



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN (RC 146599)

**DESAIN STRUKTUR JEMBATAN *LIGHT RAIL TRANSIT (LRT)*
VELODROME-KELAPA GADING DENGAN MENGGUNAKAN *U-SHAPE*
GIRDER PRATEGANG**

IZZUL FIKRY
NRP. 10111410000006

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 196001051986031003

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 195503191984031001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR TERAPAN (RC 146599)

**DESAIN STRUKTUR JEMBATAN *LIGHT RAIL TRANSIT (LRT)*
VELODROME-KELAPA GADING DENGAN MENGGUNAKAN *U-SHAPE*
GIRDER PRATEGANG**

IZZUL FIKRY
NRP. 10111410000006

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 196001051986031003

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 195503191984031001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



FINAL PROJECT (RC 146599)

**STRUCTURAL DESIGN BRIDGE LIGHT RAIL TRANSIT (LRT)
VELODROME-KELAPA GADING USING PRESTRESSED U-SHAPE
GIRDER**

IZZUL FIKRY
NRP. 1011141000006

Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 196001051986031003

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 195503191984031001

**DIV STUDY PROGRAM IN CIVIL ENGINEERING
DEPARTEMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
VOCATIONAL FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

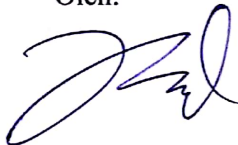
HALAMAN PENGESAHAN

DESAIN STRUKTUR JEMBATAN *LIGHT RAIL TRANSIT (LRT)* VELODROME-KELAPA GADING DENGAN MENGGUNAKAN *U-SHAPE* GIRDER PRATEGANG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Terapan pada
Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:



IZZUL FIKRY
NRP. 1011141000006

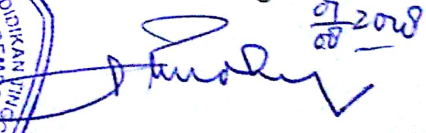
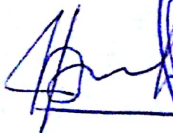
Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Surabaya, Juli 2018

02 AUG 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 005

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
 PROGRAM STUDI DIPLOMA EMPAT TEKNIK SIPIL
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
 041523/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018

Tanggal : 20 Juli 2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Desain Struktur Jembatan Light Rail Transit (LRT) Velodrome -Kelapa Gading Dengan Menggunakan U Shape Girder Prategang		
Nama Mahasiswa	Izzul Fikry	NRP	1101410000006
Dosen Pembimbing 1	Ir. Ibnu Pudji Raharjo, MS. NIP 19600105 198603 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
.....	 Ir. Ibnu Pudji Raharjo, MS. NIP 19600105 198603 1 003
.....	 Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001
o Batas-batas Momen • Benda dengan kondisi aksial	 Ir. Agung Bp, M.Eng PhD NIP 19620328 198803 1 001
1. Tdk tulis laporan ✓ 2. Kontrol Flow Chart ✓ 3. Daftar Ishtilah ✓ 4. Perbandingan Desain awal + baru, kelebihan ?	 Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT NIP 19770218 200501 2 002

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Ibnu Pudji Raharjo, MS. NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001	Ir. Agung Bp, M.Eng PhD NIP 19620328 198803 1 001	Amalia Firdaus Mawardi, ST., MT NIP 19770218 200501 2 002

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ir. Ibnu Pudji Raharjo, MS. NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Chomaedhi, CES.Geo. NIP 19550319 198403 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5936025
<http://www.diponegoro.its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 IZZUL Fikry 2
 NRP : 1 101119 1 00000006 2
 Judul Tugas Akhir : Desain Struktur Jembatan Light Rail Transit (LRT) Velodrome - Kelapa Gading Dengan Menggunakan U-Shape Girder Prategang
 Dosen Pembimbing : Ir. Iku Ridji Pakarso, Ms
 Ir. Chomaedhi, CES, Geo

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
1	21 Februari 2018	- Cek preliminari desain - Lanjutkan perhitungan tendon untuk U-girder		B C K <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	2 Maret 2018	- Perbaiki perhitungan tendon - Buat tendon di 2 sisi, top slab & bot slab		B C K <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3	8 Maret 2018	- Eksentrisitas tendon atas dan bawah di pisah - Perbaiki perhitungan tendon		B C K <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4	28 Maret 2018	- Cek kontrol tegangan untuk tahap konstruksi & service - Hitak boleh ada tarik di serat atas & serat bawah U-girder		B C K <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5	17 Maret 2018	- Lanjutkan ke Permodelan Sap 2000		B C K <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ket.
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Tertambat dari jadwal

(Handwritten signature)



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKABI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60119
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938925
<http://www.dipomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 112201 Fikry 2
NRP : 1101114100000006 2
Judul Tugas Akhir : Desain Struktur Jembatan Light Rail Transit (LRT) Velodrome - Kelapa
 Cading Dengan menggunakan U-shape Girder Prategang
Dosen Pembimbing : Ir. Hanu Pudji Rahardjo, Ms
 Ir. Chomaredhi, CES, Geo

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6	9 Mei 2018	Hitung kehilangan prategang akibat gesekan, slip ankur, elastis		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	28 Mei 2018	Perbaiki permodelan sap 2000 - cek lendutan ipn, kontrol		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	5 Jun 2018	Cari reaksi tumpuan Untuk menentukan spec LRB		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Use

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**DESAIN STRUKTUR JEMBATAN *LIGHT RAIL*
TRANSIT (*LRT*) VELODROME-KELAPA GADING
DENGAN MENGGUNAKAN *U-SHAPE GIRDER*
PRATEGANG**

Nama Mahasiswa : Izzul Fikry
NRP : 10111410000006
Jurusan : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
2. Ir. Chomaedhi, CES, Geo.

Abstrak

LRT atau *Light Rail Transit* merupakan suatu moda transportasi massal yang di bangun di Jakarta, salah satu nya adalah dengan jalur Velodrome - Kelapa Gading. *LRT* ini akan dibangun dengan ketinggian 7-9 meter diatas permukaan tanah dengan menggunakan *U-shape girder*. Rata-rata bentang yang digunakan sepanjang 40m. Perencanaan ini menggunakan metode span by span.

Pada tahap awal perencanaan dilakukan preliminary desain struktur atas, yaitu dimensi *U-shape Girder*. Setelah itu perhitungan preliminary untuk struktur bawah berupa pilar, pilecap, dan pondasi borepile. Lalu dilakukan analisa pembebanan. Kemudian dari analisa tersebut dilakukan kontrol tegangan akhir pada *U-shape girder*, perhitungan tulangan, perhitungan kekuatan, dan stabilitas.

Hasil dari perhitungan perencanaan jembatan *LRT* ini adalah bentuk dan dimensi penampang *u-shape girder*, pilar dan pondasi beserta detail penulangannya. Serta menentukan kebutuhan tendon dan letaknya. Hasil dari tugas akhir ini berupa gambar teknik. .

Kata kunci : *Light Rail Transit*, *U-Shape Girder*, prategang

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STRUCTURAL DESIGN BRIDGE LIGHT RAIL TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA GADING USING PRESTRESSED U-SHAPE GIRDER

Name : Izzul Fikry
NRP : 10111410000006
Departement : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Supervisors : 1. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
2. Ir. Chomaedhi, CES, Geo.

Abstract

LRT or Light Rail Transit is a mass transportation mode built in Jakarta, one of which is the Velodrome - Kelapa Gading line. The LRT will be built with a height of 7-9 meters above it using a U-shape girder. Average span of 40m. This plan uses the span by span method.

In the early stages of planning is done early design of the upper structure, namely dimension u-shape Girder. After that initial calculations for the structure under pillars, pilecap, and borepile foundation. Then do the loading analysis. Then from the analysis is done the final stress control on the beam U shape, calculation of reinforcement, calculation of strength, and stability.

The result of this LRT bridge planning calculation is the shape and dimension of the u-shape girder, pillar and foundation with the detail of the reinforcement. And determine the needs of the tendon and its location. The result of this final project is technical drawing.

Keyword : Light Rail Transit, U-shape Girder, Presstress

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya, penyusunan Proposal Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Desain Struktur Jembatann *Light Rail Transit (LRT)* Velodrome-Kelapa Gading dengan Menggunakan *U-shape Girder Prategang*”** dapat terselesaikan.

Tersusunnya Tugas Akhir Terapan ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan dari beberapa pihak yang telah memberikan masukan serta bimbingan kepada penulis. Untuk itu, penulis ucapkan terima kasih terutama kepada:

1. Kedua orang tua penulis, saudara, serta teman-teman yang telah memberikan banyak dukungan moril maupun material terutama melalui doa dan semangatnya.
2. Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS., bapak Ir. Chomaedi, Ces Geo. selaku dosen pembimbing tugas akhir
3. Bapak Dr. Machsus, ST, MT, selaku koordinator Departemen Teknik Infrastruktur Sipil.

Penulis menyadari dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir Terapan ini tidaklah sempurna, maka penulis mohon maaf apabila masih terdapat kekurangan. Demikian yang dapat penulis sampaikan, terima kasih.

Surabaya, 23 November 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR ISTILAH.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Peta Lokasi LRT.....	3
1.7. Eksisting dan Rencana.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. LRT.....	9
2.2. Struktur LRT.....	9
2.2.1. Struktur Bangunan Atas.....	9
2.2.2. Struktur Bangunan Bawah.....	9
2.3. Data bahan.....	10
2.3.1. Beton.....	10
2.3.2. Baja.....	10
2.4. Pembebanan.....	11
2.4.1. Beban mati.....	11
2.4.2. Beban mati tambahan.....	11

2.4.3.	Beban hidup kendaraan	11
2.4.4.	Beban kejut	12
2.4.5.	Beban angin pada struktur.....	12
2.4.6.	Beban angin pada kendaraan.....	13
2.4.7.	Huntung Force	13
2.4.8.	<i>Longitudinal force</i>	13
2.4.9.	Beban gempa.....	14
2.4.6.	Kombinasi beban.....	19
2.5.	Beton prategang	20
2.6.	Kehilangan prategang	21
2.6.1.	Perpendekan Elastis Beton.....	21
2.6.2.	Rangkak beton.....	21
2.6.3.	Susut.....	22
2.6.4.	Relaksasi baja.....	23
2.6.5.	Kehilangan pratekan akibat gesekan.....	25
2.6.6.	Slip Angkur	25
2.7.	Penulangan U-girder	26
2.8.	LRB.....	26
2.9.	Pilar	26
2.10.	Pondasi Borepile	26
2.11.	Metode pelaksanaan	27
BAB III METODOLOGI.....		29
3.1.	Diagram alir desain	29
3.2.	Uraian metode	32

3.2.1.	pengumpulan data	32
3.2.2.	Preliminary desain.....	32
3.2.3.	Pembebanan	32
3.2.4.	Permodelan dengan SAP 2000.....	33
3.2.5.	Analisis gaya dan perhitungan struktur.....	34
3.2.6.	Cek desain.....	37
3.2.7.	Gambar desain.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN DESAIN.....		39
4.1.	Data Perencanaan.....	39
4.2.	Tegangan Ijin Bahan	39
4.2.1.	Tegangan Ijin Beton Prategang Pada Saat Transfer	39
4.2.2.	Tegangan Ijin Beton Prategang Pada Saat Layan	40
4.2.3.	Modulus Elastitas.....	41
4.3.	Preliminary Design	41
4.3.1.	Tinggi U-Girder	41
4.3.2.	Tebal Slab U-Girder.....	42
4.4.	Analisa Pembebanan.....	43
4.4.1.	Beban Mati.....	43
4.4.2.	Beban Mati tambahan	43
4.4.3.	Beban Hidup	45
4.4.4.	Beban Angin	46
4.4.5.	<i>Hunting Force</i>	50
4.4.6.	<i>longitudinal Force</i>	50

4.4.7.	Beban Gempa.....	54
4.5.	Perencanaan Prategang U-girder.....	60
4.5.1.	Perhitungan Kebutuhan Tendon.....	60
4.5.2	Permodelan Struktur U-Girder pada SAP2000	68
4.5.3.	Kontrol Tegangan	73
4.5.4.	Kehilangan Pratekan	87
4.5.5.	Kontrol Momen <i>Crack</i> dan Momen Batas	92
4.5.6.	Kontrol Lendutan	94
4.5.7.	Kontrol Jarak Antar U-Girder	95
4.6.	Penulangan U-Girder	95
4.6.1.	Tulangan Utama	96
4.6.2.	Lead Ruber Bearing	103
4.6.3.	Perhitungan panjang penyaluran Tulangan .	103
4.6.4.	Perhitungan <i>shear key</i>	105
4.7.	Penulangan <i>Pierhad</i>	106
4.8.	Analisa Podasi.....	109
4.9	Analisa Daya Dukung Pondasi	112
4.10	Penulangan Pilar	118
4.11	Penulangan <i>Pilecap</i>	121
4.12	Penulangan <i>Boredpile</i>	125
BAB V	METODE PELAKSSANAAN	127
5.1.	Pekerjaan Persiapan	127
5. 1.1.	Survey Topografi	127
5. 1.2.	Pemasangan Pagar Proyek	127

5. 1.3.	Pembuatan Direksi Keet.....	127
5. 1.4.	Pengujian Tanah.....	128
5. 1.5.	Mobilisasi Alat.....	128
5.2.	Pekerjaan Pondasi	128
5. 2.1.	Pengeboran Lubang <i>Boredpile</i>	128
5. 2.2.	Pembesian <i>Boredpile</i>	129
5. 2.3.	Pengecoran <i>Boredpile</i>	130
5.3.	Pekerjaan Pilecap	131
5. 3.1.	Pekerjaan penggalian dan pembersihan	131
5. 3.2.	Pemasangan bekisting	131
5. 3.3.	Pemasangan pembesian.....	132
5. 3.4.	Pengecoran.....	133
5.4.	Pekerjaan Pilar	133
5. 4.1.	Penulangan.....	133
5. 4.2.	Pemasangan Bekisting	134
5. 4.3.	Pengecoran.....	134
5.5.	Pekerjaan Pierhad.....	135
4.5.1.	Pemasangan <i>Formwork</i>	135
4.5.2.	Penulangan <i>Pierhad</i>	135
4.5.3.	Pengecoran <i>Pierhad</i>	135
5.6.	Pekerjaan Pemasangan U-Girder	135
5. 6.1.	Pengiriman U-Girder.....	135
5. 6.2.	<i>Join segmen</i> dan <i>stressing</i> U-Girder	136
5. 6.3.	<i>Erection</i> U-Girder	136

BAB VI KESIMPULAN	137
DAFTAR PUSTAKA	139
Biodata Penulis	141

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Peta lokasi LRT.....	3
Gambar 1. 2	cross section penampang eksisting.....	4
Gambar 1. 3	cross section penampang rencana	4
Gambar 1. 4	Desain Struktur Eksisting.....	5
Gambar 1. 5	Desain struktur Rencana	6
Gambar 2. 1	spesifikasi kereta.....	11
Gambar 2. 2	peta perencanaan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	16
Gambar 2. 3	peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas 7% dalam 75 tahun....	16
Gambar 2. 4	peta respon s spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	17
Gambar 2. 5	spektrum rencana gempa.....	18
Gambar 3.1	diagram alir	31
Gambar 3.2	permodelan dengan menggunakan SAP2000....	33
Gambar 4. 1	Penampang U-Girder	42
Gambar 4. 2	Permodelan beban mati tambahan pada SAP2000	44
Gambar 4. 3	Model kereta pada LRT	45
Gambar 4. 4	Permodelan beban kereta api pada SAP2000...	45
Gambar 4. 5	Beban angin pada struktur.....	46
Gambar 4. 6	permodelan beban angin pada struktur.....	47
Gambar 4. 7	beban angin pada kendaraan	48
Gambar 4. 8	permodelan beban angin pada kendaraan pada SAP2000.....	49
Gambar 4. 9	Hunting force pada sap.....	51

Gambar 4. 10 pembebanan LFe pada SAP	52
Gambar 4. 11 pembebanan LFn pada SAP	53
Gambar 4. 12 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	57
Gambar 4. 13 Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	57
Gambar 4. 14 Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	58
Gambar 4. 15 Grafik respon spektrum gempa	59
Gambar 4. 16 Input respon spektrum gempa ke SAP2000	60
Gambar 4. 17 Permodelan beban mati	62
Gambar 4. 18 Input tendon pada SAP2000.....	69
Gambar 4. 19 Layout tendon bawah	70
Gambar 4. 20 Layout tendon atas	70
Gambar 4. 21 Layout tendon bawah pada SAP2000	71
Gambar 4. 22 Layout tendon atas pada SAP2000	71
Gambar 4. 23 Permodelan tendon pada SAP2000	72
Gambar 4. 24 Input gaya pratekan pada SAP2000	72
Gambar 4. 25 Diagram tegangan top face slab atas pada saat transfer.....	81
Gambar 4. 26 Diagram tegangan bot face slab atas pada saat transfer.....	81
Gambar 4. 27 Diagram tegangan top face web slab pada saat transfer.....	82
Gambar 4. 28 Diagram tegangan bot face web slab pada saat transfer.....	82
Gambar 4. 29 Diagram tegangan top face slab bawah pada saat transfer.....	83

Gambar 4. 30 Diagram tegangan bottom face slab bawah pada saat transfer.....	83
Gambar 4. 31 Diagram tegangan top face slab atas pada saat layan	84
Gambar 4. 32 Diagram tegangan bottom face slab atas pada saat layan	84
Gambar 4. 33 Diagram tegangan top face web slab pada saat layan	85
Gambar 4. 34 Diagram tegangan bottom face web slab pada saat layan	85
Gambar 4. 35 Diagram tegangan bottom face slab bawah pada saat layan	86
Gambar 4. 36 Diagram tegangan top face slab bawah pada saat layan	86
Gambar 4. 37 Lendutan pada tengah bentang.....	94
Gambar 4. 38 Displacement yang terjadi pada U-girder.....	95
Gambar 4. 39 Diagram kebutuhan tulangan memanjang pada slab bawah	96
Gambar 4. 40 diagram kebutuhan tulangan ASt1 top face slab bawah.....	97
Gambar 4. 41 diagram kebutuhan tulangan ASt2 top face slab bawah.....	97
Gambar 4. 42 Diagram kebutuhan tulangan ASt1 bot face slab bawah.....	98
Gambar 4. 43 Diagram kebutuhan tulangan ASt2 bot face slab bawah.....	98
Gambar 4. 44 Diagram penulangan ASt1 top face slab tepi .	99
Gambar 4. 45 Diagram kebutuhan tulangan ASt2 top face slab tepit.....	99
Gambar 4. 46 Diagram kebutuhan tulangan ASt1 bot face slab tepi	100

Gambar 4. 47 Diagram kebutuhan tulangan ASt2 bot face slab tepi.....	100
Gambar 4. 48 Diagram kebutuhan tulangan ASt1 top face top slab	101
Gambar 4. 49 Diagram kebutuhan tulangan ASt2 top face top slab	101
Gambar 4. 50 Diagram kebutuhan tulangan ASt1 bot face top slab	102
Gambar 4. 51 Diagram kebutuhan tulangan ASt2 bot face top slab	102
Gambar 4. 52 desain Shear key.....	105
Gambar 4. 53 Diagram kebutuhan tulangan Pierhad topface Ast 1	106
Gambar 4. 54 Diagram kebutuhan tulangan Pierhad bot face Ast1	107
Gambar 4. 55 Diagram kebutuhan tulangan pierhad topface ASt2.....	108
Gambar 4. 56 Diagram kebutuhan tulangan pierhad botface ASt2.....	108
Gambar 4. 57 tampak melintang pondasi.....	109
Gambar 4. 58 tampak memanjang pondasi	110
Gambar 4. 59 output analisis kolom SAP2000	119
Gambar 4. 60 Kontrol kolom menggunakan PCAColumn .	120
Gambar 4. 61 Diagram kebutuhan tulangan ASt1 topface pilecap	121
Gambar 4. 62 Diagram kebutuhan tulangan ASt2 topface pilecap	122
Gambar 4. 63 Diagram kebutuhan tulangan ASt1 botface pilecap	123
Gambar 4. 64 Diagram kebutuhan tulangan ASt2 botface pilecap	124

Gambar 4. 65 output analisis boredpile pada SAP2000..... 126

Gambar 5. 1 Pengeboran Boredpile 129

Gambar 5. 2 Pembesian Boredpile..... 129

Gambar 5. 3 Pengecoran Boredpile 131

Gambar 5. 4 Lantai kerja pada pilecap 132

Gambar 5. 5 Pembesian Pilecap..... 133

Gambar 5. 6 Pengecoran Pilecap 133

Gambar 5. 7 Penulangan Pilar 134

Gambar 5. 8 Tampak memanjang U-girder 135

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 sifat mekanis baja.....	10
Tabel 2. 2 spesifikasi kelas situs tanah	15
Tabel 2. 3 faktor amplifikasi periode 0 detik dan 0,2 detik (FPGA/FA).....	17
Tabel 2. 4 Nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (Fv)	18
Tabel 2. 5 Kombinasi pembebanan.....	19
<i>Tabel 2. 6 Nilai Ksh untuk kompen struktur pasca-tarik ...</i>	<i>23</i>
Tabel 2. 7 Nilai c.....	23
Tabel 2. 8 Nilai Kre dan J	24
Tabel 4. 1 Nilai NSPT tanah	54
Tabel 4. 2 Klasifikasi kelas situs.....	56
Tabel 4. 3 Spesifikasi strand OVM.....	61
<i>Tabel 4. 4 input gaya prategang pada SAP2000</i>	<i>68</i>
Tabel 4. 5 perhitungan kehilangan pratekan	91
Tabel 4. 6 hasil penulangan u-girder.....	103
Tabel 4. 7 Perhitungan spring	110
Tabel 4. 8 Perhitungan gaya geser dinding tiang	114
Tabel 4. 9 perhitungan gaya ultimit	115
Tabel 4. 10 Perhitungan daya dukung ijin tiang	116
Tabel 4. 11 Reaksi yang terjadi pada boredpile	117
Tabel 4. 12 Perhitungan tulangan pilar	118
Tabel 4. 13 Penulangan Boredpile	125

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISTILAH

Beton pracetak	= Beton yang telah dicetak atau dibuat terlebih dahulu di pabrik
Beton pratekan	= beton bertulang dimana telah ditimbulkan tegangan-tegangan intern dengan nilai dan pembagian yang sedemikian rupa hingga tegangan-tegangan akibat beton-beton dapat dinetralkan sampai suatu taraf yang diinginkan
<i>Boredpile</i>	= Jenis pondasi yang memiliki penampang lingkaran dan pengerjaannya cor langsung ditempat
Faktor beban	= konstanta yang digunakan untuk meningkatkan beban kerja atau beban layan untuk mencapai beban batas yang dibutuhkan dalam desain kekuatan.
<i>Hunting force</i>	= Beban lateral akibat dari kendaraan
Layan	= kondisi saat struktur beton pratekan terbebani sepenuhnya.
<i>LRB</i>	= perangkat yang menyalurkan beban dari bangunan atas jembatan ke bangunan bawah jembatan. LRB juga berfungsi untuk meredam gaya gempa
Pasca tarik	= metode pemberian prategang pada komponen struktur beton dimana strand ditarik setelah beton di cor
Pratarik	= metode pemberian prategang pada komponen struktur beton dimana strand ditarik sebelum beton di cor

<i>Shear key</i>	= sambungan pada beton pracetak untuk menahan geser
Strand	= kawat yang digunakan untuk memberi gaya pratekan
Tendon	= sekumpulan dari strand
Transfer	= kondisi saat terlepasnya gaya pratekan dari dinding penahan, transfer berlangsung setelah selesainya proses penarikan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

LRT atau *Light Rail Transit* adalah suatu transportasi massal dengan kereta ringan. LRT merupakan mode transportasi baru yang sedang dibangun di ibu kota Jakarta. Salah satu jalur yang dibangun yaitu Velodrome – Kelapa Gading. LRT ini dibangun untuk mendukung kelancaran transportasi pada Asian Games XVIII 2018 yang akan diadakan di Jakarta dan Palembang. Tidak lupa juga salah satu tujuan lainnya yang tidak kalah penting adalah untuk menyediakan transportasi publik dalam mengatasi kemacetan yang melanda DKI Jakarta, dan mengintegrasikan serta menginterkoneksi jaringan transportasi publik di DKI Jakarta.

Struktur LRT ini direncanakan dengan menggunakan box girder *external prestress*. Pemilihan box girder segmental dikarenakan pembangunan dilaksanakan di sepanjang sisi jalan raya, sehingga tidak mengganggu lalu lintas di sekitarnya. Jalur LRT Velodrome – Kelapa Gading sepanjang 5,8 km dibangun dengan metode system *span by span* dengan bentang rata-rata sepanjang 40 meter.

Dalam tugas akhir ini akan mengubah box girder dengan menggunakan *U-shape* girder. Kelebihan penggunaan *U-shape* daripada box girder adalah girder *U-shape* dinilai lebih ringan daripada box girder. Metode kerja yang dipakai adalah segmental girder sehingga tidak mengganggu lalu lintas jalan raya.

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana cara melakukan *pre-eliminary design* struktur atas dan struktur bawah LRT?
2. Bagaimana cara merencanakan LRT dengan menggunakan U-girder dengan bentang sepanjang 40m?
3. Bagaimana merencanakan bangunan bawah LRT tersebut?
4. Bagaimana metode pelaksanaan jembatan LRT?

1.3. Tujuan

Tujuan khusus dari modifikasi LRT Velodrome – Kelapa Gading yaitu:

1. Mengetahui *pre-eliminary design* struktur atas dan struktur bawah LRT.
2. Mengetahui analisa struktur LRT dengan menggunakan u-girder dengan bentang 40 m.
3. Mengetahui perencanaan bangunan bawah LRT.
4. Mengetahui metode pelaksanaan jembatan LRT.

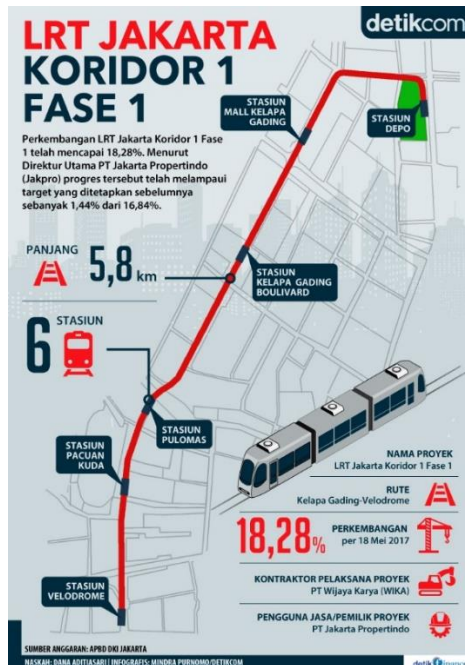
1.4. Batasan Masalah

1. Perencanaan menggunakan data sekunder.
2. Tidak melakukan analisa biaya.
3. Perencanaan berupa bangunan atas dan bangunan bawah LRT.
4. Metode pelaksanaan hanya dibahas secara umum.
5. Perhitungan struktur LRT tidak mencakup bangunan pelengkap.

1.5. Manfaat

1. Mahasiswa mampu menerapkan ilmu yang telah dipelajari selama perkuliahan untuk merencanakan struktur bangunan atas dan bawah LRT
2. Mahasiswa mendapatkan ilmu tambahan di bidang teknik sipil
3. Dapat memberikan gambaran kepada pembaca tentang perencanaan LRT

1.6. Peta Lokasi LRT

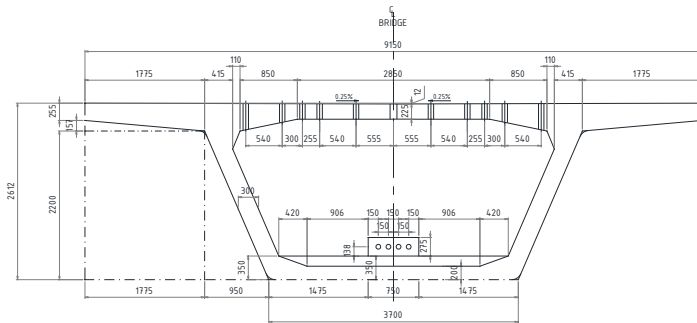


Gambar 1. 1 Peta lokasi LRT

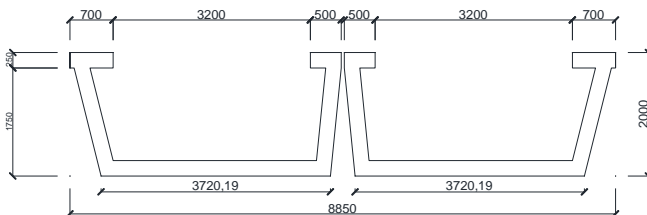
(Sumber :<https://finance.detik.com/infografis/d-3505317/dikerjakan-siang-malam-proyek-lrt-jakarta-capai-18>)

1.7. Eksisting dan Rencana

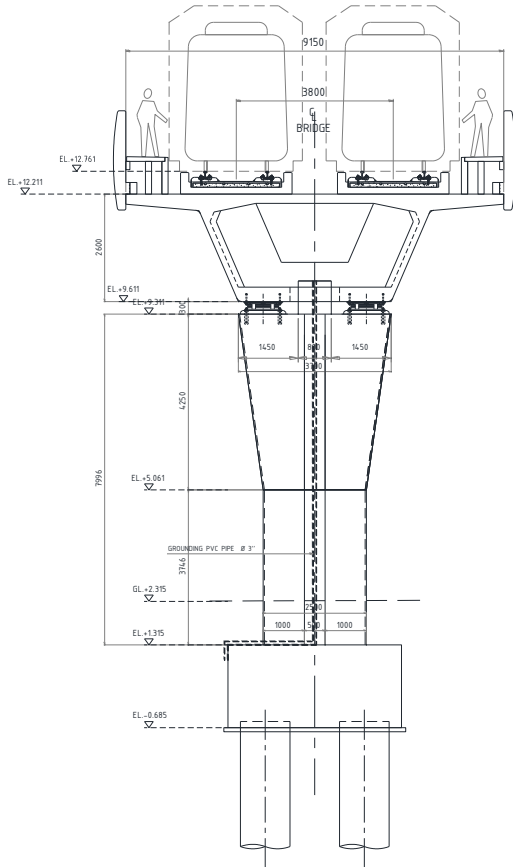
Tugas akhir ini mengambil kasus pada Jembatan *LRT Velodrome – Kelapa Gading*. Pada perencanaan sebelumnya jembatan tersebut didesain menggunakan struktur *box girder prestressed concrete* dengan bentang utama 40 meter. Jembatan ini dibangun disepanjang jalan raya. Dalam tugas akhir ini didesain jembatan dengan memodifikasi *box girder* menjadi *u-girder* yang lebih ringan dan memiliki tinggi bebas yang lebih besar.



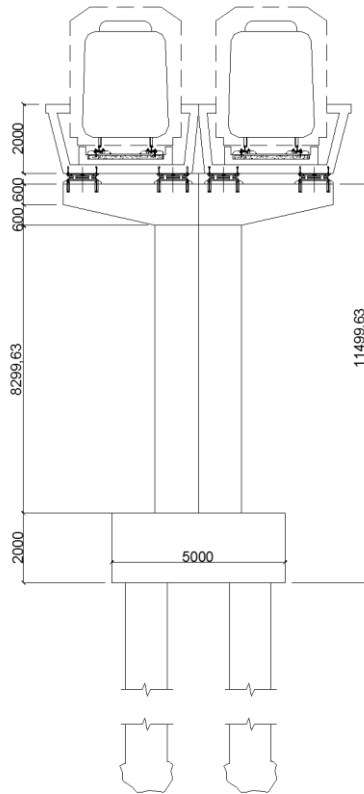
Gambar 1. 2 cross section penampang eksisting
(Sumber : Gambar proyek LRT Jakarta Velodrome – Kelapa Gading)



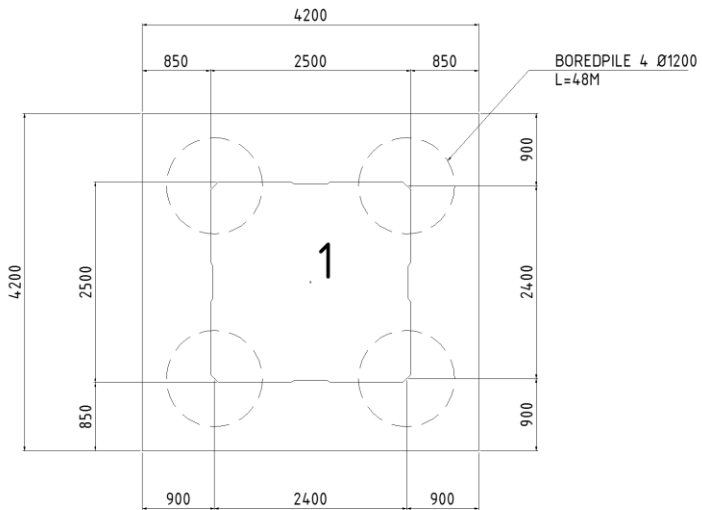
Gambar 1. 3 cross section penampang rencana



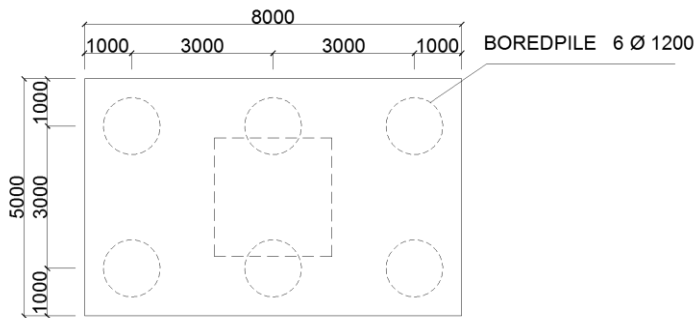
Gambar 1. 4 Desain Struktur Eksisting
Sumber : Gambar proyek LRT Jakarta Velodrome – Kelapa Gading



Gambar 1. 5 Desain struktur Rencana



Gambar 1. 6 Denah pondasi eksisting
(Sumber : Gambar proyek LRT Jakarta Velodrome – Kelapa Gading)



Gambar 1. 7 denah pondasi rencana

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. LRT

LRT atau Light Rail Transit merupakan moda transportasi masal yang menggunakan kereta api sebagai moda utamanya. LRT ini akan beroperasi di kota Jakarta.

2.2. Struktur LRT

2.2.1. Struktur Bangunan Atas

Bangunan atas struktur LRT berupa *u-shape* girder. Gelagar atau girder merupakan balok yang membentang secara memanjang. Girder berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban yang bekerja dari atas struktur dan meneruskannya ke bagian struktur bawah. Girder segmental dibangun seperti struktur bentang tunggal untuk menghindari adanya sambungan kabel *post-tension*.

2.2.2. Struktur Bangunan Bawah

Struktur bagian bawah terdiri dari *pierhad*, *pier*, *pilecap*, dan *boredpile*. Pilar atau kolom berfungsi untuk meneruskan bebanbeban dari struktur atas ke struktur bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Sedang kan Pondasi adalah struktur bangunan bawah pada yang berhubungan langsung dengan tanah. Pondasi berfungsi meneruskan seluruh beban ke tanah dasar. Pondasi dapat didefinisikan sebagai

bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil.

2.3. Data bahan

2.3.1. Beton

Menurut RSNI T-12-2004, beton dengan kuat tekan (benda uji silinder) yang kurang dari 20 MPa tidak dibenarkan untuk digunakan dalam pekerjaan struktur beton untuk jembatan, kecuali untuk pembetonan yang tidak dituntut persyaratan kekuatan. Dalam hal komponen struktur beton prategang, sehubungan dengan pengaruh gaya prategang pada tegangan dan regangan beton, baik dalam jangka waktu pendek maupun jangka panjang, maka kuat tekan beton disyaratkan untuk tidak lebih rendah dari 30 MPa.

2.3.2. Baja

sifat mekanis baja struktural menurut SNI T-03-2005 adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 1 sifat mekanis baja
(sumber : SNI T- 03-2005)

jenis baja	Tegangan putus min, F_u (MPa)	Teangan leleh min, f_y (MPa)	Regangan min (%)
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

Modulus elastisitas (E)	= 200.000MPa
Modulus geser (G)	= 80.000MPa
Angka poisson (μ)	= 0,3
Koefisien pemuaian (α)	= 12×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$

2.4. Pembebanan

2.4.1. Beban mati

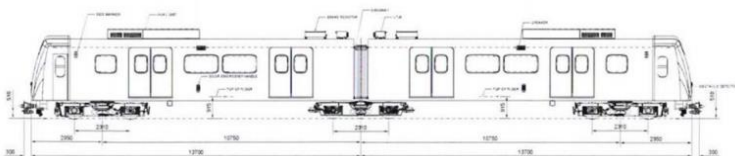
Beban mati adalah beban yang dihasilkan oleh komponen struktur. Beban ini sifatnya tetap dan tidak berpindah. Contoh beban mati adalah beban berat sendiri balok.

2.4.2. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan adalah beban yang sifatnya menetap namun berada diluar komponen struktur seperti utilitas kereta api.

2.4.3. Beban hidup kendaraan

Beban kendaraan yang membebani struktur ada 4 konfigurasi gerbong kereta. Dapat dilihat di gambar dibawah ini. Dan desain beban kereta yang terdapat pada gambar dibawah ini memiliki *axle load* maksimal 12 ton.



gambar 2. 1 spesifikasi kereta

(sumber : PT.Wijaya karya proyek LRT Kelapa Gading – Velodrome)

Axle load untuk *single track*:

$$P = 120 \text{ kN per axle load}$$

$$n_{axle \text{ load}} = 12$$

$$L = 55,1 \text{ m}$$

$$P_{total} = 1440 \text{ kN single track}$$

$$L = 55,1 \text{ m}$$

$$q_{train} = 26,13 \text{ kN/m untuk } 55,1 \text{ m single track}$$

Berdasarkan Peraturan Menteri No.60 tahun 2012, kecepatan rencana kereta api adalah sebagai berikut:

$$V_{rencana} = 1,25V_{maks}$$

V_{max} = kecepatan maksimum (km/jam)

$V_{rencana}$ = Kecepatan rencana (km/jam)

Untuk LRT memiliki kecepatan maksimum 80 km/jam, jadi kecepatan rencana LRT adalah 100 km/jam.

2.4.4. Beban kejut

Beban kereta secara vertikal akan bertambah oleh beban kejut. Beban kejut harus diambil pada titik maksimal, sesuai dengan rumus :

$$I = 0,3 + \frac{25}{50+L} \quad (2.1)$$

Dimana :

L = panjang bentang

2.4.5. Beban angin pada struktur

Beban angin yang di terima 3 kN/m² jika sedang tidak ada kereta yang melewati struktur. Beban angin bekerja tegak lurus secara horizontal

dalam arah tegak lurus terhadap garis tengah lintasan.

2.4.6. **Beban angin pada kendaraan**

Jika saat kereta melewati struktur, maka beban angin yang diterima sebesar $1,5 \text{ kN/m}^2$. Beban angin harus diasumsikan Beban angin yang bekerja tegak lurus secara horizontal dalam arah tegak lurus terhadap garis tengah lintasan.

2.4.7. **Hunting Force**

Hunting force disebabkan oleh interaksi lateral kendaraan dan guideway. Ini harus diterapkan secara lateral pada guideway pada titik kontak roda-rel, sebagai bagian dari beban kendaraan standart.

Besar *hunting force* untuk kendaraan yang bisa dikemudikan sebesar $0,06LL$, dan untuk kendaraan yang tidak bisa dikemudikan sebesar $0,08LL$. LL merupakan beban kendaraan

Untuk desain rel dan struktur, *Hunting force* akan diterapkan secara lateral oleh roda baja ke atas rel di poros utama kereta transit.

2.4.8. **Longitudinal force**

Gaya longitudinal bekerja bersamaan dengan beban hidup vertikal dari kendaraan standar di semua roda. Ini dapat diterapkan di kedua arah: maju dalam pengereman atau deselerasi atau mundur dalam akselerasi.

$$\text{Emergency breaking load} = LFe = 0,30L$$

$$\text{Normal breaking load} = LFn = 0,15L$$

2.4.9. Beban gempa

a. Penentuan kelas situs tanah

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{N}\right)} \quad (2.2)$$

$$\bar{V}_s = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{v_{si}}\right)} \quad (2.3)$$

$$\bar{S}_u = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left(\frac{t_i}{S_{ui}}\right)} \quad (2.4)$$

\bar{V}_s = nilai rata-rata cepat rambat gelombang geser

\bar{N} = hasil uji penetrasi standar

\bar{S}_u = kuat geser tak terdrainase dengan tebal lapisan tanah sebagai besaran pembobotnya

t_i = tebal lapisan tanah ke-i

V_{si} = kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-i

N_i = nilai hasil uji penetrasi standar lapis tanah ke-i

S_{ui} = kuat geser tak terdrainase lapis tanah ke-i

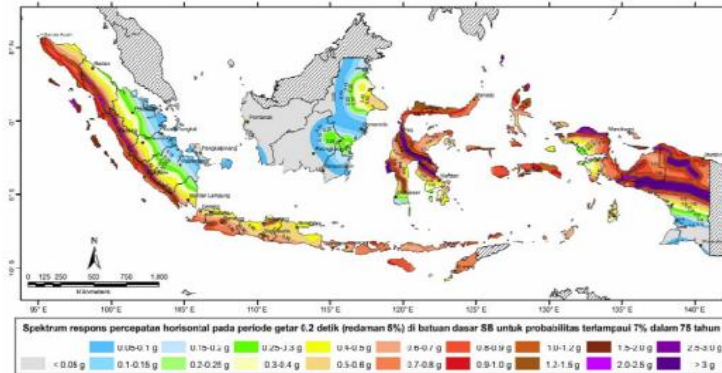
m = jumlah lapis tanah yang ada di atas batuan dasar.

Dari hasil yang didapat pada perhitungan diatas dapat ditentukan kelas situs menggunakan

Tabel 2. 2 spesifikasi kelas situs tanah

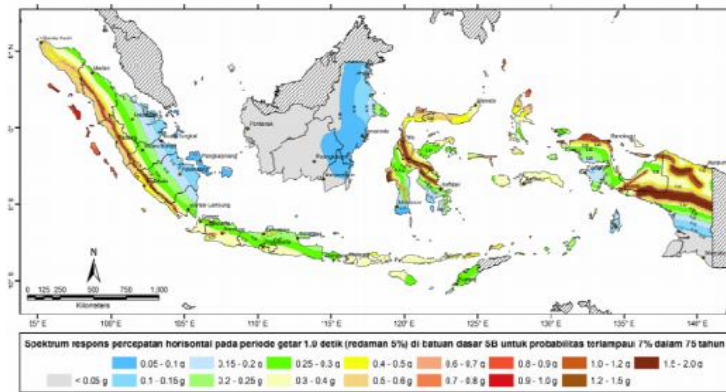
Kelas Situs	\tilde{v} (m/s)	\dot{N}	Su (kPa)
A. Batuan Keras	$\tilde{v} \geq 1500$	\dot{N} / A	N/A
B. Batuan	$\tilde{v} \leq 1500$	\dot{N} / A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \tilde{v} \leq 750$	$\dot{N} > 50$	$Su \geq 100$
D. Tanah sedang	$175 < \tilde{v} \leq 350$	$15 \leq \dot{N} \leq 50$	$50 \leq Su \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\tilde{v} < 175$	$\dot{N} \leq 15$	$Su \leq 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut: a. Indeks plastisitas $PI > 2$ b. Kadar air $(w) \geq 40\%$ c. Kuat geser tak terdrainase $Su < 25$ kPa		

Perhitungan gempa dapat dihitung dengan *static load* atau *dynamic load*. Untuk *dynamic load* dapat menggunakan peta spectrum gempa untuk mencari nilai PGA, Sa, dan S1 yang terdapat pada RSNI 2833-2013,



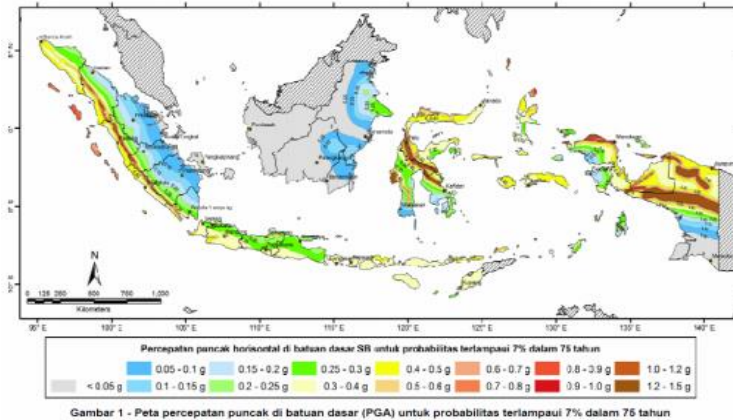
Gambar 2 - Peta respons spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

gambar 2. 3 peta perencanaan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun
(sumber : RSNi 2833 – 2016 Standart Perencanaan ketahanan Gempa Untuk Jembatan)



Gambar 3 - Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

gambar 2. 2 peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas 7% dalam 75 tahun
(sumber : RSNi 2833-2016 Standart Perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan)



gambar 2. 4 peta respon s spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (sumber : RSNI 2833 – 2016 Standart Perencanaan ketahanan Gempa Untuk Jembatan)

Dari peta diatas, didapat:

$$S_s = 0,5 \text{ g}$$

$$S_1 = 0,3 \text{ g}$$

$$PGA = 0,3 \text{ g}$$

Setelah itu , F_a dan F_v dapat dicari dengan menggunakan tabel 2.2 dan tabel 2.3.

Tabel 2. 3 faktor amplifikasi periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_A) (sumber : RSNI 2833-2016 Standart Perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan)

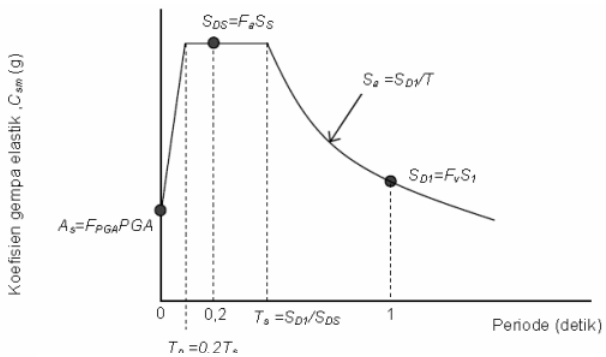
Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA \leq 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA \leq 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA \leq 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA \geq 0,5$ $S_s \geq 1,25$
(SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
(SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

(SC)	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
(SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
(SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
(SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Tabel 2. 4 Nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)
 (sumber : RSNi 2833-2016 Standart Perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan)

Kelas situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 \leq 0,2$	$S_1 \leq 0,3$	$S_1 \leq 0,4$	$S_1 \leq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1	1	1	1	1
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS	SS	SS	SS	SS

Dari parameter diatas dapat dibuat respon spectrum sebagai berikut:



gambar 2. 5 spektrum rencana gempa
 (sumber : RSNi 2833-2016 Standart Perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan)

2.4.6. Kombinasi beban

Kombinasi pembebebanan didapat dari pereaturan ACI 358r_92.

- a. DL = beban mati
- b. SDL = beban mati tambahan
- c. LL+I = beban hidup + beban kejut (Impact)
- d. WS = Beban angin pada struktur
- e. WL = beban angin pada beban hidup
- f. EQ = beban gempa

Kondisi service

- S1 = $D + L + I + PS + LF + (Cf \text{ or } HF \text{ or } FR)$
- S2 = $S1 + [0,3 (WL + WS) \text{ or } ICE \text{ or } SF]$
- S3 = $S2 + T + SH + CR$
- S4 = $PS + D + (WS \text{ or } EQ) + T + SH + CR$

Kondisi ultimate

*Tabel 2. 5 Kombinasi pembebanan
(sumber : ACI358r_92)*

KOMB	U0	U1	U2	U3	U4	U5	U6
D	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
L, I and either CF of HF	1,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	
SH and CR	1	1	1	1	1	1	
PS	1	1	1	1	1	1	1
WL + WS		1,5					

WS			1				
ICE, T, SF, or EQ				1,5			
Lfe					1,4		
BR							1,2
CL							1,3
DR						1,4	

2.5. Beton prategang

Menurut SNI 03–2847–2002, beton prategang adalah beton bertulang yang telah diberikan tegangan tekan dalam untuk mengurangi tegangan tarik potensial dalam beton akibat beban kerja.

Gaya prategang adalah gaya yang menyebabkan beton berada dalam keadaan tekan akibat tendon yang menyatu dengan beton ditarik dengan besaran tertentu. Besarnya gaya prategang dipengaruhi oleh momen total yang terjadi. Gaya prategang yang disalurkan harus memenuhi kontrol batas pada saat kritis.

Ada tiga konsep yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang. Konsep pertama, sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis (Eugene Freyssinet, 1928). Konsep kedua, system prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton. Konsep ketiga, system prategang untuk mencapai pertimbangan beban (Tung Yen Lin, 1963).

2.6. Kehilangan prategang

2.6.1. Perpendekan Elastis Beton

Saat gaya pratekan pada strand dialihkan ke beton, maka komponen struktur akan memendek dan baja pratekan turut memendek bersamaan.

$$ES = K_{es}E_s \frac{f_{cir}}{E_{ci}} \quad (2.2)$$

$K_{es} = 1,0$ untuk komponen struktur pratarik

$K_{es} = 0,5$ untuk komponen struktur pasca-tarik bila kabel-kabel secara berurutan ditarik dengan gaya yang sama.

2.6.2. Rangkak beton

Rangkak beton dianggap terjadi dengan beban mati permanen dan ditambahkan pada komponen struktur setelah beton diberi gaya prategang. Bagian dari regangan tekan awal disebabkan pada beton segera setelah peralihan gaya prategang. Kehilangan gaya pratekan akibat rangkak untuk komponen struktur dengan tendon terekat dihitung dari persamaan berikut:

$$CR = K_{cr} \frac{E_s}{E_c} (f_{cir} - f_{cds}) \quad (2.3)$$

$K_{cr} = 2,0$ untuk komponen struktur pratarik

$K_{cr} = 1,6$ untuk komponen struktur pasca-tarik

f_{cds} = tegangan beton pada titik berat tendon akibat seluruh beban mati yang bekerja

pada komponen struktur setelah diberi gaya prategang

E_s = modulus elastisitas tendon prategang

E_c = modulus elastisitas beton umur 28 hari, yang bersesuaian dengan f_c'

Sementara untuk tendon-tendon yang tidak terekat, tegangan tekan rata-rata digunakan untuk mengevaluasi kehilangan tegangan akibat perpendekan elastis dan rangkai beton,

$$CR = K_{cr} \frac{E_s}{E_c} f_{cpa} \quad (2.4)$$

f_{cpa} = tegangan tekan rata-rata pada beton sepanjang komponen struktur pada titik berat tendon

2.6.3. Susut

Beton tidak mengalami 100% kehilangan tegangan batas dalam beberapa tahun, tetapi 80% terjadi pada tahun pertama.

$$\epsilon_{sh} = 550 \times 10^{-6} \left(1 - 0,06 \frac{V}{S}\right) (1,5 - 0,015RH) \quad (2.5)$$

Ksh= koefisien faktor susut

Ksh= 0,1 untuk struktur pratarik

RH = kelembaban relative

V/S= Perbandingan volume terhadap permukaan

Tabel 2. 6 Nilai Ksh untuk kompenen struktur pasca-tarik
(sumber : Desain Struktur Beton Prategang)

Jangka waktu setelah perawatan basah sampai penereapan prategang (hari)	1		3	5	7	10	20	30	60
Ksh	0,92		0,85	0,80	0,77	0,73	0,64	0,58	0,45

2.6.4. Relaksasi baja

Percobaan pada baja pratekan dengan perpanjangan yang konstan dan dijaga tetap pada suatu selang waktu memperlihatkan bahwa gaya prategang akan berkurang secara perlahan.

$$RE = [K_{re} - J(SH + CR + ES)]C \quad (2.6)$$

Dimana Kre, J dan C merupakan nilai-nilai menurut tabel 4-5 T.Y. Lin

Tabel 2. 7 Nilai c
(sumber : Desain Struktur Beton Prategang)

Fpi / fpu	Strand stress relieved atau kawat	Batang stress relieved atau strand atau kawat relaksasi rendah
0,80		1,28
0,79		1,22
0,78		1,16
0,77		1,11

0,76		1,05
0,75	1,45	1,00
0,74	1,36	0,95
0,73	1,27	0,90
0,72	1,18	0,85
0,71	1,09	0,80
0,70	1,00	0,75
0,69	0,94	0,70
0,68	0,89	0,66
0,67	0,83	0,61
0,66	0,78	0,57
0,65	0,73	0,53
0,64	0,68	0,49
0,63	0,63	0,45
0,62	0,58	0,41
0,61	0,53	0,37
0,60	0,49	0,33

Tabel 2. 8 Nilai Kre dan J
(sumber : Desain Struktur Beton Prategang)

Tipe tendon	Kre	J
Strand atau kawat <i>stress-relieved</i> derajat 1860 Mpa	138	0,5
Strand atau kawat <i>stress-relieved</i> derajat 1720 Mpa	128	0,14
Kawat kawat <i>stress-relieved</i> derajat 1655 Mpa atau 1620 Mpa	121	0,13

Strand relaksasi-rendah derajat 1860 Mpa	35	0,040
Kawat relaksasi-rendah derajat 1720 Mpa	32	0,037
Kawat relaksasi-rendah derajat 1655 Mpa atau 1620 Mpa	30	0,035
Batang <i>stress-relieved</i> derajat 1000 Mpa atau 1100 MPa	41	0,05

2.6.5. Kehilangan pratekan akibat gesekan

Kehilangan gaya prategang akibat gesekan terjadi diantara tendon dan bahan sekelilingnya, baik itu dari beton atau selubung (*sheathing*), dan apakah diberi pelumas atau tidak. Kehilangan gaya prategang akibat gesekan ini dapat dipertimbangkan menjadi 2 bagian, yaitu pengaruh panjang dan pengaruh kelengkungan.

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = -KL - \mu a \quad (2.7)$$

2.6.6. Slip Angkur

Kebanyakan sistem pasca-tarik, pada saat tendon ditarik sampai nilai yang penuh dongkrak dilepas dan gaya prategang dialihkan ke angkur. Perlengkapan di dalam angkur yang mengalami tegangan pada saat peralihan cenderung berbentuk deformasi, jadi tendon dapat tergelincir sedikit. Baji gesekan yang dipakai untuk menahan kabel akan sedikit tergelincir sebelum kabel dijepit dengan kokoh.

Rumus umum untuk deformasi pengangkuran Δ_a adalah

$$ANC = \Delta f_s = \frac{\Delta_a E_s}{L} \quad (2.8)$$

2.7. Penulangan U-girder

Penulangan U-girder menggunakan analisis dari *software* SAP2000. Output dari SAP2000 berupa luasan minimal tulangan yang dibutuhkan.

2.8. LRB

Perletakan yang digunakan adalah LRB atau *Lead Rubber Bearing*. Fungsi dari LRB adalah untuk mentransfer beban dari *U-Shape* girder ke pilar. Selain mentransfer beban, LRB berfungsi untuk mengakomodasi pergerakan Vertikal pada *U-shape* girder.

2.9. Pilar

Pilar merupakan bagian yang menyalurkan beban dari girder menuju pondasi. Selain itu, pilar juga berfungsi untuk menahan beban Vertikal yang diterima oleh jembatan dan juga beban yang disebabkan oleh gempa.

