didapatkan dengan program bantu SAP 2000.

Setelah perhitungan gaya dalam dilakukan dilanjutkan dengan perhitungan kontrol kekuatan elemen sesuai peraturan. Kontrol yang digunakan antara lain,

- Kontrol kapasitas tekan
- Kontrol kapasitas Tarik
- Kontrol tekuk lokal
- Kontrol tekuk lateral
- Kontrol kapasitas lentur
- Kontrol kapasitas geser
- Kontrol sambungan
- Perhitungan perletakan

3.7 Perencanaan Struktur Bawah

Merencanakan dimensi elemen struktur bawah jembatan yang mencakup *abutment* dan pondasi dengan data tanah yang telah tersedia. Perencanaan yang harus didapatkan meliputi,

- Perhitungan daya dukung pondasi tiang tunggal
- Perhitungan daya dukung pondasi tiang grup
- Perhitungan jarak pondasi tiang pancang grup
- Perencanaan tebal poer

3.8 Penggambaran Hasil Desain

Penggambaran hasil desain Jembatan Lemah Ireng II menggunakan program bantu AutoCAD.

3.9 Jadwal Kegiatan

Jadwal kegiatan berisi rincian setiap kegiatan perencanaan yang dirupakan dalam satuan minggu. Rencana pengerjaan maksimal selama 16 minggu. Detail penjadwalan sebagai berikut,

Kegiatan	Minggu ke-																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Pengumpulan Data	■																
Preliminary Design	■	■															
Pembebanan		■	■														
Pemodelan			■	■	■	■											
Perencanaan Konstruksi Atas						■	■										
Kontrol Elemen								■	■	■							
Perencanaan Sambungan										■	■						
Perencanaan Konstruksi Bawah												■	■	■			
Penggambaran Design														■	■	■	

Gambar 3. 2 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

Pelat lantai kendaraan direncanakan dengan panjang 5 m dan lebar 1,5 m. Berdasarkan SNI 1725:2016 persyaratan tebal pelat (d_3) dan tebal aspal (d_4) dapat dihitung dengan perumusan dibawah ini :

Ditentukan jarak antar balok memanjang (b_1) = 1,5 m

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

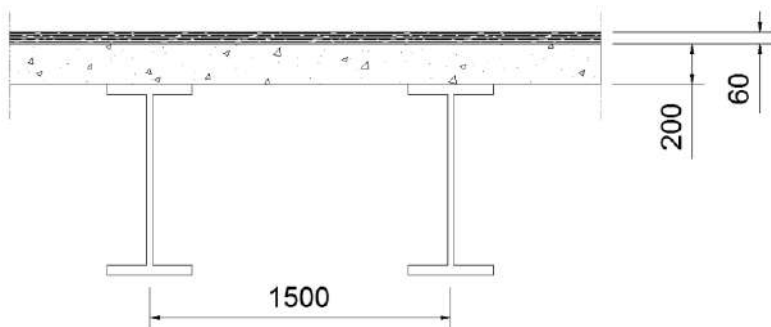
$$d_3 \geq 100 + 40 (1,5)$$

$$d_3 \geq 160 \text{ mm}$$

Dari syarat-syarat diatas diatas maka diambil tebal pelat lantai kendaraan sebesar 200 mm, sedangkan untuk perencanaan tebal aspal berdasarkan SNI 1725:2016 dapat dilihat sebagai berikut :

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

Dari syarat diatas maka diambil tebal aspal sebesar 60 mm.



Gambar 4. 1 Pelat Lantai Kendaraan

➤ **Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan**

Pembebanan pelat lantai kendaraan direncanakan sesuai dengan SNI 1725:2016 dengan faktor beban $\gamma_U^{MS} = 1,3$ (beton cor ditempat) dan beban truk $\gamma_U^{TD} = 2$. Pada perencanaan pelat lantai kendaraan akan dihitung dengan asumsi per-meter panjang, dengan perhitungan pembebanan detail sebagai berikut :

- Perhitungan beban mati :
 - Berat sendiri pelat $= d3 \times \gamma_{beton} \times 1m \times \gamma_U^{MS}$
 $= 0,2m \times 2,4 \text{ kN/m}^3 \times 1m \times 1,3$
 $= 6,24 \text{ kN/m}$
 - Berat sendiri aspal $= d3 \times \gamma_{aspal} \times 1m$
 $= 0,06m \times 2,2 \text{ kN/m}^3 \times 1m$
 $= 1,32 \text{ kN/m}$
 - Q_{mati} $= \text{berat pelat} + \text{berat aspal}$
 $= 6,24 + 1,32$
 $= 7,56 \text{ kN/m}$
- Perhitungan beban hidup
 - Beban roda truk = 112,5 kN, dengan Faktor Beban Dinamis (FBD) sebesar 0,3 (pasal 8.6).
 $T_{FBD} = (1+0,3) \times 112,5 = 146,25 \text{ kN}$
 - Beban hidup *ultimate* (Truk),
 $T_{(U)} = \gamma_U^{TT} \times T_{FBD}$
 $= 2 \times 146,25$
 $= 292,5 \text{ kN}$

➤ **Perhitungan Momen Arah Melintang**

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

- Perhitungan momen akibat beban mati :
 - $M_u = 1/10 \times q_{mati} \times b1^2$
 $= 1/10 \times 7,56 \times 1,5^2$
 $= 1,701 \text{ kNm}$
- Perhitungan momen akibat beban hidup :
 - $M_u = 0,8 \times \frac{S+0,6}{10} \times T_{(U)}$, dimana $S = b1$

$$= 0,8 \times \frac{1,5+0,6}{10} \times 292,2$$

$$= 49,14 \text{ kNm}$$

- Momen Total
 $M_u = 1,701 + 49,14$
 $= 50,841 \text{ kNm}$

➤ **Perhitungan Penulangan Lentur Lantai Kendaraan**

Pelat lantai kendaraan akan ditulangi dengan penulangan rangkap atas dan bawah. Berikut ini adalah perencanaannya (SNI 2847:2013),

- Data Material

Mutu Beton (f'_c)	= 40 Mpa
Mutu Baja (f_y)	= 390 Mpa
Tebal Pelat (H)	= 200 mm
Selimut Beton (cover)	= 40 mm
Tulangan Lentur Arah x (dlx)	= D16 mm
Tulangan Lentur Arah y (dly)	= -
Tulangan Susut (dls)	= D12 mm
Tinggi efektif x [$d=H\text{-cover-dlx}/2$]	= 152 mm
- Beban

M_{ux}	= 50,841 kNm
	= 50841000 Nmm
- Bentang

L_x	= 1,5 m
-------	---------
- Perhitungan Penulangan

ρ_{\max}	= 0,025 (SNI 2847:2013 Ps. 21.5.2.1)
ρ_{\min}	= 0,0025 (SNI 2847:2013 Ps. 11.9.9.2)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{50841000}{0,75 \cdot 1000 \cdot 152^2}$$

$$= 2,934$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f c'}{f y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R n}{0,85 f c'}}\right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 40}{390} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,934}{0,85 \cdot 40}}\right) \\ &= 0,0079\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\frac{4}{3} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{4}{3} \cdot 0,0079 \\ &= 0,0105\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0105$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pakai}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0105 \cdot 1000 \cdot 152 \\ &= 1596,858 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{pakai}} &= 1000 / A_{s \text{ pakai}} / A_{\text{Tulangan}} \\ &= 1000 / 1596,858 / 201,142 \\ &= 125,96 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{pasang}} = 100 \text{ mm}$$

Dari hasil analisa perhitungan penulangan diatas didapatkan bahwa kebutuhan penulangan arah x (bentang pendek) adalah D16-100.

Untuk penulangan susut dipakai ketentuan sebagai berikut,

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,002$$

$$\begin{aligned}A_{s \text{ pakai}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,002 \cdot 1000 \cdot 152 \\ &= 304 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

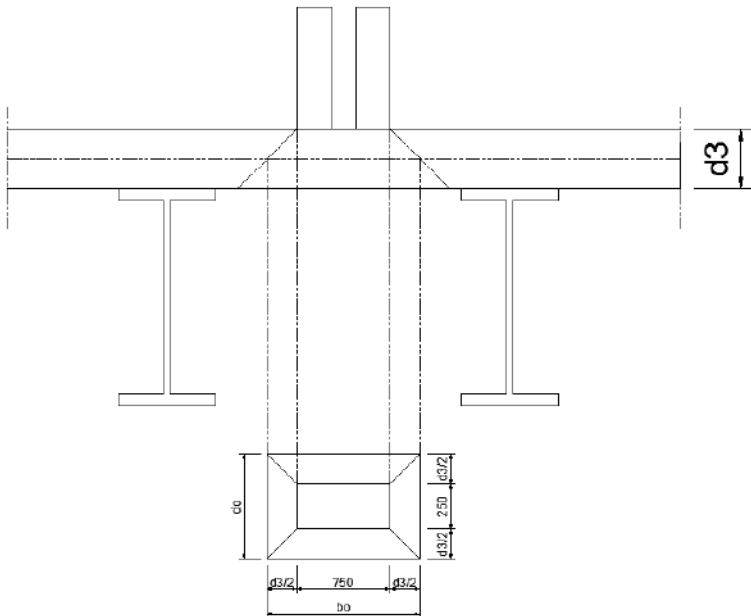
$$\begin{aligned}S_{\text{pakai}} &= 1000 / A_{s \text{ pakai}} / A_{\text{Tulangan}} \\ &= 1000 / 304 / 113,142 \\ &= 372,18 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{pasang}} = 250 \text{ mm}$$

Sehingga kebutuhan penulangan susut menggunakan D12-250.

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

Perhitungan penulangan geser (*pons*) untuk pelat lantai kendaraan disesuaikan dengan ukuran roda truk, sedangkan untuk kemiringan sudut geser *pons* diambil sebesar 45° , d_3 adalah tebal pelat = 20 cm. Analisa penulangan geser pelat dihitung sebagai berikut,



Gambar 4. 2 Ilustrasi Geser *Pons* pada Lantai Kendaraan

$$b_o = 75 + (2 \cdot d_3/2) = 95 \text{ cm}$$

$$d_o = 25 + (2 \cdot d_3/2) = 45 \text{ cm}$$

Luas Bidang Kritis (A_K),

$$\begin{aligned} A_K &= 2 \cdot (b_o + d_o) \cdot d_3 \\ &= 5600 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kemampuan Geser,

$$\begin{aligned}\phi V_n &= \phi \cdot A \cdot \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \\ &= 0,6 \cdot 560000 \cdot \frac{\sqrt{40}}{6} \\ &= 354175,1 \text{ N} \\ &= 354,17 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kekuatan geser akibat Truk,

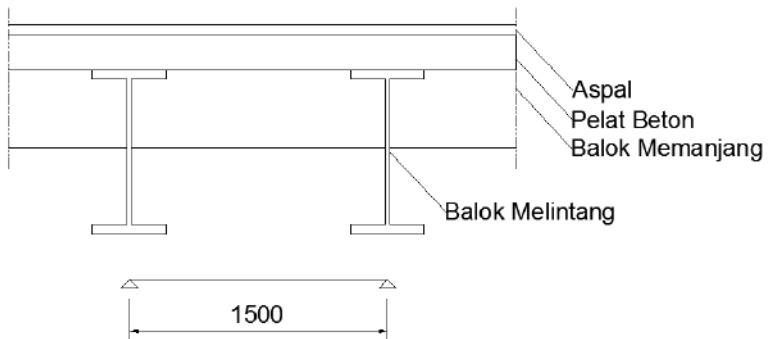
$$\begin{aligned}V_u &= \gamma_U^{TD} \times T \times (1+FBD) \\ &= 2 \times 112,5 \times (1+0,3) \\ &= 292,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

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

4.2 Perencanaan Gelagar Memanjang Jembatan

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

Tegangan leleh (f_y)	= 250 Mpa	= 2500 kg/cm ²
Tegangan putus (f_u)	= 410 Mpa	= 4100 kg/cm ²
Modulus Elastisitas (E)	= 200000 Mpa	= 2000000 kg/cm ²



Gambar 4. 3 Gelagar Memanjang dan Melintang Jembatan

Untuk perencanaan gelagar memanjang dipilih profil WF 450x300x11x18 dengan properti material sebagai berikut,

$$\begin{array}{lll}
 A = 157,4 \text{ cm}^2 & t_b = 11 \text{ mm} & S_x = 2550 \text{ cm}^3 \\
 g = 124 \text{ kg/m} & i_x = 18,9 \text{ cm} & S_y = 514 \text{ cm}^3 \\
 d = 440 \text{ mm} & i_y = 7,18 \text{ cm} & Z_x = 2728 \text{ cm}^3 \\
 b = 300 \text{ mm} & I_x = 56100 \text{ cm}^4 & Z_y = 822 \text{ cm}^3 \\
 t_f = 18 \text{ mm} & I_y = 8110 \text{ cm}^4 & r = 24 \text{ mm} \\
 h = d - 2(t_f - r) = 356 \text{ mm}
 \end{array}$$

➤ **Pembebanan Gelagar Memanjang Jembatan**

Pembebanan pada gelagar memanjang sesuai dengan SNI 1725:2016

- **Beban Mati**
 - Pelat Beton $= 0,2 \cdot 1,5 \cdot 2400 \cdot 1,3 = 936 \text{ kg/m}$
 - Aspal $= 0,06 \cdot 1,5 \cdot 2200 \cdot 1,3 = 257,4 \text{ kg/m}$
 - Bekisting $= 0,05 \cdot 1,5 \cdot 800 \cdot 1,3 = 78 \text{ kg/m}$
 - Berat Sendiri $= 124 \cdot 1,1 = 136,4 \text{ kg/m}$
 - $Q_{D(U)}$ $= 936 + 257,4 + 78 + 136,4$
 $= 1407,8 \text{ kg/m}$
 - M_D $= 1/8 \times Q_{D(U)} \times L^2$
 $= 1/8 \times 1407,8 \times 5^2$
 $= 4399,37 \text{ kgm}$
- **Beban Hidup**
 - **Beban Terbagi Rata (BTR)**
 Jika $L \leq 30 \text{ m}$: $q = 9,0 \text{ kPa}$
 Jika $L > 30 \text{ m}$: $q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa}$
 $L = 5 \text{ m}$ maka nilai $q = 9,0 \text{ kPa} = 900 \text{ kg/m}^2$
 Beban yang bekerja,
 $Q_L = 900 \cdot 1,5 \cdot 1,8$
 $= 2430 \text{ kg/m}$
 - **Beban Garis Terpusat (BGT)**
 Beban garis terpusat sebesar $p = 49 \text{ kN/m} = 4900 \text{ kg/m}$
 ditempatkan tegak lurus dari arah lalu lintas pada

jembatan. Faktor Beban Dinamik (FBD) yang berlaku sesuai SNI 1725:2016 sebesar 30%.

$$\begin{aligned} P_1 &= (1+FBD) \cdot P \cdot b_1 \cdot \gamma_U^{TD} \\ &= (1+0,3) \cdot 4900 \cdot 1,5 \cdot 2 \\ &= 19110 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Momen Akibat Beban Hidup

$$\begin{aligned} M_{L1} &= (1/8 \times Q_L \times \lambda^2) + (1/4 \times P_1 \times \lambda) \\ &= (1/8 \cdot 2430 \cdot 5^2) + (1/4 \cdot 19110 \cdot 5) \\ &= 31481,25 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Beban Truk “T”

Beban Truk “T” adalah sebesar $T = 112,5 \text{ kN} = 11250 \text{ kg}$ pada SNI 1725:2016 dengan Faktor Beban Dinamik (FBD) sebesar 30%.

$$\begin{aligned} M_{L2} &= T \cdot (1 + FBD) \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda \cdot \gamma_U^{TD} \\ &= 11250 \cdot (1 + 0,3) \cdot \frac{1}{4} \cdot 5 \cdot 2 \\ &= 36562,5 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Momen Total

Momen total adalah jumlah momen akibat beban mati dan beban hidup. Momen akibat beban hidup yang dipakai adalah momen yang memiliki nilai paling besar, dalam hal ini digunakan M_{L2} .

$$\begin{aligned} M_u &= M_D + M_{L2} \\ &= 4339,37 + 36562,5 \\ &= 40961,88 \text{ kgm} \end{aligned}$$

➤ Kontrol Profil Gelagar Memanjang

Melakukan analisa kekuatan terhadap profil yang telah ditentukan. (RSNI-T-03-2005 tabel 4)

- Kuat Rencana Momen Lentur

Kontrol Penampang,

$$\begin{aligned} \text{Sayap : } \quad \frac{bf}{2tf} &\leq \frac{170}{\sqrt{fy}} \\ \frac{300}{2 \cdot 18} &\leq \frac{170}{\sqrt{250}} & 8,33 \leq 10,75 \text{ OK} \\ \text{Badan : } \quad \frac{h}{tw} &\leq \frac{1680}{\sqrt{fy}} \end{aligned}$$

$$\frac{356}{11} \leq \frac{1680}{\sqrt{250}} \quad 32,36 \leq 106,26 \quad \mathbf{OK}$$

Penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$\begin{aligned} M_n &= Z_x \cdot f_y \\ &= 2728 \cdot 2500 \\ &= 6820000 \text{ kgcm} = 68200 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 68200 \\ &= 61380 \text{ kgm} > M_u = 40961,88 \text{ kgm} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

- Kontrol *Lateral Buckling*
Dipasang *shear connector* praktis sejarak 250 cm

$$\begin{aligned} L_P &= 1,76 \times i_y \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} \\ &= 1,76 \times 7,18 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} \\ &= 357,42 \text{ cm} \end{aligned}$$

$L_B < L_P$, termasuk bentang pendek.

$$\begin{aligned} M_n &= M_p \\ &= Z_x \cdot f_y \\ &= 2728 \cdot 2500 \\ &= 6820000 \text{ kgcm} = 68200 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi M_n &= 0,9 \cdot M_n \\ &= 0,9 \cdot 68200 \\ &= 61380 \text{ kgm} > M_u = 40961,88 \text{ kgm} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

- Kuat Rencana Geser
Untuk beban BTR + BGT

$$\begin{aligned} V_{a_{\max}} &= (P_1 \times 1) + (Q_{L1} \times \frac{1}{2} \times \lambda) \\ &= (19110 \times 1) + (2430 \times \frac{1}{2} \times 5) \\ &= 25185 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk beban Truk T

$$\begin{aligned} V_{a_{\max}} &= T \times (1 + \text{FBD}) \times \gamma_U^{TD} \\ &= 11250 \times 1,3 \times 2 \\ &= 29250 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk Beban Mati Qd

$$\begin{aligned} V_{a_{\max}} &= Q_d \times \frac{1}{2} \times \lambda \\ &= 1407,8 \times \frac{1}{2} \times 5 \\ &= 3519,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Total akibat beban BTR + BGT + Qd

$$\begin{aligned} V_{a_{\max}} &= 25185 \text{ kg} + 3519,5 \text{ kg} \\ &= 28704 \text{ kg} \end{aligned}$$

Total akibat beban Truk T + Qd

$$\begin{aligned} V_{a_{\max}} &= 29250 \text{ kg} + 3519,5 \text{ kg} \\ &= 32769,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Jadi nilai V_a yang digunakan adalah akibat beban Truk T + Qd sebesar 32769,5 kg.

Kontrol Penampang

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

$$\frac{356}{11} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$32,36 \leq 69,57$$

OK (plastis)

Kuat geser nominal (RRSNI T-03-2005 ps. 7.8.3)

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,6 \times fy \times A_w \\ &= 0,6 \times 2500 \times 35,6 \times 1,1 \\ &= 58740 \text{ kg} \geq V_u = 32769,5 \text{ kg} \quad \mathbf{OK} \end{aligned}$$

- Lendutan Ijin

Nilai lendutan ijin,

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{ijin}} &= \frac{1}{800} \lambda \\ &= \frac{1}{800} \cdot 500 \\ &= 0,625 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan akibat beban hidup BTR + BGT

$$\begin{aligned} \Delta_{(BGT+BTR)}^o &= \frac{5}{384} \frac{Ql \cdot \lambda^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \frac{P_1 \cdot \lambda^3}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{5}{384} \frac{24,3 \cdot 500^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 56100} + \frac{1}{48} \frac{19110 \cdot 500^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 56100} \\ &= 0,619 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lendutan akibat beban truk T

$$\begin{aligned} P &= 112,5 (1+0,3) \\ &= 146,25 \text{ kN} \\ &= 14625 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{(T)}^{\circ} &= \frac{1}{48} \frac{P \cdot \lambda^3}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{1}{48} \frac{14625 \cdot 500^3}{2 \cdot 10^6 \cdot 56100} \\ &= 0,339 \text{ cm} \end{aligned}$$

$\Delta_{(BGT+BTR)}^{\circ} > \Delta_{(T)}^{\circ}$, maka dipakai lendutan dari beban BGT+BTR sebesar $\Delta = 0,619 \text{ cm}$

$$\Delta \leq \Delta_{ijin} \quad \mathbf{OK}$$

4.3 Perencanaan Gelagar Melintang Jembatan

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

$$\begin{aligned} \text{Tegangan leleh (fy)} &= 250 \text{ Mpa} && = 2500 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan putus (fu)} &= 410 \text{ Mpa} && = 4100 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Modulus Elastisitas (E)} &= 200000 \text{ Mpa} && = 2000000 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dipilih profil WF 950x425x28,4x51,1 dengan properti material sebagai berikut,

$$\begin{aligned} A &= 680 \text{ cm}^2 & \text{tb} &= 28,4 \text{ mm} & S_x &= 21600 \text{ cm}^3 \\ g &= 534 \text{ kg/m} & i_x &= 38,92 \text{ cm} & S_y &= 3080 \text{ cm}^3 \\ d &= 950 \text{ mm} & i_y &= 9,81 \text{ cm} & Z_x &= 24700 \text{ cm}^3 \\ b &= 425 \text{ mm} & I_x &= 1030000 \text{ cm}^4 & Z_y &= 4790 \text{ cm}^3 \\ t_f &= 51,1 \text{ mm} & I_y &= 65500 \text{ cm}^4 & r &= 18 \text{ mm} \\ h &= d-2(t_f-r) = 811,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ Pembebanan pada Gelagar Melintang Jembatan

- Beban Mati (Sebelum Komposit)

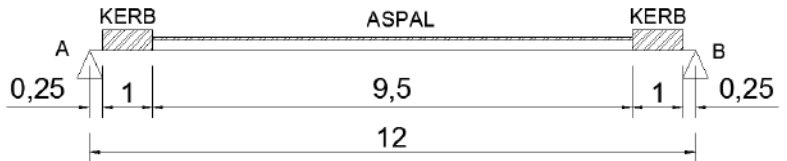
$$\begin{aligned} \text{Pelat beton} &= 0,2 \cdot 5 \cdot 2400 \cdot 1,3 = 3120 \text{ kg/m} \\ \text{Gelagar memanjang} &= 124 \cdot 5/1,5 \cdot 1,1 = 454,67 \text{ kg/m} \\ \text{Gelagar melintang} &= 534 \cdot 1,1 = 587,4 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bekisting} &= 0,05 \cdot 800 \cdot 5 \cdot 1,3 = 260 \text{ kg/m} \\ Q_{D1}(u) &= 3120 + 454,67 + 587,4 + 260 \\ &= 4422,067 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Momen akibat beban mati (sebelum komposit)

$$\begin{aligned} M_{D1} &= 1/8 \times Q_{D1}(u) \times \lambda^2 \\ &= 1/8 \times 4422,067 \times 12^2 \\ &= 79597,2 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Beban Mati (Setelah Komposit)



Gambar 4. 4 Beban Mati Gelagar Melintang Setelah Komposit

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal} &= 0,05 \times 5 \times 2200 \times 1,3 = 858 \text{ kg/m} \\ \text{Berat kerb} &= 0,2 \times 5 \times 2400 \times 1,3 = 3120 \text{ kg/m} \\ Q_{D2}(u) &= 858 + 3120 = 3978 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Mencari reaksi perletakan,

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_a \cdot 12 = 3120 \cdot 1 \cdot 11,25 + 858 \cdot 9,5 \cdot 6 + 3120 \cdot 1 \cdot 0,75$$

$$R_a = 7195,5 \text{ kg}$$

Mencari momen maksimum ditengah bentang,

$$M_{D2} = R_a \cdot 6 - 3120 \cdot 1 \cdot 5,25 - 858 \cdot 4,75 \cdot 2,375$$

$$M_{D2} = 17113,69 \text{ kgm}$$

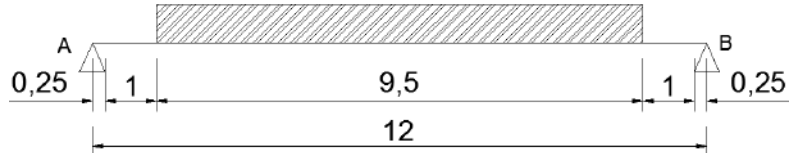
- Beban Hidup BGT + BTR

$$\begin{aligned} Q_{BTR} &= q \cdot L \cdot \gamma_U^{TD} \\ &= 900 \cdot 5 \cdot 2 \\ &= 9000 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{BGT} &= (1 + FBd) \cdot p \cdot \gamma_U^{TD} \\ &= (1 + 0,3) \cdot 4900 \cdot 2 \\ &= 12740 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{BTR+BGT} &= 9000 + 12740 \\ &= 21740 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban bekerja pada seluruh bentang untuk mencari nilai maksimum (SNI 1725:2016 pasal 8.3.3)
100 %



Gambar 4. 5 Kombinasi Beban BGT + BTR Bekerja 100%

Mencari reaksi perletakan,

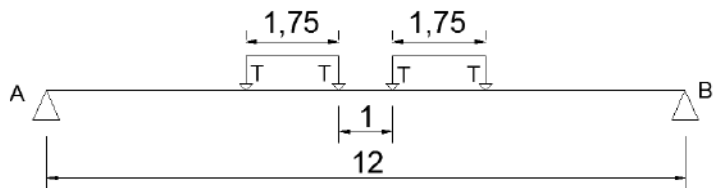
$$\begin{aligned} \Sigma M_B &= 0 \\ V_a \cdot 12 &= 21740 \cdot 9,5 \cdot 6 \\ V_a &= 103265 \text{ kg} \end{aligned}$$

Mencari momen maksimum akibat beban BGT+BTR

$$\begin{aligned} M_{L1} &= 103265 \cdot 6 - 21740 \cdot 4,75 \cdot 2,375 \\ M_{L1} &= 374335,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Beban Hidup Truk "T"

$$\begin{aligned} T &= (1+FBD) \times 112,5 \times 2 \\ &= 292,5 \text{ kN} \\ &= 29250 \text{ kg} \end{aligned}$$



Gambar 4. 6 Beban Hidup Truk Kondisi A

Mencari reaksi perletakan,

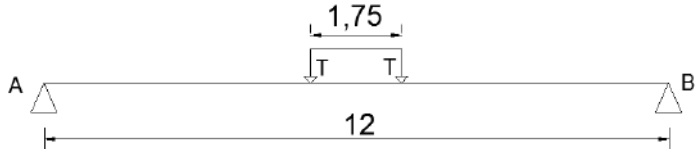
$$\begin{aligned} \Sigma M_B &= 0 \\ V_a \cdot 12 &= T \cdot (8,25 + 6,5 + 5,5 + 3,75) \\ V_a \cdot 12 &= 29250 \cdot 24 \end{aligned}$$

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

Mencari momen maksimum beban truk kondisi a,

$$M_{L2} = 58500 \cdot 6 - 29250 \cdot (0,5 + 2,25)$$

$$M_{L2} = 270562,5 \text{ kgm}$$



Gambar 4. 7 Beban Hidup Truk Kondisi B

Mencari reaksi perletakan,

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_a \cdot 12 = T \cdot (6,875 + 5,125)$$

$$V_a \cdot 12 = 29250 \cdot 12$$

$$V_a = 29250 \text{ kg}$$

Mencari momen maksimum beban truk kondisi b,

$$M_{L3} = 29250 \cdot 6 - 29250 \cdot 0,875$$

$$M_{L3} = 149906,3 \text{ kgm}$$

- Momen Maksimum akibat Beban Hidup

Momen yang dipakai adalah momen yang memiliki nilai paling besar yaitu momen akibat beban BGT+BTR sebesar $M_L = 374335,6 \text{ kgm}$.

➤ Kontrol Profil Gelagar Melintang

- Kuat Rencana Geser

Untuk beban mati sebelum komposit

$$V_a = 0,5 \cdot Q_D \cdot \lambda$$

$$= 0,5 \cdot 4422,067 \cdot 12$$

$$= 26532,4 \text{ kg}$$

Untuk beban mati setelah komposit

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_a \cdot 12 = 3120 \cdot 1 \cdot 11,25 + 858 \cdot 9,5 \cdot 6 + 3120 \cdot 1 \cdot 0,75$$

$$V_a = 7195,5 \text{ kg}$$

Untuk beban hidup setelah komposit (BGT+BTR)

$$\Sigma M_B = 0$$

$$V_a \cdot 12 = 21740 \cdot 9,5 \cdot 6$$

$$V_a = 103265 \text{ kg}$$

Beban total V_a

$$V_a = 26532,4 + 7195,5 + 103265$$

$$= 136992,9 \text{ kg}$$

$$= 1369,929 \text{ kN}$$

Kontrol penampang :

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

$$\frac{811,8}{28,4} \leq \frac{1100}{\sqrt{250}}$$

$$28,58 \leq 69,57$$

OK (Plastis)

Kuat geser nominal

$$\phi V_n = 0,6 \times fy \times A_w$$

$$= 0,6 \times 2500 \times 95 \times 2,84$$

$$= 404700 \text{ kg} \geq V_u = 136992,9 \text{ kg}$$

OK

- Lendutan Ijin

$$\Delta_{ijin} = \frac{1}{800} \lambda = \frac{1}{800} \cdot 1200 = 1,5 \text{ cm}$$

Lendutan akibat beban hidup (BGT + BTR),

$$\Delta_{(BGT+BTR)}^o = \frac{5}{384} \frac{Ql \cdot \lambda^4}{E \cdot I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \frac{217,4/2 \cdot 1200^4}{2 \cdot 10^6 \cdot 1030000}$$

$$= 1,424$$

$$\Delta_{(BGT+BTR)}^o \leq \Delta_{ijin} \quad \text{OK}$$

➤ Kontrol Momen Setelah Komposit

- Perhitungan Lebar Efektif Pelat

$$be_1 \leq S$$

$$\leq 500 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 be_2 &\leq \frac{L}{4} \\
 &\leq \frac{1200}{4} \\
 &\leq 300 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Dimana :

S : Jarak antar gelagar melintang

L : Lebar jembatan

Untuk lebar efektif pelat diambil yang terkecil yaitu 300 cm.

- Perhitungan Kapasitas Momen Setelah Komposit

Kontrol kegagalan struktur pada beton,

$$\begin{aligned}
 C &= 0,85 \cdot f_c' \cdot be \cdot tb \\
 &= 0,85 \cdot 40 \cdot 3000 \cdot 200 \\
 &= 204000000 \text{ N} \\
 &= 16320 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol kegagalan struktur pada baja,

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 68000 \cdot 250 \\
 &= 17000000 \text{ N} \\
 &= 17000 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Menentukan harga a (tinggi *stress block*) pada pelat beton,

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{T}{0,85 \cdot f_c' \cdot beff} \\
 &= \frac{17000000}{0,85 \cdot 40 \cdot 3000} \\
 &= 166,67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Harga $a = 166,67 < t_c = 200 \text{ mm}$, artinya hanya sebagian saja dari beton yang tertekan.

Menentukan momen nominal dari interaksi pelat beton dengan baja,

$$\begin{aligned}
 d_1 &= (t_b - a/2) \\
 &= (200 - 166,67/2) \\
 &= 116,67 \text{ mm} \\
 &= 0,1667 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_2 &= h/2 \\
 &= 811,8/2 \\
 &= 405,9 \text{ mm} \\
 &= 0,4059 \text{ m} \\
 M_n &= T (d_1 + d_2) \\
 &= 17000 \times (0,1667 + 0,4059) \\
 &= 8883,633 \text{ kNm} \\
 &= 888363,3 \text{ kgm} \\
 \phi M_n &= 0,85 \cdot 888363,3 \\
 &= 755108,8 \text{ kgm} \\
 M_u &= M_{D1} + M_{D2} + M_L \\
 &= 79597,2 + 17113,69 + 374335,6 \\
 &= 471046,5 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

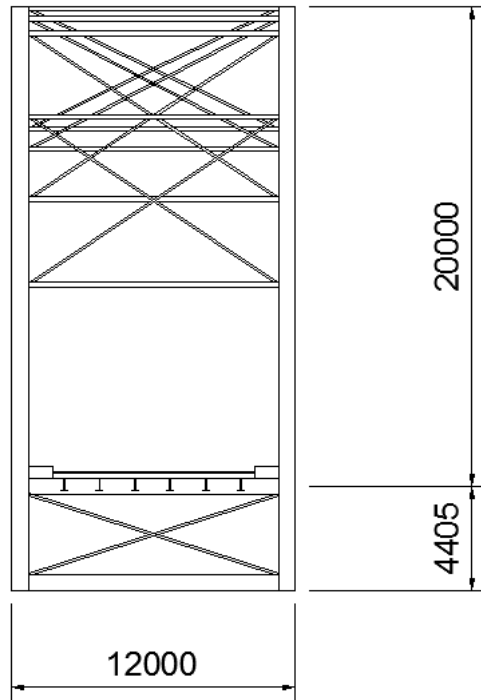
Syarat,

$$\phi M_n \geq M_u \quad \text{OK}$$

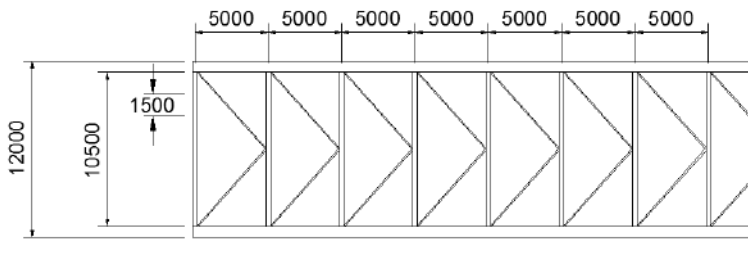
4.4 Perencanaan Ikatan Angin

4.4.1 Perhitungan Gaya Angin yang Bekerja

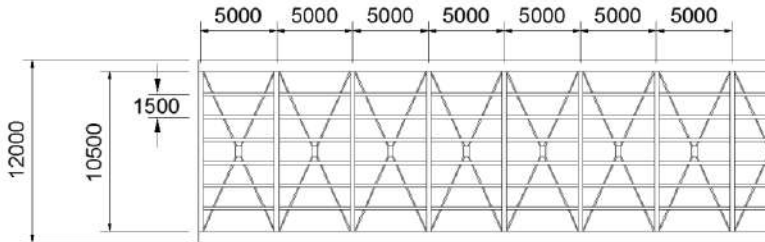
Perhitungan gaya angin mengacu pada peraturan SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan. Preliminary desain ikatan angin dapat dilihat pada Gambar 4.8, Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



Gambar 4. 8 Ikatan Angin Sialang antar Rangka Busur



Gambar 4. 9 Ikatan Angin Atas Rangka Jembatan



Gambar 4. 10 Ikatan Angin Lantai Kendaraan Jembatan

Perhitungan ini mengacu pada SNI 1725:2016 pasal 9.6.1 tentang Tekanan Angin Horizontal. Data-data yang digunakan sesuai dengan kondisi lapangan adalah sebagai berikut,

- V_{DZ} adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana
- V_{10} adalah kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam). Jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa $V_{10} = V_B = 90$ s/d 126 km/jam. Karena data lapangan tidak tersedia, maka diambil nilai,

$$V_{10} = (90+126)/2$$

$$= 108 \text{ km/jam}$$
- V_B adalah kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm.

$$V_B = (90+126)/2$$

$$= 108 \text{ km/jam}$$
- V_0 adalah kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, sebagaimana ditentukan dalam Tabel 4.1 untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)
- Z adalah elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm)

- Z_0 adalah panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

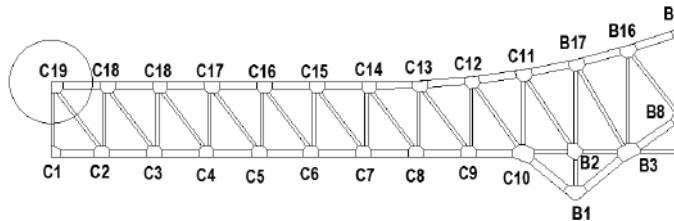
Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

- P_B adalah tekanan angin dasar seperti yang ditentukan pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Tekanan Angin Dasar

Komponen bangunan atas	Angin Tekan (MPa)	Angin Hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

- P_D adalah besarnya gaya angin pada suatu titik
- Contoh perhitungan gaya angin yang bekerja pada satu titik simpul sebagai berikut,



Gambar 4. 11 Gaya Angin pada Titik Simpul C19

Titik C19 memiliki ketinggian $Z = 28250$ mm dari atas permukaan dasar.

$$\begin{aligned}
 V_{DZ} &= 2,5 V_0 (V_{10} / V_B) \ln (Z / Z_0) \\
 &= 2,5 \cdot 17,6 \cdot (108 / 108) \ln (28250 / 1000) \\
 &= 147,0081 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_D \text{ (per luas)} &= P_B (V_{DZ} / V_B)^2 \\
 &= 0,0024 (147,0081 / 108)^2 \\
 &= 0,00382 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_D \text{ (per titik)} &= 0,00382 \text{ N/mm}^2 \times \text{Luas Penampang} \\
 &= 0,00382 \text{ N/mm}^2 \cdot 4600000 \text{ mm}^2 \\
 &= 20445 \text{ N} \\
 &= 20,455 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Untuk titik simpul pada lantai kendaraan harus ditambahkan gaya angin akibat kendaraan (EW_1). Gaya yang bekerja ditentukan berdasarkan tabel berikut,

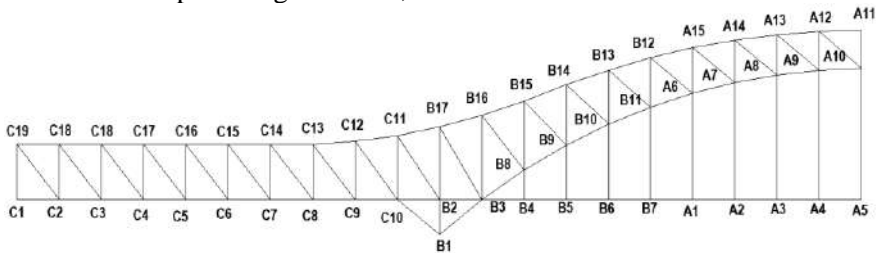
Tabel 4. 3 Komponen Beban Angin pada Kendaraan

Sudut	Komponen tegak lurus	Komponen sejajar
derajat	N/mm	N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,5	0,55

$$\begin{aligned}
 EW_1 &= 1,46 \text{ N/mm} \times \lambda \\
 &= 1,46 \text{ N/mm} \times 5000 \text{ mm} \\
 &= 7,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Jadi, gaya pada titik simpul lantai kendaraan harus ditambahkan gaya akibat kendaraan sebesar 7,3 kN

- Rekapitulasi hasil perhitungan gaya akibat angin pada setiap titik simpul sebagai berikut,



Gambar 4. 12 Penamaan Titik Simpul Jembatan

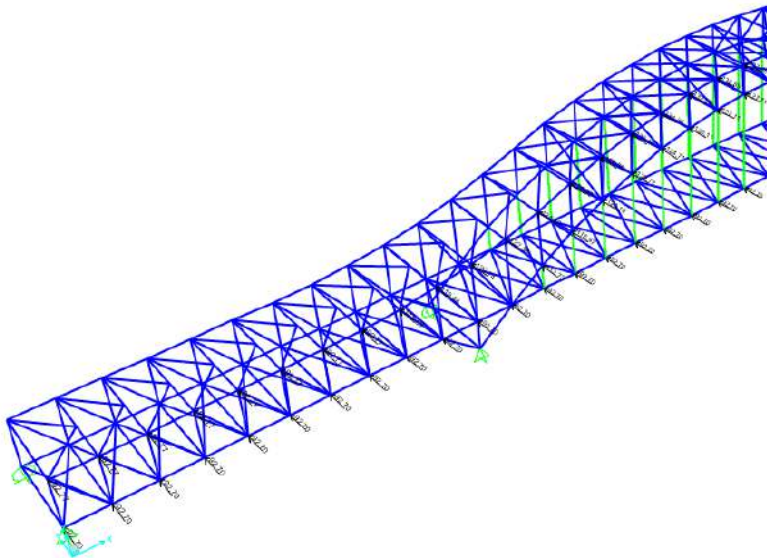
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Gaya Tiap Titik Simpul

Nama	Z	V _{DZ}	W _s
Titik	mm	km/jam	kN
C1	22150	136,3048	24,88507
C2	22150	136,3048	24,88507
C3	22150	136,3048	24,88507
C4	22150	136,3048	24,88507
C5	22150	136,3048	24,88507
C6	22150	136,3048	24,88507
C7	22150	136,3048	24,88507
C8	22150	136,3048	24,88507
C9	22150	136,3048	24,88507
C10	22150	136,3048	24,88507
B1	22150	136,3048	24,88507
B2	22150	136,3048	24,88507
B3	22150	136,3048	24,88507
B4	22150	136,3048	14,94568
B5	22150	136,3048	14,94568
B6	22150	136,3048	14,94568
B7	22150	136,3048	14,94568
A1	22150	136,3048	14,94568
A2	22150	136,3048	14,94568
A3	22150	136,3048	14,94568
A4	22150	136,3048	14,94568
A5	22150	136,3048	14,94568
C13	28250	147,0081	20,45522
C14	28250	147,0081	20,45522
C15	28250	147,0081	20,45522
C16	28250	147,0081	20,45522

Nama	Z	V _{DZ}	W _s
Titik	mm	km/jam	kN
C17	28250	147,0081	20,45522
C18	28250	147,0081	20,45522
C19	28250	147,0081	20,45522
C12	29417	148,7892	26,42011
C11	30087	149,7801	26,77318
B17	31089	151,2216	27,29099
B16	32387	153,0213	27,94445
B15	34015	155,1793	28,73817
B14	35998	157,6724	29,66901
B13	37758	159,7727	30,46469
B12	39222	161,4465	31,10633
A15	40399	162,7474	39,51209
A14	41302	163,7201	39,98579
A13	41936	164,3904	40,31387
A12	42309	164,78	40,50519
A11	42450	164,9264	26,58506
B8	25307	142,1676	30,15107
B9	28247	147,0034	32,23716
B10	30624	150,5585	33,81522
B11	32718	153,4687	35,13512
A6	34334	155,59	28,8905
A7	35542	157,1115	29,45829
A8	36433	158,2009	29,86824
A9	36978	158,8542	30,11544
A10	37246	159,172	36,49177

4.4.2 Perencanaan Profil Ikatan Angin

Gaya angin yang terjadi sudah diketahui dari pembahasan pada sub bab sebelumnya. Untuk mengetahui gaya aksial yang bekerja pada ikatan angin digunakan program bantu SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan Kuat III yang mengacu pada SNI 1725:2016.



Gambar 4. 13 Pemodelan Jembatan dan Input Beban Angin pada SAP2000

Dari program bantu SAP 2000 dapat diketahui gaya dalam yang terjadi pada ikatan angin. Besaran gaya yang terjadi dapat diketahui dari tabel berikut,

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Gaya Aksial Ikatan Angin

Jenis Ikatan Angin	Gaya Aksial	Jenis Batang
	kg	
Ikatan Angin Atas	-75319,2	Tekan
	75319,2	Tarik

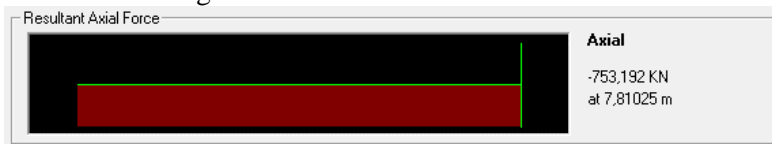
Lanjutan Tabel 4. 6 Rekapitulasi Gaya Aksial Ikatan Angin

Ikatan Angin Bawah	-46487,2	Tekan
	63847,7	Tarik
Ikatan Angin Silang	-18562,6	Tekan
	15476,2	Tarik

➤ **Ikatan Angin Atas**

Profil ikatan angin atas memiliki dimensi yang sama baik pada bagian *side span*, *main span*, busur atas ataupun busur bawah, maka untuk perhitungannya diambil gaya tarik dan gaya tekan maksimum yang bekerja. Perencanaan profil sesuai dengan RRSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan.

• **Ikatan Angin Atas Kontrol Tekan**



Gambar 4. 14 Gaya Aksial Tekan Ikatan Angin Atas

Gaya aksial = -753,192 kN = -75319,2 kg (tekan). Material yang dipakai Profil *Circular Hollow* 267,4 x 7 BJ50, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 7 Material Properti Ikatan Angin Atas

d	267,4 mm	$I_x = I_y$	4860 cm ⁴
A	57,27 cm ²	$Z_x = Z_y$	363 cm ³
t	7 mm	$i_x = i_y$	9,21 cm
W	45 kg/m	F_y	2900 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	F_u	5000 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{d}{t} = \frac{267,4}{7} = 38,2$$

$$\frac{22000}{f_y} = \frac{22000}{290} = 75,86 > 38,2 \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

$$\begin{aligned} \text{Faktor tekuk (Kcx = Kcy)} &= 1 \\ \text{Panjang batang (Lx = Ly)} &= 781 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = 84,799$$

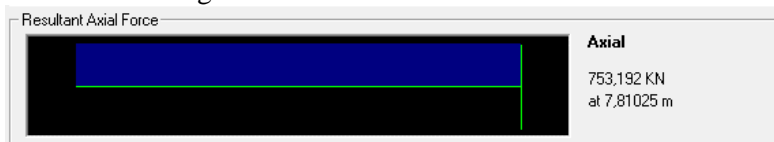
$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = 1,027$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y = 107073,4 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 107073,4 = 91012,3 \text{ kg} > 75319,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Ikatan Angin Atas Kontrol Tarik



Gambar 4. 15 Gaya Aksial Tarik Ikatan Angin Atas

Gaya aksial = 753,192 kN = 75319,2 kg (tarik). Material yang dipakai Profil *Circular Hollow* 267,4 x 7 BJ50, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 8 Material Properti Ikatan Angin Atas

d	267,4 mm	$I_x = I_y$	4860 cm ⁴
A	57,27 cm ²	$Z_x = Z_y$	363 cm ³
t	7 mm	$i_x = i_y$	9,21 cm
W	45 kg/m	Fy	2900 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	Fu	5000 kg/cm ²

Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 48,67 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 243397,5 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 243397,5 = 182548,1 \text{ kg} > 75319,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kuat Leleh

$$A_g = 57,27 \text{ cm}^2$$

$$P_n = 0,75 \cdot A_g \cdot f_y = 124562,3 \text{ kg} > 75319,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

➤ Ikatan Angin Bawah

Profil ikatan angin bawah memiliki dimensi yang sama baik pada bagian *side span* dan *main span*, maka untuk perhitungannya diambil gaya tarik dan gaya tekan maksimum yang bekerja. Perencanaan profil sesuai dengan RRSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan.

- Ikatan Angin Bawah Kontrol Tekan



Gambar 4. 16 Gaya Aksial Tekan Ikatan Angin Bawah

Gaya aksial = -464,872 kN = -46487,2 kg (tekan). Material yang dipakai Profil *Circular Hollow* 216,3 x 7 BJ50, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 9 Material Properti Ikatan Angin Bawah

d	216,3 mm	$I_x = I_y$	2520 cm ⁴
A	46,03 cm ²	$Z_x = Z_y$	233 cm ³
t	7 mm	$i_x = i_y$	7,04 cm
W	36,1 kg/m	F_y	2900 kg/cm ²
E	2.10^6 kg/cm ²	F_u	5000 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{d}{t} = \frac{216,3}{7} = 30,9$$

$$\frac{22000}{f_y} = \frac{22000}{290} = 75,86 > 30,9 \quad \text{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

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

$$\text{Panjang batang (} L_x = L_y \text{)} = 650 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = 92,329$$

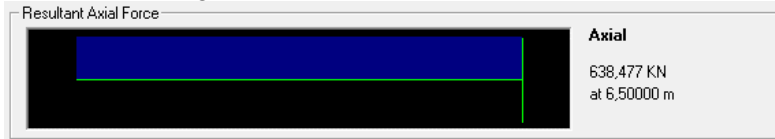
$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 1,119$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y = 79329,07 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 79329,07 = 67429,7 \text{ kg} > 46487,2 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Ikatan Angin Bawah Kontrol Tarik



Gambar 4. 17 Gaya Aksial Tarik Ikatan Angin Bawah

Gaya aksial = 638,477 kN = 63847,7 kg (tarik). Material yang dipakai Profil *Circular Hollow* 216,3 x 7 BJ50, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 10 Material Properti Ikatan Angin Bawah

d	216,3 mm	$I_x = I_y$	2520 cm ⁴
A	46,03 cm ²	$Z_x = Z_y$	233 cm ³
t	7 mm	$i_x = i_y$	7,04 cm
W	36,1 kg/m	Fy	2900 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	Fu	5000 kg/cm ²

Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 39,12 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 195627,5 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 195627,5 = 146720,6 \text{ kg} > 63847,7 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Kuat Leleh

$$A_g = 46,03 \text{ cm}^2$$

$$P_n = 0,75 \cdot A_g \cdot f_y = 100115,3 \text{ kg} > 63847,7 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

➤ Ikatan Angin Silang Antar Busur

Profil ikatan angin silang antar busur berada pada main *span* yang bertindak sebagai pengaku pada lengkung busur. Perencanaan profil sesuai dengan RRSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan.

- Ikatan Angin Silang Antar Busur Kontrol Tekan



Gambar 4. 18 Gaya Aksial Tekan Ikatan Angin Silang Antar Busur

Gaya aksial = -185,626 kN = -18562,6 kg (tekan). Material yang dipakai Profil *Circular Hollow* 216,3 x 8 BJ50, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 11 Material Properti Ikatan Angin Silang Antar Busur

d	216,3 mm	$I_x = I_y$	2840 cm ⁴
A	52,35 cm ²	$Z_x = Z_y$	263 cm ³
t	8 mm	$i_x = i_y$	7,37 cm
W	41,1 kg/m	F_y	2900 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	F_u	5000 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{d}{t} = \frac{216,3}{8} = 27,037$$

$$\frac{22000}{f_y} = \frac{22000}{290} = 75,86 > 27,037 \quad \text{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

$$\text{Faktor tekuk (Kcx = Kcy)} = 1$$

$$\text{Panjang batang (Lx = Ly)} = 1291 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = 175,169$$

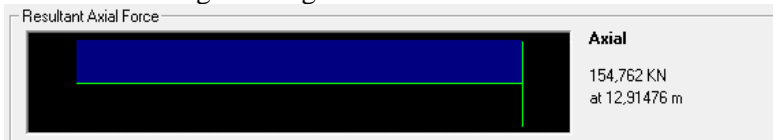
$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 2,1$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \cdot A_g \cdot f_y = 29635,45 \text{ kg}$$

$$\emptyset P_n = 0,85 \cdot 29635,45 = 25190,14 \text{ kg} > 18562,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Ikatan Angin Silang Antar Busur Kontrol Tarik



Gambar 4. 19 Gaya Aksial Tarik Ikatan Angin Silang Antar Busur

Gaya aksial = 154,762 kN = 15476,2 kg (tarik). Material yang dipakai Profil *Circular Hollow* 216,3 x 8 BJ50, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 12 Material Properti Ikatan Angin Silang Antar Busur

d	216,3 mm	$I_x = I_y$	2840 cm ⁴
A	52,35 cm ²	$Z_x = Z_y$	263 cm ³
t	8 mm	$i_x = i_y$	7,37 cm
W	41,1 kg/m	F _y	2900 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	F _u	5000 kg/cm ²

Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 44,49 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 222487,5 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 222487,5 = 166865,6 \text{ kg} > 18562,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kuat Leleh

$$A_g = 52,35 \text{ cm}^2$$

$$P_n = 0,75 \cdot A_g \cdot f_y = 113861,3 \text{ kg} > 18562,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

➤ Profil Ikatan Angin yang Digunakan

Profil ikatan angin keseluruhan yang digunakan ditunjukkan pada tabel berikut,

Tabel 4. 13 Rekapitulasi Profil Ikatan Angin

Jenis Ikatan Angin	Profil yang Dipakai
Ikatan Angin Atas	<i>Circular Hollow 267,4 x 7</i>
Ikatan Angin Bawah	<i>Circular Hollow 216,3 x 7</i>
Ikatan Angin Silang	<i>Circular Hollow 216,3 x 8</i>

4.5 Perencanaan Rangka Utama

4.5.1 Pemodelan Struktur Jembatan Busur

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini yaitu jembatan busur menerus rangka baja. Struktur yang direncanakan memiliki tiga buah bentang yaitu satu *middle span* bentang 100 m dan dua *side span* bentang 50 m.

Tinggi busur = 20 m, dengan syarat :

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

$$\frac{1}{6} \leq \frac{20}{100} \leq \frac{1}{5} \quad \text{OK}$$

Tinggi tampang busur = 4 m, dengan syarat :

$$\frac{1}{40} \leq \frac{f}{L} \leq \frac{1}{25}$$

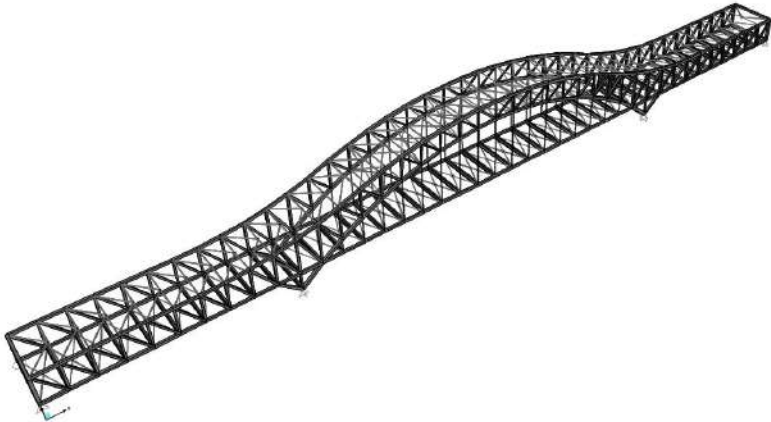
$$\frac{1}{40} \leq \frac{4}{100} \leq \frac{1}{25} \quad \text{OK}$$

Lebar jembatan = 12 m, dengan syarat :

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

$$\frac{12}{100} \leq \frac{1}{20} \quad \text{OK}$$

Pemodelan struktur pada tugas akhir ini dilakukan dengan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program bantu SAP 2000, struktur jembatan akan dimodelkan sesuai dengan kondisi nyata. Program ini akan membantu dalam perhitungan gaya-gaya yang terjadi tiap batang sesuai dengan kombinasi pembebanan pada SNI 1725:2016. Berikut adalah sketsa pemodelan pada SAP 2000,



Gambar 4. 20 Pemodelan Struktur pada SAP 2000

4.5.2 Pembebanan Beban Mati

Pembebanan beban mati mengacu pada SNI 1725:2016 dengan faktor-faktor pengali yang telah dijelaskan pada pasal 7.2.