2.10. Pondasi Borepile

Pondasi borepile merupakan jenis pondasi dalam yang mempunyai bentuk seperti tabung memanjang yang terdiri dari campuran beton dengan besi bertulang dengan dimensi diameter tertentu yang dipasang didalam tanah dengan menggunakan metode pengeboran dengan instalasi pemasangan besi

setempat serta pengecoran beton setempat. Panjang tiang pondasi bore pile harus sampai pada kedalaman dengan tingkat kekerasan daya dukung tanah yang disyaratkan untuk pondasi dasar konstruksi bangunan.

Kelebihan dari pondasi borepile sendiri adalah tidak menimbulkan kebisingan dan getaran pada lokasi di sekitar proyek. Sehingga tidak merusak bangunan-bangunan pemukiman disekitarnya.

Ada berbagai jenis pondasi bore pile yaitu:

- a. Bore pile lurus untuk tanah keras;
- b. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel;
- c. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium;
- d. Bore pile lurus untuk tanah berbatu-batuan

2.11. Metode pelaksanaan

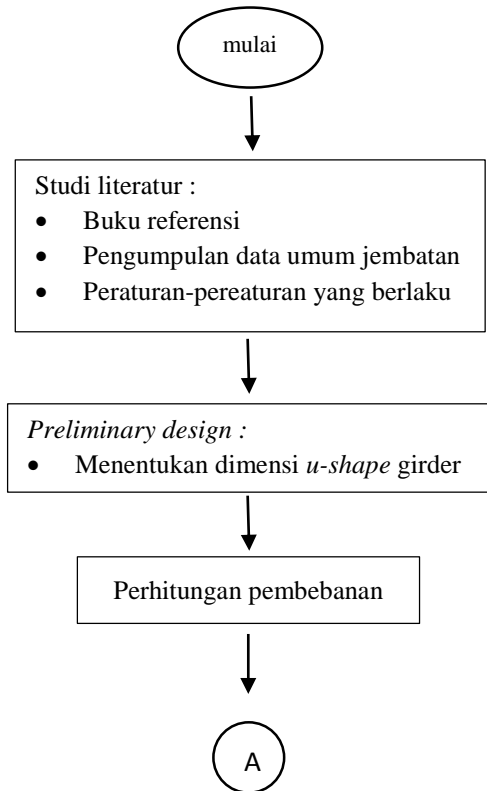
Metode pelaksanaan meliputi :

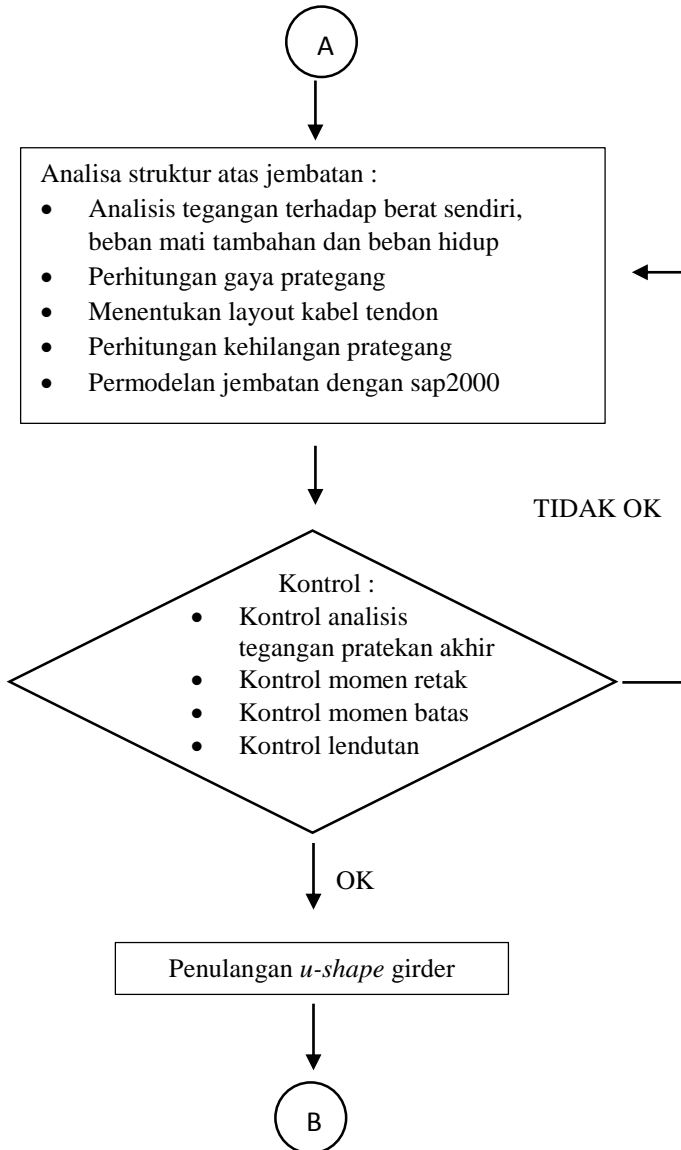
4. 1 Pekerjaan persiapan
 - Menentukan lokasi gudang
 - Pembuatan barikade jalan untuk lokasi kerja
4. 2 Pekerjaan pembersihan lahan
 - Pembuatan direksi kit
 - Penentuan titik lokasi pondasi
4. 3 Mobilisasi material
 - Mobilisasi alat berat
 - Mobilisasi material
 - Mobilisasi tenaga kerja
4. 4 Pekerjaan pondasi
 - Pekerjaan pengeboran
 - Pemasangan tulangan

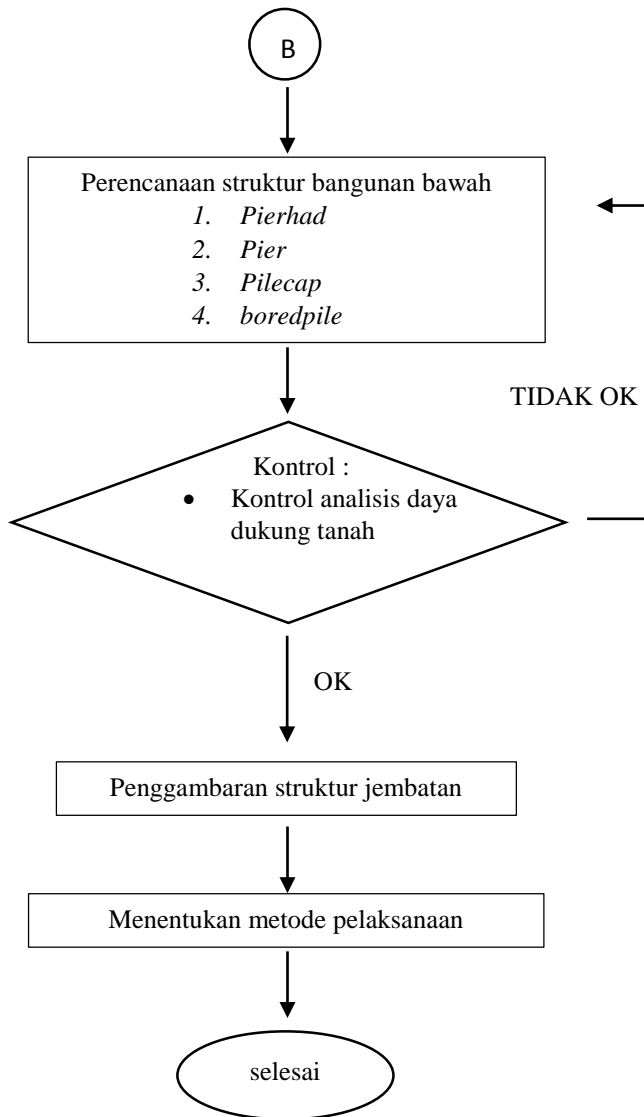
- pengecoran
- 4. 5 Pekerjaan *pile cap*
 - Pekerjaan galian
 - Pekerjaan pembesian
 - Pekerjaan pengecoran
- 4. 6 Pekerjaan kolom
 - Pekerjaan pembesian
 - Pekerjaan bekisting
 - Pekerjaan pengecoran
- 4. 7 Pekerjaan kepala kolom
 - Pekerjaan pembesian
 - Pekerjaan bekisting
 - Pekerjaan pengecoran
- 4. 8 Pekerjaan *u-shape* girder
 - Pemasangan *u-shape* girder
 - Pemasangan tendon
 - Pekerjaan *stressing* tendon
 - *Errection* U-girder

BAB III METODOLOGI

3.1. Diagram alir desain







gambar 3.1 diagram alir

3.2. Uraian metode

3.2.1. pengumpulan data

1. data primer
tidak dilakukan pengamatan langsung ke lokasi
2. data sekunder
 - a. data tanah
 - b. gambar existing perencanaan
 - c. data gempa

3.2.2. Preliminary desain

- a. Tinggi girder
Menurut Robert Benaim (2008), ratio antara panjang bentang dan kedalaman deck adalah antara 15 sampai 20.

$$\text{Kedalaman deck (d)} = \frac{40}{15} = 2,67$$

$$\text{Kedalaman deck (d)} = \frac{40}{20} = 2$$

Sehingga direncanakan kedalaman deck adalah : 2m

- b. Tebal plat
Tebal plat diisyaratkan 1/20 antara web dan tidak boleh kurang dari 200mm

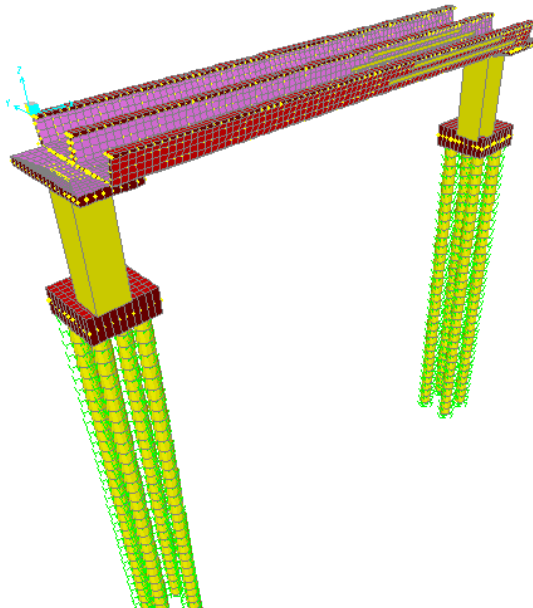
3.2.3. Pembebanan

1. Beban-beban
 - b. beban mati:
 - beton bertulang : 2500 kg/m³
 - baja : 7850 kg/m³

- c. beban hidup
 - kereta : 12 ton/axle
 - d. beban kejut : $I = \frac{100L}{L+D}$
 - e. beban angin pada struktur : 3,0 kN/m²
 - f. beban angin pada kendaraan : 1,5 kN/m²
 - g. beban gempa
 - Periode ulang : 1000 tahun
 - Daerah : jakarta
2. Kombinasi pembebanan

3.2.4. Permodelan dengan SAP 2000

Permodelan struktur menggunakan bantuan *software* SAP 2000



gambar 3.2 permodelan dengan menggunakan SAP2000

3.2.5. Analisis gaya dan perhitungan struktur

1. Dari *output SAP* diperoleh nilai gaya geser (D), momen lentur (M), momen torsi (T), dan nilai gaya aksial (P).
2. Perhitungan struktur untuk baja menggunakan metode ASD dan beton bertulang menggunakan SRPMB
3. perhitungan gaya prategang

$$\sigma_{ti} = \frac{F_0}{A} - \frac{F_0 e}{W_t} + \frac{M_G}{W_t} \quad (3.1)$$

$$\sigma_{ci} = \frac{F_0}{A} + \frac{F_0 e}{W_b} - \frac{M_G}{W_b} \quad (3.2)$$

4. tegangan ijin beton sesaat setelah penyaluran gaya preategang:
 - a. Tegangan Ijin Bahan Beton Prategang Pada Saat Transfer (SNI 7833-2012 Pasal 6.4.1)
 - b. Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur saat dilakukan transfer (f_{ci}') dinyatakan dalam satuan MPa.

$$f_{ci}' = 0,65 f_c' \quad (3.3)$$

- c. Tegangan ijin beton sesaat setelah penyaluran gaya prategang:

- Tekan : $\sigma_{ci} = 0,6 f_{ci}'$
- Tarik : $\sigma_{ti} = 0,25 \sqrt{f_{ci}'}$

- d. Tegangan ijin beton sesaat setelah kehilangan gaya prategang:

- Tekan : $\sigma_{ci} = 0,45 f_{ci}'$
- Tarik : $\sigma_{ti} = 0,5 \sqrt{f_{ci}'}$

Jika tegangan yang terjadi tidak memenuhi, maka dilakukan pengurangan atau penambahan kawat pratekan

5. kehilangan prategang
 - a. akibat perpendekan elastis
 - b. akibat friksi
 - c. akibat slip angkur
 - d. akibat rangkai
 - e. akibat susut
 - f. akibat relaksasi baja

6. Perhitungan daya dukung tiang baik dari arah vertical dan horizontal dihitung dengan menggunakan metode spring constant. Perbandingan tekanan tanah aktif dan pasif biasanya kurang lebih adalah 1 : 2-3. Dengan metode spring constant ini akan dimodelkan perbandingan tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif adalah 1 : 1, jadi kekuatan tekanan tanah pasif yang akan melawan tekanan tanah aktif dimodelkan setara dengan kekuatan tanah aktif yang terjadi. Metode ini memodelkan keliling permukaan sepanjang tiang pancang adalah spring/pegas dan ujung tiang adalah rol. Salah satu contoh rumus yang digunakan adalah spring constant nakazawa.

- perhitungan daya dukung vertikal

$$K_v = 0,2 E_o D^{-0,75} A \quad (3.4)$$

K_v = daya dukung vertikal (T/m)

E_o = 28 N (N = jumlah SPT tiap 1m) (kg/cm²)

D = diameter tiang pancang (cm)

A = luas permukaan tiang pancang (cm²)

- Perhitungan daya dukung horizontal

$$K = 0,2 E_o D^{-0,75} \gamma^{-0,75} \quad (3.5)$$

$$K_x = K_y = K \cdot D \cdot D_z$$

Y = tinjauan per 1 cm

D_z = kedalaman tinjauan (m)

7. Perhitungan pondasi

a) Daya dukung aksial pondasi tiang

- Gaya geser dinding tiang (R_f)

$$R_f = U \times \sum (I_i \times f_i) \quad (3.6)$$

U = panjang keliling tiang (m)

I_i = tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (m)

f_i = besarnya gaya geser tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^s). Diperkirakan berdasar tabel bawah

- Daya dukung pada ujung tiang pancang

$$R_p = q_d \times A \quad (3.7)$$

- Daya dukung ultimate tiang pada tanah pondasi (R_u)

$$R_u = R_p + R_f \quad (3.8)$$

- Daya dukung ijin tiang (R_a)

$$R_a = \frac{R_u}{SF} \text{ dengan SF (safety factor) = 3}$$

b) Pile cap

Kontrol geser pons

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d}{6} \quad (3.9)$$

$$V_c \leq \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad (3.10)$$

$$\phi V_c = 0,6 V_c \quad (3.11)$$

Dimana,

B_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, daerah beban terpusat atau daerah reaksi

b_o = keliling penampang kritis

3.2.6. Cek desain

Melakukan pengecekan perhitungan

3.2.7. Gambar desain

Gambar desain meliputi:

- a. Gambar denah
- b. Potongan memanjang
- c. Potongan melintang
- d. Gambar penulangan girder
- e. Gambar penulangan *pier*
- f. Gambar penulangan *pile cap*
- g. Gambar denah pondasi tiang

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN DESAIN

4.1. Data Perencanaan

Nama Jembatan	: LRT Jakarta
Lokasi Jembatan	: Velodrome – Kelapa Gading, Jakarta
Tipe Jembatan	: U-Girder Prategang
Panjang	: 120 m, terbagi menjadi 3 bentang, tiap bentang memiliki panjang 40 m
Metode Pelaksanaan	: <i>Segmen By Segmen</i>
Lebar Total	: 8,8 m

Data – data untuk perencanaan beton :

1. Kuat tekan beton prategang (f_c') : 50 MPa
2. Kuat tekan pierhad, pilecap dan pilar (f_c') : 50 MPa
3. Kuat tekan *Boredpile* (f_c') : 40 MPa

Data Perencanaan Baja :

1. Untuk tulangan beton :
Fy : 400 MPa ($D > 13$ mm)
Fy : 240 MPa ($\emptyset < 13$ mm)

2. Untuk kabel prategang:

Dalam perencanaan tugas akhir ini digunakan kabel prategang dari OVM

4.2. Tegangan Ijin Bahan

4.2.1. Tegangan Ijin Beton Prategang Pada Saat Transfer

Pada saat transfer, beban yang bekerja hanyalah berat sendiri struktur u girder. Kuat beton

yang direncanakan pada saat dilakukan transfer adalah :

$$\begin{aligned} f_{ci}' &= 0,88 \times f_c' \\ &= 0,88 \times 50 \text{ MPa} \\ &= 44 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI T-12-2004, untuk struktur prategang pada saat transfer, tegangan tekan tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sigma \text{ tekan} &= 0,6 f_{ci}' \\ &= 0,6 \times 44 \text{ MPa} \\ &= 26,40 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk tegangan tarik menurut SNI T-12-2004, beton tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sigma \text{ tarik} &= 0,25 \sqrt{f_{ci}} \\ &= 0,25 \times \sqrt{44} \text{ MPa} \\ &= 1,66 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4.2.2. Tegangan Ijin Beton Prategang Pada Saat Layan

Kondisi layan merupakan saat dimana semua beban yang direncanakan akan bekerja sepenuhnya. Berdasarkan SNI T-12-2004, tegangan tekan beton prategang pada saat kondisi layang tidak boleh melampaui nilai :

$$\sigma \text{ tekan} = 0,45 f_c'$$

$$= 0,45 \times 50 \text{ MPa}$$

$$= 22,50 \text{ MPa}$$

Sedangkan tegangan tarik ada saat kondisi layan tidak boleh melebihi nilai :

$$\sigma \text{ tarik} = 0,5\sqrt{f_c'}$$

$$= 0,5\sqrt{50 \text{ MPa}}$$

$$= 3,53 \text{ MPa}$$

4.2.3. Modulus Elastitas

Modulus elastisitas merupakan rasio tegangan normal tarik atau tekan terhadap yang timbul akibat tegangan tersebut. Nilai rasio ini berlaku untuk tegangan di bawah batas proporsional material. Untuk beton normal dengan masa jenis 2500 kg/m³, modulus elastisitas diambil sebesar $4700\sqrt{f_c'}$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'}$$

$$= 4700\sqrt{50 \text{ MPa}}$$

$$= 33234,02 \text{ MPa}$$

4.3. Preliminary Design

4.3.1. Tinggi U-Girder

Menurut Robert Benaim (2008), ratio antara panjang bentang dan kedalaman deck adalah antara L/15 sampai L/20.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi u-girder (h)} &= \frac{40}{15} \\ &= 2,67 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi u-girder (h)} = \frac{40}{20}$$

$$= 2 \text{ m}$$

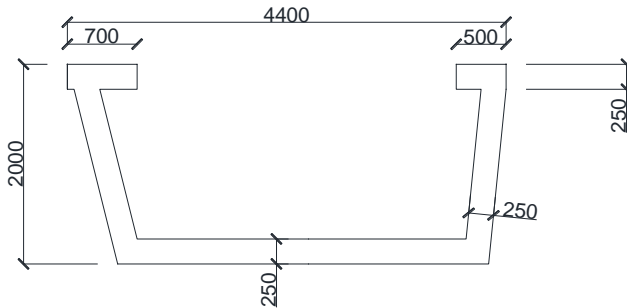
Sehingga direncanakan ketinggian 2 m.

4.3.2. Tebal Slab U-Girder

Tebal plat diisyaratkan $l/20$ antara web dan tidak boleh kurang dari 200mm.

$$\text{Tebal Slab beton} : \frac{l}{20} \times 4400 \text{ mm} = 220 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal rencana} = 250 \text{ mm}$$



Gambar 4. 1 Penampang U-Girder

A	= 2,004 m ²
Y _t	= 1279,59 mm
Y _b	= 720,41 mm
W _b	= 1306464564 mm ³
W _t	= 735540397 mm ³
K _b	= 367,59 mm
K _t	= 652,92 mm
I	= 941190136421 mm ⁴

4.4. Analisa Pembebanan

4.4.1. Beban Mati

Beban mati merupakan berat sendiri struktur U-girder. Berat sendiri (q) didapatkan dari luas penampang (A) dikalikan dengan berat jenis beton.

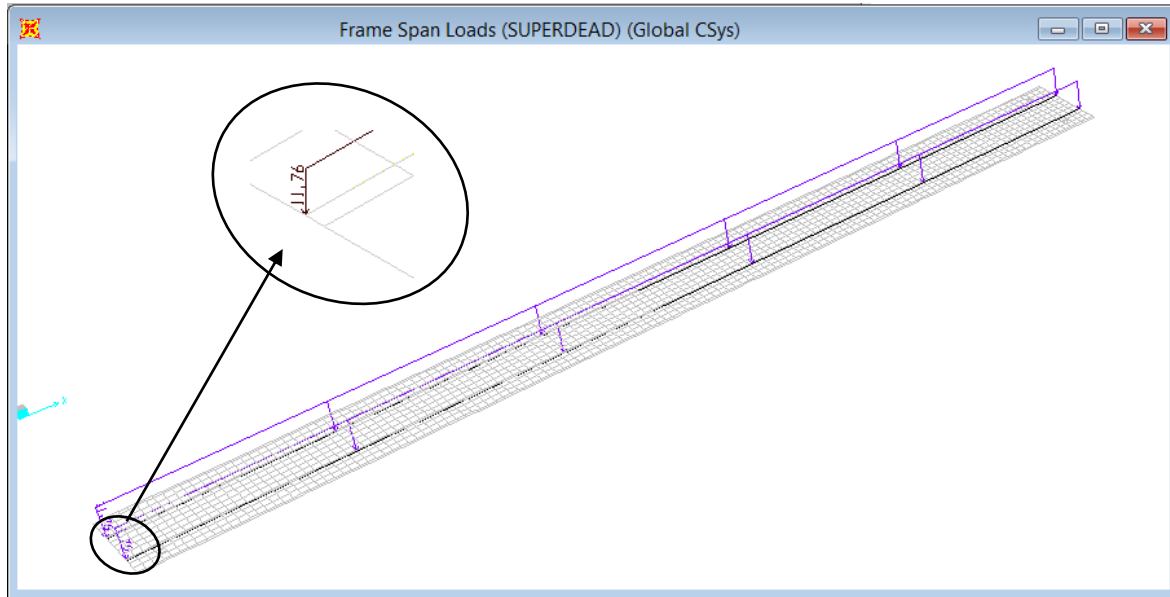
$$\text{Luas penampang (A)} = 2,004\text{m}^2$$

$$\begin{aligned} q &= A \times B_j \text{ Beton} \\ &= 2,004\text{m}^2 \times 25\text{kN/m}^3 \\ &= 50,11 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4.4.2. Beban Mati tambahan

Beban mati tambahan merupakan beban yang menetap namun bukan termasuk pada komponen struktur. Contohnya adalah utilitas dari kereta api.

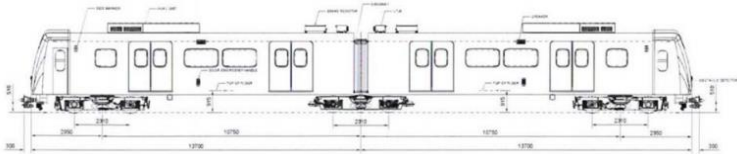
Beban mati tambahan yang bekerja pada struktur LRT ini antara lain adalah *concrete plinths, rail, handrail*, kabel, dll adalah sebesar 23,5162 KN/m.



Gambar 4. 2 Permodelan beban mati tambahan pada SAP2000

4.4.3. Beban Hidup

Beban hidup pada struktur LRT berupa kereta api ringan, dimana kereta api tersebut memiliki *axle load* sebesar 12 ton paada setiap as rodanya. Jarak antar rel kereta api selebar 1435 mm.



Gambar 4. 3 Model kereta pada LRT

General Vehicle Data

Vehicle name: TRAIN Units: KN, m, C

Floating Axle Loads:

For Lane Moments: Value: 0, Width Type: One Point, Axle Width: []

For Other Responses: Value: 0, Width Type: One Point, Axle Width: []

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage:

Lane Negative Moments at Supports

Interior Vertical Support Forces

All other Responses

Min Dist Allowed From Axle Load:

Lane Exterior Edge: 0.3048

Lane Interior Edge: 0.6096

Length Effects:

Axle: None

Uniform: None

Load Plan:

Load Elevation:

Loads:

Load Length Type	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Fixed Length	1.795		0	Zero Width		120	One Point	
Fixed Length	2.31		0	Zero Width		120	One Point	
Fixed Length	2.31		0	Zero Width		120	One Point	
Fixed Length	8.44		0	Zero Width		120	One Point	
Fixed Length	2.31		0	Zero Width		120	One Point	
Fixed Length	8.44		0	Zero Width		120	One Point	
Fixed Length	2.31		0	Zero Width		120	One Point	

Add Insert Modify Delete

Vehicle Applies To or Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor: []

Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)

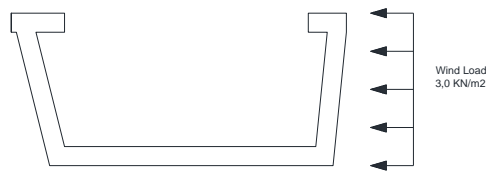
OK Cancel

Gambar 4. 4 Permodelan beban kereta api pada SAP2000

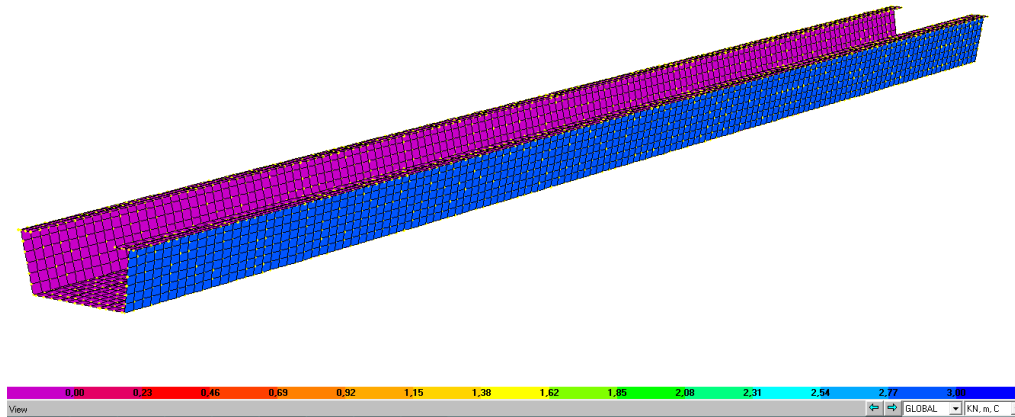
4.4.4. Beban Angin

4.4.4.1. Beban Angin Pada Struktur

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan 60 tahun 2012, beban angin bekerja tegak lurus rel, secara horizontal, tipikal nilainya adalah $3,0 \text{ KN/m}^2$ pada areal proyeksi vertikal jembatan tanpa kereta di atasnya



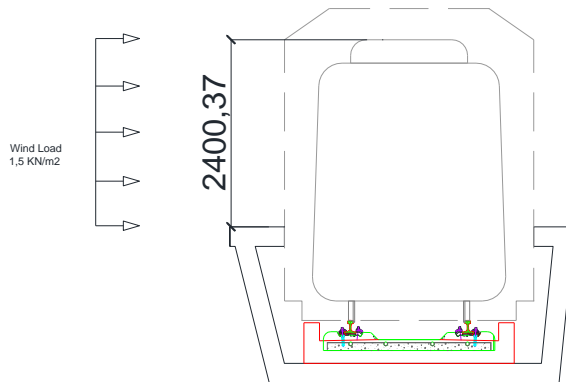
Gambar 4. 5 Beban angin pada struktur



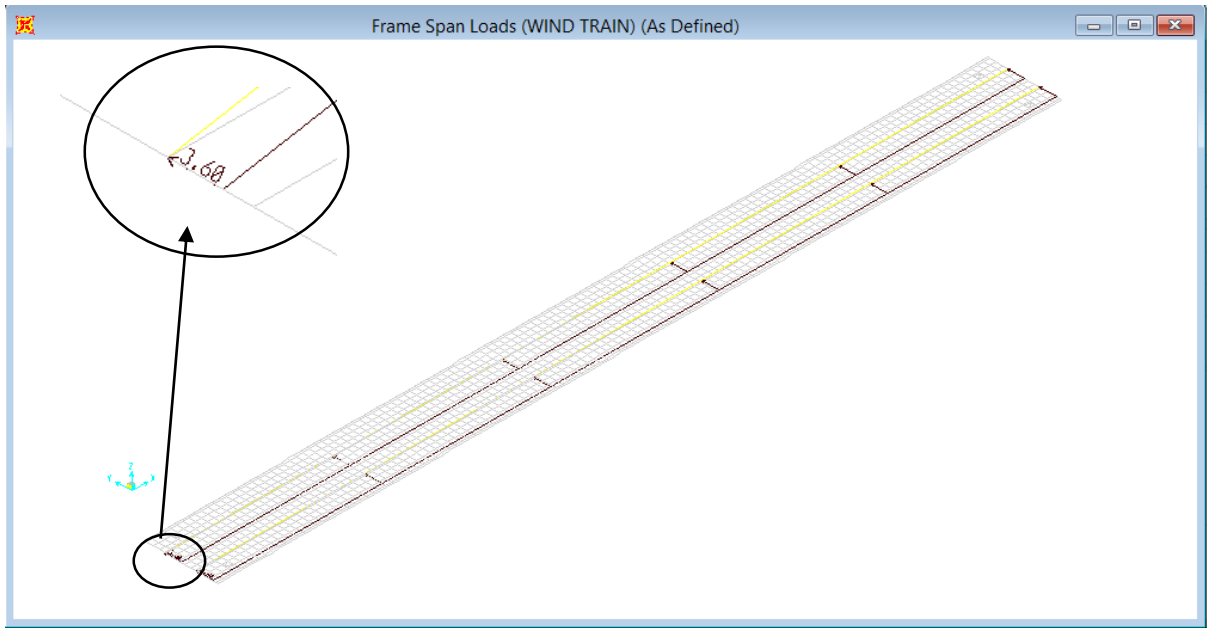
Gambar 4. 6 permodelan beban angin pada struktur

4.4.4.2. Beban Angin Pada Kendaraan

Berdasarkan Peraturan Menteri 60 Tahun 2012, beban angin pada kereta sebesar $1,5 \text{ kN/m}^2$ bekerja pada areal kereta dan jembatan, dengan kereta diataasnya.



Gambar 4. 7 beban angin pada kendaraan



Gambar 4. 8 permodelan beban angin pada kendaraan pada SAP2000

4.4.5. *Hunting Force*

Beban *hunting force* pada struktur sebesar 0,08LL. Beban *hunting force* bekerja tegak lurus arah melintang pada rel kereta.

$$0,08 \times 120 \text{ kN} = 9,6 \text{ kN}$$

Output pembebanan *Hunting force* pada sap dapat dilihat pada gambar 4.9

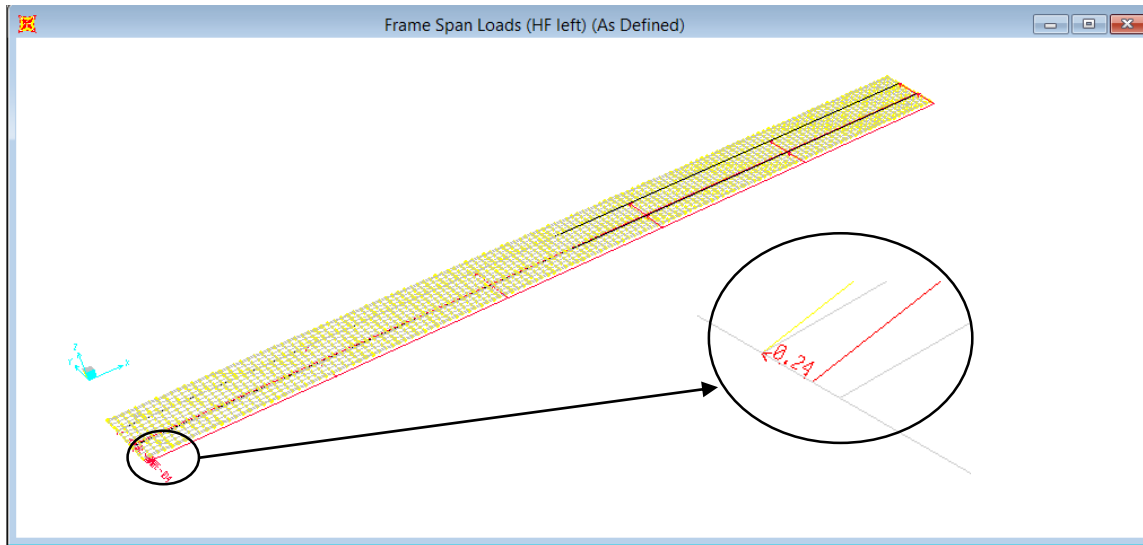
4.4.6. *longitudinal Force*

Gaya longitudinal bekerja bersamaan dengan beban hidup vertikal dari kendaraan standar di semua roda. Ini dapat diterapkan di kedua arah: maju dalam pengereman atau deselerasi atau mundur dalam akselerasi.

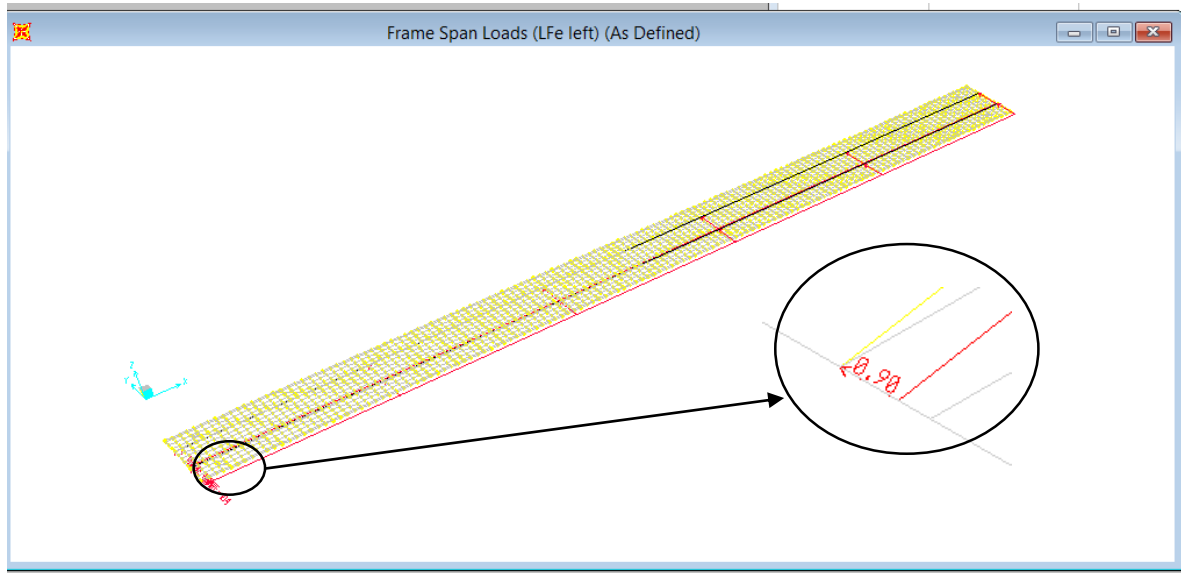
$$\begin{aligned} \text{LFe} &= 0,3 \text{ LL} \\ &= 0,3 \times 120 \text{ kN} \\ &= 36 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LFn} &= 0,15 \text{ LL} \\ &= 0,15 \times 120 \text{ kN} \\ &= 18 \text{ kN} \end{aligned}$$

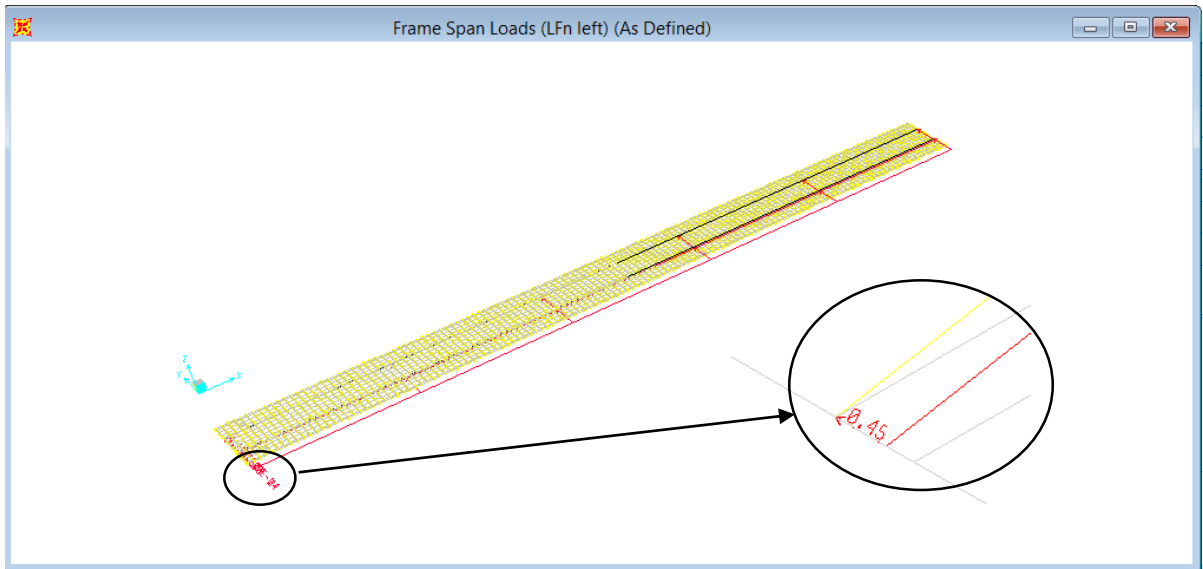
Input Pembebanan LFe dan LFn pada SAP dapat dilihat pada gambar 4.10 dan 4.11



Gambar 4. 9 Hunting force pada sap



Gambar 4. 10 pembebanan LFe pada SAP



Gambar 4. 11 pembebanan LFn pada SAP

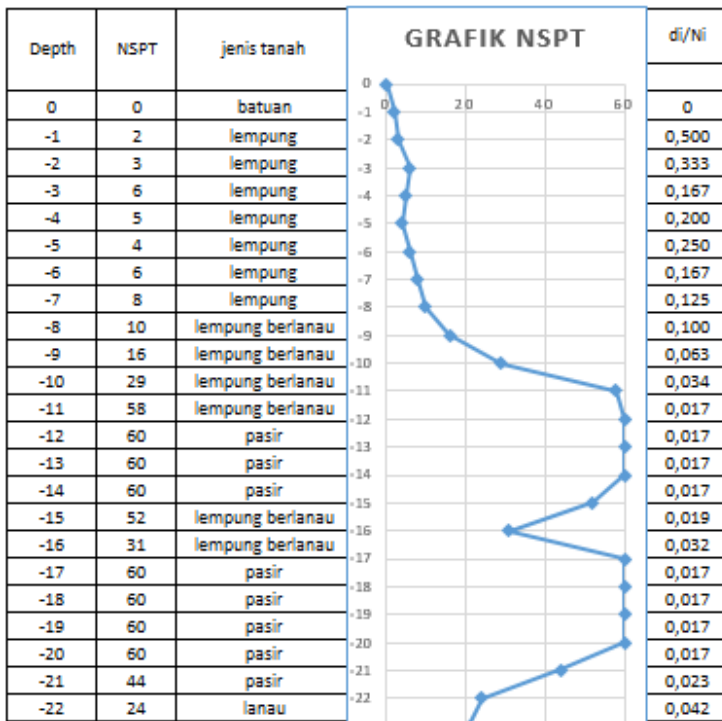
4.4.7. Beban Gempa

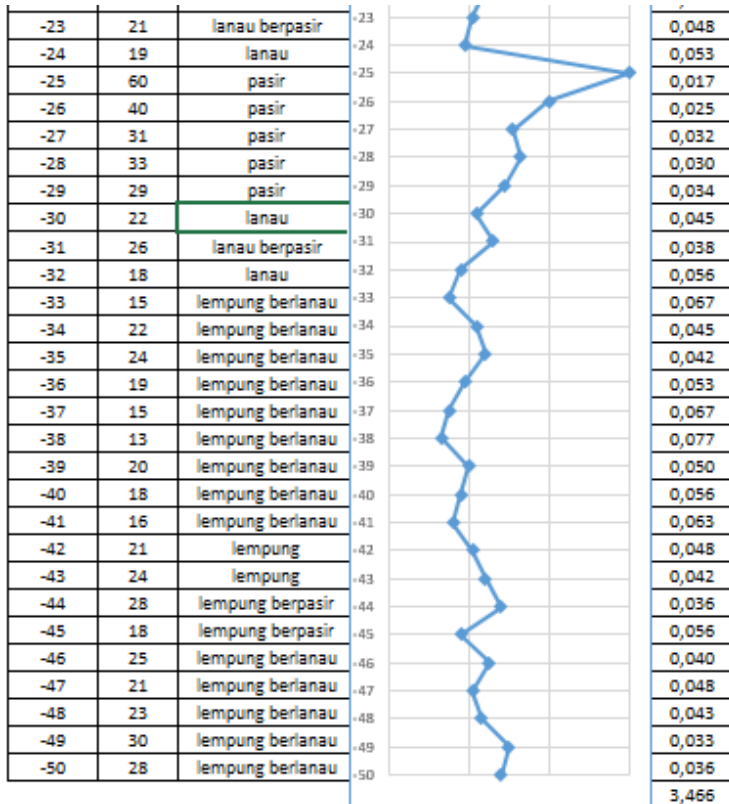
Metode yang digunakan untuk menghitung beban gempa adalah respon spektrum. Perhitungan ini berdasarkan pada SNI-2833-2013 Perencanaan Gempa Terhadap Beban Jembatan. Perencanaan gempa berdasarkan beberapa hal:

- Lokasi desain : Kelapa Gading, Jakarta
- Penentuan kelas situs :

Kelas situs dapat diklasifikasikan menurut data tanah sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Nilai NSPT tanah





Kedalaman total = 50 meter

$$N \text{ rata-rata} = \frac{\sum Di}{\sum \frac{Di}{Ni}}$$

$$= \frac{50}{3,466}$$

$$= 14,4274$$

N = 14,427 < 15

Berdasarkan pada tabel 4.2 Klasifikasi kelas situs, tanah dapat diklasifikasikan dalam kelas tanah lunak (SE).

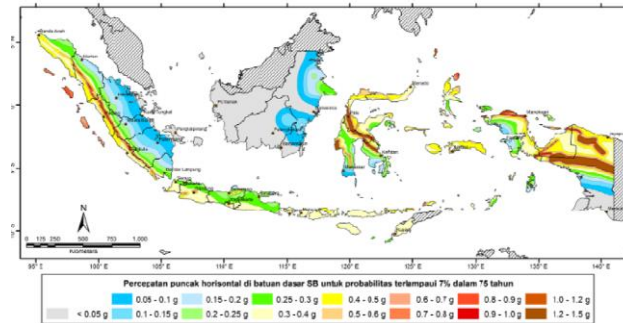
Tabel 4. 2 Klasifikasi kelas situs

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/s)	\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 : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3m$) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5m$ dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35m$		

c. Penentuan Beban Gempa

- Nilai PGA

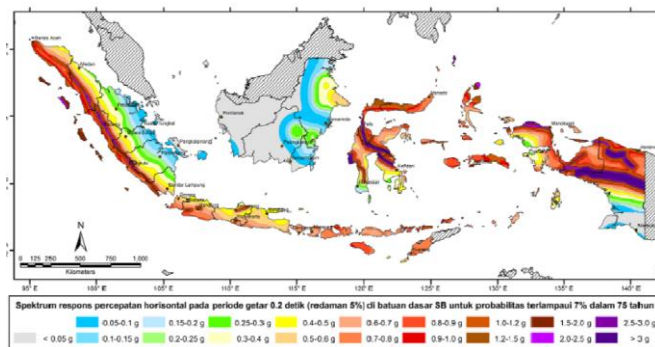
Berdasarkan pada gambar gambar 4.8 peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun , maka nilai PGA yang diperoleh adalah 0,25



Gambar 4. 12 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

- Nilai S_s (respon spektra 0,2 detik)

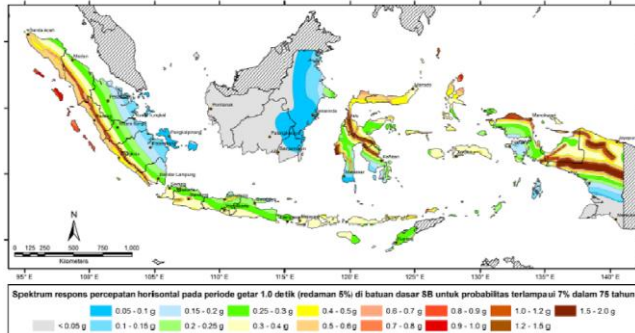
Berdasarkan pada gambar4.9 Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun , maka nilai S_s yang diperoleh adalah 0,5



Gambar 4. 13 Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

- Nilai S_1 (respon spektra 1 detik)

Berdasarkan pada gambar 4.10 Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun, maka nilai S_1 yang diperoleh adalah 0,25



Gambar 4. 14 Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

- Menentukan koefisien kelas situs (F_{PGA} , F_a , dan F_v)
Berdasarkan nilai PGA , S_s , dan S_1 yang diperoleh, pada tabel 2,2 faktor amplifikasi periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{pga}/F_a), dan tabel 2,3 nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v), untuk situs tanah lunak didapat:

$$\text{Nilai } F_{pga} = 1,45$$

$$\text{Nilai } F_a = 1,7$$

$$\text{Nilai } F_v = 3$$

- Menentukan Parameter Spektral A_s , S_{Ds} , dan S_{D1}
 - $A_s = F_{PGA} \times PGA$
 $= 1,45 \times 0,25$
 $= 0,363$
 - $S_{Ds} = F_a \times F_s$

$$= 1,7 \times 0,5$$

$$= 0,85$$

$$- S_{D1} = F_v \times S_1$$

$$= 3 \times 0,25$$

$$= 0,75$$

$$- T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$= 0,2 \times \frac{0,75}{0,85}$$

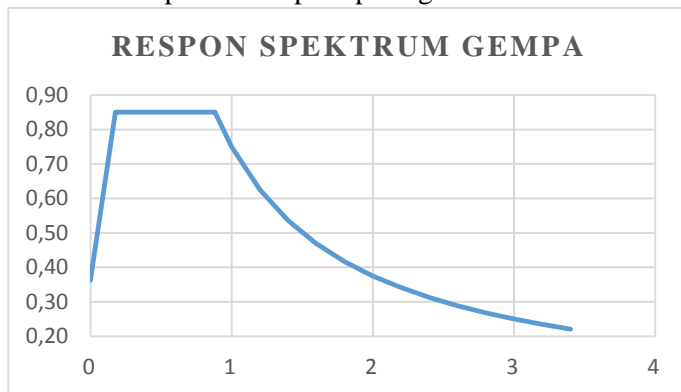
$$= 0,18$$

$$- T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$= \frac{0,75}{0,85}$$

$$= 0,88$$

Berdasarkan perhitungan parameter spektra, dapat digambarkan dalam sebuah grafik respons spektrum seperti pada gambar



Gambar 4. 15 Grafik respon spektrum gempa

Response Spectrum AASHTO 2007 Function Definition

Function Name

Function Damping Ratio

Parameters

Ss, S1 and PGA from USGS - by Lat/Long

Ss, S1 and PGA from USGS - by Zip Code

Ss, S1 and PGA User Specified

Site Latitude (degrees)

Site Longitude (degrees)

Site Zip Code (5-Digits)

0.2 Sec Spectral Accel, Ss

1 Sec Spectral Accel, S1

Peak Ground Accel., PGA

Site Class

Site Coefficient, Fa

Site Coefficient, Fv

Site Coefficient, Fpga

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = Fa * Ss

SD1 = Fv * S1

Define Function

Period	Acceleration
0.	0.3625
0.0988	0.525
0.1176	0.6875
0.1765	0.85
0.8824	0.85
1.	0.75
1.2	0.625
1.4	0.5357
1.6	0.4688

Function Graph

Gambar 4. 16 Input respon spektrum gempa ke SAP2000

4.5. Perencanaan Prategang U-girder

4.5.1. Perhitungan Kebutuhan Tendon

Pada tugas akhir ini, spesifikasi *strand* yang dipakai adalah dari OVM jenis *seven wired tress* berukuran 15 mm yang mengacu pada tabel OVM

Tabel 4. 3 Spesifikasi strand OVM

Main Data								
Type	13mm (0.5")				15mm (0.6")			
Designation	prEN 10138-3 (2006) Y1860S7	ASTM416-12 Grade 270	GB/T 5224-2003	prEN 10138-3 (2006) Y1860S7	ASTM416-11 Grade 270	GB/T 5224-2003		
Nom. Dia. (mm)	12.5	12.9	12.7	12.7	15.3	15.7	15.24	15.2
Nom. Cross Section (mm ²)	93	100	98.7	98.7	140	150	140	140
Nom. Mass (Kg/m)	0.726	0.781	0.775	0.775	1.093	1.172	1.102	1.101
Nom. Yield Strength (MPa)	1634	1640	1675	1636	1640	1676	1676	1676
Nom. Tensile Strength (MPa)	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1860
Min. Breaking Load (kN)	173	186	183.7	184	260	279	260.7	260
Young's Modulus (Gpa)	Approx. 195							
Relaxation after 1,000h at 20° C at 70% breaking load	Max. 2.5							

Type	18mm	22mm	28mm
Designation	JIS G3536-2008	JIS G3536-2008	JIS G3536-2008
Nom. Dia. (mm)	17.8	21.8	28.6
Nom. Cross Section (mm ²)	208.4	312.9	532.4
Nom. Mass (Kg/m)	1.652	2.482	4.229
Min. Breaking Load (kN)	387	573	949
Young's Modulus (Gpa)	Approx. 195		
Relaxation after 1,000h at 20° C at 70% breaking load	Max. 2.5		

Spesifikasi *strand strand* yang digunakan adalah sebagai berikut:

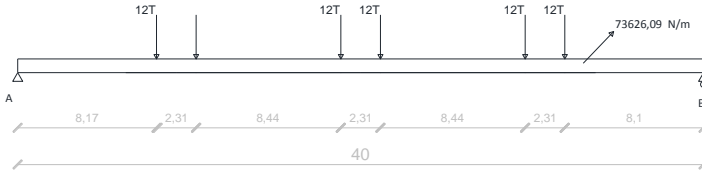
Diameter = 15,24 mm
 Luas nominal (Aps) = 140 mm²
 fpu = 1860 MPa
 Minimum Breaking Load (F) = 260,7 kN
 Modulus Elastisitas (Es) = 200000 MPa
 0,75F = 0,75 x 260,7kN
 = 195,525 kN
 = 195525 N

1 tendon bawah = 15 strand

1 tendon atas = 2 strand

Contoh perhitungan untuk merencanakan kebutuhan jumlah tendon :

- Pada saat layan, Struktur dimodelkan sebagai mekanika teknik statis tertentu dengan tumpuan sendi – rol



Gambar 4. 17 Permodelan beban mati

$$\begin{aligned}
 q &= 73626,09 \text{ N} \\
 L &= 40 \text{ m} \\
 &= 4000 \text{ mm} \\
 R_A &= 1976521,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

A. Perhitungan kebutuhan tendon untuk segmen 1 dan 14

- Perhitungan momen

$$\begin{aligned}
 M_1 &= 1976521,8 \text{ N} \times 2000 \text{ mm} - 73626,09 \text{ N} \times 2000 \\
 &\quad \text{mm} \times 1000 \text{ mm} \\
 &= 2912224670 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$
- Jumlah strand bawah yang diperlukan

$$F_{bot} = \frac{M}{(e + kb)}$$

$$\begin{aligned}
 F_{bot} &= \frac{2912224670}{(595,41 \text{ mm} + 367,59)} \\
 &= 3024102,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas strand yang dibutuhkan (Aps)} &= \frac{F}{0,75 f_{pu}} \\
 &= \frac{3024102,8 \text{ N}}{0,75 \times 1867} \\
 &= 2167,82 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Jumlah stand yang dipakai

Jadi, dapat dipasang tendon sebanyak 2 tendon yang berisi 15 strand dan 4 tendon berisi 12 strand

$$\begin{aligned} \text{Aps pasang} &= n_{tendon} \times n_{strand} \times \text{Aps strand} \\ &= 2 \times 15 \times 140 \text{ mm}^2 + 4 \times 12 \times 140 \text{ mm}^2 \\ &= 10920 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Aps pasang > Aps butuh
 $10920 \text{ mm}^2 > 2167,82 \text{ mm}^2$ (OK)

B. Perhitungan kebutuhan tendon untuk segmen 2 dan 13

- Perhitungan momen
 $M_2 = 1976521,8 \text{ N} \times 5000 \text{ mm} - 73626,09 \text{ N} \times 5000 \text{ mm} \times 2500 \text{ mm}$
 $= 6.904.737.142,76 \text{ N.mm}$
- Jumlah strand bawah yang diperlukan

$$F_{bot} = \frac{M}{(e + kb)}$$

$$\begin{aligned} F_{bot} &= \frac{6.904.737.142}{(595,41 \text{ mm} + 367,59)} \\ &= 7169994,54 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas strand yang dibutuhkan (Aps)} &= \frac{F}{0,75 f_{pu}} \\ &= \frac{3024102,8 \text{ N}}{0,75 \times 1867} \\ &= 5139,78 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah stand yang dipakai
 Jadi, dapat dipasang tendon sebanyak 2 tendon yang berisi 15 strand dan 6 tendon berisi 12 strand

$$\begin{aligned} \text{Aps pasang} &= n_{tendon} \times n_{strand} \times \text{Aps strand} \\ &= 2 \times 15 \times 140 \text{ mm}^2 + 6 \times 12 \times 140 \text{ mm}^2 \\ &= 14280 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Aps pasang > Aps butuh
 $14280 \text{ mm}^2 > 5139,78 \text{ mm}^2$ (OK)

C. Perhitungan kebutuhan tendon untuk segmen 3 dan 12

- Perhitungan momen

$$\begin{aligned} M_2 &= 1976521,8 \text{ N} \times 8000 \text{ mm} - 73626,09 \text{ N} \times 8000 \\ &\text{ mm} \times 4000 \text{ mm} \\ &= 10.446.260.173 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

- Jumlah strand bawah yang diperlukan

$$F_{bot} = \frac{M}{(e + kb)}$$

$$\begin{aligned} F_{bot} &= \frac{10.446.260.173}{(595,41 \text{ mm} + 367,59)} \\ &= 10847571,29 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas strand yang dibutuhkan (Aps)} &= \frac{F}{0,75 \text{ fpu}} \\ &= \frac{10847571,29 \text{ N}}{0,75 \times 1867} \\ &= 7776,04 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah stand yang dipakai

Jadi, dapat dipasang tendon sebanyak 2 tendon yang berisi 15 strand dan 6 tendon berisi 12 strand

$$\begin{aligned} \text{Aps pasang} &= n_{tendon} \times n_{strand} \times \text{Aps strand} \\ &= 2 \times 15 \times 140 \text{ mm}^2 + 6 \times 12 \times 140 \text{ mm}^2 \\ &= 14280 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Aps pasang > Aps butuh

$$14280 \text{ mm}^2 > 7776,04 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

D. Perhitungan kebutuhan tendon untuk segmen 4 dan 11

- Perhitungan momen

$$\begin{aligned} M_2 &= 1976521,8 \text{ N} \times 11000 \text{ mm} - 73626,09 \text{ N} \times 11000 \\ &\text{ mm} \times 5500 \text{ mm} - 168000 \text{ N} \times 2830 \text{ mm} - 168000 \text{ N} \times \\ &520 \text{ mm} \\ &= 12.973.993.763,15 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

- Jumlah strand bawah yang diperlukan

$$F_{bot} = \frac{M}{(e + kb)}$$

$$F_{bot} = \frac{12.973.993.763,15}{(595,41 \text{ mm} + 367,59)}$$

$$= 13472412,13 \text{ N}$$

$$\text{Luas strand yang dibutuhkan (Aps)} = \frac{F}{0,75 \text{ fpu}}$$

$$= \frac{13472412,13 \text{ N}}{0,75 \times 1867}$$

$$= 9657,64 \text{ mm}^2$$

- Jumlah stand yang dipakai

Jadi, dapat dipasang tendon sebanyak 2 tendon yang berisi 15 strand dan 8 tendon berisi 12 strand

$$\text{Aps pasang} = n_{tendon} \times n_{strand} \times \text{Aps strand}$$

$$= 2 \times 15 \times 140 \text{ mm}^2 + 8 \times 12 \times 140 \text{ mm}^2$$

$$= 17640 \text{ mm}^2$$

Aps pasang > Aps butuh

$$17640 \text{ mm}^2 > 9657,64 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

E. Perhitungan kebutuhan tendon untuk segmen 5 dan 10

- Perhitungan momen

$$M_2 = 1976521,8 \text{ N} \times 14000 \text{ mm} - 73626,09 \text{ N} \times 14000 \text{ mm} \times 7000 \text{ mm} - 168000 \text{ N} \times 5830 \text{ mm} - 168000 \text{ N} \times 3520 \text{ mm}$$

$$= 14.605.537.913,01 \text{ N}$$

- Jumlah strand bawah yang diperlukan

$$F_{bot} = \frac{M}{(e + kb)}$$

$$F_{bot} = \frac{14.605.537.913,01}{(595,41 \text{ mm} + 367,59)}$$

$$= 15166634,87 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas strand yang dibutuhkan (Aps)} &= \frac{F}{0,75 \text{ fpu}} \\ &= \frac{15166634,87 \text{ N}}{0,75 \times 1867} \\ &= 10872,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah stand yang dipakai

Jadi, dapat dipasang tendon sebanyak 2 tendon yang berisi 15 strand dan 10 tendon berisi 12 strand

$$\begin{aligned} \text{Aps pasang} &= n_{tendon} \times n_{strand} \times \text{Aps strand} \\ &= 2 \times 15 \times 140 \text{ mm}^2 + 10 \times 12 \times 140 \text{ mm}^2 \\ &= 21000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Aps pasang > Aps butuh

$$21000 \text{ mm}^2 > 10872,14 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

F. Perhitungan kebutuhan tendon untuk segmen 6 dan 9

- Perhitungan momen

$$\begin{aligned} M_2 &= 1976521,8 \text{ N} \times 17000 \text{ mm} - 73626,09 \text{ N} \times 17000 \\ &\text{ mm} \times 8500 \text{ mm} - 168000 \text{ N} \times 8830 \text{ mm} - 16800 \text{ N} \times \\ &6520 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$= 15.786.092.622,33 \text{ N}$$

- Jumlah strand bawah yang diperlukan

$$F_{bot} = \frac{M}{(e + kb)}$$

$$\begin{aligned} F_{bot} &= \frac{15.786.092.622,33}{(595,41 \text{ mm} + 367,59)} \\ &= 16392542,62 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas strand yang dibutuhkan (Aps)} &= \frac{F}{0,75 \text{ fpu}} \\ &= \frac{16392542,62 \text{ N}}{0,75 \times 1867} \\ &= 11750,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah stand yang dipakai

Jadi, dapat dipasang tendon sebanyak 2 tendon yang berisi 15 strand dan 10 tendon berisi 12 strand

$$\begin{aligned} \text{Aps pasang} &= n_{tendon} \times n_{strand} \times \text{Aps strand} \\ &= 2 \times 15 \times 140 \text{ mm}^2 + 10 \times 12 \times 140 \text{ mm}^2 \\ &= 21000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Aps pasang > Aps butuh

$$21000 \text{ mm}^2 > 11750,93 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

G. Perhitungan kebutuhan tendon untuk segmen 7 dan 8

- Perhitungan momen

$$\begin{aligned} M_2 &= 1976521,8 \text{ N} \times 20000 \text{ mm} - 73626,09 \text{ N} \times 20000 \\ &\text{ mm} \times 10000 \text{ mm} - 168000 \text{ N} \times 11830 \text{ mm} - 16800 \text{ N} \times \\ &9520 \text{ mm} - 168000 \text{ N} \times 1080 \text{ mm} \\ &= 16.334.217.891,04 \text{ N} \end{aligned}$$

- Jumlah strand bawah yang diperlukan

$$F_{bot} = \frac{M}{(e + kb)}$$

$$\begin{aligned} F_{bot} &= \frac{16.334.217.891,04}{(595,41 \text{ mm} + 367,59)} \\ &= 16961725,07 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas strand yang dibutuhkan (Aps)} &= \frac{F}{0,75 f_{pu}} \\ &= \frac{16961725,07 \text{ N}}{0,75 \times 1867} \\ &= 12158,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jumlah stand yang dipakai

Jadi, dapat dipasang tendon sebanyak 2 tendon yang berisi 15 strand dan 10 tendon berisi 12 strand

$$\begin{aligned} \text{Aps pasang} &= n_{tendon} \times n_{strand} \times \text{Aps strand} \\ &= 2 \times 15 \times 140 \text{ mm}^2 + 10 \times 12 \times 140 \text{ mm}^2 \\ &= 21000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Aps pasang > Aps butuh

21000 mm² > 12158,94 mm² (OK)

4.5.2 Permodelan Struktur U-Girder pada SAP2000

Input gaya prategang pada SAP2000

Tabel 4. 4 input gaya prategang pada SAP2000

Posisi tendon	Jumlah Strand	P (kN)
Atas	2	391,05
Bawah (a)	15	2932,88
Bawah (b)	12	2346,3

Denah pemasangan tendon dapat dilihat pada gambar 4.19 dan 4.20. kemudian dilakukan input besar gaya pratekan pada SAP sesuai dengan gaya yang direncanakan, seperti pada gambar 4.23 dan gambar 4.24

Tendon Section Data

Tendon Section Name

Section Notes

Tendon Modeling Options For Analysis Model

Model Tendon as Loads

Model Tendon as Elements

Tendon Parameters

Prestress Type

Material Property

Tendon Properties

Specify Tendon Diameter

Specify Tendon Area

Torsional Constant

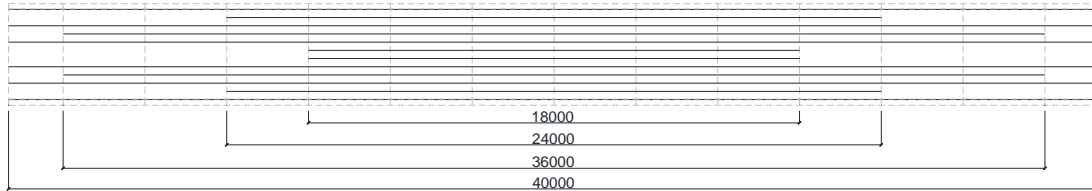
Moment of Inertia

Shear Area

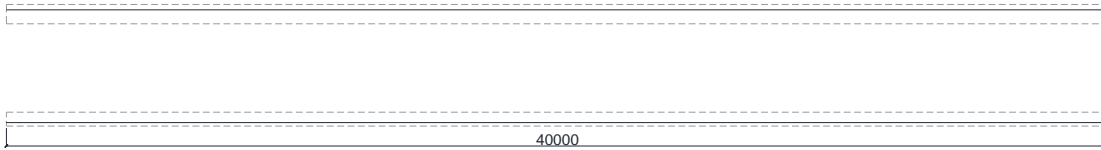
Units

Display Color

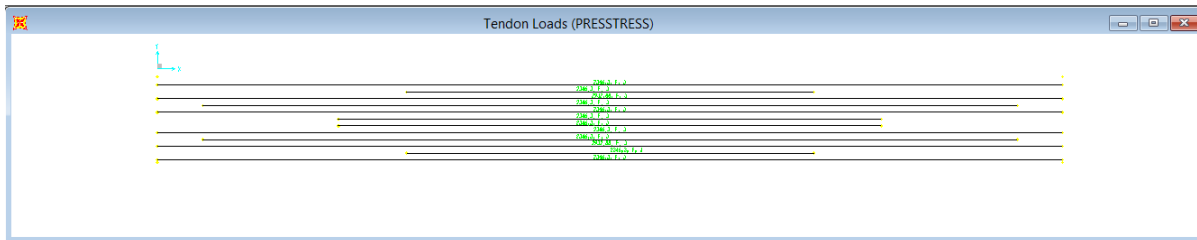
Gambar 4. 18 Input tendon pada SAP2000



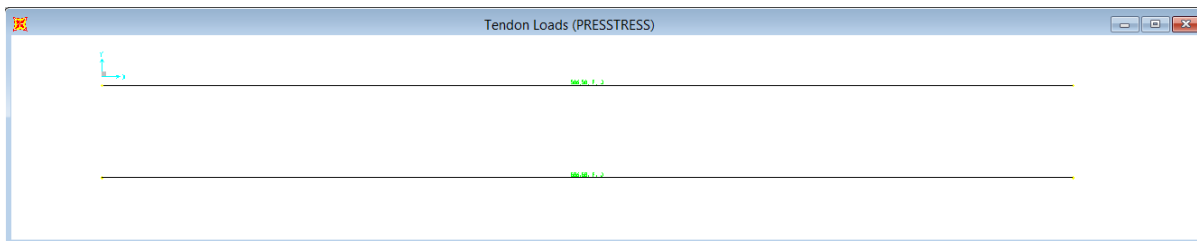
Gambar 4. 19 Layout tendon bawah



Gambar 4. 20 Layout tendon atas



Gambar 4. 21 Layout tendon bawah pada SAP2000



Gambar 4. 22 Layout tendon atas pada SAP2000

Tendon Data For Line Object 97

Point ID	Segment Type From Point (n-1) to Point(n)	X Coord mm	Y Coord mm	Z Coord mm
2	Linear	40000.	-707.14	-1750.
1	Start of Tendon	0.	-707.14	-1750.
2	Linear	40000.	-707.14	-1750.

Notes: 1. Parabolic and circular "intermediate point" segments use points (n-1), (n) and (n+1).
2. Parabolic and circular "end point" segments use points (n-2), (n-1) and (n).

Tendon End Point Objects
 I-End: 239
 E-End: 240

Tendon Section
 TEND1

Tendon Loads
 Yes: 1

Tendon Local Axes Angle
 0.

Max. Tendon Discretization
 Length: 1524.

Group Loaded By Tendon
 ALL

Coordinate System
 GLOBAL

Units
 KN, mm, C

Move
 Move Tendon...

OK Cancel

Gambar 4. 23 Permodelan tendon pada SAP2000

Tendon Load Assignment Data For Line Object 97

Tabular Data	PRESSTRESS
Load Pattern	Force
Load Type	Both Ends
Jack From This Location	2932,98
Tendon End Force (KN)	
Tendon End Stress (KN/mm ²)	
Curvature Coefficient (Unitless)	0,15
Wobble Coefficient (1/mm)	3,281E-06
Anchorage Set Slip (mm)	6,35
Loss - Elastic Shortening Stress (KN/mm ²)	0,0207
Loss - Creep Stress (KN/mm ²)	0,0345
Loss - Shrinkage Stress (KN/mm ²)	0,0483
Loss - Steel Relaxation Stress (KN/mm ²)	0,0345

Units
 KN, mm, C

Done

Gambar 4. 24 Input gaya pratekan pada SAP2000

4.5.3. Kontrol Tegangan

Berdasarkan hitungan dari tegangan ijin, diperoleh tegangan ijin sebagai berikut :

- Pada saat transfer :
 σ tekan = 26,40 MPa
 σ tarik = -1,66 MPa
- Pada saat layan :
 σ tekan = 22,5 MPa
 σ tarik = -3,54 MPa

untuk menghitung tegangan yang terjadi pada penampang pada saat transfer, dipakai rumus sebagai berikut.

$$f_t = \frac{F_{top} + F_{bot}}{A} + \frac{F_{top} e_{top} Y_{top}}{I} - \frac{F_{bot} e_{bot} Y_{top}}{I} + \frac{M \cdot Y_{top}}{I}$$

$$f_b = \frac{F_{top} + F_{bot}}{A} - \frac{F_{top} e_{top} Y_{bot}}{I} + \frac{F_{bot} e_{bot} Y_{bot}}{I} - \frac{M \cdot Y_{bot}}{I}$$

dimana,

- f_t = tegangan serat atas penampang
 f_b = tegangan serat bawah penampang
 F = gaya yang dihasilkan oleh tendon
 A = luas penampang
 I = momen inersia penampang
 e = eksentrisitas tendon atas dan bawah
 Y = jarak dari titik berat penampang ke serat penampang terluar

$$F_{top} = \frac{A_{ps} \text{ pasang}}{A_{ps} \text{ 1 strand}} \times 0,75 F$$

$$= \frac{10920 \text{ mm}^2}{140 \text{ mm}^2} \times 0,75 \times 260700 \text{ N}$$

$$= 15250950 \text{ N}$$

$$F_{bot} = \frac{1120 \text{ mm}^2}{140 \text{ mm}^2} \times 0,75 \times 260700 \text{ N}$$

$$= 1564200 \text{ N}$$

$$A = 2000955,833 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 e_{\text{top}} &= 1154 \text{ mm} \\
 e_{\text{bot}} &= 595,41 \text{ mm} \\
 Y_{\text{top}} &= 1279,59 \text{ mm} \\
 Y_{\text{bot}} &= 720,41 \text{ mm} \\
 I &= 941190136421 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Perhitungan fci serat atas

$$\begin{aligned}
 \frac{F_{\text{top}} + F_{\text{bot}}}{A} &= \frac{15250950 + 1564200}{2000955,833} \\
 &= 8,40
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{F_{\text{top}} e_{\text{top}} Y_{\text{top}}}{I} &= \frac{15250950 \times 1154 \times 1279,59}{941190136421} \\
 &= 2,46 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{F_{\text{bot}} \cdot e_{\text{bot}} \cdot Y_{\text{top}}}{I} &= \frac{1564200 \times 595,41 \times 1279,59}{941190136421} \\
 &= 12,35 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{M \cdot Y_{\text{top}}}{I} &= \frac{977143788 \cdot 1279,59}{941190136421} \\
 &= 1,33 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_t &= \frac{F_{\text{top}} + F_{\text{bot}}}{A} + \frac{F_{\text{top}} e_{\text{top}} Y_{\text{top}}}{I} - \frac{F_{\text{bot}} \cdot e_{\text{bot}} \cdot Y_{\text{top}}}{I} + \frac{M \cdot Y_{\text{top}}}{I} \\
 &= 8,40 \text{ N/mm}^2 + 2,46 \text{ N/mm}^2 - 12,35 \text{ N/mm}^2 + 1,33 \text{ N/mm}^2 \\
 &= -0,16 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$-1,66 \text{ MPa} < 0,16 \text{ MPa} < 26,40 \text{ MPa} \text{ (OK)}$$

Perhitungan fci serat bawah

$$\frac{F_{top} \cdot e_{top} \cdot Y_{bot}}{I} = \frac{15250950 \times 1154 \times 720,41}{941190136421}$$

$$= 1,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{bot}}{I} = \frac{1564200 \times 595,41 \times 720,41}{941190136421}$$

$$= 6,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{M \cdot Y_{top}}{I} = \frac{977143788 \cdot 720,41}{941190136421}$$

$$= 0,75 \text{ N/mm}^2$$

$$F_b = \frac{F_{top} + F_{bot}}{A} - \frac{F_{top} \cdot e_{top} \cdot Y_{bot}}{I} + \frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{bot}}{I} - \frac{M \cdot Y_{bot}}{I}$$

$$= 8,40 \text{ N/mm}^2 - 1,38 \text{ N/mm}^2 + 6,95 \text{ N/mm}^2 - 0,75 \text{ N/mm}^2$$

$$= 13,22 \text{ N/mm}^2$$

$$-1,66 \text{ MPa} < 13,22 \text{ MPa} < 26,40 \text{ MPa (OK)}$$

Sedangkan pada kondisi layan, dilakukan perhitungan yang sama, tetapi setelah kehilangan pratekan akibat perpendekan elastis, gesekan, dan slip angkur bekerja.

A. Kehilangan pratekan akibat perpendekan elastis

Untuk sistem pascatarik beton memendek saat tendon diangkurkan terhadap beton, karena gaya pada kabel dihitung setelah perpendekan elastis terhadap beton terjadi. Jika tendon yang dimiliki lebih dari satu, tendon-tendon tersebut ditarik secara berurutan, maka gaya prategang secara bertahap bekerja pada tendon, perpendekan beton akan bertambah apabila setiap kabel diikatkan padanya.

$$E_s = \text{Kehilangan Gaya akibat Perpendekan Elastis Beton (N)}$$

- K_{es} = Koefisien untuk komponen Struktur Pascatarik (0,5)
 E_s = Modulus Elastisitas Baja (195000 MPa)
 f_{cir} = Tegangan Beton yang melalui titik berat baja (c.g.s) akibat gaya prategang yang efektif segera setelah gaya prategang telah dikerjakan pada beton (MPa)
 E_{ci} = Modulus Elastisitas Beton (MPa)
 A_{ps} = Luas Penampang Kabel Baja Prategang (mm²)
 Modulus Elastisitas Eci :

$$\begin{aligned}
 E_{ci} &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{50} \\
 &= 33234,019 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton pada tendon atas (Δ_{ES}) :

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ES} &= K_{es} E_s \frac{F_{cir}}{E_{ci}} \\
 &= 0,5 \times 200000 \times \frac{0,16}{33234,019} \\
 &= 0,48 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton pada tendon atas (Δ_{ES}) :

$$\begin{aligned}
 \Delta_{ES} &= K_{es} E_s \frac{F_{cir}}{E_{ci}} \\
 &= 0,5 \times 200000 \times \frac{13,22}{33234,019} \\
 &= 39,79 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

B. Kehilangan prategang akibat gesekan

Pada saat dilakukan *stressing* (penarikan kabel prategang) dengan menggunakan dongkrak *jack hidraulic*. Kabel prategang mengalami kehilangan sebagian gaya prategang yang diakibatkan oleh gesekan kabel dan efek kelengkungan

tendon, sehingga tegangan yang ada pada tendon atau kabel prategang menjadi lebih kecil dari pada bacaan pada alat *pressure gauge*. Sehingga perlu dihitung besar kehilangan gaya prategangnya. Kehilangan akibat gesekan ini dapat dipertimbangkan pada dua bagian yaitu pengaruh panjang dan kelengkungan sehingga dapat dijelaskan sebagai pengaruh naik turunnya kabel (*wobbling effect*) dan tergantung dari panjang dan tegangan tendon serta koefisien gesekan antara bahan yang bersentuhan. Gesekan antara kabel dengan *duct* yang menyebabkan besarnya tarikan pada bahan ujung.

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = -KL - \mu\alpha$$

$$K = 0,0016$$

$$\mu = 0,15$$

$$\alpha = 0$$

$$L = 40 \text{ m}$$

$$F_2 - F_1 = -(KL + \mu\alpha) \cdot F_1$$

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = -0,0016 \times 1 - 0,15 \times 0$$

$$= 0,0016$$

$$\Delta fs_1 = 0,016 \cdot f_{pi}$$

$$= 0,016 \times 1396,607$$

$$= 2,23 \text{ MPa}$$

C. Kehilangan pratekan akibat slip angkut

Pada sistem pascatarik setelah kabel ditarik kemudian dilepas, panjang tarikan akan lebih kecil, karena terjadi slip pada angkur saat *hidraulic* dilepaskan, artinya ada kehilangan gaya pratekan akibat slip yang terjadi pada angkur. Besarnya slip tergantung pada jenis angkur yang terbentuk baji (*wedge*) dan tegangan pada kabel. Rata-rata slip yang terjadi sebesar 2,5 mm

$$\begin{aligned}
 \text{ANC} &= \Delta f_{s2} = \frac{\Delta a E_s}{L} \\
 &= \frac{2,5 \times 200000}{20000} \\
 &= 12,5 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tegangan efektif pada tendon atas (f_{se}) :

$$\begin{aligned}
 f_{se} &= f_s - \Delta_{ES} - \Delta_{fs1} - \Delta_{fs2} \\
 &= 1396,607 - 0,48 - 2,23 - 12,5 \\
 &= 1382 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tegangan efektif pada tendon atas (f_{se}) :

$$\begin{aligned}
 f_{se} &= f_s - \Delta_{ES} - \Delta_{fs1} - \Delta_{fs2} \\
 &= 1396,607 - 39,79 - 2,23 - 12,5 \\
 &= 1342 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Gaya prategang efektif pada tendon atas (F_{se}) :

$$\begin{aligned}
 F_{se} &= \text{Jml tendon} \times A_{ps} \times f_{se} \times \text{Jml strand} \\
 &= (2 \times 140 \text{ mm}^2 \times 1382,70 \text{ MPa} \times 4) \\
 &= 1548230 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Gaya prategang efektif pada tendon bawah (F_{se}) :

$$\begin{aligned}
 F_{se} &= \text{Jml tendon} \times A_{ps} \times f_{se} \times \text{Jml strand} \\
 &= (2 \times 140 \text{ mm}^2 \times 1342,70 \text{ MPa} \times 15) + (4 \times 140 \text{ mm}^2 \times \\
 &\quad 1342,70 \text{ MPa} \times 12) \\
 &= 14655544 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Perhitungan fci serat atas

$$\begin{aligned}
 \frac{F_{top} + F_{bot}}{A} &= \frac{1548230 + 14655544}{2000955,833} \\
 &= 8,10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{F_{top} e_{top} Y_{top}}{I} &= \frac{11548239 \times 1154 \times 1279,59}{941190136421} \\
 &= 2,43 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{top}}{I} = \frac{14655544 \times 595,41 \times 1279,59}{941190136421}$$

$$= 11,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{M \cdot Y_{top}}{I} = \frac{1481167304 \times 1279,59}{941190136421}$$

$$= 2,01 \text{ N/mm}^2$$

$$f_t = \frac{F_{top} + F_{bot}}{A} + \frac{F_{top} e_{top} Y_{top}}{I} - \frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{top}}{I} + \frac{M \cdot Y_{top}}{I}$$

$$= 8,10 \text{ N/mm}^2 + 2,43 \text{ N/mm}^2 - 11,86 \text{ N/mm}^2 + 2,01 \text{ N/mm}^2$$

$$= 0,68 \text{ N/mm}^2$$

-3,54 MPa < 0,68 MPa < 22,5 MPa (OK)

Perhitungan fci serat bawah

$$\frac{F_{top} e_{top} Y_{bot}}{I} = \frac{1548230 \times 1154 \times 720,41}{941190136421}$$

$$= 1,37 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{bot}}{I} = \frac{1564200 \times 595,41 \times 720,41}{941190136421}$$

$$= 6,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{M \cdot Y_{bot}}{I} = \frac{1481167304 \cdot 720,41}{941190136421}$$

$$= 1,13 \text{ N/mm}^2$$

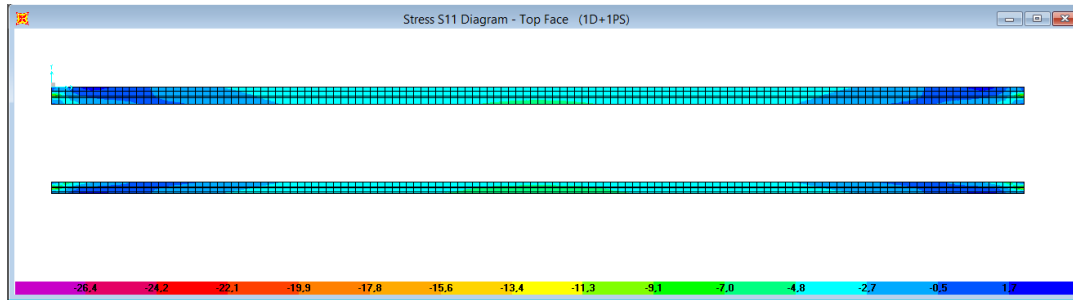
$$f_b = \frac{F_{top} + F_{bot}}{A} - \frac{F_{top} e_{top} Y_{bot}}{I} + \frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{bot}}{I} - \frac{M \cdot Y_{bot}}{I}$$

$$= 8,10 \text{ N/mm}^2 - 1,37 \text{ N/mm}^2 + 6,68 \text{ N/mm}^2 - 1,13 \text{ N/mm}^2$$

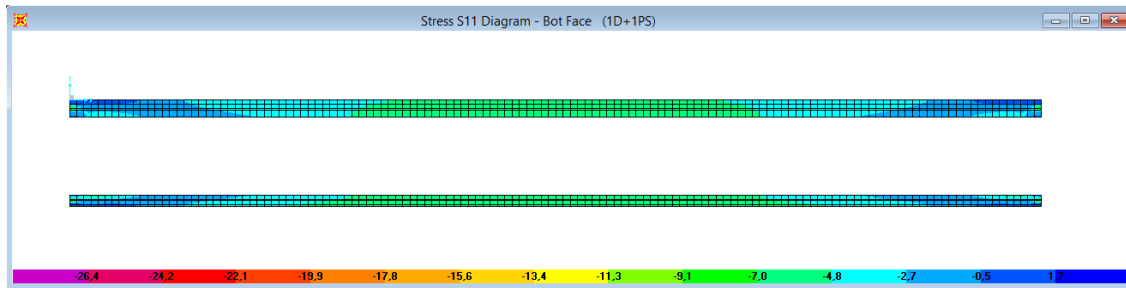
$$= 12,28 \text{ N/mm}^2$$

-1,66 MPa < 12,28 MPa < 26,40 MPa (OK)

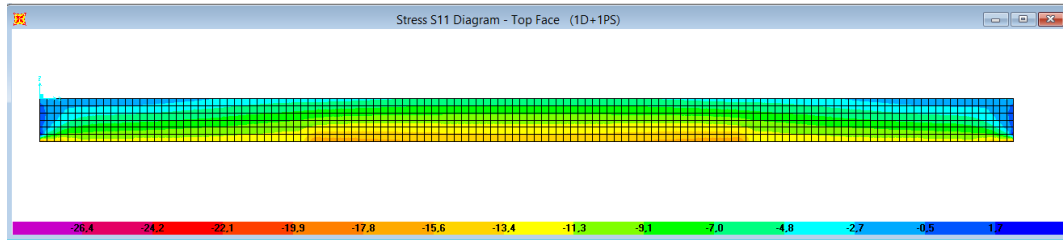
Dapat dilihat pada gambar 4.25 sampai dengan gambar 4.30 bahwa tegangan tarik dan tekan yang terjadi pada saat transfer tidak melebihi tegangan yang diijinkan, yaitu 26,40 MPa untuk tegangan tekan dan 1,66 MPa untuk tegangan tarik. Sedangkan pada saat kondisi layan, dapat dilihat pada gambar 4.31 sampai dengan gambar 4.36 bahwa tegangan tarik dan tekan juga tidak melebihi tegangan yang diijinkan, yaitu 22,5 MPa untuk tegangan tekan dan 3,54 MPa untuk tegangan tarik.



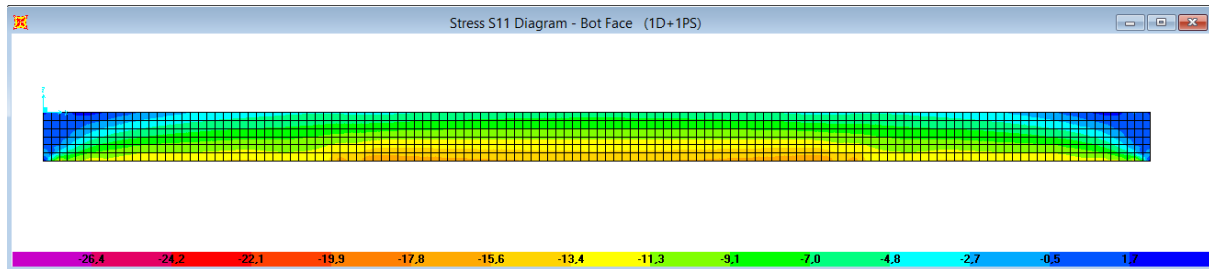
Gambar 4. 25 Diagram tegangan top face slab atas pada saat transfer



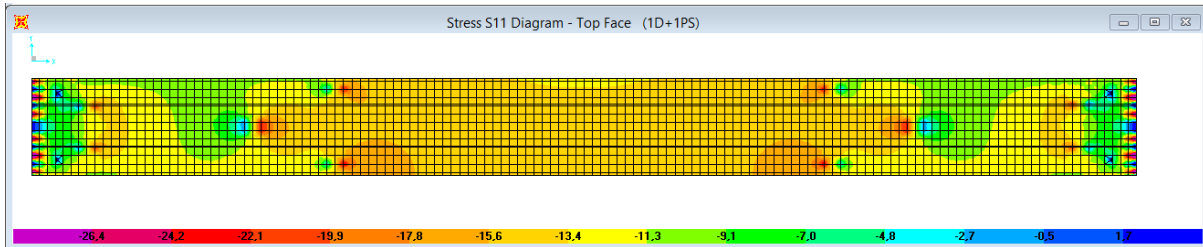
Gambar 4. 26 Diagram tegangan bot face slab atas pada saat transfer



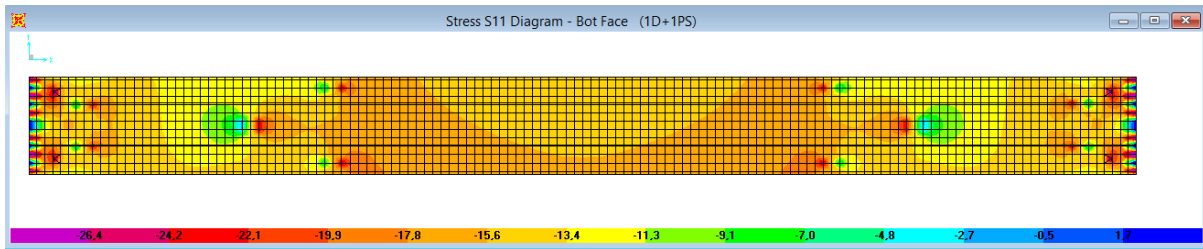
Gambar 4. 27 Diagram tegangan top face web slab pada saat transfer



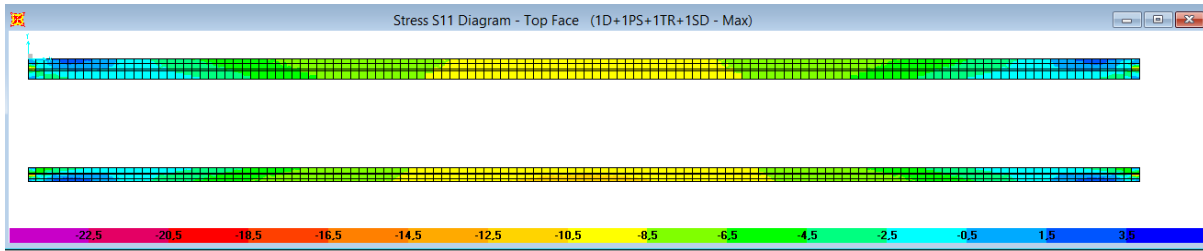
Gambar 4. 28 Diagram tegangan bot face web slab pada saat transfer



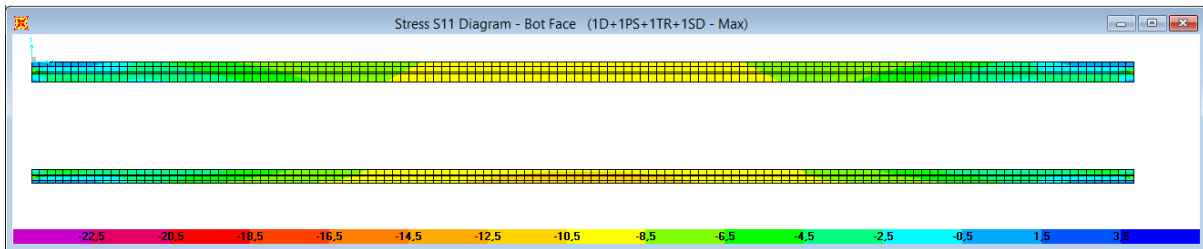
Gambar 4. 29 Diagram tegangan top face slab bawah pada saat transfer



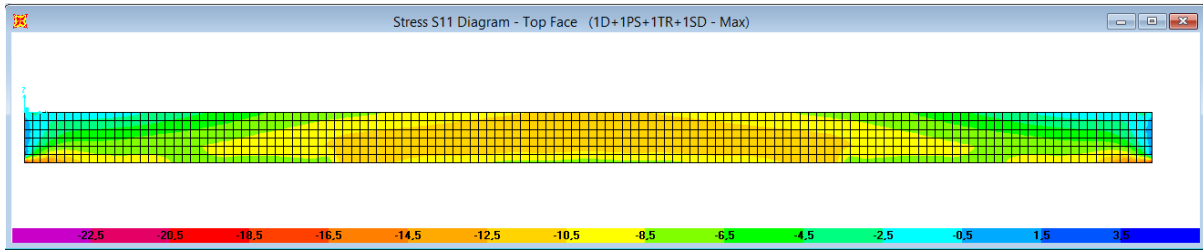
Gambar 4. 30 Diagram tegangan bottom face slab bawah pada saat transfer



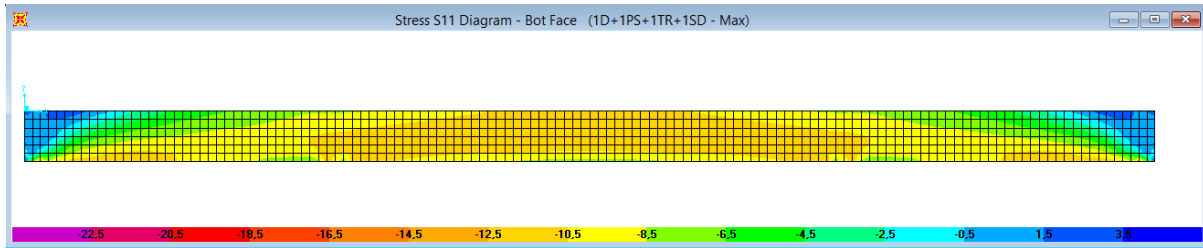
Gambar 4. 31 Diagram tegangan top face slab atas pada saat layan



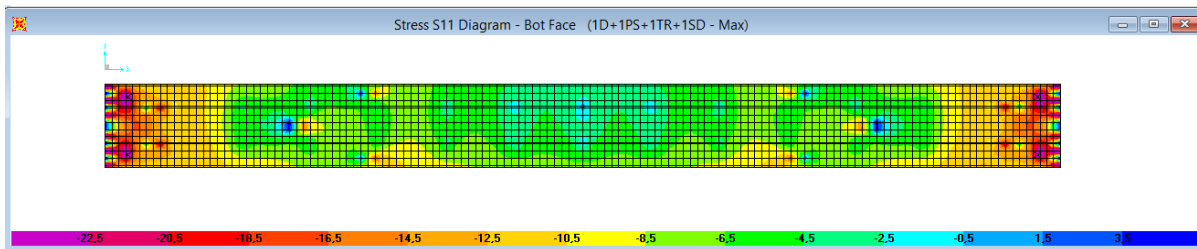
Gambar 4. 32 Diagram tegangan bottom face slab atas pada saat layan



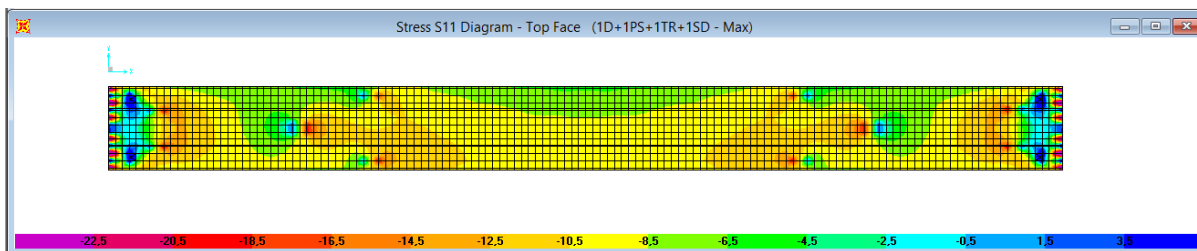
Gambar 4. 33 Diagram tegangan top face web slab pada saat layan



Gambar 4. 34 Diagram tegangan bottom face web slab pada saat layan



Gambar 4. 35 Diagram tegangan bottom face slab bawah pada saat layan



Gambar 4. 36 Diagram tegangan top face slab bawah pada saat layan

4.5.4. Kehilangan Pratekan

Kehilangan pratekan dibagi menjadi 2, yaitu :

- Kehilangan pratekan pada saat transfer
Pada saat transfer, kehilangan pratekan yang bekerja meliputi :
 - Perpendekan elastis
 - Kehilangan pratekan akibat gesekan
 - Kehilangan pratekan akibat slip ankur
 - Kehilangan pratekan pada saat layan
Pada saat layan, kehilangan pratekan yang bekerja meliputi :
 - Rangkak beton (CR)
 - Susut beton (SH)
 - Relaksasi baja (RE)
- a) Kehilangan pratekan akibat perpendekan elastis

Saat gaya pratekan pada strand dialihkan ke beton, maka komponen struktur akan memendek dan baja pratekan turut memendek bersamaan.

$$\Delta ES = K_{es} \cdot F_{cir} \cdot \frac{E_s}{E_{ci}}$$

$$E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

$$E_{ci} = 4700\sqrt{f_c}$$

$$= 4700\sqrt{50} \text{ MPa}$$

$$= 31176,27 \text{ MPa}$$

$$K_{es} = 0,5 \text{ (Pasca tarik)}$$

$$F_{cir} = -15,454 \text{ MPa (output SAP2000)}$$

$$\Delta ES = 0,5 \cdot 15,454 \text{ MPa} \cdot \frac{200000 \text{ MPa}}{31176,27 \text{ MPa}}$$

$$= 49,6 \text{ MPa}$$

- b) Kehilangan pratekan akibat gesekan

Kehilangan gaya prategang akibat gesekan terjadi diantara tendon dan bahan sekelilingnya.

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = -KL - \mu\alpha$$

$$K = 0,0016$$

$$\mu = 0,15$$

$$\alpha = 0$$

$$L = 40 \text{ m}$$

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = -0,0016 \times 40 - 0,15 \times 0$$

$$= 0,064$$

$$\Delta f_{s1} = 0,064 \cdot f_{pi}$$

$$= 0,064 \times 1396,607$$

$$= 89,38286 \text{ MPa}$$

- c) Kehilangan pratekan akibat slip ankur

Pada sistem paskatarik, besar gaya pratekan akan berkurang karena terjadi slip ankur pada saat *hidraulic* dilepaskan. Rata-rata slip yang terjadi sekitar 2,5 mm (TY, lin)

$$\begin{aligned} \text{ANC} &= \frac{\Delta a E s}{L} \\ &= \frac{2,5 \text{ mm} \times 200000 \text{ MPa}}{40000 \text{ mm}} \\ &= 12,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

- d) Rangkak beton

Semakin bertambahnya waktu, beton dapat mengalami regangan yang diakibatkan oleh beban mati. Kehilangan gaya pratekan akibat rangkak beton dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$CR = Kcr \cdot \frac{Es}{Ec} \cdot (f_{cir} - f_{cds})$$

$Kcr = 1,6$ untuk paska tarik
 $f_{cds} =$ tegangan beton pada titik berat tendon akibat seluruh beban mati yang bekerja. (*output* SAP2000)
 $f_{cir} =$ tegangan beton pada garis berat baja(cgs) akibat gaya pratekan yang efektif segera setelah gaya prategang telah bekerja pada beton. (*output* SAP2000)

$$CR = 1,6 \cdot \frac{200000}{31176,27} \cdot (15,454 - 17,065)$$

$$= 16,5 \text{ MPa}$$

e) Susut beton

Susut pada beton dipengaruhi oleh berbagai factor seperti rangkai, perbandingan antara volume dan permukaan, kelembaban relatif, dan waktu dari akhir perawatan sampai dengan bekerjanya gaya prategang. Persamaan yang dipakai dalam memperhitungkan kehilangan pratekan akibat susut pada beton adalah :

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} \times Ksh \times Es \left(1 - 0,06 \frac{V}{S}\right) (100 - RH)$$

$$Ksh = 0,77$$

$$V = \text{volume penampang} \\ = 2000955833 \text{ mm}^3$$

$$S = \text{Keliling penampang} \\ = 1677623,91 \text{ mm}^2$$

$$V/S = 1,19 \text{ mm}$$

$$RH = \text{kelembaban udara rata-rata} \\ = 80\%$$

$$SH = 8,2 \times 10^{-6} \times Ksh \times Es \left(1 - 0,06 \frac{V}{S}\right) (100 - RH)$$

$$\begin{aligned} SH &= 8,2 \times 10^{-6} \times 0,77 \times 200000(1 - \\ &0,06 \times 1,19)(100 - 80) \\ &= 23,4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

f) Relaksasi

Percobaan pada baja pratekan dengan perpanjangan yang konstan dan dijaga tetap pada suatu selang waktu memperlihatkan bahwa gaya prategang akan berkurang secara perlahan.

$$\begin{aligned} RE &= [K_{re} - J(SH + CR + ES)]C \\ K_{re} &= 138 \text{ MPa} \\ J &= 0,15 \\ C &= 1,45 \\ RE &= [138 - 0,15(23,4 + 16,5 + 49,6)]1,45 \\ &= 180,622 \text{ MPa} \end{aligned}$$

g) Kehilangan gaya prategang total

Berdasarkan T.Y Lin, kehilangan total untuk paska tarik tidak boleh melampaui 20%

$$\begin{aligned} \text{Kehilangan total} &= ES + CR + SH + RE \\ &= 49,6 + 16,5 + 23,4 + 180,622 \\ &= 270,176 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ loss} &= \frac{270,176 \text{ MPa}}{1396,607 \text{ MPa}} \times 100\% \\ &= 19,35\% < 20\% \text{ OK} \end{aligned}$$

Perhitungan kehilangan gaya prategang pada segmen yang lain dapat dilihat pada 4.7

Tabel 4. 5 perhitungan kehilangan pratekan

bentang (m)	fcds (Mpa)	n tendon			Fse (N/mm2)		fci (Mpa)	Δ_{e1}	Δ_{e2}	ANC	CR	SH	RE	f_{se}	F_{se}	Δ_{e1}	CR	SH	RE	Total Loss	Batas
		atas	bawah (a)	bawah (b)	atas	bawah															
1	-7,27	2	2	4	1551016	14448900	-4,53	14,5	-7,2	12,5	28,1	23,4	185,726	1E+03	5E+06	1,04%	2,02%	1,68%	13,31%	18,05%	OK
2	-5,72	2	2	4	1544510	14448613	-4,82	15,5	-7,7	12,5	9,2	23,4	189,636	1E+03	5E+06	1,11%	0,66%	1,68%	13,59%	17,04%	OK
3	-5,11	2	2	6	1544303	18670655	-3,07	9,8	-4,9	13,9	21,0	23,4	188,298	1E+03	5E+06	0,71%	1,50%	1,68%	13,50%	17,39%	OK
4	-5,65	2	2	6	1538500	18712307	-5,21	16,7	-8,3	13,9	4,5	23,4	190,387	1E+03	5E+06	1,20%	0,32%	1,68%	13,65%	16,85%	OK
5	-6,82	2	2	6	1533049	18751436	-6,37	20,4	-10,2	13,9	4,6	23,4	189,554	1E+03	5E+06	1,46%	0,33%	1,68%	13,59%	17,06%	OK
6	-7,12	2	2	6	1524839	18748373	-5,47	17,5	-8,7	16,7	17,0	23,4	187,488	1E+03	5E+06	1,26%	1,22%	1,68%	13,44%	17,60%	OK
7	-5,47	2	2	6	1520091	18782452	-6,20	19,9	-9,9	16,7	7,5	23,4	189,045	1E+03	5E+06	1,42%	0,54%	1,68%	13,55%	17,20%	OK
8	-9,06	2	2	6	1515695	18814007	-8,23	26,4	-13,2	16,7	8,5	23,4	187,401	1E+03	5E+06	1,89%	0,61%	1,68%	13,43%	17,62%	OK
9	-14,85	2	2	8	1514487	22838652	-14,30	45,9	-22,9	20,8	5,6	23,4	183,795	1E+03	5E+06	3,29%	0,40%	1,68%	13,18%	18,55%	OK
10	-11,50	2	2	8	1510794	22871395	-12,22	39,2	-19,6	20,8	7,4	23,4	184,859	1E+03	5E+06	2,81%	0,53%	1,68%	13,25%	18,27%	OK
11	-9,59	2	2	8	1507454	22901019	-8,65	27,7	-13,8	20,8	9,6	23,4	186,868	1E+03	5E+06	1,99%	0,69%	1,68%	13,40%	17,76%	OK
12	-8,37	2	2	10	1511967	26880695	-7,52	24,1	-12,0	20,8	8,7	23,4	187,857	1E+03	5E+06	1,73%	0,63%	1,68%	13,47%	17,50%	OK
13	-6,66	2	2	10	1509329	26888537	-7,35	23,6	-11,8	20,8	7,1	23,4	188,334	1E+03	5E+06	1,69%	0,51%	1,68%	13,50%	17,38%	OK
14	-10,24	2	2	10	1507044	26912668	-9,11	29,2	-14,6	20,8	11,5	23,4	186,130	1E+03	5E+06	2,10%	0,83%	1,68%	13,34%	17,95%	OK
15	-14,39	2	2	10	1481776	26495585	-14,08	45,2	-22,5	41,7	3,1	23,4	184,492	1E+03	5E+06	3,24%	0,23%	1,68%	13,23%	18,37%	OK
16	-12,72	2	2	10	1480193	26512291	-13,33	42,8	-21,3	41,7	6,3	23,4	184,339	1E+03	5E+06	3,07%	0,45%	1,68%	13,21%	18,41%	OK
17	-14,82	2	2	10	1478963	26525284	-13,39	42,9	-21,4	41,7	14,7	23,4	182,458	1E+03	5E+06	3,08%	1,06%	1,68%	13,08%	18,89%	OK
18	-17,29	2	2	10	1431417	25659565	-17,01	54,6	-27,2	83,3	2,8	23,4	182,521	1E+03	5E+06	3,91%	0,20%	1,68%	13,08%	18,88%	OK
19	-17,37	2	2	10	1430889	25665134	-17,85	57,2	-28,6	83,3	4,9	23,4	181,489	1E+03	5E+06	4,10%	0,35%	1,68%	13,01%	19,14%	OK
20	-17,07	2	2	10	1430713	25666990	-15,45	49,6	-24,7	83,3	16,5	23,4	180,622	1E+03	4E+06	3,55%	1,19%	1,68%	12,95%	19,37%	OK

4.5.5. Kontrol Momen *Crack* dan Momen Batas

a. Kontrol momen *crack*

Momen yang menghasilkan retak-retak rambut pertama pada balok beton prategang dihitung dengan teori elastik, dengan menganggap bahwa retak mulai terjadi saat tegangan tarik pada serat terluar beton mencapai modulus keruntuhannya. Modulus keruntuhan merupakan ukuran permulaan retak-retak rambut yang seringkali tidak terlihat oleh mata telanjang. Tegangan tarik yang lebih besar dari modulus diperlukan untuk menghasilkan retak-retak yang terlihat. Pada kondisi beton telah mengalami retak akibat beban berlebihan, susut atau sebab-sebab lainnya, maka retak-retak dapat terlihat pada tegangan tarik yang terkecil (Lin & Burns, 1982)

Dengan menggunakan analisa elastik beton prategang, perumusan momen retak adalah sebagai berikut:

$$M_{cr} = F \left(e + \frac{r^2}{y} \right) + \frac{f_y I}{y}$$

e = Eksentrisitas c.g.s terhadap c.g.c.

r^2 = Rasio perbandingan inersia terhadap luas penampang yang ditinjau.

y = jarak c.g.c terhadap serat terluar

f_r = modulus keruntuhan

$$\begin{aligned} f_r &= 0,62 \times \sqrt{f_c'} \\ &= 0,62 \times \sqrt{50 \text{ MPa}} \\ &= 4,38 \text{ MPa} \end{aligned}$$

F_{se} = 25667 kN

y = 1,28 m

$$\begin{aligned}
 r^2 &= 0,47 \text{ m}^2 \\
 e &= 1,15 \text{ m} \\
 I &= 0,94 \text{ m}^4 \\
 M_{\text{tot}} &= 74,737 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan momen *crack*:

$$\begin{aligned}
 M_{\text{cr}} &= 25667 \left(1,15 + \frac{0,47}{1,28} \right) + \frac{4,38 \times 0,94}{1,28} \\
 &= 42294,55 \text{ kN.m} \\
 &= 42294,55 \text{ kN.m} > 74,737 \text{ kN.m OK}
 \end{aligned}$$

b. Kontrol momen batas

Momen tahanan batas pada gir yang akan dianalisa dengan prinsip kesetimbangan statis aksial (kopel), dimana besarnya gaya tekan batas beton (C) bernilai sama dengan gaya tarik batas pada (T), dengan menghitung lengan momen antara gaya gaya C dan T maka akan didapatkan nilai momen batas, (M_u), SNI T-12-2004 Pasal 4.5.1 faktor reduksi terhadap lentur dapat diambil 0,8. Berikut persamaan yang digunakan untuk perhitungan momen batas.

$$M_u = \phi \left(T \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

Dimana,

$$a = \frac{T}{0,85 f_c' b_w}$$

M_u = Momen batas

T = Gaya prategang efektif

d = tinggi efektif penampang

ϕ = Faktor reduksi lentur 0,8

f_{ci}' = 44 MPa

T = 25667 kN

$$bw = 4,4 \text{ m}$$

$$d = 2 \text{ m}$$

$$a = \frac{25667}{0,85 \times 44 \times 4,4}$$

$$= 0,156$$

Perhitungan momen batas :

$$Mu = \phi \left(T \left(d - \frac{a}{2} \right) \right)$$

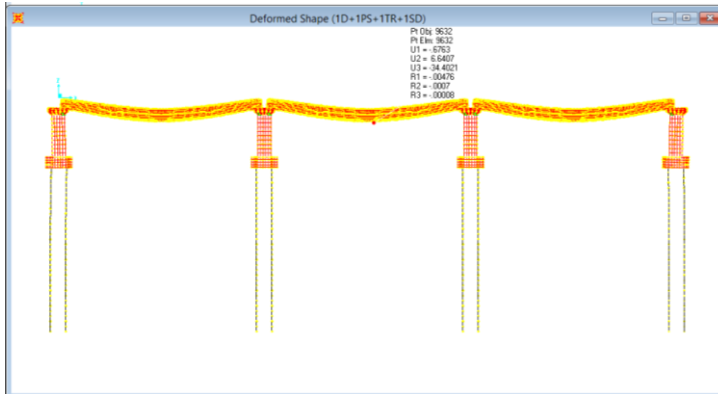
$$= 0,8 \left(25667 \left(2 - \frac{0,156}{2} \right) \right)$$

$$= 39465,8$$

$$39465,8 > 74,737 \text{ (memenuhi syarat)}$$

4.5.6. Kontrol Lendutan

Berdasarkan RSNI T-12-2004, batas lendutan ijin adalah $L/800$ untuk bentang, dan $L/400$ untuk kantilever.



Gambar 4. 37 Lendutan pada tengah bentang

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{800}$$

$$= \frac{40000 \text{ mm}}{800}$$

$$= 50 \text{ mm}$$

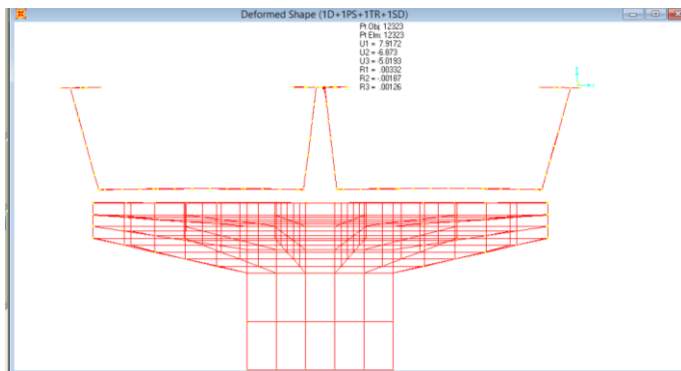
Berdasarkan hasil dari analisa SAP2000, lendutan yang terjadi pada saat kondisi layan adalah 34,667 mm.

$$50 \text{ mm} > 34,667 \text{ mm}$$

(memenuhi syarat)

4.5.7. Kontrol Jarak Antar U-Girder

Jarak antar U-girder yang terpasang adalah 50 mm. *Displacement* maksimum yang terjadi menurut analisis SAP2000 adalah 5,02 mm



Gambar 4. 38 Displacement yang terjadi pada U-girder

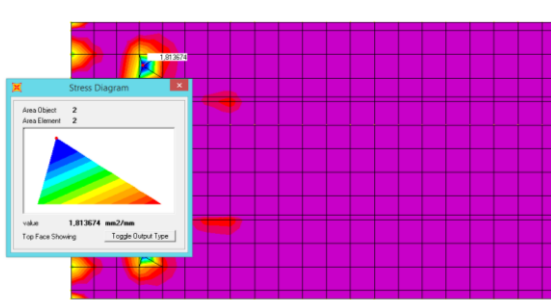
4.6. Penulangan U-Girder

Menurut RSNI T-12-2004 pasal 5.1.1.5. syarat minimum tulangan adalah

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= \frac{1,4}{f_y} b_w d \\ &= 875 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

4.6.1. Tulangan Utama

Kebutuhan tulangan untuk slab bawah didapatkan dari *output* SAP2000



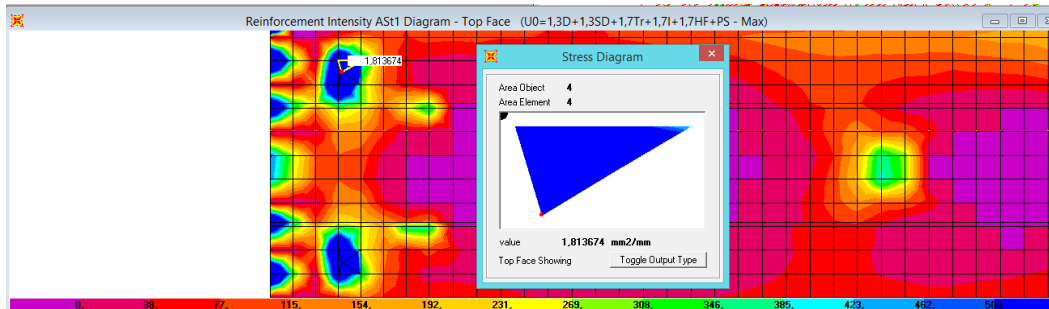
Gambar 4. 39 Diagram kebutuhan tulangan memanjang pada slab bawah

Dari gambar 4.32, didapat luasan tulangan yang dibutuhkan untuk slab bawah adalah sebesar 1,814 mm²/mm atau 1814 mm²/m.