Tabel 4. 14 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MS}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MS}^U)	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Beban mati yang dihitung meliputi,

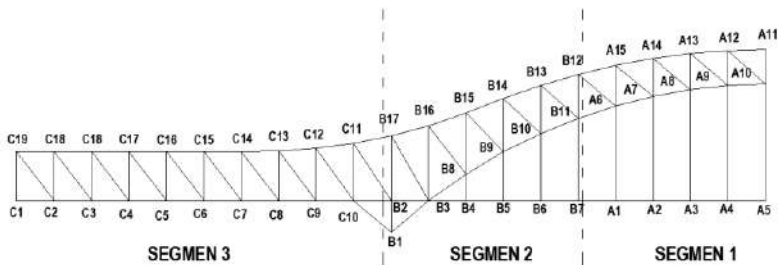
1. Beban sendiri seluruh profil baja jembatan dengan faktor pengali 1,1.
2. Beban plat beton lantai kendaraan dengan berat jenis 24 kN/m³ dan faktor pengali 1,3.
3. Beban perkerasan aspal lantai kendaraan dengan berat jenis 22 kN/m³ dan faktor pengali 1,3.

4. Beban trotoar dan bahu jalan dengan berat jenis 24 kN/m^3 dan faktor pengali 1,3.

Beban mati yang disebutkan diatas dijadikan sebagai input beban mati pada program bantu SAP 2000.

➤ **Pembagian Segmen Jembatan**

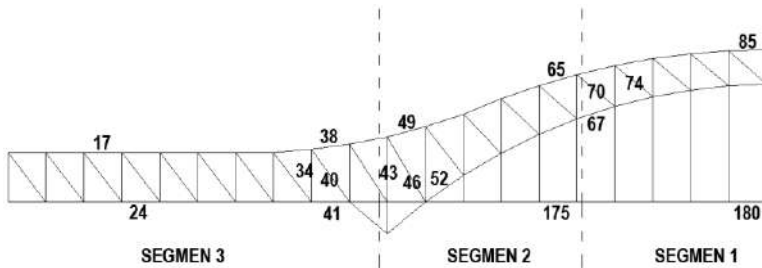
Pembagian segmen jembatan dilakukan untuk mempermudah pengelompokan jenis profil yang akan dipakai tiap segmen. Pembagian segmen dilakukan berdasarkan pada perkiraan gaya dalam yang terjadi pada bentang jembatan. Batang yang memiliki perbedaan gaya yang tidak sebanding akan dikelompokkan. Berikut adalah pembagian segmen pada tugas akhir ini,



Gambar 4. 21 Pembagian Segmen Jembatan

➤ **Penamaan Batang yang Ditinjau**

Untuk mempermudah dalam analisa kebutuhan profil, harus ditentukan batang-batang yang harus ditinjau tiap-tiap segmen. Bagian yang ditinjau antara lain batang busur atas, batang busur bawah, batang tarik, dan batang diagonal tiap-tiap segmen. Jadi setiap bagian pada segmen tertentu dapat disamakan kebutuhan profilnya.



Gambar 4. 22 Penamaan Batang yang Ditinjau

➤ **Nilai Gaya Aksial akibat Beban Mati**

Setelah input beban mati sudah dilakukan, maka dengan program bantu SAP 2000 dapat diketahuigaya aksial yang bekerja pada tiap batang yang ditinjau. Hasil yang didapatkan nantinya akan dikombinasikan dengan beban lain sesuai SNI 1725:2016. Berikut adalah gaya aksial yang didapatkan pada tiap batang yang ditinjau,

Tabel 4. 15 Rekapitulasi Gaya Aksial akibat Beban Mati

Segmen	Jenis Batang	Nomor Batang	Gaya Tekan (kN)	Gaya Tarik (kN)
Segmen 1	Busur Atas	85	4404,58	-
	Busur Bawah	67	2481,01	-
	Batang Tarik	180	-	3922,87
	Batang Diagonal	74	708,76	-
70		-	1127,21	

Lanjutan Tabel 4. 16 Rekapitulasi Gaya Aksial akibat Beban Mati

Segmen	Jenis Batang	Nomor Batang	Gaya Tekan (kN)	Gaya Tarik (kN)
Segmen 2	Busur Atas	65	1634,28	-
		49	-	1228,43
	Busur Bawah	52	6253,71	-
	Batang Tarik	175	-	3922,87
	Batang Diagonal	43	1664,99	-
		46	-	1757,54
Segmen 3	Batang Atas	17	1796,16	-
		38	-	2731,69
	Batang Bawah	41	1451,17	-
		24	-	1796,16
	Batang Diagonal	40	2148,37	-
		34	-	1956,8

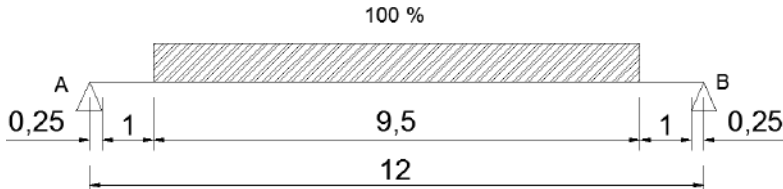
4.5.3 Pembebanan Beban Hidup

Pada tugas akhir ini, untuk mendapatkan gaya batang maksimal akibat beban hidup, digunakan cara pembagian rangka busur per segmen dalam perhitungannya dan dicari garis pengaruh dari batang yang ditinjau. Selanjutnya, kombinasi beban BTR + BGT diposisikan sesuai dengan besarnya garis pengaruh positif dan negatifnya (tarik dan tekan). Besarnya beban BTR dan BGT yang dimasukkan untuk mencari gaya aksial batang maksimum yaitu kombinasi beban BTR dan BGT yang bekerja pada seluruh bentang (SNI 1725:2016 pasal 8.3.3).

- Beban Hidup BGT + BTR

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{BTR}} &= q \cdot L \cdot \gamma_U^{TD} \\
 &= 900 \cdot 5 \cdot 2 \\
 &= 9000 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{BGT} &= (1 + FBd) \cdot p \cdot \gamma_U^{TD} \\
 &= (1 + 0,3) \cdot 4900 \cdot 2 \\
 &= 12740 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 23 Kombinasi Beban BGT + BTR Bekerja 100%

- Menghitung nilai V_{BGT} dan V_{BTR}

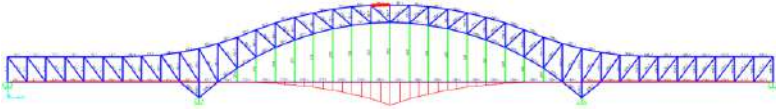
$$\begin{aligned}
 \Sigma M_B &= 0 \\
 V_{BTR} \cdot 12 &= 9000 \cdot 9,5 \cdot 6 \\
 V_{BTR} &= 42750 \text{ kg} \\
 V_{BTR} &= 427,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_B &= 0 \\
 V_{BGT} \cdot 12 &= 12740 \cdot 9,5 \cdot 6 \\
 V_{BGT} &= 60515 \text{ kg} \\
 V_{BGT} &= 605,15 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

➤ Analisa Garis Pengaruh

Analisa garis pengaruh ini menggunakan program bantu SAP 2000. Garis pengaruh yang terbentuk adalah akibat beban berjalan sebesar 1 satuan, yang nantinya hasil kumulatif adalah nilai pengali untuk beban BTR dan hasil maksimum adalah nilai pengali untuk beban BGT. Batang yang ditinjau adalah batang-batang yang sama pada saat analisa pembebanan beban mati, sehingga nantinya nilai yang didapatkan dapat dijumlahkan dan menjadi gaya akhir untuk dilakukan analisa profil baja.

- Analisa Batang 85



Gambar 4. 24 Garis Pengaruh Batang 85

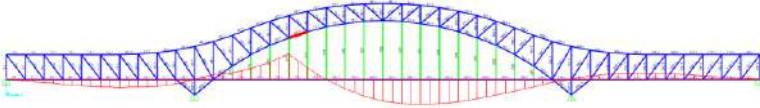
Tabel 4. 17 Nilai Garis Pengaruh Batang 85

Titik Simpul	85		Titik Simpul	85	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1		0	kanan A4	-1,5127	
kiri C2		0,0211	kanan A3	-1,091	
kiri C3		0,0452	kanan A2	-0,753	
kiri C4		0,0668	kanan A1	-0,4898	
kiri C5		0,0847	kanan B7	-0,2922	
kiri C6		0,0977	kanan B6	-0,1552	
kiri C7		0,1045	kanan B5	-0,0651	
kiri C8		0,103	kanan B4	-0,0301	
kiri C9		0,0888	kanan B3	-0,053	
kiri C10		0,0603	kanan B2		0,002926
kiri B2		0,002904	kanan C10		0,0603
kiri B3	-0,053		kanan C9		0,0888
kiri B4	-0,0301		kanan C8		0,103
kiri B5	-0,0652		kanan C7		0,1045
kiri B6	-0,1552		kanan C6		0,0977
kiri B7	-0,2923		kanan C5		0,0847
kiri A1	-0,4899		kanan C4		0,0668
kiri A2	-0,7532		kanan C3		0,0452
kiri A3	-1,0912		kanan C2		0,0211
kiri A4	-1,5128		kanan C1		0
A5	-2,0257				

$$\begin{aligned}
 F_{85(-)} &= (\sum_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-10,91 \times 427,5) + (-2,025 \times 605,15) \\
 &= -5890,18 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{85(+)} &= (\sum_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (1,35 \times 427,5) + (0,104 \times 605,15) \\
 &= 640,37 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 67



Gambar 4. 25 Garis Pengaruh Batang 67

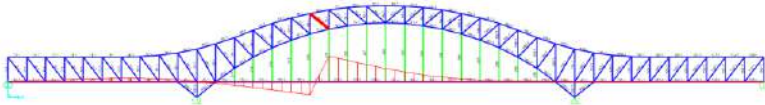
Tabel 4. 18 Nilai Garis Pengaruh Batang 67

Titik Simpul	67		Titik Simpul	67	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0		kanan A4	-0,9245	
kiri C2	-0,061		kanan A3	-0,9572	
kiri C3	-0,1307		kanan A2	-0,9296	
kiri C4	-0,1933		kanan A1	-0,8542	
kiri C5	-0,2455		kanan B7	-0,7422	
kiri C6	-0,2836		kanan B6	-0,6027	
kiri C7	-0,3042		kanan B5	-0,4475	
kiri C8	-0,3016		kanan B4	-0,2873	
kiri C9	-0,2629		kanan B3	-0,1297	
kiri C10	-0,1837		kanan B2		0,004234
kiri B2	-0,00657		kanan C10		0,134
kiri B3		0,1734	kanan C9		0,1897
kiri B4		0,2404	kanan C8		0,2167
kiri B5		0,3997	kanan C7		0,2182
kiri B6		0,642	kanan C6		0,2032
kiri B7		0,9478	kanan C5		0,1757
kiri A1		0,4288	kanan C4		0,1383
kiri A2	-0,0123		kanan C3		0,0935
kiri A3	-0,3699		kanan C2		0,0437
kiri A4	-0,6397		kanan C1		0
A5	-0,8195				

$$\begin{aligned}
 F_{67(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-9,68 \times 427,5) + (-0,95 \times 605,15) \\
 &= -4721,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{67(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (4,24 \times 427,5) + (0,94 \times 605,15) \\
 &= 2390,15 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 74



Gambar 4. 26 Garis Pengaruh Batang 74

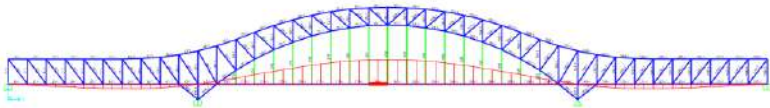
Tabel 4. 19 Nilai Garis Pengaruh Batang 74

Titik Simpul	74		Titik Simpul	74	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	0	0,2799
kiri C2	0	0,0195	Kanan A3	0	0,1966
kiri C3	0	0,0418	kanan A2	0	0,1299
kiri C4	0	0,0619	kanan A1	0	0,0785
kiri C5	0	0,0785	kanan B7	0	0,0412
kiri C6	0	0,0906	kanan B6	0	0,017
kiri C7	0	0,0971	kanan B5	0	0,003183
kiri C8	0	0,0961	kanan B4	0	0,001117
kiri C9	0	0,0835	kanan B3	0	0,0108
kiri C10	0	0,0578	kanan B2	0	1,97E-05
kiri B2	0	0,002301	kanan C10	-0,00949	0
kiri B3	-0,0533	0	kanan C9	-0,0124	0
kiri B4	-0,1106	0	kanan C8	-0,0136	0
kiri B5	-0,1762	0	kanan C7	-0,0135	0
kiri B6	-0,2466	0	kanan C6	-0,0124	0
kiri B7	-0,3167	0	kanan C5	-0,0107	0
kiri A1	-0,3838	0	kanan C4	-0,00837	0
kiri A2	0	0,759	kanan C3	-0,00565	0
kiri A3	0	0,6212	kanan C2	-0,00265	0
kiri A4	0	0,494	kanan C1	0	0
A5	0	0,3802			

$$\begin{aligned}
 F_{74(-)} &= (\sum_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-1,37 \times 427,5) + (-0,38 \times 605,15) \\
 &= -820,47 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{74(+)} &= (\sum_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (3,64 \times 427,5) + (0,75 \times 605,15) \\
 &= 2016,14 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 180



Gambar 4. 27 Garis Pengaruh Batang 180

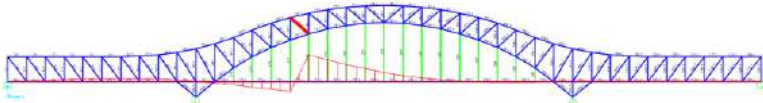
Tabel 4. 20 Nilai Garis Pengaruh Batang 180

Titik Simpul	180		Titik Simpul	180	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	0	0,8981
kiri C2	-0,0366	0	Kanan A3	0	0,8546
kiri C3	-0,0785	0	kanan A2	0	0,7847
kiri C4	-0,1161	0	kanan A1	0	0,6928
kiri C5	-0,1472	0	kanan B7	0	0,5837
kiri C6	-0,1698	0	kanan B6	0	0,4621
kiri C7	-0,1815	0	kanan B5	0	0,3339
kiri C8	-0,179	0	kanan B4	0	0,2083
kiri C9	-0,1543	0	kanan B3	0	0,0921
kiri C10	-0,1048	0	kanan B2	-0,00508	0
kiri B2	-0,00505	0	kanan C10	-0,1048	0
kiri B3	0	0,0922	kanan C9	-0,1544	0
kiri B4	0	0,2083	kanan C8	-0,179	0
kiri B5	0	0,334	kanan C7	-0,1815	0
kiri B6	0	0,4621	kanan C6	-0,1697	0
kiri B7	0	0,5837	kanan C5	-0,1472	0
kiri A1	0	0,6928	kanan C4	-0,1161	0
kiri A2	0	0,7847	kanan C3	-0,0785	0
kiri A3	0	0,8546	kanan C2	-0,0366	0
kiri A4	0	0,8981	kanan C1	0	0
A5	0	0,911			

$$\begin{aligned}
 F_{180(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-2,34 \times 427,5) + (-0,18 \times 605,15) \\
 &= -1112,63 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{180(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (10,73 \times 427,5) + (0,911 \times 605,15) \\
 &= 5139,13 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 70



Gambar 4. 28 Garis Pengaruh Batang 70

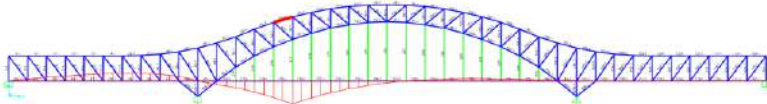
Tabel 4. 21 Nilai Garis Pengaruh Batang 70

Titik Simpul	70		Titik Simpul	70	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	0	0,1717
kiri C2	0	0,0182	Kanan A3	0	0,1
kiri C3	0	0,039	kanan A2	0	0,0459
kiri C4	0	0,0576	kanan A1	0	0,007756
kiri C5	0	0,0731	kanan B7	-0,0161	0
kiri C6	0	0,0844	kanan B6	-0,0269	0
kiri C7	0	0,0904	kanan B5	-0,0277	0
kiri C8	0	0,0894	kanan B4	-0,0182	0
kiri C9	0	0,0776	kanan B3	0	0,001036
kiri C10	0	0,0535	kanan B2	0	0,000425
kiri B2	0	0,002202	kanan C10	0	0,001051
kiri B3	-0,0491	0	kanan C9	0	0,002804
kiri B4	-0,1054	0	kanan C8	0	0,003797
kiri B5	-0,1677	0	kanan C7	0	0,004113
kiri B6	-0,2326	0	kanan C6	0	0,003993
kiri B7	-0,2952	0	kanan C5	0	0,003543
kiri A1	0	0,7672	kanan C4	0	0,00283
kiri A2	0	0,6229	kanan C3	0	0,00192
kiri A3	0	0,4887	kanan C2	0	0,000879
kiri A4	0	0,3675	kanan C1	0	0
A5	0	0,262			

$$\begin{aligned}
 F_{70(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-0,93 \times 427,5) + (-0,29 \times 605,15) \\
 &= -580,02 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{70(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (3,44 \times 427,5) + (0,76 \times 605,15) \\
 &= 1937,201 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 65



Gambar 4. 29 Garis Pengaruh Batang 65

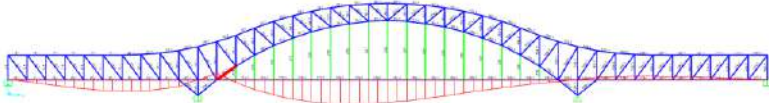
Tabel 4. 22 Nilai Garis Pengaruh Batang 65

Titik Simpul	65		Titik Simpul	65	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	-0,0196	0
kiri C2	0	0,0986	Kanan A3	0	0,058
kiri C3	0	0,2112	kanan A2	0	0,1036
kiri C4	0	0,3124	kanan A1	0	0,1259
kiri C5	0	0,3965	kanan B7	0	0,1272
kiri C6	0	0,4577	kanan B6	0	0,1157
kiri C7	0	0,4904	kanan B5	0	0,0955
kiri C8	0	0,4851	kanan B4	0	0,0676
kiri C9	0	0,4211	kanan B3	0	0,0325
kiri C10	0	0,2911	kanan B2	0	0,001101
kiri B2	0	0,0118	kanan C10	-0,0236	0
kiri B3	-0,2677	0	kanan C9	-0,0272	0
kiri B4	-0,455	0	kanan C8	-0,0282	0
kiri B5	-0,7437	0	kanan C7	-0,0271	0
kiri B6	-1,1172	0	kanan C6	-0,0244	0
kiri B7	-1,5467	0	kanan C5	-0,0207	0
kiri A1	-1,1463	0	kanan C4	-0,0161	0
kiri A2	-0,8051	0	kanan C3	-0,0108	0
kiri A3	-0,5237	0	kanan C2	-0,00515	0
kiri A4	-0,3017	0	kanan C1	0	0
A5	-0,1371	0			

$$\begin{aligned}
 F_{65(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-7,24 \times 427,5) + (-1,54 \times 605,15) \\
 &= -4034,1 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{65(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (3,9 \times 427,5) + (0,49 \times 605,15) \\
 &= 1965,29 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 52



Gambar 4. 30 Garis Pengaruh Batang 52

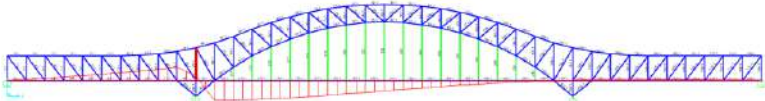
Tabel 4. 23 Nilai Garis Pengaruh Batang 52

Titik Simpul	52		Titik Simpul	52	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	-0,9372	0
kiri C2	-0,1012	0	Kanan A3	-0,8325	0
kiri C3	-0,2168	0	kanan A2	-0,7166	0
kiri C4	-0,3207	0	kanan A1	-0,5961	0
kiri C5	-0,4071	0	kanan B7	-0,4765	0
kiri C6	-0,47	0	kanan B6	-0,3621	0
kiri C7	-0,5038	0	kanan B5	-0,2555	0
kiri C8	-0,4987	0	kanan B4	-0,1647	0
kiri C9	-0,4335	0	kanan B3	-0,0937	0
kiri C10	-0,3007	0	kanan B2	0	0,001576
kiri B2	-0,0117	0	kanan C10	0	0,09
kiri B3	0	0,279	kanan C9	0	0,1231
kiri B4	-0,1318	0	kanan C8	0	0,1387
kiri B5	-0,4456	0	kanan C7	0	0,1387
kiri B6	-0,6791	0	kanan C6	0	0,1286
kiri B7	-0,8616	0	kanan C5	0	0,1109
kiri A1	-0,9891	0	kanan C4	0	0,0872
kiri A2	-1,0665	0	kanan C3	0	0,0589
kiri A3	-1,0957	0	kanan C2	0	0,0276
kiri A4	-1,0797	0	kanan C1	0	0
A5	-1,0231	0			

$$\begin{aligned}
 F_{52(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-15,07 \times 427,5) + (-1,09 \times 605,15) \\
 &= -7106,04 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{52(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (3,9 \times 427,5) + (0,49 \times 605,15) \\
 &= 675,11 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 43



Gambar 4. 31 Garis Pengaruh Batang 43

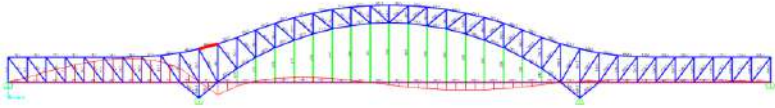
Tabel 4. 24 Nilai Garis Pengaruh Batang 43

Titik Simpul	43		Titik Simpul	43	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	-0,2386	0
kiri C2	0	0,0318	Kanan A3	-0,2	0
kiri C3	0	0,0623	kanan A2	-0,1637	0
kiri C4	0	0,0938	kanan A1	-0,1302	0
kiri C5	0	0,1271	kanan B7	-0,0997	0
kiri C6	0	0,1627	kanan B6	-0,0727	0
kiri C7	0	0,2011	kanan B5	-0,0492	0
kiri C8	0	0,2434	kanan B4	-0,0307	0
kiri C9	0	0,2915	kanan B3	-0,0184	0
kiri C10	0	0,3462	kanan B2	0	0,000568
kiri B2	0	0,1263	kanan C10	0	0,0189
kiri B3	-0,5335	0	kanan C9	0	0,0266
kiri B4	-0,5258	0	kanan C8	0	0,0304
kiri B5	-0,5097	0	kanan C7	0	0,0306
kiri B6	-0,4867	0	kanan C6	0	0,0285
kiri B7	-0,4598	0	kanan C5	0	0,0246
kiri A1	-0,4117	0	kanan C4	0	0,0194
kiri A2	-0,3946	0	kanan C3	0	0,0131
kiri A3	-0,3577	0	kanan C2	0	0,006115
kiri A4	-0,3188	0	kanan C1	0	0
A5	-0,2786	0			

$$\begin{aligned}
 F_{43(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-5,28 \times 427,5) + (-0,53 \times 605,15) \\
 &= -2580,09 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{43(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (1,88 \times 427,5) + (0,34 \times 605,15) \\
 &= 1015,33 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 49



Gambar 4. 32 Garis Pengaruh Batang 49

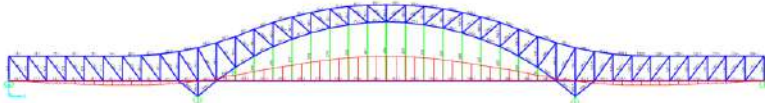
Tabel 4. 25 Nilai Garis Pengaruh Batang 49

Titik Simpul	49		Titik Simpul	49	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	-0,136	0
kiri C2	0	0,1234	Kanan A3	-0,1797	0
kiri C3	0	0,2646	kanan A2	-0,2054	0
kiri C4	0	0,3913	kanan A1	-0,2122	0
kiri C5	0	0,4966	kanan B7	-0,2006	0
kiri C6	0	0,5732	kanan B6	-0,1716	0
kiri C7	0	0,6139	kanan B5	-0,1292	0
kiri C8	0	0,6071	kanan B4	-0,0761	0
kiri C9	0	0,5264	kanan B3	-0,0161	0
kiri C10	0	0,3628	kanan B2	0	0,003925
kiri B2	0	0,0151	kanan C10	0	0,0323
kiri B3	-0,3313	0	kanan C9	0	0,0555
kiri B4	-0,1039	0	kanan C8	0	0,0678
kiri B5	0	0,0315	kanan C7	0	0,0704
kiri B6	0	0,0965	kanan C6	0	0,0668
kiri B7	0	0,1252	kanan C5	0	0,0584
kiri A1	0	0,1202	kanan C4	0	0,0463
kiri A2	0	0,0906	kanan C3	0	0,0313
kiri A3	0	0,043	kanan C2	0	0,0145
kiri A4	-0,0155	0	kanan C1	0	0
A5	-0,0768	0			

$$\begin{aligned}
 F_{49(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-1,85 \times 427,5) + (-0,33 \times 605,15) \\
 &= -993,24 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{49(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (4,92 \times 427,5) + (0,61 \times 605,15) \\
 &= 2478,48 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 175



Gambar 4. 33 Garis Pengaruh Batang 175

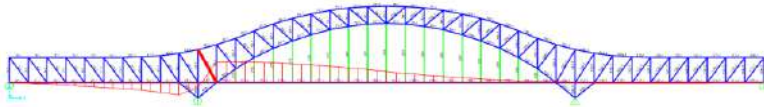
Tabel 4. 26 Nilai Garis Pengaruh Batang 175

Titik Simpul	175		Titik Simpul	175	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	0	0,8981
kiri C2	-0,0366	0	Kanan A3	0	0,8546
kiri C3	-0,0785	0	kanan A2	0	0,7847
kiri C4	-0,1161	0	kanan A1	0	0,6928
kiri C5	-0,1472	0	kanan B7	0	0,5837
kiri C6	-0,1698	0	kanan B6	0	0,4621
kiri C7	-0,1815	0	kanan B5	0	0,3339
kiri C8	-0,179	0	kanan B4	0	0,2083
kiri C9	-0,1543	0	kanan B3	0	0,0921
kiri C10	-0,1048	0	kanan B2	-0,0549	0
kiri B2	-0,00505	0	kanan C10	-0,1048	0
kiri B3	0	0,0922	kanan C9	-0,1544	0
kiri B4	0	0,2083	kanan C8	-0,179	0
kiri B5	0	0,334	kanan C7	-0,1815	0
kiri B6	0	0,4621	kanan C6	-0,1697	0
kiri B7	0	0,5837	kanan C5	-0,1472	0
kiri A1	0	0,6928	kanan C4	-0,1161	0
kiri A2	0	0,7847	kanan C3	-0,0785	0
kiri A3	0	0,8546	kanan C2	-0,0366	0
kiri A4	0	0,8981	kanan C1	0	0
A5	0	0,911			

$$\begin{aligned}
 F_{175(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-2,39 \times 427,5) + (-0,18 \times 605,15) \\
 &= -1133,93 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{175(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (10,73 \times 427,5) + (0,911 \times 605,15) \\
 &= 5139,13 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 46



Gambar 4. 34 Garis Pengaruh Batang 46

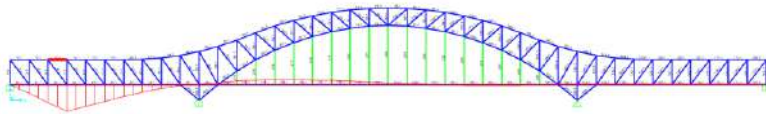
Tabel 4. 27 Nilai Garis Pengaruh Batang 46

Titik Simpul	46		Titik Simpul	46	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	0	0,2385
kiri C2	-0,0249	0	Kanan A3	0	0,1956
kiri C3	-0,0472	0	kanan A2	0	0,1563
kiri C4	-0,0716	0	kanan A1	0	0,1211
kiri C5	-0,0992	0	kanan B7	0	0,0902
kiri C6	-0,1311	0	kanan B6	0	0,0642
kiri C7	-0,1683	0	kanan B5	0	0,0425
kiri C8	-0,2125	0	kanan B4	0	0,0269
kiri C9	-0,2678	0	kanan B3	0	0,0181
kiri C10	-0,3352	0	kanan B2	-0,00033	0
kiri B2	-0,13	0	kanan C10	-0,0175	0
kiri B3	0	0,5314	kanan C9	-0,0255	0
kiri B4	0	0,5384	kanan C8	-0,0271	0
kiri B5	0	0,5306	kanan C7	-0,0271	0
kiri B6	0	0,511	kanan C6	-0,0251	0
kiri B7	0	0,485	kanan C5	-0,0217	0
kiri A1	0	0,4525	kanan C4	-0,017	0
kiri A2	0	0,4151	kanan C3	-0,0115	0
kiri A3	0	0,3737	kanan C2	-0,00539	0
kiri A4	0	0,3295	kanan C1	0	0
A5	0	0,2839			

$$\begin{aligned}
 F_{46(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-1,66 \times 427,5) + (-0,33 \times 605,15) \\
 &= -915,07 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{46(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (5,404 \times 427,5) + (0,53 \times 605,15) \\
 &= 2636,23 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 17



Gambar 4. 35 Garis Pengaruh Batang 17

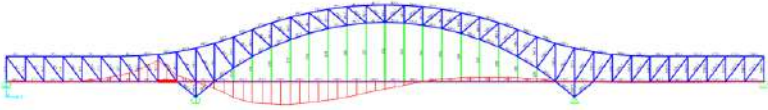
Tabel 4. 28 Nilai Garis Pengaruh Batang 17

Titik Simpul	17		Titik Simpul	17	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	0	0,0394
kiri C2	-0,4812	0	Kanan A3	0	0,004693
kiri C3	-0,9541	0	kanan A2	-0,0213	0
kiri C4	-1,4335	0	kanan A1	-0,0381	0
kiri C5	-1,1538	0	kanan B7	-0,0456	0
kiri C6	-0,8875	0	kanan B6	-0,0442	0
kiri C7	-0,6377	0	kanan B5	-0,0355	0
kiri C8	-0,4101	0	kanan B4	-0,0202	0
kiri C9	-0,2168	0	kanan B3	0	0,000638
kiri C10	-0,0619	0	kanan B2	0	0,00146
kiri B2	0	0,007011	kanan C10	0	0,006183
kiri B3	0	0,0763	kanan C9	0	0,013
kiri B4	0	0,1712	kanan C8	0	0,0168
kiri B5	0	0,223	kanan C7	0	0,0178
kiri B6	0	0,2416	kanan C6	0	0,0171
kiri B7	0	0,2429	kanan C5	0	0,0151
kiri A1	0	0,2281	kanan C4	0	0,012
kiri A2	0	0,2013	kanan C3	0	0,008141
kiri A3	0	0,1655	kanan C2	0	0,003744
kiri A4	0	0,1243	kanan C1	0	0
A5	0	0,0814			

$$\begin{aligned}
 F_{17(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-6,44 \times 427,5) + (-1,43 \times 605,15) \\
 &= -3621,22 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{17(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (1,91 \times 427,5) + (0,24 \times 605,15) \\
 &= 967,22 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 41



Gambar 4. 36 Garis Pengaruh Batang 41

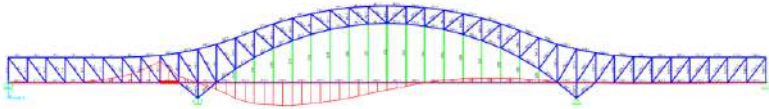
Tabel 4. 29 Nilai Garis Pengaruh Batang 41

Titik Simpul	41		Titik Simpul	41	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	-0,0984	0
kiri C2	0	0,000869	Kanan A3	-0,0117	0
kiri C3	-0,0188	0	kanan A2	0	0,0533
kiri C4	-0,0218	0	kanan A1	0	0,0951
kiri C5	0	0,000116	kanan B7	0	0,1139
kiri C6	0	0,0553	kanan B6	0	0,1104
kiri C7	0	0,1522	kanan B5	0	0,0889
kiri C8	0	0,3042	kanan B4	0	0,0504
kiri C9	0	0,5418	kanan B3	-0,0016	0
kiri C10	0	0,1547	kanan B2	-0,00365	0
kiri B2	-0,0175	0	kanan C10	-0,0155	0
kiri B3	-0,1906	0	kanan C9	-0,0325	0
kiri B4	-0,428	0	kanan C8	-0,0419	0
kiri B5	-0,5575	0	kanan C7	-0,0445	0
kiri B6	-0,604	0	kanan C6	-0,0428	0
kiri B7	-0,6072	0	kanan C5	-0,0377	0
kiri A1	-0,57	0	kanan C4	-0,03	0
kiri A2	-0,5031	0	kanan C3	-0,0203	0
kiri A3	-0,4137	0	kanan C2	-0,00936	0
kiri A4	-0,3107	0	kanan C1	0	0
A5	-0,2034	0			

$$\begin{aligned}
 F_{41(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-4,83 \times 427,5) + (-0,60 \times 605,15) \\
 &= -2434,92 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{41(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (1,72 \times 427,5) + (0,54 \times 605,15) \\
 &= 1063,67 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 40



Gambar 4. 37 Garis Pengaruh Batang 40

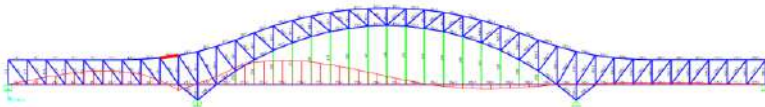
Tabel 4. 30 Nilai Garis Pengaruh Batang 40

Titik Simpul	40		Titik Simpul	40	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	-4,20E-03	0
kiri C2	-0,1404	0	Kanan A3	-5,00E-04	0
kiri C3	-0,2816	0	kanan A2	0	0,002272
kiri C4	-0,4221	0	kanan A1	0	0,004058
kiri C5	-0,5616	0	kanan B7	0	0,004858
kiri C6	-0,6996	0	kanan B6	0	0,004707
kiri C7	-0,8359	0	kanan B5	0	0,00379
kiri C8	-0,9698	0	kanan B4	0	0,002151
kiri C9	-1,0998	0	kanan B3	-6,80E-05	0
kiri C10	0	0,0066	kanan B2	-1,56E-04	0
kiri B2	-0,00075	0	kanan C10	-6,59E-04	0
kiri B3	-0,00813	0	kanan C9	-1,39E-03	0
kiri B4	-0,0183	0	kanan C8	-1,79E-03	0
kiri B5	-0,0238	0	kanan C7	-1,90E-03	0
kiri B6	-0,0258	0	kanan C6	-1,82E-03	0
kiri B7	-0,0259	0	kanan C5	-1,61E-03	0
kiri A1	-0,0243	0	kanan C4	-1,28E-03	0
kiri A2	-0,0215	0	kanan C3	-8,68E-04	0
kiri A3	-0,0176	0	kanan C2	-3,99E-04	0
kiri A4	-0,0133	0	kanan C1	0,00E+00	0
A5	-0,00868	0			

$$\begin{aligned}
 F_{40(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-5,21 \times 427,5) + (-1,09 \times 605,15) \\
 &= -2895,16 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{40(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (0,028 \times 427,5) + (0,006 \times 605,15) \\
 &= 16,15 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 38



Gambar 4. 38 Garis Pengaruh Batang 38

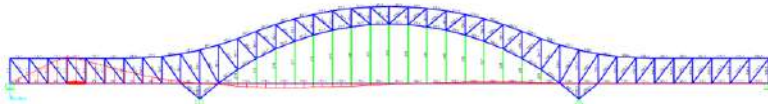
Tabel 4. 31 Nilai Garis Pengaruh Batang 38

Titik Simpul	38		Titik Simpul	38	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	0	0,1018
kiri C2	0	0,082	Kanan A3	0	0,0121
kiri C3	0	0,1852	kanan A2	-0,0551	0
kiri C4	0	0,2712	kanan A1	-0,0984	0
kiri C5	0	0,3313	kanan B7	-0,1178	0
kiri C6	0	0,3571	kanan B6	-0,1141	0
kiri C7	0	0,3398	kanan B5	-0,0919	0
kiri C8	0	0,2653	kanan B4	-0,0522	0
kiri C9	0	0,1023	kanan B3	0	0,00165
kiri C10	-0,16	0	kanan B2	0	0,003774
kiri B2	0	0,0181	kanan C10	0	0,016
kiri B3	0	0,1971	kanan C9	0	0,0336
kiri B4	0	0,4426	kanan C8	0	0,0433
kiri B5	0	0,5766	kanan C7	0	0,0451
kiri B6	0	0,6247	kanan C6	0	0,0442
kiri B7	0	0,628	kanan C5	0	0,039
kiri A1	0	0,5896	kanan C4	0	0,031
kiri A2	0	0,5203	kanan C3	0	0,021
kiri A3	0	0,3747	kanan C2	0	0,004841
kiri A4	0	0,3214	kanan C1	0	0
A5	0	0,2104			

$$\begin{aligned}
 F_{38(-)} &= (\sum_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-0,68 \times 427,5) + (-0,16 \times 605,15) \\
 &= -391,58 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{38(+)} &= (\sum_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (6,83 \times 427,5) + (0,628 \times 605,15) \\
 &= 3302,02 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 24



Gambar 4. 39 Garis Pengaruh Batang 24

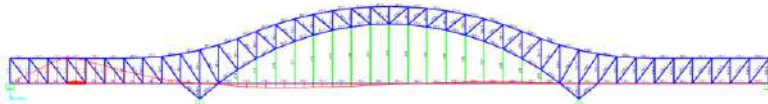
Tabel 4. 32 Nilai Garis Pengaruh Batang 24

Titik Simpul	24		Titik Simpul	24	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	-0,0394	0
kiri C2	0	0,4812	Kanan A3	-0,00469	0
kiri C3	0	0,9541	kanan A2	0	0,0213
kiri C4	0	1,4335	kanan A1	0	0,0381
kiri C5	0	1,1538	kanan B7	0	0,0456
kiri C6	0	0,8875	kanan B6	0	0,0442
kiri C7	0	0,6377	kanan B5	0	0,0355
kiri C8	0	0,4101	kanan B4	0	0,0202
kiri C9	0	0,2168	kanan B3	-0,00064	0
kiri C10	0	0,0619	kanan B2	-0,00146	0
kiri B2	-0,00701	0	kanan C10	-0,00618	0
kiri B3	-0,0763	0	kanan C9	-0,013	0
kiri B4	-0,1712	0	kanan C8	-0,0168	0
kiri B5	-0,223	0	kanan C7	-0,0178	0
kiri B6	-0,2416	0	kanan C6	-0,0171	0
kiri B7	-0,2429	0	kanan C5	-0,0151	0
kiri A1	-0,2281	0	kanan C4	-0,012	0
kiri A2	-0,2013	0	kanan C3	-0,00814	0
kiri A3	-0,1655	0	kanan C2	-0,00374	0
kiri A4	-0,1243	0	kanan C1	0	0
A5	-0,0814	0			

$$\begin{aligned}
 F_{24(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-1,91 \times 427,5) + (-0,24 \times 605,15) \\
 &= -967,22 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{24(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (6,44 \times 427,5) + (1,43 \times 605,15) \\
 &= 3621,22 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Analisa Batang 34



Gambar 4. 40 Garis Pengaruh Batang 34

Tabel 4. 33 Nilai Garis Pengaruh Batang 34

Titik Simpul	34		Titik Simpul	34	
	Tekan (-)	Tarik (+)		Tekan (-)	Tarik (+)
kiri C1	0	0	kanan A4	0	0,009779
kiri C2	0	0,1249	Kanan A3	0	0,001166
kiri C3	0	0,2519	kanan A2	-0,00529	0
kiri C4	0	0,3772	kanan A1	-0,00946	0
kiri C5	0	0,5	kanan B7	-0,0113	0
kiri C6	0	0,6195	kanan B6	-0,011	0
kiri C7	0	0,7349	kanan B5	-0,00883	0
kiri C8	0	0,8955	kanan B4	-0,00501	0
kiri C9	0	0,946	kanan B3	0	0,000159
kiri C10	-0,0154	0	kanan B2	0	0,000363
kiri B2	0	0,001741	kanan C10	0	0,001536
kiri B3	0	0,0189	kanan C9	0	0,003228
kiri B4	0	0,0425	kanan C8	0	0,004163
kiri B5	0	0,0554	kanan C7	0	0,004424
kiri B6	0	0,06	kanan C6	0	0,004249
kiri B7	0	0,0603	kanan C5	0	0,003747
kiri A1	0	0,0566	kanan C4	0	0,002983
kiri A2	0	0,05	kanan C3	0	0,002022
kiri A3	0	0,0411	kanan C2	0	0,00093
kiri A4	0	0,0309	kanan C1	0	0
A5	0	0,0202			

$$\begin{aligned}
 F_{34(-)} &= (\Sigma_{(-)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(-)} \times V_{BGT}) \\
 &= (-0,066 \times 427,5) + (-0,015 \times 605,15) \\
 &= -37,65 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{34(+)} &= (\Sigma_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT}) \\
 &= (4,92 \times 427,5) + (0,94 \times 605,15) \\
 &= 2678,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

4.5.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan untuk mendapatkan gaya aksial akhir tiap batang yang ditinjau menggunakan kombinasi sesuai dengan SNI 1725:2016. Kombinasi dengan nilai terbesar menggunakan kombinasi Kuat I, yaitu kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai. Berikut adalah rekapitulasi hasil kombinasi Kuat I,

Tabel 4. 34 Rekapitulasi Total Gaya Aksial

Nama Batang	Beban Mati (kN)	Beban Hidup Tarik/Tekan (kN)	Total Gaya (kN)	Jenis Batang	Kontrol
85	-4404,58	-5890,18	-10294,76	Tekan	Tekan
		640,38	-3764,20	Tekan	
67	-2481,01	-4721,46	-7202,47	Tekan	Tekan
		2390,15	-90,86	Tekan	
74	-708,76	-820,48	-1529,24	Tekan	Tekan
		2016,14	1307,38	Tarik	
180	3922,87	-1112,63	2810,24	Tarik	Tarik
		5139,14	9062,01	Tarik	
70	1127,21	-580,02	547,19	Tarik	Tarik
		1937,20	3064,41	Tarik	
65	-1634,28	-4034,10	-5668,38	Tekan	Tekan
		1965,30	331,02	Tarik	
52	-6253,71	-7106,04	-13359,75	Tekan	Tekan
		675,11	-5578,60	Tekan	

Lanjutan Tabel 4. 35 Rekapitulasi Total Gaya Aksial

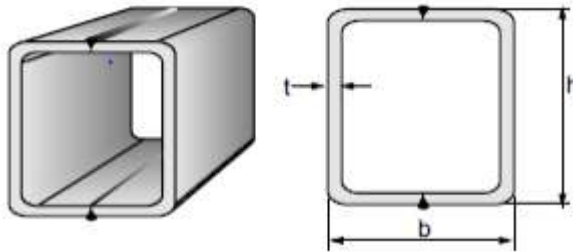
43	-1664,99	-2580,09	-4245,08	Tekan	Tekan
		1015,33	-649,66	Tekan	
49	1228,43	-993,24	235,19	Tarik	Tarik
		2478,49	3706,92	Tarik	
175	3922,87	-1133,93	2788,94	Tarik	Tarik
		5139,14	9062,01	Tarik	
46	1757,54	-915,07	842,47	Tarik	Tarik
		2636,24	4393,78	Tarik	
17	-1796,16	-3621,22	-5417,38	Tekan	Tekan
		967,22	-828,94	Tekan	
41	-1451,17	-2434,92	-3886,09	Tekan	Tekan
		1063,68	-387,49	Tekan	
40	-2148,37	-2895,16	-5043,53	Tekan	Tekan
		16,15	-2132,22	Tekan	
38	2731,69	-391,59	2340,10	Tarik	Tarik
		3302,02	6033,71	Tarik	
24	1796,16	-967,22	828,94	Tarik	Tarik
		3621,22	5417,38	Tarik	
34	1956,8	-37,66	1919,14	Tarik	Tarik
		2678,46	4635,26	Tarik	

4.5.5 Perencanaan Profil Rangka Utama

Perencanaan profil rangka utama menggunakan material baja dengan kontrol sesuai RRSNI T-03-2005 tentang Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan. Batang-batang yang dianalisa sesuai dengan yang telah ditentukan pada subbab sebelumnya. Profil yang digunakan adalah profil Rectangular *Hollow* dengan detail profil sesuai dengan produk *PT. Gunung Raja Paksi*.

Tabel 4. 36 Brosur Profil Rectangular *Hollow*

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	52.94	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	4.680.00	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	84.57	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	138.60	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	234.60	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	309.60	92.800.00	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	160.800.00	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	266.32	324.10	253.300.00	7.240.00	28.00
700	700	16.00	45	338.46	426.60	328.500.00	9.380.00	27.70
700	700	19.00	45	399.00	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



Gambar 4. 41 Sketsa Profil Rectangular *Hollow*
(Sumber : PT. Gunung Raja Paksi Steel)

- Batang 85

Gaya aksial = -10294,8 kN = -1029480 kg (tekan). Material yang dipakai Profil Rectangular *Hollow* 600x600x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 37 Material Properti Batang 85

b=h	600 mm	$I_x = I_y$	291400 cm ⁴
A	546 cm ²	$Z_x = Z_y$	9710 cm ³
t	25 mm	$i_x = i_y$	23,1 cm
W	438,74 kg/m	F_y	4100 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	F_u	5500 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{b}{t} = \frac{600}{25} = 24$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,86 > 24 \quad \text{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

$$\begin{aligned} \text{Faktor tekuk (Kcx = Kcy)} &= 1 \\ \text{Panjang batang (Lx = Ly)} &= 500,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = 21,65$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,312$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y = 2149818 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 2149818 = 1827346 \text{ kg} > 1029480 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Batang 67

Gaya aksial = -7202,47 kN = -720247 kg (tekan). Material yang dipakai Profil Rectangular *Hollow* 500x500x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 38 Material Properti Batang 67

b=h	500 mm	$I_x = I_y$	160900 cm ⁴
A	360,24 cm ²	$Z_x = Z_y$	6440 cm ³
t	25 mm	$i_x = i_y$	19 cm
W	360,24 kg/m	F_y	4100 kg/cm ²
E	$2 \cdot 10^6$ kg/cm ²	F_u	5500 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{b}{t} = \frac{600}{25} = 20$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,86 > 20 \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

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

Panjang batang ($L_x = L_y$) = 525,7 cm

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = 27,66$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,398$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y = 1382552 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1382552 = 1175169 \text{ kg} > 720247 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Batang 74

Gaya aksial = -1529,24 kN = -152924 kg (tekan). Material yang dipakai Profil Rectangular *Hollow* 250x250x16 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 39 Material Properti Batang 74

b=h	250 mm	$I_x = I_y$	12000 cm ⁴
A	138,8 cm ²	$Z_x = Z_y$	964 cm ³
t	16 mm	$i_x = i_y$	9,32 cm
W	112,38 kg/m	F_y	4100 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	F_u	5500 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{b}{t} = \frac{250}{16} = 15,62$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,86 > 15,62 \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

$$\text{Faktor tekuk (Kcx = Kcy)} = 1$$

$$\text{Panjang batang (Lx = Ly)} = 648,5 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = 69,58$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = 1,002$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot fy = 374713,7 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 374713,7 = 318506,7 \text{ kg} > 152924 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Batang 180

Gaya aksial = 9062,006 kN = 906200,6 kg (tarik). Material yang dipakai Profil BOX 500x500x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 40 Material Properti Batang 180

b=h	500 mm	Ix =Iy	160900 cm ⁴
A	360,24 cm ²	Zx = Zy	6440 cm ³
t	25 mm	ix = iy	19 cm
W	360,24 kg/m	Fy	4100 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	Fu	5500 kg/ cm ²

Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 306,204 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot fu = 1684122 \text{ kg}$$

$$\emptyset Pn = 0,75 \cdot 1684122 = 1263092 \text{ kg} > 906200,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kuat Leleh

$$\emptyset Pn = 0,75 \cdot Ag \cdot fy = 1107738 \text{ kg} > 906200,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Batang 70

Gaya aksial = 3064,411 kN = 306441,1 kg (tarik). Material yang dipakai Profil BOX 250x250x16 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 41 Material Properti Batang 70

b=h	250 mm	$I_x = I_y$	12000 cm ⁴
A	138,8 cm ²	$Z_x = Z_y$	964 cm ³
t	16 mm	$i_x = i_y$	9,32 cm
W	112,38 kg/m	Fy	4100 kg/cm ²
E	$2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$	Fu	5500 kg/cm ²

Kuat Putus

$$Ae = 0,85 \cdot Ag = 117,98 \text{ cm}^2$$

$$Pn = Ae \cdot fu = 648890 \text{ kg}$$

$$\emptyset Pn = 0,75 \cdot 648890 = 486667 \text{ kg} > 306441,1 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kuat Leleh

$$\emptyset Pn = 0,75 \cdot Ag \cdot fy = 426810 \text{ kg} > 306441,1 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Batang 65

Gaya aksial = -5668,38 kN = -566838 kg (tekan). Material yang dipakai Profil BOX 500x500x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 42 Material Properti Batang 65

b=h	500 mm	$I_x = I_y$	160900 cm^4
A	$360,24 \text{ cm}^2$	$Z_x = Z_y$	6440 cm^3
t	25 mm	$i_x = i_y$	19 cm
W	$360,24 \text{ kg/m}$	F_y	4100 kg/cm^2
E	2.10^6 kg/cm^2	F_u	5500 kg/cm^2

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{25} = 20$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,86 > 20 \quad \text{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

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

$$\text{Panjang batang (} L_x = L_y \text{)} = 520,7 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = 27,40$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,394$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y = 1384238 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1384238 = 1176640 \text{ kg} > 566838 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Batang 52
Gaya aksial = -13359,8 kN = -1335975 kg (tekan). Material yang dipakai Profil BOX 600x600x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 43 Material Properti Batang 52

b=h	600 mm	$I_x = I_y$	291400 cm ⁴
A	546 cm ²	$Z_x = Z_y$	9710 cm ³
t	25 mm	$i_x = i_y$	23,1 cm
W	438,74 kg/m	F_y	4100 kg/cm ²
E	2.10^6 kg/cm ²	F_u	5500 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{b}{t} = \frac{600}{25} = 24$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,86 > 24 \quad \text{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

$$\text{Faktor tekuk (Kcx = Kcy)} = 1$$

$$\text{Panjang batang (Lx = Ly)} = 611,3 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{Kcx \cdot Lx}{i_x} = 26,46$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,381$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y = 2107306 \text{ kg}$$

$$\emptyset P_n = 0,85 \cdot 2107306 = 1791210 \text{ kg} > 1335975 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Batang 43
Gaya aksial = -4245,08 kN = -424508 kg (tekan). Material yang dipakai Profil BOX 350x350x16 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 44 Material Properti Batang 43

b=h	350 mm	$I_x = I_y$	36500 cm ⁴
A	202,8 cm ²	$Z_x = Z_y$	2090 cm ³
t	16 mm	$i_x = i_y$	13,4 cm
W	162,62 kg/m	F_y	4100 kg/cm ²
E	2.10^6 kg/cm ²	F_u	5500 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{b}{t} = \frac{350}{16} = 21,87$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,86 > 21,87 \quad \text{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

$$\begin{aligned} \text{Faktor tekuk (Kcx = Kcy)} &= 1 \\ \text{Panjang batang (Lx = Ly)} &= 860,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{Kcx \cdot Lx}{i_x} = 64,21$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,925$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y = 582484,6 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 582484,6 = 495111,9 \text{ kg} > 424508 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Batang 49

Gaya aksial = 3706,919 kN = 370691,9 kg (tarik). Material yang dipakai Profil BOX 500x500x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 45 Material Properti Batang 49

b=h	500 mm	$I_x = I_y$	160900 cm ⁴
A	360,24 cm ²	$Z_x = Z_y$	6440 cm ³
t	25 mm	$i_x = i_y$	19 cm
W	360,24 kg/m	F _y	4100 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	F _u	5500 kg/cm ²

Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 306,204 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 1684122 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 1684122 = 1263092 \text{ kg} > 370691,9 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kuat Leleh

$$\phi P_n = 0,75 \cdot A_g \cdot f_y = 1107738 \text{ kg} > 370691,9 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Batang 175

Gaya aksial = 9062,006 kN = 906200,6 kg (tarik). Material yang dipakai Profil BOX 500x500x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 46 Material Properti Batang 175

b=h	500 mm	$I_x = I_y$	160900 cm ⁴
A	360,24 cm ²	$Z_x = Z_y$	6440 cm ³
t	25 mm	$i_x = i_y$	19 cm
W	360,24 kg/m	F _y	4100 kg/cm ²
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	F _u	5500 kg/cm ²

Kuat Putus

$$Ae = 0,85 \cdot Ag = 306,204 \text{ cm}^2$$

$$Pn = Ae \cdot fu = 1684122 \text{ kg}$$

$$\emptyset Pn = 0,75 \cdot 1684122 = 1263092 \text{ kg} > 906200,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kuat Leleh

$$\emptyset Pn = 0,75 \cdot Ag \cdot fy = 1107738 \text{ kg} > 906200,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Batang 46

Gaya aksial = 4393,777 kN = 439377,7 kg (tarik). Material yang dipakai Profil BOX 300x300x16 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 47 Material Properti Batang 46

b=h	300 mm	$I_x = I_y$	22100 cm ⁴
A	170,8 cm ²	$Z_x = Z_y$	1470 cm ³
t	16 mm	$i_x = i_y$	11,4 cm
W	137,5 kg/m	Fy	4100 kg/cm ²
E	$2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$	Fu	5500 kg/cm ²

Kuat Putus

$$Ae = 0,85 \cdot Ag = 145,18 \text{ cm}^2$$

$$Pn = Ae \cdot fu = 798490 \text{ kg}$$

$$\emptyset Pn = 0,75 \cdot 798490 = 598867,5 \text{ kg} > 439377,7 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kuat Leleh

$$\emptyset Pn = 0,75 \cdot Ag \cdot fy = 525210 \text{ kg} > 439377,7 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Batang 17
Gaya aksial = -5417,38 kN = -541738 kg (tekan). Material yang dipakai Profil BOX 500x500x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 48 Material Properti Batang 17

b=h	500 mm	$I_x = I_y$	160900 cm ⁴
A	360,24 cm ²	$Z_x = Z_y$	6440 cm ³
t	25 mm	$i_x = i_y$	19 cm
W	360,24 kg/m	F_y	4100 kg/cm ²
E	2.10^6 kg/cm ²	F_u	5500 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{b}{t} = \frac{500}{25} = 20$$

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,86 > 20 \quad \text{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

$$\begin{aligned} \text{Faktor tekuk (Kcx = Kcy)} &= 1 \\ \text{Panjang batang (Lx = Ly)} &= 500 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{K_{cx} \cdot L_x}{i_x} = 26,31$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,379$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y = 1391293 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1391293 = 1182599 \text{ kg} > 541738 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Batang 40
Gaya aksial = -5043,53 kN = -504353 kg (tekan). Material yang dipakai Profil BOX 400x400x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 49 Material Properti Batang 40

b=h	400 mm	$I_x = I_y$	76500 cm ⁴
A	346 cm ²	$Z_x = Z_y$	3830 cm ³
t	25 mm	$i_x = i_y$	14,9 cm
W	281,74 kg/m	F_y	4100 kg/cm ²
E	2.10^6 kg/cm ²	F_u	5500 kg/cm ²

Kontrol Kelangsingan

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

$$\frac{625}{\sqrt{f_y}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,86 > 16 \quad \text{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

$$\begin{aligned} \text{Faktor tekuk (Kcx = Kcy)} &= 1 \\ \text{Panjang batang (Lx = Ly)} &= 855 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{Kcx \cdot Lx}{i_x} = 57,38$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = 0,827$$

Sehingga kuat nominal penampang,

$$P_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot A_g \cdot f_y = 1067677 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 1067677 = 907525,7 \text{ kg} > 504353 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Batang 38

Gaya aksial = 6033,71 kN = 603371,4 kg (tarik). Material yang dipakai Profil BOX 500x500x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 50 Material Properti Batang 38

b=h	500 mm	$I_x = I_y$	160900 cm ⁴
A	360,24 cm ²	$Z_x = Z_y$	6440 cm ³
t	25 mm	$i_x = i_y$	19 cm
W	360,24 kg/m	Fy	4100 kg/cm ²
E	2.10^6 kg/cm ²	Fu	5500 kg/cm ²

Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 306,204 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 1684122 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 798490 = 1263092 \text{ kg} > 603371,4 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kuat Leleh

$$\phi P_n = 0,75 \cdot A_g \cdot f_y = 1107738 \text{ kg} > 603371,4 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

- Batang 34

Gaya aksial = 4635,26 kN = 463526 kg (tarik). Material yang dipakai Profil BOX 350x350x16 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 51 Material Properti Batang 34

b=h	350 mm	$I_x = I_y$	40700 cm ⁴
A	233,8 cm ²	$Z_x = Z_y$	2320 cm ³
t	16 mm	$i_x = i_y$	13,2 cm
W	190,18 kg/m	Fy	4100 kg/cm ²
E	2.10^6 kg/cm ²	Fu	5500 kg/cm ²

Kuat Putus

$$A_e = 0,85 \cdot A_g = 198,73 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e \cdot f_u = 1093015 \text{ kg}$$

$$\phi P_n = 0,75 \cdot 1093015 = 819761,3 \text{ kg} > 463526 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Kuat Leleh

$$\phi P_n = 0,75 \cdot A_g \cdot f_y = 718935 \text{ kg} > 463526 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Berikut adalah rekapitulasi profil yang digunakan,

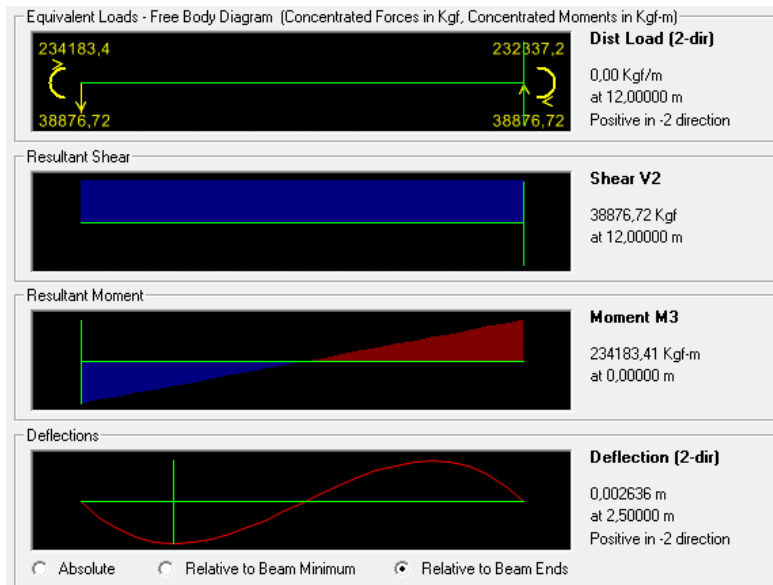
Tabel 4. 52 Rekapitulasi Kebutuhan Profil Rangka Utama

SEGMENT 1	Busur Atas	BOX 600x600x25
	Busur Bawah	BOX 500x500x25
	Batang Diagonal	BOX 250x250x16
	Batang Tarik	BOX 500x500x25
SEGMENT 2	Busur Atas	BOX 500x500x25
	Busur Bawah	BOX 600x600x25
	Batang Diagonal	BOX 350x350x16
	Batang Tarik	BOX 500x500x25
SEGMENT 3	Rangka Atas	BOX 500x500x25
	Rangka Bawah	BOX 500x500x25
	Batang Diagonal	BOX 350x350x16
	Batang 40,39,44,43,46.48	BOX 400x400x25

4.6 Perencanaan Portal Akhir

4.6.1 Perencanaan Balok Portal Akhir

Nilai gaya dalam yang terjadi pada balok portal akhir didapatkan dari program bantu SAP 2000. Nilai gaya dalam dapat dilihat pada gambar berikut,



Gambar 4. 42 Gaya Dalam Balok Protal Akhir

Nilai momen maksimum didapatkan sebesar 234183,4 kgm. Material yang dipakai Profil BOX 600x600x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 53 Material Properti Balok Portal Akhir

b=h	600 mm	$I_x = I_y$	291400 cm ⁴
A	546 cm ²	$Z_x = Z_y$	9710 cm ³
t	25 mm	$S_x = S_y$	8281,59 cm ³
W	438,74 kg/m	$i_x = i_y$	23,1 cm
E	2.10 ⁶ kg/cm ²	F_y	4100 kg/cm ²

Kontrol Tekuk Lokal

$$\frac{h}{tw} = \frac{600}{25} = 24$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,96 > 24 \quad \textbf{Kompak}$$

$$\frac{b}{2t} = \frac{600}{50} = 12$$

$$\frac{500}{\sqrt{fy}} = \frac{500}{\sqrt{410}} = 24,6 > 12 \quad \textbf{Kompak}$$

Penampang kompak, maka $M_n = M_p$

$$M_n = Z_x \cdot fy = 398110 \text{ kgm}$$

$$\emptyset M_n = 0,9 \cdot M_n = 358299 \text{ kgm}$$

Kontrol Tekuk Lateral

- $L_B = 6 \text{ m}$
- L_P dihitung sesuai dengan RSNI T-03-2005 tabel 8

$$J = 4 \times \frac{1}{3} \times 60 \times 2,5^3 = 1250 \text{ cm}^4$$

$$L_P = 0,13 \cdot E \cdot i \cdot \frac{\sqrt{J \cdot A}}{M_p}$$

$$L_P = 0,13 \cdot 2(10^6) \cdot 23,1 \cdot \frac{\sqrt{1250 \cdot 546}}{398110(10^2)}$$

$$L_P = 124,63 \text{ cm}$$

$$L_P = 1,24 \text{ m}$$

- L_R dihitung sesuai dengan RSNI T-03-2005 tabel 8

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

$$M_R = S_x \cdot (f_y - f_r) = 281574,3 \text{ kgm}$$

$$L_R = 2 \cdot E \cdot i \cdot \frac{\sqrt{J \cdot A}}{M_R}$$

$$L_R = 2 \cdot 2(10^6) \cdot 23,1 \cdot \frac{\sqrt{1250 \cdot 546}}{281574,3(10^2)}$$

$$L_R = 2711 \text{ cm}$$

$$L_R = 27,11 \text{ m}$$

$$L_P < L_B < L_R \quad (\text{Bentang Menengah})$$

- Perhitungan M_n untuk bentang menengah

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

$$C_b = \frac{12,5 \cdot 234183}{2,5 \cdot 234183 + 3 \cdot 175868 + 4 \cdot 117553 + 3 \cdot 59238}$$

$$C_b = 1,662$$

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

$$M_n = 1,66 \left[281574 + (398110 - 281574) \frac{27,1 - 6}{27,1 - 1,2} \right]$$

$$M_n = 626173 \text{ kgm}$$

$$M_n \text{ yang digunakan} = 358299 \text{ kgm} > 234183 \text{ kgm}$$

OK

4.6.2 Perencanaan Kolom Portal Akhir

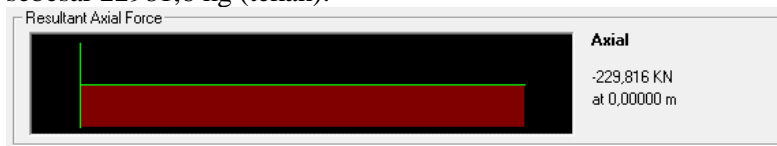
Nilai gaya dalam yang terjadi pada kolom portal akhir didapatkan dari program bantu SAP 2000. Gaya dalam pada portal berupa gaya aksial dan momen. Kedua gaya ini harus dapat ditahan oleh profil baja yang direncanakan pada konstruksi kolom portal akhir. Material yang dipakai Profil BOX 600x600x25 BJ55, dengan material properti sebagai berikut,

Tabel 4. 54 Material Properti Kolom Portal Akhir

b=h	600 mm	$I_x = I_y$	291400 cm ⁴
A	546 cm ²	$Z_x = Z_y$	9710 cm ³
t	25 mm	$S_x = S_y$	8281,59 cm ³
W	438,74 kg/m	$i_x = i_y$	23,1 cm
E	$2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$	F_y	4100 kg/cm ²

➤ Kontrol akibat Gaya Aksial

Gaya aksial didapatkan dari program bantu SAP 2000 sebesar 22981,6 kg (tekan).



Gambar 4. 43 Gaya Aksial Kolom Portal Akhir

Kontrol Kelangsingan

$$\frac{b}{t} = \frac{600}{25} = 24$$

$$\frac{625}{\sqrt{fy}} = \frac{625}{\sqrt{410}} = 30,86 > 16 \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Kapasitas Tekan

$$\begin{aligned} \text{Faktor tekuk (Kcx = Kcy)} &= 1 \\ \text{Panjang batang (Lx = Ly)} &= 855 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{Kcx \cdot Lx}{ix} = 37,01$$

$$Ncbrx = Ncbry = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot Ag}{\lambda^2} = 7867090 \text{ kg}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = 0,533$$

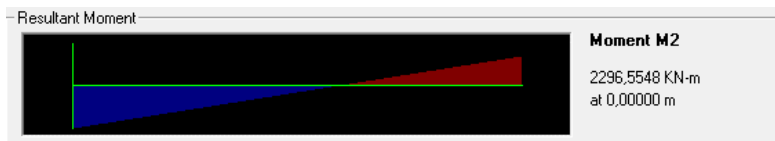
Sehingga kuat nominal penampang,

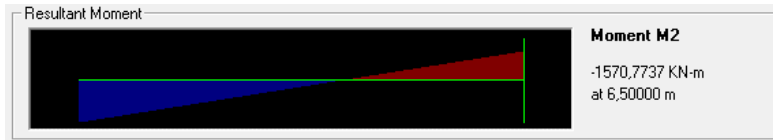
$$Pn = (0,66^{\lambda_c^2}) \cdot Ag \cdot fy = 1988966 \text{ kg}$$

$$\emptyset Pn = 0,85 \cdot 1988966 = 1690621 \text{ kg} > 22981,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

➤ Kontrol akibat Momen Lentur

Nilai momen lentur yang didapatkan dari program bantu SAP 2000 adalah sebagai berikut,

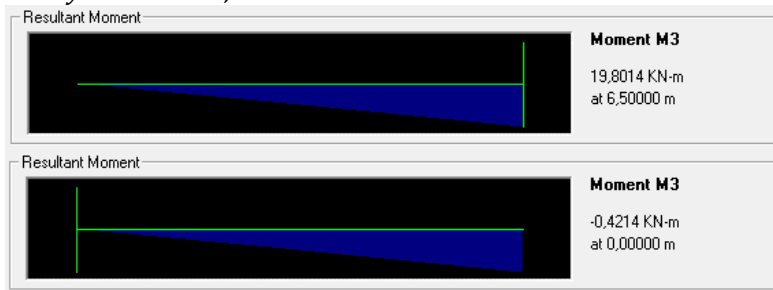




Gambar 4. 44 Momen Sumbu Y Kolom Portal Akhir

$$M_{nt\ y1} = 2296,55\ kNm$$

$$M_{nt\ y2} = -1570,77\ kNm$$



Gambar 4. 45 Momen Sumbu X Kolom Portal Akhir

$$M_{nt\ x1} = 19,8\ kNm$$

$$M_{nt\ x2} = -0,42\ kNm$$

Nilai Amplifikasi Momen (Kolom Tidak Bergoyang)

$C_m = 0,85$ (elemen menerima gaya transversal dan dianggap ujung-ujungnya kaku)

$$\delta_{bx} = \delta_{by} = \frac{C_m}{1 - \frac{N_u}{N_{crbx}}}$$

$$\delta_{bx} = \delta_{bx} = 0,852 < 1, \text{ maka dipakai } 1$$

$$M_{ux} = \delta_{bx} \cdot M_{utx} = 1 \cdot 1980 = 1980\ kgm$$

$$Muy = \delta by \cdot Muty = 1 \cdot 229655 = 229655 \text{ kgm}$$

Kontrol Tekuk Lokal

$$\frac{h}{tw} = \frac{600}{25} = 24$$

$$\frac{1680}{\sqrt{fy}} = \frac{1680}{\sqrt{410}} = 82,96 > 24 \quad \textbf{Kompak}$$

$$\frac{b}{2t} = \frac{600}{50} = 12$$

$$\frac{500}{\sqrt{fy}} = \frac{500}{\sqrt{410}} = 24,6 > 12 \quad \textbf{Kompak}$$

Penampang kompak, maka $Mn = Mp$

$$Mn = Zx \cdot fy = 398110 \text{ kgm}$$

$$\emptyset Mn = 0,9 \cdot Mn = 358299 \text{ kgm}$$

Kontrol Tekuk Lateral

- $L_B = 7,2 \text{ m}$
- L_P dihitung sesuai dengan RSNI T-03-2005 pasal 7.3-1

$$J = 4 \times \frac{1}{3} \times 60 \times 2,5^3 = 1250 \text{ cm}^4$$

$$L_P = 0,13 \cdot E \cdot i \cdot \frac{\sqrt{J \cdot A}}{Mp}$$

$$L_P = 0,13 \cdot 2(10^6) \cdot 23,1 \cdot \frac{\sqrt{1250 \cdot 546}}{398110(10^2)}$$

$$L_P = 124,63 \text{ cm}$$

$$L_P = 1,24 \text{ m}$$

- L_R dihitung sesuai dengan RSNI T-03-2005 pasal 7.3-1

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

$$M_R = S_x \cdot (f_y - f_r) = 281574,3 \text{ kgm}$$

$$L_R = 2 \cdot E \cdot i \cdot \frac{\sqrt{J \cdot A}}{M_R}$$

$$L_R = 2 \cdot 2(10^6) \cdot 23,1 \cdot \frac{\sqrt{1250 \cdot 546}}{281574,3(10^2)}$$

$$L_R = 2711 \text{ cm}$$

$$L_R = 27,11 \text{ m}$$

$$L_P < L_B < L_R \quad (\text{Bentang Menengah})$$

- Perhitungan M_n untuk bentang menengah

$$C_b = \frac{12,5 M_{max}}{2,5 M_{max} + 3 M_A + 4 M_B + 3 M_C} = 3,06 > 2,3$$

$$C_b = 2,3$$

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

$$M_n = 853953,7 \text{ kgm}$$

$$M_n \text{ yang digunakan} = 358299 \text{ kgm}$$

Interaksi Gaya Aksial dan Momen Lentur

$$\frac{Pu}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \cdot \left[\frac{M_{ux}}{0,9 \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{0,9 \cdot M_{ny}} \right] \leq 1$$

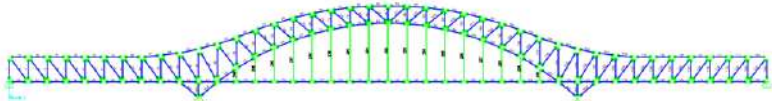
$$\frac{22981}{0,85 \cdot 1690621} + \frac{8}{9} \cdot \left[\frac{229655}{0,9 \cdot M_n} + \frac{1980}{0,9 \cdot M_n} \right] \leq 1$$

$$0,6544 \leq 1 \quad \mathbf{OK}$$

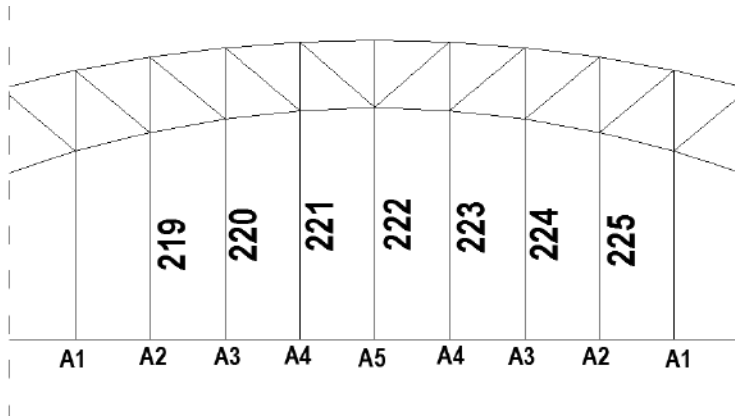
4.7 Perencanaan Kabel Penggantung

Perencanaan kabel penggantung menggunakan kombinasi Kuat I sesuai dengan SNI 1725:2016. Beban yang diperhitungkan adalah beban mati sendiri dan beban hidup kendaraan. Dalam perhitungan gaya kabel maksimum dilakukan beberapa tahap simulasi. Simulasi berupa kemungkinan terburuk jika salah satu kabel mengalami kegagalan (putus). Berikut adalah analisa gaya kabel sesuai dengan simulasi yang diberikan,

➤ Kasus 1 (Seluruh Kabel Bekerja)

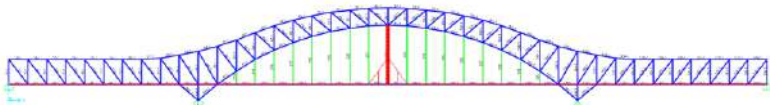


Gambar 4. 46 Seluruh Kabel Penggantung Bekerja



Gambar 4. 47 Penamaan Kabel Kasus 1

Kabel yang ditinjau adalah kabel 222 yang berada tepat di tengah bentang. Gaya aksial akibat beban mati kabel 222 didapatkan dari program bantu SAP 2000 sebesar 356,41 kN (tarik). Untuk nilai gaya aksial akibat beban hidup dihitung menggunakan analisa garis pengaruh dengan nilai $V_{BTR} = 4227,5$ kN dan $V_{BGT} = 605,15$ kN. Berikut adalah analisa garis pengaruhnya,



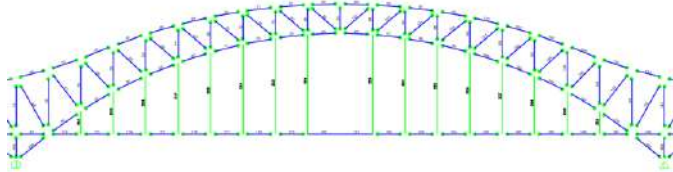
Gambar 4. 48 Garis Pengaruh Kabel 222 Kasus 1

Tabel 4. 55 Analisa Garis Pengaruh Kabel 222 Kasus 1

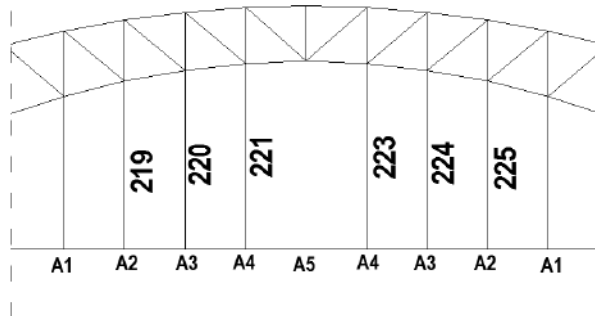
Titik Simpul	222	Analisa Gaya Aksial akibat Beban Hidup
	Tarik (+)	
kiri A3	0	$F_{222(+)} = (\sum_{(+)} \times V_{BTR}) + (\text{Max}_{(+)} \times V_{BGT})$ $= (1 \times 427,5) + (1 \times 605,15)$ $= 1032,65 \text{ kN}$
kiri A4	0	
kiri A5	1	
kanan A4	0	
kanan A3	0	

Gaya aksial total yang terjadi pada kabel 222 kasus 1 adalah,
 $P_u = 356,41 + 1032,65$
 $= 1389,06 \text{ kN}$

➤ **Kasus 2 (Kabel 222 Putus)**

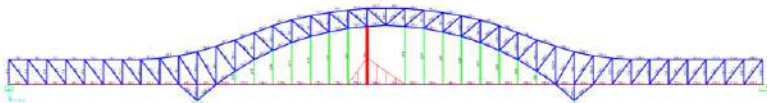


Gambar 4. 49 Kabel 222 Putus



Gambar 4. 50 Penamaan Kabel Kasus 2

Kabel yang ditinjau adalah kabel 221. Gaya aksial akibat beban mati kabel 221 didapatkan dari program bantu SAP 2000 sebesar 534,23 kN (tarik). Untuk nilai gaya aksial akibat beban hidup dihitung menggunakan analisa garis pengaruh dengan nilai $V_{BTR} = 4227,5 \text{ kN}$ dan $V_{BGT} = 605,15 \text{ kN}$. Berikut adalah analisa garis pengaruhnya,



Gambar 4. 51 Garis Pengaruh Kabel 221 Kasus 2

Tabel 4. 56 Analisa Garis Pengaruh Kabel 221 Kasus 2

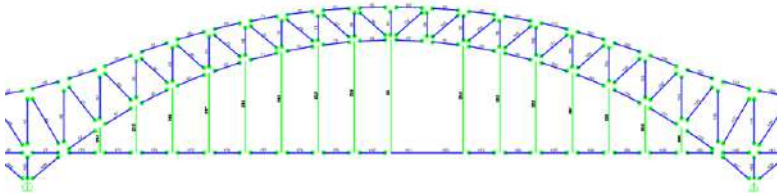
Titik Simpul	221	Analisa Gaya Aksial akibat Beban Hidup
	Tarik (+)	
kiri A3	0	$F_{221(+)} = (\sum(+)\times V_{BTR}) + (\text{Max}(+)\times V_{BGT})$ $= (1,5 \times 427,5) + (1 \times 605,15)$ $= 1246,4 \text{ kN}$
kiri A4	1	
kiri A5	0,5	
kanan A4	0	
kanan A3	0	

Gaya aksial total yang terjadi pada kabel 221 kasus 2 adalah,

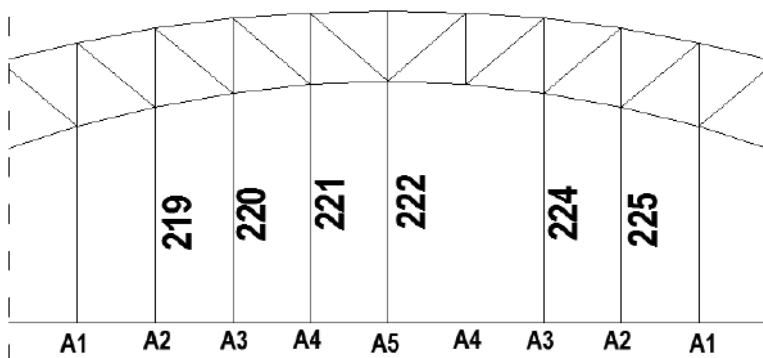
$$P_u = 534,23 + 1246,4$$

$$= 1780,63 \text{ kN}$$

➤ **Kasus 3 (Kabel 223 Putus)**

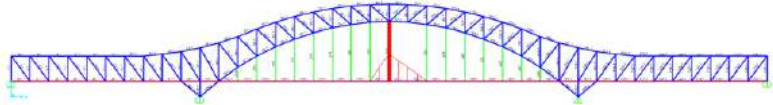


Gambar 4. 52 Kabel 223 Putus



Gambar 4. 53 Penamaan Kabel Kasus 3

Kabel yang ditinjau adalah kabel 222. Gaya aksial akibat beban mati kabel 222 didapatkan dari program bantu SAP 2000 sebesar 534,23 kN (tarik). Untuk nilai gaya aksial akibat beban hidup dihitung menggunakan analisa garis pengaruh dengan nilai $V_{BTR} = 4227,5$ kN dan $V_{BGT} = 605,15$ kN. Berikut adalah analisa garis pengaruhnya,



Gambar 4. 54 Garis Pengaruh Kabel 222 Kasus 3

Tabel 4. 57 Analisa Garis Pengaruh Kabel 222 Kasus 3

Titik Simpul	222	Analisa Gaya Aksial akibat Beban Hidup
	Tarik (+)	
kiri A3	0	$F_{222(+)} = (\sum(+)) \times V_{BTR} + (\text{Max}(+) \times V_{BGT})$ $= (1,5 \times 427,5) + (1 \times 605,15)$ $= 1246,4 \text{ kN}$
kiri A4	0	
kiri A5	1	
kanan A4	0,5	
kanan A3	0	

Gaya aksial total yang terjadi pada kabel 222 kasus 3 adalah,

$$\begin{aligned}
 P_u &= 534,23 + 1246,4 \\
 &= 1780,63 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dari ketiga simulasi diatas didapatkan gaya aksial maksimum yaitu pada simulasi kasus 2 dan kasus 3 sebesar,

$$\begin{aligned}
 P_u &= 534,23 + 1246,4 \\
 &= 1780,63 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Gaya total ini adalah gaya aksial yang dipakai untuk menentukan jenis dan kekuatan kabel yang akan dipasang.

➤ **Penentuan Jenis Kabel**

Kabel yang dipasang sebagai penggantung adalah strand dari perusahaan PFEIFER-Zugglieder.



Gambar 4. 55 Sketsa Kabel Strand yang Digunakan

Größe size	Charakt. Bruchkraft charact. breaking load	Grenzzugkraft limit tension	Seil-Nenndurchmesser nomin. strand dia.
	$Z_{B,k}$ DIN 18800* kN	$Z_{R,d}$ DIN 18800 kN	d_s mm
PV 40	405	245	21
PV 60	621	376	26
PV 90	916	555	31
PV 115	1170	709	35
PV 150	1520	921	40
PV 195	1930	1170	45
PV 240	2380	1442	50
PV 300	3020	1830	55
PV 360	3590	2176	60

Gambar 4. 56 Brosur Kabel Strand Produk PFEIFER-Zugglieder

Digunakan tipe kabel PV 195 dengan nilai breaking load $1930 \text{ kN} > 1780,63 \text{ kN}$.

4.8 Analisa 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, $\Delta \leq \Delta_{ijin}$, dimana Δ_{ijin}

adalah lendutan ijin, sedangkan Δ adalah lendutan yang terjadi akibat beban hidup saja. Nilai lendutan ijin adalah sebagai berikut,

Main Span $\lambda = 100$ m

$$\Delta_{ijin} = \frac{1}{800} \cdot \lambda$$

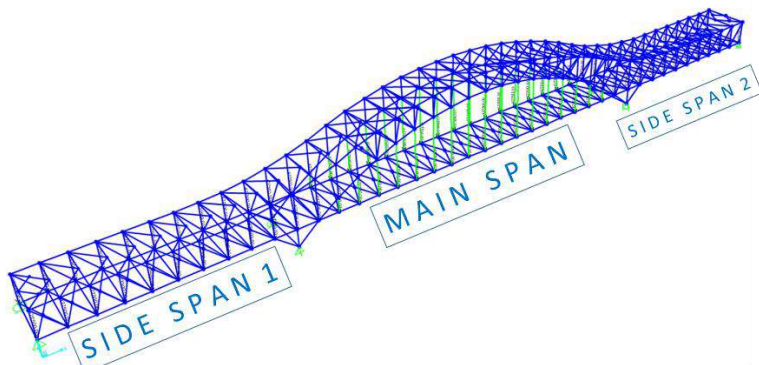
$$\Delta_{ijin} = \frac{1}{800} \cdot 100 = 0,125 \text{ m} = 125 \text{ mm}$$

Side Span $\lambda = 50$ m

$$\Delta_{ijin} = \frac{1}{800} \cdot \lambda$$

$$\Delta_{ijin} = \frac{1}{800} \cdot 50 = 0,0625 \text{ m} = 62,5 \text{ mm}$$

Selanjutnya, perhitungan lendutan yang terjadi pada jembatan dihitung dengan program bantu SAP 2000. Input beban yang dimasukkan adalah beban BGT dan BTR saja



Gambar 4. 57 Pemodelan pada SAP 2000 untuk Menghitung Lendutan

Tabel 4. 58 Rekapitulasi Lendutan Maksimum yang Terjadi

Bagian	Δ (mm)	Δ_{ijin} (mm)	Ket
Main Span Kanan	80,425	125	OK
Main Span Kiri	94,29	125	OK
Side Span 1 Kanan	40,735	62,5	OK
Side Span 1 Kiri	36,895	62,5	OK
Side Span 2 Kanan	39,97	62,5	OK
Side Span 2 Kiri	45,94	62,5	OK

4.9 Perencanaan Sambungan

Dalam mendesain sambungan pada jembatan ini mengacu pada peraturan sambungan baja RSNI T-03 2005. Beberapa sistem sambungan yang digunakan terdiri dari sambungan baut dan las dengan bantuan plat sambung. Ukuran baut, plat sambung, dan kekuatannya mengacu pada tabel berikut,

Tabel 4. 59 Gaya Tarik Baut Minimum

Diameter nominal baut [mm]	Gaya tarik minimum [kN]
16	95
20	145
24	210
30	335
36	490

Tabel 4. 60 Sifat Mekanis Baja Struktual

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u [MPa]	Tegangan leleh minimum, f_y [MPa]	Peregangan minimum [%]
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

4.9.1 Sambungan Balok Memanjang dan Melintang

➤ Sambungan Memanjang ke Melintang

Gaya geser yang terjadi pada gelagar memanjang akibat beban sebesar 32769,5 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Gelagar Memanjang	: WF 450x300x11x18
Pelat Sambung L Siku	: 150x150x14 BJ50
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d16 (9500 kg)
Jumlah Bidang Geser (m):	2
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

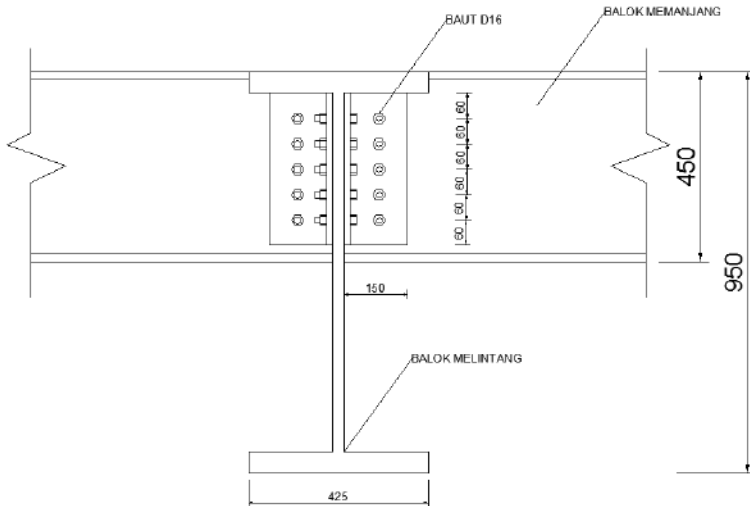
$$\emptyset Vn = \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot Tb$$

$$\emptyset Vn = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 9500$$

$$\emptyset Vn = 7514,5 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{32769,5}{7514,5} = 4,36 \approx 5 \text{ buah}$$



Gambar 4. 58 Sambungan Memanjang ke Melintang

➤ Sambungan Melintang ke Memanjang

Gaya geser yang terjadi pada gelagar memanjang akibat beban sebesar 32769,5 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Gelagar Melintang	: WF 950x425x28,4x51,1
Pelat Sambung L Siku	: 150x150x14 BJ50
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d16 (9500 kg)
Jumlah Bidang Geser (m)	: 1
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

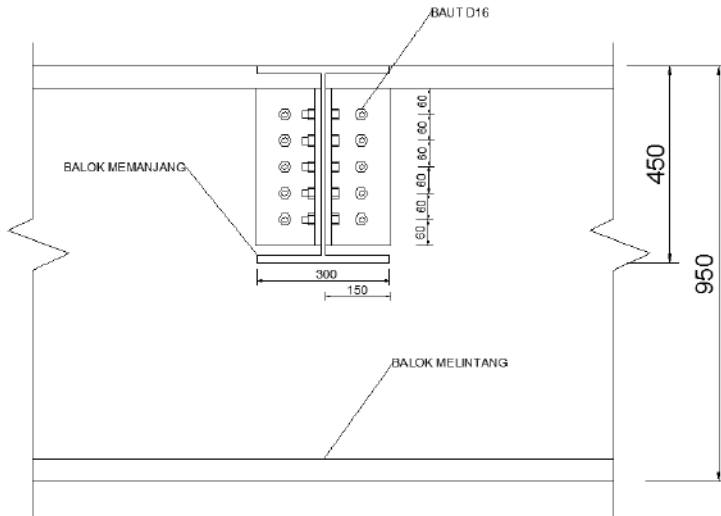
$$\phi V_n = \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 9500$$

$$\phi V_n = 3757,25 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\phi Vn} = \frac{32769,5}{3757,25} = 8,72 \approx 10 \text{ buah}$$



Gambar 4. 59 Sambungan Melintang ke Memanjang

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $3 \cdot 16 \leq S \leq 15 \cdot 14 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $48 \leq S \leq 210 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S \text{ pakai} = 60 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $1,5 \cdot 16 \leq S1 \leq (4 \cdot 14 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $24 \leq S1 \leq 156 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S1 \text{ pakai} = 60 \text{ mm}$

Kontrol Plat Penyambung t=14

Jarak titik berat ke sisi luar (x) = 4,58 cm

Jarak baut pertama dan terakhir (L) = 24 cm

$f_y = 290 \text{ Mpa}$ $f_u = 500 \text{ Mpa}$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,8091$$

$$A_g = 40,3 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 40,3 - 2 \cdot (1,6 + 0,15) \cdot 1,4 = 35,4 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U \cdot A_n = 28,64 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 105183 \text{ kg} > 32769,5 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 107416 \text{ kg} > 32769,5 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

4.9.2 Sambungan Ikatan Angin**4.9.2.1 Ikatan Angin Atas**

Gaya geser yang terjadi pada ikatan angin akibat beban sebesar 75319,2 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Ikatan Angin Atas	: <i>Circular Hollow</i> 267,4x7
Tebal Plat Sambung	: 12 mm BJ50
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d24 (21000 kg)
Jumlah Bidang Geser (m)	: 2
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\phi V_n = \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 21000$$

$$\phi V_n = 16611 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{75319,2}{16611} = 4,53 \approx 6 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $3 \cdot 24 \leq S \leq 15 \cdot 12 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $72 \leq S \leq 180 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
S pakai = 100 mm dan 89 mm
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $1,5 \cdot 24 \leq S1 \leq (4 \cdot 12 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $36 \leq S1 \leq 148 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
S1 pakai = 150 mm

Kontrol Plat Penyambung t=12

Jarak titik berat ke sisi luar (x) = 0,6 cm

Jarak baut pertama dan terakhir (L) = 20 cm

$f_y = 290 \text{ Mpa}$ $f_u = 500 \text{ Mpa}$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$A_g = 32,04 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 32,04 - 2 \cdot (2,4 + 0,15) \cdot 1,2 = 25,92 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U \cdot A_n = 23,32 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 83624 \text{ kg} > 75319,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e = 87480 \text{ kg} > 75319,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Las

Tipe Las yang dipakai adalah tipe 70xx yang harus mampu menahan beban sebesar 75319,2 kg.

$$t_{\text{plat}} = 12 \text{ mm}$$

$$a_{\text{min}} = 5 \text{ mm}$$

$$a_{\text{max}} = 12 - 1,6 = 10,4 \text{ mm}$$

$$t_e = 0,707 \cdot a_{\text{max}}$$

$$t_e = 0,707 \cdot 10,4 = 7,35 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ cm las} : R_u &= \emptyset \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot FE70xx \\ &= 0,75 \cdot 0,735 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\ &= 1628,24 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang las minimum} = \frac{P_u}{R_u} = 46,25 \text{ cm}$$

4.9.2.2 Ikatan Angin Silang antar Busur

Gaya geser yang terjadi pada ikatan angin akibat beban sebesar 18562 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Ikatan Angin Silang : Circular Hollow 216,3x8

Tebal Plat Sambung : 12 mm BJ50

Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek : d24 (21000 kg)
 Jumlah Bidang Geser (m) : 2
 Ø untuk Lubang Standar : 1
 Koefisien Geser (μ) : 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\emptyset Vn = \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot Tb$$

$$\emptyset Vn = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 21000$$

$$\emptyset Vn = 16611 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{18562}{16611} = 1,117 \approx 2 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $3 \cdot 24 \leq S \leq 15 \cdot 12 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $72 \leq S \leq 180 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $1,5 \cdot 24 \leq S1 \leq (4 \cdot 12 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $36 \leq S1 \leq 148 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S1 \text{ pakai} = 108 \text{ mm}$

Kontrol Plat Penyambung t=12

Jarak titik berat ke sisi luar (x) = 0,6 cm

Jarak baut pertama dan terakhir (L) = 10 cm

$f_y = 290 \text{ Mpa}$ $f_u = 500 \text{ Mpa}$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$A_g = 25,92 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 25,92 - (2,4 + 0,15) \cdot 1,2 = 22,86 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U \cdot A_n = 20,57 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 67651,2 \text{ kg} > 18562 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 77152 \text{ kg} > 18562 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Las

Tipe Las yang dipakai adalah tipe 70xx yang harus mampu menahan beban sebesar 18562 kg.

$$t \text{ plat} = 12 \text{ mm}$$

$$a \text{ min} = 5 \text{ mm}$$

$$a \text{ max} = 12 - 1,6 = 10,4 \text{ mm}$$

$$t_e = 0,707 \cdot a \text{ max}$$

$$t_e = 0,707 \cdot 10,4 = 7,35 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ cm las} : R_u &= \phi \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot FE70xx \\ &= 0,75 \cdot 0,735 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\ &= 1628,24 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang las minimum} = \frac{P_u}{R_u} = 11,4 \text{ cm}$$

4.9.2.3 Ikatan Angin Lantai Kendaraan

Gaya geser yang terjadi pada ikatan angin akibat beban sebesar 63847,7 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Ikatan Angin Lantai	: <i>Circular Hollow</i> 216,3x7
Tebal Plat Sambung	: 12 mm BJ50
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d24 (21000 kg)
Jumlah Bidang Geser (m):	2
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\emptyset V_n = \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\emptyset V_n = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 21000$$

$$\emptyset V_n = 16611 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset V_n} = \frac{63847,7}{16611} = 3,84 \approx 4 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $3 \cdot 24 \leq S \leq 15 \cdot 12 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $72 \leq S \leq 180 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $1,5 \cdot 24 \leq S1 \leq (4 \cdot 12 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $36 \leq S1 \leq 148 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S1 \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$

Kontrol Plat Penyambung

Jarak titik berat ke sisi luar (x) = 0,6 cm

Jarak baut pertama dan terakhir (L) = 30 cm

$f_y = 290 \text{ Mpa}$ $f_u = 500 \text{ Mpa}$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$A_g = 25,92 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 25,92 - (2,4 + 0,15) \cdot 1,2 = 22,86 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U \cdot A_n = 20,57 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 67651 \text{ kg} > 63847,7 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e = 77152 \text{ kg} > 63847,7 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Las

Tipe Las yang dipakai adalah tipe 70xx yang harus mampu menahan beban sebesar 63847,7 kg.

t plat = 12 mm

a min = 5 mm

a max = 12 - 1,6 = 10,4 mm

$$t_e = 0,707 \cdot a \text{ max}$$

$$t_e = 0,707 \cdot 10,4 = 7,35 \text{ mm}$$

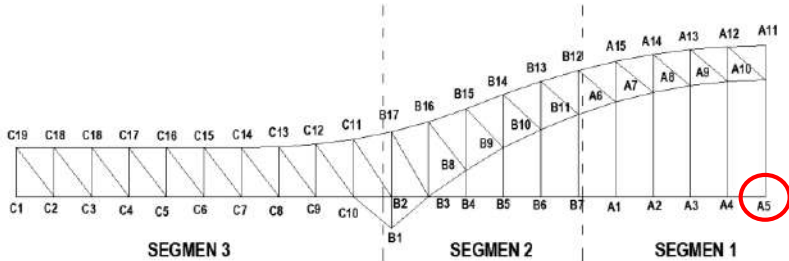
$$\begin{aligned} 1 \text{ cm las} : R_u &= \emptyset \cdot t_e \cdot 0,6 \cdot FE70xx \\ &= 0,75 \cdot 0,735 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\ &= 1628,24 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang las minimum} = \frac{Pu}{Ru} = 39,21 \text{ cm}$$

4.9.3 Sambungan Rangka Utama

4.9.3.1 Titik Simpul A5

Letak titik simpul A5 diperlihatkan pada gambar berikut,



Gambar 4. 60 Letak Titik Simpul A5

➤ Batang Melintang ke Rangka Utama

Gaya geser yang terjadi pada batang melintang akibat beban sebesar 136992,2 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Gelagar Melintang	: WF 950x425x28,4x51,1
Tebal Plat Sambung	: 25 mm BJ50
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d30 (33500 kg)
Jumlah Bidang Geser (m)	: 1
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\phi V_n = \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 1 \cdot 33500$$

$$\emptyset Vn = 13249,25 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{136992,2}{13249,25} = 10,339 \approx 12 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $90 \leq S \leq 375 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S \text{ pakai} = 100 \text{ mm dan } 90 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $1,5 \cdot 30 \leq S1 \leq (4 \cdot 30 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $45 \leq S1 \leq 200 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S1 \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$

Kontrol Plat Penyambung

$$\text{Jarak titik berat ke sisi luar (x)} = 1,25 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak baut pertama dan terakhir (L)} = 30 \text{ cm}$$

$$fy = 290 \text{ Mpa} \quad fu = 500 \text{ Mpa}$$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$Ag = 106,25 \text{ cm}^2$$

$$An = 106,25 - 4 \cdot (3 + 0,15) \cdot 2,5 = 74,75 \text{ cm}^2$$

$$Ae = U \cdot An = 67,27 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 277312 \text{ kg} > 136992,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e = 252281 \text{ kg} > 136992,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Las

Tipe Las yang dipakai adalah tipe 70xx yang harus mampu menahan beban sebesar 136992,2kg.

$$t \text{ plat} = 25 \text{ mm}$$

$$a \text{ min} = 6 \text{ mm}$$

$$a \text{ max} = 25 - 1,6 = 23,4 \text{ mm}$$

$$te = 0,707 \cdot a$$

$$te = 0,707 \cdot 10,4 = 7,35 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ cm las} : Ru &= \emptyset \cdot te \cdot 0,6 \cdot FE70xx \\ &= 0,75 \cdot 0,735 \cdot 0,6 \cdot 70 \cdot 70,3 \\ &= 1628,24 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang las minimum} = \frac{Pu}{Ru} = 84,13 \text{ cm}$$

➤ **Sambungan antar Batang Tarik**

Gaya tarik yang terjadi pada batang tarik akibat beban sebesar 906200,6 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Gelagar Melintang	: BOX 500x500x25
Tebal Plat Sambung	: 25 mm BJ55
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d30 (33500 kg)
Jumlah Bidang Geser (m)	: 2
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\emptyset Vn = \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot Tb$$

$$\emptyset Vn = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 33500$$

$$\emptyset Vn = 26498,5 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{906200,6}{26498,5} = 34,19 \approx 36 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $90 \leq S \leq 375 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S \text{ pakai} = 100 \text{ mm dan } 90 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $1,5 \cdot 30 \leq S1 \leq (4 \cdot 30 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $45 \leq S1 \leq 200 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S1 \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$

Kontrol Plat Penyambung

$$\text{Jarak titik berat ke sisi luar (x)} = 1,25 \text{ cm}$$

$$\text{Jarak baut pertama dan terakhir (L)} = 60 \text{ cm}$$

$$fy = 410 \text{ Mpa} \quad fu = 550 \text{ Mpa}$$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$A_g = 181,25 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 181,25 - 4 \cdot (3 + 0,15) \cdot 2,5 = 149,75 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U \cdot A_n = 134,77 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

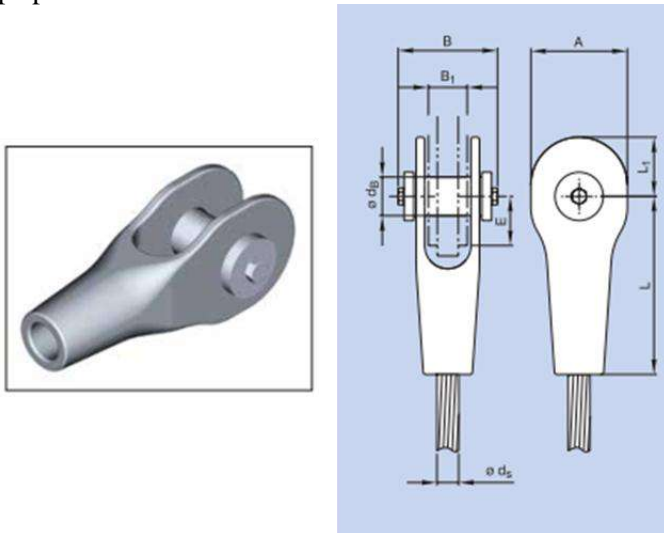
$$\sigma T_n = \sigma \cdot f_y \cdot A_g = 668812 \text{ kg} > 453100,3 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\sigma T_n = \sigma \cdot f_u \cdot A_e = 555946 \text{ kg} > 453100,3 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

➤ Sambungan Kabel Penggantung

Kabel yang dipasang sebagai penggantung adalah strand dari perusahaan PFEIFER-Zuglieder dengan tipe PV 195. Dengan tipe yang sama dipilih *socket* untuk kabel strand tersebut. *Socket* tersebut akan terpasang pada tangka utama dengan alat sambung berupa plat siku.



Gambar 4. 61 Sketsa *Socket* Tipe PV 195

Gaya tarik yang terjadi pada kabel penggantung sesuai dengan kekuatan *breaking load* kabel sebesar 193000 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil L Penyambung	: L 120x120x20
Tebal Plat Sambung	: 20 mm BJ55
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d30 (33500 kg)
Jumlah Bidang Geser (m)	: 2
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\emptyset Vn = \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot Tb$$

$$\emptyset Vn = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 33500$$

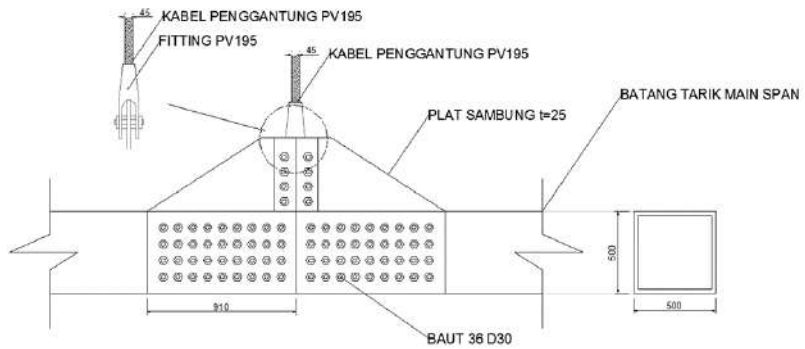
$$\emptyset Vn = 26498,5 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

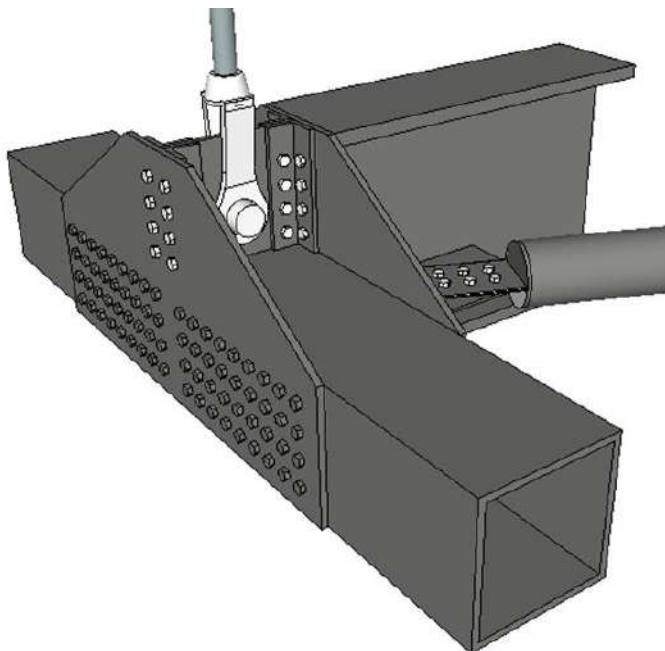
$$n = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{193000}{26498,5} = 7,28 \approx 8 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

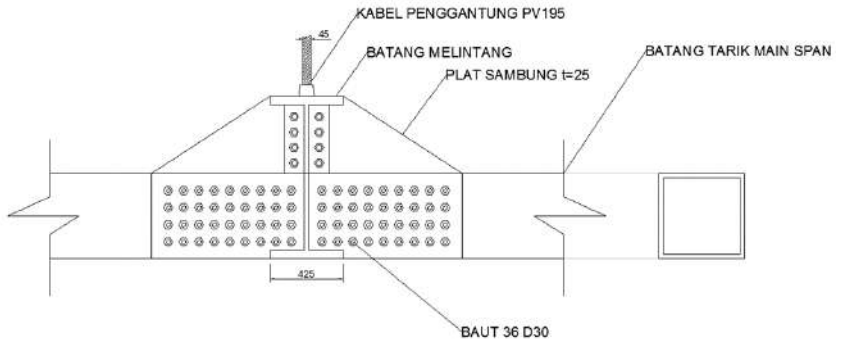
- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 20 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $90 \leq S \leq 300 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S \text{ pakai} = 100 \text{ mm dan } 90 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $1,5 \cdot 30 \leq S1 \leq (4 \cdot 20 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $45 \leq S1 \leq 180 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S1 \text{ pakai} = 100 \text{ mm dan } 60 \text{ mm}$



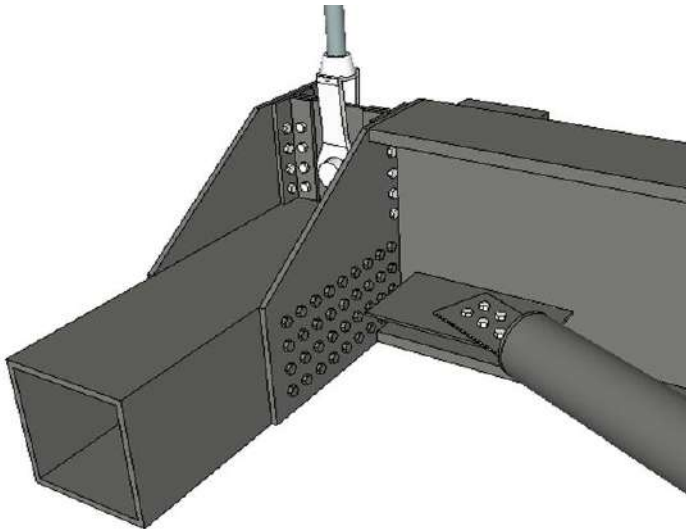
Gambar 4. 62 Tampak Luar Simpul A5 (2D)



Gambar 4. 63 Tampak Luar Simpul A5 (3D)



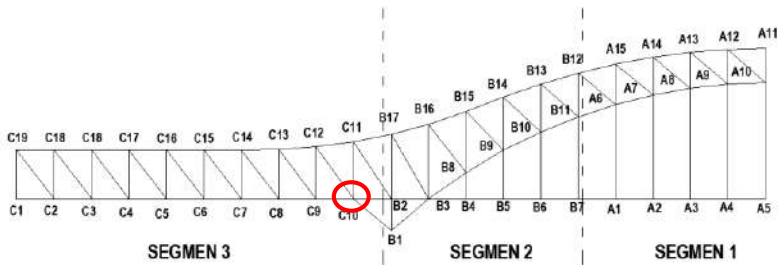
Gambar 4. 64 Tampak Dalam Simpul A5 (2D)



Gambar 4. 65 Tampak Dalam Simpul A5 (3D)

4.9.3.2 Titik Simpul C10

Letak titik simpul C10 diperlihatkan pada gambar berikut,



Gambar 4. 66 Letak Titik C10

➤ Sambungan Batang Lantai Kendaraan

Gaya geser yang terjadi pada batang lantai kendaraan akibat beban sebesar 541738,4 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Batang Lantai Kendaraan	: BOX 500x500x25
Tebal Plat Sambung	: 25 mm BJ55
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d30 (33500 kg)
Jumlah Bidang Geser (m)	: 2
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\phi V_n = \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 33500$$

$$\phi V_n = 26498,5 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{541738,4}{26498,5} = 20,44 \approx 24 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $90 \leq S \leq 375 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S \text{ pakai} = 100 \text{ mm dan } 90 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $1,5 \cdot 30 \leq S1 \leq (4 \cdot 30 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $45 \leq S1 \leq 200 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S1 \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$

Kontrol Plat Penyambung

Jarak titik berat ke sisi luar (x) = 1,25 cm
 Jarak baut pertama dan terakhir (L) = 50 cm
 $f_y = 410 \text{ Mpa}$ $f_u = 550 \text{ Mpa}$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$A_g = 125 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 125 - 4 \cdot (3 + 0,15) \cdot 2,5 = 93,5 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U \cdot A_n = 84,15 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

$$\emptyset Tn = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 461250 \text{ kg} > 270869,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

➤ **Sambungan Batang Diagonal**

Gaya geser yang terjadi pada batang diagonal akibat beban sebesar 504353,3 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Batang Lantai Kendaraan	: BOX 400x400x25
Tebal Plat Sambung	: 25 mm BJ55
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d30 (33500 kg)
Jumlah Bidang Geser (m)	: 2
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\phi V_n = \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 33500$$

$$\phi V_n = 26498,5 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\phi V_n} = \frac{504353,3}{26498,5} = 19,033 \approx 20 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 - $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 - $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 - $90 \leq S \leq 375 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 - $S \text{ pakai} = 100 \text{ mm dan } 90 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 - $1,5db \leq S_1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 - $1,5 \cdot 30 \leq S_1 \leq (4 \cdot 30 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 - $45 \leq S_1 \leq 200 \text{ atau } 200 \text{ mm}$

$S1 \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$

Kontrol Plat Penyambung

Jarak titik berat ke sisi luar (x) = 1,25 cm

Jarak baut pertama dan terakhir (L) = 50 cm

$f_y = 410 \text{ Mpa}$ $f_u = 550 \text{ Mpa}$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$A_g = 125 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 125 - 4 \cdot (3 + 0,15) \cdot 2,5 = 93,5 \text{ cm}^2$$

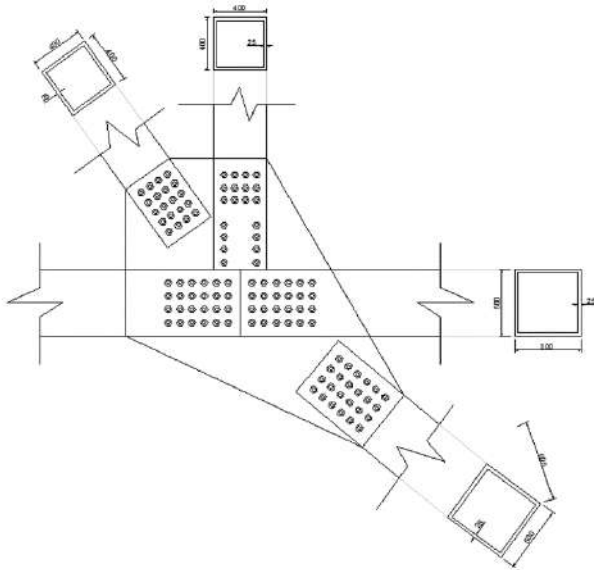
$$A_e = U \cdot A_n = 84,15 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

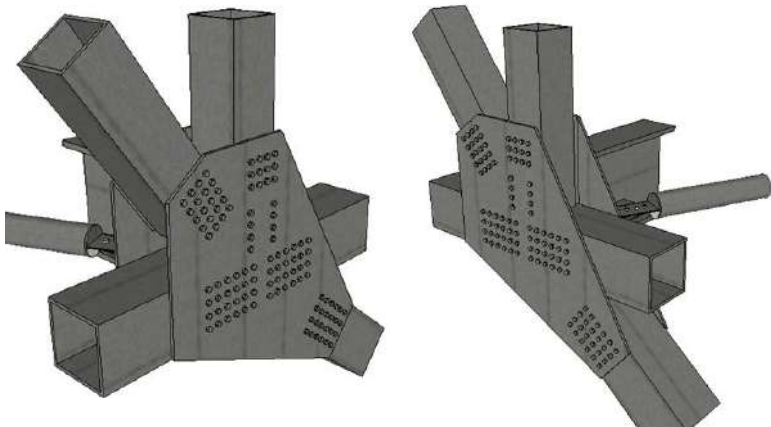
$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 461250 \text{ kg} > 252176,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