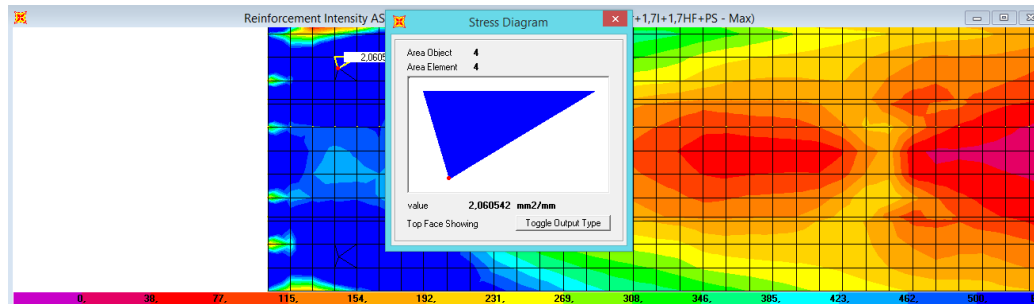
Tulangan yang dipakai = 19 – 150 mm

$$\begin{aligned}
 \text{As pasang} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \frac{bw}{d} \\
 &= \frac{1}{4} \pi 19 \frac{1000}{150} \\
 &= 1890 \text{ mm}^2 \\
 1890 \text{ mm}^2 &> 1814 \text{ mm}^2 \\
 &= (\text{memenuhi syarat})
 \end{aligned}$$

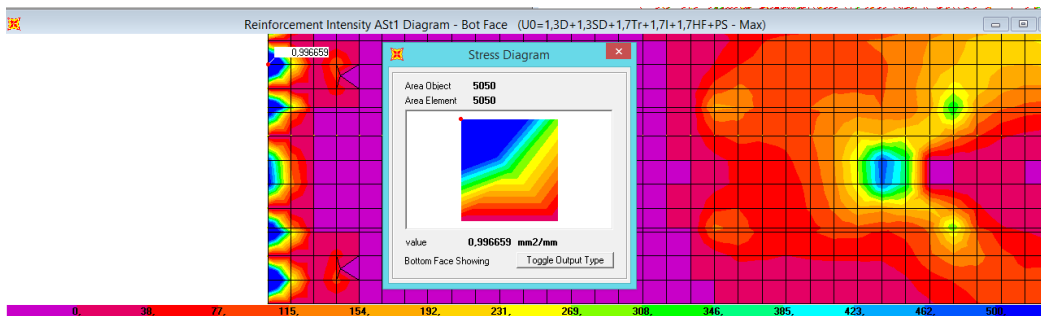
Untuk perhitungan tulangan u-girder dengan cara yang sama didapat hasil seperti pada tabel 4.8 hasil penulangan u-girder.



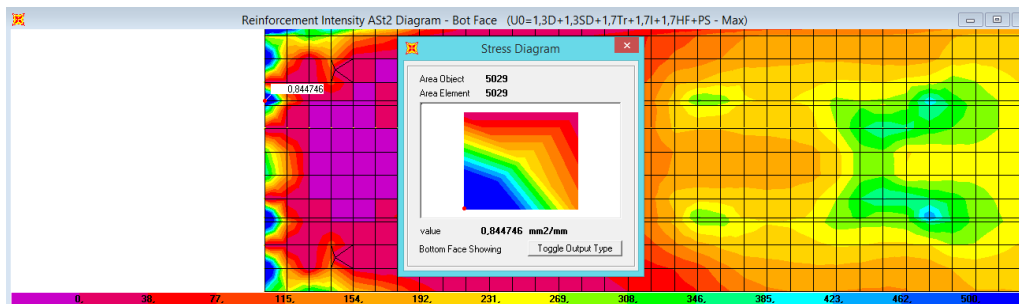
Gambar 4. 40 diagram kebutuhan tulangan AS1 top face slab bawah



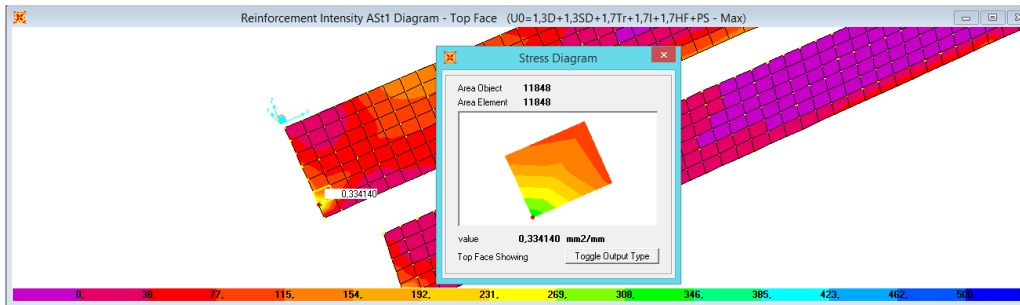
Gambar 4. 41 diagram kebutuhan tulangan AS2 top face slab bawah



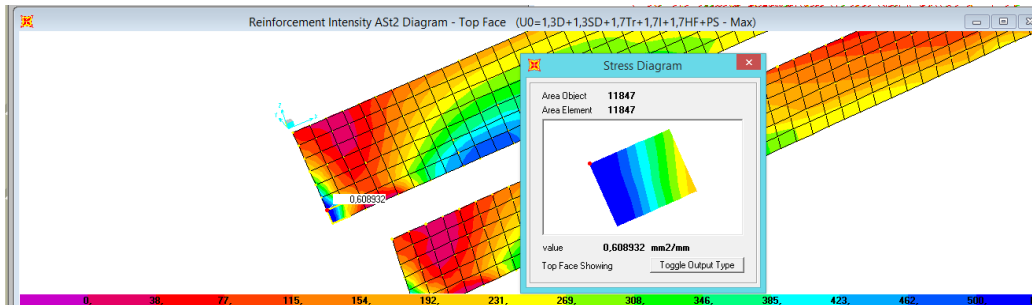
Gambar 4. 42 Diagram kebutuhan tulangan AS1 bot face slab bawah



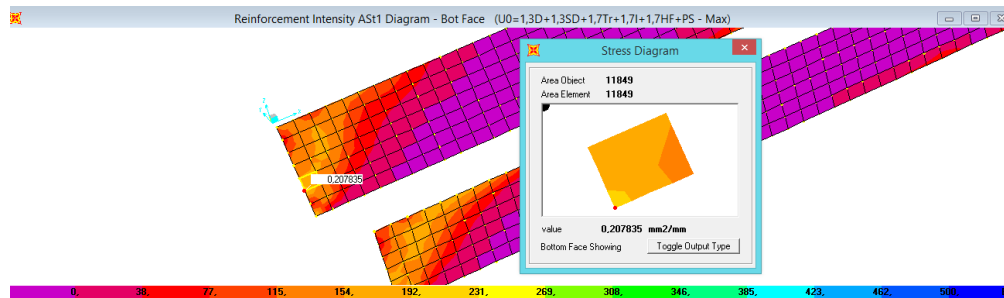
Gambar 4. 43 Diagram kebutuhan tulangan AS2 bot face slab bawah



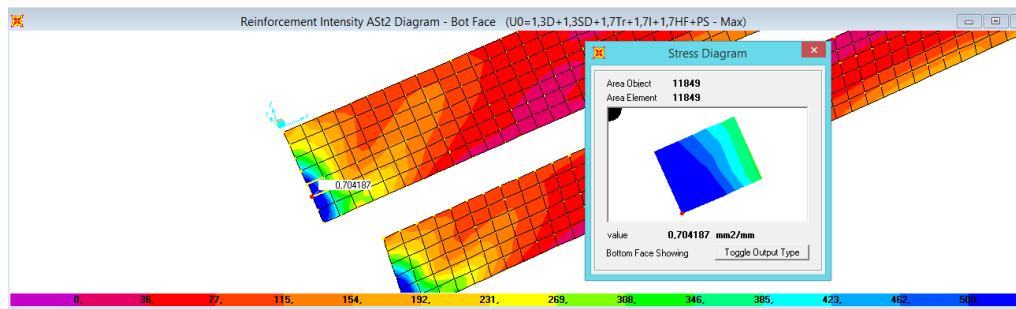
Gambar 4. 44 Diagram penulangan AS1 top face slab tepi



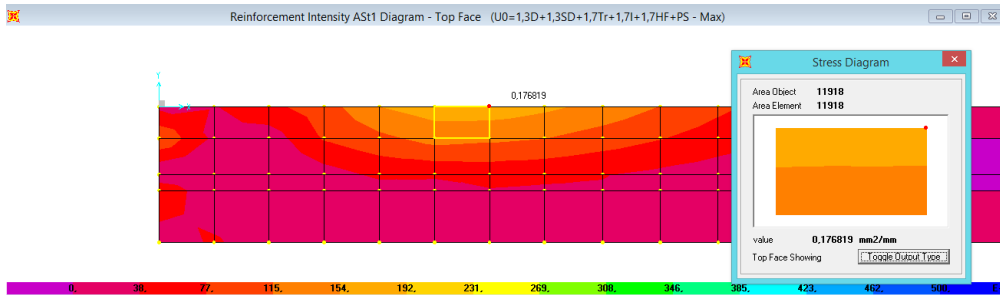
Gambar 4. 45 Diagram kebutuhan tulangan AS2 top face slab tepi



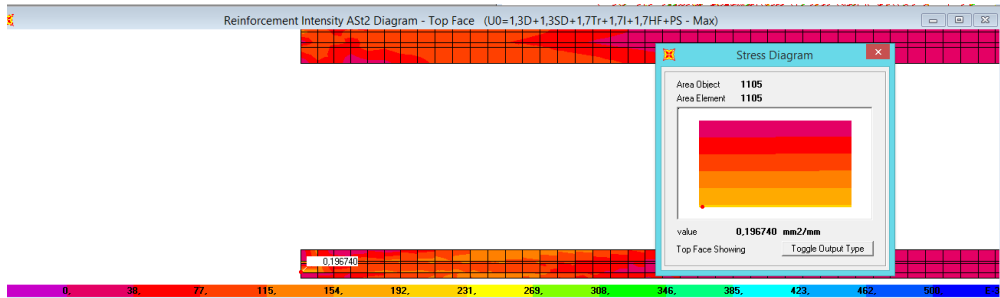
Gambar 4. 46 Diagram kebutuhan tulangan AS1 bot face slab tepi



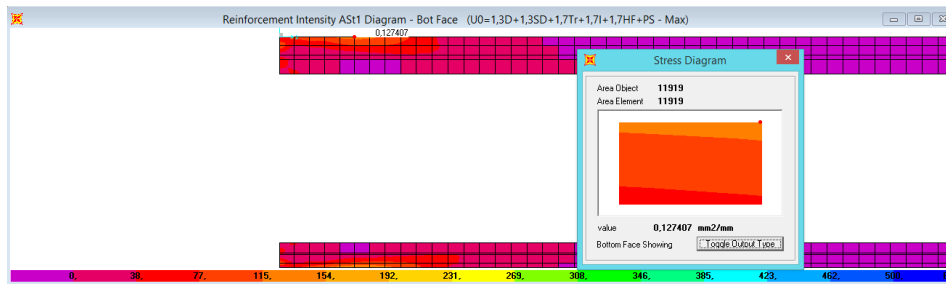
Gambar 4. 47 Diagram kebutuhan tulangan AS2 bot face slab tepi



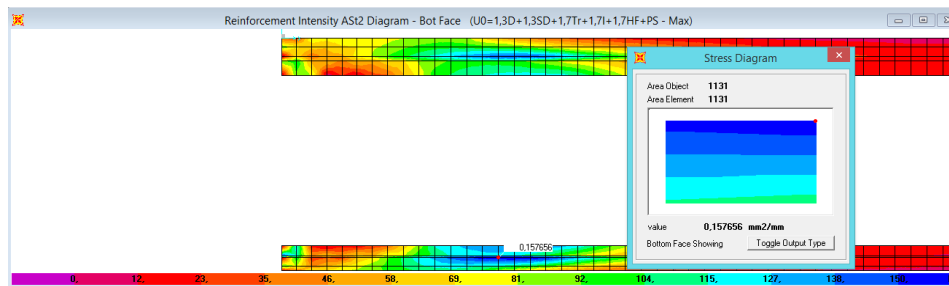
Gambar 4. 48 Diagram kebutuhan tulangan AS1 top face top slab



Gambar 4. 49 Diagram kebutuhan tulangan AS2 top face top slab



Gambar 4. 50 Diagram kebutuhan tulangan AS1 bot face top slab



Gambar 4. 51 Diagram kebutuhan tulangan AS2 bot face top slab

Tabel 4. 6 hasil penulangan u-girder

		BOTTOM SLAB			TOP SLAB			WEB		
Ast1	topface	19	-	150	16	-	150	16	-	150
	botface	16	-	150	16	-	150	16	-	150
Ast2	topface	19	-	125	16	-	150	16	-	150
	botface	19	-	125	16	-	150	16	-	150

4.6.2. Lead Ruber Bearing

Perletakan yang digunakan adalah LRB atau *Lead Rubber Bearing*. Fungsi dari LRB adalah untuk mentransfer beban dari *U-Shape* girder ke pilar. Selain mentransfer beban, LRB berfungsi untuk mengakomodasi pergerakan Vertikal pada *U-shape* girder.

Pada tugas akhir ini dipakai LRB dari Lasto dengan spesifikasi sebagai berikut.

Diameter	= 500mm
Tinggi total karet	= 160 mm
Tinggi total isolator	= 326 mm
Beban Vertikal max	= 3600 kN
Kr	= 1,1 kN/mm
Keff	= 1,89 kN/mm
Kv	= 814 kN/mm

4.6.3. Perhitungan panjang penyaluran Tulangan

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2 untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam

kondisi tarik untuk batang dengan diameter 22 atau lebih besar dapat digunakan persamaan berikut:

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 f_y \alpha \beta \gamma \lambda}{5 \sqrt{f_c'}}$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.4

α = faktor lokasi penulangan

Tulangan horizontal yang selain ditempatkan sedemikian hingga lebih dari 300 mm beton segar dicor pada komponen di bawah panjang penyaluran atau sambungan yang ditinjau dapat diambil sebesar 1

β = faktor pelapis

Tulangan utama tanpa pelapis dapat diambil sebesar 1

γ = faktor ukuran batang tulangan

Untuk batang D-22 atau lebih besar diambil sebesar 1

λ = faktor beton agregat ringan

Apabila digunakan beton berat normal diambil sebesar 1

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 12.2 untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tekan untuk batang dengan diameter 22 atau lebih besar dapat digunakan persamaan berikut:

$$\frac{l_{dh}}{d_b} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} = \frac{0,24 \times 400}{1 \cdot \sqrt{50}} \approx 300 mm$$

4.6.4. Perhitungan *shear key*

Diakrenakan U-girder yang dipakai untuk desain struktur ini adalah segmental precast, maka untuk sambungan antar girder diperlukan *shear key* untuk menahan gaya geser pada sambungan.

$$V_u = 1976522 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75$$

$$\frac{V_u}{\phi} < V_{1c} + V_{2s}$$

$$V_{1c} = \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \cdot t \cdot a$$

$$V_{2s} = nA_s \cdot f_y$$



Gambar 4. 52 desain Shear key

$$1 = 200 \text{ mm}$$

$$a = 100 \text{ mm}$$

$$t = 50 \text{ mm}$$

$$V1c = \frac{1}{6} \sqrt{50} \times 50 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$$

$$= 5892,557 \text{ N}$$

$$V2s = 6 \times 100 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 400 \text{ MPa}$$

$$= 48000000 \text{ N}$$

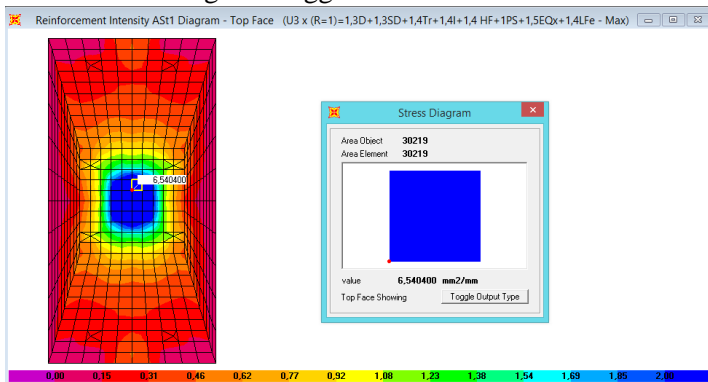
$$\frac{1976522 \text{ N}}{0,75} < 5892,557 \text{ N} + 48000000 \text{ N}$$

$$42767891 \text{ N} < 48005892,557 \text{ N}$$

(OK)

4.7. Penulangan Pierhad

Perhitungan tulangan untuk pierhad diambil dari analisis dengan menggunakan SAP2000



Gambar 4. 53 Diagram kebutuhan tulangan Pierhad topface Ast 1

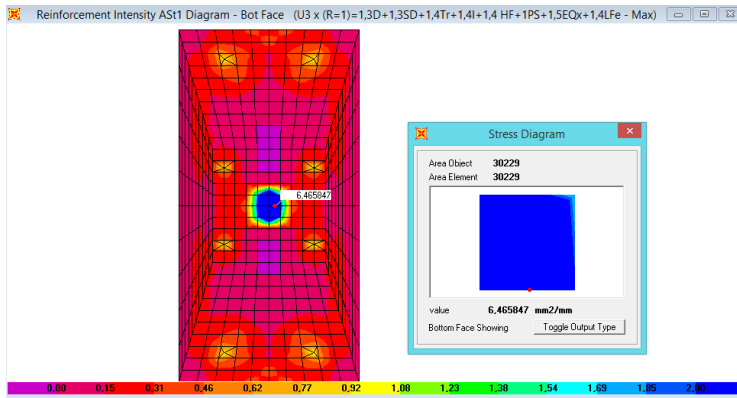
$$\text{Ast output SAP2000} = 6,5404 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$= 6540,4 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Tulangan yang dipakai = D29 – 100 mm

$$\text{Ast pasang} = 6605,199 \text{ mm}^2$$

$\text{ASt pasang} > \text{ASt perlu} = \text{OK}$



Gambar 4. 54 Diagram kebutuhan tulangan Pierhad bot face Ast1

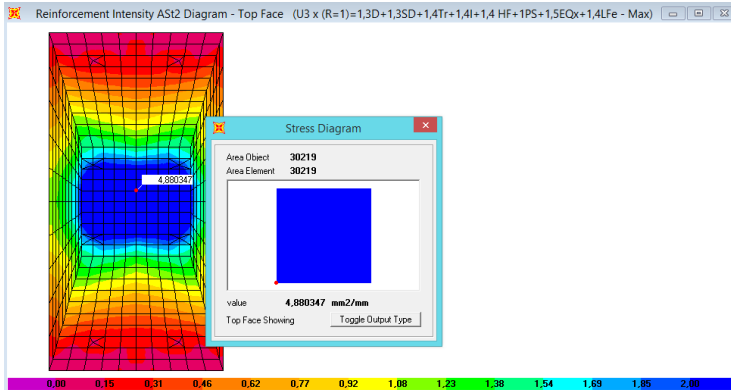
$$\text{Ast output SAP2000} = 6,465847 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$= 6465,847 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Tulangan yang dipakai = D29 – 100 mm

$$\text{Ast pasang} = 6605,199 \text{ mm}^2$$

$\text{ASt pasang} > \text{ASt perlu} = \text{OK}$



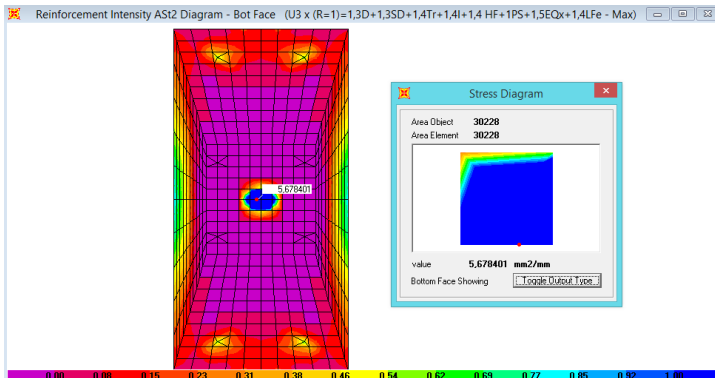
Gambar 4. 55 Diagram kebutuhan tulangan pierhad toface AS2

$$\begin{aligned} \text{Ast output SAP2000} &= 4,880347 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ &= 4880,347 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan yang dipakai} = \text{D29} - 125 \text{ mm}$$

$$\text{Ast pasang} = 5284,159 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ast pasang} > \text{Ast perlu} = \mathbf{OK}$$



Gambar 4. 56 Diagram kebutuhan tulangan pierhad botface AS2

$$\text{Ast output SAP2000} = 5,6784 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$= 5678,4 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{Tulangan yang dipakai} = \text{D29} - 100 \text{ mm}$$

$$\text{Ast pasang} = 6605,199 \text{ mm}^2$$

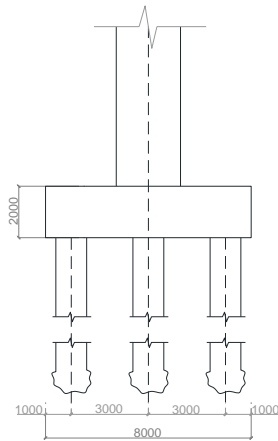
$$\text{ASt pasang} > \text{ASt perlu} = \mathbf{OK}$$

4.8. Analisa Podasi

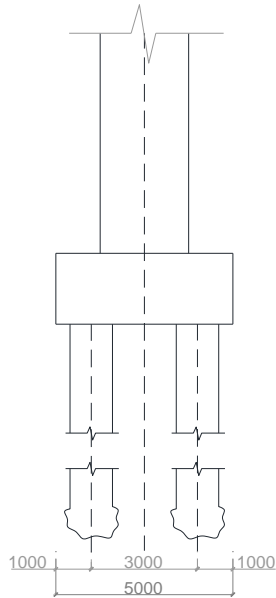
$$\text{Diameter boredpile} = 1200 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar boredpile} = 3000 \text{ mm}$$

$$\text{Kedalaman tiang boredpile} = 42 \text{ meter}$$



Gambar 4. 57 tampak melintang pondasi



Gambar 4. 58 tampak memanjang pondasi

Permodelan parameter tanah dalam aplikasi SAP2000 menggunakan *spring*. Berikut merupakan perhitungan spring untuk setiap meternya.

Tabel 4. 7 Perhitungan spring

Depth	N-S	$E_o = 28 N$	k_o	k	k_v	k_x	$k_x = k_y$
(m)	P	kg/cm ²	kg/c	kg/c	T/m	kg/cm	kg/m
T			m ³	m ³			
0	0	0	0	0	0	0	0
-1	2	56	0,31	0,31	27426104	3707	370692
-2	3	84	0,46	0,46	13713052	5560	556038
-3	6	168	0,93	0,93	9142035	11121	1112076
-4	5	140	0,77	0,77	6856526	9267	926730
-5	4	112	0,62	0,62	5485221	7414	741384
-6	6	168	0,93	0,93	4571017	11121	1112076

-7	8	224	1,24	1,24	3918015	14828	1482768
-8	10	280	1,54	1,54	3428263	18535	1853461
-9	16	448	2,47	2,47	3047345	29655	2965537
-10	29	812	4,48	4,48	2742610	53750	5375035
-11	58	1624	8,96	8,96	2493282	107501	10750071
-12	60	1680	9,27	9,27	2285509	111208	11120763
-13	60	1680	9,27	9,27	2109700	111208	11120763
-14	60	1680	9,27	9,27	1959007	111208	11120763
-15	52	1456	8,03	8,03	1828407	96380	9637995
-16	31	868	4,79	4,79	1714131	57457	5745728
-17	60	1680	9,27	9,27	1613300	111208	11120763
-18	60	1680	9,27	9,27	1523672	111208	11120763
-19	60	1680	9,27	9,27	1443479	111208	11120763
-20	60	1680	9,27	9,27	1371305	111208	11120763
-21	44	1232	6,80	6,80	1306005	81552	8155226
-22	24	672	3,71	3,71	1246641	44483	4448305
-23	21	588	3,24	3,24	1192439	38923	3892267
-24	19	532	2,93	2,93	1142754	35216	3521575
-25	60	1680	9,27	9,27	1097044	111208	11120763
-26	40	1120	6,18	6,18	1054850	74138	7413842
-27	31	868	4,79	4,79	1015782	57457	5745728
-28	33	924	5,10	5,10	979504	61164	6116420
-29	29	812	4,48	4,48	945728	53750	5375035
-30	22	616	3,40	3,40	914203	40776	4077613
-31	26	728	4,02	4,02	884713	48190	4818997
-32	18	504	2,78	2,78	857066	33362	3336229
-33	15	420	2,32	2,32	831094	27802	2780191
-34	22	616	3,40	3,40	806650	40776	4077613
-35	24	672	3,71	3,71	783603	44483	4448305
-36	19	532	2,93	2,93	761836	35216	3521575
-37	15	420	2,32	2,32	741246	27802	2780191
-38	13	364	2,01	2,01	721740	24095	2409499
-39	20	560	3,09	3,09	703233	37069	3706921
-40	18	504	2,78	2,78	685653	33362	3336229
-41	16	448	2,47	2,47	668929	29655	2965537
-42	21	588	3,24	3,24	653002	38923	3892267
-43	24	672	3,71	3,71	637816	44483	4448305
-44	28	784	4,32	4,32	623321	51897	5189689
-45	18	504	2,78	2,78	609469	33362	3336229
-46	25	700	3,86	3,86	596220	46337	4633651
-47	21	588	3,24	3,24	583534	38923	3892267

-48	23	644	3,55	3,55	571377	42630	4262959
-49	30	840	4,63	4,63	559716	55604	5560382
-50	28	784	4,32	4,32	548522	51897	5189689

4.9 Analisa Daya Dukung Pondasi

Daya dukung diperhitungkan dari daa tanah yang ada.

Daya dukung vertikal :

- Daya dukung terpusat tiang
 $R_p = q_d \cdot A$
- Gaya geser dinding tiang
 $R_f = U_p \cdot \sum L_i \cdot f_i$
- Daya dukung ultimit
 $R_u = R_p + R_f$
- Daya dukung vertikal ijin
 $R_a = \frac{1}{n} (R_u - W_s) + W_s - W_p$
 n = Faktor keamanan
 R_u = Daya dukung ultimit
 R_p = Daya dukung terpusat tiang
 R_f = Gaya geser dinding tiang
 W_s = Berat efektif tanah yang dipindahkan
- Jarak antar tiang
 Dimana,
 S = jarak antar tiang
 S_1 = jarak tiang tepi
 $2,5D \leq s$
 $2,5 \times 1200 \text{ mm} \leq 3000 \text{ mm}$
 $3000 \text{ mm} \leq 3000 \text{ mm}$
- Jarak antar tiang yang dipakai adalah 3000 mm
- Jarak tepi tiang yang dipakai adalah 1000 mm

Data perencanaan pondasi borepile:

$$F_c' = 40 \text{ MPa}$$

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

$$D = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 1,2\text{m} \\ &= 3,76 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= 0,25 \times 3,14 \times (1200\text{mm})^2 \\ &= 1,13 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4. 8 Perhitungan gaya geser dinding tiang

Depth	NSPT	jenis tanah	GRAFIK NSPT	di/Ni	qd	fi	$\sum f_i \times h_i$
						t/m ²	t/m
0	0	batuan		0	0	0	0
-1	2	lempung		0,500	22	1	1
-2	3	lempung		0,333	33	1,5	2,5
-3	6	lempung		0,167	66	3	5,5
-4	5	lempung		0,200	55	2,5	8
-5	4	lempung		0,250	44	2	10
-6	6	lempung		0,167	66	3	13
-7	8	lempung		0,125	88	4	17
-8	10	lempung berlanau		0,100	110	5	22
-9	16	lempung berlanau		0,063	176	8	30
-10	29	lempung berlanau		0,034	319	12	42
-11	58	lempung berlanau		0,017	638	12	54
-12	60	pasir		0,017	300	12	66
-13	60	pasir		0,017	300	12	78
-14	60	pasir		0,017	300	12	90
-15	52	lempung berlanau		0,019	572	12	102
-16	31	lempung berlanau		0,032	341	12	114
-17	60	pasir		0,017	300	12	126
-18	60	pasir		0,017	300	12	138
-19	60	pasir		0,017	300	12	150
-20	60	pasir		0,017	300	12	162
-21	44	pasir		0,023	300	12	174
-22	24	lanau		0,042	300	12	186
-23	21	lanau berpasir		0,048	300	10,5	196,5
-24	19	lanau		0,053	209	9,5	206
-25	60	pasir		0,017	300	12	218
-26	40	pasir		0,025	300	12	230
-27	31	pasir		0,032	300	12	242
-28	33	pasir		0,030	300	12	254
-29	29	pasir		0,034	300	12	266
-30	22	lanau		0,045	300	11	277
-31	26	lanau berpasir		0,038	300	12	289
-32	18	lanau		0,056	300	9	298
-33	15	lempung berlanau		0,067	165	7,5	305,5
-34	22	lempung berlanau		0,045	242	11	316,5
-35	24	lempung berlanau		0,042	264	12	328,5
-36	19	lempung berlanau		0,053	209	9,5	338
-37	15	lempung berlanau		0,067	165	7,5	345,5
-38	13	lempung berlanau		0,077	143	6,5	352
-39	20	lempung berlanau		0,050	220	10	362
-40	18	lempung berlanau		0,056	198	9	371
-41	16	lempung berlanau		0,063	176	8	379
-42	21	lempung		0,048	231	10,5	389,5
-43	24	lempung		0,042	264	12	401,5
-44	28	lempung berpasir		0,036	308	12	413,5
-45	18	lempung berpasir		0,056	198	9	422,5
-46	25	lempung berlanau		0,040	275	12	434,5
-47	21	lempung berlanau		0,048	231	10,5	445
-48	23	lempung berlanau		0,043	253	11,5	456,5
-49	30	lempung berlanau		0,033	330	12	468,5
-50	28	lempung berlanau	0,036	308	12	480,5	

Tabel 4. 9 perhitungan gaya ultimit

Depth	NSPT	jenis tanah	GRAFIK NSPT	Rf	Rp	Ru
				ton	ton	ton
0	0	batuan		0	0	
-1	2	lempung		3,77	24,88	28,65
-2	3	lempung		9,42	37,32	46,75
-3	6	lempung		20,73	74,64	95,38
-4	5	lempung		30,16	62,20	92,36
-5	4	lempung		37,70	49,76	87,46
-6	6	lempung		49,01	74,64	123,65
-7	8	lempung		64,09	99,53	163,61
-8	10	lempung berlanau		82,94	124,41	207,35
-9	16	lempung berlanau		113,10	199,05	312,15
-10	29	lempung berlanau		158,34	360,78	519,12
-11	58	lempung berlanau		203,58	721,56	925,14
-12	60	pasir		248,81	339,29	588,11
-13	60	pasir		294,05	339,29	633,35
-14	60	pasir		339,29	339,29	678,58
-15	52	lempung berlanau		384,53	646,92	1031,45
-16	31	lempung berlanau		429,77	385,66	815,43
-17	60	pasir		475,01	339,29	814,30
-18	60	pasir		520,25	339,29	859,54
-19	60	pasir		565,49	339,29	904,78
-20	60	pasir		610,73	339,29	950,02
-21	44	pasir		655,96	339,29	995,26
-22	24	lanau		701,20	339,29	1040,50
-23	21	lanau berpasir		740,79	339,29	1080,08
-24	19	lanau		776,60	236,37	1012,98
-25	60	pasir		821,84	339,29	1161,13
-26	40	pasir		867,08	339,29	1206,37
-27	31	pasir		912,32	339,29	1251,61
-28	33	pasir		957,56	339,29	1296,85
-29	29	pasir		1002,80	339,29	1342,09
-30	22	lanau		1044,27	339,29	1383,56
-31	26	lanau berpasir		1089,50	339,29	1428,80
-32	18	lanau		1123,43	339,29	1462,73
-33	15	lempung berlanau		1151,71	186,61	1338,32
-34	22	lempung berlanau		1193,18	273,70	1466,87
-35	24	lempung berlanau		1238,42	298,58	1536,99
-36	19	lempung berlanau		1274,23	236,37	1510,60
-37	15	lempung berlanau		1302,50	186,61	1489,11
-38	13	lempung berlanau		1327,01	161,73	1488,74
-39	20	lempung berlanau		1364,71	248,81	1613,52
-40	18	lempung berlanau		1398,64	223,93	1622,57
-41	16	lempung berlanau		1428,80	199,05	1627,85
-42	21	lempung		1468,38	261,25	1729,64
-43	24	lempung		1513,62	298,58	1812,20
-44	28	lempung berpasir		1558,86	348,34	1907,20
-45	18	lempung berpasir		1592,79	223,93	1816,72
-46	25	lempung berlanau		1638,03	311,02	1949,04
-47	21	lempung berlanau		1677,61	261,25	1938,87
-48	23	lempung berlanau		1720,96	286,14	2007,10
-49	30	lempung berlanau		1766,20	373,22	2139,42
-50	28	lempung berlanau		1811,44	348,34	2159,78

Tabel 4. 10 Perhitungan daya dukung ijin tiang

Depth	NSPT	jenis tanah	GRAFIK NSPT	RA tekan	RA tekan	RA cabut	RA cabut
				SF = 3,0 ton	SF = 2,0 ton	SF = 3,0 ton	SF = 2,0 ton
0	0	batuan					
-1	2	lempung		9,55	14,33	1,26	1,88
-2	3	lempung		15,58	23,37	3,14	4,71
-3	6	lempung		31,79	47,69	6,91	10,37
-4	5	lempung		30,79	46,18	10,05	15,08
-5	4	lempung		29,15	43,73	12,57	18,85
-6	6	lempung		41,22	61,83	16,34	24,50
-7	8	lempung		54,54	81,81	21,36	32,04
-8	10	lempung berlanau		69,12	103,67	27,65	41,47
-9	16	lempung berlanau		104,05	156,07	37,70	56,55
-10	29	lempung berlanau		173,04	259,56	52,78	79,17
-11	58	lempung berlanau		308,38	462,57	67,86	101,79
-12	60	pasir		196,04	294,05	82,94	124,41
-13	60	pasir		211,12	316,67	98,02	147,03
-14	60	pasir		226,19	339,29	113,10	169,65
-15	52	lempung berlanau		343,82	515,72	128,18	192,27
-16	31	lempung berlanau		271,81	407,72	143,26	214,88
-17	60	pasir		271,43	407,15	158,34	237,50
-18	60	pasir		286,51	429,77	173,42	260,12
-19	60	pasir		301,59	452,39	188,50	282,74
-20	60	pasir		316,67	475,01	203,58	305,36
-21	44	pasir		331,75	497,63	218,65	327,98
-22	24	lanau		346,83	520,25	233,73	350,60
-23	21	lanau berpasir		360,03	540,04	246,93	370,39
-24	19	lanau		337,66	506,49	258,87	388,30
-25	60	pasir		387,04	580,57	273,95	410,92
-26	40	pasir		402,12	603,19	289,03	433,54
-27	31	pasir		417,20	625,81	304,11	456,16
-28	33	pasir		432,28	648,42	319,19	478,78
-29	29	pasir		447,36	671,04	334,27	501,40
-30	22	lanau		461,19	691,78	348,09	522,13
-31	26	lanau berpasir		476,27	714,40	363,17	544,75
-32	18	lanau		487,58	731,36	374,48	561,72
-33	15	lempung berlanau		446,11	669,16	383,90	575,85
-34	22	lempung berlanau		488,96	733,44	397,73	596,59
-35	24	lempung berlanau		512,33	768,50	412,81	619,21
-36	19	lempung berlanau		503,53	755,30	424,74	637,11
-37	15	lempung berlanau		496,37	744,56	434,17	651,25
-38	13	lempung berlanau		496,25	744,37	442,34	663,50
-39	20	lempung berlanau		537,84	806,76	454,90	682,35
-40	18	lempung berlanau		540,86	811,28	466,21	699,32
-41	16	lempung berlanau		542,62	813,92	476,27	714,40
-42	21	lempung		576,55	864,82	489,46	734,19
-43	24	lempung		604,07	906,10	504,54	756,81
-44	28	lempung berpasir		635,73	953,60	519,62	779,43
-45	18	lempung berpasir		605,57	908,36	530,93	796,39
-46	25	lempung berlanau		649,68	974,52	546,01	819,01
-47	21	lempung berlanau		646,29	969,43	559,20	838,81
-48	23	lempung berlanau		669,03	1003,55	573,65	860,48
-49	30	lempung berlanau		713,14	1069,71	588,73	883,10
-50	28	lempung berlanau		719,93	1079,89	603,81	905,72

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \delta a$$

H_a = kapasitas daya dukung horizontal tiang

E = Modulus Elastisitas bahan

I = momen inersia penampang

=

δa = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

k = koefisien reaksi tanah dasar

$$= k_o \cdot y^{-0.5}$$

$$= 0,3089 \text{ kg/cm}^3$$

k_o = $0,2 E_o D^{-3/4}$ (nilai k apabila pergeseran diambil sebesar 1 cm)

$$= 0,31 \text{ kg/cm}^3$$

y = besarnya pergeseran tanah (28N)

E_o = Modulus elastisitas tanah

$$= 29725,41001 \text{ MPa}$$

$$\beta = 4 \sqrt{\frac{k \times D}{4 \times E \times I}} = 0,00132 \text{ cm}^{-1}$$

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \delta a$$

$$= 28,0208 \text{ ton per tiang}$$

Tabel 4. 11 Reaksi yang terjadi pada boredpile

PERSYARATAN				TERJADI			
P ijin beban tetap		P ijin beban sementara		P beban tetap		P beban sementara	
P tekan	P cabut	P tekan	P cabut	P tekan	P cabut	P tekan	P cabut
ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton
537,84	454,90	806,76	682,35	-406,3	-112,8	-769,1	275,18

4.10 Penulangan Pilar

Dari analisis menggunakan SAP2000 didapat perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Perhitungan tulangan pilar

Pilar		
Beton =	$f_c = 50$	Mpa
Tulangan =	$f_y = 400$	MPa
Dimensi Pilar (mm) =	2500	x 2500
Cover =	100	mm
Tulangan		
As perlu =	103802,2	mm ²
Penulangan =	116	D 36
Luas =	118073,6	OK
Sengkang		
As perlu =	8,372	mm ²
Penulangan =	6	D 19
jarak =	200	mm ²
Luas =	8,506	OK

Concrete Design Data ACI 318-05/IBC2003

File Units | KN, mm, C

ACI 318-05/IBC2003 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KN, mm, C (Summary)

Element : 645 B=2500,000 D=2500,000 dc=142,000
 Section ID : kolom 2,5 x 2,5 E=33,234 Fc=0,050 Lt.Wt. Fac.=1,000
 Combo ID : U3y=1,3D+1,3SD+1,4TrL=10499,630 fy=3,923 fys=2,354
 Station Loc : 10499,630 RLLF=1,000

Phi(Compression-Spiral): 0,700 Overstrength Factor: 1,25
 Phi(Compression-Tied): 0,650
 Phi(Tension Controlled): 0,900
 Phi(Shear): 0,750
 Phi(Seismic Shear): 0,600
 Phi(Joint Shear): 0,850

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
103802,230	13220,726	-59786165,	7240866,503	1193038,335	1193038,335

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

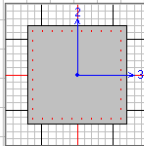
	Cm Factor	Delta ns Factor	Delta s Factor	K Factor	L Length
Major Bending(M3)	0,782	1,000	1,000	1,000	10499,630
Minor Bending(M2)	0,654	1,000	1,000	1,000	10499,630

SHEAR DESIGN FOR U2,U3

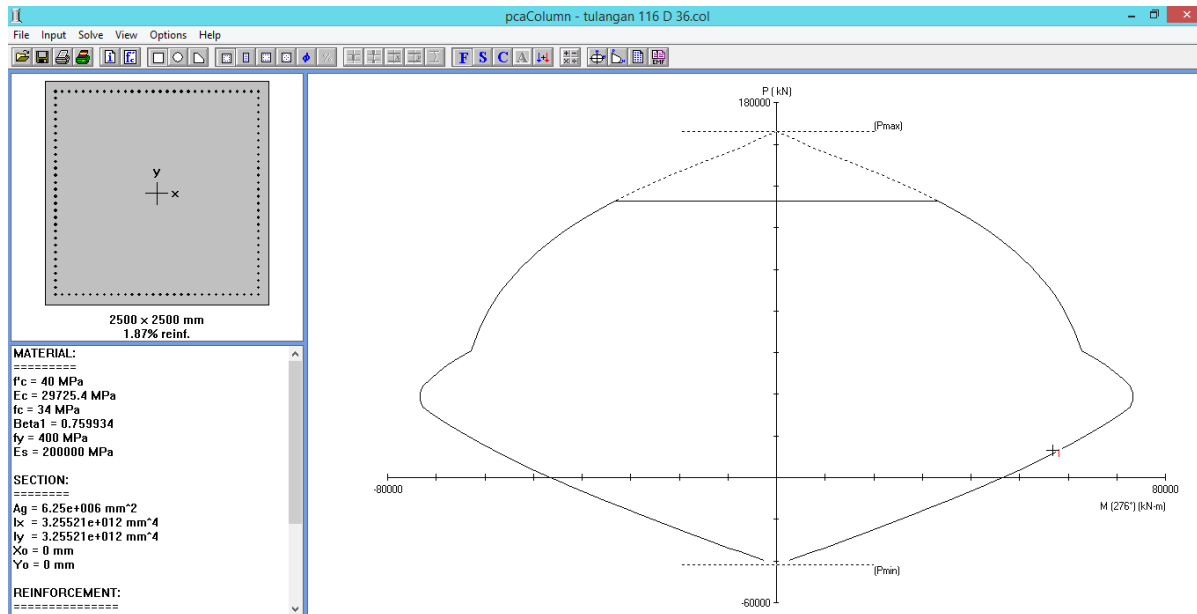
	Rebar Av/s	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us	Shear Up
Major Shear(U2)	2,661	506,890	0,000	1557,546	0,000
Minor Shear(U3)	8,415	4924,975	0,000	4924,975	0,000

JOINT SHEAR DESIGN

	Joint Shear Ratio	Shear UuTop	Shear UuTot	Shear phi*Uc	Joint Area
Major Shear(U2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear(U3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A



Gambar 4. 59 output analisis kolom SAP2000



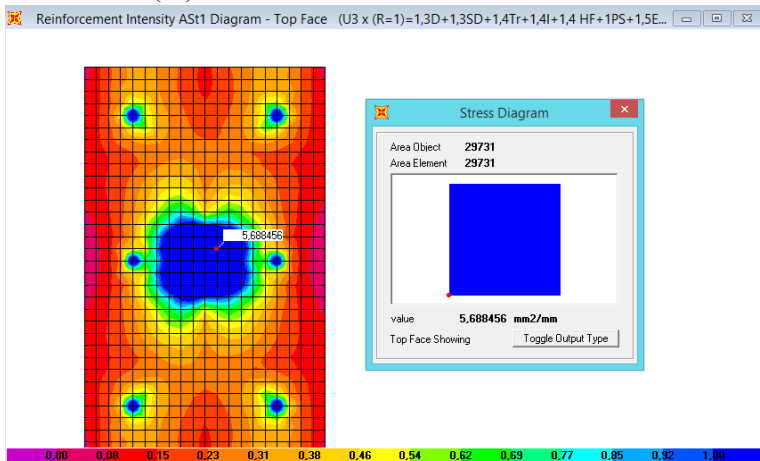
Gambar 4. 60 Kontrol kolom menggunakan PCAColumn

4.11 Penulangan *Pilecap*

Perhitungan tulangan pilecap berdasarkan pembebanan dalam keadaan batas (ultimit). Beban yang dihitung dari beban P yang terjadi pada borepile, perhitungan analisis momen poer diambil dari SAP2000

Perhitungan penulangan pile cap:

$$\begin{aligned} F_c' &= 40 \text{ MPa} \\ F_y &= 400 \text{ MPa} \\ h &= 2000 \text{ mm} \\ \text{dimensi} &= 5000 \text{ mm} \times 8000 \text{ mm} \\ \text{cover (d')} &= 100 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4. 61 Diagram kebutuhan tulangan AS1 topface pilecap

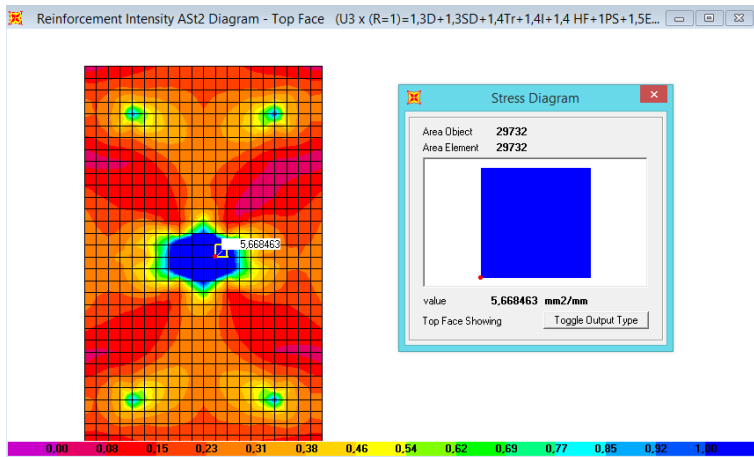
$$\text{Ast output SAP2000} = 5,502531 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$= 5502,531 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$\text{Tulangan yang dipakai} = \text{D32} - 125 \text{ mm}$$

$$\text{Ast pasang} = 6433,982 \text{ mm}^2$$

$$\text{ASt pasang} > \text{ASt perlu} = \text{OK}$$



Gambar 4. 62 Diagram kebutuhan tulangan AS_{t2} topface pilecap

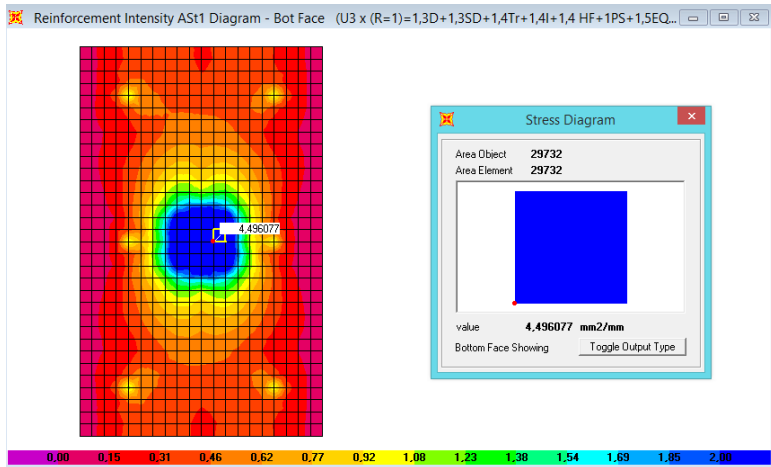
Ast output SAP2000 = 5,296074 mm²/mm

= 5296,074 mm²/m

Tulangan yang dipakai = D32 – 150 mm

Ast pasang = 5361,651 mm²

ASt pasang > ASt perlu = **OK**



Gambar 4. 63 Diagram kebutuhan tulangan AS1 botface pilecap

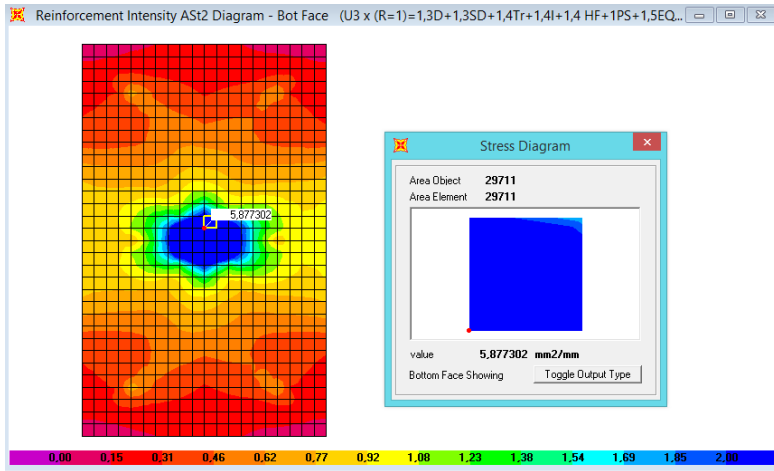
Ast output SAP2000 = 4,219564 mm²/mm

= 4219,564 mm²/m

Tulangan yang dipakai = D32 – 150 mm

Ast pasang = 5361,651 mm²

ASt pasang > ASt perlu = **OK**



Gambar 4. 64 Diagram kebutuhan tulangan AS2 botface pilecap

$$\begin{aligned} \text{Ast output SAP2000} &= 5,664836 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ &= 5664,836 \text{ mm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan yang dipakai} = \text{D32} - 125 \text{ mm}$$

$$\text{Ast pasang} = 6433,982 \text{ mm}^2$$

$$\text{ASt pasang} > \text{ASt perlu} = \mathbf{OK}$$

Kontrol geser pons

$$\begin{aligned} B_w &= \text{keliling pancang} + \text{tebal poer} \\ &= 3769,911 \text{ mm} + 2000 \text{ mm} \\ &= 5768 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_w d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 5768 \cdot 1852 \\ &= 11.263.902,805 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = \frac{P_{max}}{0,75} = \frac{7937807}{0,75} = 10.583.742,67 \text{ N}$$

Syarat :

$$V_c > V_u$$

$$11.324.010,89 \text{ N} > 10.583.742,67 \text{ N}$$

(Tebal Pilecap Memenuhi)

▪ Kontrol Geser

$$V_u = 10.583.742,67 \text{ N}$$

$$V_u \text{ max} = 0,2 \times f_c \times b_w \times d$$

$$= 85.487.004,11 \text{ N}$$

$$\Phi V_c = 0,9 \times V_{u \text{ max}}$$

$$= 0,9 \times 85.487.004,11 \text{ N}$$

$$= 76.938.303,7 \text{ N}$$

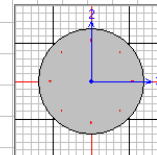
$V_u < \Phi V_c$ (Kehancuran badan tidak akan terjadi)

4.12 Penulangan *Boredpile*

Tabel 4. 13 Penulangan *Boredpile*

Boredpile		
Beton =	$f_c = 50$	Mpa
Tulangan =	$f_y = 400$	MPa
Diameter Boredpile =	1200	mm
Cover =	100	mm
Tulangan		
As perlu =	31087,9	mm ²
Penulangan =	40	D 32
Luas =	32169,91	OK
Senggang		
As perlu =	1,277	mm ²
Penulangan =	1	D 19
jarak =	200	mm ²
Luas =	1,418	OK

Concrete Design Data ACI 318-05/IBC2003						
File						
ACI 318-05/IBC2003 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: KN, mm, C (Summary)						
Element	: 1007		D=1200,000	dc=130,000		
Section ID	: BP 1,2		E=33,23k	fc=0,050	Lt. Wt. Fac.=1,000	
Combo ID	: U3W=1,3D+1,3SD+1,4TrL=1000,000			fy=3,923	Fys=3,923	
Station Loc	: 1000,000		RLLF=1,000			
Phi(Compression-Spiral)	: 0,700	Overstrength Factor:	1,25			
Phi(Compression-Tied)	: 0,650					
Phi(Tension Controlled)	: 0,900					
Phi(Shear)	: 0,750					
Phi(Seismic Shear)	: 0,600					
Phi(Joint Shear)	: 0,850					
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3						
	Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
	31087,903	-7574,950	-2841255,24	388140,423	388140,423	388140,423
AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS						
	Cn Factor	Delta_ns Factor	Delta_s Factor	K Factor	L Length	
Major Bending(M3)	0,989	1,000	1,000	1,000	1000,000	
Minor Bending(M2)	0,997	1,000	1,000	1,000	1000,000	
SHEAR DESIGN FOR U2,U3						
	Rebar Au/s	Shear Uu	Shear phi*Uc	Shear phi*Us	Shear Up	
Major Shear(U2)	1,277	37,856	0,000	304,375	0,000	
Minor Shear(U3)	1,277	70,100	0,000	304,375	0,000	
JOINT SHEAR DESIGN						
	Joint Shear Ratio	Shear UuTot	Shear phi*Uc	Joint Shear Area		
Major Shear(U2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
Minor Shear(U3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	



Gambar 4. 65 output analisis boredpile pada SAP2000

BAB V

METODE PELAKSANAAN

5.1. Pekerjaan Persiapan

Sebelum melakukan pekerjaan struktur, dilakukan pekerjaan persiapan. Pekerjaan persiapan meliputi survey topografi, pemasangan pagar proyek, pembuatan direksi keet dan gudang, pengujian tanah (untuk mengetahui karakteristik tanah), dan mobilisasi alat.

5.1.1. Survey Topografi

Tahap awal untuk survey topografi adalah menentukan *Main Benchmark* (BM). Setelah itu menentukan STA awal dan akhir pada setiap titik dengan menggunakan alat *waterpass*, *theodolit*, bak ukur, dan tripod. Hasil dari pengukuran tersebut adalah koordinat x, y dan z.

Untuk menghubungkan koordinat-koordinat yang didapat, dilakukan kontrol menggunakan google imagery mapping sehingga dapat objek area atau kejadian melalui analisis data yang didapatkan tanpa melakukan kontak langsung pada objek, area atau kejadian tersebut.

5.1.2. Pemasangan Pagar Proyek

Pemasangan pagar proyek dilakukan di sepanjang lokasi proyek. Alat berat yang digunakan untuk pemasangan pagar proyek yaitu *truck crane*. Pagar proyek berupa MCB (*Movable Concrete Barrier*), dan MFC (*Metal Cladding Fence*).

5.1.3. Pembuatan Direksi Keet

Direksi keet adalah bangunan sementara yang digunakan sebagai tempat melaksanakan pengawasan, pengendalian pekerjaan, dan pekerjaan administrasi

proyek untuk staf kantor baik itu pemilik proyek, pengawas, maupun kontraktor. Sedangkan gudang memiliki fungsi sebagai tempat penyimpanan material dan alat agar terlindung dari pengaruh cuaca. Direksi keet dan gudang menggunakan kontainer.

5. 1.4. Pengujian Tanah

Sebelum dilakukan pekerjaan bangunan bawah, tanah pada lokasi proyek terlebih dahulu di uji untuk mengetahui karkteristik dari tanah tersebut.

5. 1.5. Mobilisasi Alat

Mobilisasi alat yaitu mendatangkan alat berat yang diperlukan sesuai dengan jenis pekerjaan yang sedang dilakukan. Kebutuhan mobilisasi alat berat adalah

- Mobile crane
- Mesin Bor pile
- Bulldozer
- Truk Mixer

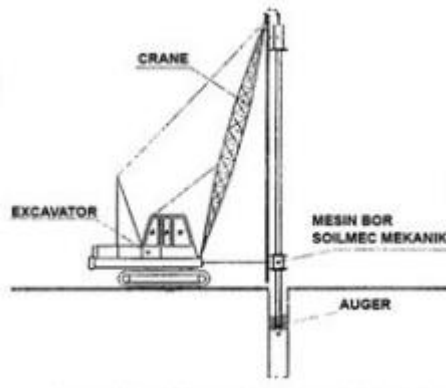
5.2. Pekerjaan Pondasi

Alat berat yang digunakan pada pekerjaan *bored pile* yaitu *crawler crane*, mesin *bored pile (rotary drill rig)*, truck mixer. Berikut adalah langkah-langkah pekerjaan Bored Pile:

5. 2.1. Pengeboran Lubang *Boredpile*

Sebelum tanah dibor, titik yang di bor dipasang *casing* terlebih dahulu menggunakan *crawler crane*. Tujuan dari pemasangan *casing* ini adalah agar tanah tidak longsor menutupi lubang bor.

Setelah pemasangan *casing* selesai, dilakukan pengeboran dengan menggunakan mesin *bored pile (rotary drill rig)* sampai pada kedalaman yang direncanakan.



Gambar 5. 1 Pengeboran Boredpile

5. 2.2. Pembesian Boredpile

Setelah pengeboran sampai, dilakukan pekerjaan pembesian yang telah dirakit dengan bantuan *crawler crane*. Perakitan tulangan dilakukan di bedeng. Tulangan yang telah dirakit dibawa ke lokasi proyek dengan menggunakan *truck crane*.