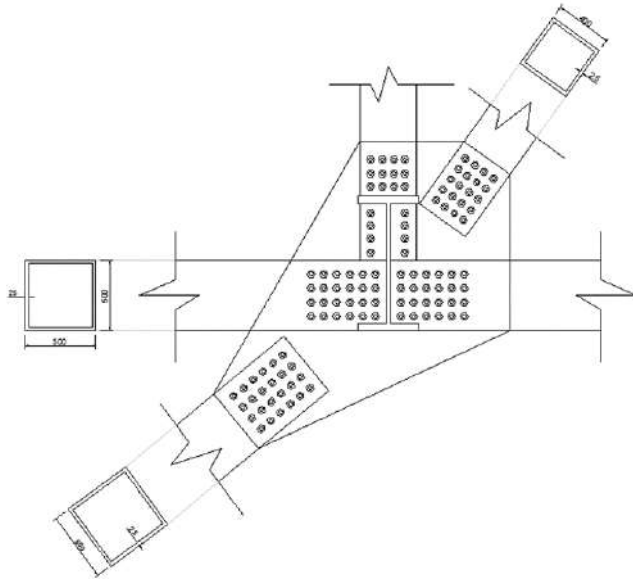
$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 347118,8 \text{ kg} > 252176,6 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$



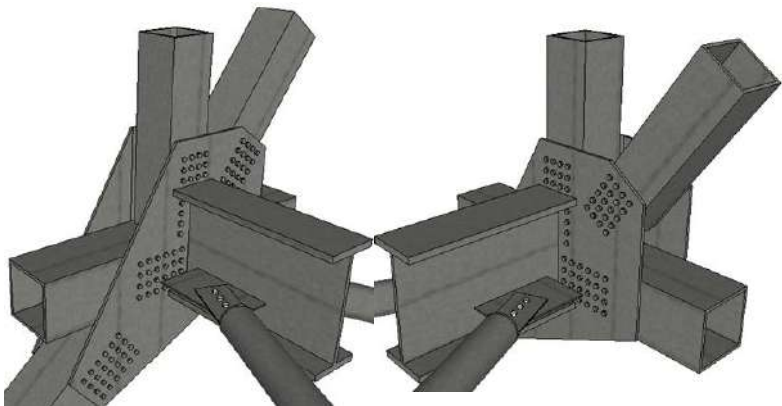
Gambar 4. 67 Tampak Luar Simpul C10 (2D)



Gambar 4. 68 Tampak Luar Simpul C10 (3D)



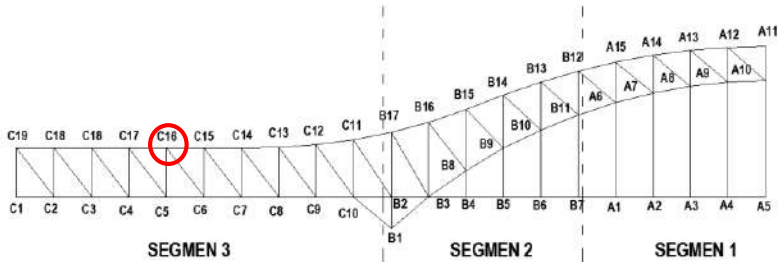
Gambar 4. 69 Tampak Dalam Simpul C10 (2D)



Gambar 4. 70 Tampak Dalam Simpul C10 (3D)

4.9.3.3 Titik Simpul C16

Letak titik simpul C16 diperlihatkan pada gambar berikut,



Gambar 4. 71 Letak Titik C16

➤ Sambungan Rangka Atas *Side Span*

Gaya geser yang terjadi pada rangka atas *side span* akibat beban sebesar 603371,4 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Rangka Atas *Side Span* : BOX 500x500x25

Tebal Plat Sambung : 25 mm BJ55

Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek : d30 (33500 kg)

Jumlah Bidang Geser (m) : 2

Ø untuk Lubang Standar : 1

Koefisien Geser (μ) : 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\phi V_n = \phi \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\phi V_n = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 33500$$

$$\phi V_n = 26498,5 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\phi V_n} = \frac{603371,4}{26498,5} = 22,77 \approx 24 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25$ atau 200 mm
 $90 \leq S \leq 375$ atau 200 mm
S pakai = 100 mm dan 90 mm
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $1,5 \cdot 30 \leq S1 \leq (4 \cdot 30 + 100)$ atau 200 mm
 $45 \leq S1 \leq 200$ atau 200 mm
S1 pakai = 100 mm

Kontrol Plat Penyambung

Jarak titik berat ke sisi luar (x) = 1,25 cm
 Jarak baut pertama dan terakhir (L) = 50 cm
 $f_y = 410 \text{ Mpa}$ $f_u = 550 \text{ Mpa}$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$A_g = 125 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 125 - 4 \cdot (3 + 0,15) \cdot 2,5 = 93,5 \text{ cm}^2$$

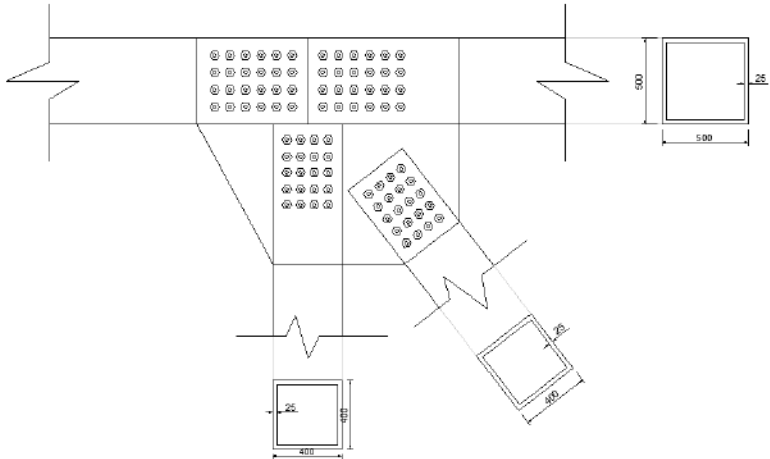
$$A_e = U \cdot A_n = 84,15 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

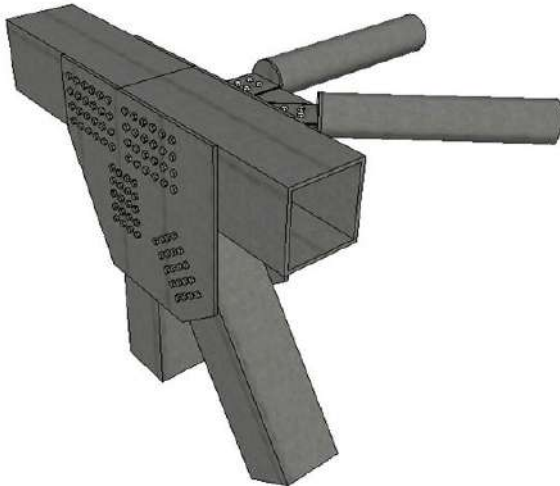
$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_y \cdot A_g = 461250 \text{ kg} > 270869,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

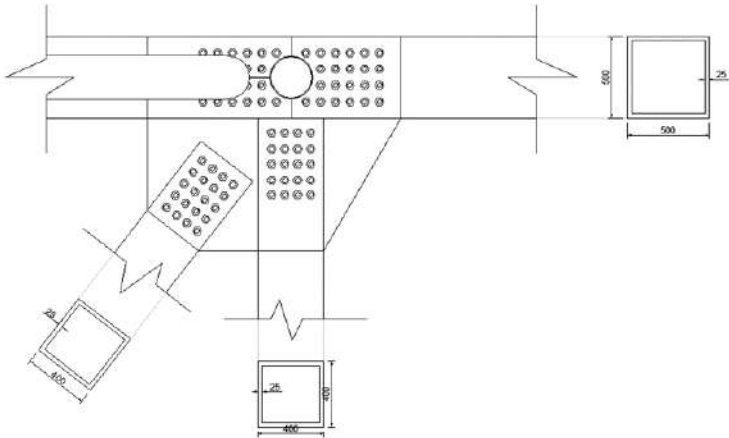
$$\emptyset T_n = \emptyset \cdot f_u \cdot A_e = 347118,8 \text{ kg} > 270869,2 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$



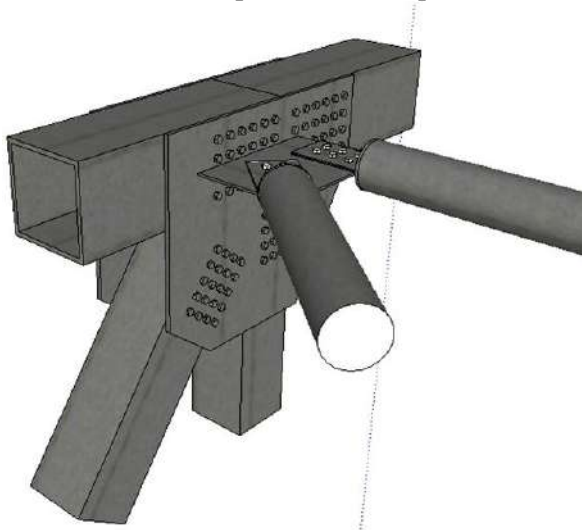
Gambar 4. 72 Tampak Luar Simpul C16 (2D)



Gambar 4. 73 Tampak Luar Simpul C16 (3D)



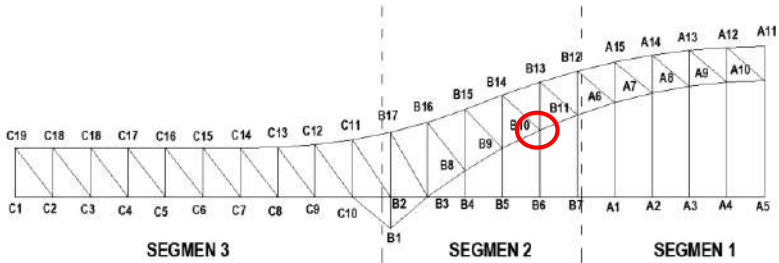
Gambar 4. 74 Tampak Dalam Simpul C16 (2D)



Gambar 4. 75 Tampak Dalam Simpul C16 (3D)

4.9.3.4 Titik Simpul B10

Letak titik simpul C16 diperlihatkan pada gambar berikut,



Gambar 4. 76 Letak Titik B10

➤ Sambungan Busur Bawah

Gaya geser yang terjadi pada rangka busur bawah akibat beban sebesar 1335975 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Rangka Busur Bawah : BOX 600x600x25

Tebal Plat Sambung : 25 mm BJ55

Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek : d30 (33500 kg)

Jumlah Bidang Geser (m) : 2

Ø untuk Lubang Standar : 1

Koefisien Geser (μ) : 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\emptyset V_n = \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot T_b$$

$$\emptyset V_n = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 33500$$

$$\emptyset V_n = 26498,5 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{V_u}{\emptyset V_n} = \frac{1335975}{26498,5} = 50,4 \approx 54 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp$ atau 200 mm
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25$ atau 200 mm
 $90 \leq S \leq 375$ atau 200 mm
 S pakai = 90 mm
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100)$ atau 200 mm
 $1,5 \cdot 30 \leq S1 \leq (4 \cdot 30 + 100)$ atau 200 mm
 $45 \leq S1 \leq 200$ atau 200 mm
 $S1$ pakai = 100 mm

Kontrol Plat Penyambung

Jarak titik berat ke sisi luar (x) = 1,25 cm

Jarak baut pertama dan terakhir (L) = 72 cm

$f_y = 410$ Mpa $f_u = 550$ Mpa

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$A_g = 262,5 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 262,5 - 6 \cdot (3 + 0,15) \cdot 2,5 = 215,25 \text{ cm}^2$$

$$A_e = U \cdot A_n = 193,72 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 968625 \text{ kg} > 667897,7 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 799115 \text{ kg} > 667897,7 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

➤ **Sambungan Batang Diagonal Segmen 2**

Gaya geser yang terjadi batang diagonal segmen 2 akibat beban sebesar 439377,7 kg. Perhitungan sambungan adalah sebagai berikut,

Profil Rangka Busur Bawah	: BOX 350x350x16
Tebal Plat Sambung	: 25 mm BJ55
Baut Mutu Tinggi Tipe Gesek	: d30 (33500 kg)
Jumlah Bidang Geser (m)	: 2
Ø untuk Lubang Standar	: 1
Koefisien Geser (μ)	: 0,35 (keadaan bersih)

Kuat Geser

$$\emptyset Vn = \emptyset \cdot 1,13 \cdot \mu \cdot m \cdot Tb$$

$$\emptyset Vn = 1 \cdot 1,13 \cdot 0,35 \cdot 2 \cdot 33500$$

$$\emptyset Vn = 26498,5 \text{ kg}$$

Jumlah Baut

$$n = \frac{Vu}{\emptyset Vn} = \frac{439377,7}{26498,5} = 16,58 \approx 18 \text{ buah}$$

Jarak Pemasangan Baut

- Jarak antar baut sesuai syarat,
 $3db \leq S \leq 15tp \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $3 \cdot 30 \leq S \leq 15 \cdot 25 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $90 \leq S \leq 375 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$
- Jarak baut ke tepi terluar sesuai syarat,
 $1,5db \leq S1 \leq (4tp + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $1,5 \cdot 30 \leq S1 \leq (4 \cdot 30 + 100) \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $45 \leq S1 \leq 200 \text{ atau } 200 \text{ mm}$
 $S1 \text{ pakai} = 100 \text{ mm}$

Kontrol Plat Penyambung

Jarak titik berat ke sisi luar (x) = 1,25 cm

Jarak baut pertama dan terakhir (L) = 50 cm

$f_y = 410 \text{ Mpa}$ $f_u = 550 \text{ Mpa}$

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

$$U = 0,9$$

$$A_g = 87,5 \text{ cm}^2$$

$$A_n = 87,5 - 3 \cdot (3 + 0,15) \cdot 2,5 = 63,87 \text{ cm}^2$$

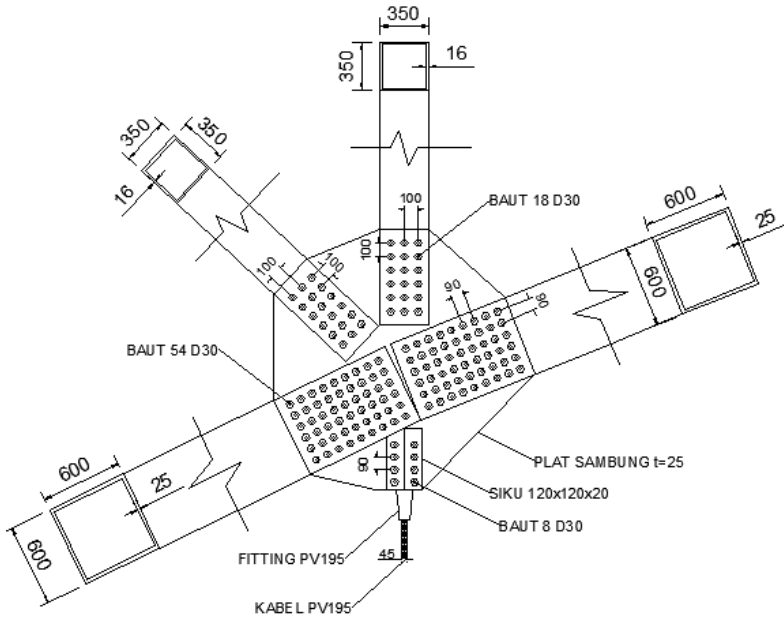
$$A_e = U \cdot A_n = 57,48 \text{ cm}^2$$

Kontrol Leleh

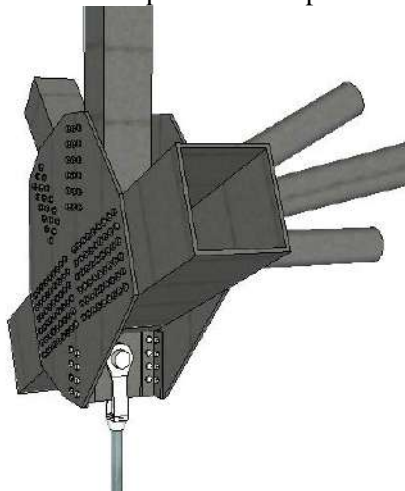
$$\phi T_n = \phi \cdot f_y \cdot A_g = 322875 \text{ kg} > 219688,8 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol Putus

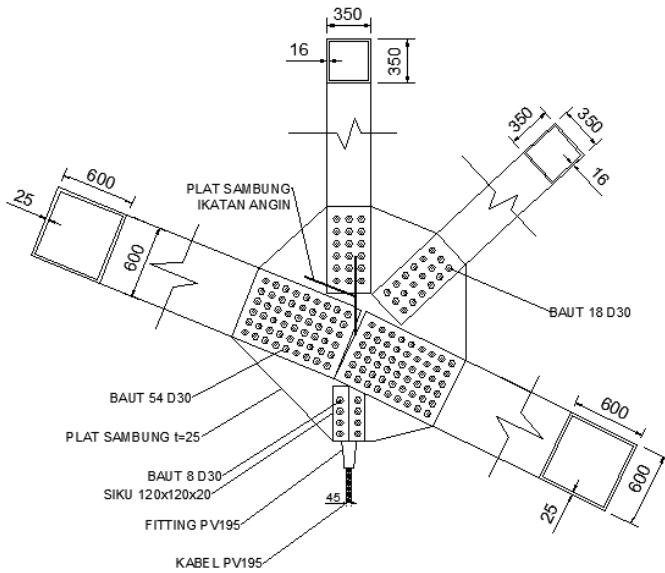
$$\phi T_n = \phi \cdot f_u \cdot A_e = 237135 \text{ kg} > 219688,8 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$



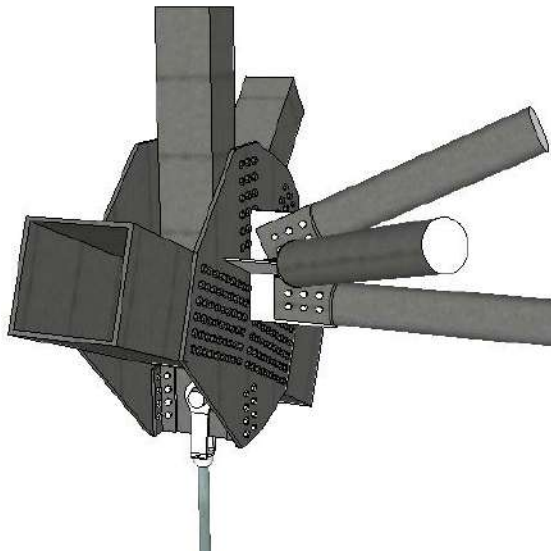
Gambar 4. 77 Tampak Luar Simpul B10 (2D)



Gambar 4. 78 Tampak Luar Simpul B10 (3D)



Gambar 4. 79 Tampak Dalam Simpul B10 (2D)



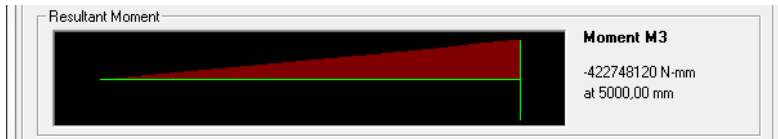
Gambar 4. 80 Tampak Dalam Simpul B10 (2D)

4.9.4 Sambungan Portal Akhir

Jumlah baut yang digunakan tiap batang sesuai dengan perencanaan batang tepi atas segmen tiga yaitu dengan jumlah 24 baut pada setiap sisi nya.

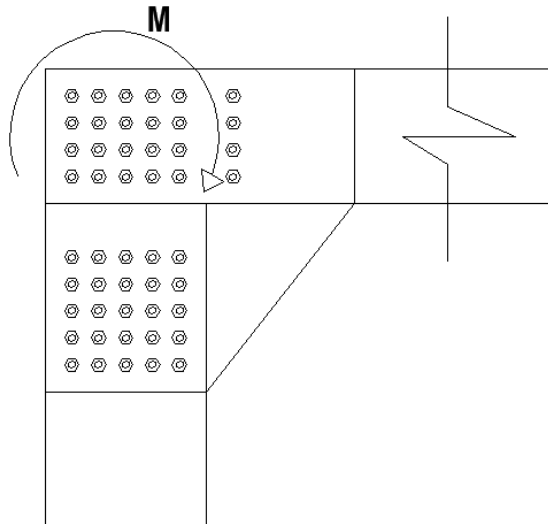
4.9.4.1 Kelompok Baut Pembebanan Sebidang

Pada perhitungan kelompok baut pembebanan sebidang menggunakan analisa KUAI 1 sesuai SNI 1725:2016. Besar momen yang didapatkan dengan program bantu SAP 2000 sebesar 422,748 kNm.

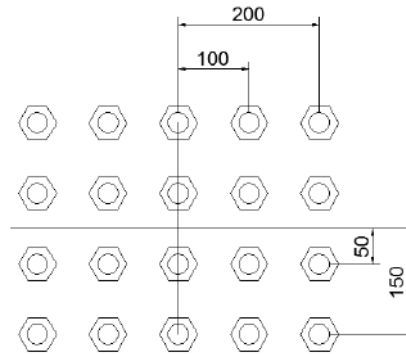


Gambar 4. 81 Momen pada Pembebanan Sebidang (KUAT 1)

Berikut adalah konfigurasi kelompok baut pembebanan sebidang,



Gambar 4. 82 Konfigurasi Baut Pembebanan Sebidang



Gambar 4. 83 Asumsi Baut Penahan Momen

$$\begin{aligned}\Sigma_{total} &= \Sigma y^2 + \Sigma x^2 \\ \Sigma_{total} &= 0,25 + 0,4 \\ \Sigma_{total} &= 0,65 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Gaya vertikal tiap baut akibat momen yang terjadi,

$$\begin{aligned}P_V &= \frac{Mu \cdot x \text{ max}}{\Sigma_{total}} \\ P_V &= \frac{42274,8 \cdot 0,2}{0,65} \\ P_V &= 13007,63 \text{ kg}\end{aligned}$$

Gaya horizontal tiap baut akibat momen yang terjadi,

$$\begin{aligned}P_H &= \frac{Mu \cdot y \text{ max}}{\Sigma_{total}} \\ P_H &= \frac{42274,8 \cdot 0,15}{0,65}\end{aligned}$$

$$P_H = 9755,72 \text{ kg}$$

Gaya geser total yang diterima tiap baut,

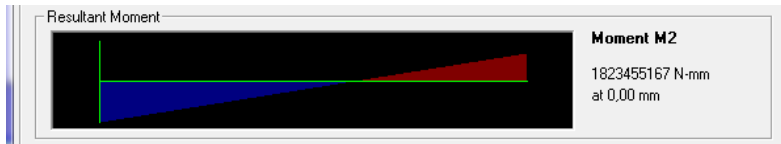
$$P_U = \sqrt{P_V^2 + P_H^2}$$

$$P_U = \sqrt{13007,63^2 + 9755,72^2}$$

$$P_U = 16259,54 \text{ kg} > Vn = 26498,5 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

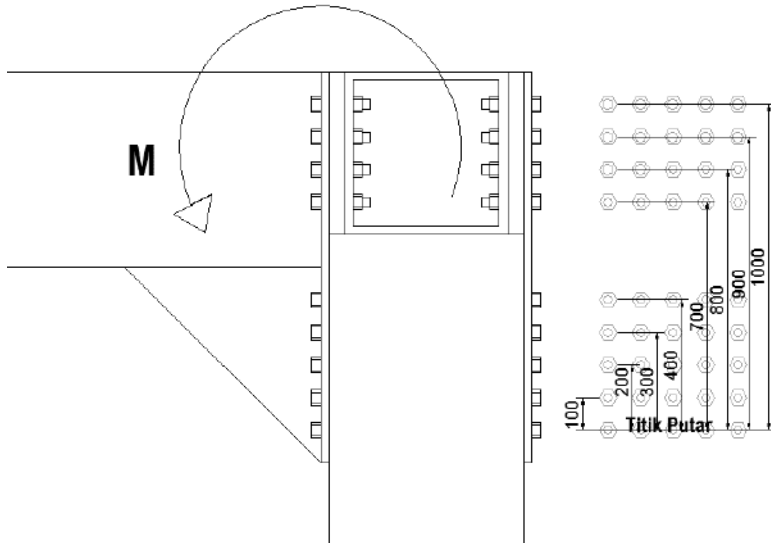
4.9.4.2 Kelompok Baut Pembebanan Tak Sebidang

Pada perhitungan kelompok baut pembebanan tak sebidang menggunakan analisa KUIAI 3 sesuai SNI 1725:2016. Besar momen yang didapatkan dengan program bantu SAP 2000 sebesar 1823,45 kNm.



Gambar 4. 84 Momen pada Pembebanan Tak Sebidang (KUAT 3)

Perhitungan gaya tarik yang diterima oleh tiap baut menggunakan cara pendekatan (titik putar). Berikut adalah konfigurasi kelompok baut pembebanan tak sebidang,



Gambar 4. 85 Konfigurasi Baut Pembebanan Tak Sebidang

$$\Sigma y^2 = 5 \cdot (0,1^2 \cdot 0,2^2 \cdot 0,3^2 \cdot 0,4^2 \cdot 0,7^2 \cdot 0,8^2 \cdot 0,9^2 \cdot 1^2)$$

$$\Sigma y^2 = 16,2 \text{ m}^2$$

Gaya tarik yang diterima tiap baut akibat momen tak sebidang,

$$Tu \text{ max} = \frac{Mu \cdot y \text{ max}}{\Sigma y^2}$$

$$Tu \text{ max} = \frac{182345,51 \cdot 1}{16,2}$$

$$Tu \text{ max} = 11255,9 \text{ kg}$$

Kuat tarik nominal baut ulir diameter 30 mm,

$$fu \text{ baut} = 5500 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{\text{baut}} = 7,068 \text{ cm}^2$$

$$T_{d \text{ ulir}} = 0,75 \cdot \phi \cdot f_u \text{ baut} \cdot A_{\text{baut}}$$

$$T_{d \text{ ulir}} = 0,75 \cdot 0,75 \cdot 5500 \cdot 7,068$$

$$T_{d \text{ ulir}} = 21868,43 \text{ kg} > T_{u \text{ max}} = 11255,9 \text{ kg} \quad \mathbf{OK}$$

Kontrol baut menerima kombinasi geser dan tarik

Pada saat geser dan tarik bekerja bersamaan maka akan timbul reduksi pada kemampuan geser baut. Berikut adalah rencana perhitungannya,

$$V_n = 26498,5 \text{ kg}$$

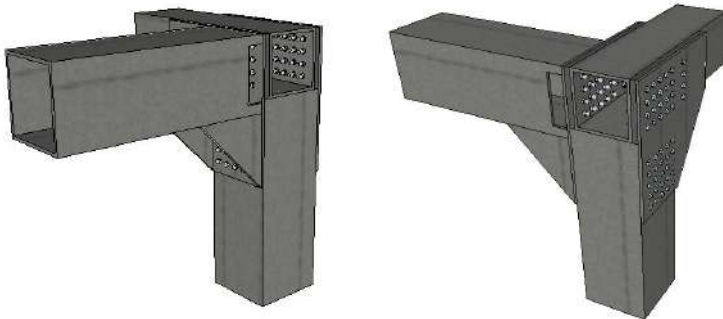
$$T_{u \text{ max}} = 11255,9 \text{ kg}$$

$$T_{\text{baut}} = 33500 \text{ kg}$$

$$V_n \text{ koreksi} = V_n \cdot \left(1 - \frac{T_u}{1,13 \cdot T_b} \right)$$

$$V_n \text{ koreksi} = 18619,37 \text{ kg}$$

$$V_u \text{ akibat beban sebidang} = 16259,54 \text{ kg} > V_n \text{ koreksi} \quad \mathbf{OK}$$



Gambar 4. 86 Tampak Portal Akhir (3D)

4.10 Perencanaan Perletakan

Perletakan yang digunakan adalah jenis POT *Bearing* produk dari VSL. Perletakan ini didesain untuk mampu menahan beban horizontal dan vertikal akibat beban yang bekerja pada jembatan. Permbebanan vertikal menggunakan kombinasi Kuat I sesuai SNI 1725:2016, sedangkan pembebanan vertikal menggunakan kombinasi Ekstrim I sesuai SNI 1725:2016.

Pada pembebanan horizontal sesuai dengan kombinasi Ekstrim I, beban yang bekerja adalah beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Gaya horizontal yang terjadi akibat beban gempa dihitung sesuai dengan SNI 2833:2008 tentang Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan.

4.10.1 Pembebanan Horizontal akibat Gempa

Pembebanan horizontal akibat gempa mengacu pada SNI 1725:2016 pasal 9.7 dengan koefisien-koefisien sesuai dengan SNI 2833:2008. Gaya horizontal statis dicari berdasarkan rumus berikut,

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

Keterangan :

- E_Q adalah gaya gempa horizontal statis
- C_{sm} adalah koefisien respons gempa elastis
- R_d adalah faktor modifikasi respons
- W_t adalah berta total struktur

- Mencari Nilai W_t

Nilai W_t didapatkan dari program bantu SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan beban hidup dan beban mati sesuai dengan kombinasi Eksrim I.



Gambar 4. 87 Penamaan Titik Perletakan

Tabel 4. 61 Reaksi Vertikal pada Perletakan (Ekstrim I)

Titik	Kombinasi	Gaya Vertikal (kN)
1	Ekstrim I	1983,37
2	Ekstrim I	2739,08
3	Ekstrim I	8994,26
4	Ekstrim I	8752,31
5	Ekstrim I	9255,84
6	Ekstrim I	8645,20
7	Ekstrim I	2276,29
8	Ekstrim I	2440,11
Jumlah		45086,46
Sambungan 10%		4508,65
Berat total (Wt)		49595,11

➤ Mencari Nilai C_{sm}

$$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}}$$

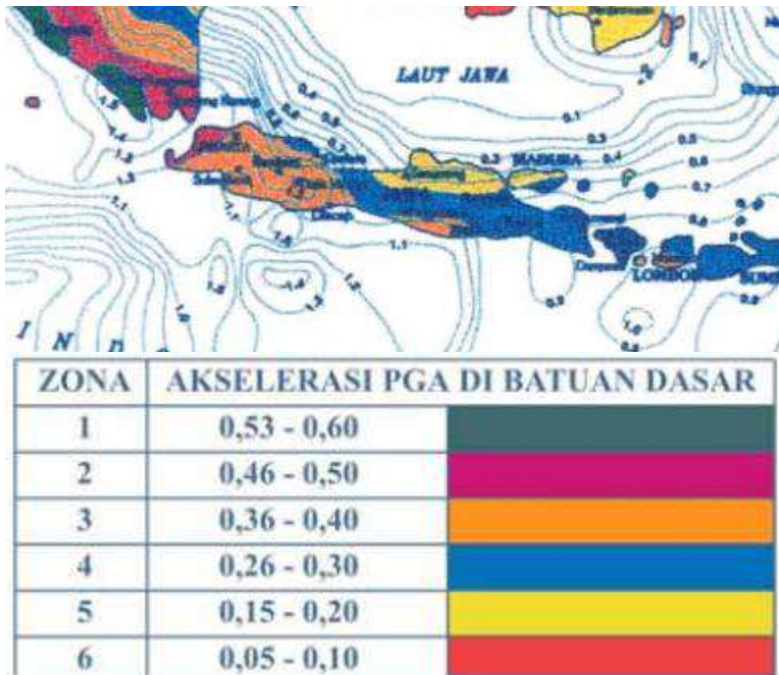
Keterangan :

A adalah akselerasi puncak di batuan dasar

T adalah perioda alami struktur

S adalah kofisien tanah

- Mencari Nilai A



Gambar 4. 88 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun

Tabel 4. 62 Akselerasi puncak PGA

PGA (g)	50 tahun	100 tahun	200 tahun	500 tahun	1000 tahun
Wilayah 1	0,34-0,38	0,40-0,46	0,47-0,53	0,53 - 0,60	0,59-0,67
Wilayah 2	0,29-0,32	0,35-0,38	0,40-0,44	0,46 - 0,50	0,52-0,56
Wilayah 3	0,23-0,26	0,27-0,30	0,32-0,35	0,36 - 0,40	0,40-0,45
Wilayah 4	0,17-0,19	0,20-0,23	0,23-0,26	0,26 - 0,30	0,29-0,34
Wilayah 5	0,10-0,13	0,11-0,15	0,13-0,18	0,15 - 0,20	0,17-0,22
Wilayah 6	0,03-0,06	0,04-0,08	0,04-0,09	0,05 - 0,10	0,06-0,11

Kabupaten Semarang terletak pada zona wilayah 4. Untuk menentukan nilai A diambil nilai terkritik yaitu ketika periode ulang 1000 tahun sesuai Tabel 4.49 yaitu sebesar 0,34.

- Mencari Nilai S

Menurut data tanah, rata rata nilai N-SPT untuk tanah hingga 30m memiliki nilai $15 \leq N \leq 50$. Nilai ini dapat dikategorikan sebagai tanah sedang sesuai dengan tabel berikut,

Tabel 4. 63 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi Site	\bar{V}_s (m/dt)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut :			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Indeks plastisitas, $P_i > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa 			

Tabel 4. 64 Koefisien Tanah (S)

S (tanah teguh)	S (tanah sedang)	S (tanah lembek)
$S_1=1,0$	$S_2=1,2$	$S_3=1,5$

Sesuai dengan tabel diatas maka dapat diambil nilai S sebesar 1,2.

- Mencari nilai T

Nilai T adalah nilai perioda alami struktur, nilai ini didapatkan pada program bantu SAP 2000. Kombinasi pembebanan yang digunakan pada pemodelan struktur adalah kombinasi Ekstrim I. Berikut adalah periode yang didapatkan,

Modal Periods And Frequencies

File View Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Periods And Frequencies

	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
▶	MODAL	Mode	1	2,700105	0,37036	2,327	5,415
	MODAL	Mode	2	1,264069	0,7911	4,9706	24,707
	MODAL	Mode	3	0,71402	1,4005	8,7997	77,435
	MODAL	Mode	4	0,516264	1,937	12,17	148,12
	MODAL	Mode	5	0,434538	2,3013	14,459	209,08
	MODAL	Mode	6	0,336671	2,9703	18,663	348,3
	MODAL	Mode	7	0,316849	3,1561	19,83	393,24
	MODAL	Mode	8	0,3027	3,3036	20,757	430,86
	MODAL	Mode	9	0,295304	3,3863	21,277	452,71
	MODAL	Mode	10	0,28056	3,5643	22,395	501,54
	MODAL	Mode	11	0,279609	3,5764	22,471	504,96
	MODAL	Mode	12	0,278398	3,592	22,569	509,36

Gambar 4. 89 Periode Alami Struktur

Periode alami struktur didapat dari mode 1 sebesar 2,7 detik. Maka nilai C_{sm} dapat dihitung sebagai berikut,

$$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}}$$

$$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot 0,34 \cdot 1,2}{2,7^{2/3}}$$

$$C_{sm} = 0,252$$

- Mencari Nilai Modifikasi Respons R_d

Faktor modifikasi respon untuk kolom dan hubungan dengan bangunan bawah memiliki nilai faktor yang berbeda sesuai dengan jenis strukturnya. Nilai modifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4. 65 Faktor Modifikasi Respon R_d

	Kolom atau pilar	Penghubung (<i>connection</i>) bangunan atas pada		
		Kepala jembatan (<i>b</i>)	Kolom, pilar atau tiang (<i>c</i>)	Sambungan dilatasi
Pilar tipe dinding (<i>a</i>)	2 (sumbu kuat) 3 (sumbu lemah)	0,8	1,0	0,8
Kolom tunggal	3-4			
Kolom majemuk	5-6			
<i>pile cap</i> beton	2-3			
Catatan:				
a. Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar				
b. Untuk jembatan bentang tunggal digunakan faktor $R_d = 2,5$ untuk hubungan pada kepala jembatan				
c. Sebagai alternatif hubungan kolom dapat direncanakan untuk gaya maksimum yang dikembangkan oleh sendi plastis kolom				

Untuk struktur penghubung berupa *abutment* memiliki nilai 0,8, sedangkan untuk pilar memiliki nilai 1,0.

➤ Menghitung Gaya Gempa Horizontal Statis

- Gaya Horizontal arah-y

Gaya horizontal arah-y diterima oleh 4 buah POT *bearing*, dengan 3 tipe *guided* (PU) dan 1 tipe *fixed* (PF). Berikut adalah penempatan POT *bearing* yang menerima gaya horizontal arah-y,

Gambar 4. 90 POT *Bearing* Penahan Gaya Horizontal-y

Gaya pada POT *Bearing* (*Abutment*)

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

$$E_Q = \frac{0,252}{0,8} \times \frac{49595,11}{4}$$

$$E_Q = 3913,4 \text{ kN}$$

Gaya pada POT *Bearing* (Pilar)

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

$$E_Q = \frac{0,252}{1} \times \frac{49595,11}{4}$$

$$E_Q = 3130,72 \text{ kN}$$

- Gaya Horizontal arah-x

Gaya horizontal arah-x diterima oleh 2 buah POT *bearing*, dengan 1 tipe *guided* (PU) dan 1 tipe *fixed* (PF). Berikut adalah penempatan POT *bearing* yang menerima gaya horizontal arah-x,



Gambar 4. 91 POT *Bearing* Penahan Gaya Horizontal-y

Gaya pada POT *Bearing* (Pilar)

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

$$E_Q = \frac{0,252}{1} \times \frac{49595,11}{2}$$

$$E_Q = 6261,44 \text{ kN}$$

4.10.2 Pembebanan Vertikal

Pembebanan vertikal menggunakan kombinasi Kuat I sesuai dengan SNI 1725:2016. Untuk menghitung gaya vertikal yang terjadi pada perletakan digunakan program bantu SAP 2000. Gaya vertikal yang terjadi sebagai berikut,

Tabel 4. 66 Reaksi Vertikal pada Perletakan (Kuat I)

Titik	Kombinasi	Gaya Vertikal (kN)
1	Kuat I	3911,92
2	Kuat I	4417,09
3	Kuat I	15289,73
4	Kuat I	14936,47
5	Kuat I	15673,10
6	Kuat I	14736,51
7	Kuat I	4051,31
8	Kuat I	4276,35
Jumlah		77292,48
Sambungan 10%		7729,25
Berat total (Wt)		85021,73

4.10.3 Pemilihan POT *Bearing*

Pemilihan POT *Bearing* sesuai dengan brosur VSL yang sesuai dengan AASHTO. Berikut adalah brosur yang dipakai,

Type PF

Bearings type PF can support horizontal loads in both longitudinal and transverse directions and don't allow any movement.

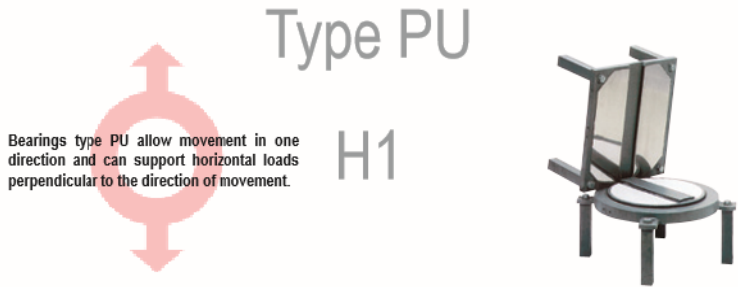
H2



Bearings according to AASHTO

BEARING TYPE	V MAX ULS (kN)	H MAX ULS (kN)	V MAX SLS (kN)	H MAX SLS (kN)	V min SLS, ULS (kN)	Aprox. Weight (kg)
PF 140/100/H2 AA	1395	300	1000	200	500	62
PF 280/200/H2 AA	2790	600	2000	400	1000	150
PF 420/300/H2 AA	4185	900	3000	600	1500	208
PF 560/400/H2 AA	5580	1200	4000	800	2000	267
PF 700/500/H2 AA	6975	1500	5000	1000	2500	366
PF 840/600/H2 AA	8370	1800	6000	1200	3000	523
PF 1000/700/H2 AA	9765	2100	7000	1400	3500	648
PF 1100/800/H2 AA	11160	2400	8000	1600	4000	750
PF 1250/900/H2 AA	12555	2700	9000	1800	4500	804
PF 1400/1000/H2 AA	13950	3000	10000	2000	5000	1037
PF 1535/1100/H2 AA	15345	3300	11000	2200	5500	1123
PF 1700/1200/H2 AA	16740	3600	12000	2400	6000	1217
PF 1800/1300/H2 AA	18135	3900	13000	2600	6500	1295
PF 1950/1400/H2 AA	19530	4200	14000	2800	7000	1453
PF 2100/1500/H2 AA	20925	4500	15000	3000	7500	1728
PF 2200/1600/H2 AA	22320	4800	16000	3200	8000	1828
PF 2400/1700/H2 AA	23715	5100	17000	3400	8500	1855
PF 2500/1800/H2 AA	25110	5400	18000	3600	9000	2075
PF 2650/1900/H2 AA	26505	5700	19000	3800	9500	2718
PF 2800/2000/H2 AA	27900	6000	20000	4000	10000	2928
PF 3100/2200/H2 AA	30690	6600	22000	4400	11000	3107
PF 3350/2400/H2 AA	33480	7200	24000	4800	12000	3571
PF 3600/2600/H2 AA	36270	7800	26000	5200	13000	4108
PF 3900/2800/H2 AA	39060	8400	28000	5600	14000	4512
PF 4200/3000/H2 AA	41850	9000	30000	6000	15000	5032

Gambar 4. 92 Brosur POT *Bearing Type Fixed*



Bearings according to AASHTO

BEARING TYPE	V MAX ULS (kN)	H MAX ULS (kN)	V MAX SLS (kN)	H MAX SLS (kN)	V min SLS, ULS (kN)	Aprox. Weight (kg)
PU 140/100/H1 AA	1395	150	1000	100	500	81
PU 280/200/H1 AA	2790	300	2000	200	1000	127
PU 420/300/H1 AA	4185	450	3000	300	1500	169
PU 560/400/H1 AA	5580	600	4000	400	2000	251
PU 700/500/H1 AA	6975	750	5000	500	2500	313
PU 840/600/H1 AA	8370	900	6000	600	3000	389
PU 1000/700/H1 AA	9765	1050	7000	700	3500	467
PU 1100/800/H1 AA	11160	1200	8000	800	4000	577
PU 1250/900/H1 AA	12555	1350	9000	900	4500	621
PU 1400/1000/H1 AA	13950	1500	10000	1000	5000	759
PU 1535/1100/H1 AA	15345	1650	11000	1100	5500	882
PU 1700/1200/H1 AA	16740	1800	12000	1200	6000	965
PU 1800/1300/H1 AA	18135	1950	13000	1300	6500	1091
PU 1950/1400/H1 AA	19530	2100	14000	1400	7000	1191
PU 2100/1500/H1 AA	20925	2250	15000	1500	7500	1307
PU 2200/1600/H1 AA	22320	2400	16000	1600	8000	1447
PU 2400/1700/H1 AA	23715	2550	17000	1700	8500	1469
PU 2500/1800/H1 AA	25110	2700	18000	1800	9000	1606
PU 2650/1900/H1 AA	26505	2850	19000	1900	9500	1777
PU 2800/2000/H1 AA	27900	3000	20000	2000	10000	2017
PU 3100/2200/H1 AA	30690	3300	22000	2200	11000	2199
PU 3350/2400/H1 AA	33480	3600	24000	2400	12000	2411
PU 3600/2600/H1 AA	36270	3900	26000	2600	13000	2753
PU 3900/2800/H1 AA	39060	4200	28000	2800	14000	3095
PU 4200/3000/H1 AA	41850	4500	30000	3000	15000	3548

Gambar 4. 93 Brosur POT *Bearing Tipe Guided*

Type PL

Bearings type PL allows movements in both longitudinal and transverse directions and have no horizontal load capacity (only nominal friction).



Bearings according to AASHTO

BEARING TYPE	V MAX ULS (kN)	H MAX ULS (kN)	V MAX SLS (kN)	H MAX SLS (kN)	V min SLS, ULS (kN)	Aprox. Weight (kg)
PL 140/100 AA	1395	42	1000	30	500	76
PL 280/200 AA	2790	84	2000	60	1000	126
PL 420/300 AA	4185	126	3000	90	1500	171
PL 560/400 AA	5580	167	4000	120	2000	234
PL 700/500 AA	6975	209	5000	150	2500	298
PL 840/600 AA	8370	251	6000	180	3000	370
PL 1000/700 AA	9765	293	7000	210	3500	452
PL 1100/800 AA	11160	335	8000	240	4000	559
PL 1250/900 AA	12555	377	9000	270	4500	607
PL 1400/1000 AA	13950	419	10000	300	5000	678
PL 1535/1100 AA	15345	460	11000	330	5500	801
PL 1700/1200 AA	16740	502	12000	360	6000	879
PL 1800/1300 AA	18135	544	13000	390	6500	1003
PL 1950/1400 AA	19530	586	14000	420	7000	1129
PL 2100/1500 AA	20925	628	15000	450	7500	1203
PL 2200/1600 AA	22320	670	16000	480	8000	1340
PL 2400/1700 AA	23715	711	17000	510	8500	1372
PL 2500/1800 AA	25110	753	18000	540	9000	1488
PL 2650/1900 AA	26505	795	19000	570	9500	1678
PL 2800/2000 AA	27900	837	20000	600	10000	1911
PL 3100/2200 AA	30690	921	22000	660	11000	2096
PL 3350/2400 AA	33480	1004	24000	720	12000	2294
PL 3600/2600 AA	36270	1088	26000	780	13000	2630
PL 3900/2800 AA	39060	1172	28000	840	14000	2815
PL 4200/3000 AA	41850	1256	30000	900	15000	3218

Gambar 4. 94 Brosur POT *Bearing Tipe Free*

Hasil perhitungan gaya vertikal dan horizontal yang diterima perletakan harus disesuaikan dengan kekuatan POT *Bearing* sesuai dengan brosur VSL. Berikut adalah hasil rekapitulasi jenis POT *Bearing* yang digunakan,

Tabel 4. 67 Jenis POT *Bearing* dengan Gaya Horizontal-y

No	Jenis	Gaya (KN)	Gaya (KN)	Jenis POT BEARING	Max	Max	Ket	Ket
		Vertikal	Horizontal		Vert.	Horz.	Vert.	Horz.
1	Free	3911,9245		PL 560/400 AA	5580	167	OK	OK
2	Guided	4417,0852	3130,721	PU 3900/2800/H1 AA	39060	4200	OK	OK
3	Free	15289,727		PL 1700/1200 AA	16740	502	OK	OK
4	Guided	14936,472	3130,721	PU 3100/2200/H1 AA	30690	3300	OK	OK
5	Guided	15673,1		PU 3900/2800/H1 AA	39060	4200	OK	OK
6	Fixed	14736,513	3130,721	PF 3900/2800/H2 AA	39060	8400	OK	OK
7	Free	4051,3082		PL 560/400 AA	5580	167	OK	OK
8	Guided	4276,3521	3913,402	PU 3900/2800/H1 AA	39060	4200	OK	OK

Tabel 4. 68 Jenis POT *Bearing* dengan Gaya Horizontal-x

No	Jenis	Gaya (KN)	Gaya (KN)	Jenis POT BEARING	Max	Max	Ket	Ket
		Vertikal	Horizontal		Vert.	Horz.	Vert.	Horz.
1	Free	3911,9245		PL 560/400 AA	5580	167	OK	OK
2	Guided	4417,0852		PU 3900/2800/H1 AA	39060	4200	OK	OK
3	Free	15289,727		PL 1700/1200 AA	16740	502	OK	OK
4	Guided	14936,472		PU 3100/2200/H1 AA	30690	3300	OK	OK
5	Guided	15673,1	6261,443	PU 3900/2800/H1 AA + (H sisa 6)	39060	6339	OK	OK
6	Fixed	14736,513	6261,443	PF 3900/2800/H2 AA	39060	8400	OK	OK
7	Free	4051,3082		PL 560/400 AA	5580	167	OK	OK
8	Guided	4276,3521		PU 3900/2800/H1 AA	39060	4200	OK	OK

4.11 Perencanaan *Abutment*

4.11.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Dalam menghitung daya dukung tiang pancang tunggal menggunakan data tanah hasil *Standard Penetration Test* (SPT) pada lokasi proyek. Daya dukung pondasi tiang pancang tunggal ditentukan oleh perlawanan tanah pada ujung tiang (Q_p) dan unsur lekatan lateral tanah (Q_s).

Harga N untuk lempung atau pasir berlanau di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N' berdasarkan rumusan sebagai berikut (Terzaghi dan Peck) :

$$N' = 15 + 0,5 (N-15) \quad , \text{ untuk } N > 15$$

Berikut adalah nilai N_{SPT} hasil koreksi,

Tabel 4. 69 Nilai N_{SPT} BG-99 Koreksi

Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	N'
0	0	0	0
2	2	13	13
4	2	13	13
6	2	22	18,5
8	2	50	32,5
10	2	50	32,5
12	2	50	32,5
14	2	50	32,5
16	2	50	32,5
18	2	50	32,5
20	2	50	32,5

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)

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)

Sedangkan,

$$Q_s = q_s \times A_s = \beta \times (N_s/3 + 1) \times A_s$$

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 4. 70 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

Pada tugas akhir ini digunakan *Bored pile* dengan koefisien α yaitu 0,85.

Tabel 4. 71 Shaft Coefficient β 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	0,80	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 *Bored pile* dengan koefisien β yaitu 0,80

Direncanakan *bored pile* dengan diameter 1,2 m dengan kedalaman 20 m. Perhitungan untuk mendapatkan nilai daya dukung dirangkum pada tabel berikut,

Tabel 4. 72 Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tiang

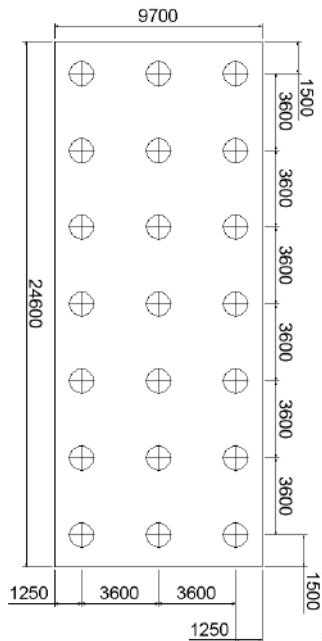
Ap	1,130973	m^2	α	0,85	
Np	32,5		β	0,8	
K	20	ton/m^2	Qp	624,8628	ton
As	75,39822	m^2	Qs	557,4899	ton
Ns	24,72727		Q_L	1182,353	ton

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai faktor keamanan (SF)} &= 3 \\
 P_{\text{ijin 1 Tiang}} &= Q_L / 3 \\
 &= 1182,35 / 3 \\
 &= 394,11 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

4.11.2 Daya Dukung Tiang dalam Grup

Untuk daya dukung tiang pancang dalam grup harus dikoreksi dengan koefisien efisiensi (C_e). Menurut Converse-Labarre, C_e dihitung menggunakan rumus sebagai berikut,

$$C_e = 1 - \frac{\text{arc tan} \left(\frac{S_1}{S} \right)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right)$$



Gambar 4. 95 Konfigurasi Tiang *Abutment*

Dimensi *Pilecap* = 9700 mm x 24600 mm x 1500 mm
 Jumlah tiang = 21 buah
 Jumlah baris (m) = 7 buah
 Jumlah kolom (n) = 3 buah

Jarak antar tiang sesuai syarat,

$$2D \leq S \leq 3D$$

$$2,4 \leq S \leq 3,6$$

$$S \text{ pakai} = 3,6 \text{ m}$$

Jarak tiang ke tepi terluar sesuai syarat,

$$S1 \geq D$$

$$S1 \geq 1,2$$

$$S1 \text{ pakai} = 1,25 \text{ m}$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{1,25}{3,6}\right)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{7} - \frac{1}{3}\right)$$

$$C_e = 0,675$$

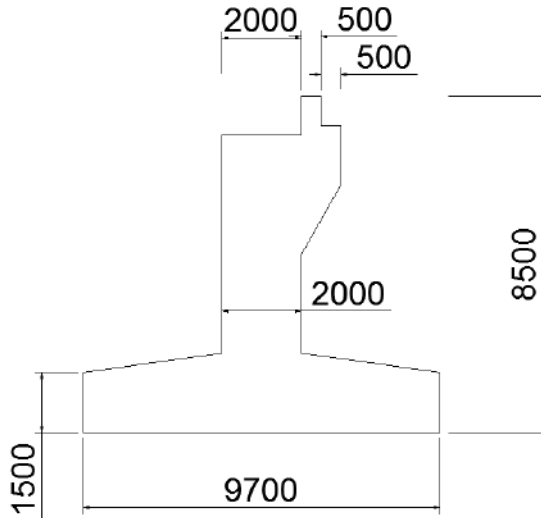
$$P_{ijin \text{ grup}} = C_e \times P_{ijin \text{ 1 tiang}}$$

$$P_{ijin \text{ grup}} = 0,675 \times 394,11$$

$$P_{ijin \text{ grup}} = 266,34 \text{ ton}$$

4.11.3 Preliminary Design *Abutment*

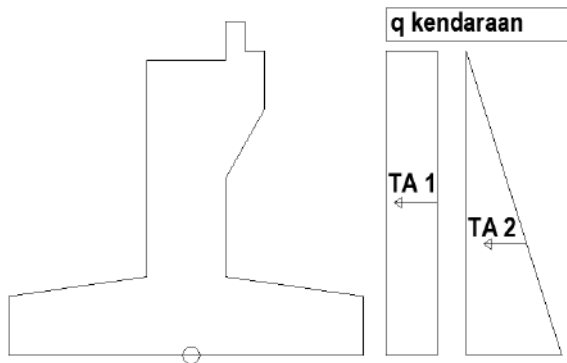
Sebelum menghitung beban-beban yang akan diterima oleh *abutment*, maka harus ditentukan terlebih dahulu rencana dimensi *abutment* yang akan dibangun. Berikut adalah rencana design *abutment* yang dipakai,

Gambar 4. 96 Desain *Abutment*

4.11.4 Pembebanan *Abutment*

4.11.4.1 Beban Lalu-Lintas dan Tekanan Tanah

Beban lalu-lintas yang bekerja pada jalan hantar dan tekanan tanah aktif dihitung sebagai berikut,



Gambar 4. 97 Ilustrasi Gaya Lalu-Lintas dan Tekanan Tanah

T <i>abutment</i>	= 8,5 m
L <i>abutment</i>	= 13 m
g timbunan	= 1850 kg/m ³
g tanah	= 1600 kg/m ³
g air	= 1000 kg/m ³
Ø	= 30°
C	= 10 kPa

Beban kendaraan lalu lintas diekivalensikan dengan 0,6 x g timbunan dan beban akibat kendaraan tersebut sama di sepanjang kedalaman *abutment*.

$$q_{\text{kendaraan}} = 0,6 \cdot g_{\text{timbunan}}$$

$$= 1110 \text{ kg/m}^2$$

$$K_a = \tan^2(45 - \frac{\emptyset}{2})$$

$$K_a = \tan^2(45 - \frac{30}{2})$$

$$K_a = 0,3333$$

Ta1 adalah tekanan tanah aktif akibat beban kendaraan,

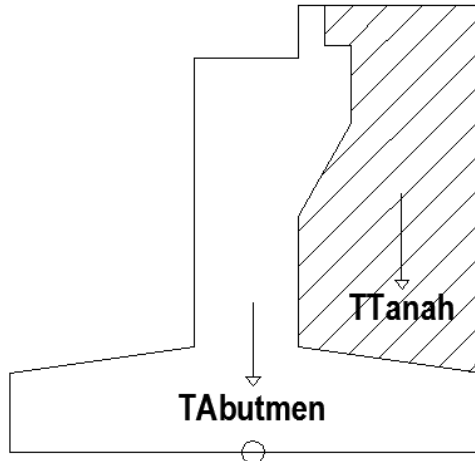
$$\begin{aligned} \text{Ta1} &= K_a \times q_{\text{kendaraan}} \times H \times L \text{ *abutment*} \\ &= 0,33 \times 1110 \times 8,5 \times 13 \\ &= 40476,15 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ta2 adalah tekanan tanah aktif akibat beban timbunan,

$$\begin{aligned} \text{Ta2} &= K_a \times (g \text{ tanah} \times H) \times H \times L \text{ *abutment*} \\ &= 0,33 \times (1600 \times 8,5) \times 8,5 \times 13 \\ &= 247342,095 \text{ kg} \end{aligned}$$

4.11.4.2 Berat Sendiri *Abutment* dan Tanah Timbunan

Berat sendiri dihitung dari nilai berat jenis material dan volume yang dihitung dengan program bantu AutoCAD.



Gambar 4. 98 Ilustrasi Berat Sendiri *Abutment* dan Tanah Timbunan

Berikut adalah hasil perhitungan berat sendiri,

Tabel 4. 73 Berat Sendiri *Abutment* dan Tanah Timbunan

	Luas (m ²)	Lebar (m)	Berat Jenis (kg/m ²)	Berat (ton)
<i>Abutment</i>	30	13	2400	963
Timbunan	20,875	13	1600	433,11

4.11.4.3 Beban Mati Struktur Atas

Beban mati struktur jembatan busur yang bekerja pada perletakan di *abutment*. Nilai diambil dari perhitungan struktur atas dengan menggunakan program bantu SAP2000.

Tabel 4. 74 Beban Mati pada Perletakan di *Abutment*

	Gaya Vertikal (ton)
Titik POT <i>Bearing</i> 7	171,186
Titik POT <i>Bearing</i> 8	179,734

4.11.4.4 Beban Hidup Struktur Atas

Beban hidup struktur jembatan busur yang bekerja pada perletakan di *abutment*. Nilai diambil dari perhitungan struktur atas dengan menggunakan program bantu SAP2000.

Tabel 4. 75 Beban Hidup pada Perletakan di *Abutment*

	Gaya Vertikal (ton)
Titik POT <i>Bearing</i> 7	103,838
Titik POT <i>Bearing</i> 8	109,602

4.11.4.5 Beban Angin pada Struktur Atas

Beban angin yang bekerja pada struktur atas diterima oleh POT *Bearing* yang nantinya akan diteruskan ke pondasi. Besarnya beban angin yang diterima didapatkan dengan program bantu SAP2000. Beban bekerja pada POT *Bearing* nomer 8 yaitu sebesar 101,35 ton ke arah sumbu y atau melintang jembatan.

4.11.4.6 Beban akibat Gempa

Pembebanan horizontal akibat gempa mengacu pada SNI 1725:2016 pasal 9.7 dengan koefisien-koefisien sesuai dengan SNI 2833:2008. Gaya horizontal statis dicari berdasarkan rumus berikut,

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

Keterangan :

E_Q adalah gaya gempa horizontal statis

C_{sm} adalah koefisien respons gempa elastis

R_d adalah faktor modifikasi respons

W_t adalah berta total struktur

➤ Mencari Nilai W_t

Nilai W_t didapatkan dari program bantu SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan beban hidup dan beban mati sesuai dengan kombinasi Eksrim I.

W_t akibat struktur atas = 350,921 ton

W_t akibat berat sendiri = 936,000 ton

W_t total pada *abutment* = 1286,921 ton

➤ Mencari Nilai C_{sm}

$$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}}$$

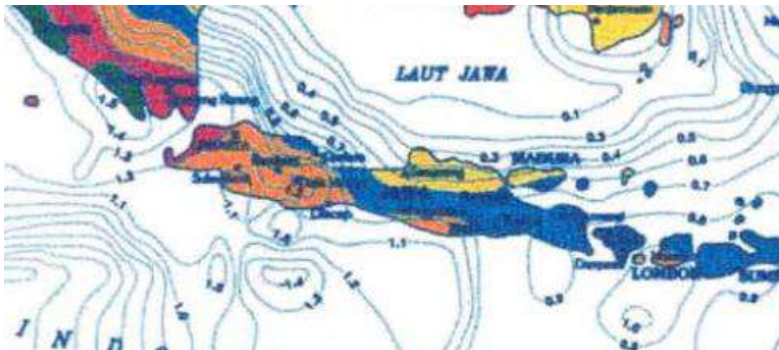
Keterangan :

A adalah akselerasi puncak di batuan dasar

T adalah perioda alami struktur

S adalah kofisien tanah

• Mencari Nilai A



Gambar 4. 99 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun

ZONA	AKSELERASI PGA DI BATUAN DASAR
1	0,53 - 0,60
2	0,46 - 0,50
3	0,36 - 0,40
4	0,26 - 0,30
5	0,15 - 0,20
6	0,05 - 0,10

Gambar 4. 100 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun

Tabel 4. 76 Akselerasi puncak PGA

PGA (g)	50 tahun	100 tahun	200 tahun	500 tahun	1000 tahun
Wilayah 1	0,34-0,38	0,40-0,46	0,47-0,53	0,53 - 0,60	0,59-0,67
Wilayah 2	0,29-0,32	0,35-0,38	0,40-0,44	0,46 - 0,50	0,52-0,56
Wilayah 3	0,23-0,26	0,27-0,30	0,32-0,35	0,36 - 0,40	0,40-0,45
Wilayah 4	0,17-0,19	0,20-0,23	0,23-0,26	0,26 - 0,30	0,29-0,34
Wilayah 5	0,10-0,13	0,11-0,15	0,13-0,18	0,15 - 0,20	0,17-0,22
Wilayah 6	0,03-0,06	0,04-0,08	0,04-0,09	0,05 - 0,10	0,06-0,11

Kabupaten Semarang terletak pada zona wilayah 4. Untuk menentukan nilai A diambil nilai terkritik yaitu ketika periode ulang 500 tahun sesuai tabel diatas yaitu sebesar 0,30.

- Mencari Nilai S

Menurut data tanah, rata rata nilai N-SPT untuk tanah hingga 30m memiliki nilai $15 \leq N \leq 50$. Nilai ini dapat dikategorikan sebagai tanah sedang sesuai dengan tabel berikut,

Tabel 4. 77 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi Site	\bar{V}_i (m/dt)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_i \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_i \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_i \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_i \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_i < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $P_i > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		

Tabel 4. 78 Koefisien Tanah (S)

S (tanah teguh)	S (tanah sedang)	S (tanah lembek)
$S_1=1,0$	$S_2=1,2$	$S_3=1,5$

Sesuai dengan tabel diatas maka dapat diambil nilai S sebesar 1,2.

- Mencari nilai T

Nilai T ditentukan menggunakan cara spektral moda tunggal sesuai SNI 2833:2008 pasal 4.5.2. berikut adalah formula yang dipakai,

$$T = 2,01 \sqrt{\delta}$$

$$\delta = \frac{(Wu + 0,3Wp) h^3}{3EI}$$

Dimana :

Wu : berat bangunan atas

Wp : berat bangunan bawah

EI : kekakuan lentur
 h : ketinggian bangunan bawah
 δ : simpangan

$$E = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$E = 4700 \sqrt{40}$$

$$E = 29725,41 \text{ Mpa} = 2972541000 \text{ kg/m}^2$$

Menentukan nilai gaya horizontal pada arah y dan x, perhitungan terdapat pada tabel berikut,

Tabel 4. 79 Perhitungan Gaya Gempa Arah x dan y

Arah-y	Arah-x
$I_y = 752,69m^4 \text{ (AutoCAD)}$	$I_y = 420,81m^4 \text{ (AutoCAD)}$
$\delta = \frac{(Wu + 0,3Wp) h^3}{3EI}$	$\delta = \frac{(Wu + 0,3Wp) h^3}{3EI}$
$\delta = 5,77^{-5} m$	$\delta = 1,03^{-4} m$
$T = 2,01 \sqrt{\delta}$	$T = 2,01 \sqrt{\delta}$
$T = 0,0152$	$T = 0,0204$
$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}} < 2,5 A$	$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}} < 2,5 A$
$C_{sm} = 7,015 < 0,75$	$C_{sm} = 5,779 < 0,75$
$C_{sm} = 0,75$	$C_{sm} = 0,75$

➤ Mencari Nilai Modifikasi Respons R_d

Faktor modifikasi respon untuk kolom atau pilar memiliki nilai faktor yang berbeda sesuai dengan arah gaya. Nilai modifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4. 80 Faktor Modifikasi Respon R_d

	Kolom atau pilar	Penghubung (<i>connection</i>) bangunan atas pada		
		Kepala jembatan (<i>b</i>)	Kolom, pilar atau tiang (<i>c</i>)	Sambungan dilatasi
Pilar tipe dinding (<i>a</i>)	2 (sumbu kuat) 3 (sumbu lemah)	0,8	1,0	0,8
Kolom tunggal	3-4			
Kolom majemuk	5-6			
<i>pile cap</i> beton	2-3			
Catatan:				
a. Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar				
b. Untuk jembatan bentang tunggal digunakan faktor $R_d = 2,5$ untuk hubungan pada kepala jembatan				
c. Sebagai alternatif hubungan kolom dapat direncanakan untuk gaya maksimum yang dikembangkan oleh sendi plastis kolom				

Untuk sumbu-y sebagai sumbu kuat maka menggunakan $R_d = 2$, sedangkan untuk sumbu-x sebagai sumbu lemah menggunakan $R_d = 3$.

➤ Menghitung Gaya Gempa Horizontal Statis

Tabel 4. 81 Gaya Gempa Horizontal Arah x dan y

Arah-y	Arah-x
$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t$	$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t$
$E_Q = \frac{0,75}{2} \times 1286,92$	$E_Q = \frac{0,75}{3} \times 1286,92$
$E_Q = 482,5 \text{ ton}$	$E_Q = 321,73 \text{ ton}$

4.11.4.7 Gaya akibat Beban Rem

Perhitungan gaya akibat beban Rem sesuai dengan SNI 1725:2016. Gaya rem yang dipakai sebesar 25% dari berat gandar truk desain. Untuk desain kritis dianggap jalan adalah jalan dua lajur satu arah. Jalur satu arah mengakibatkan perletakan menerima dua beban rem truk searah. Gaya yang dihasilkan diterima langsung oleh POT *Bearing*.

$$\begin{aligned} \text{Beban gandar truk sesuai SNI} &= 225 \text{ kN} \\ 0,25 \text{ beban gandar} &= 56,25 \text{ kN} \\ \text{Terdapat 2 beban truk searah} &= 2 \times 56,25 = 112,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya sebesar 112,5 kN bekerja langsung pada perletakan ke arah sumbu-x.

4.11.5 Repartisi Beban diatas Tiang Grup

Pembebanan yang didapat pada subbab sebelumnya digunakan untuk mendapatkan gaya yang diterima tiang dalam grup. Kombinasi yang digunakan adalah sebagai berikut,

Tabel 4. 82 Kombinasi Pembebanan Desain *Abutment*

Kombinasi	Faktor Beban yang Bekerja			
	Mati	Hidup	Angin	Gempa
Kuat 1	Y	1,8	-	-
Kuat 3	Y	-	1,4	-
Ekstrim 1	Y	0,3	-	1

Tabel 4. 83 Kombinasi Kuat 1

Beban	Gaya Terfaktor (ton)			Lengan (m)	Momen (tonm)	
	V	Hy	Hx		My	Mx
Mati POT 7	171,1864			6	1027,118	
Mati POT 8	179,7349			-6	-1078,41	
Abutment	936			0,13		121,68
Berat Tanah	433,1145			2,951		1278,121
Tanah aktif 1			-40,4762	4,25		-172,024
Tanah aktif 2			-247,342	2,83333333		-700,803
Hidup POT 7	186,9086			6	1121,452	
Hidup POT 8	197,2852			-6	-1183,71	
BebanRem			20,25	8,5		28,75
TOTAL	2104,23		-267,568		-113,551	555,7246

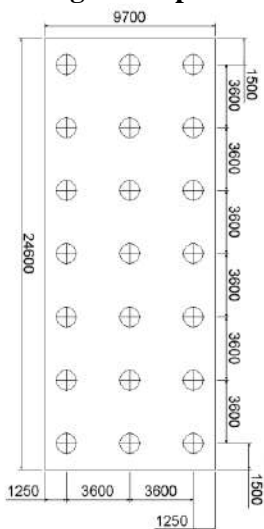
Tabel 4. 84 Kombinasi Kuat 3

Beban	Gaya Terfaktor (ton)			Lengan (m)	Momen (tonm)	
	V	Hy	Hx		My	Mx
Mati POT 7	171,1864			6	1027,118	
Mati POT 8	179,7349			-6	-1078,41	
Abutment	936			0,13		121,68
Berat Tanah	433,1145			2,951		1278,121
Tanah aktif 1			-40,4762	4,25		-172,024
Tanah aktif 2			-247,342	2,83333333		-700,803
Beban Angin		101,3548		8,5	861,5158	
TOTAL	1720,036		-287,818		810,2244	526,9746

Tabel 4. 85 Kombinasi Ekstrim 1

Beban	Gaya Terfaktor (ton)			Lengan (m)	Momen (tonm)	
	V	Hy	Hx		My	Mx
Mati POT 7	171,1864			6	1027,118	
Mati POT 8	179,7349			-6	-1078,41	
Abutment	936			0,13		121,68
Berat Tanah	433,1145			2,951		1278,121
Tanah aktif 1			-40,4762	4,25		-172,024
Tanah aktif 2			-247,342	2,83333333		-700,803
Hidup POT 7	31,15143			6	186,9086	
Hidup POT 8	32,88087			-6	-197,285	
Beban Rem			3,375	8,5		28,6875
Eq-y StrBawah		-482,595		2,852	-1376,36	
Eq-x StrBawah			321,7303	2,852		917,5749
Eq-y StrAtas		-391,34		8,5	-3326,39	
Eq-x StrAtas			0	0		0
TOTAL	1784,068	-873,936	37,28708		-4764,42	1473,237

Kontrol Konfigurasi Tiang Kelompok

Gambar 4. 101 Konfigurasi Tiang *Abutment*

Dari tiga kombinasi yang telah dihitung didapatkan gaya tekan maksimum dan momen maksimum sebagai berikut,

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 2104,22 \text{ ton} \\ M_y \max &= 4764,42 \text{ tonm} \\ M_x \max &= 1473,23 \text{ tonm} \end{aligned}$$

Dari konfigurasi tiang kelompok didapatkan jarak-jarak momen untuk arah x dan y sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang (n)} &= 21 \\ Y_{\max} &= 10,8 \text{ m} \\ X_{\max} &= 3,6 \text{ m} \\ \sum y^2 &= 1088,64 \text{ m}^2 \\ \sum x^2 &= 181,44 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$P_v = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot y \max}{\sum y^2} + \frac{M_y \cdot x \max}{\sum x^2}$$

$$P_v = \frac{2104,2}{21} + \frac{1473,23 \cdot 10,8}{1088,64} + \frac{4764,42 \cdot 3,6}{181,44}$$

$$P_v = 209,349 \text{ ton} < P \text{ ijin grup} = 266,34 \text{ ton} \quad \mathbf{OK}$$

4.11.6 Penulangan Abutment

Penulangan terdiri dari tulangan longitudinal dan tulangan transversal/geser. Penulangan longitudinal menggunakan program bantu SpColumn dengan syarat-syarat sesuai SNI 2847:2013.

4.11.6.1 Penulangan Longitudinal

Penulangan longitudinal menggunakan program bantu SpColumn dengan input gaya dan properti sebagai berikut,

$$\begin{aligned} P_u &= 21042 \text{ kN} \\ M_x &= 19496,38 \text{ kNm} \\ M_y &= 3316,86 \text{ kNm} \end{aligned}$$

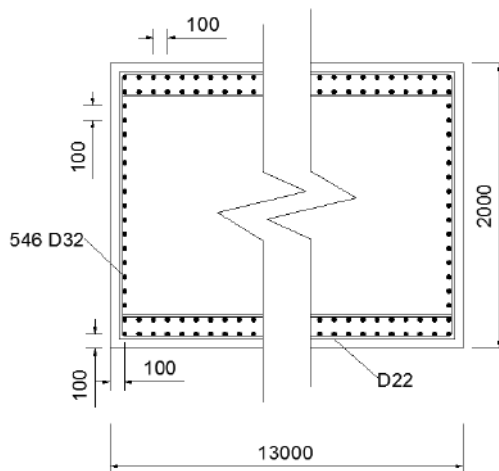
Gaya dan momen yang bekerja didapatkan akibat reaksi beban luar akibat kombinasi yang telah dihitung pada subbab sebelumnya, perhitungan dilakukan dengan program bantu SAP2000.

Desain *abutment* :

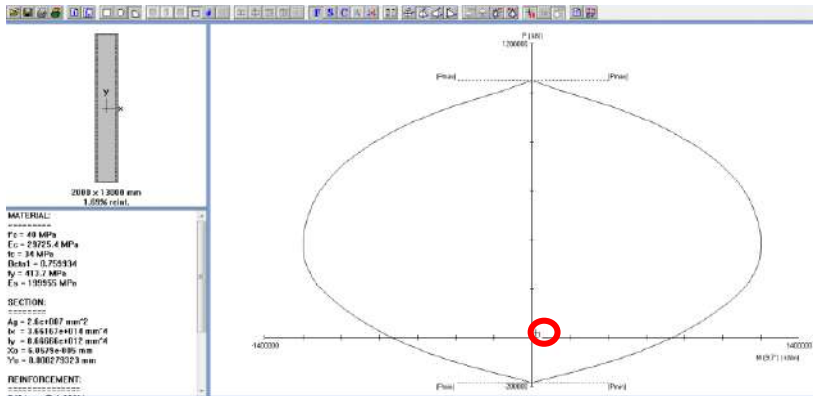
panjang (p)	= 13000 mm
lebar (l)	= 2000 mm
tulangan utama	= 546 D30 dengan rasio 1,6%
cover	= 100 mm
jarak antar tulangan	= 100 mm
f'_c	= 40 Mpa
f_y	= 410 Mpa

Syarat-syarat :

- Jarak tulangan kolom dinding tidak lebih dari tiga kali tebal dinding, atau lebih dari 450 mm (pasal 14.3.5).
- Luas tulangan longitudinal struktur tekan tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,08 A_g (pasal 10.9.1).



Gambar 4. 102 Ilustrasi Tulangan Utama *Abutment*



Gambar 4. 103 Desain *Abutment* pada SpColumn

4.11.6.2 Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2 perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser yaitu,

Gaya geser yang terjadi pada struktur = 3913,4 kN

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{21042}{14 \cdot 26}\right) \cdot 1 \sqrt{40'} \cdot 2 \cdot 12,884$$

$$V_c = 29306,66 \text{ kN}$$

Kuat geser akibat beton sudah mencukupi, tetapi tetap harus dihitung tulangan geser yang akan dipasang. Direncanakan tulangan sengkang 2 D22-250.

$$A_v = 759,88 \text{ mm}^2$$

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

$$d = 1850 \text{ mm}$$

$$V_s = \left(\frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \right)$$

$$V_s = \left(\frac{759,88 \cdot 410 \cdot 1850}{250} \right)$$

$$V_s = 2305476 \text{ N} = 2305,47 \text{ kN}$$

$$V_n = \emptyset(V_c + V_s)$$

$$V_n = 0,75(29306,66 + 2305,47)$$

$$V_n = 23709,1 \text{ kN} > V_u = 3913,4 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

4.11.7 Penulangan *Pile Cap*

Penulangan pile cap terdapat pada sisi bawah dan sisi atas. Perhitungan yang dilakukan hanya untuk penulangan pile cap sisi bawah karena arah momen positif yang terjadi. Untuk penulangan sisi atas digunakan konfigurasi yang sama tetapi dengan diameter tulangan yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam pelaksanaan.

Data perencanaan :

$$D_{29, As} = 660,185 \text{ mm}^2$$

$$\text{Selimut beton} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pile cap} = 1500 \text{ mm}$$

$$d \text{ sisi panjang} = 1500 - 100 - 0,5 \times 29 = 1385,5 \text{ mm}$$

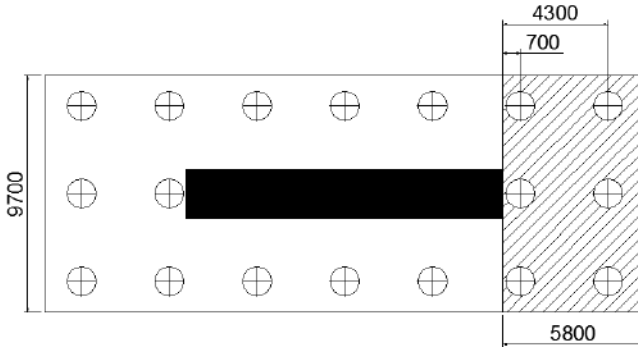
$$d \text{ sisi pendek} = 1500 - 100 - 29 - 0,5 \times 29 = 1356,5 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

4.11.7.1 Penulangan Lentur Sisi Panjang

Penulangan arah memanjang dihitung sebagai berikut,



Gambar 4. 104 Daerah Hitung Tulangan Memanjang

$$\begin{aligned}
 P \text{ reaksi} &= 2007275 \text{ N} \\
 n1 &= 3 \text{ buah, dengan lengan} = 4300 \text{ mm} \\
 n2 &= 3 \text{ buah, dengan lengan} = 700 \text{ mm} \\
 W_u \text{ poer} &= 1,3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 9,7 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \\
 &= 30264 \text{ kg/m} = 302,64 \text{ N/mm} \\
 Mu &= n1 \times P \times l1 + n2 \times P \times l2 - 0,5 \times W_u \times (\text{lebar})^2 \\
 &= 3 \times 2007275 \times 4300 + 3 \times 2007275 \times 700 - 0,5 \times \\
 &\quad 302,64 \times 5800^2 \\
 &= 25018716024 \text{ Nmm} \\
 p_{\min} &= 0,0025 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.11.9.9.2)} \\
 p_{\max} &= 0,0250 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.21.5.2.1)} \\
 R_n &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{25018716024}{0,75 \cdot 9700 \cdot 1385,5^2} \\
 &= 1,7915
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f c'}{f y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R n}{0,85 f c'}}\right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 40}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,7915}{0,85 \cdot 40}}\right)\end{aligned}$$

$$= 0,0044$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0044$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ pakai} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0044 \cdot 9700 \cdot 1385,5 \\ &= 58921,03 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}n &= A_s \text{ pakai} / A_{\text{tulangan}} \\ &= 58921,03 / 660,185 \\ &= 89,24 \approx 100\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{pakai}} &= (9700 - 2 \times 100) / 100 \\ &= 95 \text{ mm}\end{aligned}$$

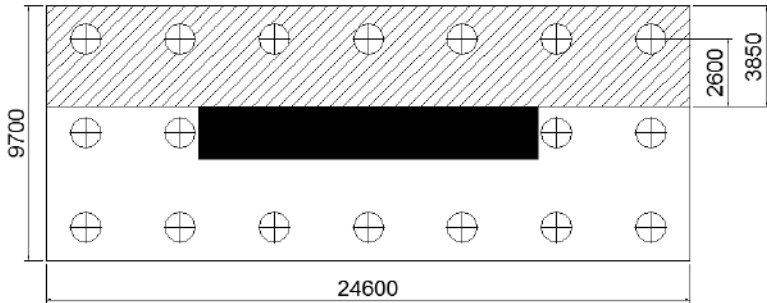
$$S_{\text{pasang}} = 95 \text{ mm}$$

Penulangan sisi bawah 100 D29-95

Penulangan sisi atas 100 D19-95

4.11.7.2 Penulangan Lentur Sisi Pendek

Penulangan arah memendek dihitung sebagai berikut,



Gambar 4. 105 Daerah Hitung Tulangan Sisi Pendek

$$\begin{aligned}
 P \text{ reaksi} &= 2007275 \text{ N} \\
 n1 &= 7 \text{ buah, dengan lengan} = 2600 \text{ mm} \\
 W_u \text{ poer} &= 1,3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 24,6 \text{ m} \times 1,5 \text{ m} \\
 &= 76752 \text{ kg/m} = 767,52 \text{ N/mm} \\
 Mu &= n1 \times P \times l1 - 0,5 \times W_u \times (\text{lebar})^2 \\
 &= 7 \times 2007275 \times 2600 - 0,5 \times 767,52 \times 3850^2 \\
 &= 30844117333 \text{ Nmm} \\
 \rho_{\text{min}} &= 0,0025 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.11.9.9.2)} \\
 \rho_{\text{max}} &= 0,0250 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.21.5.2.1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{30844117333}{0,75 \cdot 24600 \cdot 1356,5^2} \\
 &= 0,908
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 40}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,908}{0,85 \cdot 40}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 0,0022 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,0025 \\ \\ A_{\text{S pakai}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\ &= 0,0046 \cdot 24600 \cdot 1356,5 \\ &= 83424,75 \text{ mm}^2 \\ \\ n &= A_{\text{S pakai}} / A_{\text{tulangan}} \\ &= 83424,75 / 660,185 \\ &= 126,3 \approx 130 \\ \\ S_{\text{pakai}} &= (24600 - 2 \times 100) / 130 \\ &= 189,24 \text{ mm} \\ \\ S_{\text{pasang}} &= 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penulangan sisi bawah 130 D29-180

Penulangan sisi atas 130 D19-180

4.12 Perencanaan Pilar

4.12.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Dalam menghitung daya dukung tiang pancang tunggal menggunakan data tanah hasil *Standard Penetration Test* (SPT) pada lokasi proyek. Daya dukung pondasi tiang pancang tunggal ditentukan oleh perlawanan tanah pada ujung tiang (Q_p) dan unsur lekatan lateral tanah (Q_s).

Harga N untuk lempung atau pasir berlanau di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N' berdasarkan rumusan sebagai berikut (Terzaghi dan Peck) :

$$N' = 15 + 0,5 (N - 15) \quad , \text{ untuk } N > 15$$

Berikut adalah nilai N_{SPT} hasil koreksi,

Tabel 4. 86 Nilai N_{SPT} BG-98 Koreksi

Kedalaman (m)	Tebal (m)	N	N'
0	0	0	0
2	2	11	11
4	2	37	26
6	2	50	32,5
8	2	50	32,5
10	2	50	32,5
12	2	50	32,5
14	2	50	32,5
16	2	50	32,5
18	2	50	32,5
20	2	50	32,5

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)

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)

Sedangkan,

$$Q_s = q_s \times A_s = \beta \times (N_s/3 + 1) \times A_s$$

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 4. 87 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

Pada tugas akhir ini digunakan *Bored pile* dengan koefisien α yaitu 0,85.

Tabel 4. 88 Shaft Coefficient β 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	0,80	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 *Bored pile* dengan koefisien β yaitu 0,80

Direncanakan *bored pile* dengan diameter 1,2 m dengan kedalaman 35 m. Perhitungan untuk mendapatkan nilai daya dukung dirangkum pada tabel berikut,

Tabel 4. 89 Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Tiang

Ap	1,130973	m^2	α	0,85	
Np	32,5		β	0,8	
K	20	ton/m^2	Qp	624,8628	ton
As	131,9469	m^2	Qs	1538,581	ton
Ns	40,72727		QL	2163,444	ton

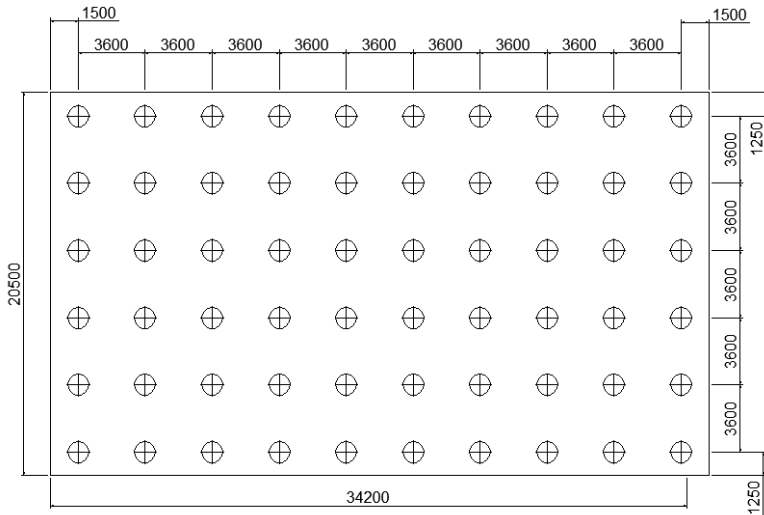
Nilai faktor keamanan (SF) = 3

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ijin 1 Tiang}} &= Q_L / 3 \\
 &= 2163,44 / 3 \\
 &= 721,14 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

4.12.2 Daya Dukung Tiang dalam Grup

Untuk daya dukung tiang pancang dalam grup harus dikoreksi dengan koefisien efisiensi (C_e). Menurut Converse-Labarre, C_e dihitung menggunakan rumus sebagai berikut,

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{S_1}{S}\right)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$



Gambar 4. 106 Konfigurasi Tiang *Abutment*

Dimensi *Pilecap* = 20500 mm x 34200 mm x 3000 mm

Jumlah tiang = 60 buah

Jumlah baris (m) = 10 buah

Jumlah kolom (n) = 6 buah

Jarak antar tiang sesuai syarat,

$$2D \leq S \leq 3D$$

$$2,4 \leq S \leq 3,6$$

$$S \text{ pakai} = 3,6 \text{ m}$$

Jarak tiang ke tepi terluar sesuai syarat,

$$S1 \geq D$$

$$S1 \geq 1,2$$

$$S1 \text{ pakai} = 1,25 \text{ m}$$

$$C_e = 1 - \frac{ac \tan\left(\frac{1,25}{3,6}\right)}{90} \times \left(2 - \frac{1}{10} - \frac{1}{6}\right)$$

$$C_e = 0,631$$

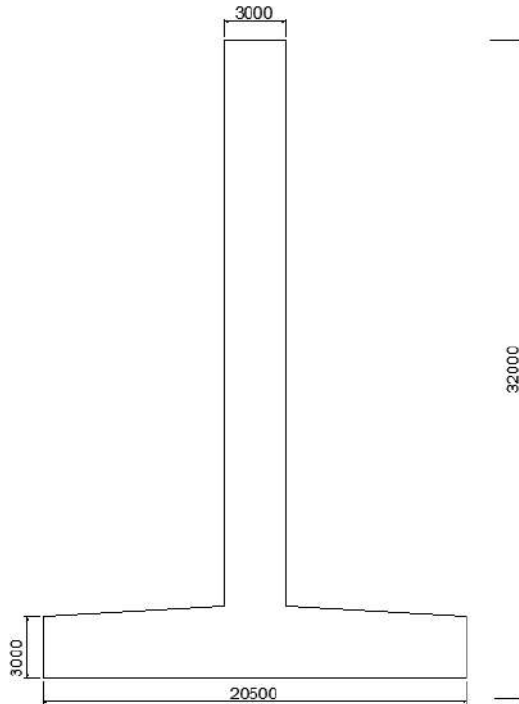
$$P_{ijin\ grup} = C_e \times P_{ijin\ 1\ tiang}$$

$$P_{ijin\ grup} = 0,631 \times 721,14$$

$$P_{ijin\ grup} = 455,203\ ton$$

4.12.3 Preliminary Design Pilar

Sebelum menghitung beban-beban yang akan diterima oleh pilar, maka harus ditentukan terlebih dahulu rencana dimensi pilar yang akan dibangun. Berikut adalah rencana design pilar yang dipakai,

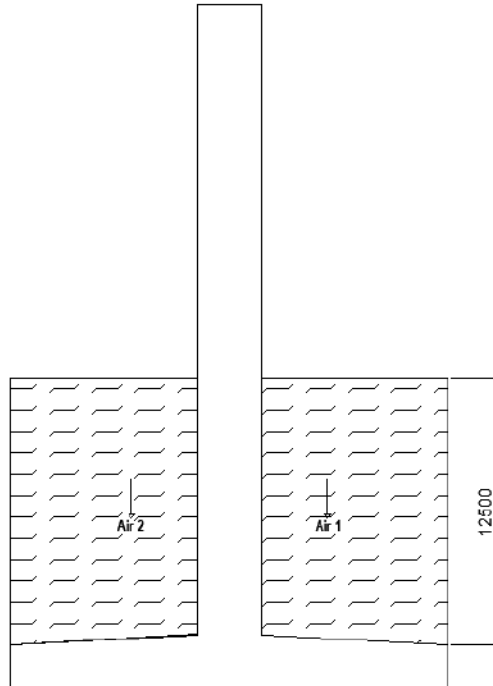


Gambar 4. 107 Desain Pilar

4.12.4 Pembebanan Pilar

4.12.4.1 Berat Sendiri Pilar dan Air

Berat sendiri dihitung dari nilai berat jenis material dan volume yang dihitung dengan program bantu AutoCAD.



Gambar 4. 108 Ilustrasi Berat Sendiri Pilar dan Air

Berikut adalah hasil perhitungan berat sendiri,

Tabel 4. 90 Berat Sendiri Pilar dan Air

	Luas (m ²)	Lebar (m)	Berat Jenis (kg/m ³)	Berat (ton)
Pilar	170,256	13	2400	5312,01
Air	89,805	13	1000	1167,47

4.12.4.2 Beban Mati Struktur Atas

Beban mati struktur jembatan busur yang bekerja pada perletakan di pilar. Nilai diambil dari perhitungan struktur atas dengan menggunakan program bantu SAP2000.

Tabel 4. 91 Beban Mati pada Perletakan di Pilar

	Gaya Vertikal (ton)
Titik POT <i>Bearing</i> 3	678,102
Titik POT <i>Bearing</i> 4	665,144

4.12.4.3 Beban Hidup Struktur Atas

Beban hidup struktur jembatan busur yang bekerja pada perletakan di pilar. Nilai diambil dari perhitungan struktur atas dengan menggunakan program bantu SAP2000.

Tabel 4. 92 Beban Hidup pada Perletakan di Pilar

	Gaya Vertikal (ton)
Titik POT <i>Bearing</i> 3	380,142
Titik POT <i>Bearing</i> 4	371,099

4.12.4.4 Beban Angin pada Struktur Atas

Beban angin yang bekerja pada struktur atas diterima oleh POT *Bearing* yang nantinya akan diteruskan ke pondasi. Besarnya beban angin yang diterima didapatkan dengan program bantu SAP2000. Beban bekerja pada POT *Bearing* nomer 4 yaitu sebesar 41,66 ton ke arah sumbu y atau melintang jembatan.

4.12.4.5 Beban akibat Gempa

Pembebanan horizontal akibat gempa mengacu pada SNI 1725:2016 pasal 9.7 dengan koefisien-koefisien sesuai dengan SNI 2833:2008. Gaya horizontal statis dicari berdasarkan rumus berikut,

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

Keterangan :

E_Q adalah gaya gempa horizontal statis

C_{sm} adalah koefisien respons gempa elastis

R_d adalah faktor modifikasi respons

W_t adalah berta total struktur

➤ Mencari Nilai W_t

Nilai W_t didapatkan dari program bantu SAP 2000 dengan kombinasi pembebanan beban hidup dan beban mati sesuai dengan kombinasi Eksrim I.

Wt akibat struktur atas = 1343,247 ton

Wt akibat berat sendiri = 5312,01 ton

Wt total pada *abutment* = 6655,258 ton

➤ Mencari Nilai C_{sm}

$$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}}$$

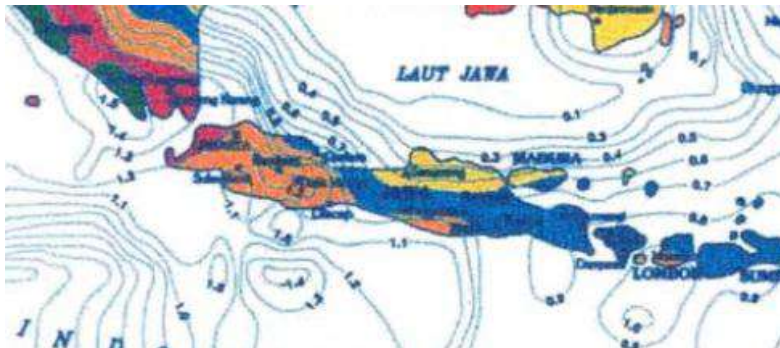
Keterangan :

A adalah akselerasi puncak di batuan dasar

T adalah perioda alami struktur

S adalah kofisien tanah

• Mencari Nilai A



Gambar 4. 109 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun

ZONA	AKSELERASI PGA DI BATUAN DASAR
1	0,53 - 0,60
2	0,46 - 0,50
3	0,36 - 0,40
4	0,26 - 0,30
5	0,15 - 0,20
6	0,05 - 0,10

Gambar 4. 110 Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun

Tabel 4. 93 Akselerasi puncak PGA

PGA (g)	50 tahun	100 tahun	200 tahun	500 tahun	1000 tahun
Wilayah 1	0,34-0,38	0,40-0,46	0,47-0,53	0,53 - 0,60	0,59-0,67
Wilayah 2	0,29-0,32	0,35-0,38	0,40-0,44	0,46 - 0,50	0,52-0,56
Wilayah 3	0,23-0,26	0,27-0,30	0,32-0,35	0,36 - 0,40	0,40-0,45
Wilayah 4	0,17-0,19	0,20-0,23	0,23-0,26	0,26 - 0,30	0,29-0,34
Wilayah 5	0,10-0,13	0,11-0,15	0,13-0,18	0,15 - 0,20	0,17-0,22
Wilayah 6	0,03-0,06	0,04-0,08	0,04-0,09	0,05 - 0,10	0,06-0,11

Kabupaten Semarang terletak pada zona wilayah 4. Untuk menentukan nilai A diambil nilai terkritis yaitu ketika periode ulang 500 tahun sesuai tabel diatas yaitu sebesar 0,30.

- Mencari Nilai S

Menurut data tanah, rata rata nilai N-SPT untuk tanah hingga 30m memiliki nilai $15 \leq N \leq 50$. Nilai ini dapat dikategorikan sebagai tanah sedang sesuai dengan tabel berikut,

Tabel 4. 94 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi Site	\bar{V}_i (m/dt)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_i \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_i \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_i \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_i \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_i < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		

Tabel 4. 95 Koefisien Tanah (S)

S (tanah teguh)	S (tanah sedang)	S (tanah lembek)
$S_1=1,0$	$S_2=1,2$	$S_3=1,5$

Sesuai dengan tabel diatas maka dapat diambil nilai S sebesar 1,2.

- Mencari nilai T

Nilai T ditentukan menggunakan cara spektral moda tunggal sesuai SNI 2833:2008 pasal 4.5.2. berikut adalah formula yang dipakai,

$$T = 2,01 \sqrt{\delta}$$

$$\delta = \frac{(Wu + 0,3Wp) h^3}{3EI}$$

Dimana :

Wu : berat bangunan atas

Wp : berat bangunan bawah

EI : kekakuan lentur
 h : ketinggian bangunan bawah
 δ : simpangan

$$E = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$E = 4700 \sqrt{40}$$

$$E = 29725,41 \text{ Mpa} = 2972541000 \text{ kg/m}^2$$

Menentukan nilai gaya horizontal pada arah y dan x, perhitungan terdapat pada tabel berikut,

Tabel 4. 96 Perhitungan Gaya Gempa Arah x dan y

Arah-y	Arah-x
$I_y = 4578,2m^4 \text{ (AutoCAD)}$	$I_y = 30000m^4 \text{ (AutoCAD)}$
$\delta = \frac{(Wu + 0,3Wp) h^3}{3EI}$	$\delta = \frac{(Wu + 0,3Wp) h^3}{3EI}$
$\delta = 2,35^{-3} m$	$\delta = 5,59^{-4} m$
$T = 2,01 \sqrt{\delta}$	$T = 2,01 \sqrt{\delta}$
$T = 0,097$	$T = 0,038$
$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}} < 2,5 A$	$C_{sm} = \frac{1,2 \cdot A \cdot S}{T^{2/3}} < 2,5 A$
$C_{sm} = 2,038 < 0,75$	$C_{sm} = 3,813 < 0,75$
$C_{sm} = 0,75$	$C_{sm} = 0,75$

➤ Mencari Nilai Modifikasi Respons R_d

Faktor modifikasi respon untuk kolom atau pilar memiliki nilai faktor yang berbeda sesuai dengan arah gaya. Nilai modifikasi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4. 97 Faktor Modifikasi Respon R_d

	Kolom atau pilar	Penghubung (<i>connection</i>) bangunan atas pada		
		Kepala jembatan (<i>b</i>)	Kolom, pilar atau tiang (<i>c</i>)	Sambungan dilatasi
Pilar tipe dinding (<i>a</i>)	2 (sumbu kuat) 3 (sumbu lemah)	0,8	1,0	0,8
Kolom tunggal	3-4			
Kolom majemuk	5-6			
<i>pile cap</i> beton	2-3			
Catatan:				
a. Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar				
b. Untuk jembatan bentang tunggal digunakan faktor $R_d = 2,5$ untuk hubungan pada kepala jembatan				
c. Sebagai alternatif hubungan kolom dapat direncanakan untuk gaya maksimum yang dikembangkan oleh sendi plastis kolom				

Untuk sumbu-y sebagai sumbu kuat maka menggunakan $R_d = 2$, sedangkan untuk sumbu-x sebagai sumbu lemah menggunakan $R_d = 3$.

➤ Menghitung Gaya Gempa Horizontal Statis

Tabel 4. 98 Gaya Gempa Horizontal Arah x dan y

Arah-y	Arah-x
$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t$	$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t$
$E_Q = \frac{0,75}{2} \times 6655,258$	$E_Q = \frac{0,75}{3} \times 6655,258$
$E_Q = 2495,721 \text{ ton}$	$E_Q = 1663,81 \text{ ton}$

4.12.4.6 Gaya akibat Beban Rem

Perhitungan gaya akibat beban Rem sesuai dengan SNI 1725:2016. Gaya rem yang dipakai sebesar 25% dari berat gandar

truk desain. Untuk desain kritis dianggap jalan adalah jalan dua lajur satu arah. Jalur satu arah mengakibatkan perletakan menerima dua beban rem truk searah. Gaya yang dihasilkan diterima langsung oleh POT *Bearing*.

Beban gandar truk sesuai SNI = 225 kN
 0,25 beban gandar = 56,25 kN
 Terdapat 2 beban truk searah = 2 x 56,25 = 112,5 kN

Gaya sebesar 112,5 kN bekerja langsung pada perletakan ke arah sumbu-x.

4.12.5 Repartisi Beban diatas Tiang Grup

Pembebanan yang didapat pada subbab sebelumnya digunakan untuk mendapatkan gaya yang diterima tiang dalam grup. Kombinasi yang digunakan adalah sebagai berikut,

Tabel 4. 99 Kombinasi Pembebanan Desain Pilar

Kombinasi	Faktor Beban yang Bekerja			
	Mati	Hidup	Angin	Gempa
Kuat 1	Y	1,8	-	-
Kuat 3	Y	-	1,4	-
Ekstrim 1	Y	0,3	-	1

Tabel 4. 100 Kombinasi Kuat 1

Beban	Gaya Terfaktor (ton)			Lengan (m)	Momen (tonm)	
	V	Hy	Hx		My	Mx
Mati POT 3	678,1029			6	4068,617	
Mati POT 4	665,1443			-6	-3990,87	
Pilar	5312,011			0		0
Beban Air 1	1167,475			5,903		6891,603
Beban Air 2	1167,475			-5,903		-6891,6
Hidup POT 3	684,257			6	4105,542	
Hidup POT 4	667,9799			-6	-4007,88	
Beban Rem			20,25	32		648
TOTAL	10342,44		20,25		175,4134	648

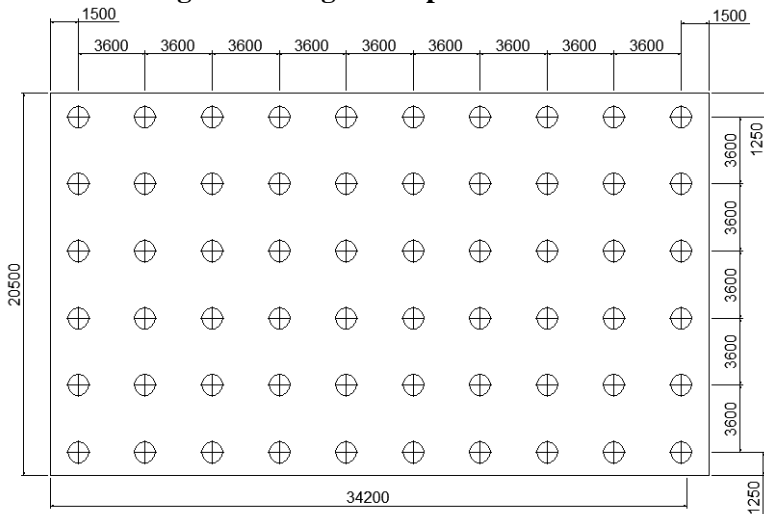
Tabel 4. 101 Kombinasi Kuat 3

Beban	Gaya Terfaktor (ton)			Lengan (m)	Momen (tonm)	
	V	Hy	Hx		My	Mx
Mati POT 3	678,1029			6	4068,617	
Mati POT 4	665,1443			-6	-3990,87	
Pilar	5312,011			0	0	
Beban Air 1	1167,475			5,903	0	6891,603
Beban Air 1	1167,475			-5,903	0	-6891,6
Angin		58,33226		32	1333,309	
TOTAL	8990,207	58,33226			1411,06	0

Tabel 4. 102 Kombinasi Ekstrim 1

Beban	Gaya Terfaktor (ton)			Lengan (m)	Momen (tonm)	
	V	Hy	Hx		My	Mx
Mati POT 3	678,1029			6	4068,617	
Mati POT 4	665,1443			-6	-3990,87	
Pilar	5312,011			0		
Beban Air 1	1167,475			5,903		6891,603
Beban Air 1	1167,475			-5,903		-6891,6
Hiduo POT 3	114,0428			6	684,257	
Hiduo POT 4	111,33			-6	-667,98	
Beban Rem			3,375	32		108
Eq-y StrBawah		2495,722		9,948	24827,44	
Eq-x StrBawah			1663,815	9,948		16551,63
Eq-y StrAtas		391,3402		32	12522,89	
Eq-x StrAtas			626,144	32		20036,61
TOTAL	9215,58	2887,062	2293,334		37444,35	36696,23

Kontrol Konfigurasi Tiang Kelompok



Gambar 4. 111 Konfigurasi Tiang Pilar

Dari tiga kombinasi yang telah dihitung didapatkan gaya tekan maksimum dan momen maksimum sebagai berikut,

$$\begin{aligned} P_{\max} &= 10342,44 \text{ ton} \\ M_y \max &= 37444,35 \text{ tonm} \\ M_x \max &= 36696,23 \text{ tonm} \end{aligned}$$

Dari konfigurasi tiang kelompok didapatkan jarak-jarak momen untuk arah x dan y sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang (n)} &= 60 \\ Y_{\max} &= 16,2 \text{ m} \\ X_{\max} &= 9 \text{ m} \\ \sum y^2 &= 6415,2 \text{ m}^2 \\ \sum x^2 &= 2268 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$P_v = \frac{\sum P}{n} + \frac{M_x \cdot y \max}{\sum y^2} + \frac{M_y \cdot x \max}{\sum x^2}$$

$$P_v = \frac{10342,44}{60} + \frac{36696,23 \cdot 16,2}{6415,2} + \frac{37444,35 \cdot 9}{2268}$$

$$P_v = 413,63 \text{ ton} < P \text{ ijin grup} = 455,203 \text{ ton} \quad \mathbf{OK}$$

4.12.6 Penulangan Pilar

Penulangan terdiri dari tulangan longitudinal dan tulangan transversal/geser. Penulangan longitudinal menggunakan program bantu SpColumn dengan syarat-syarat sesuai SNI 2847:2013.

4.12.6.1 Penulangan Longitudinal

Penulangan longitudinal menggunakan program bantu SpColumn dengan input gaya dan properti sebagai berikut,

$$\begin{aligned} P_u &= 45195,47 \text{ kN (tanpa beban pile cap dan air)} \\ M_x &= 366962,3 \text{ kNm} \\ M_y &= 374443,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

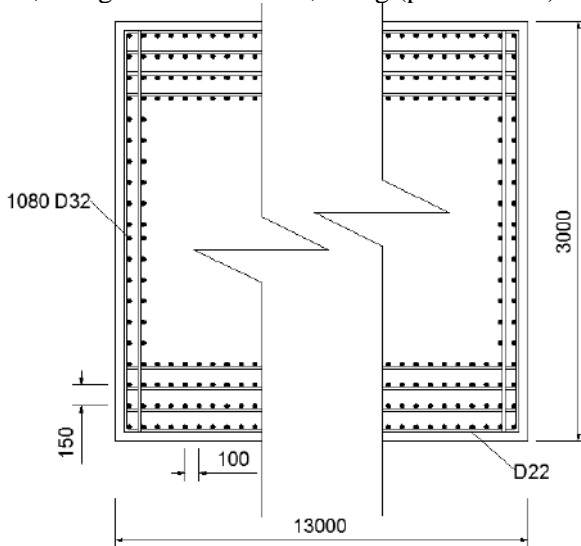
Gaya dan momen yang bekerja didapatkan akibat reaksi beban luar akibat kombinasi yang telah dihitung pada subbab sebelumnya, perhitungan dilakukan dengan program bantu SAP2000.

Desain *abutment* :

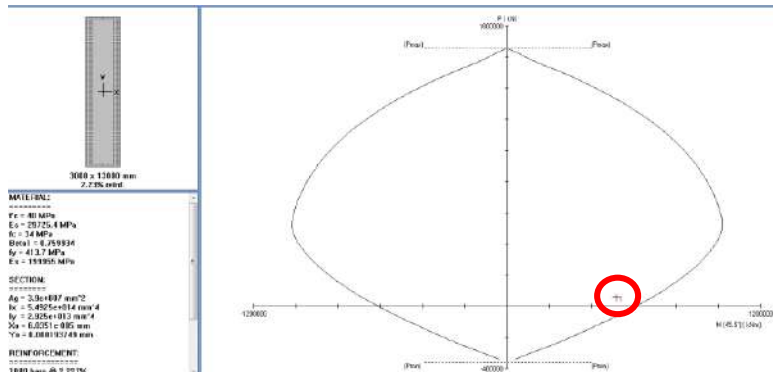
panjang (p)	= 13000 mm
lebar (l)	= 3000 mm
tulangan utama	= 1080 D32 dengan rasio 2,23 %
cover	= 100 mm
jarak antar tulangan	= 100 mm dan 150 mm
f'_c	= 40 Mpa
f_y	= 410 Mpa

Syarat-syarat :

- Jarak tulangan kolom dinding tidak lebih dari tiga kali tebal dinding, atau lebih dari 450 mm (pasal 14.3.5).
- Luas tulangan longitudinal struktur tekan tidak boleh kurang dari 0,01 A_g atau lebih dari 0,08 A_g (pasal 10.9.1).



Gambar 4. 112 Ilustrasi Tulangan Utama Pilar



Gambar 4. 113 Desain Pilar pada SpColumn

4.12.6.2 Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2 perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser yaitu,

Gaya geser yang terjadi pada struktur 0-12 m = 24775,62 kN

Gaya geser yang terjadi pada struktur 12-32 m = 6295,19 kN

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{45195,47}{14 \cdot 39}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{40'} \cdot 2 \cdot 12,775$$

$$V_c = 29744,61 \text{ kN}$$

Kuat geser akibat beton sudah mencukupi, tetapi tetap harus dihitung tulangan geser yang akan dipasang. Direncanakan tulangan sengkang 4 D22-200 untuk bentang dasar pilar sampai ketinggian 12 m.

$$A_v = 1519,76 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} S &= 200 \text{ mm} \\ d &= 2850 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_s = \left(\frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \right)$$

$$V_s = \left(\frac{1519,76 \cdot 410 \cdot 2850}{200} \right)$$

$$V_s = 8446066 \text{ N} = 8446,066 \text{ kN}$$

$$V_n = \emptyset(V_c + V_s)$$

$$V_n = 0,75(29744,61 + 8446,066)$$

$$V_n = 28643,01 \text{ kN} > V_u = 24775,62 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

Direncanakan tulangan sengkang 4 D22-400 untuk ketinggian 12 m sampai puncak pilar.

$$\begin{aligned} A_v &= 1519,76 \text{ mm}^2 \\ S &= 400 \text{ mm} \\ d &= 2850 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_s = \left(\frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \right)$$

$$V_s = \left(\frac{1519,76 \cdot 410 \cdot 2850}{400} \right)$$

$$V_s = 4223033 \text{ N} = 4223,033 \text{ kN}$$

$$n = \emptyset(V_c + V_s)$$

$$V_n = 0,75(29744,61 + 4223,033)$$

$$V_n = 25475,73 \text{ kN} > V_u = 6295,19 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

4.12.7 Penulangan *Pile Cap*

Penulangan pile cap terdapat pada sisi bawah dan sisi atas dengan layer masing-masing dua lapis. Perhitungan yang dilakukan hanya untuk penulangan pile cap sisi bawah karena arah momen positif yang terjadi. Untuk penulangan sisi atas digunakan konfigurasi yang sama tetapi dengan diameter tulangan yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mempermudah dalam pelaksanaan.