Gambar 5. 2 Pembesian Boredpile

5. 2.3. Pengecoran *Boredpile*

Setelah pembesian selesai, Tahap selanjutnya adalah pengecoran bore pile kedalam lubang cor. berikut langkah-langkahnya :

1. Untuk memisahkan adukan beton dari lumpur limbah pengeboran diawal pengecoran, maka digunakan kantong plastik yang diisi adukan beton dan diikat dengan kawat beton kemudian digantung dibagian dalam lubang tremie satu meter kebawah lubang tremie.
2. Setelah persiapan pengecoran selesai, beton ditampung didalam corong tremie. Pengecoran dilakukan terus menerus untuk menghindari kemacetan pada pipa tremie. Dengan sistem tremie ini, pengecoran dimulai dari dasar lubang agar mendorong air/lumpur dari bawah menuju keluar lubang.
3. Pengecoran dilakukan dengan bantuan vibrator untuk membantu aliran campuran beton kedalam lubang agar tidak ada udara yang terjebak dalam campuran beton.
4. Jika campuran beton tidak bisa turun lebih jauh, dengan kata lain permukaan campuran beton semakin meningkat. Maka pipa tremie bisa ditarik perlahan-lahan sambil terus menuangkan campuran beton. Penarikan pipa tremie ini harus dijaga sehingga ujung bawah pipa tetap terendam 1 meter didalam campuran beton. Pipa tremie bisa diangkat jika campuran beton telah naik lebih dari 3 meter di bawah pipa tremie.
5. Pengecoran dihentikan saat campuran beton sampai ke permukaan lubang (meluap) dan benar-benar bersih dari lumpur atau kotoran lainnya.
6. Tahap pengeboran diatas dilanjutkan ke titik pengeboran yang lain sesuai nomor pengeborannya.



Gambar 5. 3 Pengecoran Boredpile

5.3. Pekerjaan Pilecap

5.3.1. Pekerjaan penggalian dan pembersihan

Sebelum pekerjaan dimulai perlu dilakukan persiapan terlebih dahulu dengan menentukan letak as *pilecap* dengan menggunakan theodolit dan waterpas berdasarkan *shop drawing* yang dilanjutkan dengan pemasangan patok as *pilecap*.

Setelah patok terpasang, selanjutnya dilakukan pemasangan *steel sheet pile* yang berfungsi untuk menahan dinding tanah agar tidak terjadi longsor saat penggalian *pilecap*. Pemasangan *steel sheet pile* menggunakan alat *vibro hammer*.

Selanjutnya dilakukan pekerjaan penggalian menggunakan *excavator*. Tanah hasil galian diletakkan di sekitar lokasi galian.

Saat galian selesai, dilakukan pembobokan pada kepala *boredpile* yang mengalami kelebihan.

5.3.2. Pemasangan bekisting

Sebelum pekerjaan bekisting dimulai, perlu dilakukan *dewatering*. *Dewatering* bertujuan untuk mengeringkan air permukaan atau air rembesan. Teknik yang digunakan

adalah dengan menggunakan pompa air pada titik sumber air.

Lalu dilakukan pengecoran untuk *lean concrete* (Lantai kerja). Lantai kerja bertujuan sebagai alas untuk pekerjaan pilecap sehingga tulangan pilecap tidak berinteraksi langsung dengan tanah. Setelah itu dilakukan pemasangan bekisting.



Gambar 5. 4 Lantai kerja pada pilecap

5. 3.3. Pemasangan pembersian

Pemasangan penulangan pada *pilecap* dilakukan sesuai dengan gambar rencana.



Gambar 5. 5 Pembesian Pilecap

5. 3.4. Pengecoran

Setelah bekisting terpasang, dilakukan pengecoran dengan menggunakan *truck mixer*, tenaga kerja, dan *hand vibrator*. Bekisting dapat dilepas pada saat umur beton mencapai 3 hari.



Gambar 5. 6 Pengecoran Pilecap

5.4. Pekerjaan Pilar

5. 4.1. Penulangan

Pemasangan tulangan dilakukan oleh tenaga kerja dan *truck crane*. Pemasangan tulangan dipisahkan masing-

masing 4 meter dan disambung dengan kawat bendrat. Setelah itu dilakukan pengecekan kelurusan tulangan dengan menggunakan *theodolit*.



Gambar 5. 7 Penulangan Pilar

5. 4.2. Pemasangan Bekisting

Bekisting menggunakan konstruksi *Formwork* dengan tinggi 4 meter dan dimensi sesuai dimensi pilar yang direncanakan. Pada sekeliling *Formwork* dipasang instalasi *scaffolding* sebagai lantai kerja bagi pekerja agar memudahkan pekerjaan. Setelah itu dilakukan pengecekan kelurusan pemasangan menggunakan alat *Theodolit*.

5. 4.3. Pengecoran

Setelah dipasang bekisting dan *scaffolding*, selanjutnya dilakukan pengecoran dengan menggunakan *truck mixer* dan *concrete pump*. Namun sebelum itu, perlu dilakukan uji slump dan pengambilan sampel beton berupa 4 sampel silinder.

Setelah semua telah dilakukan maka dapat dilakukan pengecoran pada tahap pertama (4 meter awal), tapi perlu diperhatikan perlu dilakukan pengrojokan menggunakan setiap 1/3 dari tinggi *framework* agar beton dapat merata pada pilar dan tidak tersisa udara.

5.5. Pekerjaan Pierhad

5.5.1. Pemasangan *Formwork*

Sebelum memulai penulangan untuk *pierhad*, pertama-tama adalah pemasangan *formwork* untuk menyangga bekisting dan sebagai lantai kerja untuk pekerjaan penulangan.

5.5.2. Penulangan *Pierhad*

Setelah *formwork* terpasang, lalu dimulai pekerjaan penulangan. Pekerjaan penulangan dilakukan dengan bantuan *truck crane* dan tenaga kerja.

5.5.3. Pengecoran *Pierhad*

Setelah penulangan selesai, lalu pemasangan bekisting dengan menggunakan *Trcuk crane*. Setelah terpasang langsung dicor menggunakan *truck mixer* dan *concrete pump*.

5.6. Pekerjaan Pemasangan U-Girder

5.6.1. Pengiriman U-Girder

U-girder yang telah diproduksi di pabrikan dikirim menggunakan *low bed trailer* menuju *stock yard* di Jakarta ebelum kemudian dikirim ke lokasi pekerjaan.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----

Gambar 5. 8 Tampak memanjang U-girder

Pengiriman u-girder berurutan, yaitu segmen 5,6,7,8,9, dan 10 terlebih dahulu, kemudian dilanjutkan untuk segmen 4 dan 11, lalu segmen 2, 3, 12, 13, dan yang terakhir adalah segmen 1 dan 14.

5. 6.2. Join segmen dan stressing U-Girder

Setelah segmen u-girder sampai di lokasi pekerjaan, dilakukan join segmen, atau penyambungan segmen. Saat penyambungan dikontrol oleh surveyor menggunakan *theodolit*. Setelah beberapa segmen selesai digabungkan, lalu dilakukan stressing sesuai dengan rencana.

Setelah proses stressing selesai, lalu dilakukan pemotongan kabel *strand*. yang ada pada angkur. Setelah itu dilakukan pekerjaan *grouting*.

5. 6.3. Erection U-Girder

Setelah 1 segmen selesai stressing, selanjutnya 1 segmen diangkat menggunakan 2 unit mobile crane kapasitas 200 Ton.

BAB VI

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan pada Bab sebelumnya, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada U-shape girder diperlukan jumlah tendon sebanyak 14 buah dengan maksimum strand 15 buah dan minimum 4 buah strand.
2. Pilar yang digunakan berbentuk persegi dengan dimensi 2500 x 2500 mm.
3. Pondasi menggunakan boredpile dengan diameter 1200mm kedalaman 39 m yang direncanakan dengan konstanta pegas.
4. Metode pelaksanaan prestress u-shape girder menggunakan precast post tension dengan jacking sejajar arah tendon.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- ACI 358.R1-92 *Analysis and design of reinforced and prestressed-concrete guideway structure*
- Lin, T. Y. & Burn, Ned H., 1993. *Desain Struktur Beton Prategang*. Third Ed. Jakarta: Erlangga.
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.60 tahun 2012. Persyaratan teknis jalur kereta api.
- SNI 1726-2012. Tata Cara Desain Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- SNI T-12-2004. Perencanaan struktur beton untuk jembatan
- RSNI 2833-2013. Perancangan jembatan terhadap beban gempa
- SNI 7833-2012. Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung.
- SNI 7833-2012. Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung.
- AREMA (*American railway engineering and maintenance-of-way association*) 2010
- Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia No.60 tahun 2012. Persyaratan teknis jalur kereta api

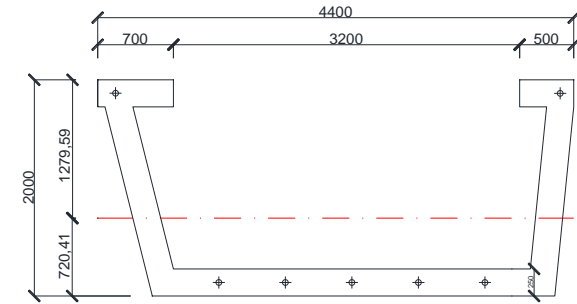
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Perhitungan kehilangan pratekan

segmen	bentang g (m)	fcds (Mpa)	n tendon			Fse (N/mm2)		fci (Mpa)	Δ_{es}	Δ_{s1}	ANC	CR	SH	RE	f_{se}	F_{se}	Δ_{es}	CR	SH	RE	Total Loss	Batas
			atas	bawah (a)	bawah (b)	atas	bawah	bawah	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N/mm2	N	%	%	%	%	%	20%
1	1	-7,27	2	2	4	1548230	14655544	-4,53	14,5	-7,2	12,5	28,1	23,4	185,73	1139,54	4786066,08	1,04%	2,02%	1,68%	13,31%	18,05%	OK
	2	-5,72	2	2	4	1541480	14654457	-4,82	15,5	-7,7	12,5	9,2	23,4	189,64	1154,07	4847094,62	1,11%	0,66%	1,68%	13,59%	17,04%	OK
2	3	-5,11	2	2	6	1538302	18947959	-3,07	9,8	-4,9	13,9	21,0	23,4	188,30	1145,07	4809286,97	0,71%	1,50%	1,68%	13,50%	17,39%	OK
	4	-5,65	2	2	6	1532011	18943243	-5,21	16,7	-8,3	13,9	4,5	23,4	190,39	1156,01	4855246,79	1,20%	0,32%	1,68%	13,65%	16,85%	OK
	5	-6,82	2	2	6	1525949	18936878	-6,37	20,4	-10,2	13,9	4,6	23,4	189,55	1154,87	4850442,59	1,46%	0,33%	1,68%	13,59%	17,06%	OK
3	6	-7,12	2	2	6	1517007	18889198	-5,47	17,5	-8,7	16,7	17,0	23,4	187,49	1143,21	4801484,65	1,26%	1,22%	1,68%	13,44%	17,60%	OK
	7	-5,47	2	2	6	1511404	18879537	-6,20	19,9	-9,9	16,7	7,5	23,4	189,05	1149,98	4829928,09	1,42%	0,54%	1,68%	13,55%	17,20%	OK
	8	-9,06	2	2	6	1506032	18868228	-8,23	26,4	-13,2	16,7	8,5	23,4	187,40	1147,32	4818747,74	1,89%	0,61%	1,68%	13,43%	17,62%	OK
4	9	-14,85	2	2	8	1501120	22980314	-14,30	45,9	-22,9	20,8	5,6	23,4	183,80	1139,90	4787581,45	3,29%	0,40%	1,68%	13,18%	18,55%	OK
	10	-11,50	2	2	8	1496207	22962273	-12,22	39,2	-19,6	20,8	7,4	23,4	184,86	1140,39	4789646,30	2,81%	0,53%	1,68%	13,25%	18,27%	OK
	11	-9,59	2	2	8	1491523	22942195	-8,65	27,7	-13,8	20,8	9,6	23,4	186,87	1141,91	4796007,08	1,99%	0,69%	1,68%	13,40%	17,76%	OK
5	12	-8,37	2	2	10	1491967	27002489	-7,52	24,1	-12,0	20,8	8,7	23,4	187,86	1143,66	4803361,57	1,73%	0,63%	1,68%	13,47%	17,50%	OK
	13	-6,66	2	2	10	1487742	26973740	-7,35	23,6	-11,8	20,8	7,1	23,4	188,33	1145,10	4809434,68	1,69%	0,51%	1,68%	13,50%	17,38%	OK
	14	-10,24	2	2	10	1483747	26942567	-9,11	29,2	-14,6	20,8	11,5	23,4	186,13	1140,00	4787985,52	2,10%	0,83%	1,68%	13,34%	17,95%	OK
6	15	-14,39	2	2	10	1456648	26471471	-14,08	45,2	-22,5	41,7	3,1	23,4	184,49	1121,22	4709123,25	3,24%	0,23%	1,68%	13,23%	18,37%	OK
	16	-12,72	2	2	10	1453112	26435452	-13,33	42,8	-21,3	41,7	6,3	23,4	184,34	1119,47	4701772,12	3,07%	0,45%	1,68%	13,21%	18,41%	OK
	17	-14,82	2	2	10	1449806	26397008	-13,39	42,9	-21,4	41,7	14,7	23,4	182,46	1112,79	4673728,09	3,08%	1,06%	1,68%	13,08%	18,89%	OK
7	18	-17,29	2	2	10	1400063	25481141	-17,01	54,6	-27,2	83,3	2,8	23,4	182,52	1077,15	4524038,95	3,91%	0,20%	1,68%	13,08%	18,88%	OK
	19	-17,37	2	2	10	1397216	25437851	-17,85	57,2	-28,6	83,3	4,9	23,4	181,49	1074,77	4514041,36	4,10%	0,35%	1,68%	13,01%	19,14%	OK
	20	-17,07	2	2	10	1394598	25392136	-15,45	49,6	-24,7	83,3	16,5	23,4	180,62	1067,82	4484861,72	3,55%	1,19%	1,68%	12,95%	19,37%	OK
8	21	-17,065	2	2	10	1394598	25392136	-15,454	49,6	-24,7	83,3	16,5	23,4	180,62	1067,82	4484861,72	3,55%	1,19%	1,68%	12,95%	19,37%	OK
	22	-17,371	2	2	10	1397216	25437851	-17,846	57,2	-28,6	83,3	4,9	23,4	181,49	1074,77	4514041,36	4,10%	0,35%	1,68%	13,01%	19,14%	OK
	23	-17,286	2	2	10	1400063	25481141	-17,013	54,6	-27,2	83,3	2,8	23,4	182,52	1077,15	4524038,95	3,91%	0,20%	1,68%	13,08%	18,88%	OK
9	24	-14,822	2	2	10	1449806	26397008	-13,388	42,9	-21,4	41,7	14,7	23,4	182,46	1112,79	4673728,09	3,08%	1,06%	1,68%	13,08%	18,89%	OK
	25	-12,723	2	2	10	1453112	26435452	-13,332	42,8	-21,3	41,7	6,3	23,4	184,34	1119,47	4701772,12	3,07%	0,45%	1,68%	13,21%	18,41%	OK
	26	-14,389	2	2	10	1456648	26471471	-14,083	45,2	-22,5	41,7	3,1	23,4	184,49	1121,22	4709123,25	3,24%	0,23%	1,68%	13,23%	18,37%	OK
10	27	-10,239	2	2	10	1483747	26942567	-9,114	29,2	-14,6	20,8	11,5	23,4	186,13	1140,00	4787985,52	2,10%	0,83%	1,68%	13,34%	17,95%	OK
	28	-6,661	2	2	10	1487742	26973740	-7,35	23,6	-11,8	20,8	7,1	23,4	188,33	1145,10	4809434,68	1,69%	0,51%	1,68%	13,50%	17,38%	OK
	29	-8,368	2	2	10	1491967	27002489	-7,518	24,1	-12,0	20,8	8,7	23,4	187,86	1143,66	4803361,57	1,73%	0,63%	1,68%	13,47%	17,50%	OK
11	30	-9,588	2	2	8	1491523	22942195	-8,648	27,7	-13,8	20,8	9,6	23,4	186,87	1141,91	4796007,08	1,99%	0,69%	1,68%	13,40%	17,76%	OK
	31	-11,495	2	2	8	1496207	22962273	-12,219	39,2	-19,6	20,8	7,4	23,4	184,86	1140,39	4789646,30	2,81%	0,53%	1,68%	13,25%	18,27%	OK
	32	-14,853	2	2	8	1501120	22980314	-14,304	45,9	-22,9	20,8	5,6	23,4	183,80	1139,90	4787581,45	3,29%	0,40%	1,68%	13,18%	18,55%	OK
12	33	-9,062	2	2	6	1506032	18868228	-8,23	26,4	-13,2	16,7	8,5	23,4	187,40	1147,32	4818747,74	1,89%	0,61%	1,68%	13,43%	17,62%	OK
	34	-5,465	2	2	6	1511404	18879537	-6,196	19,9	-9,9	16,7	7,5	23,4	189,05	1149,98	4829928,09	1,42%	0,54%	1,68%	13,55%	17,20%	OK
	35	-7,122	2	2	6	1517007	18889198	-5,465	17,5	-8,7	16,7	17,0	23,4	187,49	1143,21	4801484,65	1,26%	1,22%	1,68%	13,44%	17,60%	OK
13	36	-6,819	2	2	6	1525949	18936878	-6,37	20,4	-10,2	13,9	4,6	23,4	189,55	1154,87	4850442,59	1,46%	0,33%	1,68%	13,59%	17,06%	OK
	37	-5,648	2	2	6	1532011	18943243	-5,21	16,7	-8,3	13,9	4,5	23,4	190,39	1156,01	4855246,79	1,20%	0,32%	1,68%	13,65%	16,85%	OK
	38	-5,112	2	2	6	1538302	18947959	-3,069	9,8	-4,9	13,9	21,0	23,4	188,30	1145,07	4809286,97	0,71%	1,50%	1,68%	13,50%	17,39%	OK
14	39	-5,715	2	2	4	1541480	14654457	-4,818	15,5	-7,7	12,5	9,2	23,4	189,64	1154,07	4847094,62	1,11%	0,66%	1,68%	13,59%	17,04%	OK
	40	-7,267	2	2	4	1548230	14655544	-4,528	14,5	-7,2	12,5	28,1	23,4	185,73	1139,54	4786066,08	1,04%	2,02%	1,68%	13,31%	18,05%	OK

Perhitungan kebutuhan tendon

tebal plat	=	250 mm									
I	=	941190136421 mm ⁴									
A	=	2000955,833 mm ²									
yt	=	1279,59 mm									
yb	=	720,41 mm									
wb	=	1306464564 mm ³	kb	=	367,59 mm						
wt	=	735540397 mm ³	kt	=	652,92 mm						
D	=	15,24 mm	et	=	1154,59 mm						
Aps	=	140 mm ²	eb	=	595,41 mm						
fpu	=	1860 Mpa	1 tendon isi	=	15 strand						bawah (a)
F	=	260,7 kN		=	12 strand						bawah (b)
0,75F	=	195,525 kN		=	4 strand						atas
	=	195525 N		=							



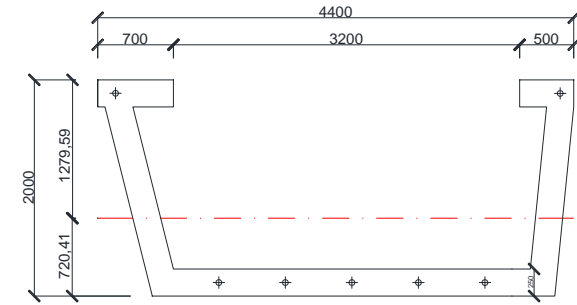
SEGMENT	bentang	MD	Mtotal	Fbot	Aps butuh	tendon (buah)			Aps pasang (mm ²)		Cek Aps
	(m)	(N.mm)	(N.mm)	N	mm ²	atas	bawah (a)	Bawah (b)	top	bot	
1	1	977143788	1481167304	1538068,903	1102,56	2	2	4	1120	10920	OK
	2	1904177638	2912224670	3024102,809	2167,82	2	2	4	1120	10920	OK
2	3	2781101550	4293172099	4458101,716	3195,77	2	2	6	1120	14280	OK
	4	3607915524	5624009589	5840065,627	4186,43	2	2	6	1120	14280	OK
	5	4384619561	6904737142	7169994,539	5139,78	2	2	6	1120	14280	OK
3	6	5111213660	8135354757	8447888,454	6055,83	2	2	6	1120	14280	OK
	7	5787697821	9315862434	9673747,372	6934,59	2	2	6	1120	14280	OK
	8	6414072044	10446260173	10847571,29	7776,04	2	2	6	1120	14280	OK
4	9	6990336329	11387107974	11824563,39	8476,39	2	2	8	1120	17640	OK
	10	7516490676	12249285838	12719863,3	9118,18	2	2	8	1120	17640	OK
	11	7992535085	12973993763	13472412,13	9657,64	2	2	8	1120	17640	OK
5	12	8418469557	13567951751	14089188,04	10099,78	2	2	10	1120	21000	OK
	13	8794294091	14111799801	14653928,95	10504,61	2	2	10	1120	21000	OK

	14	9120008687	14605537913	15166634,87	10872,14	2	2	10	1120	21000	OK
6	15	9395613345	15049166087	15627305,78	11202,37	2	2	10	1120	21000	OK
	16	9621108065	15442684324	16035941,7	11495,30	2	2	10	1120	21000	OK
	17	9796492848	15786092622	16392542,62	11750,93	2	2	10	1120	21000	OK
7	18	9921767692	16079390983	16697108,55	11969,25	2	2	10	1120	21000	OK
	19	9996932599	16309139406	16935683,15	12140,27	2	2	10	1120	21000	OK
	20	10021987568	16334217891	16961725,07	12158,94	2	2	10	1120	21000	OK
8	21	10021987568	16334217891	16961725	12159	2	2	10	1120	21000	OK
	22	9996932599	16309139406	16935683	12140	2	2	10	1120	21000	OK
	23	9921767692	16079390983	16697109	11969	2	2	10	1120	21000	OK
9	24	9796492848	15786092622	16392543	11751	2	2	10	1120	21000	OK
	25	9621108065	15442684324	16035942	11495	2	2	10	1120	21000	OK
	26	9395613345	15049166087	15627306	11202	2	2	10	1120	21000	OK
10	27	9120008687	14605537913	15166635	10872	2	2	10	1120	21000	OK
	28	8794294091	14111799801	14653929	10505	2	2	10	1120	21000	OK
	29	8418469557	13567951751	14089188	10100	2	2	10	1120	21000	OK
11	30	7992535085	12973993763	13472412	9658	2	2	8	1120	17640	OK
	31	7516490676	12249285838	12719863	9118	2	2	8	1120	17640	OK
	32	6990336329	11387107974	11824563	8476	2	2	8	1120	17640	OK
12	33	6414072044	10446260173	10847571	7776	2	2	6	1120	14280	OK
	34	5787697821	9315862434	9673747	6935	2	2	6	1120	14280	OK
	35	5111213660	8135354757	8447888	6056	2	2	6	1120	14280	OK
13	36	4384619561	6904737142	7169995	5140	2	2	6	1120	14280	OK
	37	3607915524	5624009589	5840066	4186	2	2	6	1120	14280	OK
	38	2781101550	4293172099	4458102	3196	2	2	6	1120	14280	OK
14	39	1904177638	2912224670	3024103	2168	2	2	4	1120	10920	OK
	40	977143788	1481167304	1538069	1103	2	2	4	1120	10920	OK

Perhitungan tegangan beton pada saat tranfer

tebal plat	=	250 mm
I	=	941190136421 mm ⁴
A	=	2000955,833 mm ²
yt	=	1279,59 mm
yb	=	720,41 mm
wb	=	1306464564 mm ³
wt	=	735540397 mm ³
D	=	15,24 mm
Aps	=	140 mm ²
fpu	=	1860 Mpa
F	=	260,7 kN
0,75F	=	195,525 kN
	=	195525 N

kb	=	367,59	mm
kt	=	652,92	mm
et	=	1154,59	mm
eb	=	595,41	mm
1 tendon isi	=	15 strand	bawah (a)
	=	12 strand	bawah (b)
	=	4 strand	atas
ft	=	$\frac{F_{top}+F_{bot}}{A} + \frac{F_{top} \cdot e_{top} \cdot Y_{top}}{I} - \frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{bot}}{I} + \frac{M \cdot Y_{top}}{I}$	
fb	=	$\frac{F_{top}+F_{bot}}{A} - \frac{F_{top} \cdot e_{top} \cdot Y_{top}}{I} + \frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{bot}}{I} - \frac{M \cdot Y_{top}}{I}$	



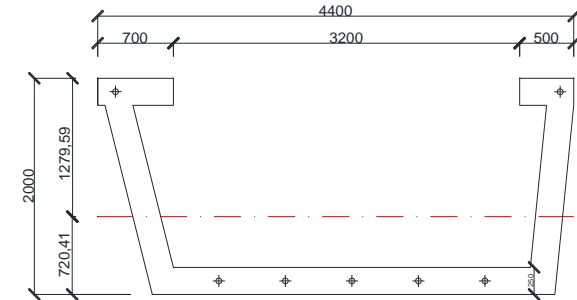
segmen	bentang	MD	Fbot	tendon (buah)			Aps pasang (mm ²)		Fo (N)		fci (N/mm ²)		cek	
	(m)	(N.mm)	N	atas	bawah (a)	Bawah (b)	top	bot	top	bot	bot	top	Bot	Top
1	1	977143788	1538068,903	2	2	4	1120	10920	1564200	15250950	13,22	-0,16	OK	OK
	2	1904177638	3024102,809	2	2	4	1120	10920	1564200	15250950	12,51	1,10	OK	OK
2	3	2781101550	4458101,716	2	2	6	1120	14280	1564200	19943550	16,33	0,84	OK	OK
	4	3607915524	5840065,627	2	2	6	1120	14280	1564200	2,0,E+07	15,69	1,97	OK	OK
	5	4384619561	7169994,539	2	2	6	1120	14280	1564200	2,0,E+07	15,10	3,02	OK	OK
3	6	5111213660	8447888,454	2	2	6	1120	14280	1564200	2,0,E+07	14,54	4,01	OK	OK
	7	5787697821	9673747,372	2	2	6	1120	14280	1564200	2,0,E+07	14,03	4,93	OK	OK
	8	6414072044	10847571,29	2	2	6	1120	14280	1564200	2,0,E+07	13,55	5,78	OK	OK
4	9	6990336329	11824563,39	2	2	8	1120	17640	1564200	2,5,E+07	17,59	5,11	OK	OK
	10	7516490676	12719863,3	2	2	8	1120	17640	1564200	2,5,E+07	17,19	5,83	OK	OK
	11	7992535085	13472412,13	2	2	8	1120	17640	1564200	2,5,E+07	16,82	6,47	OK	OK
5	12	8418469557	14089188,04	2	2	10	1120	21000	1564200	2,9,E+07	20,98	5,60	OK	OK
	13	8794294091	14653928,95	2	2	10	1120	21000	1564200	2,9,E+07	20,69	6,11	OK	OK
	14	9120008687	15166634,87	2	2	10	1120	21000	1564200	2,9,E+07	20,44	6,55	OK	OK

6	15	9395613345	15627305,78	2	2	10	1120	21000	1564200	2,9,E+07	20,23	6,93	OK	OK
	16	9621108065	16035941,7	2	2	10	1120	21000	1564200	2,9,E+07	20,06	7,23	OK	OK
	17	9796492848	16392542,62	2	2	10	1120	21000	1564200	2,9,E+07	19,92	7,47	OK	OK
7	18	9921767692	16697108,55	2	2	10	1120	21000	1564200	2,9,E+07	19,83	7,64	OK	OK
	19	9996932599	16935683,15	2	2	10	1120	21000	1564200	2,9,E+07	19,77	7,74	OK	OK
	20	10021987568	16961725,07	2	2	10	1120	21000	1564200	2,9,E+07	19,75	7,78	OK	OK
8	21	10021987568	16961725	2	2	10	1120	21000	1564200	29328750	19,75	7,78	OK	OK
	22	9996932599	16935683	2	2	10	1120	21000	1564200	29328750	19,77	7,74	OK	OK
	23	9921767692	16697109	2	2	10	1120	21000	1564200	29328750	19,83	7,64	OK	OK
9	24	9796492848	16392543	2	2	10	1120	21000	1564200	29328750	19,92	7,47	OK	OK
	25	9621108065	16035942	2	2	10	1120	21000	1564200	29328750	20,06	7,23	OK	OK
	26	9395613345	15627306	2	2	10	1120	21000	1564200	29328750	20,23	6,93	OK	OK
10	27	9120008687	15166635	2	2	10	1120	21000	1564200	29328750	20,44	6,55	OK	OK
	28	8794294091	14653929	2	2	10	1120	21000	1564200	29328750	20,69	6,11	OK	OK
	29	8418469557	14089188	2	2	10	1120	21000	1564200	29328750	20,98	5,60	OK	OK
11	30	7992535085	13472412	2	2	8	1120	17640	1564200	24636150	16,82	6,47	OK	OK
	31	7516490676	12719863	2	2	8	1120	17640	1564200	24636150	17,19	5,83	OK	OK
	32	6990336329	11824563	2	2	8	1120	17640	1564200	24636150	17,59	5,11	OK	OK
12	33	6414072044	10847571	2	2	6	1120	14280	1564200	19943550	13,55	5,78	OK	OK
	34	5787697821	9673747	2	2	6	1120	14280	1564200	19943550	14,03	4,93	OK	OK
	35	5111213660	8447888	2	2	6	1120	14280	1564200	19943550	14,54	4,01	OK	OK
13	36	4384619561	7169995	2	2	6	1120	14280	1564200	19943550	15,10	3,02	OK	OK
	37	3607915524	5840066	2	2	6	1120	14280	1564200	19943550	15,69	1,97	OK	OK
	38	2781101550	4458102	2	2	6	1120	14280	1564200	19943550	16,33	0,84	OK	OK
14	39	1904177638	3024103	2	2	4	1120	10920	1564200	15250950	12,51	1,10	OK	OK
	40	977143788	1538069	2	2	4	1120	10920	1564200	15250950	13,22	-0,16	OK	OK

Perhitungan tegangan beton pada saat layan

tebal plat	=	250 mm
I	=	941190136421 mm ⁴
A	=	2000955,833 mm ²
yt	=	1279,59 mm
yb	=	720,41 mm
wb	=	1306464564 mm ³
wt	=	735540397 mm ³
D	=	15,24 mm
Aps	=	140 mm ²
fpu	=	1860 Mpa
F	=	260,7 kN
0,75F	=	195,525 kN
	=	195525 N

kb	=	367,59	mm
kt	=	652,92	mm
et	=	1154,59	mm
eb	=	595,41	mm
I tendon isi	=	15 strand	bawah (a)
	=	12 strand	bawah (b)
	=	4 strand	atas
ft	=	$\frac{F_{top}+F_{bot}}{A} + \frac{F_{top} \cdot e_{top} \cdot Y_{top}}{I} - \frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{bot}}{I} + \frac{M \cdot Y_{top}}{I}$	
fb	=	$\frac{F_{top}+F_{bot}}{A} - \frac{F_{top} \cdot e_{top} \cdot Y_{top}}{I} + \frac{F_{bot} \cdot e_{bot} \cdot Y_{bot}}{I} - \frac{M \cdot Y_{top}}{I}$	



Segmen	bentang	MD	Fbot	tendon (buah)			Aps pasang (mm ²)		f se (N/mm ²)		F se (N)		fci (N/mm ²)		cek	
	(m)	(N.mm)	N	atas	bawah (a)	Bawah (b)	top	bot	top	bot	top	bot	bot	top	bot	top
1	1	977143788	1538069	2	2	4	1120	10920	1382	1342	1548230	14655544	12,3	0,7	OK	OK
	2	1904177638	3024103	2	2	4	1120	10920	1376	1342	1541480	14654457	11,2	2,6	OK	OK
2	3	2781101550	4458102	2	2	6	1120	14280	1373	1327	1538302	18947959	14,2	3,2	OK	OK
	4	3607915524	5840066	2	2	6	1120	14280	1368	1327	1532011	18943243	13,2	4,9	OK	OK
	5	4384619561	7169995	2	2	6	1120	14280	1362	1326	1525949	18936878	12,2	6,7	OK	OK
3	6	5111213660	8447888	2	2	6	1120	14280	1354	1323	1517007	18889198	11,2	8,3	OK	OK
	7	5787697821	9673747	2	2	6	1120	14280	1349	1322	1511404	18879537	10,3	9,9	OK	OK
	8	6414072044	10847571	2	2	6	1120	14280	1345	1321	1506032	18868228	9,5	11,5	OK	OK
4	9	6990336329	11824563	2	2	8	1120	17640	1340	1303	1501120	22980314	12,7	11,5	OK	OK
	10	7516490676	12719863	2	2	8	1120	17640	1336	1302	1496207	22962273	12,0	12,6	OK	OK
	11	7992535085	13472412	2	2	8	1120	17640	1332	1301	1491523	22942195	11,4	13,6	OK	OK
5	12	8418469557	14089188	2	2	10	1120	21000	1332	1286	1491967	27002489	14,8	13,2	OK	OK
	13	8794294091	14653929	2	2	10	1120	21000	1328	1284	1487742	26973740	14,4	13,9	OK	OK
	14	9120008687	15166635	2	2	10	1120	21000	1325	1283	1483747	26942567	14,0	14,6	OK	OK

6	15	9395613345	15627306	2	2	10	1120	21000	1301	1261	1456648	26471471	13,2	15,3	OK	OK
	16	9621108065	16035942	2	2	10	1120	21000	1297	1259	1453112	26435452	12,9	15,8	OK	OK
	17	9796492848	16392543	2	2	10	1120	21000	1294	1257	1449806	26397008	12,6	16,3	OK	OK
7	18	9921767692	16697109	2	2	10	1120	21000	1250	1213	1400063	25481141	11,5	16,9	OK	OK
	19	9996932599	16935683	2	2	10	1120	21000	1248	1211	1397216	25437851	11,3	17,2	OK	OK
	20	10021987568	16961725	2	2	10	1120	21000	1245	1209	1394598	25392136	11,2	17,2	OK	OK
8	21	10021987568	16961725	2	2	10	1120	21000	1245	1209	1394598	25392136	11,2	17,2	OK	OK
	22	9996932599	16935683	2	2	10	1120	21000	1248	1211	1397216	25437851	11,3	17,2	OK	OK
	23	9921767692	16697109	2	2	10	1120	21000	1250	1213	1400063	25481141	11,5	16,9	OK	OK
9	24	9796492848	16392543	2	2	10	1120	21000	1294	1257	1449806	26397008	12,6	16,3	OK	OK
	25	9621108065	16035942	2	2	10	1120	21000	1297	1259	1453112	26435452	12,9	15,8	OK	OK
	26	9395613345	15627306	2	2	10	1120	21000	1301	1261	1456648	26471471	13,2	15,3	OK	OK
10	27	9120008687	15166635	2	2	10	1120	21000	1325	1283	1483747	26942567	14,0	14,6	OK	OK
	28	8794294091	14653929	2	2	10	1120	21000	1328	1284	1487742	26973740	14,4	13,9	OK	OK
	29	8418469557	14089188	2	2	10	1120	21000	1332	1286	1491967	27002489	14,8	13,2	OK	OK
11	30	7992535085	13472412	2	2	8	1120	17640	1332	1301	1491523	22942195	11,4	13,6	OK	OK
	31	7516490676	12719863	2	2	8	1120	17640	1336	1302	1496207	22962273	12,0	12,6	OK	OK
	32	6990336329	11824563	2	2	8	1120	17640	1340	1303	1501120	22980314	12,7	11,5	OK	OK
12	33	6414072044	10847571	2	2	6	1120	14280	1345	1321	1506032	18868228	9,5	11,5	OK	OK
	34	5787697821	9673747	2	2	6	1120	14280	1349	1322	1511404	18879537	10,3	9,9	OK	OK
	35	5111213660	8447888	2	2	6	1120	14280	1354	1323	1517007	18889198	11,2	8,3	OK	OK
13	36	4384619561	7169995	2	2	6	1120	14280	1362	1326	1525949	18936878	12,2	6,7	OK	OK
	37	3607915524	5840066	2	2	6	1120	14280	1368	1327	1532011	18943243	13,2	4,9	OK	OK
	38	2781101550	4458102	2	2	6	1120	14280	1373	1327	1538302	18947959	14,2	3,2	OK	OK
14	39	1904177638	3024103	2	2	4	1120	10920	1376	1342	1541480	14654457	11,2	2,6	OK	OK
	40	977143788	1538069	2	2	4	1120	10920	1382	1342	1548230	14655544	12,3	0,7	OK	OK

Perhitungan momen crack dan momen batas

$\sigma_{tekan} = 26,4 \text{ MPa}$
 $f_c' = 50 \text{ MPa}$
 $f_{ci}' = 44 \text{ MPa}$
 $f_r = 4,38 \text{ MPa} = 4384,1 \text{ kN/m}^2$
 $\phi = 0,8$
 $A = 2000956 \text{ mm}^2 = 2,001 \text{ m}^2$
 $y_t = 1279,59 \text{ mm} = 1,2796 \text{ m}$
 $y_b = 720,41 \text{ mm}$
 $I = 9, \text{E}+11 \text{ mm}^4 = 0,94 \text{ m}^4$
 $e_b = 595,41 \text{ mm}$
 $e_t = 1154,59 \text{ mm} = 1,15 \text{ m}$

bentang (m)	Mt	Fperlu	jumlah tendon (buah)			Fse	b	d	a	Mu	Kontrol	r ²	Mer	Kontrol
	kN.m	N	atas	bawah (a)	bawah (b)	kN	m	m	m	kNm		m ²	kNm	
1	1481,17	1538068,90	2	2	4	14655,5	4,4	2	0,089	22926,79	OK	0,47	25533,1	OK
2	2912,22	3024102,81	2	2	4	14654,5	4,4	2	0,089	22925,13	OK	0,47	25531,4	OK
3	4293,17	4458101,72	2	2	6	18948,0	4,4	2	0,115	29444,04	OK	0,47	32066,9	OK
4	5624,01	5840065,63	2	2	6	18943,2	4,4	2	0,115	29436,93	OK	0,47	32059,8	OK
5	6904,74	7169994,54	2	2	6	18936,9	4,4	2	0,115	29427,33	OK	0,47	32050,1	OK
6	8135,35	8447888,45	2	2	6	18889,2	4,4	2	0,115	29355,43	OK	0,47	31977,5	OK
7	9315,86	9673747,37	2	2	6	18879,5	4,4	2	0,115	29340,86	OK	0,47	31962,8	OK
8	10446,26	10847571,29	2	2	6	18868,2	4,4	2	0,115	29323,80	OK	0,47	31945,6	OK
9	11387,11	11824563,39	2	2	8	22980,3	4,4	2	0,140	35484,85	OK	0,47	38204,9	OK
10	12249,29	12719863,30	2	2	8	22962,3	4,4	2	0,140	35458,00	OK	0,47	38177,5	OK
11	12973,99	13472412,13	2	2	8	22942,2	4,4	2	0,139	35428,11	OK	0,47	38146,9	OK
12	13567,95	14089188,04	2	2	10	27002,5	4,4	2	0,164	41431,66	OK	0,47	44327,4	OK
13	14111,80	14653928,95	2	2	10	26973,7	4,4	2	0,164	41389,43	OK	0,47	44283,7	OK

14	14605,54	15166634,87	2	2	10	26942,6	4,4	2	0,164	41343,64	OK	0,47	44236,2	OK
15	15049,17	15627305,78	2	2	10	26471,5	4,4	2	0,161	40651,05	OK	0,47	43519,1	OK
16	15442,68	16035941,70	2	2	10	26435,5	4,4	2	0,161	40598,05	OK	0,47	43464,3	OK
17	15786,09	16392542,62	2	2	10	26397,0	4,4	2	0,160	40541,48	OK	0,47	43405,8	OK
18	16079,39	16697108,55	2	2	10	25481,1	4,4	2	0,155	39191,58	OK	0,47	42011,7	OK
19	16309,14	16935683,15	2	2	10	25437,9	4,4	2	0,155	39127,68	OK	0,47	41945,8	OK
20	16334,22	16961725,07	2	2	10	25392,1	4,4	2	0,154	39060,18	OK	0,47	41876,2	OK
21	16334,22	16961725,07	2	2	10	25392,1	4,4	2	0,154	39060,18	OK	0,47	41876,2	OK
22	16309,14	16935683,15	2	2	10	25437,9	4,4	2	0,155	39127,68	OK	0,47	41945,8	OK
23	16079,39	16697108,55	2	2	10	25481,1	4,4	2	0,155	39191,58	OK	0,47	42011,7	OK
24	15786,09	16392542,62	2	2	10	26397	4,4	2	0,160	40541,48	OK	0,47	43405,8	OK
25	15442,68	16035941,70	2	2	10	26435,5	4,4	2	0,161	40598,05	OK	0,47	43464,3	OK
26	15049,17	15627305,78	2	2	10	26471,5	4,4	2	0,161	40651,05	OK	0,47	43519,1	OK
27	14605,54	15166634,87	2	2	10	26942,6	4,4	2	0,164	41343,64	OK	0,47	44236,2	OK
28	14111,80	14653928,95	2	2	10	26973,7	4,4	2	0,164	41389,43	OK	0,47	44283,7	OK
29	13567,95	14089188,04	2	2	10	27002,5	4,4	2	0,164	41431,66	OK	0,47	44327,4	OK
30	12973,99	13472412,13	2	2	8	22942,2	4,4	2	0,139	35428,11	OK	0,47	38146,9	OK
31	12249,29	12719863,30	2	2	8	22962,3	4,4	2	0,140	35458,00	OK	0,47	38177,5	OK
32	11387,11	11824563,39	2	2	8	22980,3	4,4	2	0,140	35484,85	OK	0,47	38204,9	OK
33	10446,26	10847571,29	2	2	6	18868,2	4,4	2	0,115	29323,80	OK	0,47	31945,6	OK
34	9315,86	9673747,37	2	2	6	18879,5	4,4	2	0,115	29340,86	OK	0,47	31962,8	OK
35	8135,35	8447888,45	2	2	6	18889,2	4,4	2	0,115	29355,43	OK	0,47	31977,5	OK
36	6904,74	7169994,54	2	2	6	18936,9	4,4	2	0,115	29427,33	OK	0,47	32050,1	OK
37	5624,01	5840065,63	2	2	6	18943,2	4,4	2	0,115	29436,93	OK	0,47	32059,8	OK
38	4293,17	4458101,72	2	2	6	18948	4,4	2	0,115	29444,04	OK	0,47	32066,9	OK
39	2912,22	3024102,81	2	2	4	14654,5	4,4	2	0,089	22925,13	OK	0,47	25531,4	OK
40	1481,17	1538068,90	2	2	4	14655,5	4,4	2	0,089	22926,79	OK	0,47	25533,1	OK

Pehitungan Spring

Depth (m)	N-SPT	GRAFIK NSPT	$E_o = 28 N$	k_o	k_v	k_x	$k_x = k_y$
			kg/cm ²	kg/cm ³	T/m	kg/cm	kg/m
0	0		0	0	0	0,00	0
-1	2		56	0,309	27426103,87	3706,92	370692,10
-2	3		84	0,463	13713051,93	5560,38	556038,15
-3	6		168	0,927	9142034,62	11120,76	1112076,31
-4	5		140	0,772	6856525,97	9267,30	926730,26
-5	4		112	0,618	5485220,77	7413,84	741384,21
-6	6		168	0,927	4571017,31	11120,76	1112076,31
-7	8		224	1,236	3918014,84	14827,68	1482768,41
-8	10		280	1,545	3428262,98	18534,61	1853460,52
-9	16		448	2,471	3047344,87	29655,37	2965536,82
-10	29		812	4,479	2742610,39	53750,35	5375035,49
-11	58		1624	8,958	2493282,17	107500,71	10750070,99
-12	60		1680	9,267	2285508,66	111207,63	11120763,09
-13	60		1680	9,267	2109700,30	111207,63	11120763,09
-14	60		1680	9,267	1959007,42	111207,63	11120763,09
-15	52		1456	8,032	1828406,92	96379,95	9637994,68
-16	31		868	4,788	1714131,49	57457,28	5745727,60
-17	60		1680	9,267	1613300,23	111207,63	11120763,09
-18	60		1680	9,267	1523672,44	111207,63	11120763,09
-19	60		1680	9,267	1443479,15	111207,63	11120763,09
-20	60		1680	9,267	1371305,19	111207,63	11120763,09
-21	44		1232	6,796	1306004,95	81552,26	8155226,27
-22	24		672	3,707	1246641,08	44483,05	4448305,24
-23	21		588	3,244	1192439,30	38922,67	3892267,08
-24	19		532	2,935	1142754,33	35215,75	3521574,98
-25	60		1680	9,267	1097044,15	111207,63	11120763,09
-26	40		1120	6,178	1054850,15	74138,42	7413842,06
-27	31		868	4,788	1015781,62	57457,28	5745727,60
-28	33		924	5,097	979503,71	61164,20	6116419,70
-29	29		812	4,479	945727,72	53750,35	5375035,49
-30	22		616	3,398	914203,46	40776,13	4077613,13
-31	26		728	4,016	884713,03	48189,97	4818997,34
-32	18		504	2,780	857065,75	33362,29	3336228,93
-33	15		420	2,317	831094,06	27801,91	2780190,77
-34	22		616	3,398	806650,11	40776,13	4077613,13
-35	24		672	3,707	783602,97	44483,05	4448305,24
-36	19		532	2,935	761836,22	35215,75	3521574,98
-37	15		420	2,317	741246,05	27801,91	2780190,77
-38	13		364	2,008	721739,58	24094,99	2409498,67
-39	20		560	3,089	703233,43	37069,21	3706921,03
-40	18		504	2,780	685652,60	33362,29	3336228,93
-41	16		448	2,471	668929,36	29655,37	2965536,82
-42	21		588	3,244	653002,47	38922,67	3892267,08
-43	24		672	3,707	637816,37	44483,05	4448305,24
-44	28		784	4,325	623320,54	51896,89	5189689,44
-45	18		504	2,780	609468,97	33362,29	3336228,93
-46	25		700	3,861	596219,65	46336,51	4633651,29
-47	21		588	3,244	583534,12	38922,67	3892267,08
-48	23		644	3,552	571377,16	42629,59	4262959,18
-49	30		840	4,634	559716,41	55603,82	5560381,55
-50	28		784	4,325	548522,08	51896,89	5189689,44

$D = 1200 \text{ mm} = 1,2 \text{ m}$
 $A = 1130973 \text{ mm} = 1,1 \text{ m}^2$
 $k = k_o \cdot y^{-1/2}$
 $k_o = 0,2 E_o \cdot D^{-3/4}$
 $E_o = 28 N$
 $k_x = k \cdot D \cdot L_i$
 $k_v = a \cdot A_p \cdot E_p / L_i$
 $y = \frac{I}{cm}$
 $a = 0,027 (l/D) + 0,2$
 $l = \text{panjang tiang (cm)}$
 $a = 1,2125$
 $E_p = 200000 \text{ MPa}$

Perhitungan daya dukung tanah

Depth	NSPT	jenis tanah	GRAFIK NSPT	di/Ni	N	qd	fi	$\sum f_i \times l_i$	Rf	Rp	Ru	RA tekan SF=3,0	RA tekan SF=2,0	RA cabut SF=3,0	RA cabut SF=2,0
						t/m ²	t/m	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton	ton
0	0	batuan		0	0	0	0	0	0	0	0				
-1	2	lempung		0,500	2,6	22	1	1	3,77	24,88	28,65	9,55	14,33	1,26	1,88
-2	3	lempung		0,333	3,1	33	1,5	2,5	9,42	37,32	46,75	15,58	23,37	3,14	4,71
-3	6	lempung		0,167	5,0	66	3	5,5	20,73	74,64	95,38	31,79	47,69	6,91	10,37
-4	5	lempung		0,200	4,9	55	2,5	8	30,16	62,20	92,36	30,79	46,18	10,05	15,08
-5	4	lempung		0,250	4,9	44	2	10	37,70	49,76	87,46	29,15	43,73	12,57	18,85
-6	6	lempung		0,167	6,3	66	3	13	49,01	74,64	123,65	41,22	61,83	16,34	24,50
-7	8	lempung		0,125	8,4	88	4	17	64,09	99,53	163,61	54,54	81,81	21,36	32,04
-8	10	lempung berlanau		0,100	11,9	110	5	22	82,94	124,41	207,35	69,12	103,67	27,65	41,47
-9	16	lempung berlanau		0,063	20,1	176	8	30	113,10	199,05	312,15	104,05	156,07	37,70	56,55
-10	29	lempung berlanau		0,034	31,8	319	12	42	158,34	360,78	519,12	173,04	259,56	52,78	79,17
-11	58	lempung berlanau		0,017	51,3	638	12	54	203,58	721,56	925,14	308,38	462,57	67,86	101,79
-12	60	pasir		0,017	56,7	300	12	66	248,81	339,29	588,11	196,04	294,05	82,94	124,41
-13	60	pasir		0,017	59,0	300	12	78	294,05	339,29	633,35	211,12	316,67	98,02	147,03
-14	60	pasir		0,017	56,3	300	12	90	339,29	339,29	678,58	226,19	339,29	113,10	169,65
-15	52	lempung berlanau		0,019	52,3	572	12	102	384,53	646,92	1031,45	343,82	515,72	128,18	192,27
-16	31	lempung berlanau		0,032	41,8	341	12	114	429,77	385,66	815,43	271,81	407,72	143,26	214,88
-17	60	pasir		0,017	56,3	300	12	126	475,01	339,29	814,30	271,43	407,15	158,34	237,50
-18	60	pasir		0,017	57,1	300	12	138	520,25	339,29	859,54	286,51	429,77	173,42	260,12
-19	60	pasir		0,017	58,4	300	12	150	565,49	339,29	904,78	301,59	452,39	188,50	282,74
-20	60	pasir		0,017	54,8	300	12	162	610,73	339,29	950,02	316,67	475,01	203,58	305,36
-21	44	pasir		0,023	42,9	300	12	174	655,96	339,29	995,26	331,75	497,63	218,65	327,98
-22	24	lanau		0,042	28,8	300	12	186	701,20	339,29	1040,50	346,83	520,25	233,73	350,60
-23	21	lanau berpasir		0,048	27,3	300	10,5	196,5	740,79	339,29	1080,08	360,03	540,04	246,93	370,39
-24	19	lanau		0,053	25,9	209	9,5	206	776,60	236,37	1012,98	337,66	506,49	258,87	388,30
-25	60	pasir		0,017	47,1	300	12	218	821,84	339,29	1161,13	387,04	580,57	273,95	410,92
-26	40	pasir		0,025	38,3	300	12	230	867,08	339,29	1206,37	402,12	603,19	289,03	433,54
-27	31	pasir		0,032	34,8	300	12	242	912,32	339,29	1251,61	417,20	625,81	304,11	456,16
-28	33	pasir		0,030	32,0	300	12	254	957,56	339,29	1296,85	432,28	648,42	319,19	478,78
-29	29	pasir		0,034	28,6	300	12	266	1002,80	339,29	1342,09	447,36	671,04	334,27	501,40
-30	22	lanau		0,045	23,8	300	11	277	1044,27	339,29	1383,56	461,19	691,78	348,09	522,13
-31	26	lanau berpasir		0,038	24,0	300	12	289	1089,50	339,29	1428,80	476,27	714,40	363,17	544,75
-32	18	lanau		0,056	19,3	300	9	298	1123,43	339,29	1462,73	487,58	731,36	374,48	561,72
-33	15	lempung berlanau		0,067	18,0	165	7,5	305,5	1151,71	186,61	1338,32	446,11	669,16	383,90	575,85
-34	22	lempung berlanau		0,045	20,8	242	11	316,5	1193,18	273,70	1466,87	488,96	733,44	397,73	596,59
-35	24	lempung berlanau		0,042	21,5	264	12	328,5	1238,42	298,58	1536,99	512,33	768,50	412,81	619,21
-36	19	lempung berlanau		0,053	18,8	209	9,5	338	1274,23	236,37	1510,60	503,53	755,30	424,74	637,11
-37	15	lempung berlanau		0,067	16,6	165	7,5	345,5	1302,50	186,61	1489,11	496,37	744,56	434,17	651,25
-38	13	lempung berlanau		0,077	15,0	143	6,5	352	1327,01	161,73	1488,74	496,25	744,37	442,34	663,50
-39	20	lempung berlanau		0,050	18,2	220	10	362	1364,71	248,81	1613,52	537,84	806,76	454,90	682,35
-40	18	lempung berlanau		0,056	17,8	198	9	371	1398,64	223,93	1622,57	540,86	811,28	466,21	699,32
-41	16	lempung berlanau		0,063	17,9	176	8	379	1428,80	199,05	1627,85	542,62	813,92	476,27	714,40
-42	21	lempung		0,048	21,2	231	10,5	389,5	1468,38	261,25	1729,64	576,55	864,82	489,46	734,19
-43	24	lempung		0,042	22,7	264	12	401,5	1513,62	298,58	1812,20	604,07	906,10	504,54	756,81
-44	28	lempung berpasir		0,036	25,6	308	12	413,5	1558,86	348,34	1907,20	635,73	953,60	519,62	779,43
-45	18	lempung berpasir		0,056	20,6	198	9	422,5	1592,79	223,93	1816,72	605,57	908,36	530,93	796,39
-46	25	lempung berlanau		0,040	24,0	275	12	434,5	1638,03	311,02	1949,04	649,68	974,52	546,01	819,01
-47	21	lempung berlanau		0,048	22,2	231	10,5	445	1677,61	261,25	1938,87	646,29	969,43	559,20	838,81
-48	23	lempung berlanau		0,043	24,2	253	11,5	456,5	1720,96	286,14	2007,10	669,03	1003,55	573,65	860,48
-49	30	lempung berlanau		0,033	27,7	330	12	468,5	1766,20	373,22	2139,42	713,14	1069,71	588,73	883,10
-50	28	lempung berlanau		0,036	26,7	308	12	480,5	1811,44	348,34	2159,78	719,93	1079,89	603,81	905,72

$f'c = 40$ MPa
 BJ beton = 2500 kg/m³
 D tiang = 1200 mm = 1,2 m N1 = 18
 keliling tiang = 3769,91118 mm = 3,77 m 4D = 4800 mm
 Luas tiang (A) = 1130973,36 mm² = 1,13 m² ~ 5 m
 berat tiang = 2827433388 kg/m'
 momen inersia = 0,1017876 m⁴ = 1E+07 cm⁴ N = 19,3
 E beton = 29725,41 MPa = 3E+05 kg/cm²

1. Daya dukung terpusat tiang
 $R_p = q_d \cdot A$
2. Gaya geser dinding tiang
 $R_f = U_p \times \sum l_i \cdot f_i$
3. Daya dukung ultimate
 $R_u = R_p + R_f$

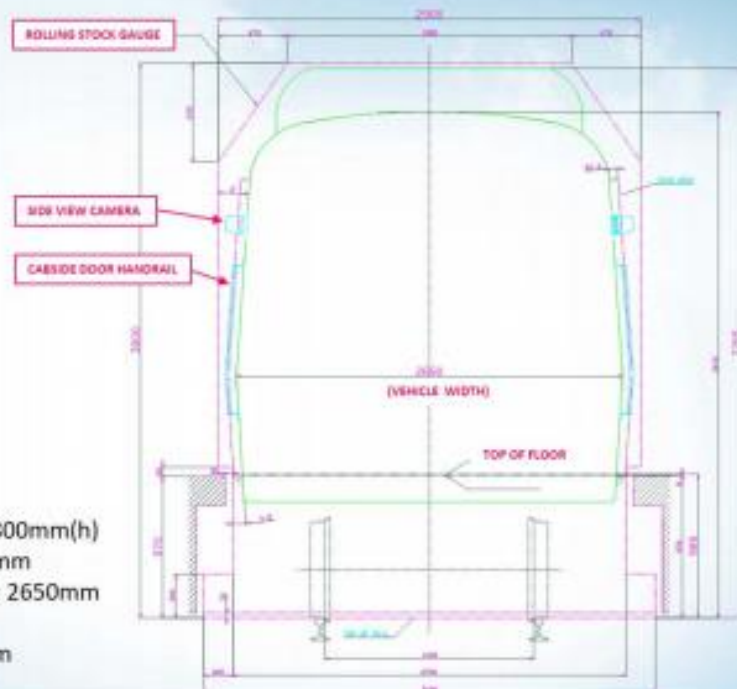
❖ Train Performance

Maximum operating/design speed	80 km/h / 90 km/h
Service Acceleration rate	1.0 m/s ² @ AW3
Deceleration rate (service/emergency)	Service Brake 1.0 m/s ² @ AW3 Emergency Brake 1.2m/s ² @ AW3
Track gauge	1,435 mm
Nominal line voltage (3 rd rail)	750V DC
Minimum Curve radius service / Depot	60 m / 40 m
Maximum static axle load(@ AW3)	12.5 t
Maximum gradient (main line)	6 %

❖ Principle Dimension

Length over coupler face 2 car train	28,000 mm
Distance between bogie centers	10,750 mm
Vehicle height from top of rail (up to roof equipment)	3,765 mm (TBD)
Floor height from top of rail	985 mm
Height of center of coupler from top of rail	580 mm
Bogie Wheel base	2,310 mm
Wheel diameter (new/worn)	660 mm / 600 mm

❖ Rolling stock gauge



- ✓ Rolling stock gauge : 2,900 (w) X 3,800mm(h)
- ✓ Height of roof top (Air-con) : 3,765mm
- ✓ Vehicle width (carbody to carbody) : 2650mm
- ✓ Platform height : 970mm
- ✓ Floor height from top of rail : 985mm

Properties & benefits

Materials

The following materials are used for the production of mageba LASTO®LRB lead rubber bearings:

- Reinforcing plates, the top and bottom plates are made from rolled carbon steel conforming to ASTM A36 or A570
- Natural rubber, type NR, grade 3 per ASTM D4014-81
- Lead with a minimum purity of 99.9%

Anchoring system

LASTO®LRB devices are equipped with anchor plates to facilitate the connection to the lower and upper concrete structures. Alternatively, the bearings can be prepared for connection to steel structures.