Data perencanaan :

$$D36, \text{ As} = 1017,36 \text{ mm}^2$$

$$\text{Selimut beton} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pile cap} = 300 \text{ mm}$$

$$d \text{ sisi panjang} = 4000 - 2 \times 100 - 0,5 \times 36 = 2782 \text{ mm}$$

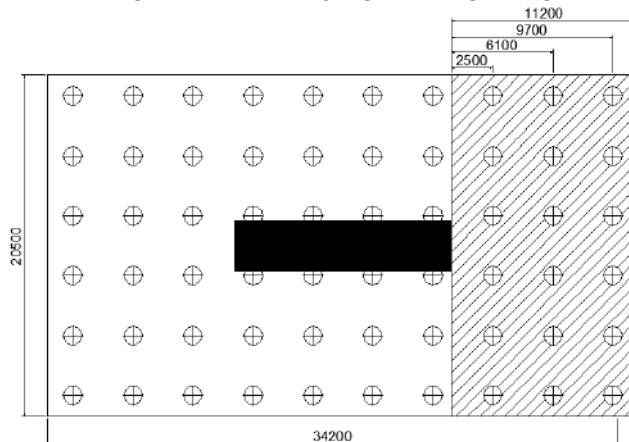
$$d \text{ sisi pendek} = 4000 - 2 \times 100 - 36 - 0,5 \times 36 = 2746 \text{ mm}$$

$$f'_c = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

4.12.7.1 Penulangan Lentur Sisi Panjang

Penulangan arah memanjang dihitung sebagai berikut,



Gambar 4. 114 Daerah Hitung Tulangan Memanjang

$$\begin{aligned}
 P \text{ reaksi} &= 4044005 \text{ N} \\
 n1 &= 6 \text{ buah, dengan lengan} = 9700 \text{ mm} \\
 n2 &= 6 \text{ buah, dengan lengan} = 6100 \text{ mm} \\
 n3 &= 6 \text{ buah, dengan lengan} = 2500 \text{ mm} \\
 W_u \text{ poer} &= 1,3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 20,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\
 &= 191880 \text{ kg/m} = 1918,8 \text{ N/mm} \\
 M_u &= n1 \times P \times l1 + n2 \times P \times l2 + n3 \times P \times l3 - 0,5 \times W_u \times \\
 &\quad (\text{lebar})^2 \\
 &= 6 \times 4044005 \times 9700 + 6 \times 4044005 \times 6100 + 6 \times \\
 &\quad 4044005 \times 2500 - 0,5 \times 1918,8 \times 11200^2 \\
 &= 323684663473 \text{ Nmm} \\
 p_{\text{min}} &= 0,0025 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.11.9.9.2)} \\
 p_{\text{max}} &= 0,0250 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.21.5.2.1)} \\
 R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{323684663473}{0,75 \cdot 20500 \cdot 2782^2} \\
 &= 2,72 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 40}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 2,72}{0,85 \cdot 40}} \right) \\
 &= 0,0068 \\
 \rho_{\text{pakai}} &= 0,0068 \\
 A_{S \text{ pakai}} &= \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0068 \cdot 20500 \cdot 2782 \\
 &= 385454,6 \text{ mm}^2 \\
 n &= A_{S \text{ pakai}} / A_{\text{tulangan}} \\
 &= 385454,6 / 1017,36
 \end{aligned}$$

$$= 378,8 \approx 380$$

$$\begin{aligned} S_{\text{pakai/layer}} &= (20500 - 2 \times 100 / 380) \times 2 \\ &= 106,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

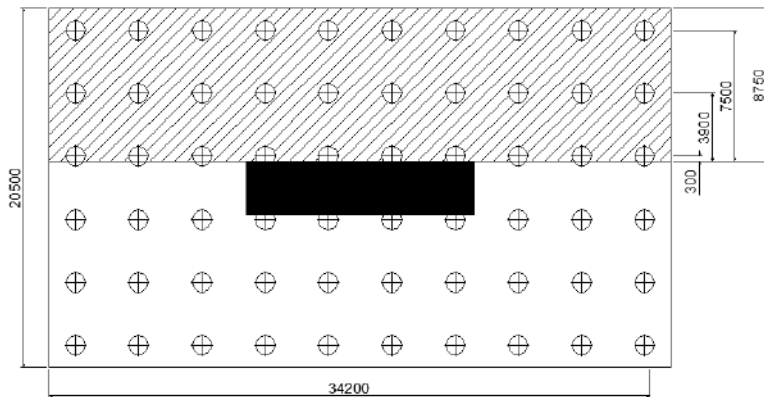
$$S_{\text{pasang/layer}} = 100 \text{ mm}$$

Penulangan sisi bawah/layer 190 D36-100

Penulangan sisi atas/layer 190 D22-100

4.12.7.2 Penulangan Lentur Sisi Pendek

Penulangan arah memendek dihitung sebagai berikut,



Gambar 4. 115 Daerah Hitung Tulangan Sisi Pendek

$$P \text{ reaksi} = 4044005 \text{ N}$$

$$n1 = 10 \text{ buah, dengan lengan} = 7500 \text{ mm}$$

$$n2 = 10 \text{ buah, dengan lengan} = 3900 \text{ mm}$$

$$n3 = 10 \text{ buah, dengan lengan} = 300 \text{ mm}$$

$$W_u \text{ poer} = 1,3 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 34,2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$$

$$= 320112 \text{ kg/m} = 3201,12 \text{ N/mm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= n1 \times P \times l1 + n2 \times P \times l2 + n3 \times P \times l3 - 0,5 \times W_u \times \\ &\quad (\text{lebar})^2 \end{aligned}$$

$$= 10 \times 4044005 \times 7500 + 10 \times 4044005 \times 3900 +$$

$$\begin{aligned}
 & 10 \times 4044005 \times 300 - 0,5 \times 3201,12 \times 8750^2 \\
 & = 350605763783 \text{ Nmm} \\
 \rho_{\min} & = 0,0025 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.11.9.9.2)} \\
 \rho_{\max} & = 0,0250 \text{ (SNI 2847:2013 Ps.21.5.2.1)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n & = \frac{Mu}{\phi b d^2} \\
 & = \frac{350605763783}{0,75 \cdot 34200 \cdot 2746^2} \\
 & = 1,81
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} & = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c'}} \right) \\
 & = \frac{0,85 \cdot 40}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 1,81}{0,85 \cdot 40}} \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & = 0,0044 \\
 \rho_{\text{pakai}} & = 0,0044
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} & = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d \\
 & = 0,0044 \cdot 34200 \cdot 2746 \\
 & = 416752 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n & = A_{s \text{ pakai}} / A_{\text{tulangan}} \\
 & = 416752 / 1017,36 \\
 & = 409,64 \approx 410
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{pakai/layer}} & = (34200 - 2 \times 100 / 410) \times 2 \\
 & = 165,85 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$S_{\text{pasang/layer}} = 160 \text{ mm}$$

Penulangan sisi bawah/layer 205 D36-160

Penulangan sisi atas/layer 205 D22-160

4.13 Perencanaan *Bored pile*

Perencanaan *bored pile* meliputi perencanaan penulangan longitudinal dan tulangan transversal. Detail perhitungan sebagai berikut,

Mencari titik jepit tanah

$$Z_f = 1,8 T$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{E \cdot I}{nh}}$$

Dimana,

Z_f = titik jepit tanah

EI = kekakuan tiang

Nh = koefisien modulus variation (Terzaghi)

Tabel 4. 103 Nilai Titik Jepit Tanah

	<i>Abutment</i>	Pilar
$E = 4700 \sqrt{f'c}$ (N/mm ²)	33234,018	33234,018
$I = \pi \cdot d^4 / 64$ (mm ⁴)	$1,0178 \cdot 10^{11}$	$1,0178 \cdot 10^{11}$
nh (Terzaghi)	0,0075 dry/moist soil	0,005 submerged soil
T (mm)	3395,02	3681,81
Z_f (mm)	6111,049	6627,26

Nilai gaya-gaya yang bekerja akibat pembebanan yang sudah dihitung pada subbab sebelumnya,

Tabel 4. 104 Gaya yang Bekerja Keseluruhan

	<i>Abutment</i>	Pilar
Jumlah tiang (n)	21	60
P max (kN)	2093,49	4136,3
Hx max (kN)	2878,18 (kuat 3)	22933,34 (ekstrim 1)
Hy max (kN)	8739,3 (ekstrim 1)	28870,62 (ekstrim 1)

Untuk mendapatkan gaya yang bekerja pada satu tiang maka dianggap gaya luar terbagi merata ke seluruh tiang, maka didapatkan gaya satu tiang sebagai berikut,

Tabel 4. 105 Gaya pada Satu Tiang

	<i>Abutment</i>	Pilar
P 1 tiang (kN)	99,69	68,93
Hx 1 tiang (kN)	137,056	382,22
Hy 1 tiang (kN)	416,15	481,177

Mencari momen yang bekerja pada satu tiang dengan tipe *fixed headed pile* berdasarkan,

$$Mu = Hu \times Zf / 2 \dots\dots\dots(Tomlinson)$$

Tabel 4. 106 Nilai Momen pada Satu Tiang

	<i>Abutment</i>	Pilar
P 1 tiang (kN)	99,69	68,93
Mx 1 tiang (kNm)	418,77	1266,54
My 1 tiang (kNm)	1271,58	1594,44

Penulangan Longitudinal Tiang *Abutment* dan Pilar

Pada penulangan ini desain tiang untuk *abutment* dan pilar dibuat sama, desain mengacu pada gaya-gaya yang terjadi pada tiang untuk pilar,

$$P = 68,93 \text{ kN}$$

$$Mx = 1266,54 \text{ kNm}$$

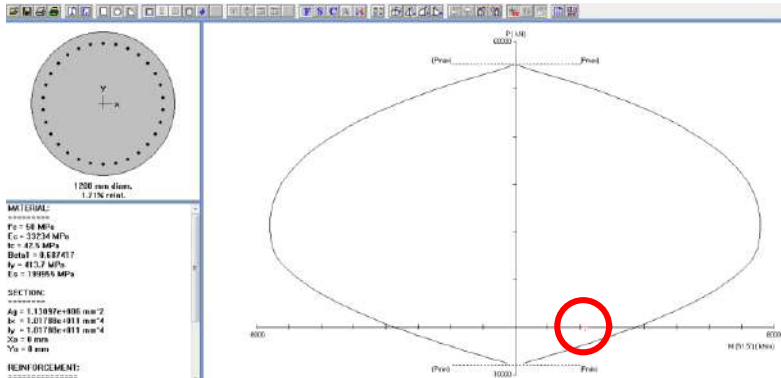
$$My = 1594,44 \text{ kNm}$$

$$d = 1200 \text{ mm}$$

$$f^c = 50 \text{ Mpa}$$

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

Tulangan yang dipakai 30-D29 dengan rasio 1,71%



Gambar 4. 116 Kontrol Tulangan Utama Tiang

Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2 perhitungan kuat geser beton bila ikut berkontribusi menahan geser yaitu,

Gaya geser yang terjadi pada struktur = 416,159 kN

$$\begin{aligned} d_{eff} &= 0,8 \times d \text{ (SNI 2847 pasal 11.2.3)} \\ &= 0,96 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g}\right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot d_{eff}^2$$

$$V_c = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{68,93}{14 \cdot 1,13}\right) \cdot 1 \cdot \sqrt{50} \cdot \pi \cdot 0,25 \cdot 0,96$$

$$V_c = 873,441 \text{ kN}$$

Kuat geser akibat beton sudah mencukupi, tetapi tetap harus dihitung tulangan geser yang akan dipasang. Direncanakan tulangan sengkang D19-500 untuk seluruh bentang.

$$\begin{aligned} A_v &= 2 \times A_g \text{ (SNI 2847 pasal 11.4.7.3)} \\ &= 566,77 \text{ mm}^2 \\ S &= 500 \text{ mm} \\ d &= 960 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_s = \left(\frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \right)$$

$$V_s = \left(\frac{566,77 \cdot 410 \cdot 960}{500} \right)$$

$$V_s = 446161 \text{ N} = 446,16 \text{ kN}$$

$$V_n = \emptyset(V_c + V_s)$$

$$V_n = 0,75(873,44 + 446,16)$$

$$V_n = 989,702 \text{ kN} > V_u = 416,159 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Perencanaan Ulang Jembatan Lemah Ireng II pada Jalan Tol Semarang-Bawen Menggunakan Jembatan Busur Rangka Baja ini dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya sebagai berikut:

1. Perencanaan pelat lantai kendaraan merupakan pelat beton 40 MPa dengan ketebalan 20 cm dan dilapisi aspal dengan ketebalan 6 cm.
2. Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000, SpColumn dan AutoCAD.
3. Hasil perencanaan gelagar dan ikatan angin didapatkan :
 - Gelagar Memanjang : WF 450x300x11x18
 - Gelagar Melintang : WF 950x425x28,4x51,1
 - Ikatan Angin Atas : *Circular Hollow* 267,4 x 7
 - Ikatan Angin Silang : *Circular Hollow* 216,3 x 8
 - Ikatan Angin Bawah : *Circular Hollow* 216,3 x 7
4. Profil rangka utama menggunakan brosur PT. Gunung Raja Paksi yang memiliki mutu BJ55 sesuai RRSNI T-03-2005. Berikut adalah profil yang digunakan :
 - Segmen 1 Busur Atas : BOX 600x600x25
 - Segmen 1 Busur Bawah : BOX 500x500x25
 - Segmen 1 Batang Diagonal : BOX 250x250x16
 - Segmen 1 Batang Tarik : BOX 500x500x25
 - Segmen 2 Busur Atas : BOX 500x500x25
 - Segmen 2 Busur Bawah : BOX 600x600x25
 - Segmen 2 Batang Diagonal : BOX 350x350x16
 - Segmen 2 Batang Tarik : BOX 500x500x25
 - Segmen 3 Rangka Atas : BOX 500x500x25
 - Segmen 3 Rangka Bawah : BOX 500x500x25
 - Segmen 3 Batang Diagonal : BOX 350x350x25

- Batang 40,39,44,43,46,48 : BOX 400x400x25
5. Kabel penggantung yang dipakai adalah kabel strand dari perusahaan PFEIFER-Zuglieder. Tipe kabel adalah PV 195 dengan diameter 45mm.
 6. Lentutan terbesar terjadi pada main *span* sebesar 94,29 mm dengan lendutan ijin sebesar 125 mm.
 7. Perletakan yang digunakan adalah produk dari VSL dengan pemilihan sebagai berikut :
 - Perletakan 1 : PL 560/400 AA (*free type*)
 - Perletakan 2 : PU 3900/2800/H1 AA (*guided type*)
 - Perletakan 3 : PL 1700/1200 AA (*free type*)
 - Perletakan 4 : PU 3100/2200/H1 AA (*guided type*)
 - Perletakan 5 : PU 3900/2800/H1 AA (*guided type*)
 - Perletakan 6 : PF 3900/2800/H2 AA (*fixed type*)
 - Perletakan 7 : PL 560/400 AA (*free type*)
 - Perletakan 8 : PU 3900/2800/H1 AA (*guided type*)
 8. Desain abutmen dengan tinggi 8,5 m, lebar 13 m, dan tebal 2 m dengan 21 tiang diameter 1,2 m sedalam 20 m.
 9. Desain pilar dengan tinggi 32 m, lebar 13 m, dan tebal 3 m dengan 60 tiang diameter 1,2 m sedalam 35 m.
 10. *Bored pile* menggunakan beton $f'c$ 50 dengan tulangan 30-D29 rasio 1,71%.

5.2 Saran

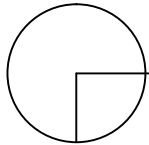
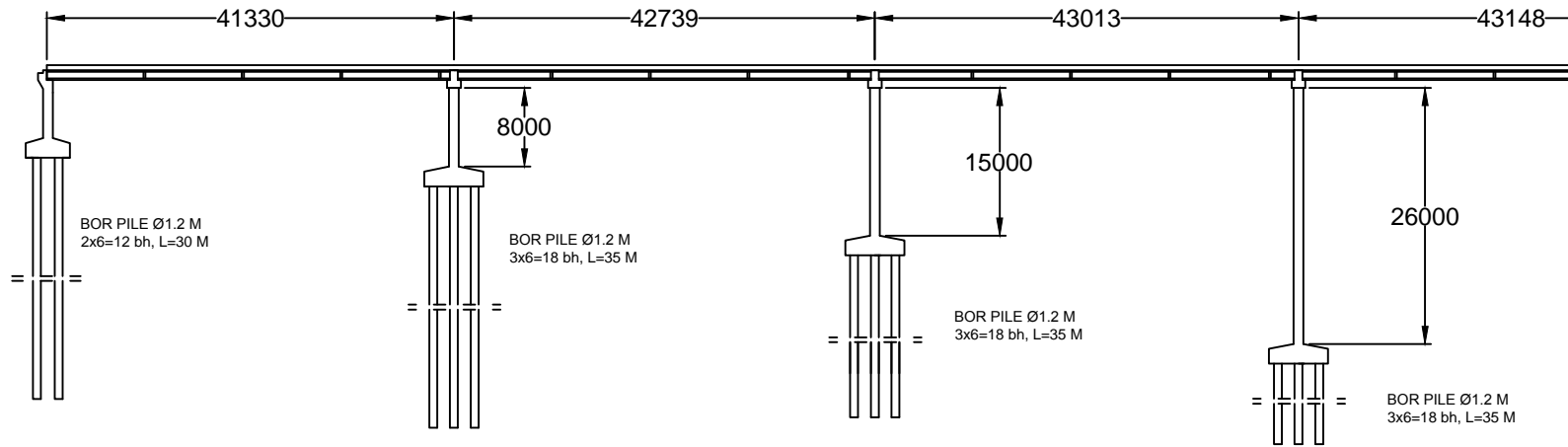
Dalam laporan Tugas Akhir ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan dalam pengerjaannya. Saran dari penulis untuk perencanaan jembatan busur lebih baik menggunakan aplikasi program bantu komputer yang lebih diperuntukkan untuk mendesain jembatan seperti, MIDAS CIVIL, Csi Bridge, dan lainnya. Banyak hal yang belum ditinjau dalam perencanaan ini seperti, metode pelaksanaan, *scouring*, *staging analysis*, dan lain sebagainya, jadi topik yang ditinjau penulis berikutnya dapat lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 1992. **Bridge Management System (BMS) Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan**. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2005. **Standar Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan (RSNI T-03:2005)**. Bandung Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. **Persyaratan Beton Struktural (SNI 2847:2013)**. Jakarta. BSNI
- Badan Standardisasi Nasional, 2013. **Standar Perencanaan Gempa Untuk Jembatan (SNI 2833:2013)**. Bandung Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Badan Standardisasi Nasional, 2016. **Standar Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725:2016)**. Bandung Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Das, M. B., 1941. **Principles of Foundation Engineering Fourth Edition**. California State University, Sacramento.
- Gunawan. Rudy, 1987. **Tabel Profil KONSTRUKSI BAJA**. Yogyakarta. Penerbit Kanisius
- Infonawacita, 2016. **Skema dan Target Pembangunan Jalan Tol yang Dirancang Pemerintah**, <
<http://www.infonawacita.com/skema-dan-target-pembangunan-jalan-tol-dirancang-pemerintah/>>
- JFE Steel Corporation, 2011. **Wide Flange Shapes**. Jepang. JFE Steel Corporation
- Marwan. Isdarmanu, 2006. **Buku Ajar : Struktur Baja I**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
- PFEIFER-Zuggliedder, 2015. **PFEIFER Seilbau Cable Structure**. Memmingen, Germany. PFEIFER-Zuggliedder.
- PT. Gunung Garuda, 2016. **Angle (Hot Rolled)**. Bekasi. Gunung Garuda.

Rianty, Non, Sep. 2015. **Pengertian Transportasi**, <
<http://www.sridianti.com/pengertian-transportasi.html>>
Wahyudi, Herman, 2009. **Daya Dukung Pondasi Dalam**.
Surabaya. ITS Press.

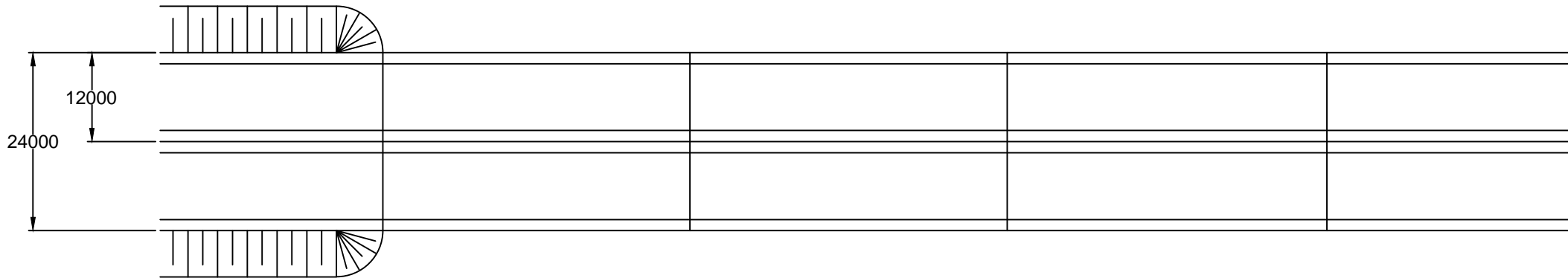
LAMPIRAN



POTONGAN MEMANJANG

SKALA 1:750

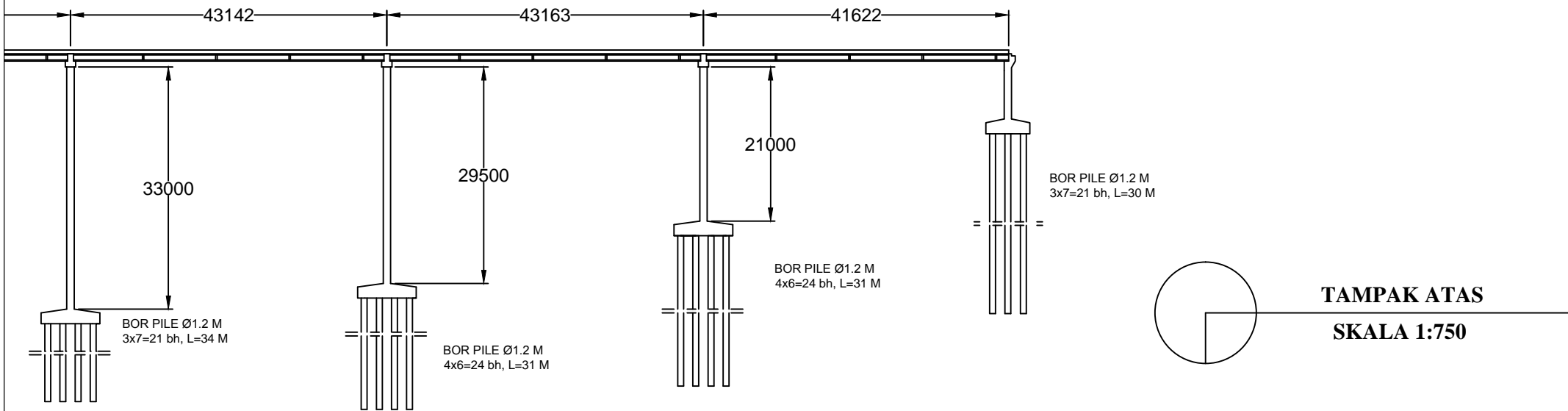
ELEVASI RENCANA	449.787	450.516	451.424	452.510
ELEVASI EKSTING	447.714	439.349	433.553	423.250
STA	21 +900	21 +950	22 +000	22 +050



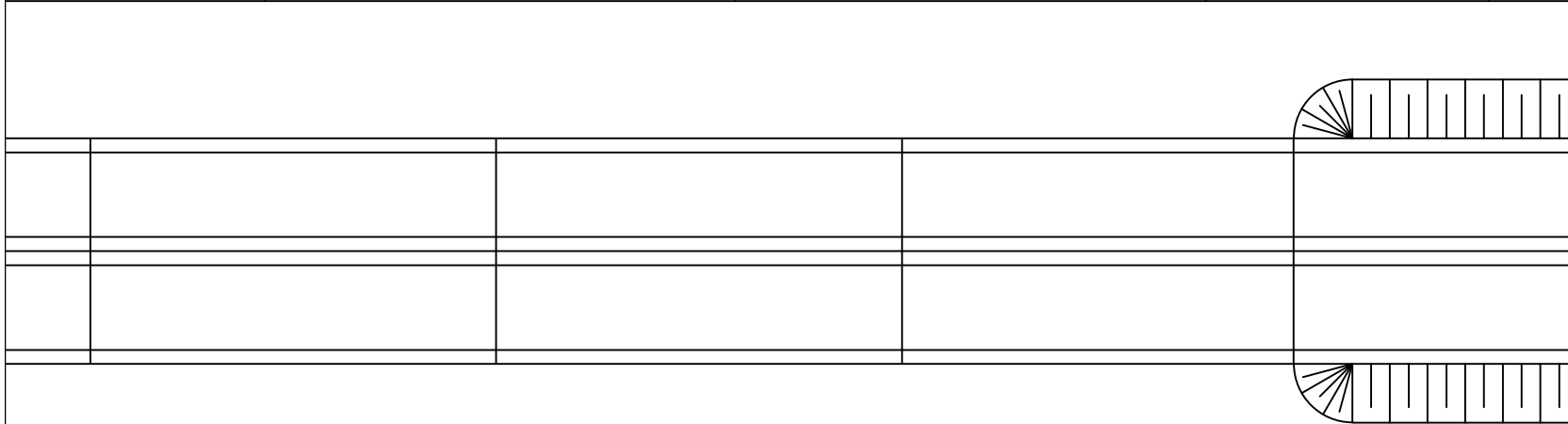
**PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

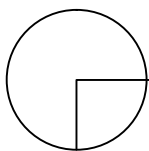
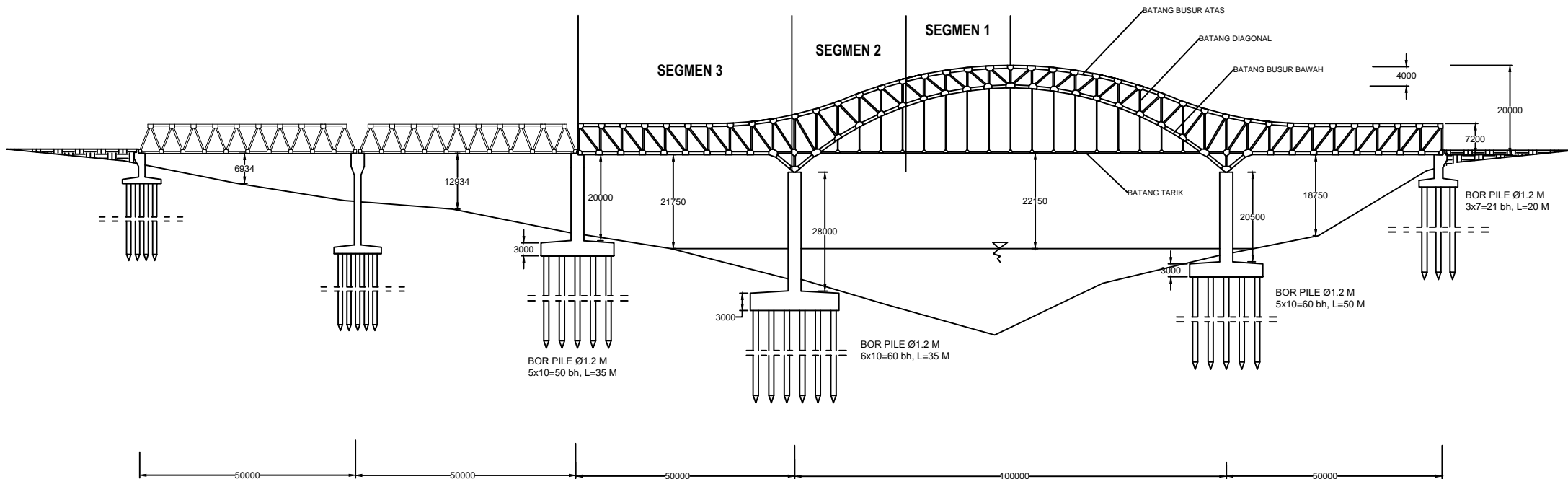
NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
TAMPAK JEMBATAN EKSTING 1	1	23



	453.774	455.218	456.839	ELEVASI RENCANA
	441.788	431.906	452.952	ELEVASI EKSISTING
	22 +100	22 +150	22 +200	STA



<p>PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
	PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.			
	NRP	NIP			
	3113100065	1970020111995122001			
			TAMPAK JEMBATAN EKSISTING 2	2	23



TAMPAK SAMPING JEMBATAN

SKALA 1:1250

Keterangan Profil :

SEGMENT 1	Busur Atas	BOX 600x600x25
	Busur Bawah	BOX 500x500x25
	Batang Diagonal	BOX 250x250x16
	Batang Tarik	BOX 500x500x25
SEGMENT 2	Busur Atas	BOX 500x500x25
	Busur Bawah	BOX 600x600x25
	Batang Diagonal	BOX 350x350x16
	Batang Tarik	BOX 500x500x25
SEGMENT 3	Rangka Atas	BOX 500x500x25
	Rangka Bawah	BOX 500x500x25
	Batang Diagonal	BOX 350x350x16
	Batang 40,39,44,43,46,48	BOX 400x400x25

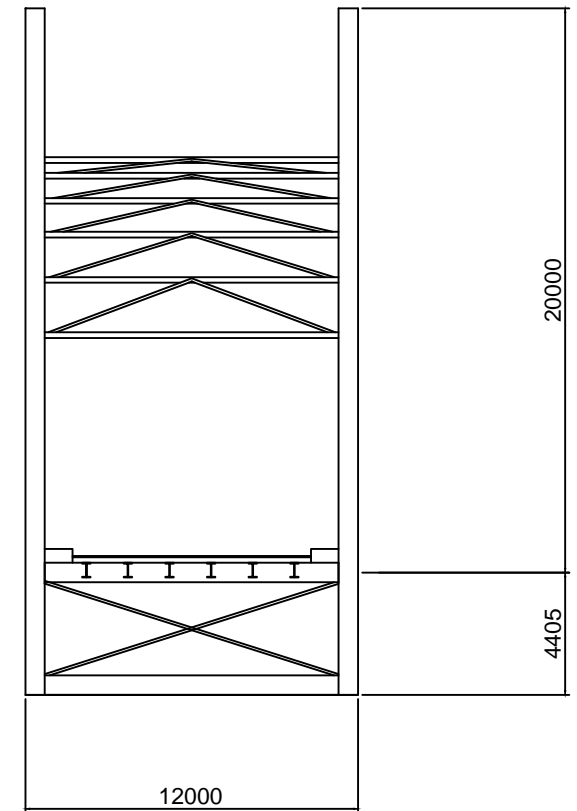
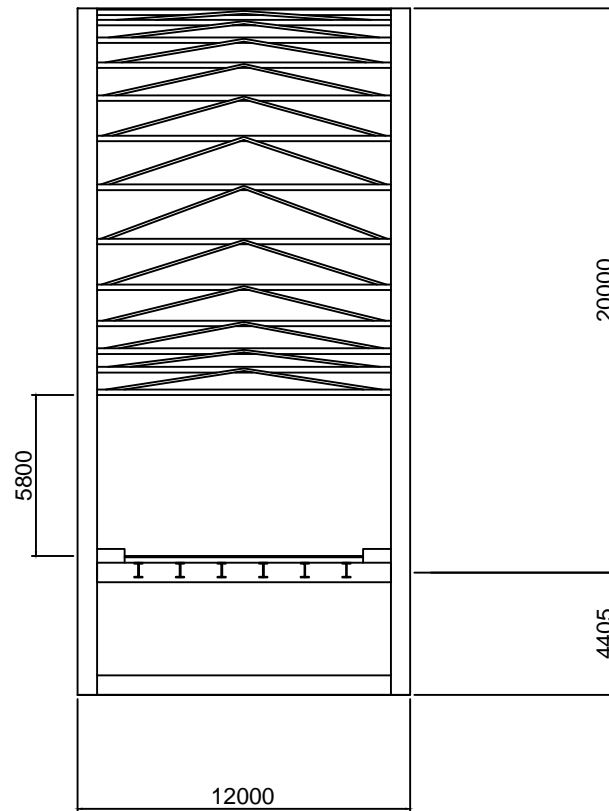
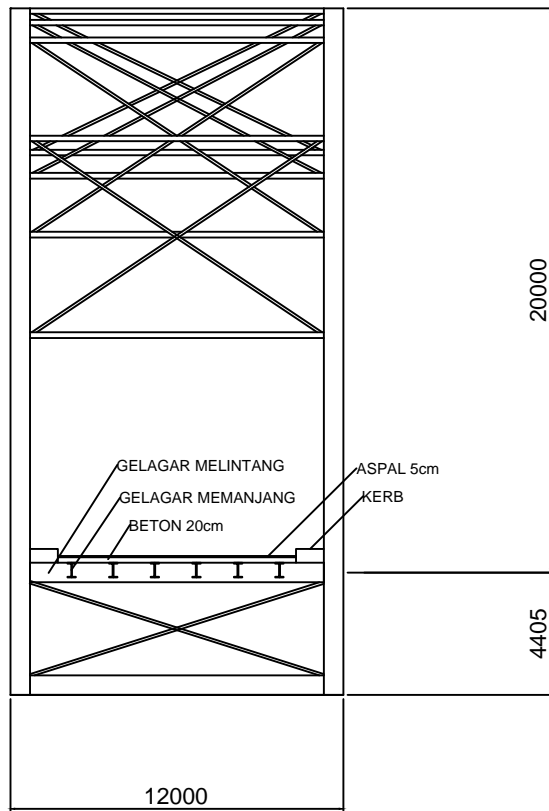


PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR
TAMPAK SAMPING JEMBATAN SETELAH MODIFIKASI

No. GBR	JMLH GBR
3	23



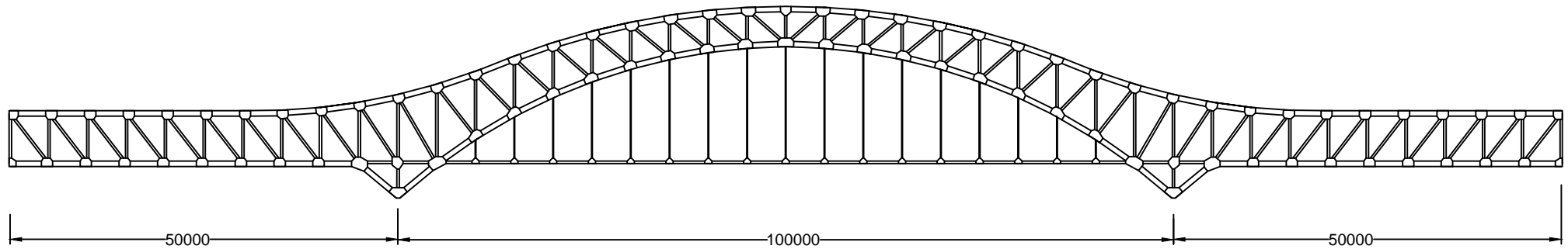
TAMPAK MELINTANG IKATAN ANGIN SILANG ANTAR BUSUR
SKALA 1:275

TAMPAK MELINTANG IKATAN ANGIN BUSUR ATAS
SKALA 1:275

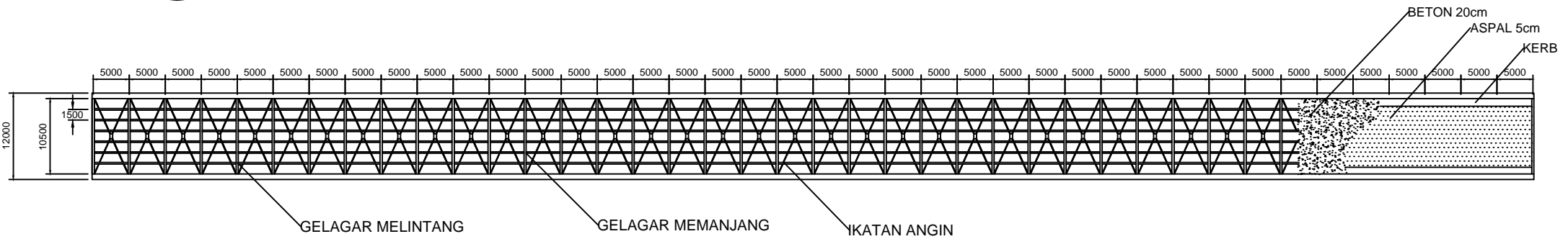
TAMPAK MELINTANG IKATAN ANGIN BUSUR BAWAH
SKALA 1:275

KETERANGAN :
 PROFIL GELAGAR MEMANJANG : 450x300x11x18
 PROFIL GELAGAR MELINTANG : 950x425x28,4x51,1
 PROFIL IKATAN ANGIN ATAS : CIRCULAR HOLLOW 267,4x7
 PROFIL IKATAN ANGIN BAWAH : CIRCULAR HOLLOW 216,3x7
 PROFIL IKATAN ANGIN SILANG : CIRCULAR HOLLOW 216,3x8

	PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA		NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR TAMPAK MELINTANG IKATAN ANGIN	No. GBR 4	JMLH GBR 23
			PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.			
			NRP	NIP			
			3113100065	1970020111995122001			



TAMPAK SAMPIG JEMBRAN
SKALA 1:750



IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN
SKALA 1:750

KETERANGAN :

PROFIL GELAGAR MEMANJANG : 450x300x11x18

PROFIL IKATAN ANGIN BAWAH : CIRCULAR HOLLOW 216,3x7

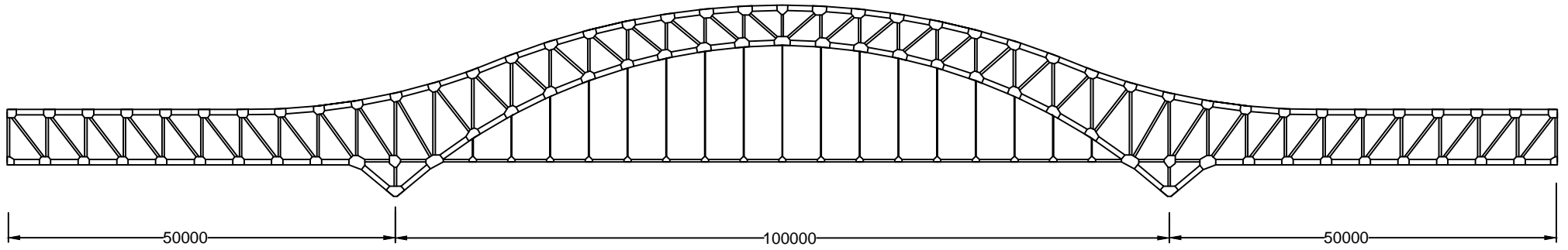
PROFIL GELAGAR MELINTANG : 950x425x28,4x51,1



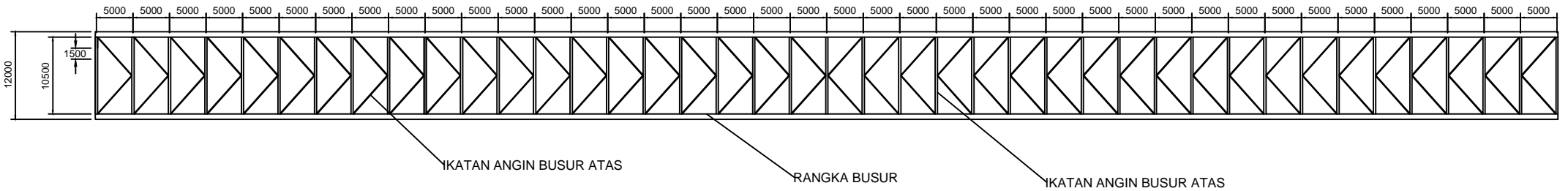
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

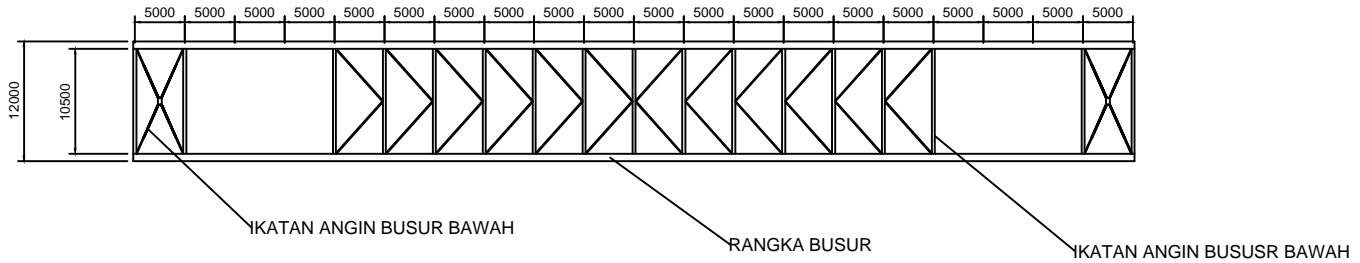
NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN	5	23



TAMPAK SAMPING JEMBATAN
SKALA 1:750



IKATAN ANGIN BUSUR ATAS
SKALA 1:750



IKATAN ANGIN BUSUR BAWAH
SKALA 1:750

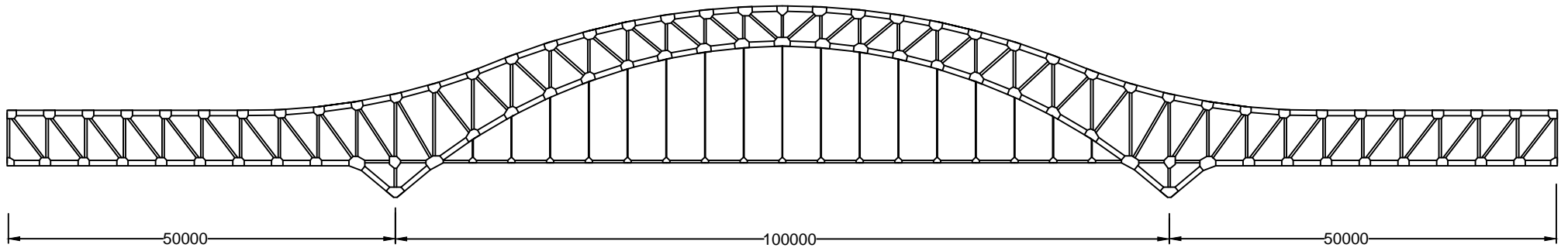
KETERANGAN :
 PROFIL IKATAN ANGIN ATAS : CIRCULAR HOLLOW 267,4x7
 PROFIL IKATAN ANGIN BAWAH : CIRCULAR HOLLOW 216,3x7



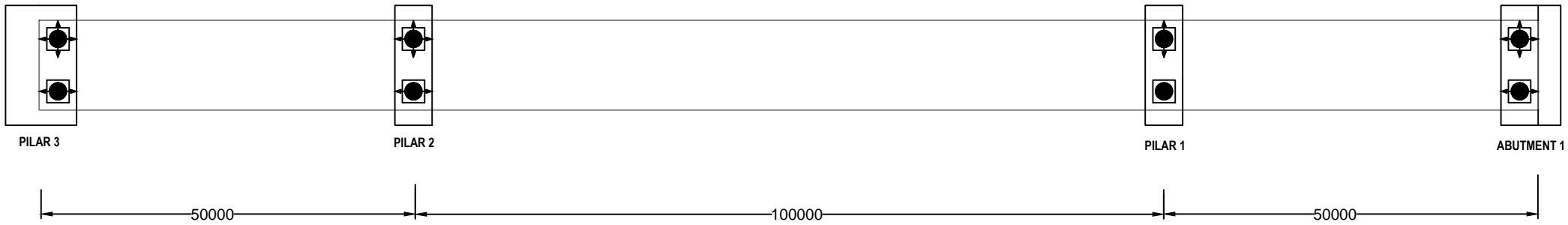
**PROGRAM SARJANA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA**

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
IKATAN ANGIN BUSUR ATAS IKATAN ANGIN BUSUR BAWAH	6	23



TAMPAK SAMPING JEMBATAN
SKALA 1: 750

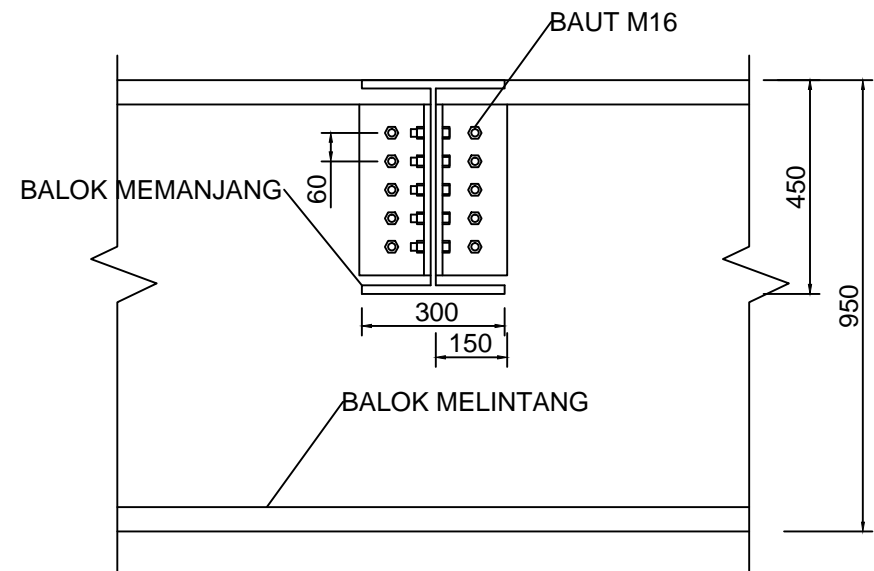
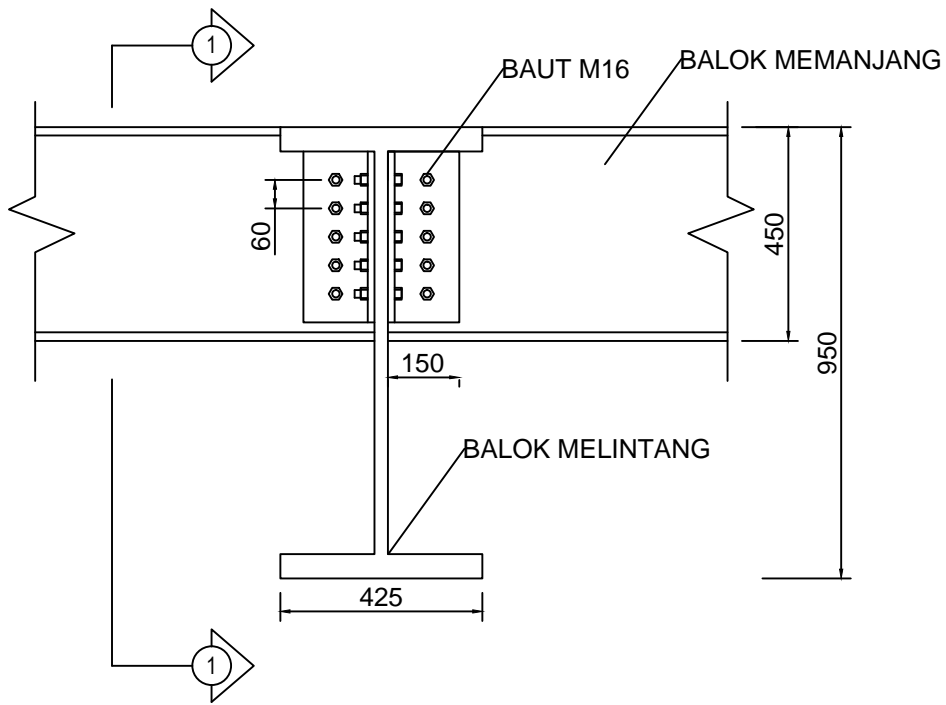


DENAH PERLETAKAN POT BEARING
SKALA 1:750

KETERANGAN :

- FREE TYPE
- GUIDED TYPE
- FIXED TYPE

<p>PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</p>	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	<p>NAMA GAMBAR</p> <p>DENAH PERLETAKAN POT BEARING</p>	<p>No. GBR</p> <p>7</p>	<p>JMLH GBR</p> <p>23</p>
	PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.			
	NRP	NIP			
	3113100065	1970020111995122001			



DETAIL SAMBUNGAN GELAGAR
MELINTANG DAN MEMANJANG
SKALA 1:15

POTONGAN 1-1
SKALA 1:15

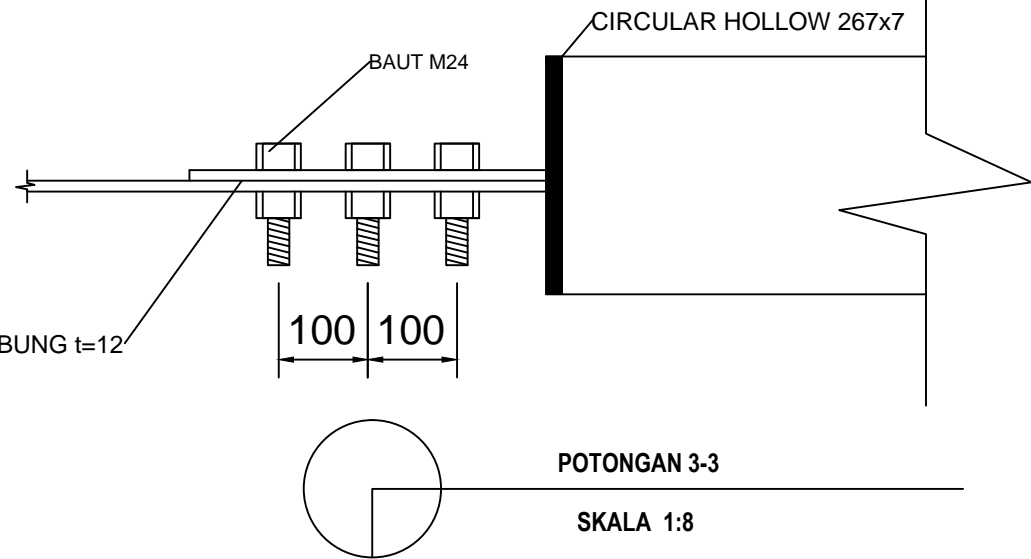
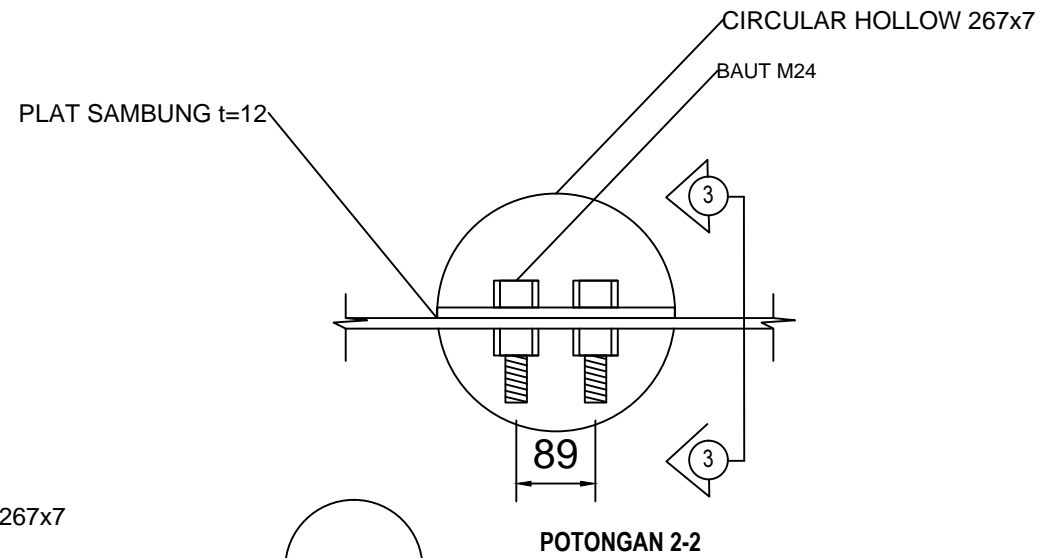
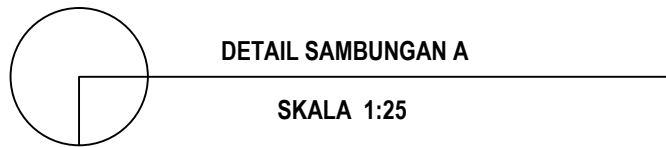
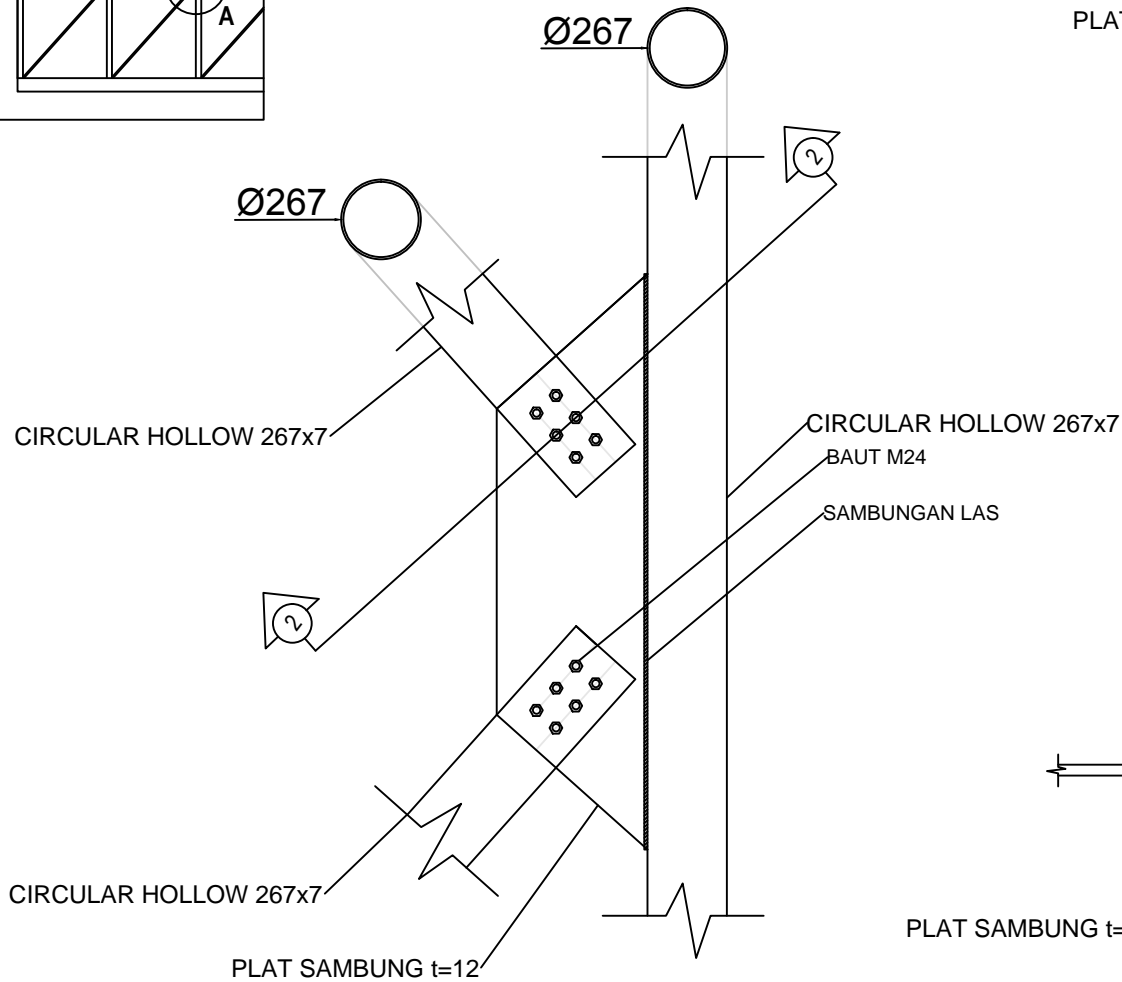
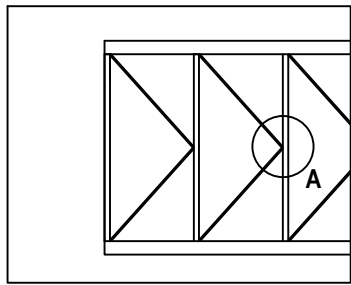


PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR
SAMBUNGAN GELAGAR MELINTANG DAN MEMANJANG

No. GBR	JMLH GBR
8	23

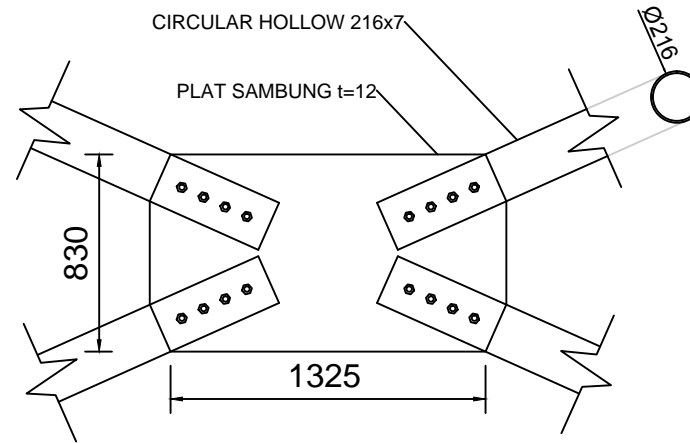
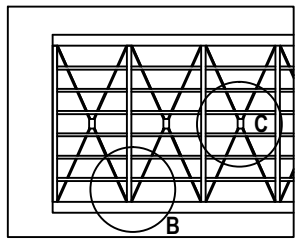


PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

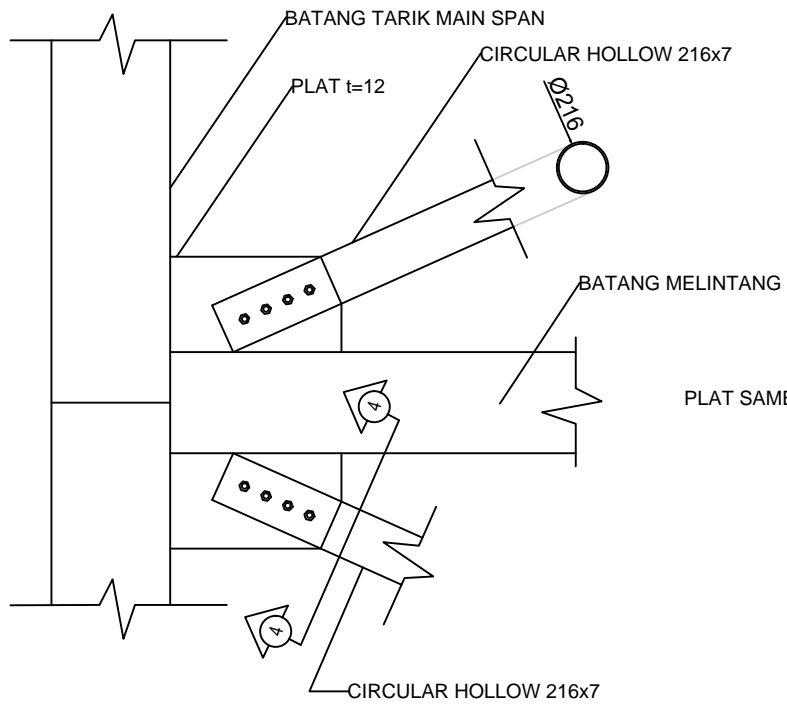
NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR
SAMBUNGAN IKATAN ANGIN BUSUR ATAS

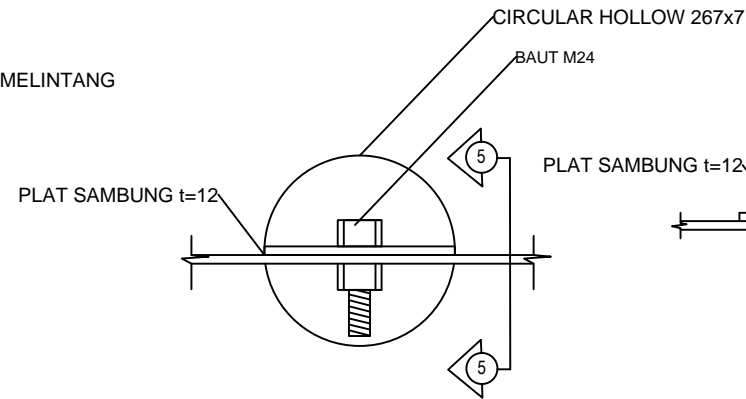
No. GBR	JMLH GBR
9	23



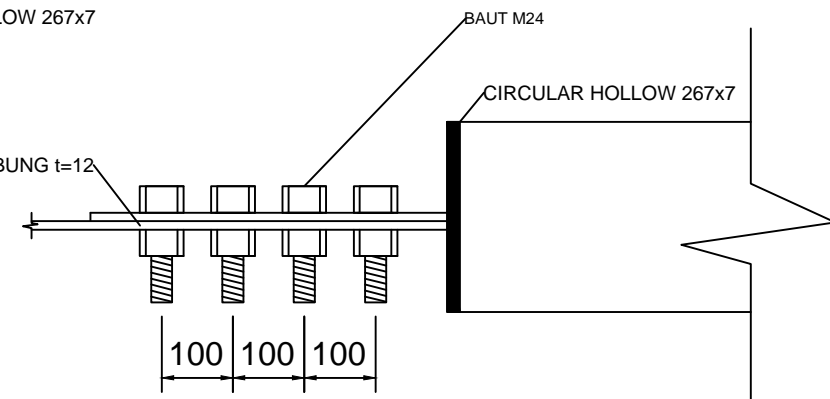
DETAIL C
SKALA 1:30



DETAIL B
SKALA 1:30



POTONGAN 4-4
SKALA 1:10



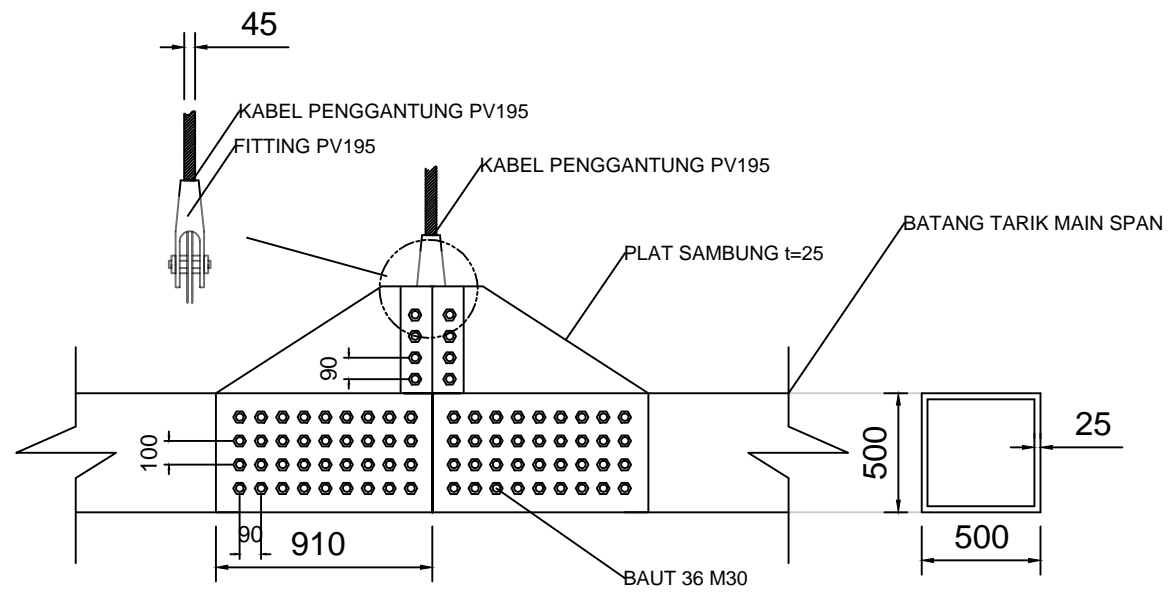
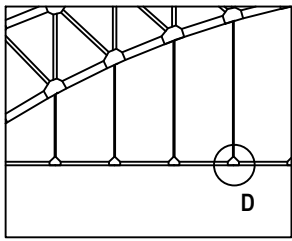
POTONGAN 5-5
SKALA 1:10



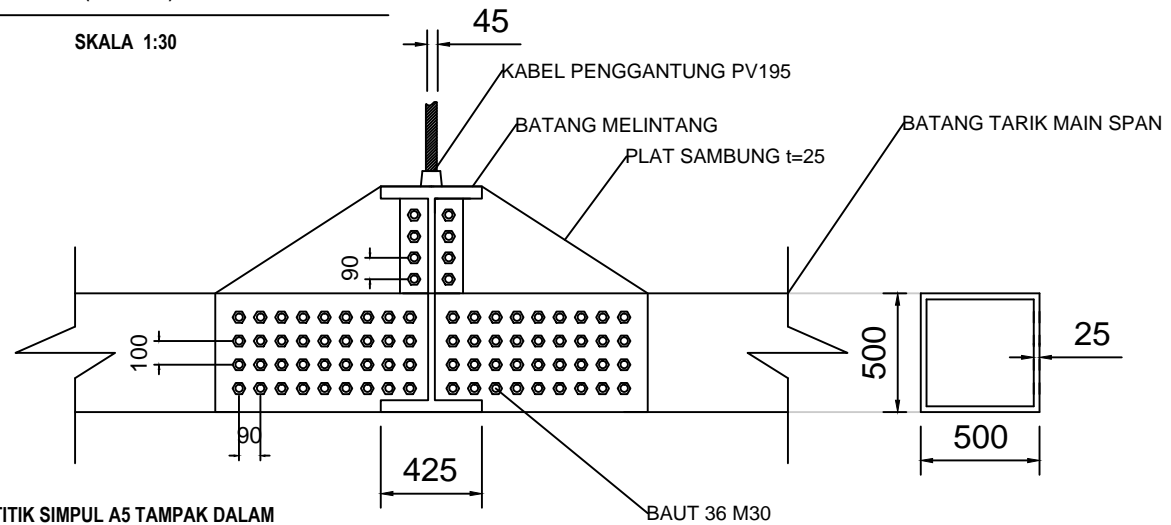
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
SAMBUNGAN IKATAN ANGIN LANTAI KENDARAAN	10	23



TITIK SIMPUL A5 TAMPAK LUAR
(DETAIL D)
SKALA 1:30



TITIK SIMPUL A5 TAMPAK DALAM
(DETAIL D)
SKALA 1:30



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR

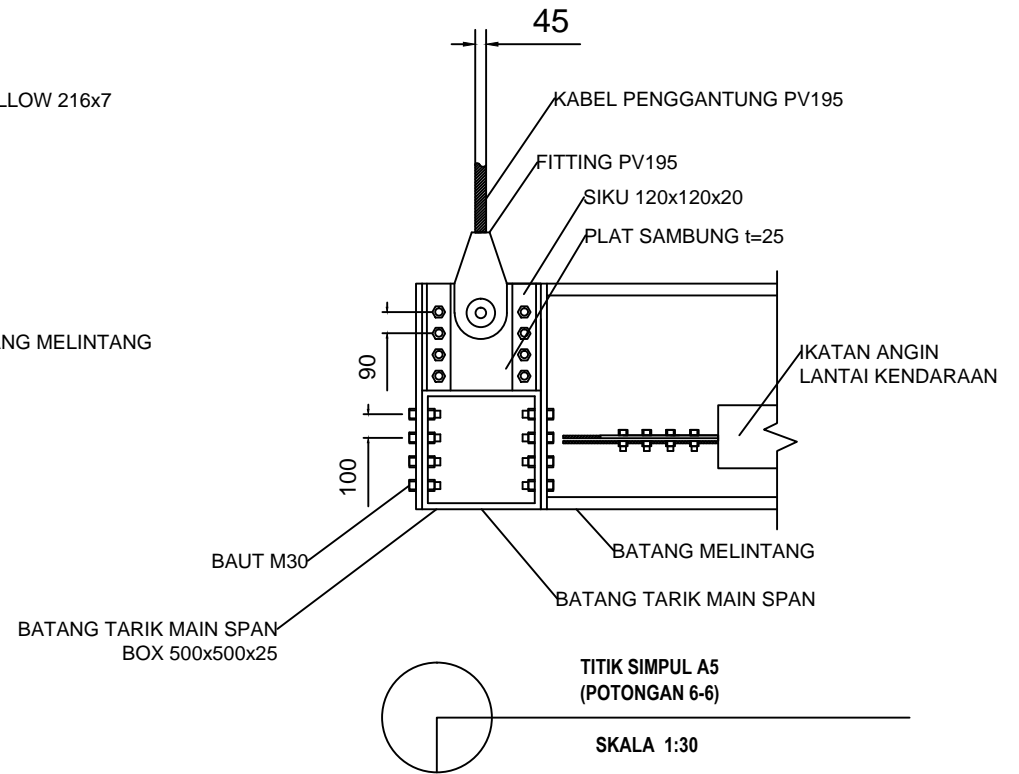
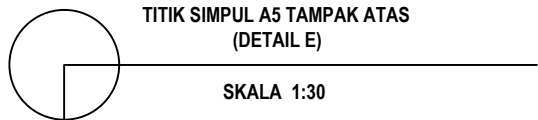
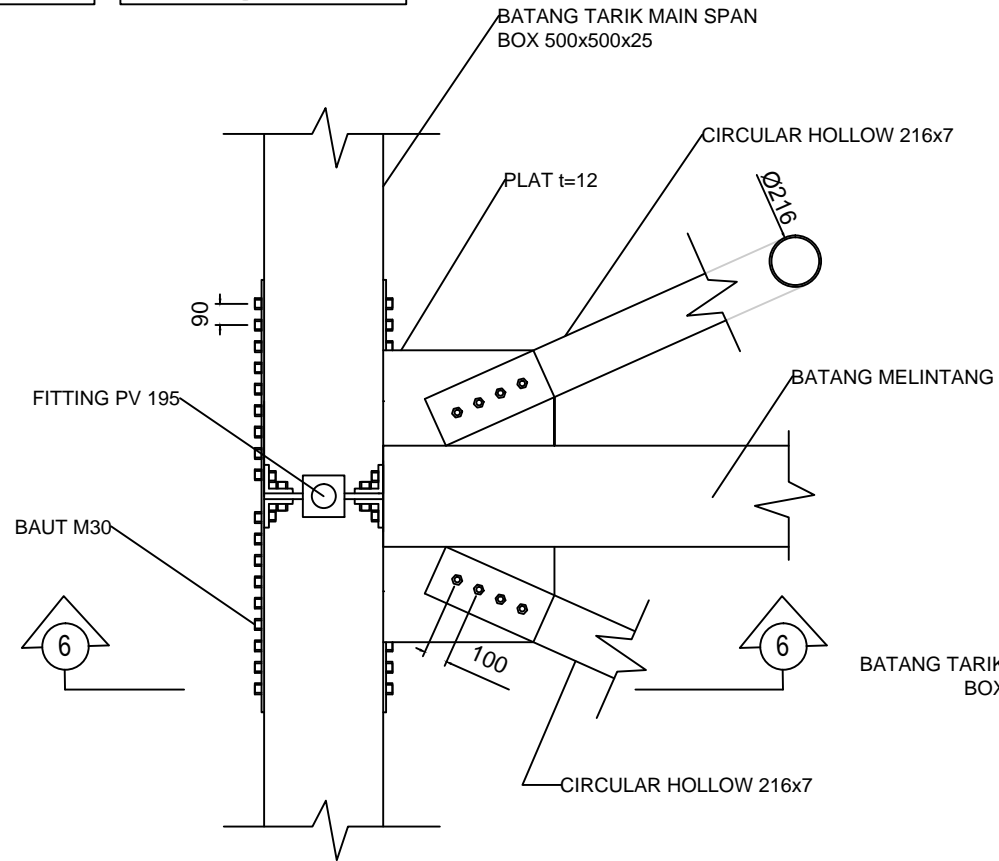
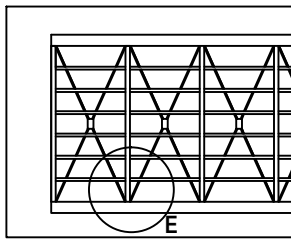
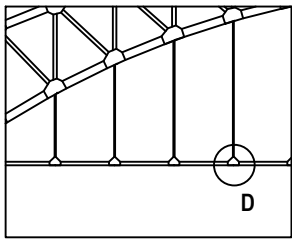
SAMBUNGAN TITIK SIMPUL A5

No. GBR

11

JMLH GBR

23



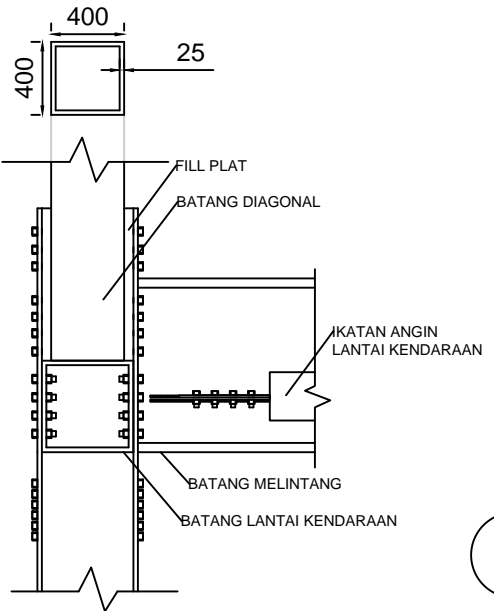
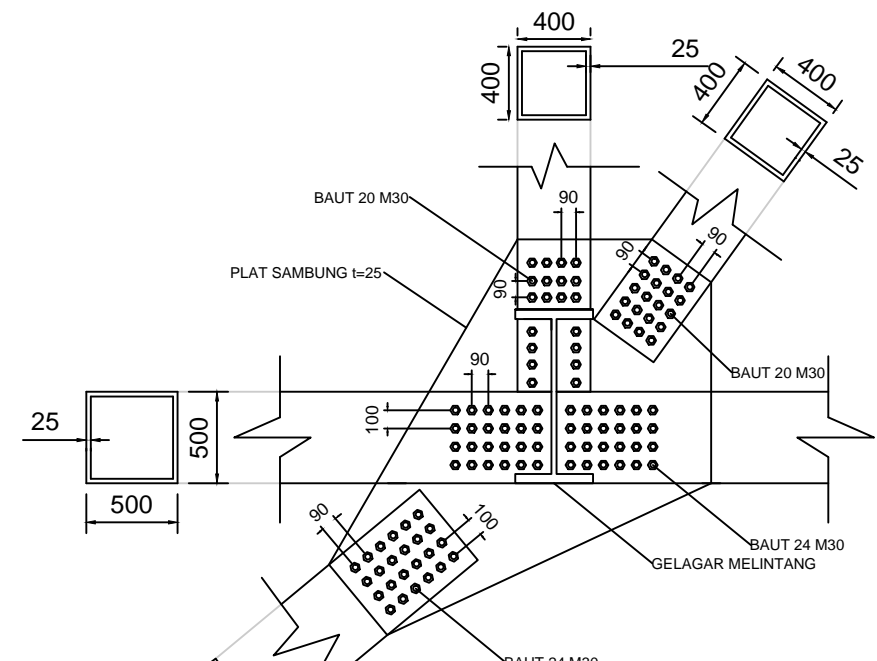
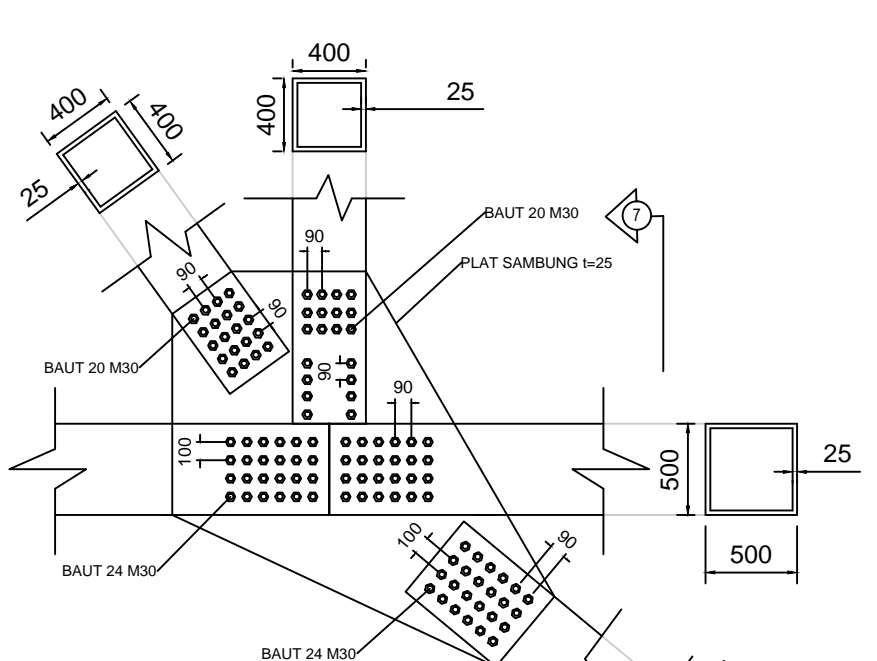
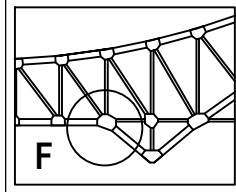
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR
SAMBUNGAN TITIK SIMPUL A5

No. GBR
12

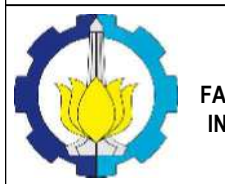
JMLH GBR
23



TITIK SIMPUL C10 TAMPAK LUAR (DETAIL F)
SKALA 1:40

TITIK SIMPUL C10 TAMPAK DALAM (DETAIL F)
SKALA 1:40

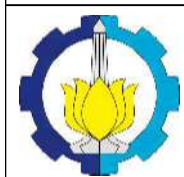
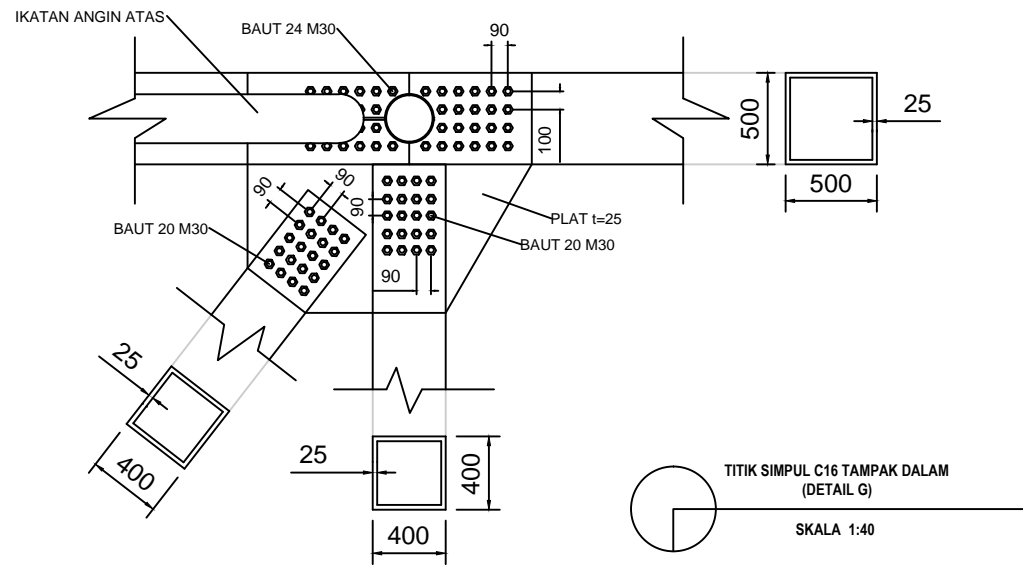
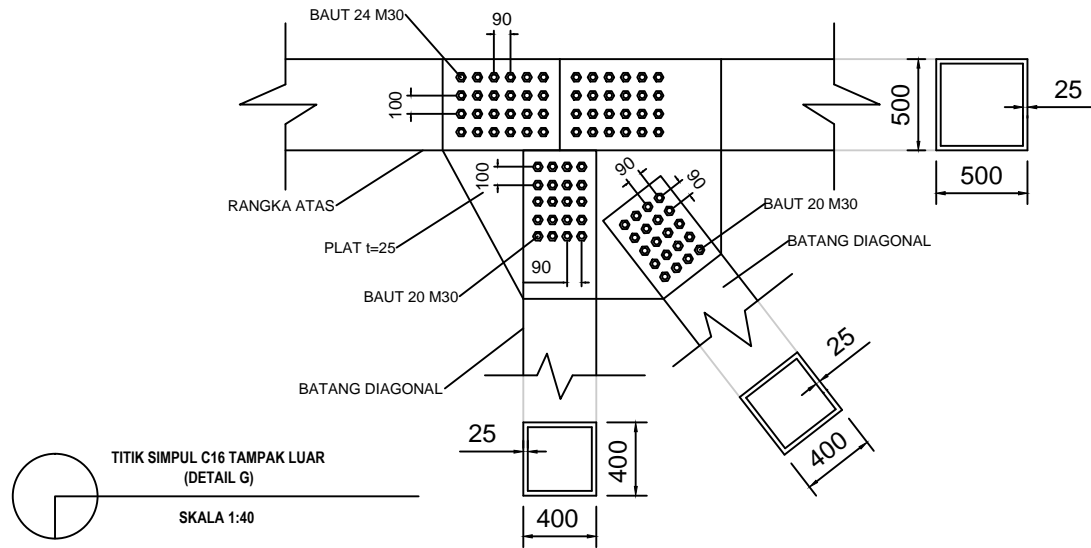
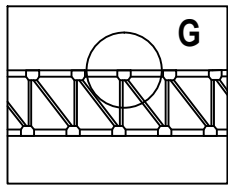
TITIK SIMPUL C10 MELINTANG (POTONGAN 7-7)
SKALA 1:40



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

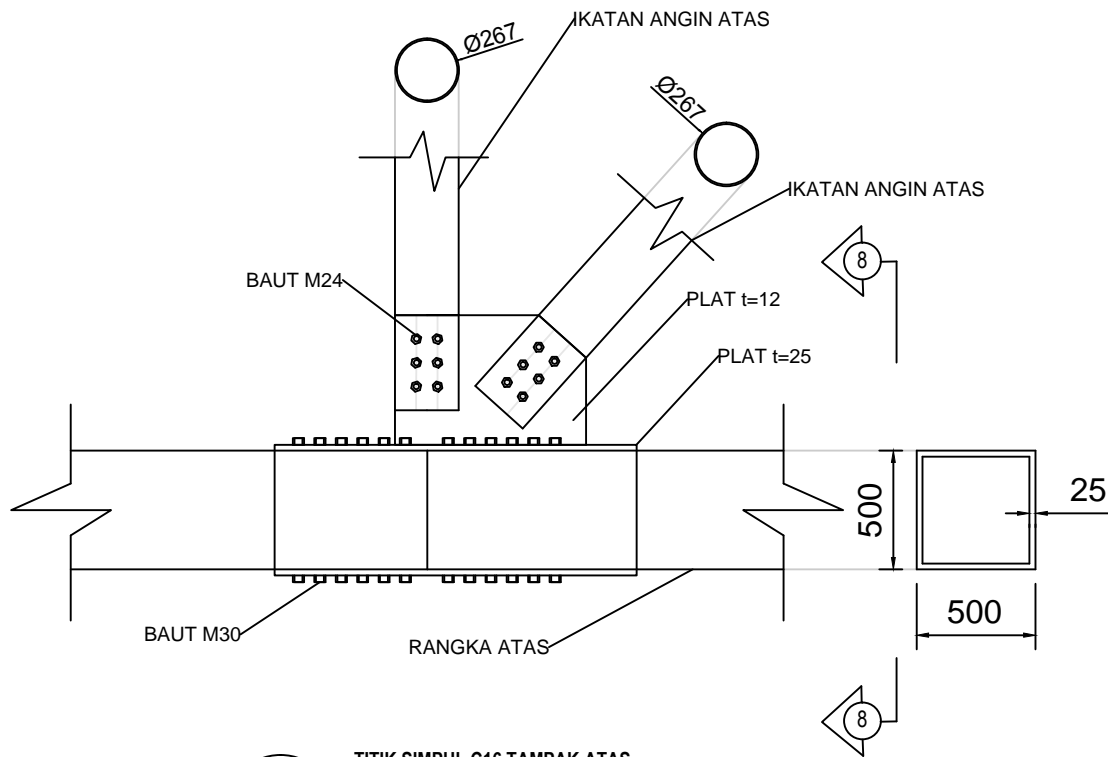
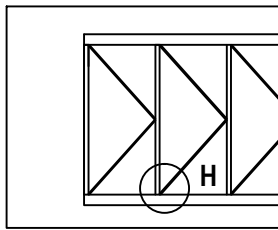
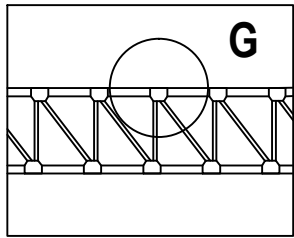
NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
SAMBUNGAN TITIK SIMPUL C10	13	23



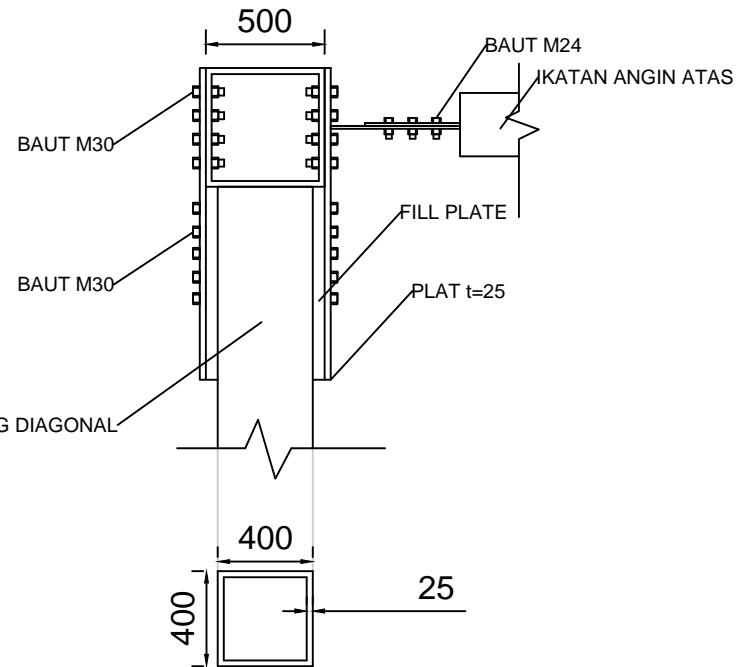
PROGRAM SARJANA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
SAMBUNGAN TITIK SIMPUL C16	14	23



TITIK SIMPUL C16 TAMPAK ATAS
(DETAIL H)
SKALA 1:30



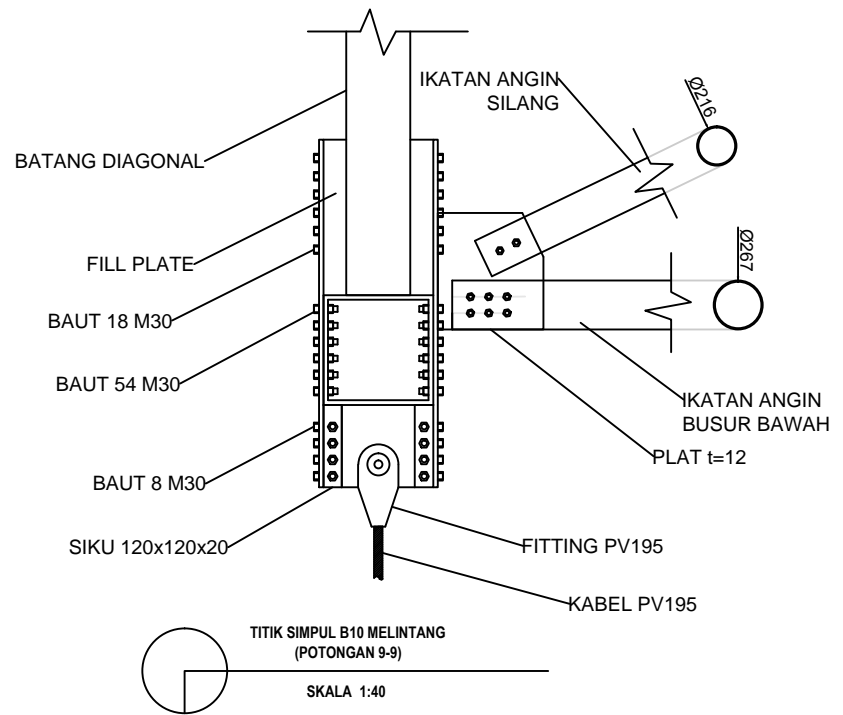
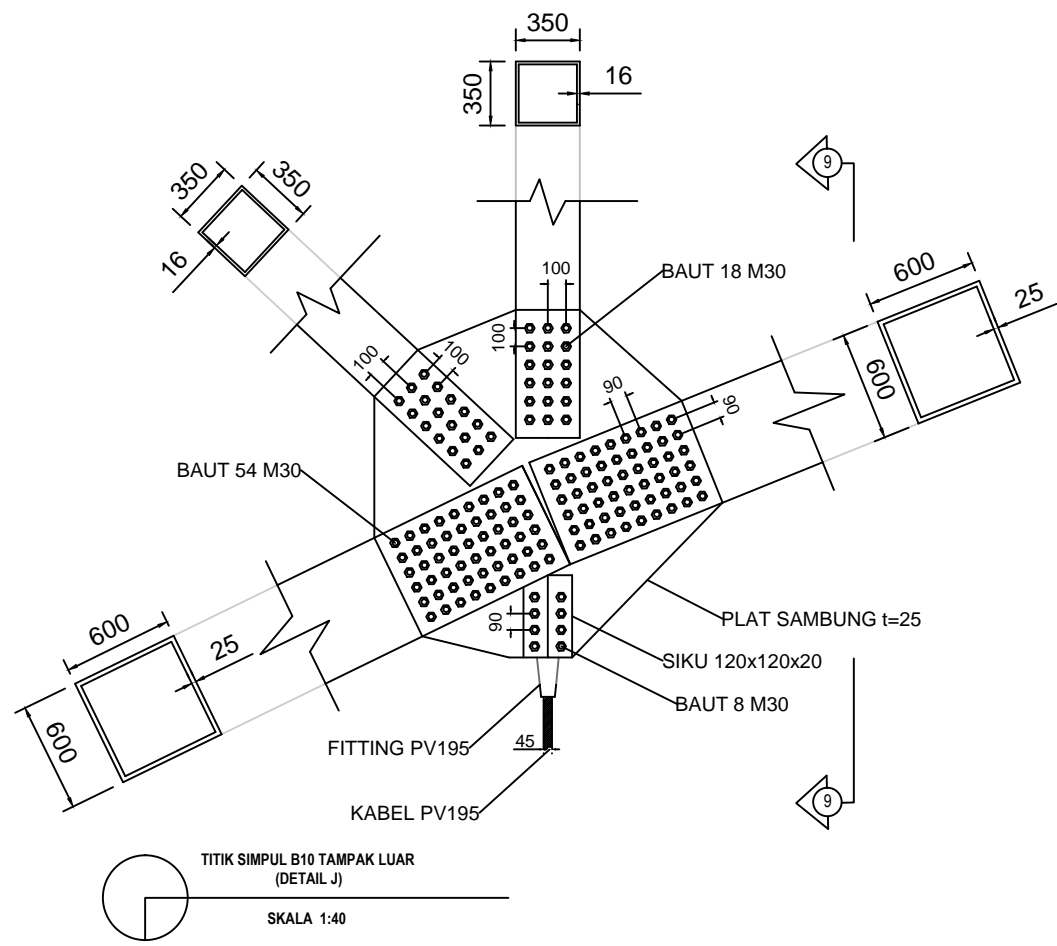
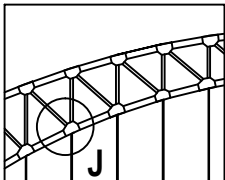
TITIK SIMPUL C16 MELINTANG
(POTONGAN 8-8)
SKALA 1:30



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

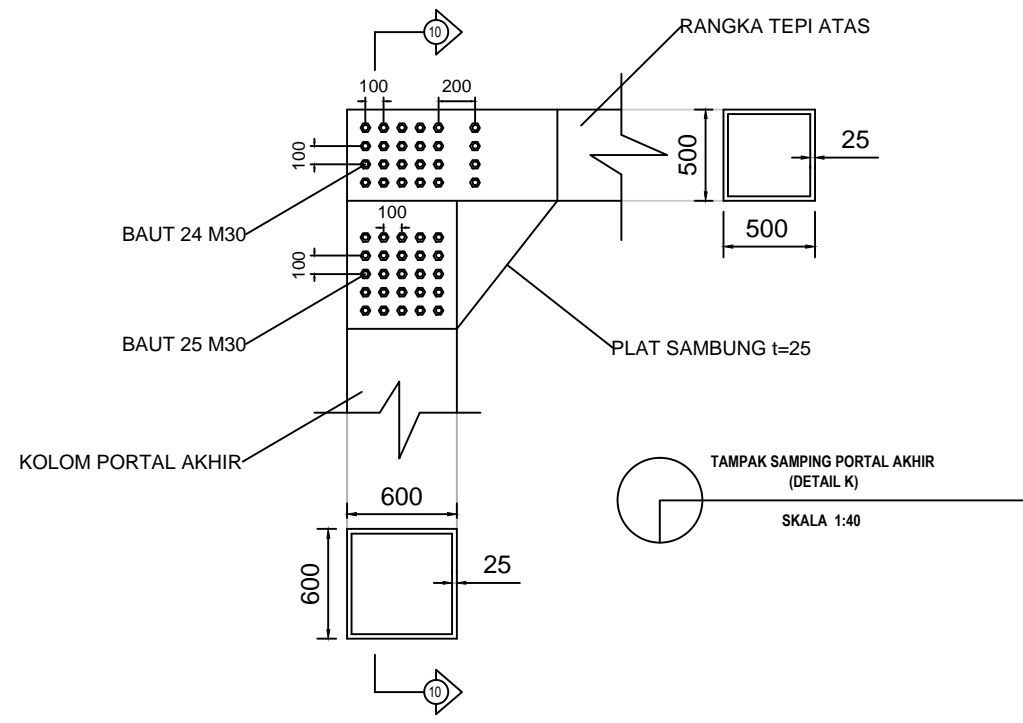
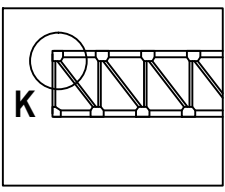
NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
SAMBUNGAN TITIK SIMPUL C16	15	23



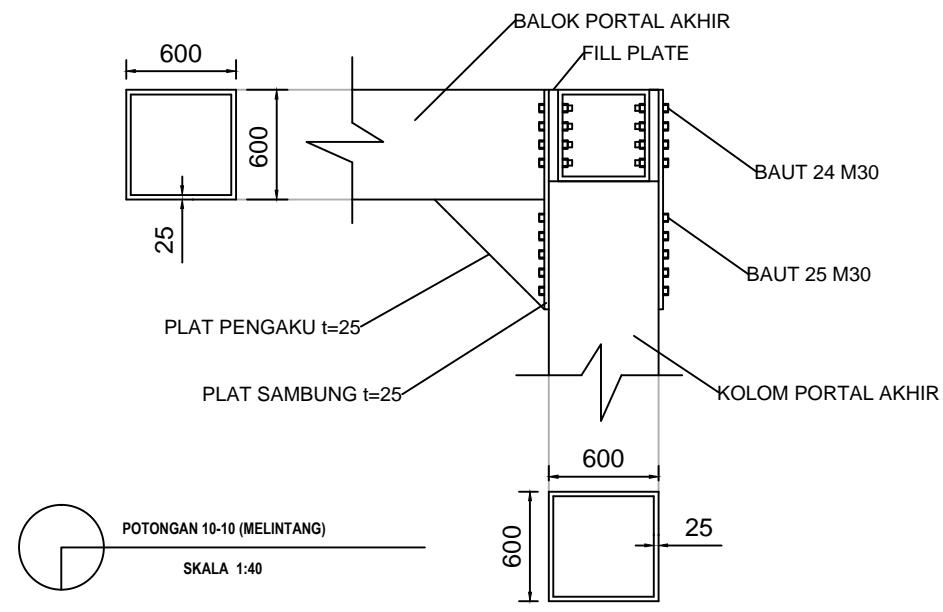
PROGRAM SARJANA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
SAMBUNGAN TITIK SIMPUL B10	16	23



TAMPAK SAMPING PORTAL AKHIR (DETAIL K)
SKALA 1:40



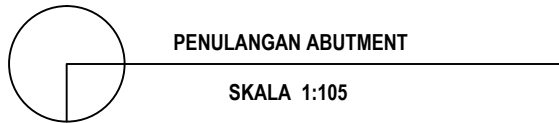
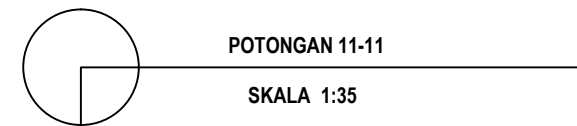
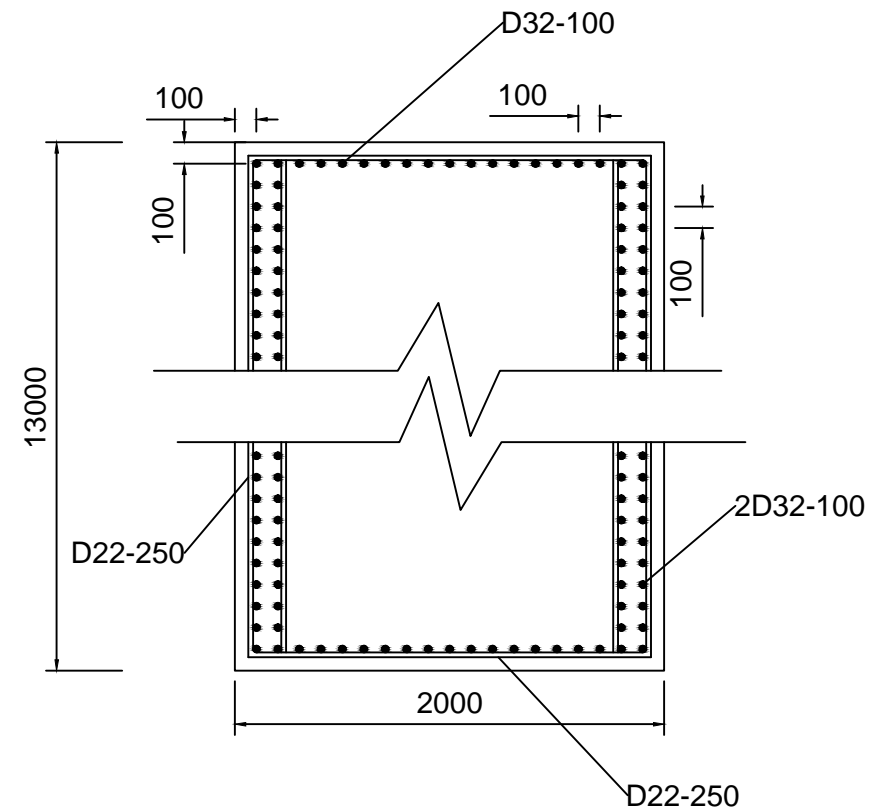
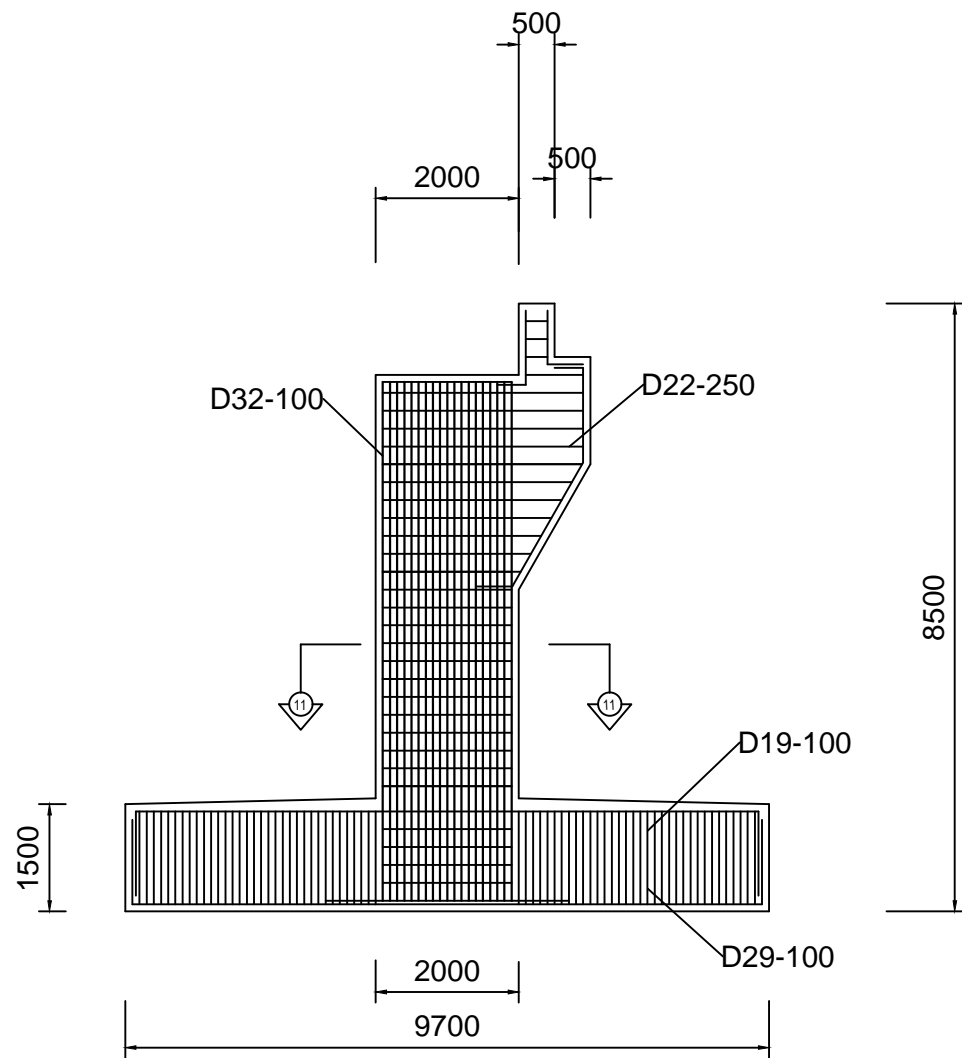
POTONGAN 10-10 (MELINTANG)
SKALA 1:40



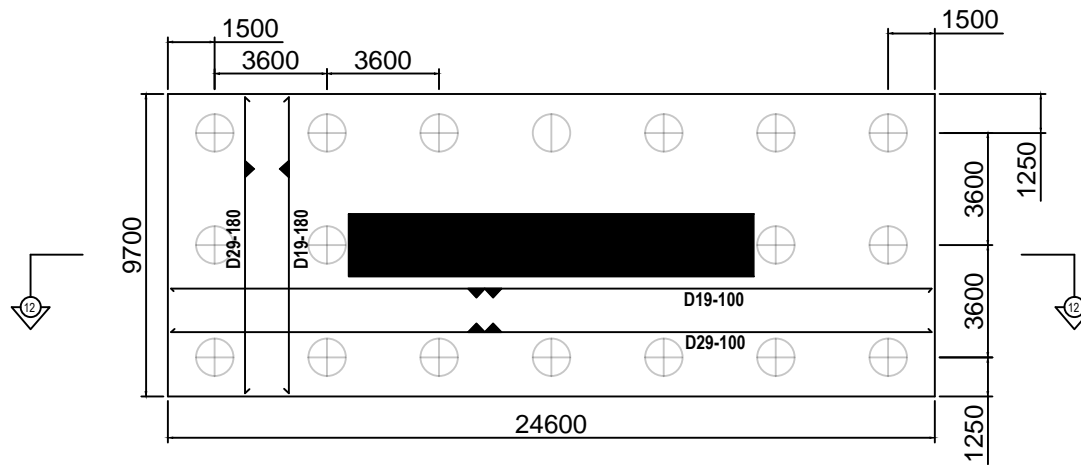
PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

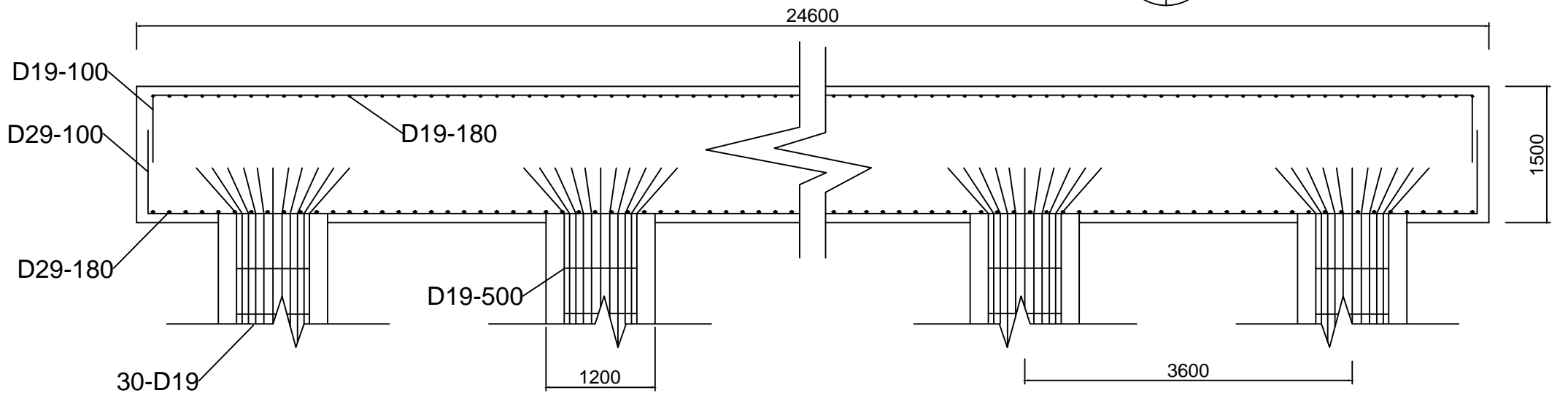
NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
SAMBUNGAN PORTAL AKHIR	17	23



	PROGRAM SARJANA JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING	NAMA GAMBAR DESAIN PENULANGAN ABUTMENT	No. GBR	JMLH GBR	
		PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.			18	23
		NRP	NIP				
		3113100065	1970020111995122001				



PENULANGAN PILECAP
SKALA 1:240



POTONGAN 12-12
SKALA 1:60

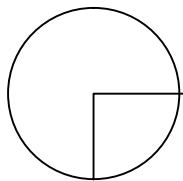
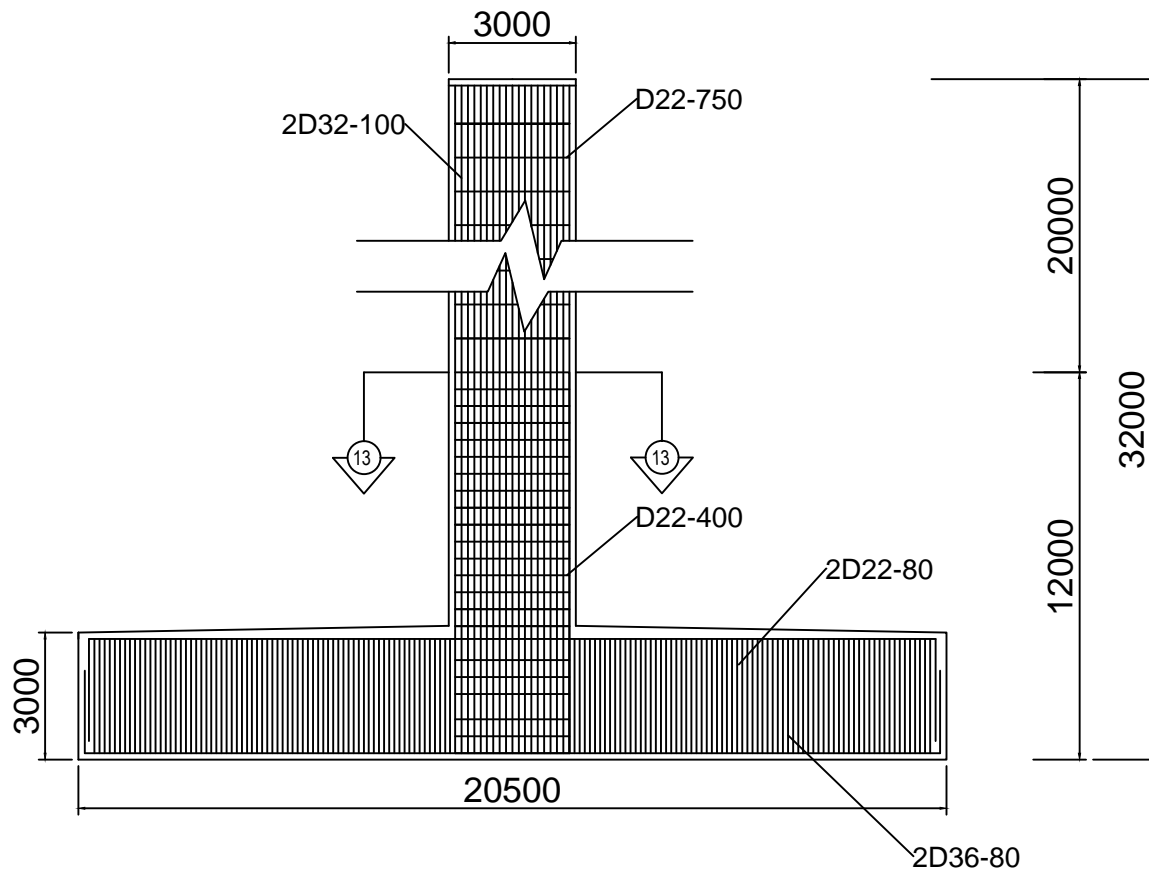


PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

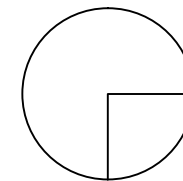
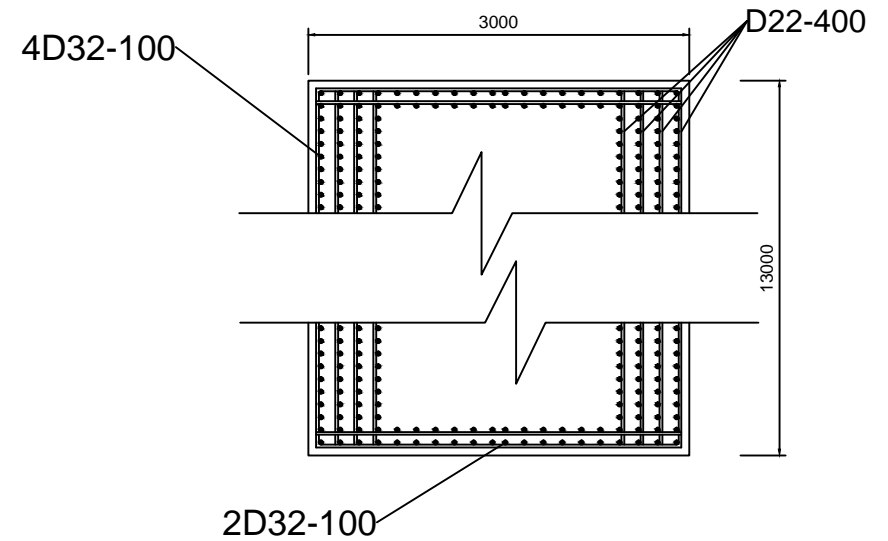
NAMA GAMBAR
DESAIN PENULANGAN PILECAP ABUTMENT