Corrosion protection

mageba proposes standard corrosion protection systems according to EN ISO 12944, with corrosivity category depending on location, environmental conditions and the required degree of protection.

Corrosion protection systems according to other standards can be provided upon request.

Main dimensions

The table below summarizes the main dimensions for one given seismic design displacement. Values for other sets of input parameters can be provided upon request.

Benefits

- Significant dissipation of energy during earthquakes leading to an optimized structure size and reduced structure cost
- Combined transfer of service and seismic loads leading to minimal space requirement for the devices
- Effective solution for a wide range of types of structures
- Effective solution for the retrofitting or upgrade of existing structures
- Re-centring capabilities of bearings after a seismic event allows to maintain the serviceability of the structure
- Well researched technology with several decades of track record for many applications worldwide

Inspection and maintenance

LASTO®LRB lead rubber bearings are maintenance free. The condition and position of the bearings should be inspected at regular intervals. Upon request, mageba specialists can carry out such inspections and summarize the results in a detailed report.



1 Testing of LASTO®LRB bearings
2 Manufacturing of LASTO®LRB bearings

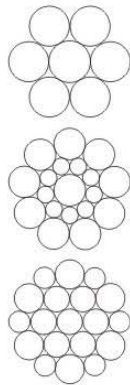
LASTO®LRB – $d_{bd} = 400\text{mm}$										
D (mm)	t_e (mm)	H_B (mm)	N_{Sd} (kN)	N_{Ed} (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	K_r (kN/mm)	K_{eff} (kN/mm)	K_v (kN/mm)	ξ (%)
500	160	326	3,600	1,250	315	755	1.1	1.89	814	29
600	176	350	5,950	2,150	420	990	1.45	2.49	1,346	28
700	192	374	8,750	3,450	515	1230	1.8	3.09	1,991	28
800	208	398	10,950	5,100	620	1500	2.17	3.73	2,725	26
900	216	410	16,250	6,750	690	1750	2.65	4.38	3,658	26
1000	224	422	18,750	10,100	760	2030	3.16	5.07	4,693	25

Important Note: This table is intended only as a preliminary reference for the design of the isolator. The final design and technical details will be fully defined once all the parameters of the project are considered in the final design.

Legend

d_{bd}	Design seismic displacement	F_1	Yield force
D	Rubber block diameter	F_2	Maximum horizontal force (at d_{bd})
t_e	Total rubber height	K_r	Horizontal stiffness
H_B	Total isolator's height	K_{eff}	Effective stiffness
N_{Sd}	Maximum vertical service load	K_v	Vertical stiffness
N_{Ed}	Maximum vertical seismic load	ξ	Damping ratio

Strand



Cross-section of 13/15/18mm strand

Cross-section of 22mm strand

Cross-section of 28mm strand

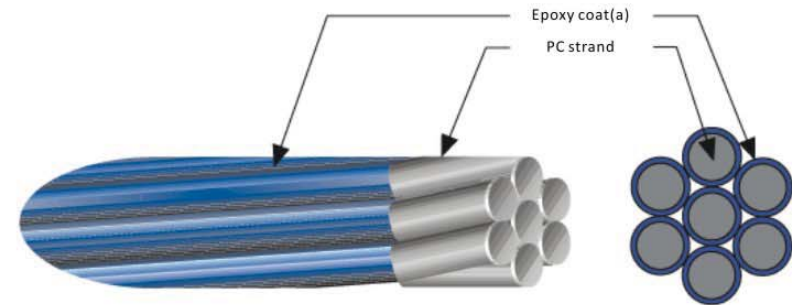
The strand to fit OVM Post-tensioning System should comply with ASTM416, GB/T 5224, prEN 10138 or JIS G3536. The strand could be bare, galvanized or epoxy-coated.

Main Data

Type	13mm (0.5")				15mm (0.6")				
	prEN 10138-3 (2006) Y1860S7	ASTM416-12 Grade 270	GB/T 5224-2003	prEN 10138-3 (2006) Y1860S7	ASTM416-12 Grade 270	GB/T 5224-2003	prEN 10138-3 (2006) Y1860S7	ASTM416-12 Grade 270	GB/T 5224-2003
Nom. Dia. (mm)	12.5	12.9	12.7	12.7	15.3	15.7	15.24	15.2	15.2
Nom. Cross Section (mm ²)	93	100	98.7	98.7	140	150	140	140	140
Nom. Mass (Kg/m)	0.726	0.781	0.775	0.775	1.093	1.172	1.102	1.101	1.101
Nom. Yield Strength (MPa)	1634	1640	1675	1636	1640	1676	1636	1640	1676
Nom. Tensile Strength (MPa)	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1860
Min. Breaking Load (kN)	173	186	183.7	184	260	279	260.7	260	260
Young's Modulus (Gpa)	Approx. 195								
Relaxation after 1,000h at 20° C at 70% breaking load	Max. 2.5								

Type	18mm	22mm	28mm
Designation	JIS G3536-2008	JIS G3536-2008	JIS G3536-2008
Nom. Dia. (mm)	17.8	21.8	28.6
Nom. Cross Section (mm ²)	208.4	312.9	532.4
Nom. Mass (Kg/m)	1.652	2.482	4.229
Min. Breaking Load (kN)	387	573	949
Young's Modulus (Gpa)	Approx. 195		
Relaxation after 1,000h at 20° C at 70% breaking load	Max. 2.5		

Epoxy-Coated PC Strand



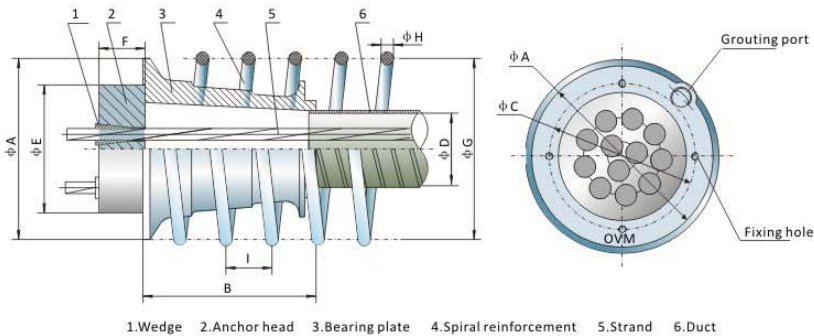
- With excellent anti-corrosion property
- Good UV resistance
- Same strength and mechanical property as bare strand
- Extending service life of the strand

Epoxy-coated Strands have widely applied to severe environments such as for marine structures or those at salty intensive area.

Epoxy-Coated PC Strand

Type	PC strand		OVM EC S13/ EC S15				Material
	Spec. (mm)	Unit Weight (g/m)	External dia.(mm)	Unit Weight (g/m)	CoatingThickness on Single wire (mm)	Unit weight of Coasting (g/m)	
OVM EC S13	12.7	775	13.5	789	0.13-0.30	14.9	Epoxy
OVM EC S15	15.2	1102	16.0	1119	0.13-0.30	17.7	

Stressing-end Anchorage OVM.M15A

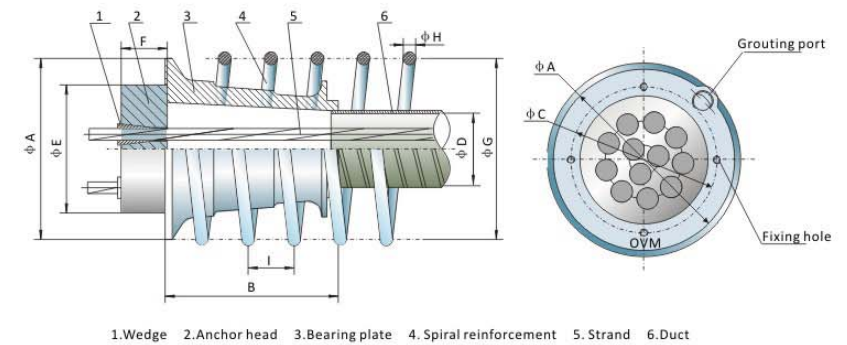


Main Data

Designation	Bearing plate		Duct ϕD (I.D.)	Anchor head ϕExF	Spiral reinforcement				Stressing jack
	ϕAxB	Bolt distance ϕC			ϕG	ϕH	I	N	
OVM.M15A-1	-	-	-	$\phi 50 \times 48$	$\phi 80$	$\phi 6$	30	4	YDC240QX
OVM.M15A-2	$\phi 132 \times 80$	$\phi 105$	$\phi 45$	$\phi 86 \times 50$	$\phi 115$	$\phi 8$	40	4	YCW100B
OVM.M15A-3	$\phi 136 \times 80$	$\phi 110$	$\phi 50$	$\phi 91 \times 50$	$\phi 130$	$\phi 10$	50	4	YCW100B
OVM.M15A-4	$\phi 140 \times 125$	$\phi 120$	$\phi 55$	$\phi 102 \times 50$	$\phi 150$	$\phi 12$	50	4	YCW100B
OVM.M15A-5	$\phi 155 \times 130$	$\phi 135$	$\phi 55$	$\phi 115 \times 50$	$\phi 170$	$\phi 12$	50	4	YCW100B/150B
OVM.M15A-6	$\phi 165 \times 160$	$\phi 145$	$\phi 70$	$\phi 126 \times 52$	$\phi 200$	$\phi 12$	50	4	YCW150B
OVM.M15A-7	$\phi 172 \times 170$	$\phi 145$	$\phi 70$	$\phi 126 \times 53$	$\phi 200$	$\phi 12$	50	4	YCW150B/250B
OVM.M15A-8	$\phi 185 \times 180$	$\phi 162$	$\phi 80$	$\phi 136 \times 55$	$\phi 216$	$\phi 14$	50	5	YCW250B
OVM.M15A-9	$\phi 200 \times 190$	$\phi 175$	$\phi 80$	$\phi 146 \times 55$	$\phi 240$	$\phi 14$	50	5	YCW250B
OVM.M15A-10	$\phi 210 \times 210$	$\phi 190$	$\phi 90$	$\phi 156 \times 58$	$\phi 270$	$\phi 14$	60	5	YCW250B
OVM.M15A-11	$\phi 210 \times 220$	$\phi 190$	$\phi 90$	$\phi 166 \times 58$	$\phi 270$	$\phi 16$	60	5	YCW250B
OVM.M15A-12	$\phi 214 \times 230$	$\phi 190$	$\phi 90$	$\phi 166 \times 60$	$\phi 270$	$\phi 16$	60	5	YCW350B
OVM.M15A-13	$\phi 224 \times 230$	$\phi 190$	$\phi 90$	$\phi 170 \times 63$	$\phi 270$	$\phi 16$	60	5	YCW350B
OVM.M15A-14	$\phi 233 \times 260$	$\phi 200$	$\phi 90$	$\phi 176 \times 65$	$\phi 285$	$\phi 16$	60	5	YCW350B
OVM.M15A-15	$\phi 246 \times 290$	$\phi 220$	$\phi 90$	$\phi 186 \times 68$	$\phi 300$	$\phi 16$	60	5	YCW350B
OVM.M15A-16	$\phi 246 \times 330$	$\phi 220$	$\phi 90$	$\phi 196 \times 70$	$\phi 300$	$\phi 18$	60	5	YCW350B/400B
OVM.M15A-17	$\phi 258 \times 395$	$\phi 220$	$\phi 90$	$\phi 196 \times 73$	$\phi 300$	$\phi 18$	60	5	YCW350B/400B
OVM.M15A-18	$\phi 272 \times 325$	$\phi 230$	$\phi 100$	$\phi 206 \times 75$	$\phi 310$	$\phi 18$	60	6	YCW400B
OVM.M15A-19	$\phi 272 \times 325$	$\phi 230$	$\phi 100$	$\phi 206 \times 75$	$\phi 310$	$\phi 18$	60	6	YCW400B/500B
OVM.M15A-20	$\phi 300 \times 325$	$\phi 250$	$\phi 120$	$\phi 226 \times 80$	$\phi 320$	$\phi 20$	60	6	YCW500B
OVM.M15A-21/22	$\phi 300 \times 325$	$\phi 250$	$\phi 120$	$\phi 226 \times 80$	$\phi 320$	$\phi 20$	60	6	YCW500B
OVM.M15A-23/24	$\phi 330 \times 430$	$\phi 280$	$\phi 120$	$\phi 244 \times 82$	$\phi 350$	$\phi 20$	60	6	YCW650A
OVM.M15A-25/26/27	$\phi 330 \times 430$	$\phi 280$	$\phi 120$	$\phi 244 \times 85$	$\phi 350$	$\phi 20$	60	6	YCW650A
OVM.M15A-28/29	$\phi 352 \times 415$	$\phi 290$	$\phi 130$	$\phi 260 \times 88$	$\phi 390$	$\phi 20$	60	7	YCW650A
OVM.M15A-30/31	$\phi 352 \times 415$	$\phi 290$	$\phi 130$	$\phi 260 \times 90$	$\phi 390$	$\phi 20$	60	7	YCW650A
OVM.M15A-32/33/34	$\phi 386 \times 510$	$\phi 330$	$\phi 140$	$\phi 296 \times 95$	$\phi 465$	$\phi 20$	60	8	YCW900A
OVM.M15A-35/36/37	$\phi 394 \times 510$	$\phi 330$	$\phi 140$	$\phi 296 \times 100$	$\phi 465$	$\phi 20$	60	8	YCW900A

The fixing hole of OVM.M15A-(2~19) is 4xM10. The fixing hole of OVM.M15A-(20~37) is 6xM10. If adopting the vacuum grouting on duct, protect the hole while installation and remove in order to install the sealing capot when vacuum grouting.

Stressing-end Anchorage OVM.M13A



Main Data

Designation	Bearing plate		Duct ϕD (I.D.)	Anchor head ϕExF	Spiral reinforcement				Stressing jack
	ϕAxB	Bolt distance ϕC			ϕG	ϕH	I	N	
OVM.M13A-1	-	-	-	$\phi 40 \times 40$	$\phi 80$	$\phi 6$	30	3	YDC240QX
OVM.M13A-2	$\phi 125 \times 80$	$\phi 105$	$\phi 45$	$\phi 75 \times 45$	$\phi 110$	$\phi 6$	30	3	YCW100B
OVM.M13A-3	$\phi 132 \times 80$	$\phi 105$	$\phi 45$	$\phi 80 \times 45$	$\phi 120$	$\phi 10$	50	3	YCW100B
OVM.M13A-4	$\phi 136 \times 102$	$\phi 105$	$\phi 50$	$\phi 85 \times 48$	$\phi 135$	$\phi 10$	50	3	YCW100B
OVM.M13A-5	$\phi 140 \times 125$	$\phi 120$	$\phi 50$	$\phi 100 \times 48$	$\phi 145$	$\phi 12$	50	4	YCW100B
OVM.M13A-6	$\phi 155 \times 130$	$\phi 135$	$\phi 60$	$\phi 105 \times 48$	$\phi 165$	$\phi 12$	50	4	YCW100B
OVM.M13A-7	$\phi 155 \times 130$	$\phi 135$	$\phi 60$	$\phi 105 \times 50$	$\phi 165$	$\phi 12$	50	4	YCW150B
OVM.M13A-8	$\phi 170 \times 160$	$\phi 140$	$\phi 60$	$\phi 116 \times 52$	$\phi 175$	$\phi 12$	50	4	YCW150B
OVM.M13A-9	$\phi 175 \times 170$	$\phi 145$	$\phi 70$	$\phi 126 \times 53$	$\phi 190$	$\phi 14$	50	4	YCW150B
OVM.M13A-10/11	$\phi 200 \times 190$	$\phi 162$	$\phi 80$	$\phi 136 \times 53$	$\phi 216$	$\phi 14$	50	5	YCW150B
OVM.M13A-12	$\phi 210 \times 210$	$\phi 175$	$\phi 80$	$\phi 146 \times 55$	$\phi 216$	$\phi 14$	50	5	YCW250B
OVM.M13A-13	$\phi 210 \times 210$	$\phi 175$	$\phi 80$	$\phi 146 \times 55$	$\phi 230$	$\phi 16$	60	5	YCW250B
OVM.M13A-14	$\phi 210 \times 230$	$\phi 190$	$\phi 80$	$\phi 156 \times 57$	$\phi 230$	$\phi 16$	60	5	YCW250B
OVM.M13A-15	$\phi 214 \times 230$	$\phi 190$	$\phi 90$	$\phi 166 \times 60$	$\phi 240$	$\phi 16$	60	5	YCW250B
OVM.M13A-16	$\phi 246 \times 270$	$\phi 200$	$\phi 90$	$\phi 176 \times 62$	$\phi 240$	$\phi 16$	60	5	YCW250B
OVM.M13A-17	$\phi 246 \times 270$	$\phi 200$	$\phi 90$	$\phi 176 \times 62$	$\phi 240$	$\phi 18$	60	5	YCW350B
OVM.M13A-18/19	$\phi 246 \times 270$	$\phi 200$	$\phi 90$	$\phi 176 \times 65$	$\phi 265$	$\phi 18$	60	5	YCW350B
OVM.M13A-20	$\phi 260 \times 365$	$\phi 220$	$\phi 90$	$\phi 196 \times 68$	$\phi 290$	$\phi 18$	60	5	YCW350B
OVM.M13A-21/22	$\phi 260 \times 365$	$\phi 220$	$\phi 90$	$\phi 196 \times 70$	$\phi 290$	$\phi 18$	60	5	YCW350B
OVM.M13A-23/24	$\phi 275 \times 380$	$\phi 245$	$\phi 100$	$\phi 216 \times 73$	$\phi 310$	$\phi 18$	60	6	YCW400B
OVM.M13A-25/26	$\phi 275 \times 380$	$\phi 245$	$\phi 100$	$\phi 216 \times 75$	$\phi 310$	$\phi 18$	60	6	YCW400B
OVM.M13A-27	$\phi 275 \times 380$	$\phi 245$	$\phi 100$	$\phi 216 \times 75$	$\phi 310$	$\phi 20$	60	6	YCW400B
OVM.M13A-28/29	$\phi 300 \times 400$	$\phi 250$	$\phi 105$	$\phi 224 \times 78$	$\phi 315$	$\phi 20$	60	6	YCW400B
OVM.M13A-30/31	$\phi 300 \times 400$	$\phi 250$	$\phi 105$	$\phi 224 \times 80$	$\phi 315$	$\phi 20$	60	6	YCW500B
OVM.M13A-32/33/34	$\phi 330 \times 430$	$\phi 280$	$\phi 120$	$\phi 244 \times 82$	$\phi 370$	$\phi 20$	60	7	YCW500B
OVM.M13A-35/36	$\phi 330 \times 430$	$\phi 280$	$\phi 120$	$\phi 244 \times 85$	$\phi 370$	$\phi 20$	60	7	YCW500B
OVM.M13A-37	$\phi 330 \times 430$	$\phi 280$	$\phi 120$	$\phi 244 \times 85$	$\phi 370$	$\phi 20$	60	7	YCW650A

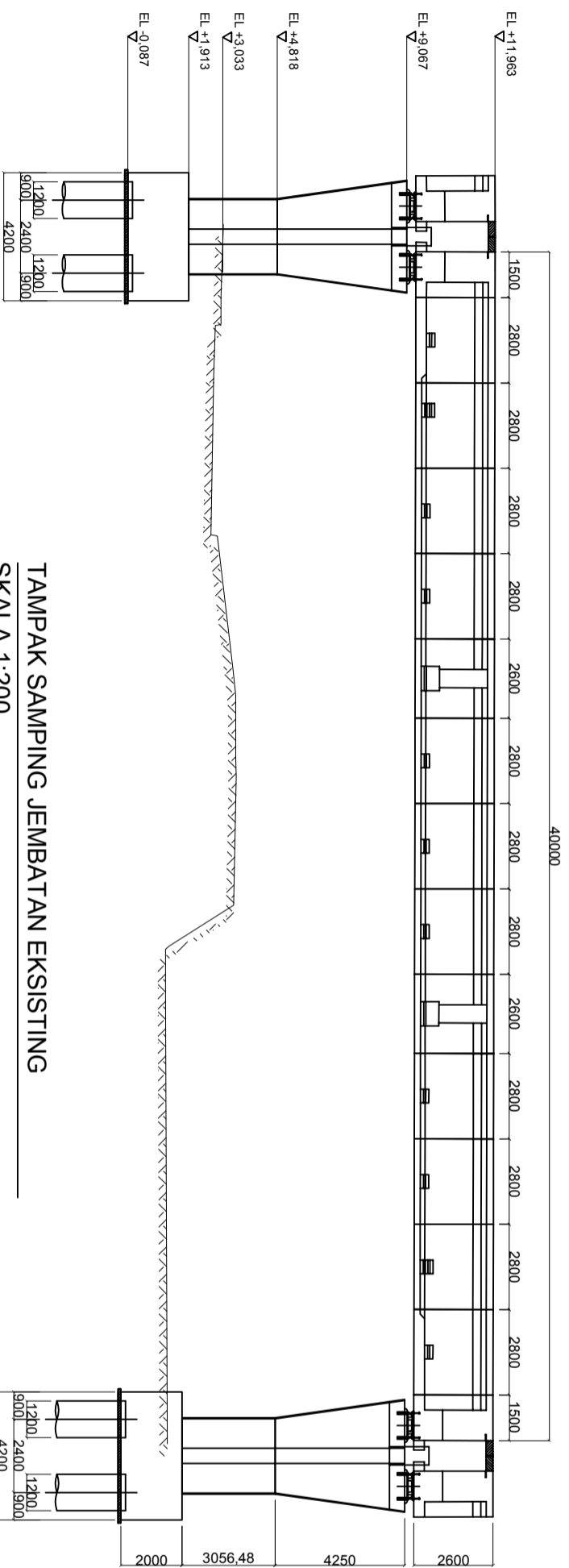
The fixing hole of OVM.M13A-(2~27) is 4xM10. The fixing hole of OVM.M13A-(28~37) is 6xM10. If adopting the vacuum grouting on duct, protect the hole while installation and remove in order to install the sealing capot when vacuum grouting.

DAFTAR GAMBAR

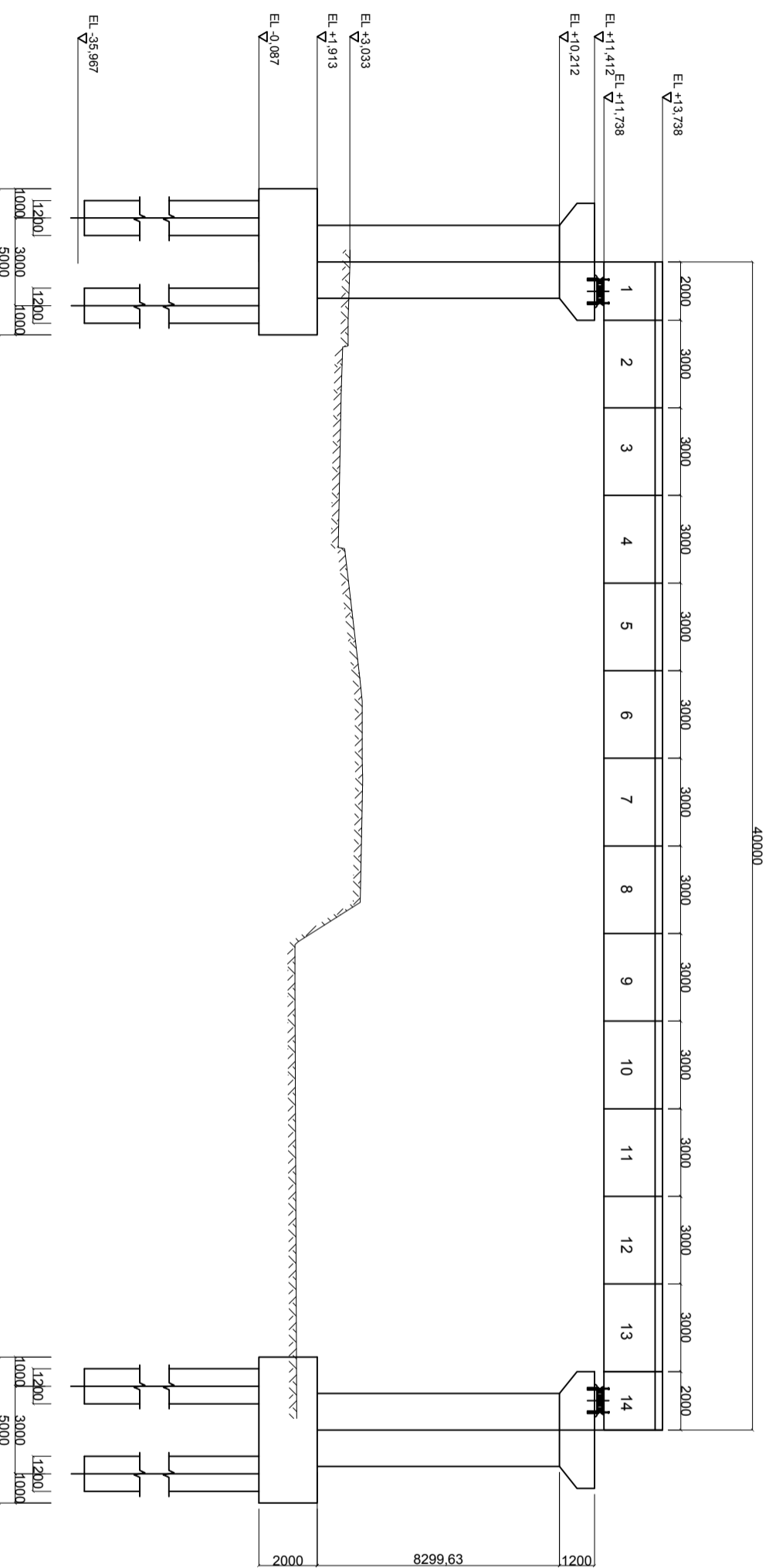
DESAIN STRUKTUR JEMBATAN LIGHT RAIL TRANSIT (LRT) VELODROME - KELAPA GADING DENGAN MENGGUNAKAN U-SHAPE GIRDER PRATEGANG

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR
STR	Tampak Memanjang Jembatan Eksisting dan Rencana	1:200	01
STR	Tampak Melintang Eksisting dan Rencana	1:100	02
STR	Pembagian Segmen U-Girder	1:200	03
STR	Potongan Melintang dan Memanjang Jembatan	1:100	04
STR	Layout Tendon	1:200	05
STR	Detail U-Girder Segmen 1	1:50 ; 1:5; 1:200	06
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 1	1:50	07
STR	Detail U-Girder Segmen 2	1:50 ; 1:5; 1:200	08
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 2	1:50	09
STR	Detail U-Girder Segmen 3	1:50 ; 1:5; 1:200	10
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 3	1:50	11
STR	Detail U-Girder Segmen 4	1:50 ; 1:5; 1:200	12
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 4	1:50	13
STR	Detail U-Girder Segmen 5	1:50 ; 1:5; 1:200	14
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 5	1:50	15
STR	Detail U-Girder Segmen 6	1:50 ; 1:5; 1:200	16
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 6	1:50	17
STR	Detail U-Girder Segmen 7	1:50 ; 1:5; 1:200	18
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 7	1:50	19

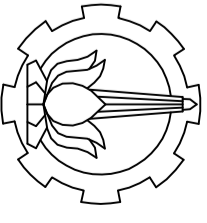
KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR
STR	Detail U-Girder Segmen 8	1:50 ; 1:5; 1:200	20
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 8	1:50	21
STR	Detail U-Girder Segmen 9	1:50 ; 1:5; 1:200	22
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 9	1:50	23
STR	Detail U-Girder Segmen 10	1:50 ; 1:5; 1:200	24
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 10	1:50	25
STR	Detail U-Girder Segmen 11	1:50 ; 1:5; 1:200	26
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 11	1:50	27
STR	Detail U-Girder Segmen 12	1:50 ; 1:5; 1:200	28
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 12	1:50	29
STR	Detail U-Girder Segmen 13	1:50 ; 1:5; 1:200	30
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 13	1:50	31
STR	Detail U-Girder Segmen 14	1:50 ; 1:5; 1:200	32
STR	Detail Penulangan U-Girder Segmen 14	1:50	33
STR	Penulangan Pilar	1:100 ; 1:50	34
STR	Layout Boredpile	1:100	35
STR	Penulangan Pilecap	1:100 ; 1:50	36
STR	Penulangan Boredpile	1:100 ; 1:25	37



TAMPAK SAMPING JEMBATAN EKSTING
SKALA 1:200



TAMPAK SAMPING JEMBATAN RENCANA
SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fitriy
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc: 50 MPa (U-Box Girder)
fc: 40 MPa (Pilar)
fc: 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

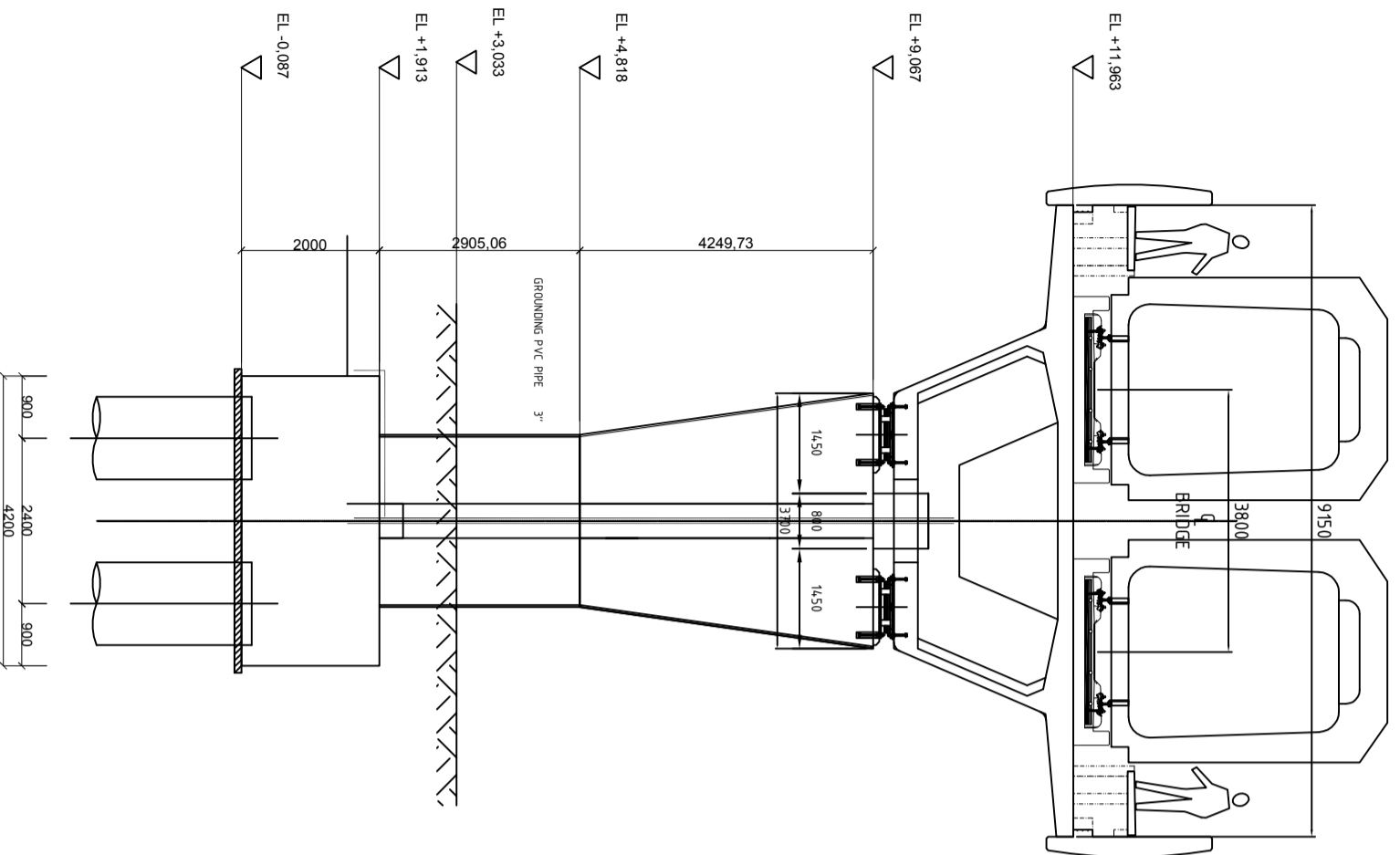
TAMPAK MEMANJANG JEMBATAN
EKSTING DAN RENCANA

SKALA KODE GAMBAR

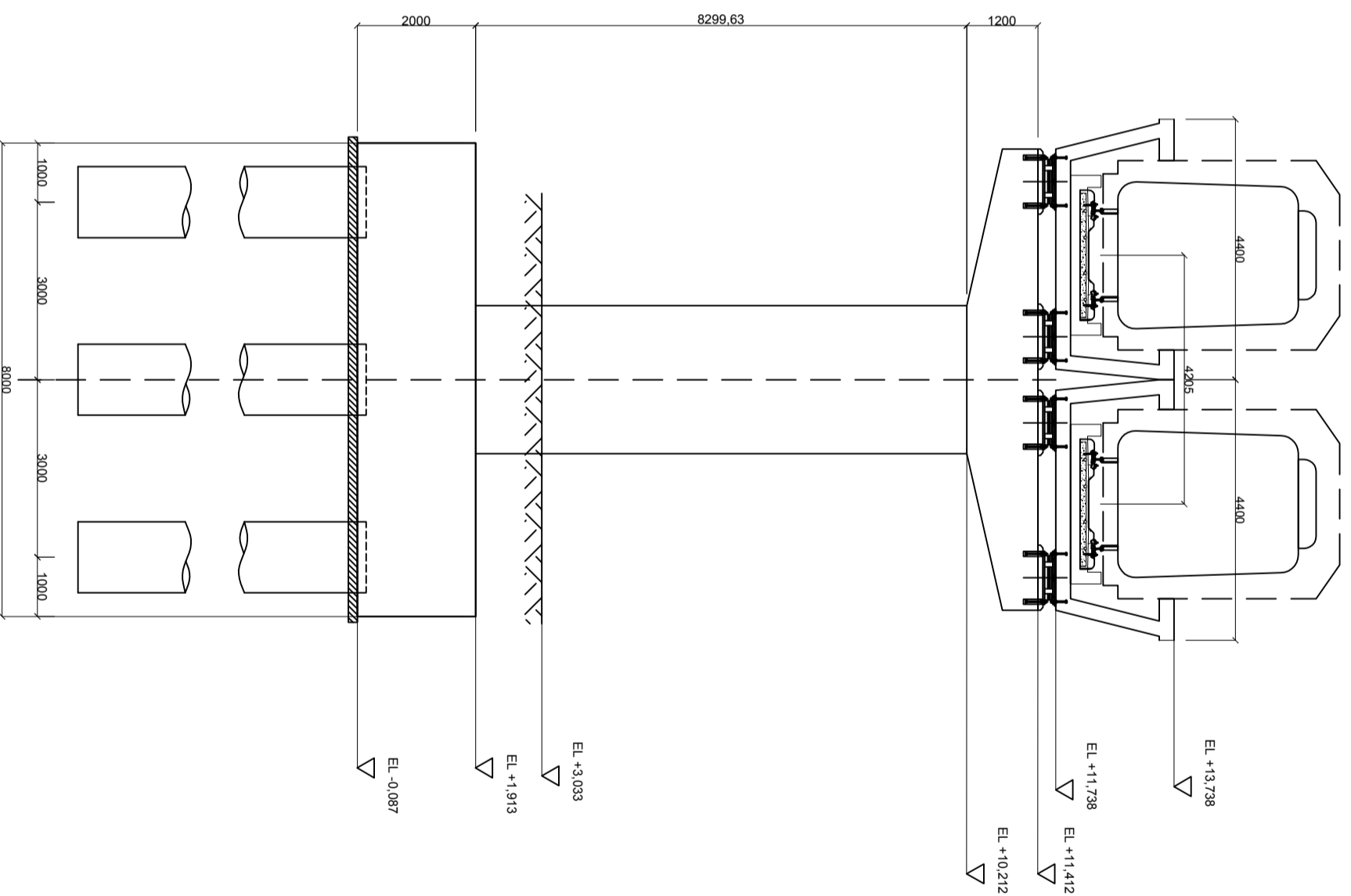
STR

NO. GAMBAR JUMLAH GAMBAR

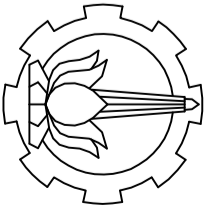
01 37



POTONGAN MELINTANG JEMBATAN EKSTING
SKALA 1:100



POTONGAN MELINTANG JEMBATAN RENCANA
SKALA 1:100



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Puji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

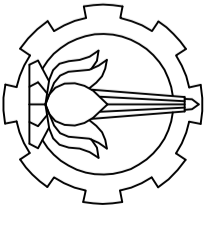
TAMPAK MELINTANG JEMBATAN
EKSTING DAN RENCANA

SKALA KODE GAMBAR

STR

NO. GAMBAR JUMLAH GAMBAR

02 37



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pujji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

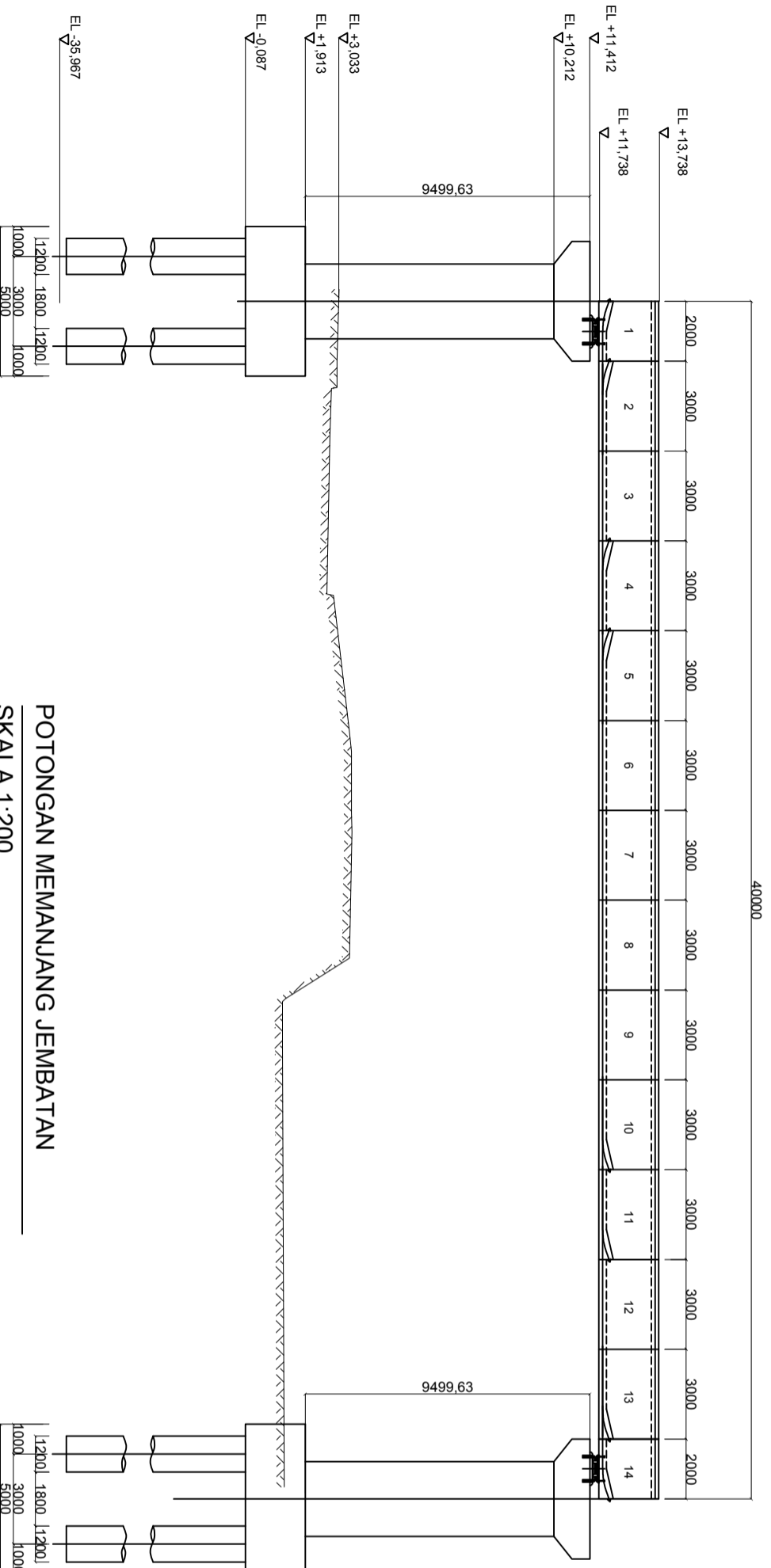
Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

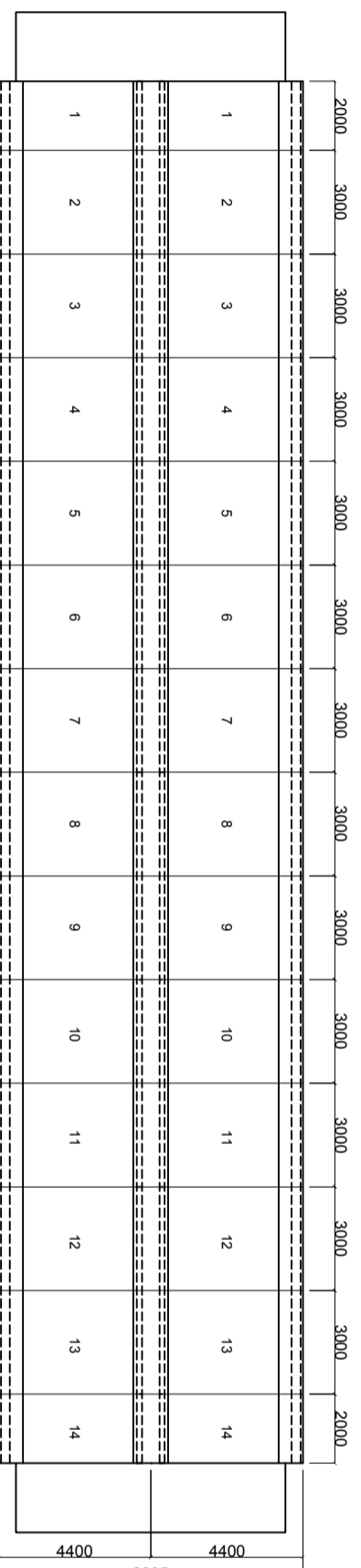
PEMBAGIAN SEGMENT U-GIRDER

SKALA	KODE GAMBAR
	STR
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

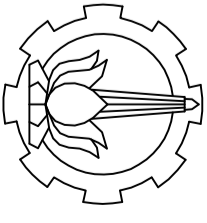
03 **37**



POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN
 SKALA 1:200



TAMPAK ATAS JEMBATAN
 SKALA 1:200



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *LIGHT RAIL*
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

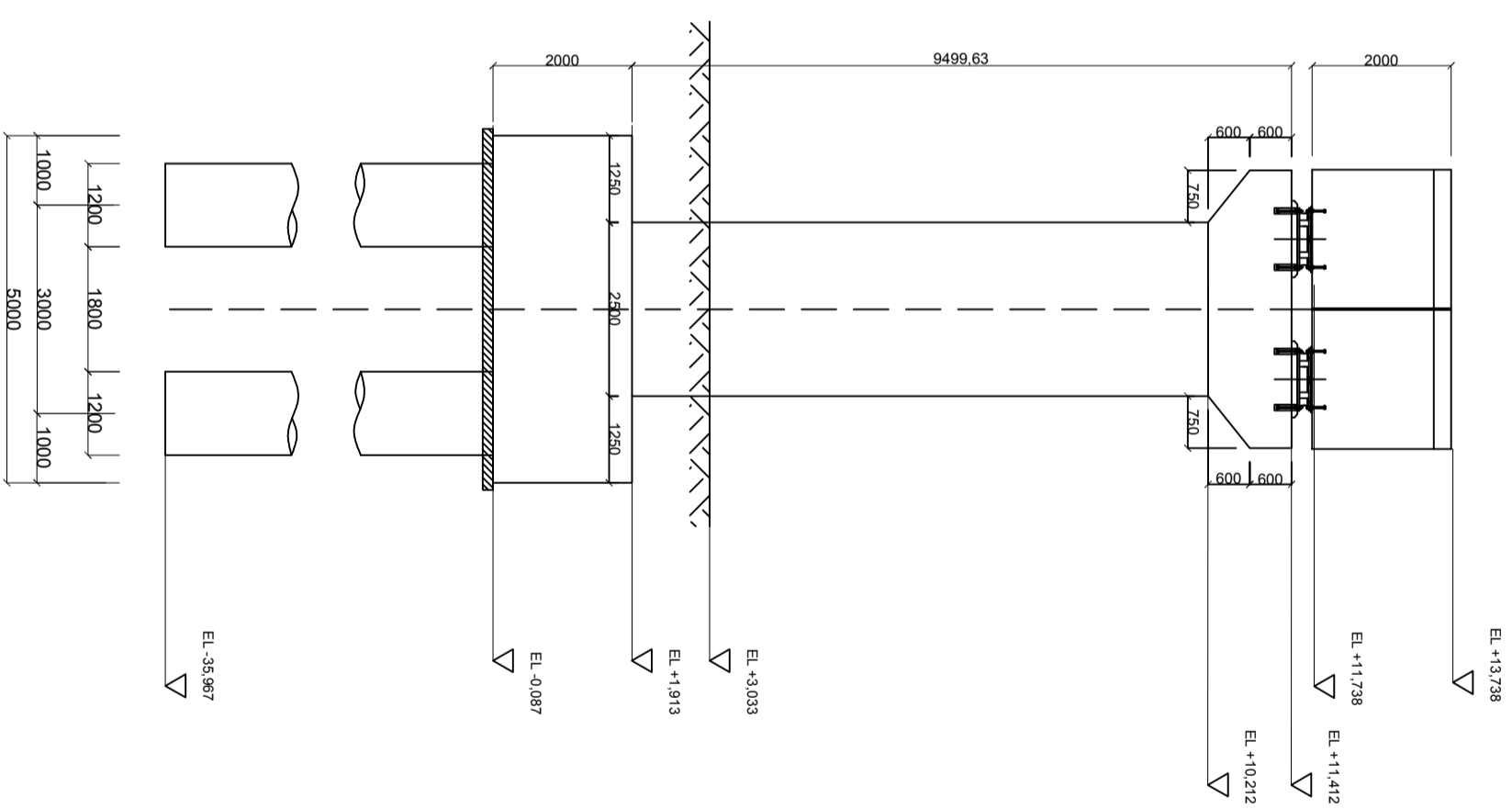
**POTONGAN MEMANJANG DAN
 MELINTANG JEMBATAN**

SKALA **KODE GAMBAR**

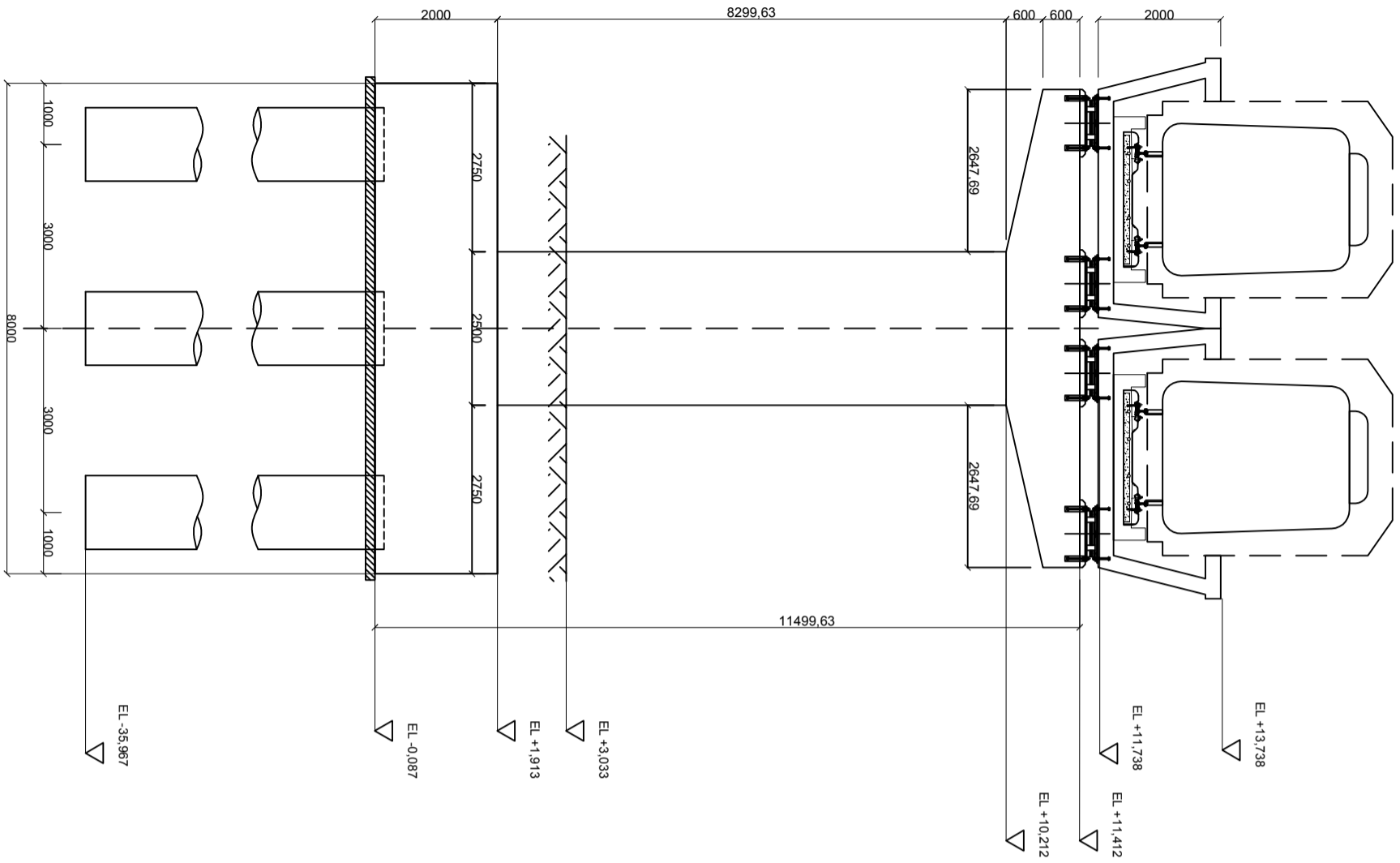
STR

NO. GAMBAR **JUMLAH GAMBAR**

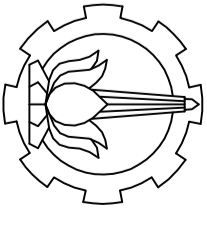
04 **37**



POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN
 SKALA 1:100



POTONGAN MELINTANG JEMBATAN
 SKALA 1:100



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *LIGHT RAIL*
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

LAYOUT TENDON

SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

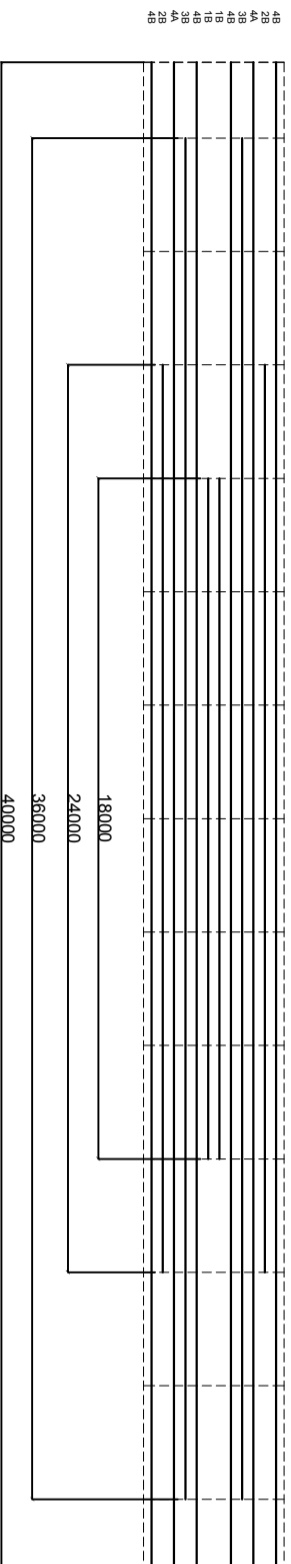
STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

05

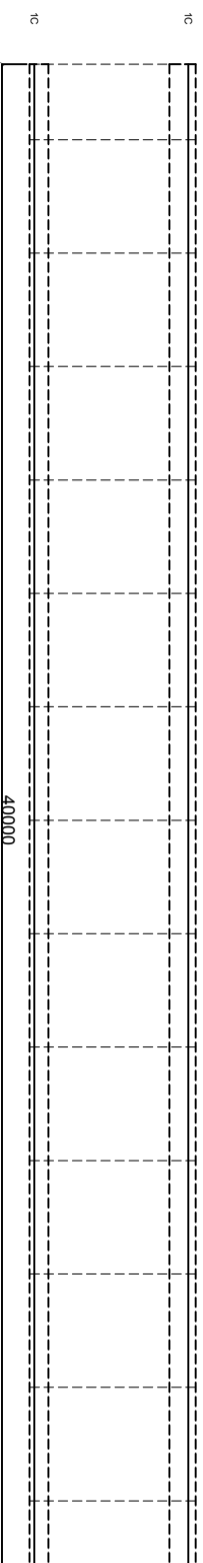
37

NAMA TENDON	JUMLAH STRAND (BUND)	PANJANG (m)	LOAD (kN)
1C	4	40	782,10
1B	12	18	2346,3
2B	12	24	2346,3
3B	12	36	2346,3
4B	12	40	2346,3
4A	15	40	2932,88