No. GBR	JMLH GBR
19	23



PENULANGAN PILAR

SKALA 1:180



POTONGAN 13-13

SKALA 1:60



**PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR

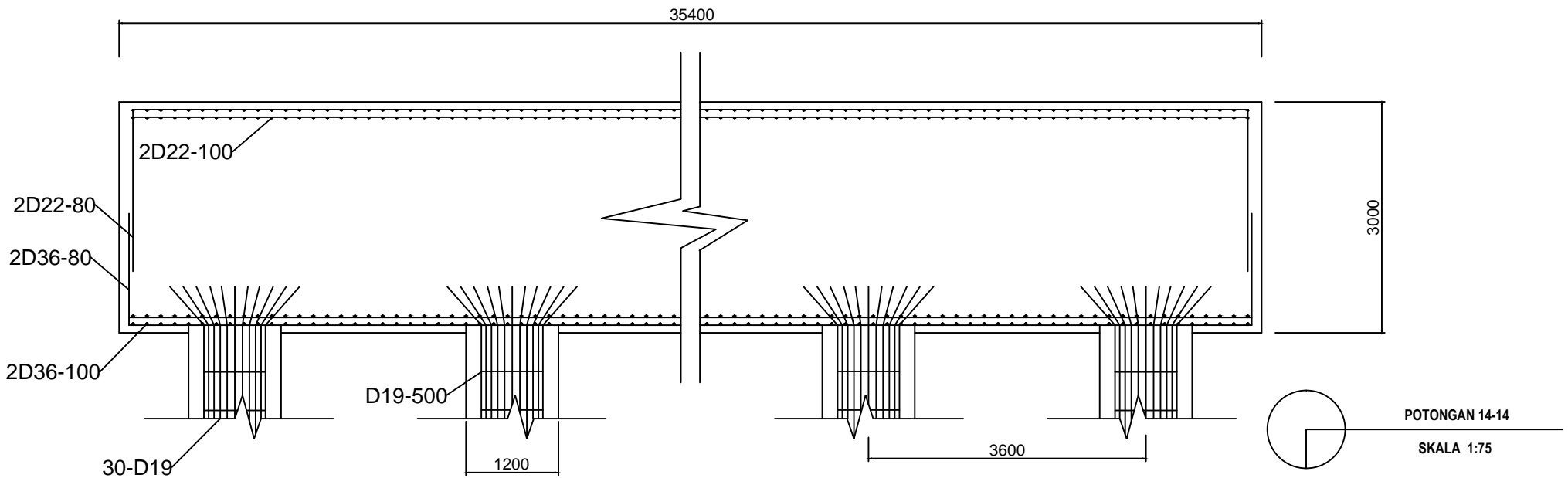
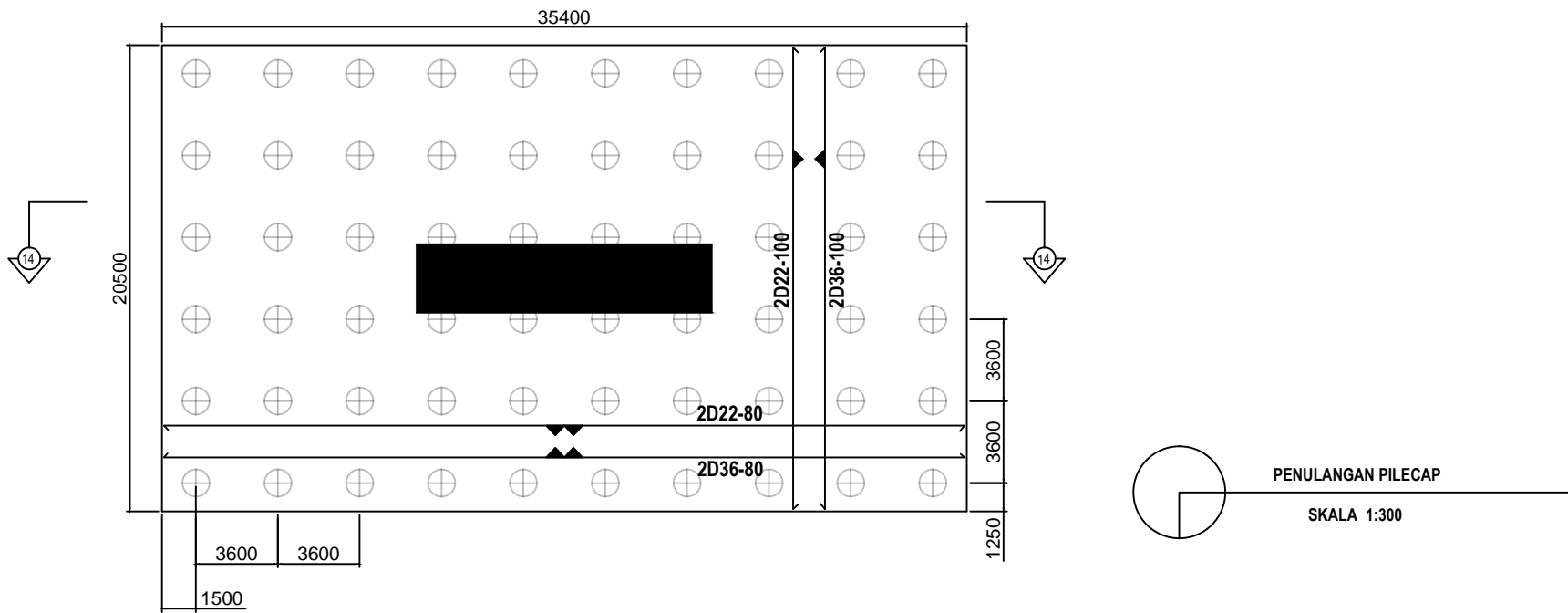
DESAIN PENULANGAN PILAR

No. GBR

20

JMLH GBR

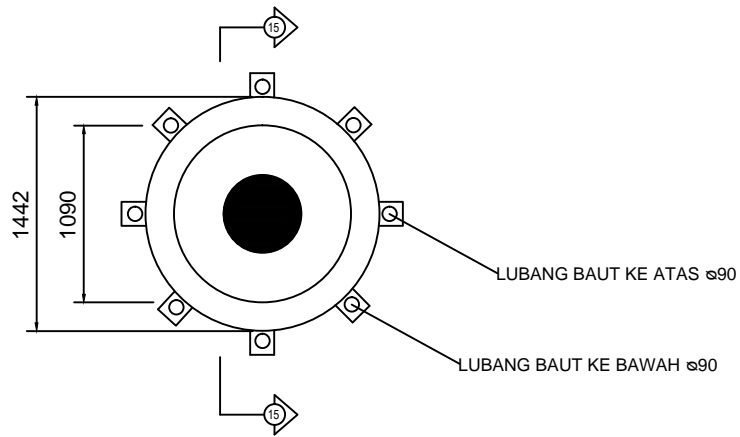
23



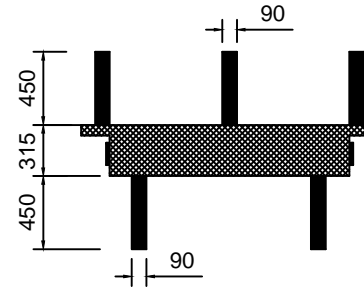
PROGRAM SARJANA
 JURUSAN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

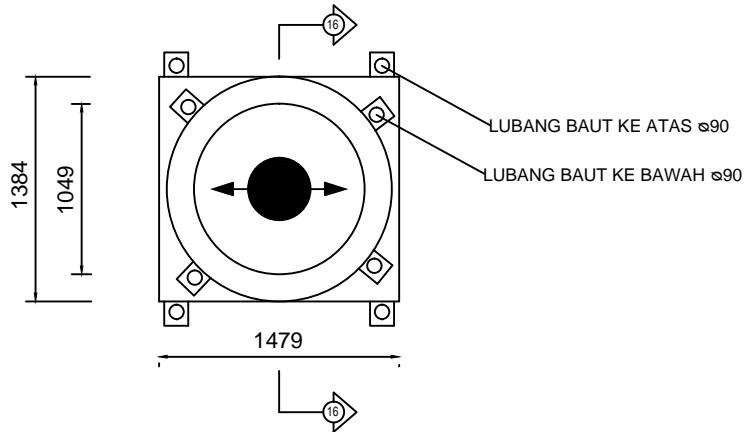
NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
DESAIN PENULANGAN PILECAP PILAR	21	23



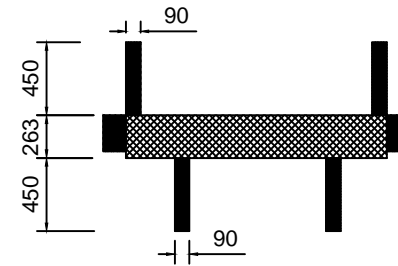
PF 3900/2800/H2 AA
SKALA 1: 50



POTONGAN 15-15
SKALA 1:50



PU 3900/2800/H1 AA
SKALA 1:50



POTONGAN 16-16
SKALA 1:50



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR

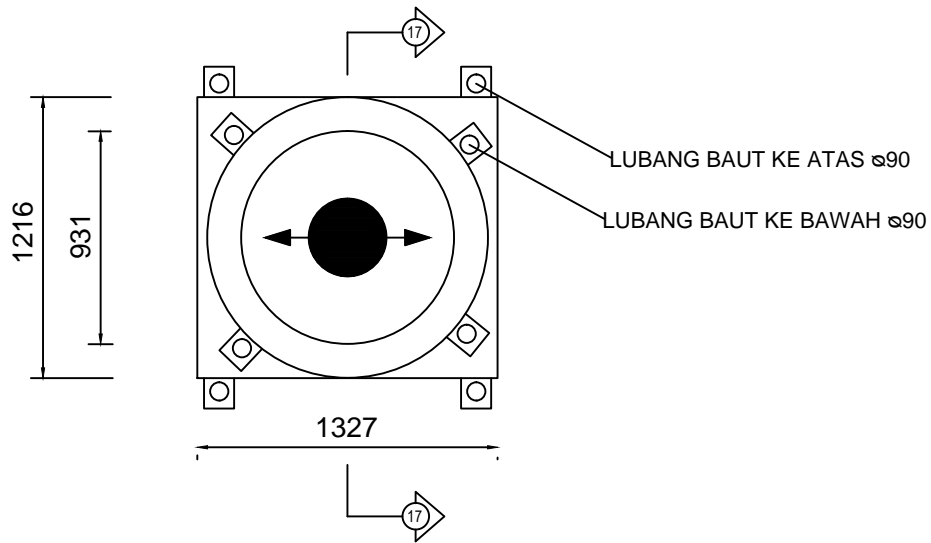
SKETSA POT BEARING

No. GBR

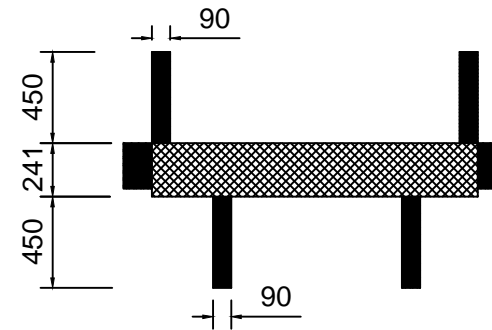
22

JMLH GBR

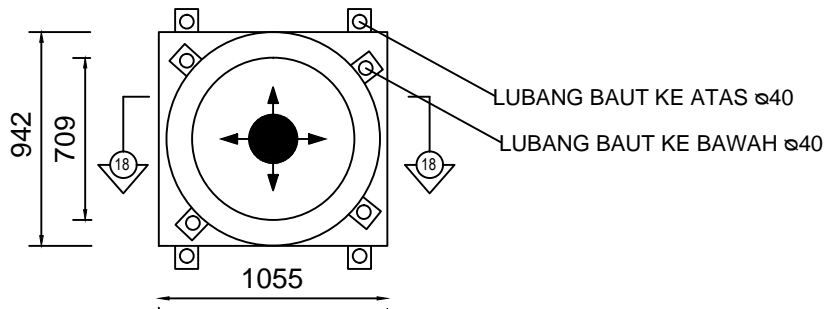
23



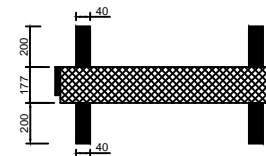
PU 3100/2200/H1 AA
SKALA 1:40



POTONGAN 17-17
SKALA 1:40



PL 1700/1200 AA
SKALA 1:40



POTONGAN 18-18
SKALA 1:40



PROGRAM SARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

NAMA MAHASISWA	DOSEN PEMBIMBING
PRASETYO NUR HAKIKIE	ENDAH WAHYUNI, ST., M.Sc., Ph.D.
NRP	NIP
3113100065	1970020111995122001

NAMA GAMBAR	No. GBR	JMLH GBR
SKETSA POT BEARING	23	23



PEKERJAAN
RENCANA TEKNIK AKHIR
JALAN TOL SEMARANG-BAWEN



DRILLING CO. : Iskandar	BOREHOLE NO. : BG-99
STATION : 21+955.969	TOTAL DEPTH (m) : 14
UTM ZONE : N 9200919.047	SURF. ELEVATION (m) : 438.716
: E 439368.4037	DATUM (m) : -4.7
DATE START : 10.09.05	DATE FINISH : 12.09.05

BOR LOG

SAMPLE TYPE : Shelby Tube Core Sample SPT Sample Grab Sample No Recovery

Depth (m)	SAMPLE TYPE	SPT (N)				STANDARD PENETRATION (N)										GWL	USCS	SOIL SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	ELEVATION (m)
		N ₁	N ₂	N ₃	N															
						0	10	20	30	40	50	60	5	15	25					
10	<input checked="" type="checkbox"/>	50/14			>50															428.716
11																			Silty Clay, hard, dark grey	427.716
12	<input checked="" type="checkbox"/>	24/15	5/11		>50															426.716
13																				425.716
14	<input checked="" type="checkbox"/>	50/9			>50															424.716
15																			End Of Drilling	423.716
16																				422.716
17																				421.716
18																				420.716
19																				419.716
20																				418.716



PEKERJAAN
RENCANA TEKNIK AKHIR
JALAN TOL SEMARANG-BAWEN



DRILLING CO. : Iskandar	BOREHOLE NO. : BG-98
STATION : 21+914.908	TOTAL DEPTH (m) : 12
UTM ZONE : N 9200958.019	SURF. ELEVATION (m) : 445.674
DATE START : 10.09.05	DATUM (m) : -7.1
	DATE FINISH : 12.05.05

SAMPLE TYPE : Shelby Tube Core Sample SPT Sample Grab Sample No Recovery

BOR LOG

Depth (m)	SAMPLE TYPE	SPT (N)				STANDARD PENETRATION (N)		GWL	USCS	SOIL SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	ELEVATION (m)
		N ₁	N ₂	N ₃	N	0	5					
0											445.674	
1									CH	Silty Clay, soft to medium stiff, dark brown	444.674	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	3/15	5/15	6/15	11					-stiff to hard, brown brown	443.674	
3											442.674	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	10/15	15/15	22/15	37						441.674	
5											440.674	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	30/15	50/12		>50						439.674	
7											438.674	
8	<input checked="" type="checkbox"/>	50/14			>50				CL	Silty Clay, hard, dark grey	437.674	
9											436.674	
10	<input checked="" type="checkbox"/>	50/14			>50						435.674	



PEKERJAAN
RENCANA TEKNIK AKHIR
JALAN TOL SEMARANG-BAWEN



DRILLING CO. : Iskandar	BOREHOLE NO. : BG-98
STATION : 21+914.908	TOTAL DEPTH (m) : 12
UTM ZONE : N 9200958.019	SURF. ELEVATION (m) : 445.674
: E 439355.4731	DATUM (m) : -7.1
DATE START : 10.09.05	DATE FINISH : 12.09.05

BOR LOG

SAMPLE TYPE : Shelby Tube Core Sample SPT Sample Grab Sample No Recovery

Depth (m)	SAMPLE TYPE	SPT (N)				STANDARD PENETRATION (N)										GWL	USCS	SOIL SYMBOL	SOIL DESCRIPTION	ELEVATION (m)
		N ₁	N ₂	N ₃	N	0	10	20	30	40	50	60	5	15	25					
10	<input checked="" type="checkbox"/>	50/14			>50															435.674
11																	CL		Silty Clay, hard, dark grey	434.674
12	<input checked="" type="checkbox"/>	50/12			>50															433.674
13																			End Of Drilling	432.374
14																				431.674
15																				430.674
16																				429.674
17																				428.674
18																				427.674
19																				426.674
20																				425.674

VSL – CTT POT BEARINGS

Type PF

Bearings type PF can support horizontal loads in both longitudinal and transverse directions and don't allow any movement.

H2



Bearings according to AASHTO

BEARING TYPE	V MAX ULS (kN)	H MAX ULS (kN)	V MAX SLS (kN)	H MAX SLS (kN)	V min SLS, ULS (kN)	Aprox. Weight (kg)
PF 140/100/H2 AA	1395	300	1000	200	500	62
PF 280/200/H2 AA	2790	600	2000	400	1000	150
PF 420/300/H2 AA	4185	900	3000	600	1500	208
PF 560/400/H2 AA	5580	1200	4000	800	2000	267
PF 700/500/H2 AA	6975	1500	5000	1000	2500	366
PF 840/600/H2 AA	8370	1800	6000	1200	3000	523
PF 1000/700/H2 AA	9765	2100	7000	1400	3500	648
PF 1100/800/H2 AA	11160	2400	8000	1600	4000	750
PF 1250/900/H2 AA	12555	2700	9000	1800	4500	804
PF 1400/1000/H2 AA	13950	3000	10000	2000	5000	1037
PF 1535/1100/H2 AA	15345	3300	11000	2200	5500	1123
PF 1700/1200/H2 AA	16740	3600	12000	2400	6000	1217
PF 1800/1300/H2 AA	18135	3900	13000	2600	6500	1295
PF 1950/1400/H2 AA	19530	4200	14000	2800	7000	1453
PF 2100/1500/H2 AA	20925	4500	15000	3000	7500	1728
PF 2200/1600/H2 AA	22320	4800	16000	3200	8000	1828
PF 2400/1700/H2 AA	23715	5100	17000	3400	8500	1855
PF 2500/1800/H2 AA	25110	5400	18000	3600	9000	2075
PF 2650/1900/H2 AA	26505	5700	19000	3800	9500	2718
PF 2800/2000/H2 AA	27900	6000	20000	4000	10000	2928
PF 3100/2200/H2 AA	30690	6600	22000	4400	11000	3107
PF 3350/2400/H2 AA	33480	7200	24000	4800	12000	3571
PF 3600/2600/H2 AA	36270	7800	26000	5200	13000	4108
PF 3900/2800/H2 AA	39060	8400	28000	5600	14000	4512
PF 4200/3000/H2 AA	41850	9000	30000	6000	15000	5032

Bearings have been designed with the following parameters :

Concrete on Deck is H40 (fck = 40 Mpa)

Concrete on Piers and Abutment is H30 (fck = 30 Mpa)

Maximum Horizontal load is 10% of the Vertical load

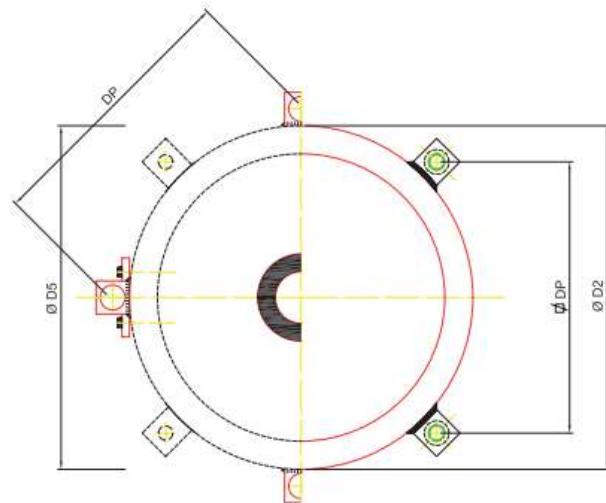
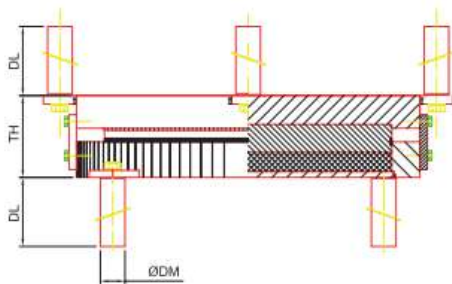
Minimum load at SLS and ULS is 50% of Maximum Vertical load at SLS

Rotation 0,015 rad

Other models are available under request

Main Dimensions

PART NUMBER	Pot \varnothing D2 (mm)	Total height TH (mm)	Top Plate Dimensions L5 x B5 (mm)	Recommended Pilar \varnothing (mm)	DM \varnothing (mm)	DL (mm)	DP (mm)
PF 140/100/H2 AA	295	94	295	472	40	200	251
PF 280/200/H2 AA	395	110	395	632	60	300	336
PF 420/300/H2 AA	474	124	474	758	60	300	392
PF 560/400/H2 AA	543	132	543	869	60	300	441
PF 700/500/H2 AA	606	139	606	970	70	350	492
PF 840/600/H2 AA	678	158	678	1085	80	400	550
PF 1000/700/H2 AA	714	164	714	1142	90	450	576
PF 1100/800/H2 AA	782	167	782	1251	90	450	624
PF 1250/900/H2 AA	814	173	814	1302	90	450	646
PF 1400/1000/H2 AA	853	190	853	1365	90	450	674
PF 1535/1100/H2 AA	896	192	896	1434	90	450	704
PF 1700/1200/H2 AA	938	199	938	1501	90	450	734
PF 1800/1300/H2 AA	974	200	974	1558	90	450	759
PF 1950/1400/H2 AA	1018	207	1018	1629	90	450	791
PF 2100/1500/H2 AA	1068	219	1068	1709	90	450	826
PF 2200/1600/H2 AA	1102	226	1102	1763	90	450	850
PF 2400/1700/H2 AA	1112	226	1112	1779	90	450	857
PF 2500/1800/H2 AA	1162	233	1162	1859	90	450	892
PF 2650/1900/H2 AA	1176	274	1176	1882	90	450	902
PF 2800/2000/H2 AA	1224	281	1224	1958	90	450	936
PF 3100/2200/H2 AA	1266	283	1266	2026	90	450	966
PF 3350/2400/H2 AA	1328	290	1328	2125	90	450	1010
PF 3600/2600/H2 AA	1432	300	1432	2291	90	450	1083
PF 3900/2800/H2 AA	1442	315	1442	2307	90	450	1090
PF 4200/3000/H2 AA	1514	319	1514	2422	90	450	1141



VSL – CTT POT BEARINGS

Type PU

Bearings type PU allow movement in one direction and can support horizontal loads perpendicular to the direction of movement.

H1



Bearings according to AASHTO

BEARING TYPE	V MAX ULS (kN)	H MAX ULS (kN)	V MAX SLS (kN)	H MAX SLS (kN)	V min SLS, ULS (kN)	Aprox. Weight (kg)
PU 140/100/H1 AA	1395	150	1000	100	500	81
PU 280/200/H1 AA	2790	300	2000	200	1000	127
PU 420/300/H1 AA	4185	450	3000	300	1500	169
PU 560/400/H1 AA	5580	600	4000	400	2000	251
PU 700/500/H1 AA	6975	750	5000	500	2500	313
PU 840/600/H1 AA	8370	900	6000	600	3000	389
PU 1000/700/H1 AA	9765	1050	7000	700	3500	467
PU 1100/800/H1 AA	11160	1200	8000	800	4000	577
PU 1250/900/H1 AA	12555	1350	9000	900	4500	621
PU 1400/1000/H1 AA	13950	1500	10000	1000	5000	759
PU 1535/1100/H1 AA	15345	1650	11000	1100	5500	882
PU 1700/1200/H1 AA	16740	1800	12000	1200	6000	965
PU 1800/1300/H1 AA	18135	1950	13000	1300	6500	1091
PU 1950/1400/H1 AA	19530	2100	14000	1400	7000	1191
PU 2100/1500/H1 AA	20925	2250	15000	1500	7500	1307
PU 2200/1600/H1 AA	22320	2400	16000	1600	8000	1447
PU 2400/1700/H1 AA	23715	2550	17000	1700	8500	1469
PU 2500/1800/H1 AA	25110	2700	18000	1800	9000	1606
PU 2650/1900/H1 AA	26505	2850	19000	1900	9500	1777
PU 2800/2000/H1 AA	27900	3000	20000	2000	10000	2017
PU 3100/2200/H1 AA	30690	3300	22000	2200	11000	2199
PU 3350/2400/H1 AA	33480	3600	24000	2400	12000	2411
PU 3600/2600/H1 AA	36270	3900	26000	2600	13000	2753
PU 3900/2800/H1 AA	39060	4200	28000	2800	14000	3095
PU 4200/3000/H1 AA	41850	4500	30000	3000	15000	3548

Bearings have been designed with the following parameters :

Concrete on Deck is H40 (fck = 40 Mpa)

Concrete on Piers and Abutment is H30 (fck = 30 Mpa)

Maximum Horizontal load is 10% of the Vertical load

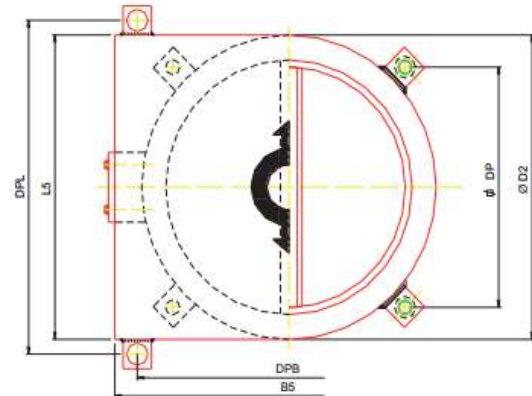
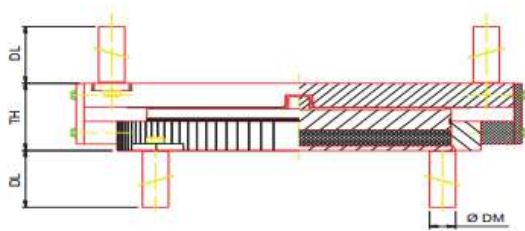
Minimum load at SLS and ULS is 50% of Maximum Vertical load at SLS

Movement \pm 100 mm

Rotation 0,015 rad

Main Dimensions

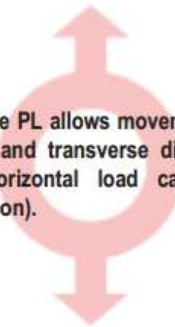
BEARING TYPE	Pot \varnothing D2 (mm)	Total height TH (mm)	Top Plate Dimensions L5 x B5 (mm)	Recommended Pier \varnothing (mm)	DM \varnothing (mm)	DL (mm)	DPL (mm)	DPB (mm)	DP (mm)
PU 140/100/H1 AA	313	92	495 x 313	501	40	200	405	373	264
PU 280/200/H1 AA	400	103	582 x 400	640	40	200	492	460	325
PU 420/300/H1 AA	470	107	652 x 470	752	40	200	562	530	375
PU 560/400/H1 AA	525	130	707 x 525	840	40	200	617	585	414
PU 700/500/H1 AA	580	137	760 x 580	928	40	200	670	640	453
PU 840/600/H1 AA	652	141	825 x 652	1043	40	200	735	712	503
PU 1000/700/H1 AA	686	157	854 x 686	1098	40	200	764	746	528
PU 1100/800/H1 AA	752	165	916 x 752	1203	40	200	826	812	574
PU 1250/900/H1 AA	782	166	940 x 782	1251	40	200	850	842	595
PU 1400/1000/H1 AA	826	178	979 x 826	1322	40	200	889	886	626
PU 1535/1100/H1 AA	860	195	1010 x 860	1376	40	200	920	920	651
PU 1700/1200/H1 AA	900	197	1045 x 900	1440	40	200	955	960	679
PU 1800/1300/H1 AA	936	203	1077 x 936	1498	40	200	987	996	704
PU 1950/1400/H1 AA	978	205	1114 x 978	1565	40	200	1024	1038	734
PU 2100/1500/H1 AA	1011	206	1142 x 1011	1618	60	300	1032	1091	771
PU 2200/1600/H1 AA	1060	214	1189 x 1060	1696	60	300	1079	1140	806
PU 2400/1700/H1 AA	1068	214	1196 x 1068	1709	60	300	1086	1148	812
PU 2500/1800/H1 AA	1118	216	1242 x 1118	1789	60	300	1132	1198	847
PU 2650/1900/H1 AA	1128	232	1250 x 1128	1805	60	300	1140	1208	854
PU 2800/2000/H1 AA	1164	233	1282 x 1164	1862	90	450	1152	1264	894
PU 3100/2200/H1 AA	1216	241	1327 x 1216	1946	90	450	1197	1316	931
PU 3350/2400/H1 AA	1277	243	1382 x 1277	2043	90	450	1252	1377	974
PU 3600/2600/H1 AA	1342	251	1442 x 1342	2147	90	450	1312	1442	1020
PU 3900/2800/H1 AA	1384	263	1479 x 1384	2214	90	450	1349	1484	1049
PU 4200/3000/H1 AA	1458	282	1546 x 1458	2333	90	450	1416	1558	1102



VSL – CTT POT BEARINGS

Type PL

Bearings type PL allows movements in both longitudinal and transverse directions and have no horizontal load capacity (only nominal friction).



Bearings according to AASHTO

BEARING TYPE	V MAX ULS (kN)	H MAX ULS (kN)	V MAX SLS (kN)	H MAX SLS (kN)	V min SLS, ULS (kN)	Aprox. Weight (kg)
PL 140/100 AA	1395	42	1000	30	500	76
PL 280/200 AA	2790	84	2000	60	1000	126
PL 420/300 AA	4185	126	3000	90	1500	171
PL 560/400 AA	5580	167	4000	120	2000	234
PL 700/500 AA	6975	209	5000	150	2500	298
PL 840/600 AA	8370	251	6000	180	3000	370
PL 1000/700 AA	9765	293	7000	210	3500	452
PL 1100/800 AA	11160	335	8000	240	4000	559
PL 1250/900 AA	12555	377	9000	270	4500	607
PL 1400/1000 AA	13950	419	10000	300	5000	678
PL 1535/1100 AA	15345	460	11000	330	5500	801
PL 1700/1200 AA	16740	502	12000	360	6000	879
PL 1800/1300 AA	18135	544	13000	390	6500	1003
PL 1950/1400 AA	19530	586	14000	420	7000	1129
PL 2100/1500 AA	20925	628	15000	450	7500	1203
PL 2200/1600 AA	22320	670	16000	480	8000	1340
PL 2400/1700 AA	23715	711	17000	510	8500	1372
PL 2500/1800 AA	25110	753	18000	540	9000	1488
PL 2650/1900 AA	26505	795	19000	570	9500	1678
PL 2800/2000 AA	27900	837	20000	600	10000	1911
PL 3100/2200 AA	30690	921	22000	660	11000	2096
PL 3350/2400 AA	33480	1004	24000	720	12000	2294
PL 3600/2600 AA	36270	1088	26000	780	13000	2630
PL 3900/2800 AA	39060	1172	28000	840	14000	2815
PL 4200/3000 AA	41850	1256	30000	900	15000	3218

Bearings have been designed with the following parameters :

Concrete on Deck is H40 (fck = 40 Mpa)

Concrete on Piers and Abutment is H30 (fck = 30 Mpa)

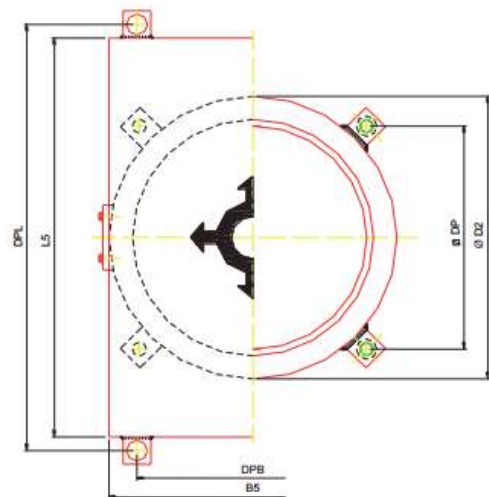
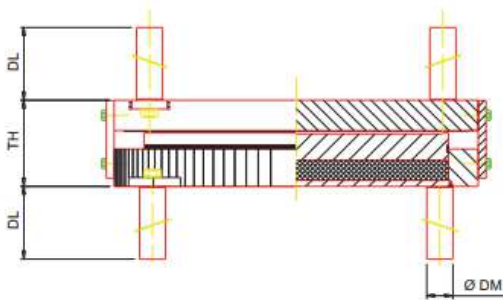
Minimum load at SLS and ULS is 50% of Maximum Vertical load at SLS

Movements $\pm 100/ \pm 10$ mm

Rotation 0,015 rad

Main Dimensions

BEARING TYPE	Pot \varnothing D2 (mm)	Total height TH (mm)	Top Plate Dimensions L5 x B5 (mm)	Recommended Pier \varnothing (mm)	DM \varnothing (mm)	DL (mm)	DPL (mm)	DPB (mm)	DP (mm)
PL 140/100 AA	295	92	487 x 307	472	40	200	547	217	251
PL 280/200 AA	395	103	587 x 407	632	40	200	647	317	322
PL 420/300 AA	476	107	658 x 478	762	40	200	718	388	379
PL 560/400 AA	546	120	717 x 546	874	40	200	777	456	429
PL 700/500 AA	608	127	770 x 608	973	40	200	830	518	472
PL 840/600 AA	680	131	835 x 680	1088	40	200	895	590	523
PL 1000/700 AA	720	147	864 x 720	1152	40	200	924	630	552
PL 1100/800 AA	784	155	926 x 784	1254	40	200	986	694	597
PL 1250/900 AA	818	156	950 x 818	1309	40	200	1010	728	621
PL 1400/1000 AA	864	158	989 x 864	1382	40	200	1049	774	653
PL 1535/1100 AA	900	175	1020 x 900	1440	40	200	1080	810	679
PL 1700/1200 AA	942	177	1055 x 942	1507	40	200	1115	852	709
PL 1800/1300 AA	979	183	1087 x 979	1566	40	200	1147	889	735
PL 1950/1400 AA	1020	185	1124 x 1020	1632	60	300	1204	910	778
PL 2100/1500 AA	1054	186	1152 x 1054	1686	60	300	1232	944	802
PL 2200/1600 AA	1106	194	1199 x 1106	1770	60	300	1279	996	839
PL 2400/1700 AA	1120	194	1206 x 1120	1792	60	300	1286	1010	849
PL 2500/1800 AA	1166	196	1252 x 1166	1866	60	300	1332	1056	881
PL 2650/1900 AA	1182	212	1260 x 1182	1891	60	300	1340	1072	892
PL 2800/2000 AA	1218	213	1292 x 1218	1949	90	450	1392	1088	932
PL 3100/2200 AA	1273	221	1337 x 1273	2037	90	450	1437	1143	971
PL 3350/2400 AA	1334	223	1392 x 1334	2134	90	450	1492	1204	1014
PL 3600/2600 AA	1400	231	1452 x 1400	2240	90	450	1552	1270	1061
PL 3900/2800 AA	1448	233	1489 x 1448	2317	90	450	1589	1318	1095
PL 4200/3000 AA	1516	252	1556 x 1516	2426	90	450	1656	1386	1143



PV



Technische Daten

Material:
unlegierter Qualitätsstahl

Elastizitätsmodul:
160 ± 10 kN/mm²

Toleranz d_S:
+ 3%

Korrosionsschutz:
innere Lagen: feuerverzinkt
mit Innenverfüllung
äußere Lagen: GALFAN verzinkt
ohne Innenverfüllung

Technical Data

Material:
unalloyed quality steel

Modulus of Elasticity:
160 ± 10 kN/mm²

Tolerance d_S:
+ 3%

Corrosion Protection:
inner layers: Hot dip galvanised
with inner filling
outer layers: GALFAN coated
without inner filling



Größe size	Charakt. Bruchkraft charact. breaking load	Grenzzugkraft limit tension	Metall. Querschnitt metallic cross section	Gewicht* weight*	Konstruktion construction	Seil-Neindurchmesser nomin. strand dia.
	Z _{B,k} DIN 18800* kN	Z _{R,d} DIN 18800 kN	ca. / approx. mm	ca. / approx. kg	**	d _S mm
PV 40	405	245	281	2,4	VVS-1	21
PV 60	621	376	430	3,6	VVS-1	26
PV 90	916	555	634	5,3	VVS-2	31
PV 115	1170	709	808	6,8	VVS-2	35
PV 150	1520	921	1060	8,9	VVS-2	40
PV 195	1930	1170	1340	11,2	VVS-2	45
PV 240	2380	1442	1650	13,8	VVS-2	50
PV 300	3020	1830	2090	17,2	VVS-3	55
PV 360	3590	2176	2490	20,5	VVS-3	60
PV 420	4220	2558	2920	24,1	VVS-3	65
PV 490	4890	2964	3390	27,9	VVS-3	70
PV 560	5620	3406	3890	32,1	VVS-3	75
PV 640	6390	3873	4420	36,4	VVS-3	80
PV 720	7210	4370	4990	41,1	VVS-3	85
PV 810	8090	4903	5600	46,2	VVS-3	90
PV 910	9110	5521	6310	52,0	VVS-3	95
PV 1010	10100	6121	6990	57,6	VVS-3	100
PV 1110	11100	6727	7710	63,5	VVS-3	105
PV 1220	12200	7394	8460	69,7	VVS-3	110
PV 1340	13400	8121	9240	76,2	VVS-3	115
PV 1450	14500	8788	10100	83,2	VVS-3	120
PV 1580	15800	9576	10900	89,8	VVS-3	125
PV 1730	17300	10485	11900	96,7	VVS-3	130
PV 1860	18600	11273	12900	104,8	VVS-3	135
PV 2000	20000	12121	13900	112,9	VVS-3	140

**VVS-1 = 1, VVS-2 = 2, VVS-3 = 3 und mehr Lagen Profildrähte

*nach EC 3 = F_{u,k} und nach ASCE 19-96 = S_d

Unter Vorspannung und / oder Witterungseinflüssen ist der Austritt von Innenverfüllung möglich.
Konstruktionsänderungen vorbehalten

Größere Abmessungen und Zwischengrößen auf Anfrage

**VVS-1 = 1, VVS-2 = 2, VVS-3 = 3 and more layers z-profiled wires

*according EC 3 = F_{u,k} and according ASCE 19-96 = S_d

Due to prestressing and / or differing weather conditions inner filling may escape to the surface.
Subject to technical modifications

Bigger dimensions and intermediate dimensions upon request

Gabelseilhülse Open Spelter Socket



PV Typ Type 802



Technische Daten

Material:
gemäß Zulassung ETA-11/0160

Korrosionsschutz:
feuerverzinkt 80 µm DIN EN ISO 1461
altern. spritzverzinkt

Seilverguss:
gemäß Zulassung ETA-11/0160

Dimensionierung der Anschlussbleche
gemäß Typ 842 empfohlen

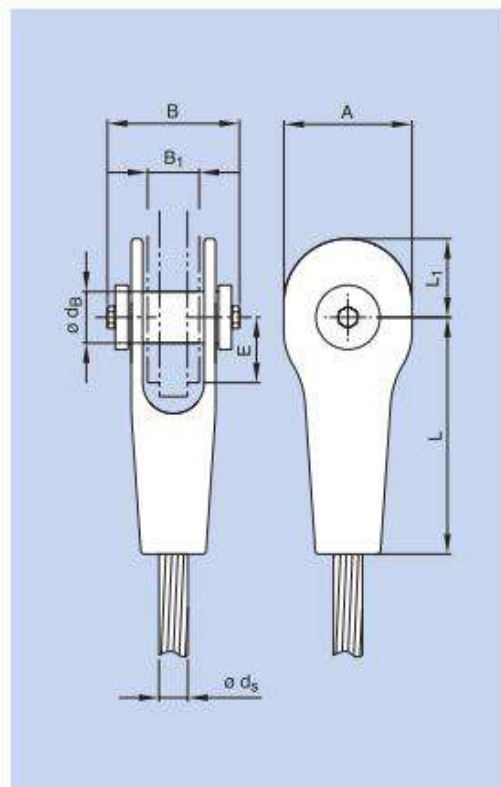
Technical Data

Material:
According to technical approval ETA-11/0160

Corrosion Protection:
Hot dip galvanised 80 µm DIN EN ISO 1461
altern. spray galvanised

Socketing:
According to technical approval ETA-11/0160

Dimensioning of connection plates
according to Type 842 recommended



Größe size	min.		max.		max.				Ges.-Gewicht* tot.-weight		max.
	A mm	B mm	B ₁ mm	B ₁ mm	d ₈ mm	E mm	L ₁ mm	L mm	kg	d ₅ mm	
PV 40	90	103	40	42	39	48	55	170	3	21	
PV 60	110	120	50	53	44	58	68	210	5	26	
PV 90	135	146	60	64	54	72	83	255	9	31	
PV 115	160	165	70	74	64	82	98	295	15	35	
PV 150	160	165	70	74	64	82	98	295	15	40	
PV 195	180	190	80	85	73	96	110	340	23	45	
PV 240	200	210	90	96	83	106	123	380	31	50	
PV 300	230	235	100	107	88	120	140	425	44	55	
PV 360	250	251	110	118	98	130	153	465	58	60	
PV 420	270	281	120	129	108	144	165	510	76	65	
PV 490	290	296	130	139	118	154	178	550	95	70	
PV 560	320	335	140	150	128	168	195	595	149	75	
PV 640	340	359	150	161	138	178	208	635	183	80	
PV 720	360	374	160	172	142	192	220	680	215	85	
PV 810	380	401	170	183	153	202	233	720	262	90	
PV 910	410	434	180	194	162	231	260	780	324	95	
PV 1010	430	451	190	205	172	226	263	805	369	100	
PV 1110	450	466	200	216	182	240	275	850	424	105	
PV 1220	480	498	205	222	187	262	295	900	527	110	
PV 1340	503	520	218	237	202	264	317	935	625	115	
PV 1450	530	544	230	251	207	302	335	1015	749	120	
PV 1580	550	555	238	259	217	288	350	1020	808	125	
PV 1730	570	590	247	269	227	300	365	1063	913	130	
PV 1860	590	605	256	280	237	315	380	1105	1015	135	
PV 2000	620	622	267	290	247	324	395	1148	1132	140	

*ohne Vergussmaterial
Maßangaben ohne Korrosionsschutz
Konstruktionsänderungen vorbehalten
Größere Abmessungen auf Anfrage

*without molten zinc
Dimensions without corrosion protection
Subject to technical modifications
Bigger dimensions upon request



JFE

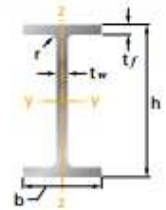
WIDE FLANGE SHAPES



JFE Steel Corporation

5

Sizes and Section Properties



Wide Flange Shapes (ASTM A 6 Inch Series)

Nominal Size		Section Dimensions (mm)					Area of Section (cm ²)	Mass per Metre (kg/m)	Second Moment of Area (cm ⁴)		Elastic Modulus (cm ³)		Plastic Modulus (cm ³)	
h x b	lbs/ft	h	b	t _w	t _f	r			Axis y-y I _y	Axis z-z I _z	Axis y-y Wel.y	Axis z-z Wel.z	Axis y-y Wpl.y	Axis z-z Wpl.z
W920 x 420 (W36 x 16 ^{1/2})	x 393	960	427	31.0	55.9	18	746	585	1,140,000	73,000	23,800	3,410	27,300	5,310
	x 359	950	425	28.4	51.1	18	680	534	1,030,000	65,500	21,600	3,080	24,700	4,790
	x 328	942	422	25.9	47.0	18	622	488	932,000	59,200	19,800	2,800	22,500	4,340
	x 300	933	423	24.0	42.7	18	570	447	843,000	54,000	18,100	2,550	20,500	3,950
	x 280	928	422	22.5	39.9	18	532	417	782,000	49,900	16,900	2,370	19,100	3,660
	x 260	921	420	21.3	36.6	18	494	387	715,000	45,400	15,500	2,160	17,500	3,330
	x 245	916	419	20.3	34.3	18	465	365	668,000	42,200	14,600	2,010	16,500	3,110
	x 230	912	418	19.3	32.0	18	436	342	621,000	39,100	13,600	1,870	15,400	2,880
W920 x 310 (W36 x 12)	x 210	932	309	21.1	34.5	18	399	313	548,000	17,100	11,800	1,110	13,600	1,750
	x 194	927	308	19.4	32.0	18	368	289	505,000	15,700	10,900	1,020	12,600	1,610
	x 182	923	307	18.4	30.0	18	346	271	470,000	14,500	10,200	944	11,800	1,490
	x 170	919	306	17.3	27.9	18	323	253	436,000	13,300	9,500	872	10,900	1,370
	x 160	915	305	16.5	25.9	18	303	238	405,000	12,300	8,860	805	10,200	1,270
	x 150	911	304	15.9	23.9	18	285	224	376,000	11,200	8,250	739	9,520	1,160
	x 135	903	304	15.2	20.1	18	256	201	324,000	9,380	7,180	618	8,330	978
W840 x 400 (W33 x 15 ^{3/4})	x 387	913	411	32.0	57.9	18	736	577	1,010,000	67,500	22,200	3,280	25,600	5,110
	x 354	903	409	29.5	53.1	18	672	527	914,000	60,700	20,200	2,970	23,200	4,620
	x 318	893	406	26.4	48.0	18	603	474	813,000	53,700	18,200	2,650	20,800	4,100
	x 291	885	404	24.4	43.9	18	552	434	736,000	48,400	16,600	2,400	18,900	3,710
	x 263	877	401	22.1	39.9	18	499	392	659,000	43,100	15,000	2,150	17,000	3,320
	x 241	868	403	21.1	35.6	18	457	359	590,000	38,800	13,600	1,930	15,400	2,980
	x 221	862	401	19.7	32.4	18	419	329	535,000	35,000	12,400	1,740	14,000	2,690
	x 201	855	400	18.2	29.2	18	381	299	480,000	31,200	11,200	1,560	12,600	2,410
W760 x 380 (W30 x 15)	x 326	823	390	29.0	52.1	18	617	485	698,000	51,800	17,000	2,650	19,500	4,120
	x 292	813	387	25.9	47.0	18	553	434	619,000	45,700	15,200	2,360	17,400	3,660
	x 261	803	385	23.6	41.9	18	495	388	544,000	40,000	13,600	2,080	15,400	3,210
	x 235	795	382	21.1	38.1	18	445	349	487,000	35,600	12,200	1,860	13,900	2,870
	x 211	786	384	19.7	33.4	18	400	314	428,000	31,500	10,900	1,640	12,300	2,530
	x 191	779	382	18.0	30.1	18	362	284	382,000	28,000	9,810	1,470	11,000	2,260
	x 173	773	381	16.6	27.1	18	328	257	342,000	24,900	8,840	1,310	9,930	2,010
W690 x 360 (W27 x 14)	x 194	714	356	19.0	34.0	18	368	289	326,000	25,800	9,140	1,440	10,300	2,230
	x 178	706	358	18.4	30.2	18	337	265	292,000	23,100	8,260	1,290	9,320	1,990
	x 161	701	356	16.8	27.4	18	306	240	262,000	20,700	7,480	1,160	8,420	1,790
	x 146	696	355	15.4	24.8	18	277	217	235,000	18,500	6,760	1,040	7,590	1,600

Notes : Some sizes are not manufactured constantly, so please contact us in advance.

STEEL PLATE



At PT. Gunung Raja Paksi we understand the diverse demand for this form of flat steel as we produce steel plates from Mild Steel, High-Strength Low Alloy, Pressure Vessel, Ship Building Plates, and for general purpose uses.

We also understand the various uses and applications of steel plates, and as one of the leading steel mill, we can produce the majority of plate grades and standard as issued by the world's major third party certification entities such as BV, ABS, BKI, DNV, LR, GL, TUV, NK & CE Marked, and each with their different sub-grades.

To further enhance the performance of our steel product, we have recently added a normalizing facility. This process is to accommodate with a minimum thickness of 8mm and maximum 80mm steel plate and will provide the additional performance enhancement to our high tensile plate range.

With the combination of experience we have accumulate through the years in the industry and the different type of cutting machine we have at our disposal, we are also able to fulfill the majority of sizes and dimensions required by our customers.

Standard & Specification : ASTM, JIS, EN 10025, AS 3678, DIN 17100, EN 10225, API 5L, API 2H, BS 4360, EN 10028, ASME, and Ship Building such: ABS, DNV, LR, BKI, GL, BV, NK.

Standard Size : Min. width 1200mm, max. width 3050mm,
Length: as per request (15 meter)

Annual Capacity : 900.000 MT/Year

CALCULATED PLATE WEIGHT (FROM THICKNESS & SIZE)

Width x Length (in mm)	1219 x 2438	1219 x 6096	1524 x 3048	1524 x 6096	1524 x 9144	1524 x 12192	1829 x 6096	1829 x 12192	2133 x 6096	2133 x 12192	2438 x 6096	2438 x 12192	2743 x 6096	2743 x 12192	3048 x 6096	3048 x 12192	3353 x 6096	3353 x 12192
Width x Length (in ft)	4' x 8'	4' x 20'	5' x 10'	5' x 20'	5' x 30'	5' x 40'	6' x 20'	6' x 40'	7' x 20'	7' x 40'	8' x 20'	8' x 40'	9' x 20'	9' x 40'	10' x 20'	10' x 40'	11' x 20'	11' x 40'
Width x Length (in inch)	48 x 96	48 x 240	60 x 120	60 x 240	60 x 360	60 x 480	72 x 240	72 x 480	84 x 240	84 x 480	96 x 240	96 x 480	108 x 240	108 x 480	120 x 240	120 x 480	132 x 240	132 x 480
Thickness (mm)																		
8	187	467	292	583	875	1.167	700	1.400	817	1.633	933	1.867	1.050	2.100	1.167	2.334	1.284	2.567
9	210	525	328	656	985	1.313	788	1.575	919	1.837	1.050	2.100	1.181	2.363	1.313	2.625	1.444	2.888
10	233	583	365	729	1.094	1.459	875	1.750	1.021	2.041	1.167	2.333	1.313	2.625	1.459	2.917	1.605	3.209
12	280	700	438	875	1.313	1.750	1.050	2.101	1.225	2.450	1.400	2.800	1.575	3.150	1.750	3.501	1.925	3.851
12.7	296	741	463	926	1.389	1.852	1.112	2.223	1.296	2.593	1.482	2.963	1.667	3.334	1.852	3.705	2.038	4.076
14	327	817	511	1.021	1.532	2.042	1.225	2.451	1.429	2.858	1.633	3.267	1.838	3.675	2.042	4.084	2.246	4.493
15	350	875	547	1.094	1.641	2.188	1.313	2.626	1.531	3.062	1.750	3.500	1.969	3.938	2.188	4.376	2.407	4.814
16	373	933	583	1.167	1.750	2.334	1.400	2.801	1.633	3.266	1.867	3.733	2.100	4.200	2.334	4.667	2.567	5.134
18	420	1.050	656	1.313	1.969	2.625	1.575	3.151	1.837	3.675	2.100	4.200	2.363	4.725	2.625	5.251	2.888	5.776
19	443	1.108	693	1.386	2.078	2.771	1.663	3.326	1.939	3.879	2.217	4.433	2.494	4.988	2.771	5.543	3.049	6.097
20	467	1.167	729	1.459	2.188	2.917	1.750	3.501	2.041	4.083	2.333	4.667	2.625	5.250	2.917	5.834	3.209	6.418
22	513	1.283	802	1.604	2.407	3.209	1.926	3.851	2.246	4.491	2.567	5.133	2.888	5.776	3.209	6.418	3.530	7.060
24	560	1.400	875	1.750	2.625	3.501	2.101	4.201	2.450	4.899	2.800	5.600	3.150	6.301	3.501	7.001	3.851	7.702
25	583	1.458	912	1.823	2.735	3.646	2.188	4.376	2.552	5.104	2.917	5.833	3.282	6.563	3.646	7.293	4.011	8.023
25.4	593	1.482	926	1.852	2.779	3.705	2.223	4.446	2.593	5.185	2.963	5.927	3.334	6.668	3.705	7.410	4.076	8.151
26	607	1.517	948	1.896	2.844	3.792	2.276	4.551	2.654	5.308	3.033	6.067	3.413	6.826	3.792	7.585	4.172	8.344
28	653	1.633	1.021	2.042	3.063	4.084	2.451	4.901	2.858	5.716	3.267	6.533	3.675	7.351	4.084	8.168	4.493	8.985
30	700	1.750	1.094	2.188	3.282	4.376	2.626	4.251	3.062	6.124	3.500	7.000	3.938	7.876	4.376	8.751	4.814	9.627
32	747	1.867	1.167	2.334	3.501	4.667	2.801	5.602	3.266	6.533	3.733	7.467	4.200	8.401	4.667	9.335	5.134	10.269
36	840	2.100	1.313	2.625	3.938	5.251	3.151	6.302	3.675	7.349	4.200	8.400	4.725	9.451	5.251	10.502	5.776	11.553
38	887	2.217	1.386	2.771	4.157	5.543	3.326	6.652	3.879	7.757	4.433	8.867	4.988	4.976	5.543	11.085	6.097	12.194
40	933	2.333	1.459	2.917	4.376	5.834	3.501	7.002	4.083	8.166	4.667	9.333	5.250	10.501	5.834	11.669	6.418	12.836
45	1.050	2.625	1.641	3.282	4.923	6.564	3.939	7.877	4.593	9.186	5.250	10.500	5.907	11.814	6.564	13.127	7.220	14.441
50	1.166	2.917	1.823	3.646	5.470	7.293	4.376	8.752	5.104	10.207	5.833	11.667	6.563	13.126	7.293	14.586	8.023	16.045
55	1.283	3.208	2.006	4.011	6.017	8.022	4.814	9.628	5.614	11.228	6.417	12.833	7.219	14.439	8.022	16.044	8.825	17.650
60	1.400	3.500	2.188	4.376	6.564	8.751	5.251	10.503	6.124	12.249	7.000	14.000	7.876	15.751	8.751	17.503	9.627	19.254
65	1.516	3.792	2.370	4.740	7.111	9.481	5.689	11.378	6.635	13.269	7.583	15.167	8.532	17.064	9.481	18.962	10.429	20.859
70	1.633	4.083	2.553	5.105	7.658	10.210	6.127	12.253	7.145	14.290	8.167	16.333	9.188	18.377	10.210	20.420	11.232	22.463
75	1.750	4.375	2.735	5.470	8.204	10.939	6.564	13.129	7.655	15.311	8.750	17.500	9.845	19.689	10.939	21.879	12.034	24.068
80	1.866	4.667	2.917	5.834	8.751	11.669	7.002	14.004	8.166	16.331	9.333	18.667	10.501	21.002	11.669	23.337	12.836	25.672
85	1.983	4.958	3.099	6.199	9.298	12.398	7.440	14.879	8.676	17.352	9.917	19.833	11.157	22.315	12.398	24.796	13.639	27.277
90	2.100	5.250	3.282	6.564	9.845	13.127	7.877	15.754	9.186	18.373	10.500	21.500	11.814	23.627	13.127	26.254	14.441	28.882
95	2.216	5.542	3.464	6.928	10.392	13.856	8.315	16.630	9.697	19.394	11.083	22.167	12.470	24.940	13.856	27.713	15.243	30.486
100	2.333	5.833	3.646	7.293	10.939	14.586	8.752	17.505	10.207	20.414	11.667	23.333	13.126	26.252	14.586	29.172	16.045	32.091

Conculated considering specific gravity of steel as 7.85 Kg/mm2, and dimension in mm.

Not Available Sizes



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: ENDAH WAHYUNI IST., M.Sc., Ph.D.
NAMA MAHASISWA	: PRASETYO NUR HAKIKIE
NRP	: 3113100065
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Ulang Jembatan Lemah Ireng II pada Jalan Tol Semarang - Rawen Menggunakan Jembatan Busur Rangka Baja
TANGGAL PROPOSAL	: 18 Januari 2017
NO. SP-MMTA	: 014000 / IT2.VI.4.1 / PP.05.02.00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	8/03 17	Perencanaan batang memanjang dan melintang (+ plat lantai)	Pembebanan ikatan angin	
2	10/03 17	Pembebanan ikatan angin pada setiap elevasi	Perencanaan kabel penggantung	
3	31/03 17	Rangka utama & beban angin	Perencanaan ikatan angin	
4	21/04 17	Portal akhir & ikatan angin	Sambungan & gambar	
5	28/04 17	Sambungan ikatan angin	Sambungan revisi	
6	09/05 17	Detail Sambungan rangka	POT Bearing	
7	23/05 17	POT Bearing	Bangunan Bawah	
8	9/06 17	Bangunan Bawah	Desain penulangan pilar	
9	14/06 17	Abutment & Pilar	Gambar	
10	18/06 17	Gambar Lampiran	Pemlisian	

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Prasetyo Nur Hakikie ini dilahirkan di Blitar 25 Maret 1995. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Karang Sari 1 Kota Blitar, SMPN 2 Kota Blitar, dan SMAN 1 Kota Blitar. Setelah lulus dari SMAN 1 Kota Blitar, penulis melanjutkan program sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS melalui jalur SNMPTN Undangan pada tahun 2013. Di jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi struktur. Selama pendidikan penulis pernah meraih beberapa prestasi seperti Juara 2 Kontes Bangunan Gedung Indonesia (KBGI) ke-7 tahun 2015 dan The 3rd Most Promising Fabricated House Competition Indocement Awards tahun 2016. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil dan beberapa kepanitiaan seperti Koordinator Dynamic Load Bridge Competition Civil Expo ITS tahun 2016. Gelar Sarjana Teknik diperoleh penulis pada tahun 2017. Jika pembaca ingin berdiskusi dengan penulis dapat menghubungi melalui email : prasetyonurhakikie@gmail.com.