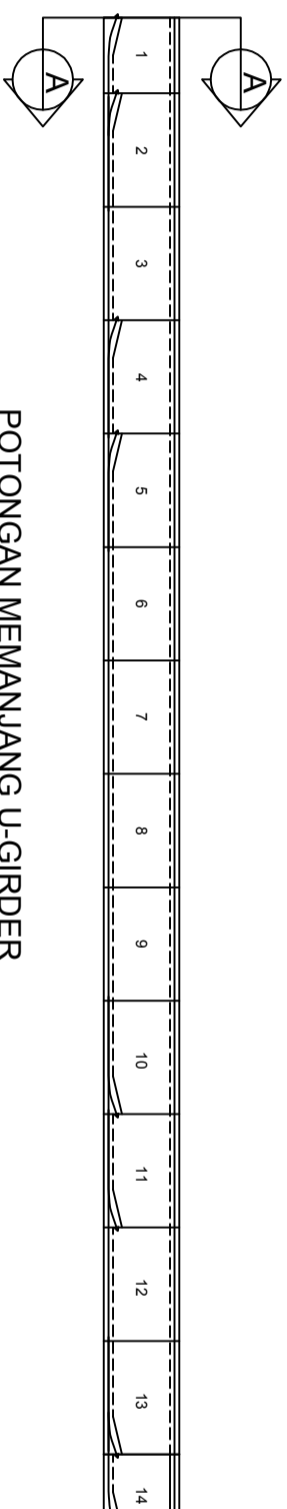
LAYOUT TENDON BAWAH

SKALA 1:200

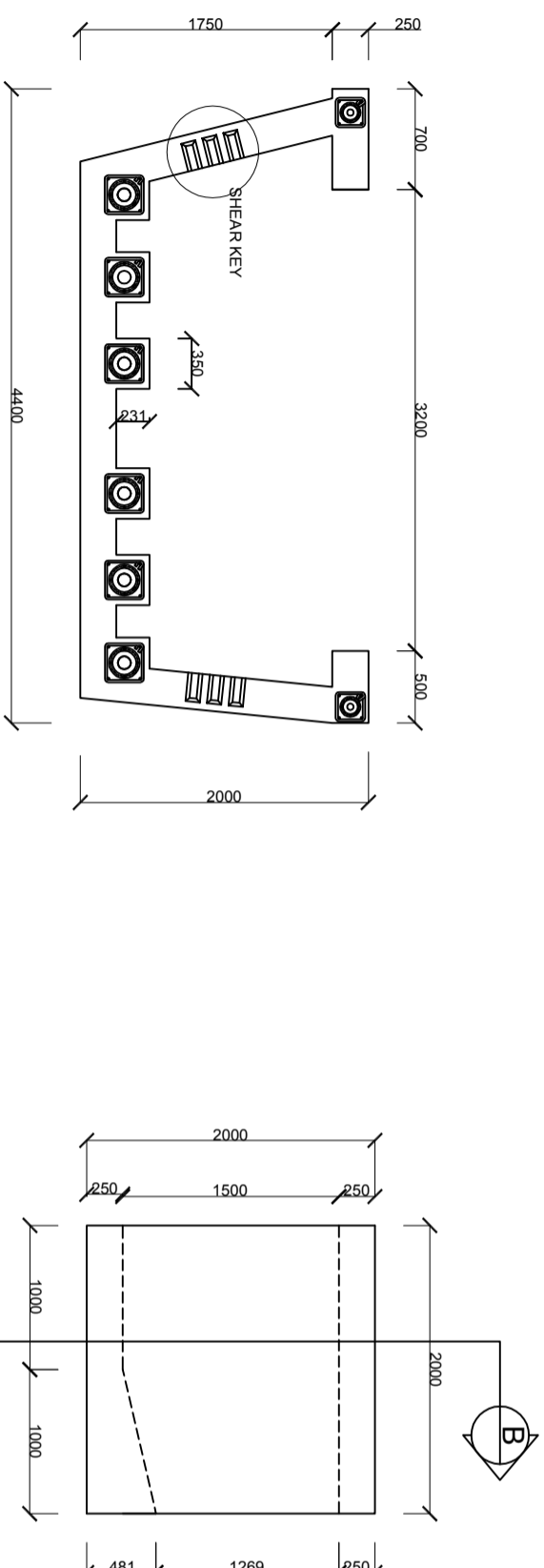


LAYOUT TENDON ATAS

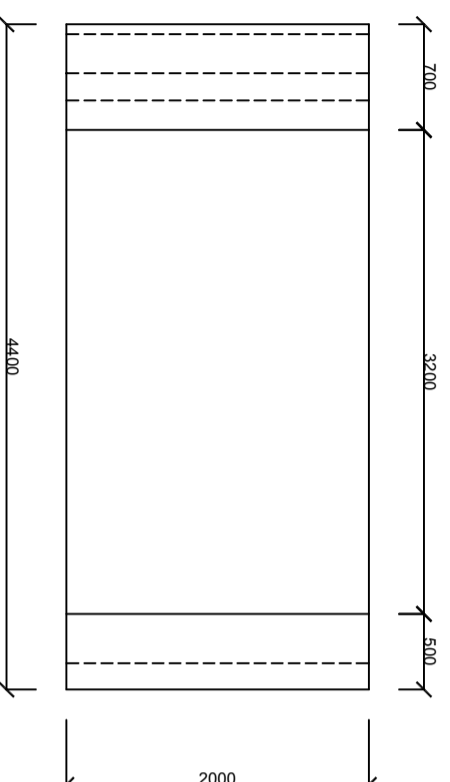
SKALA 1:200



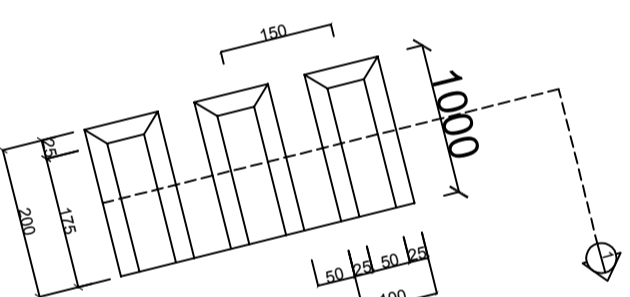
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



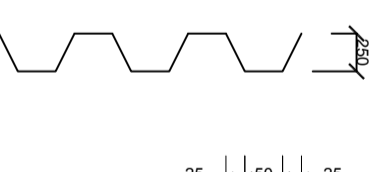
POTONGAN A-A
SKALA 1:50



TAMPAK ATAS SEGMENT 1
SKALA 1:50

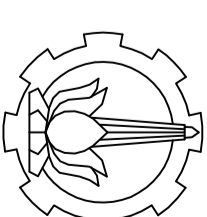


DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:50



TAMPAK SAMPIING SEGMENT 1
SKALA 1:50

POTONGAN 1



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

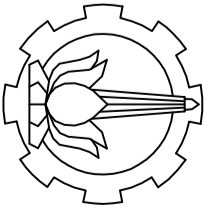
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 1

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------------	---------------

06 **37**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 1**

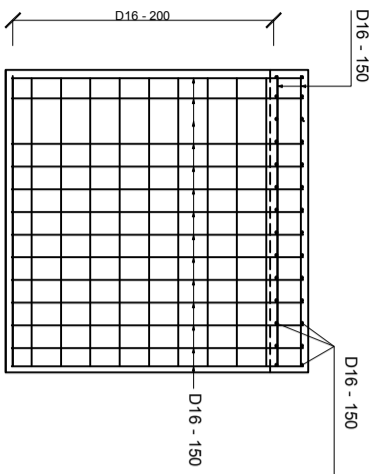
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

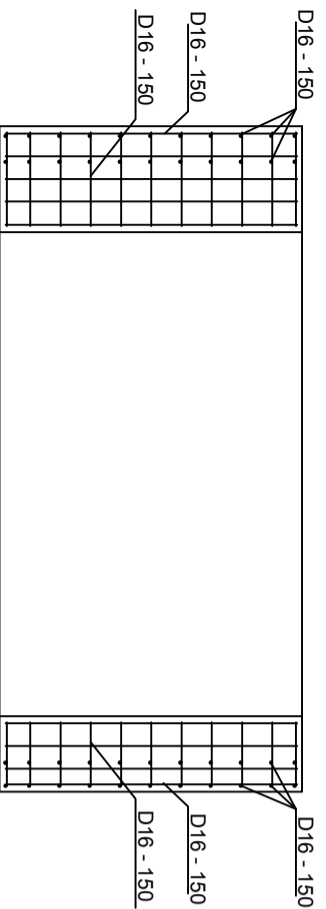
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

07

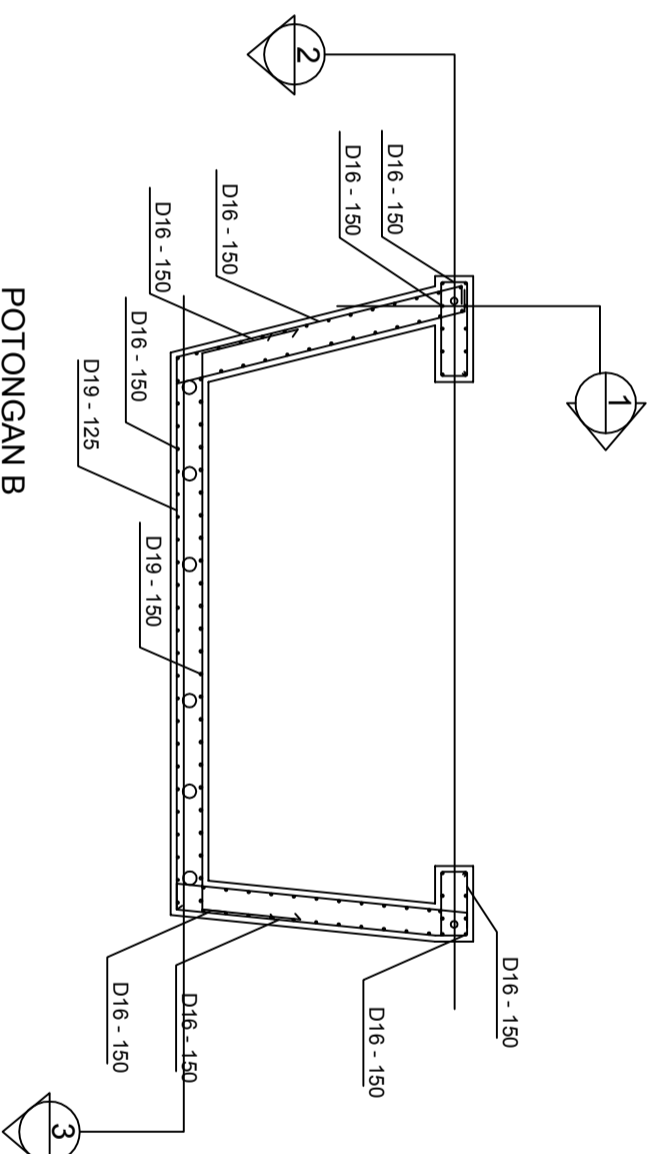
37



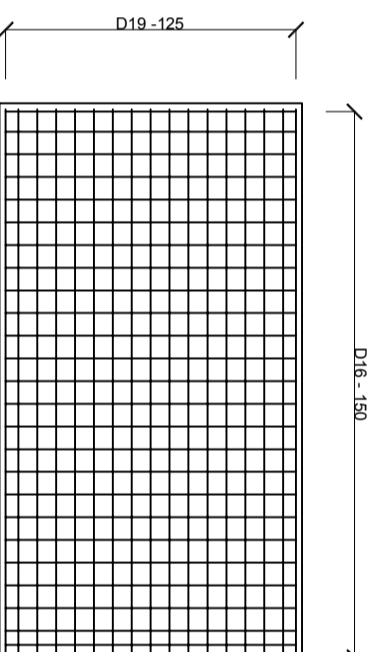
SECTION 1
 SKALA 1:50



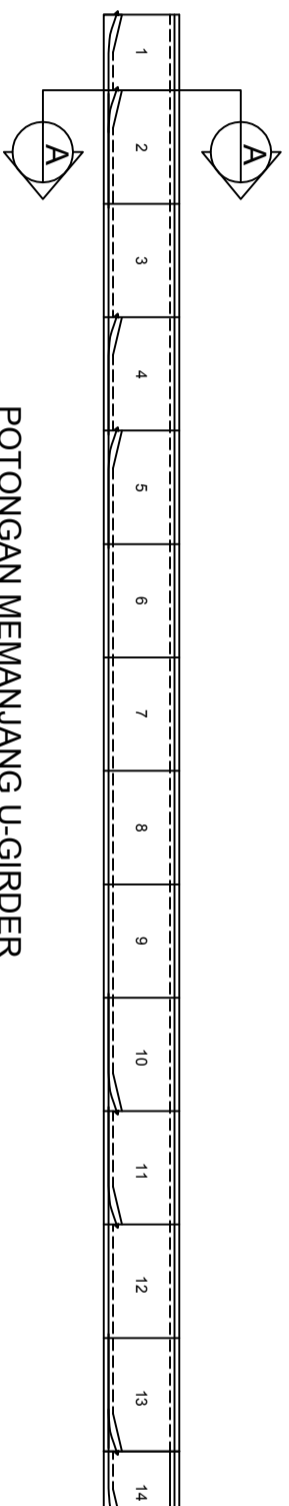
SECTION 2
 SKALA 1:50



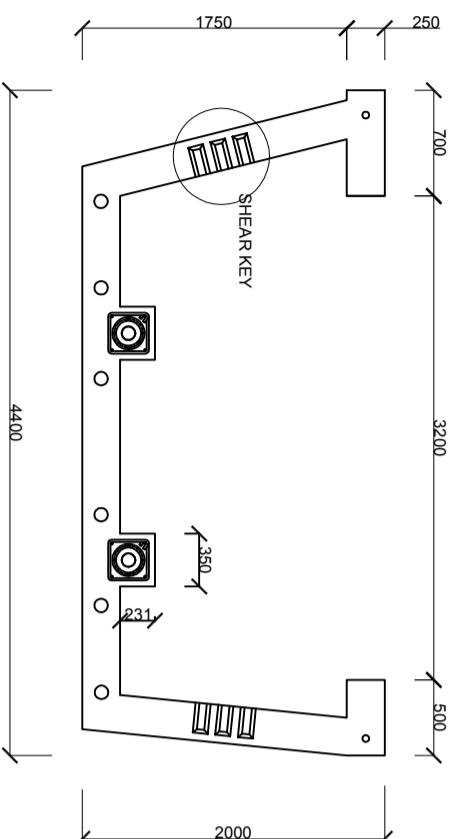
POTONGAN B
 SKALA 1:50



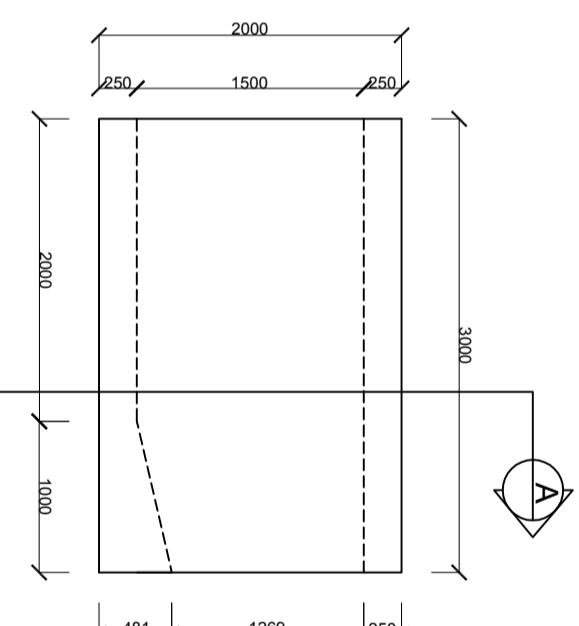
POTONGAN 3
 SKALA 1:50



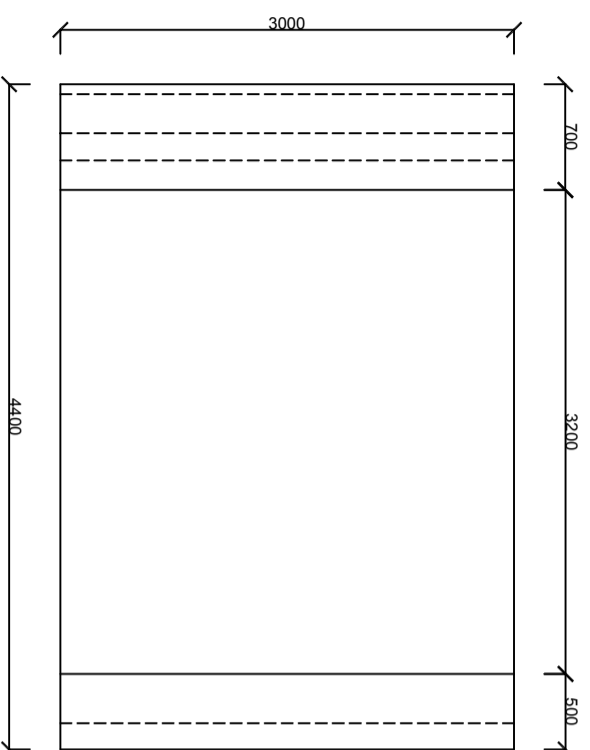
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



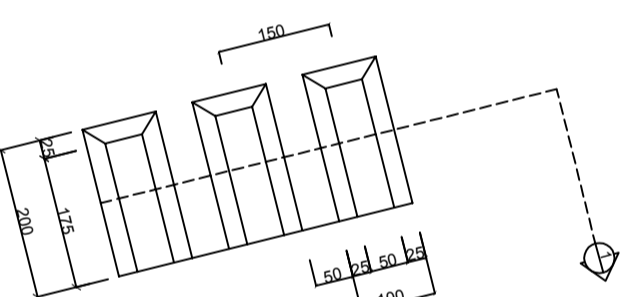
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 2
SKALA 1:50



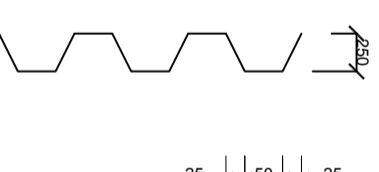
TAMPAK SAMPING SEGMENT 2
SKALA 1:50



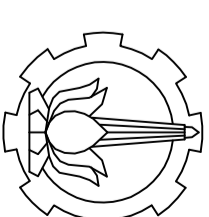
TAMPAK ATAS SEGMENT 2
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5



POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

DETAIL U-GIRDER SEGMENT 2

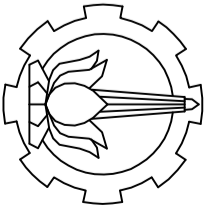
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

08

37



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *LIGHT RAIL*
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 2**

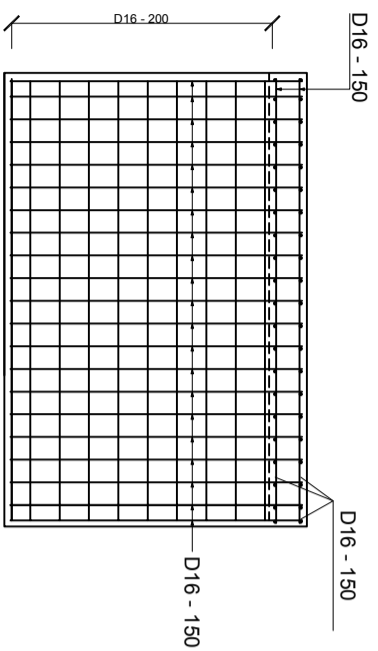
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

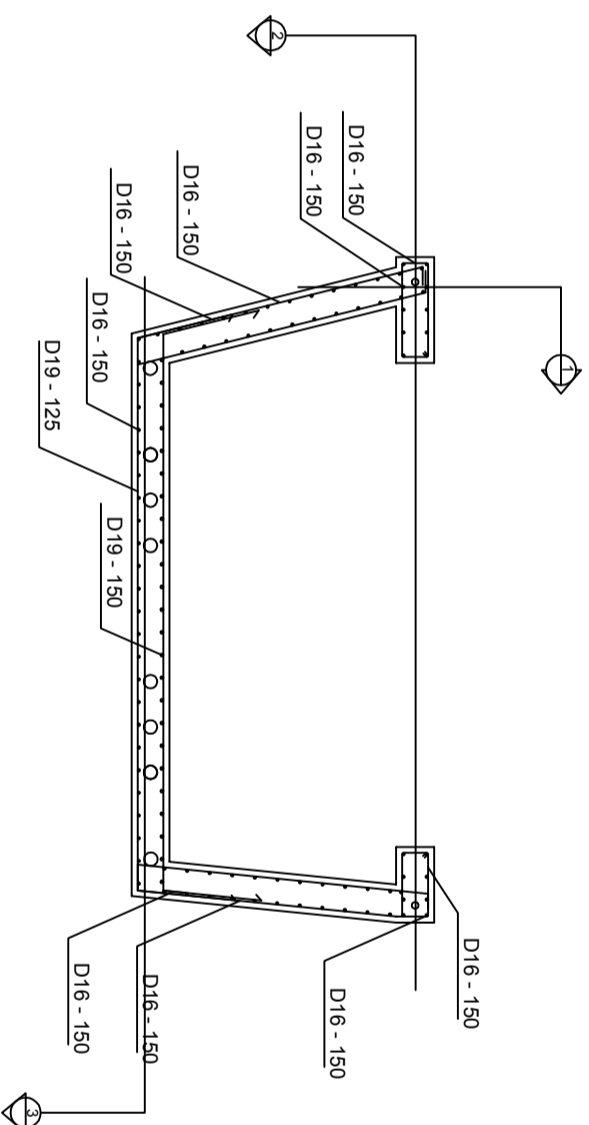
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

09

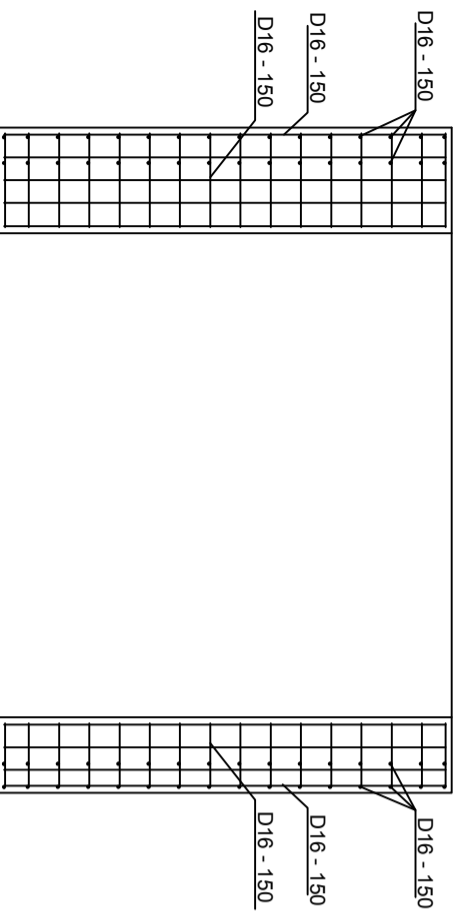
37



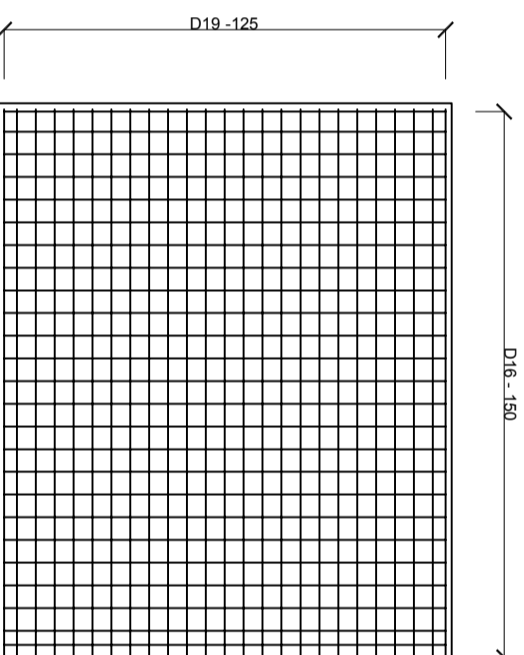
SECTION 1
 SKALA 1:50



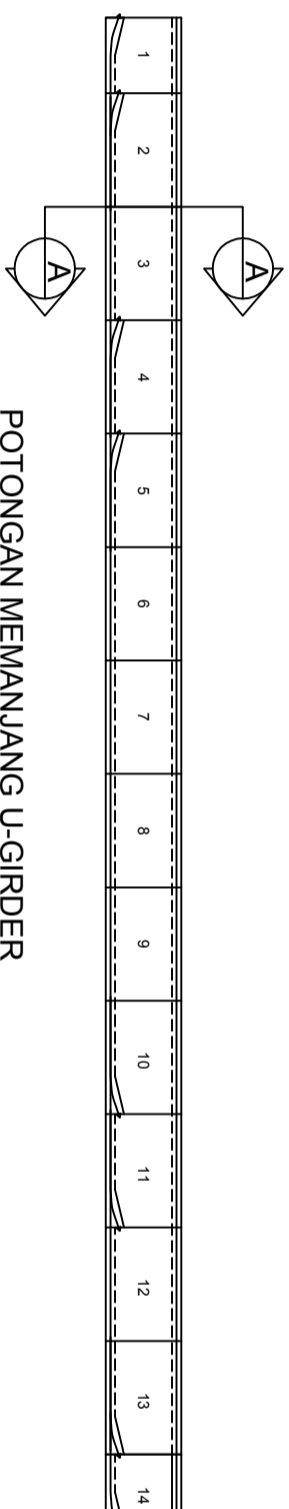
POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



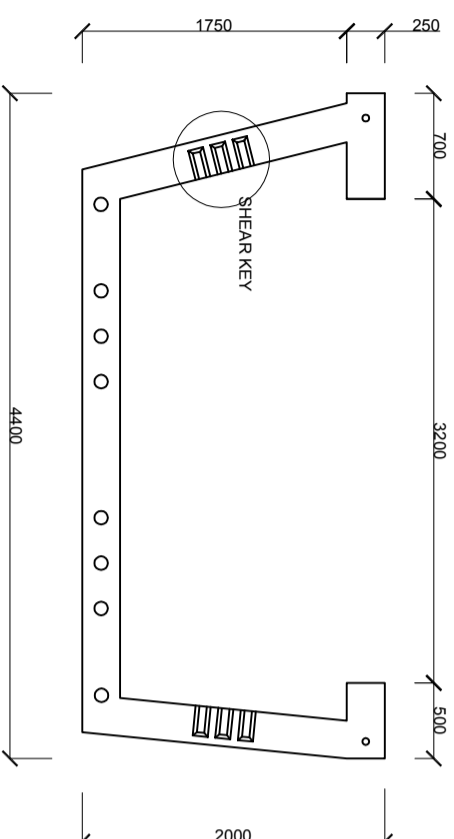
SECTION 2
 SKALA 1:50



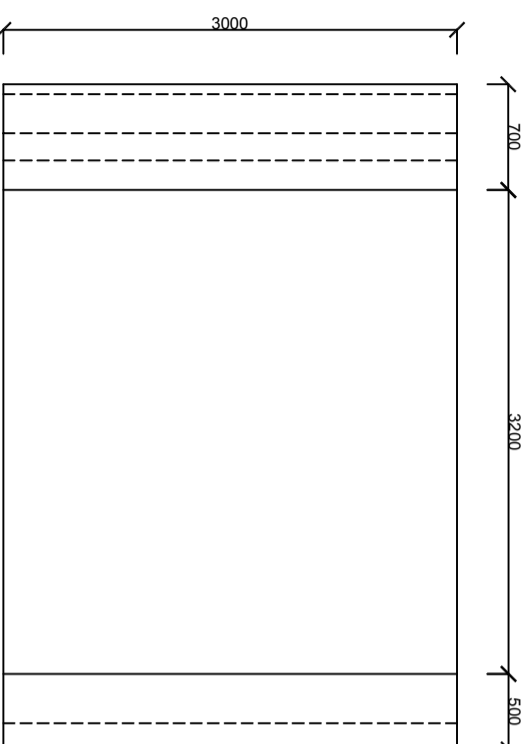
POTONGAN 3
 SKALA 1:50



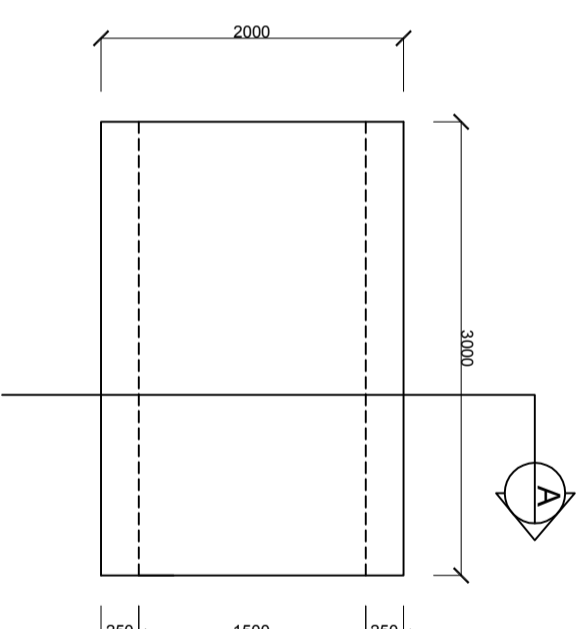
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



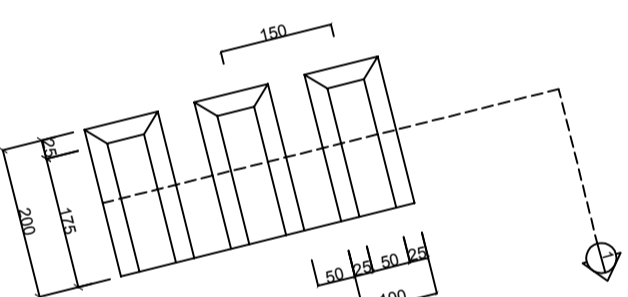
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 3
SKALA 1:50



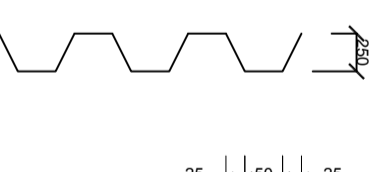
TAMPAK ATAS SEGMENT 3
SKALA 1:50



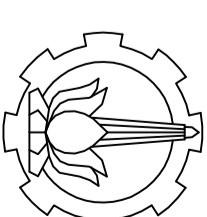
TAMPAK SAMPING SEGMENT 3
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5



POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

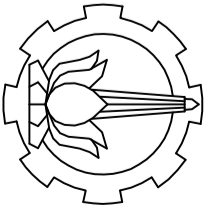
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 3

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------------	---------------

10	37
-----------	-----------



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *LIGHT RAIL*
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 3**

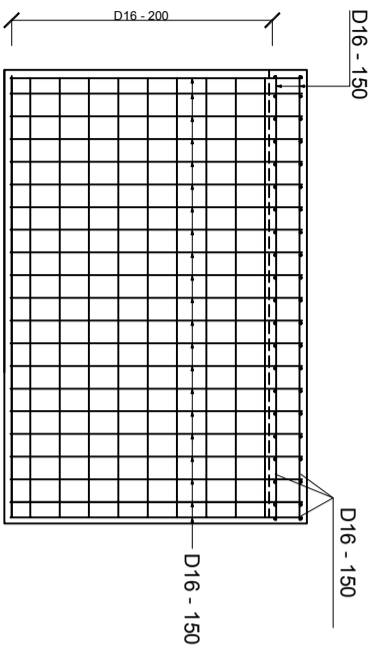
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

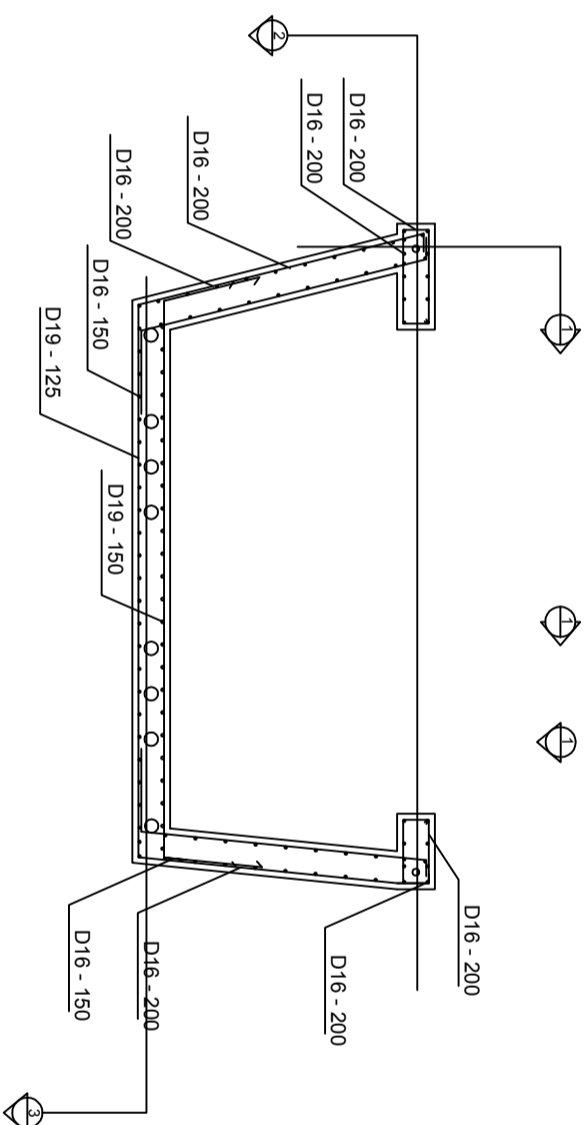
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

11

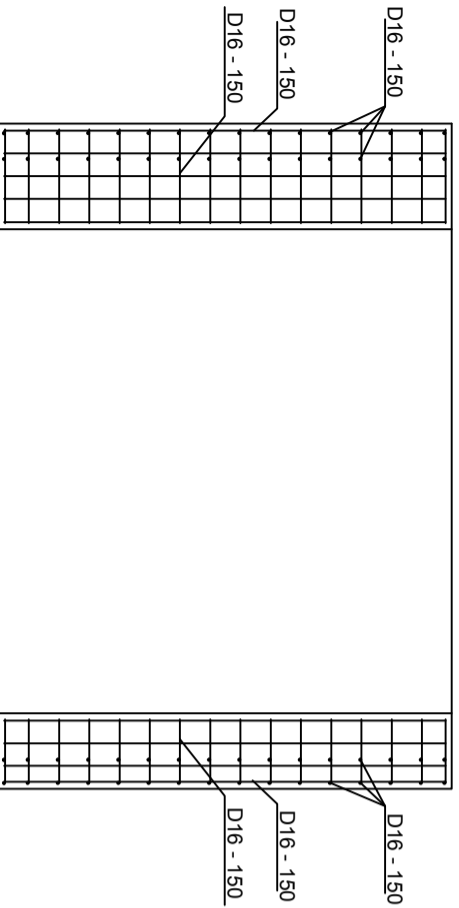
37



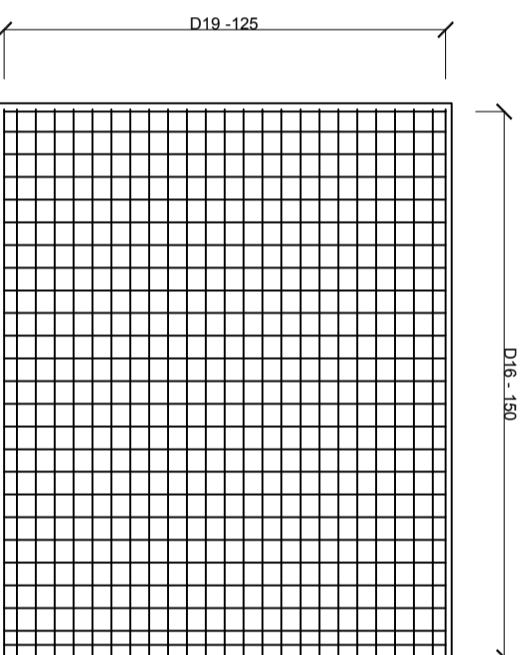
SECTION 1
 SKALA 1:50



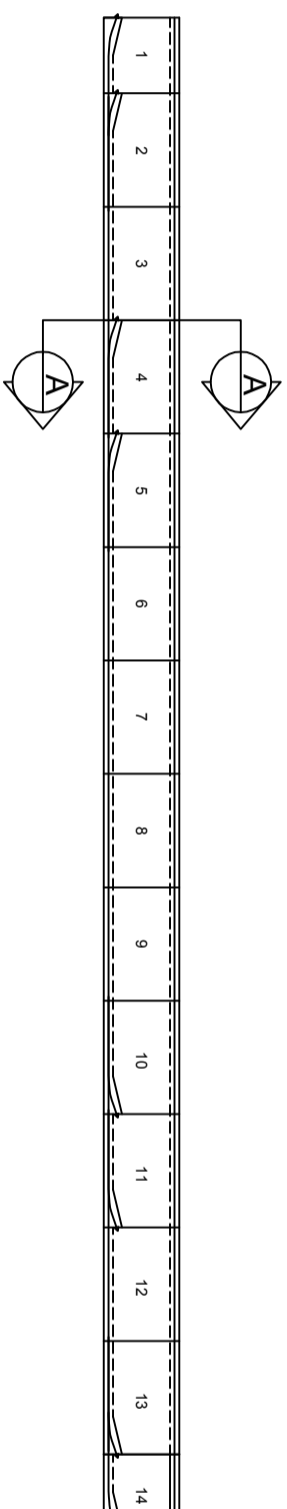
POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



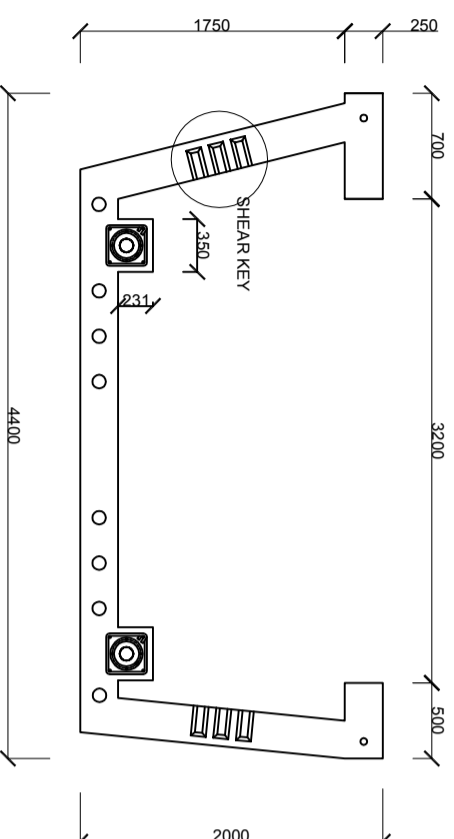
SECTION 2
 SKALA 1:50



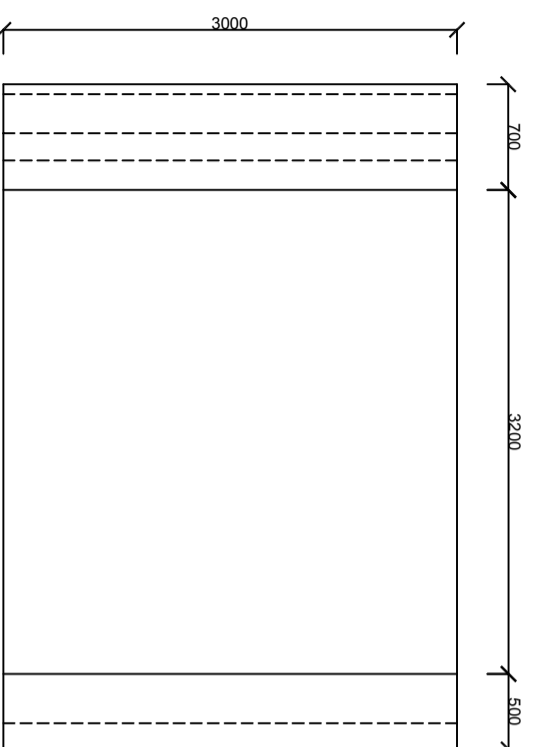
POTONGAN 3
 SKALA 1:50



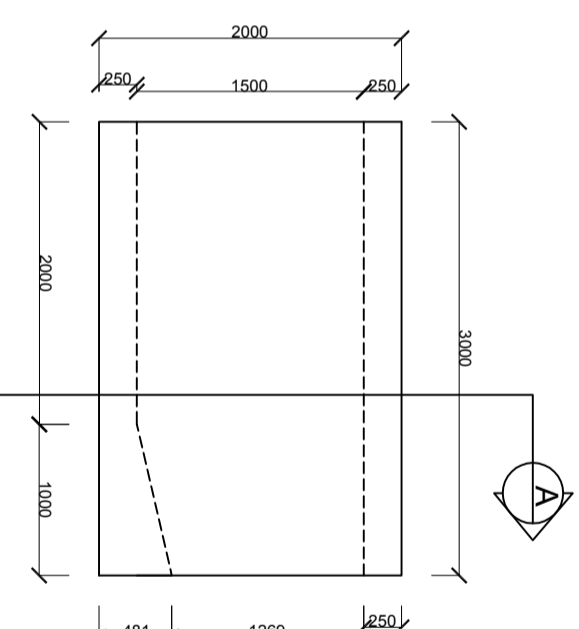
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



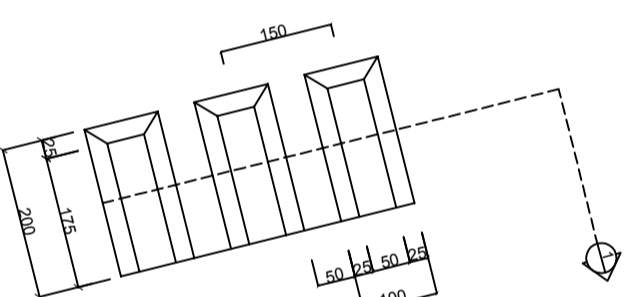
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 4
SKALA 1:50



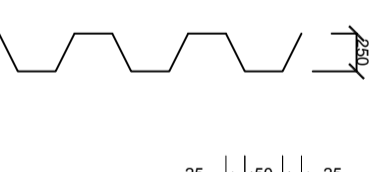
TAMPAK ATAS SEGMENT 4
SKALA 1:50



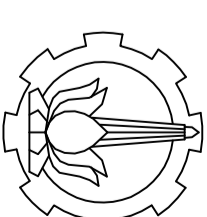
TAMPAK SAMPIING SEGMENT 4
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5



POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fitriy
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

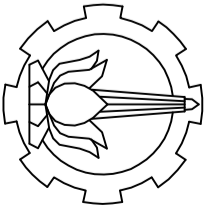
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 4

SKALA **KODE GAMBAR**

STR

NO. GAMBAR **JUMLAH GAMBAR**

12 **37**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 4**

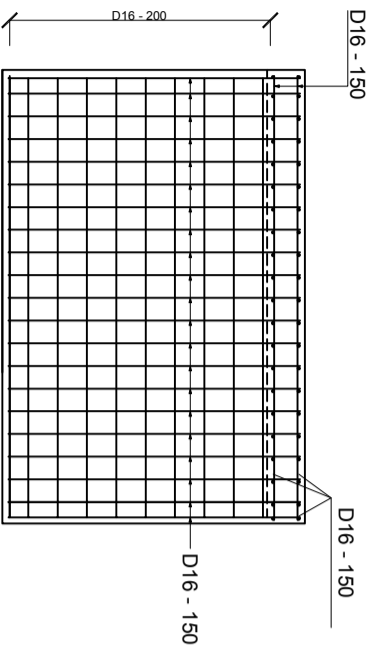
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

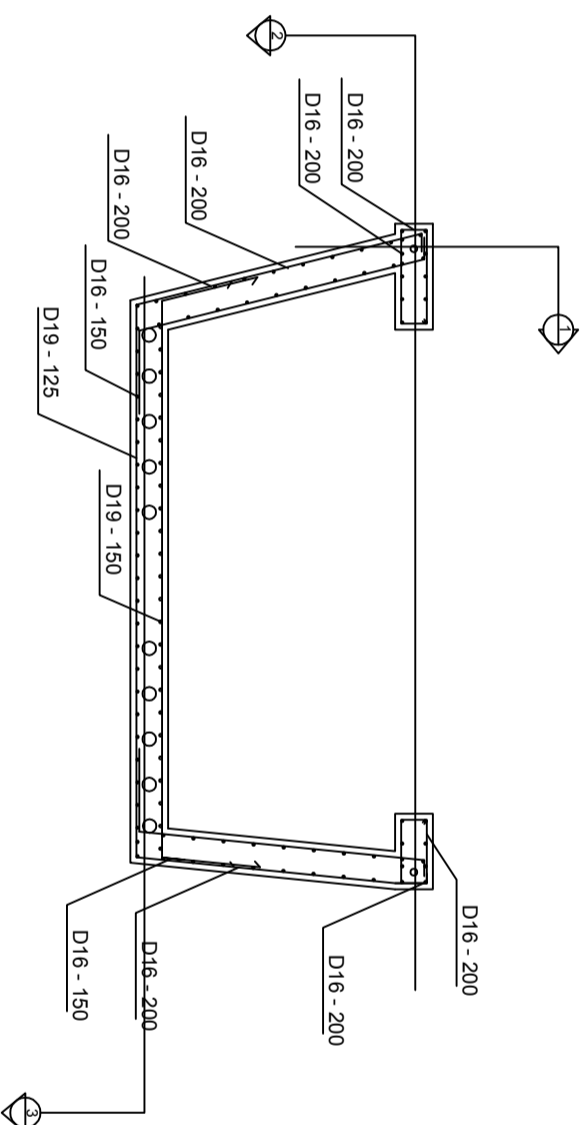
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

13

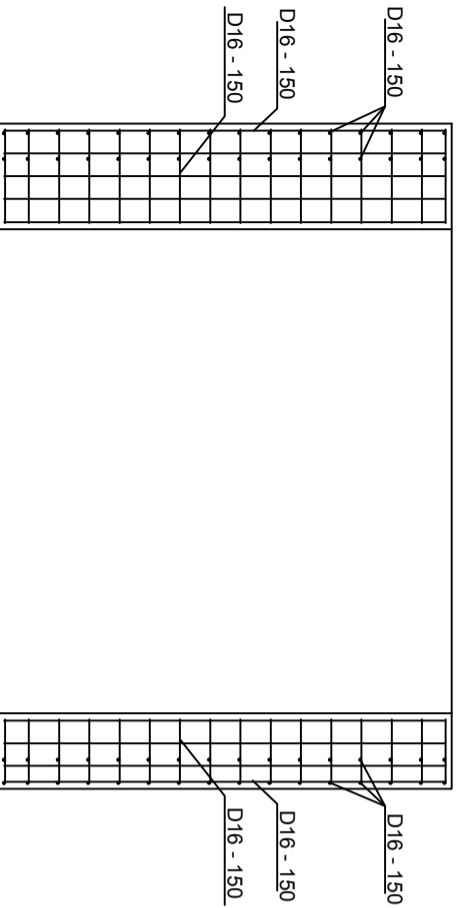
37



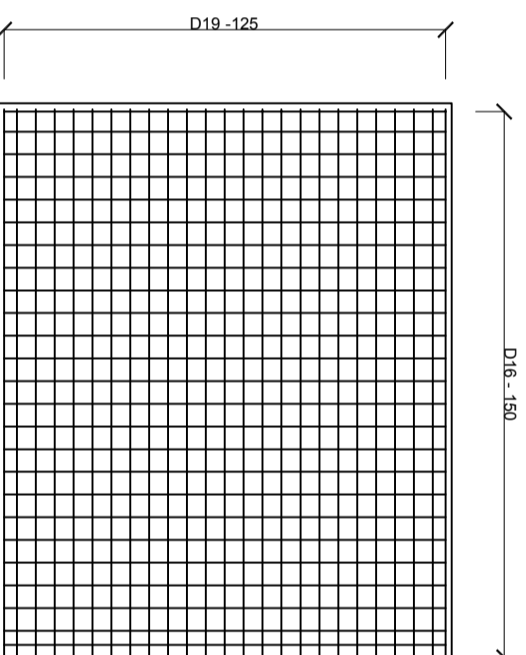
SECTION 1
 SKALA 1:50



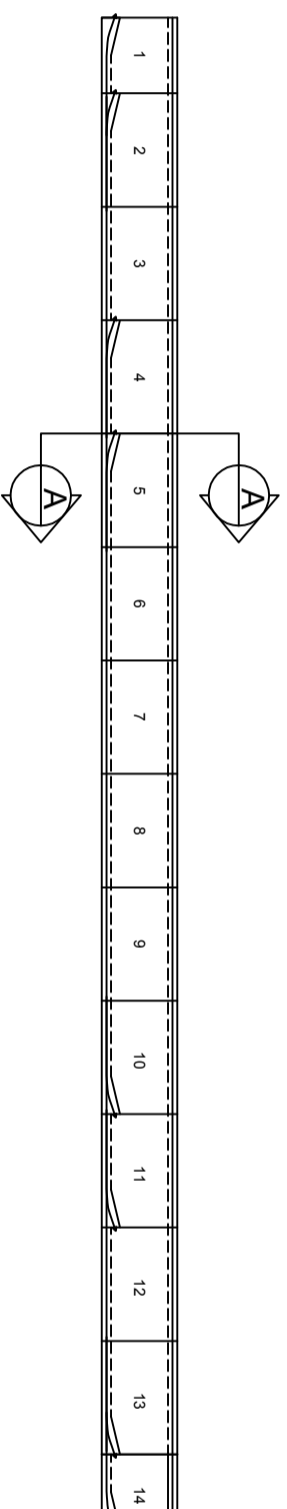
POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



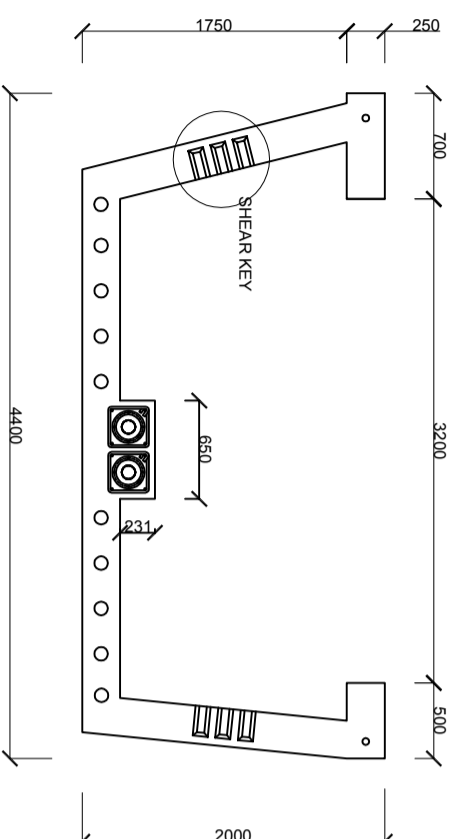
SECTION 2
 SKALA 1:50



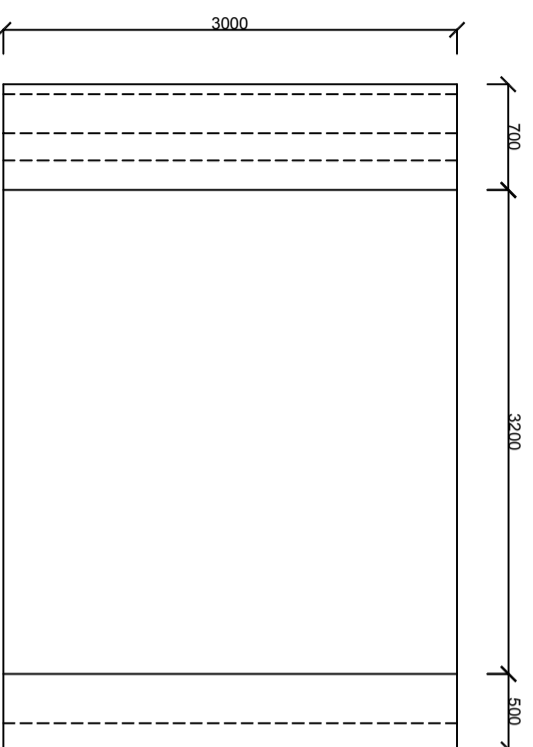
POTONGAN 3
 SKALA 1:50



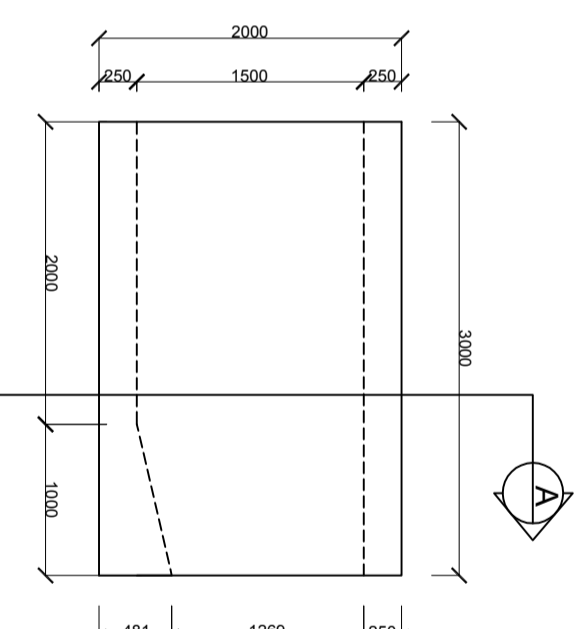
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



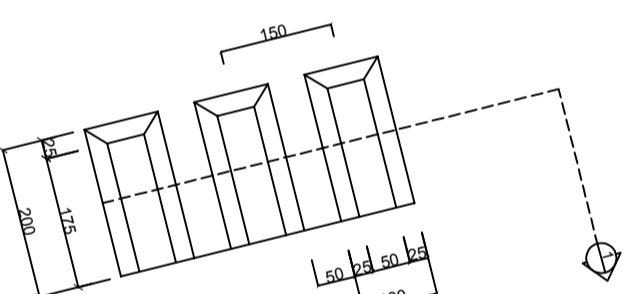
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 5
SKALA 1:50



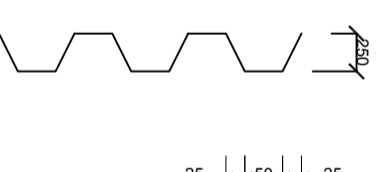
TAMPAK ATAS SEGMENT 5
SKALA 1:50



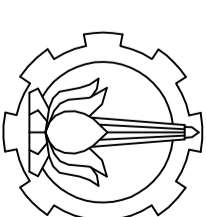
TAMPAK SAMPIING SEGMENT 5
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5



POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fitriy
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

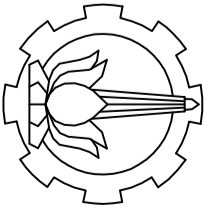
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 5

SKALA KODE GAMBAR

STR

NO. GAMBAR JUMLAH GAMBAR

14 37



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

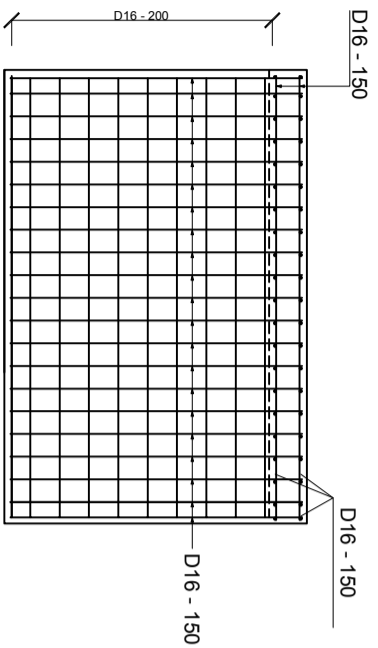
**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 5**

SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

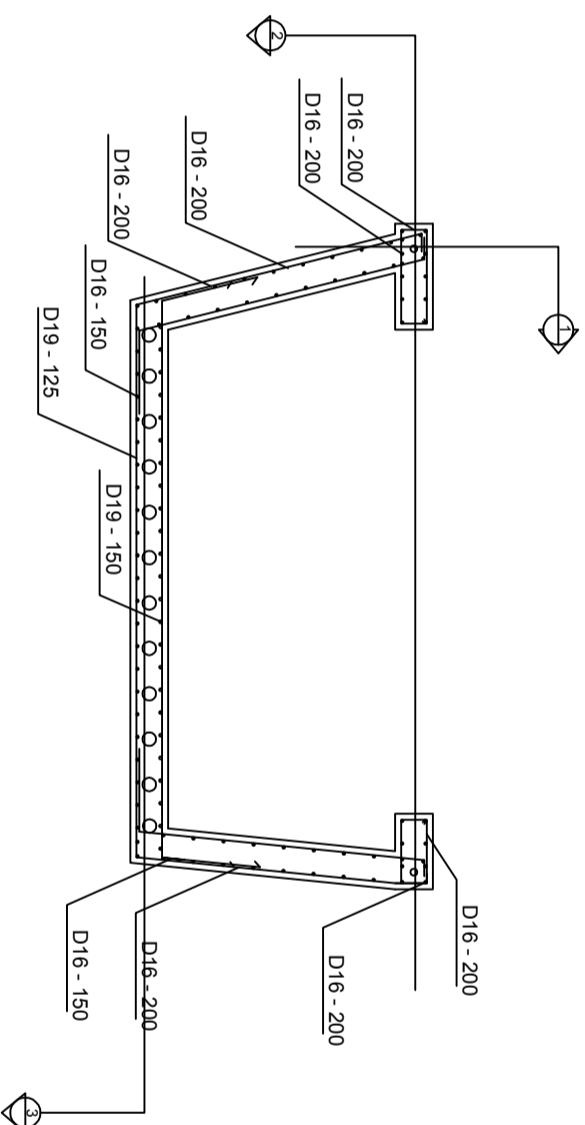
STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

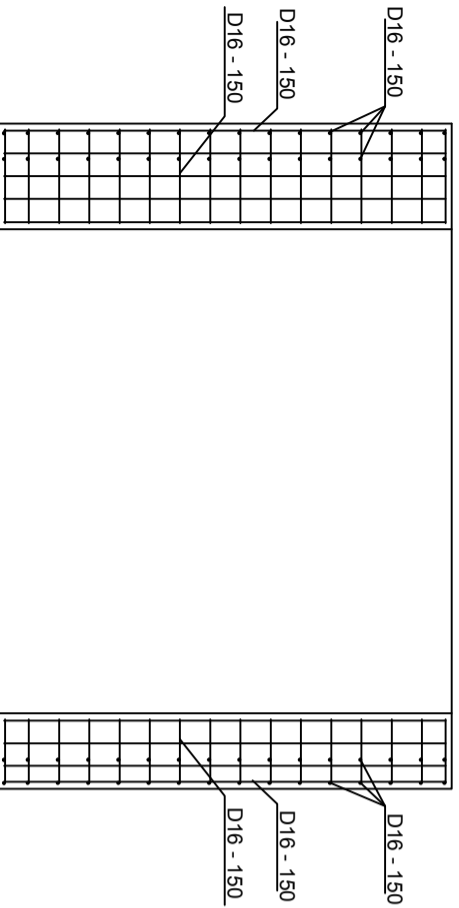
15 **37**



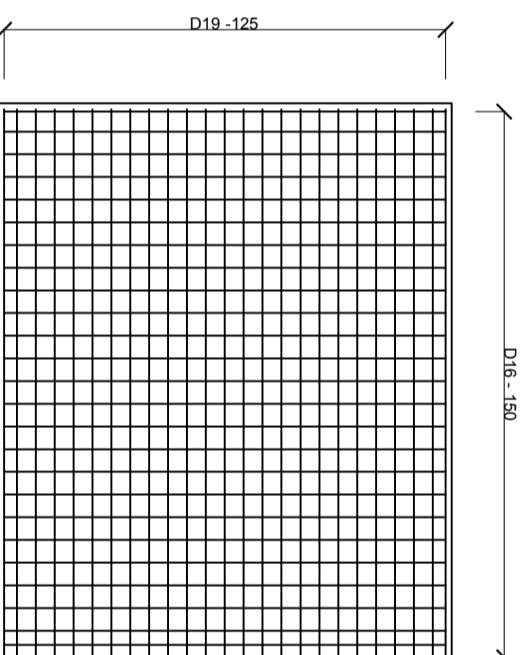
SECTION 1
 SKALA 1:50



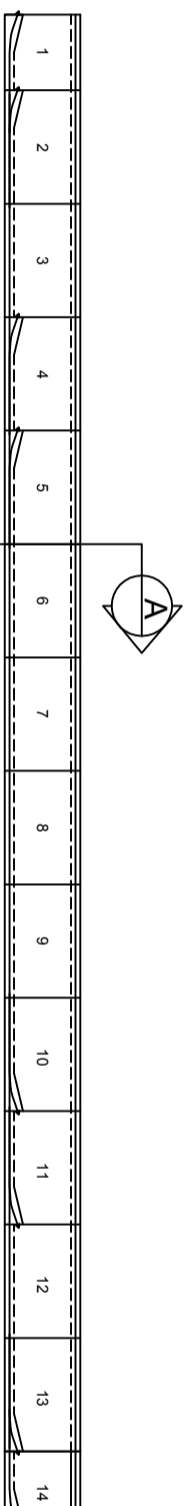
POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



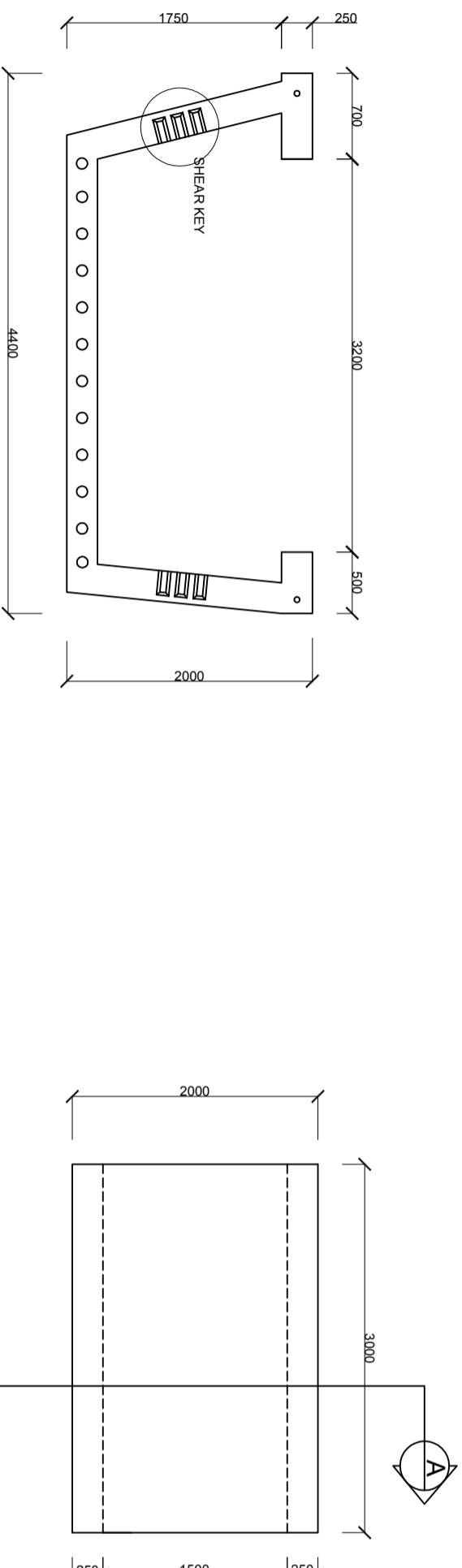
SECTION 2
 SKALA 1:50



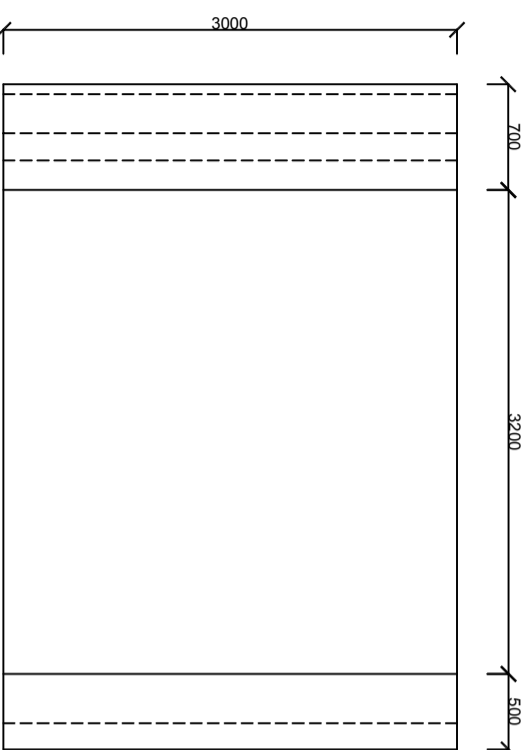
POTONGAN 3
 SKALA 1:50



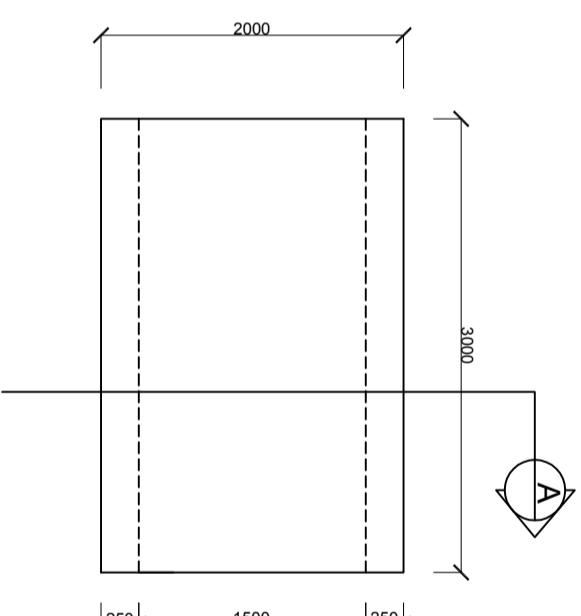
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



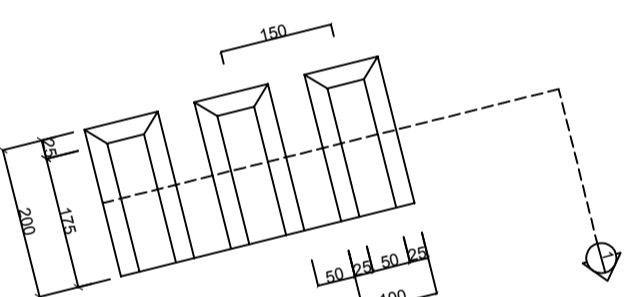
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 6
SKALA 1:50



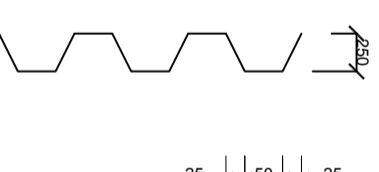
TAMPAK ATAS SEGMENT 6
SKALA 1:50



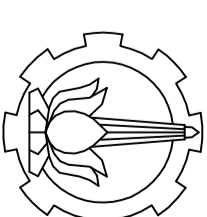
TAMPAK SAMPING SEGMENT 6
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5



POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

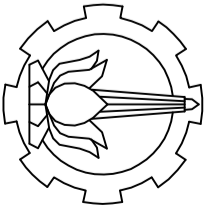
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 6

SKALA	KODE GAMBAR

STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

16 **37**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
SEGMENT 6**

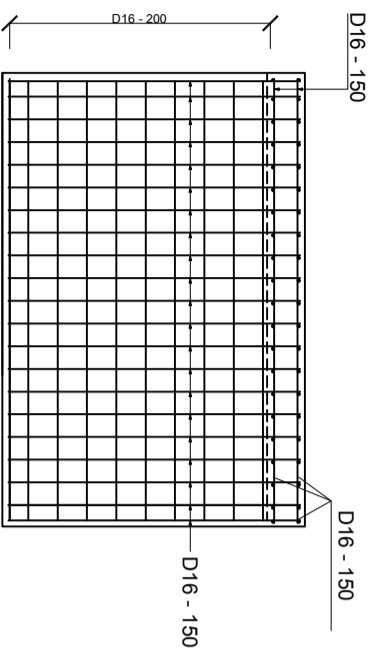
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

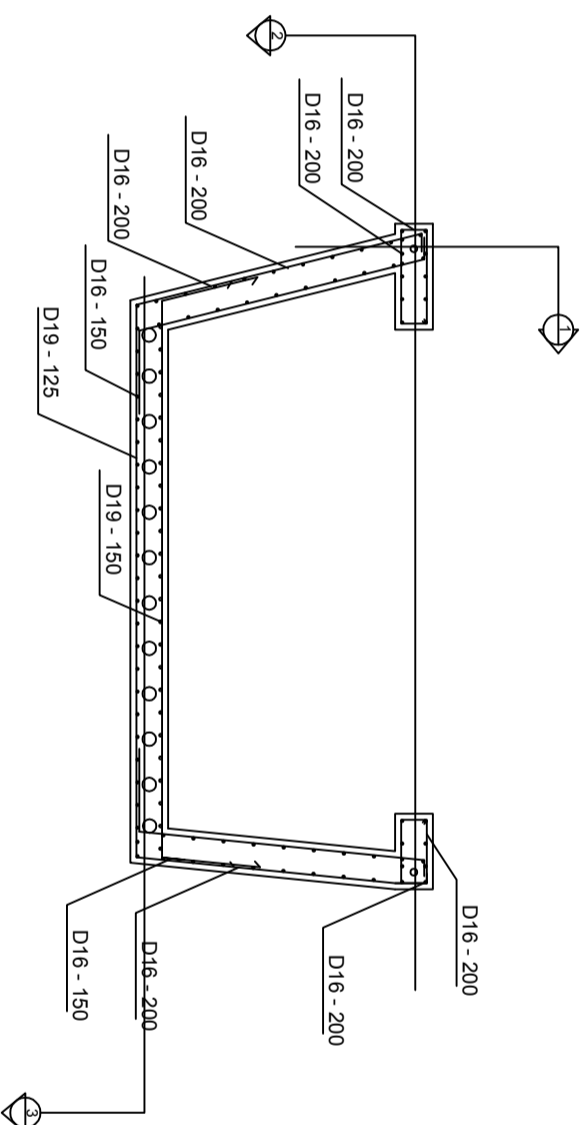
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

17

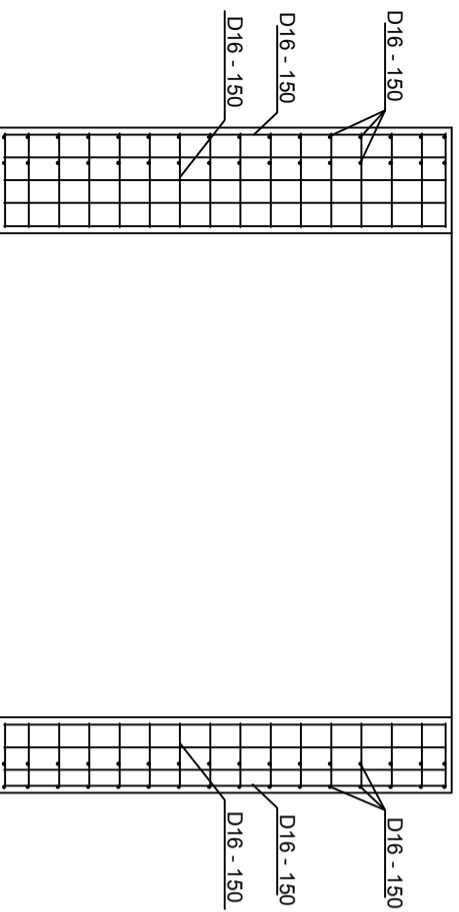
37



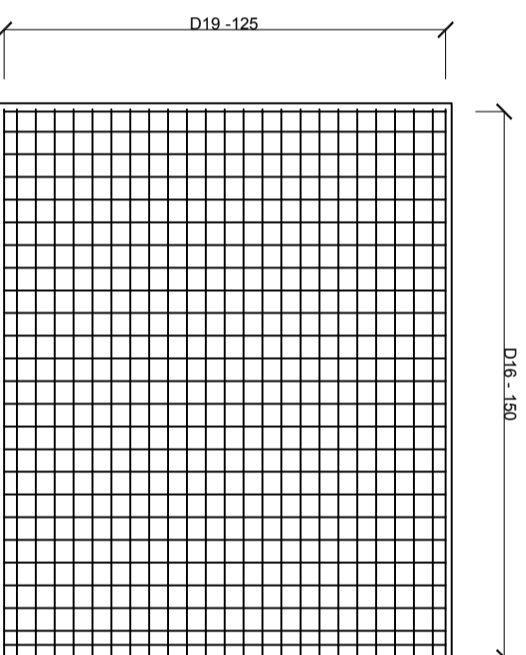
SECTION 1
SKALA 1:50



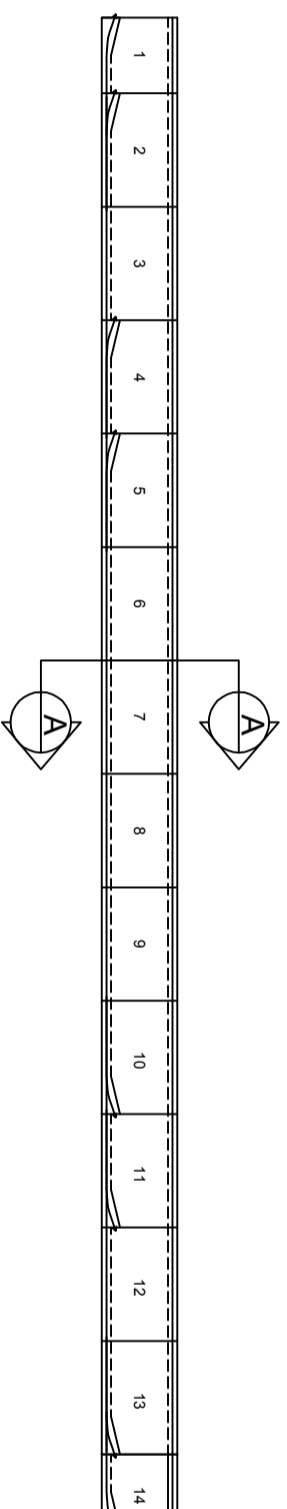
POTONGAN A-A
SKALA 1:50



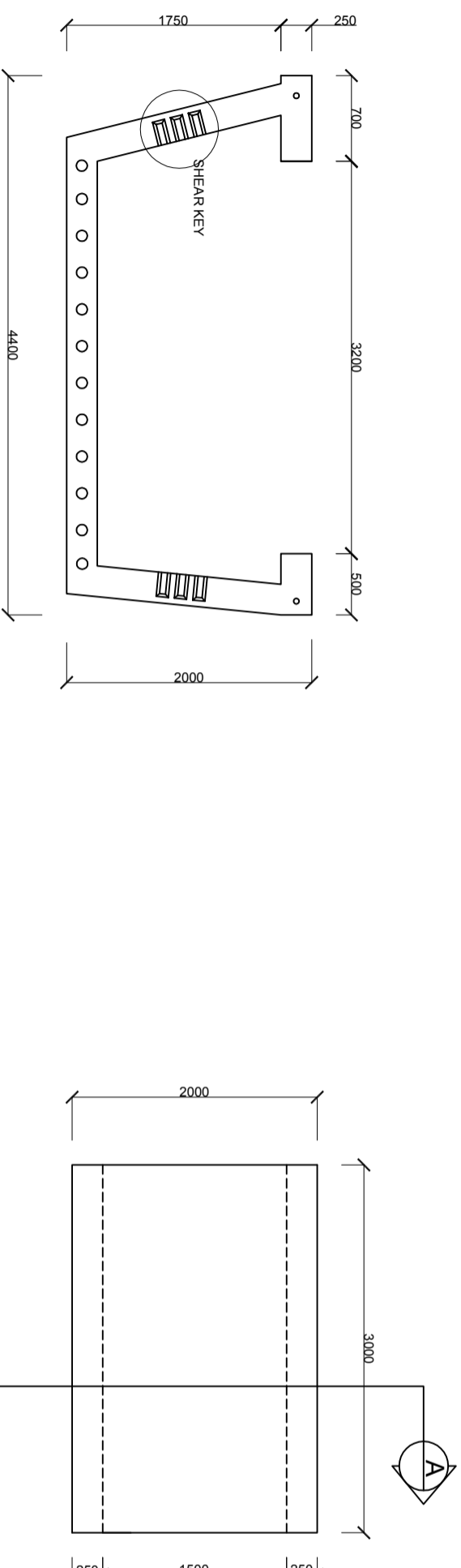
SECTION 2
SKALA 1:50



POTONGAN 3
SKALA 1:50

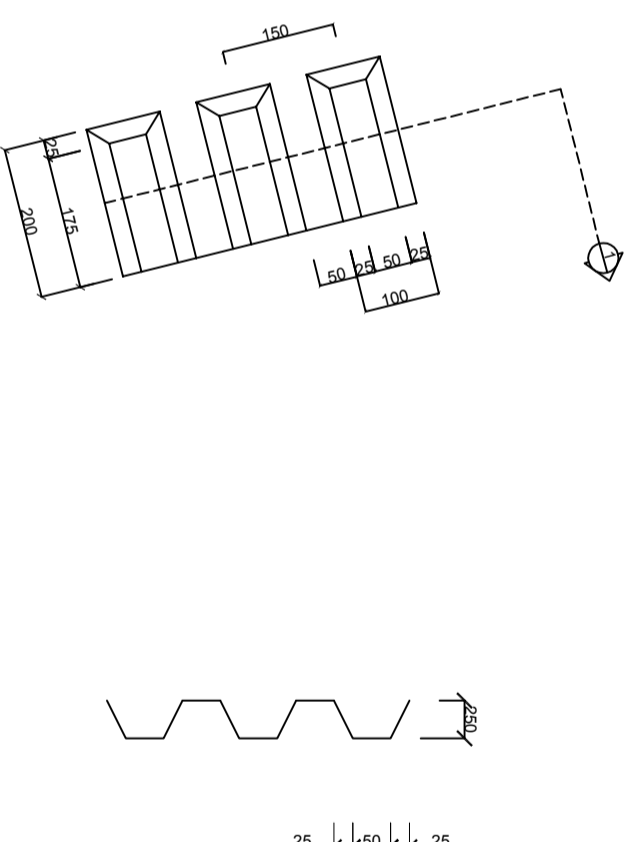
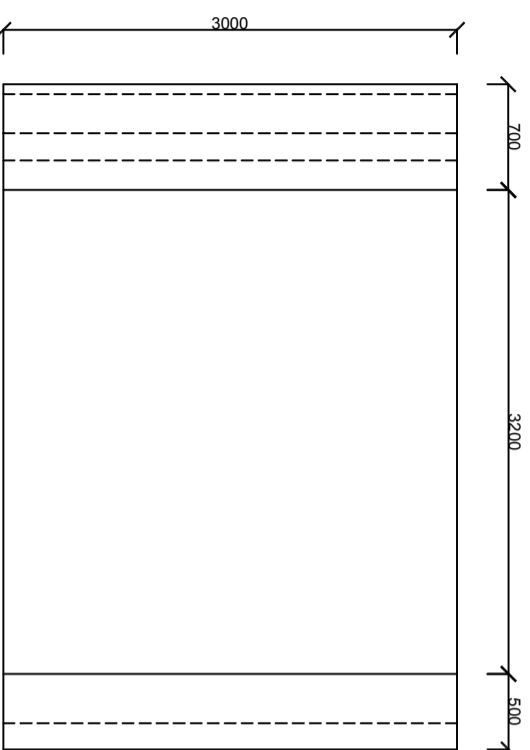


POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



TAMPAK MELINTANG SEGMENT 7
SKALA 1:50

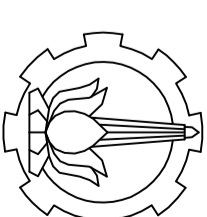
TAMPAK SAMPING SEGMENT 7
SKALA 1:50



TAMPAK ATAS SEGMENT 7
SKALA 1:50

DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5

POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

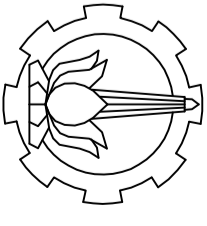
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 7

SKALA	KODE GAMBAR

STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

18 **37**



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *LIGHT RAIL*
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
SEGMENT 7**

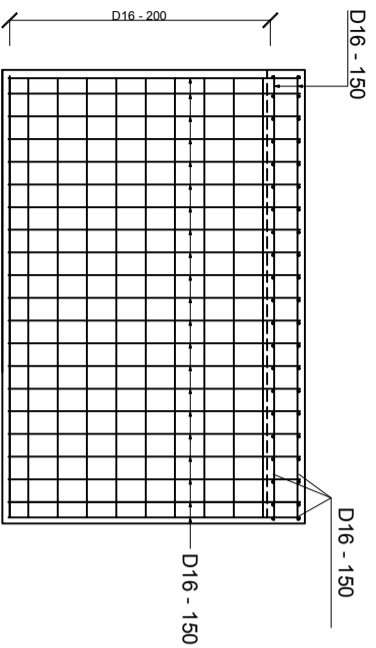
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

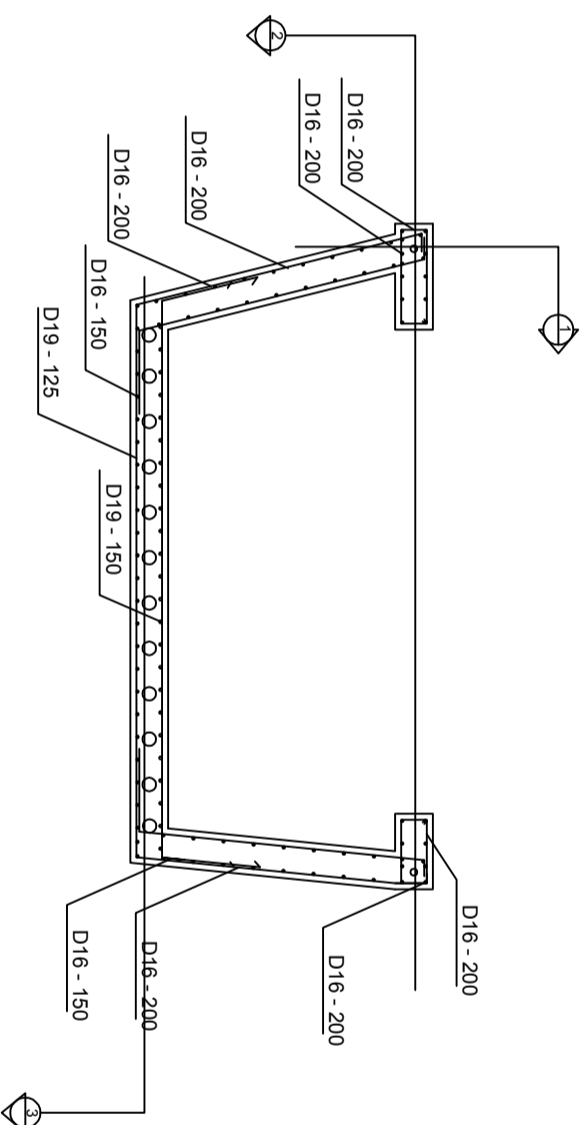
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

19

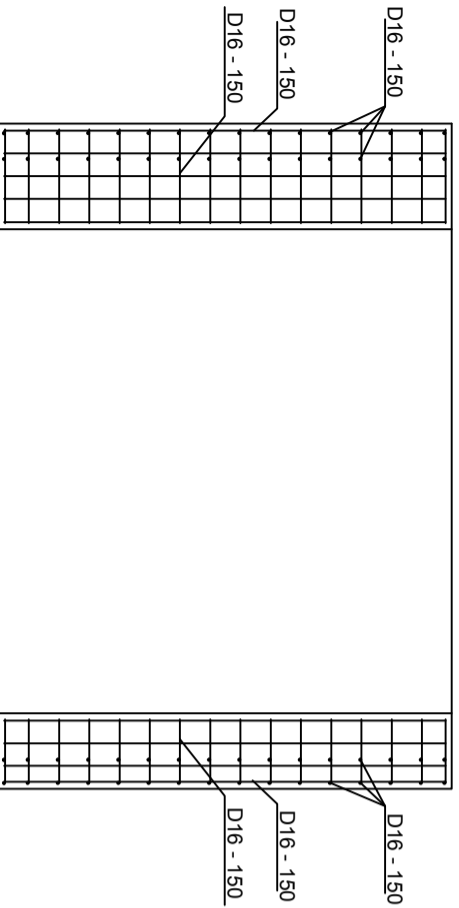
37



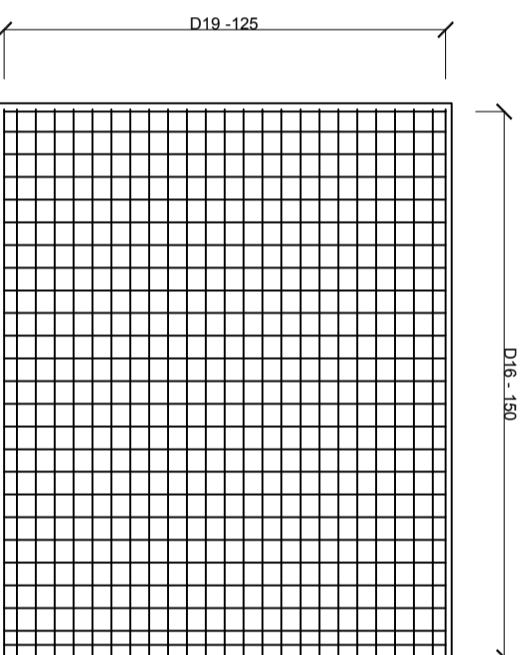
SECTION 1
SKALA 1:50



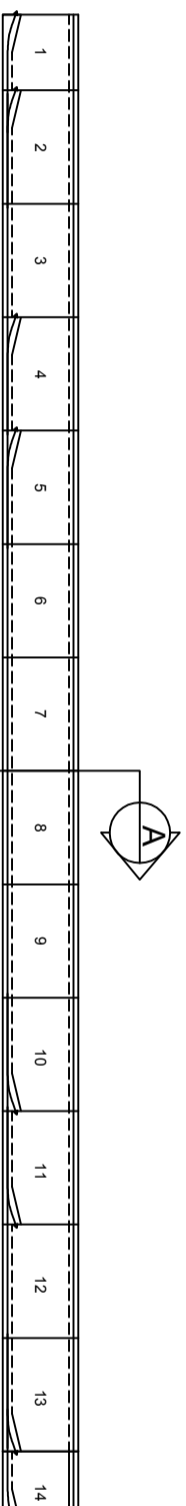
POTONGAN A-A
SKALA 1:50



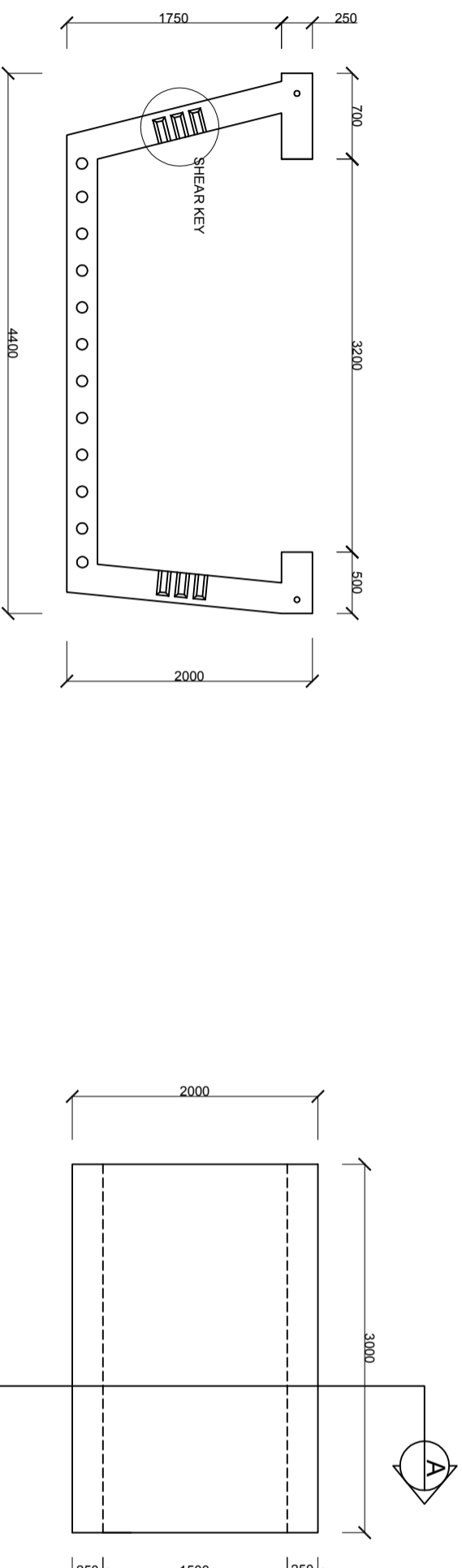
SECTION 2
SKALA 1:50



POTONGAN 3
SKALA 1:50

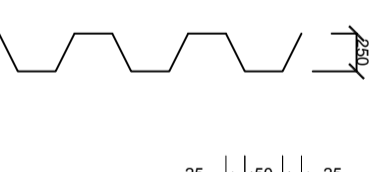
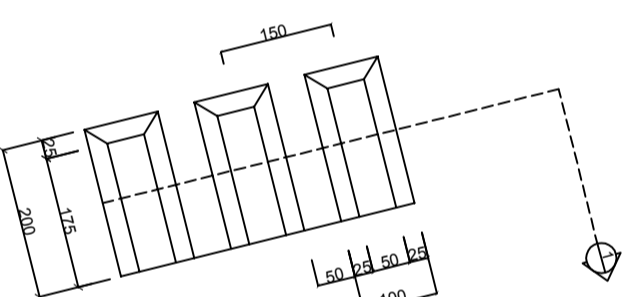
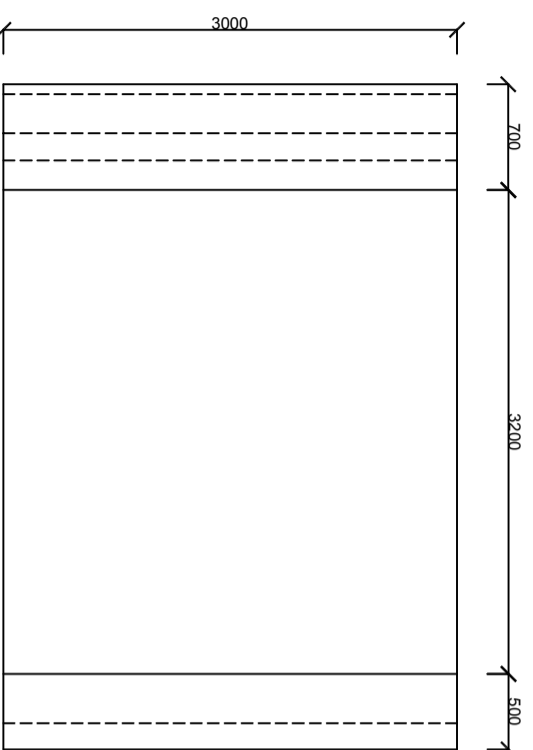


POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



TAMPAK MELINTANG SEGMENT 8
SKALA 1:50

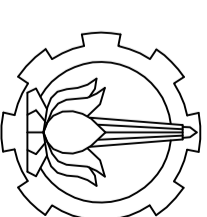
TAMPAK SAMPIING SEGMENT 8
SKALA 1:50



TAMPAK ATAS SEGMENT 8
SKALA 1:50

DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5

POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

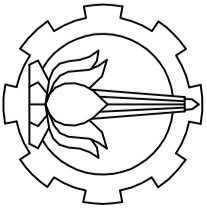
KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

DETAIL U-GIRDER SEGMENT 8

SKALA	KODE GAMBAR
	STR
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
20	37



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 8**

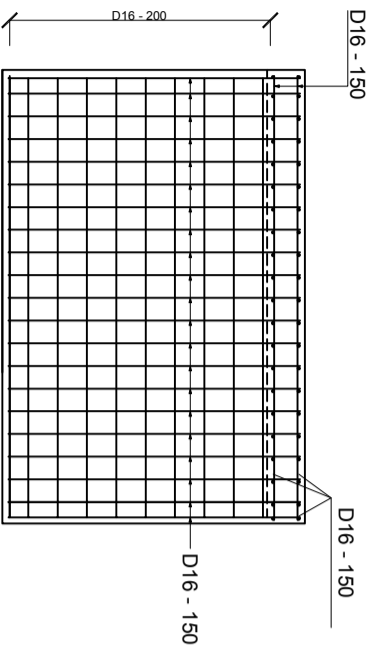
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

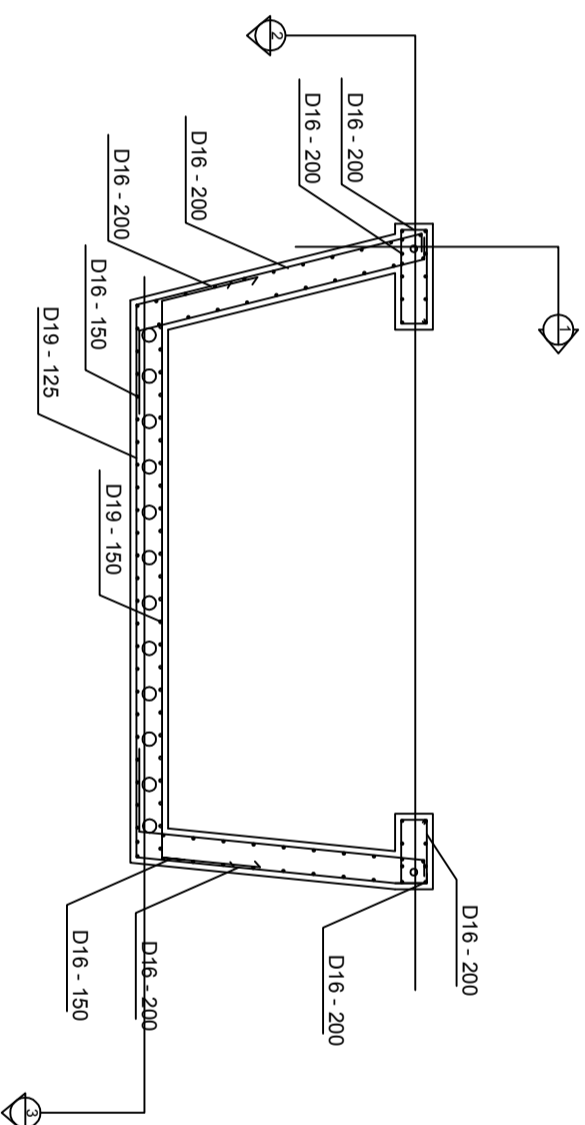
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

21

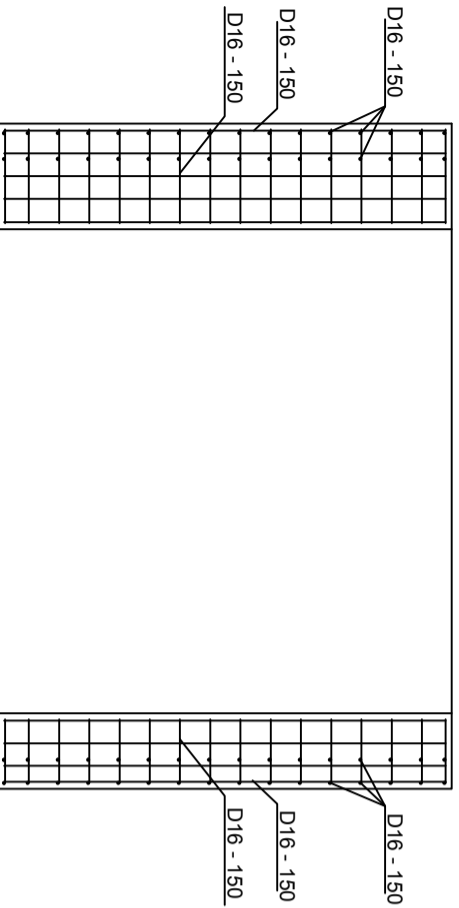
37



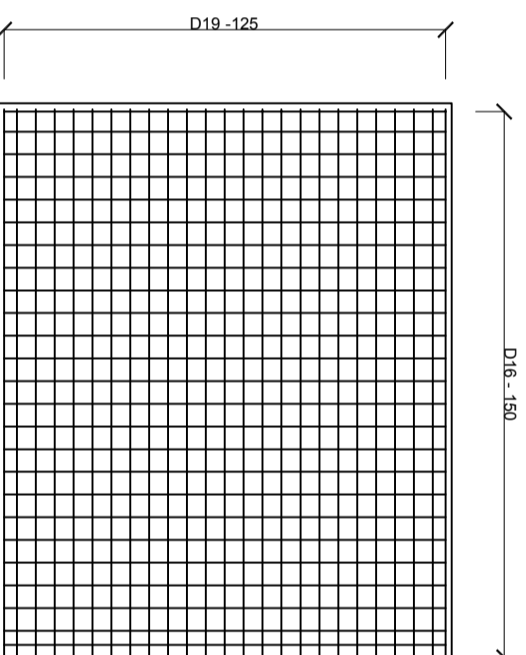
SECTION 1
 SKALA 1:50



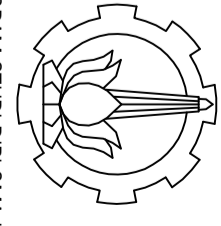
POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



SECTION 2
 SKALA 1:50



POTONGAN 3
 SKALA 1:50



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *LIGHT RAIL*
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pujji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

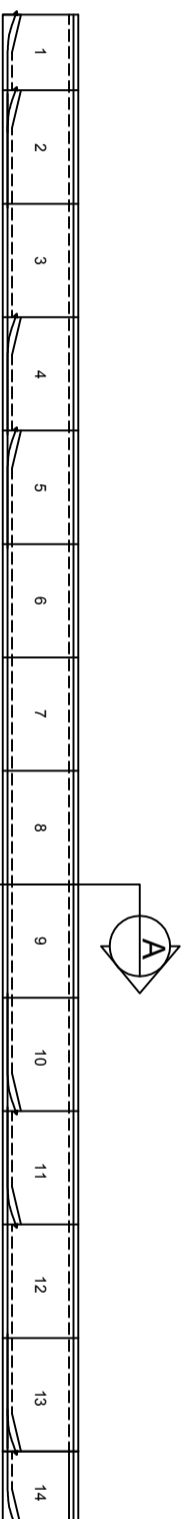
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 9

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

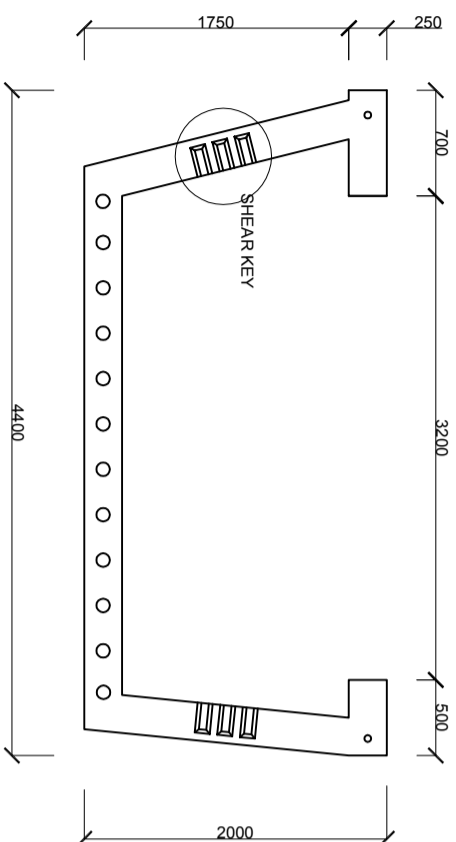
STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------------	---------------

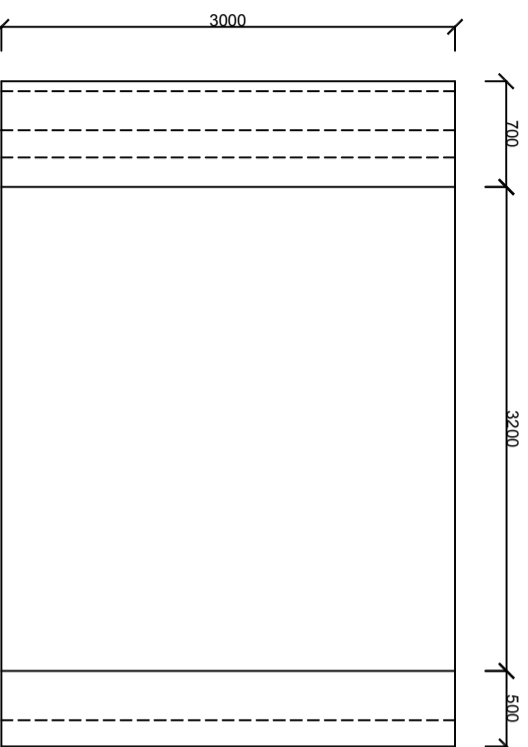
22	37
-----------	-----------



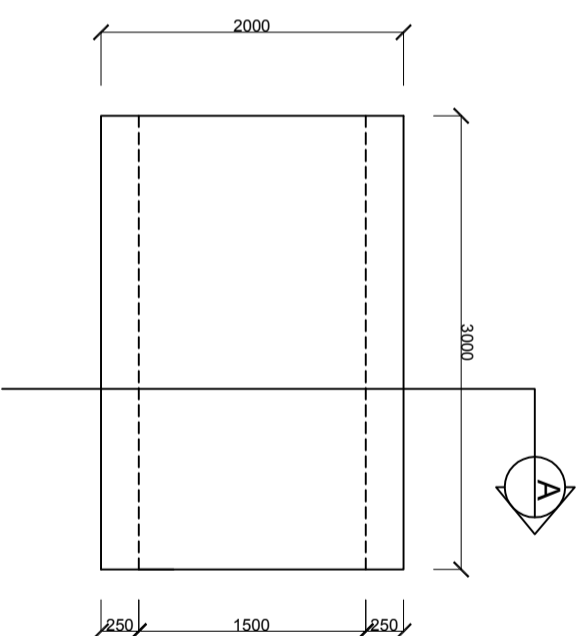
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
 SKALA 1:200



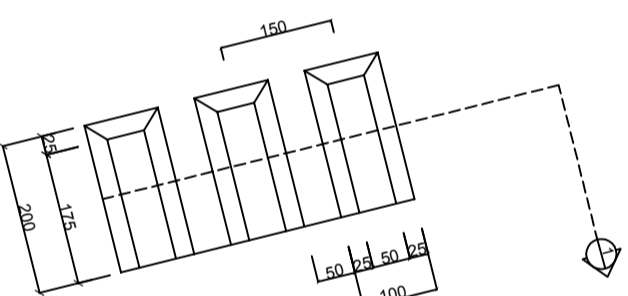
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 9
 SKALA 1:50



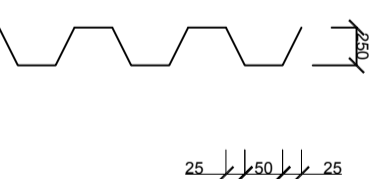
TAMPAK ATAS SEGMENT 9
 SKALA 1:50



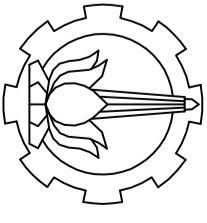
TAMPAK SAMPING SEGMENT 9
 SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
 SKALA 1:5



POTONGAN 1
 SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *LIGHT RAIL*
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 9**

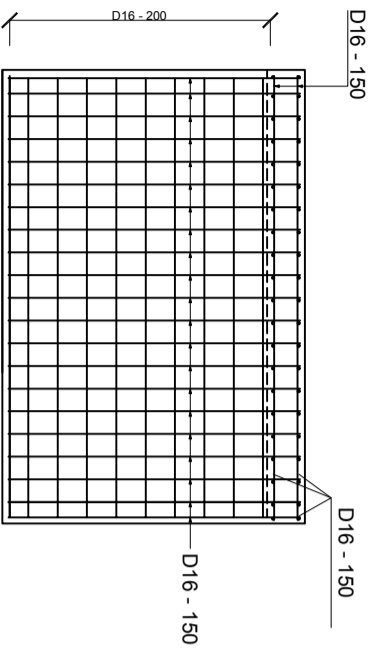
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

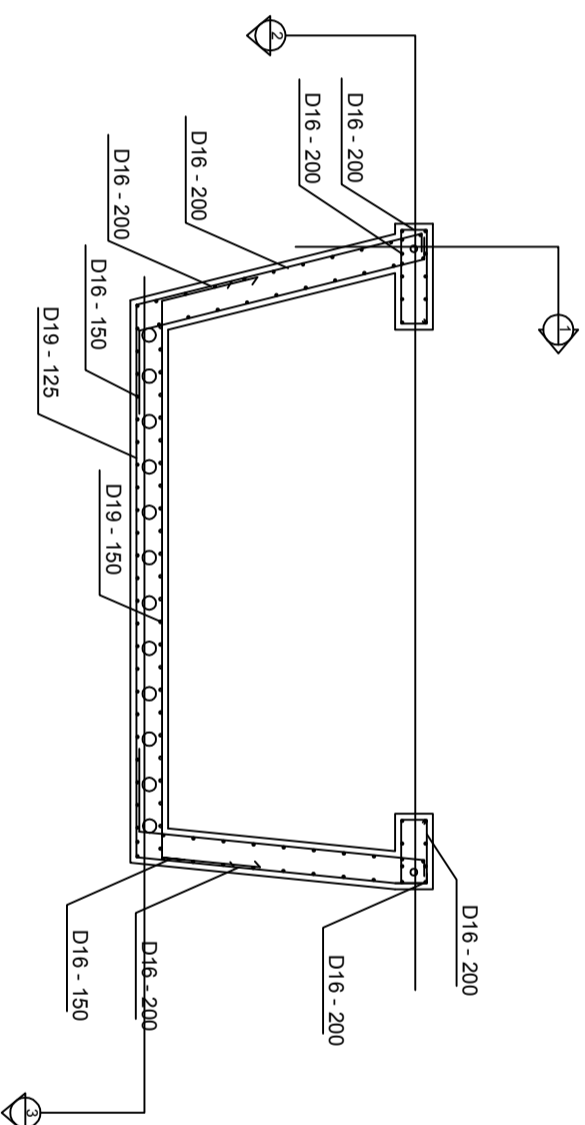
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

23

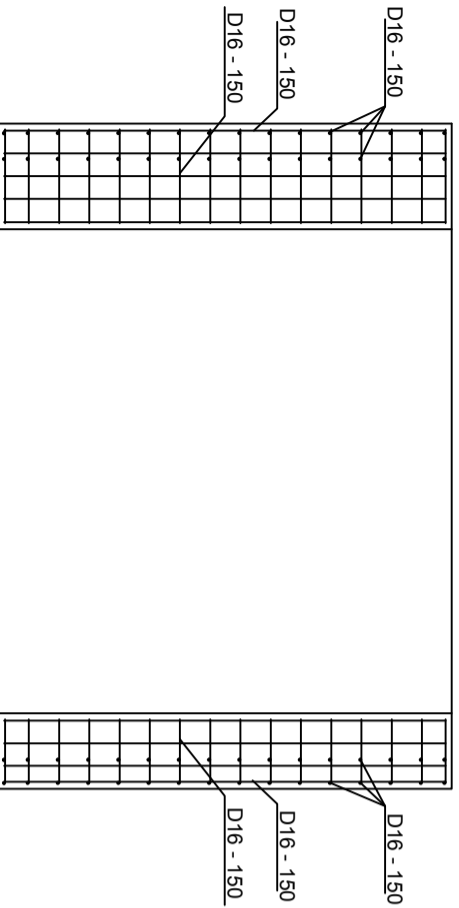
37



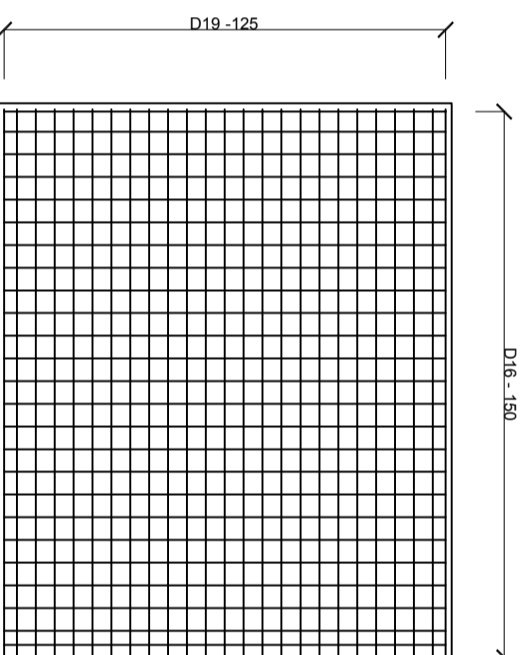
SECTION 1
 SKALA 1:50



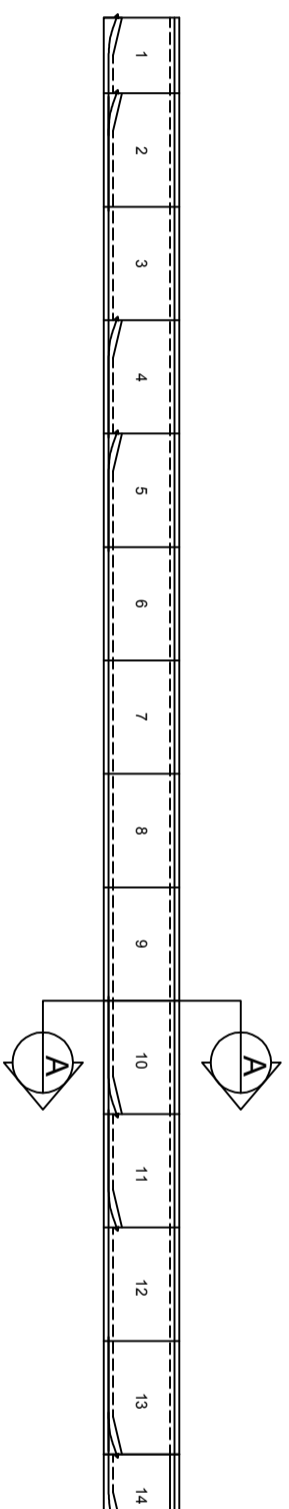
POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



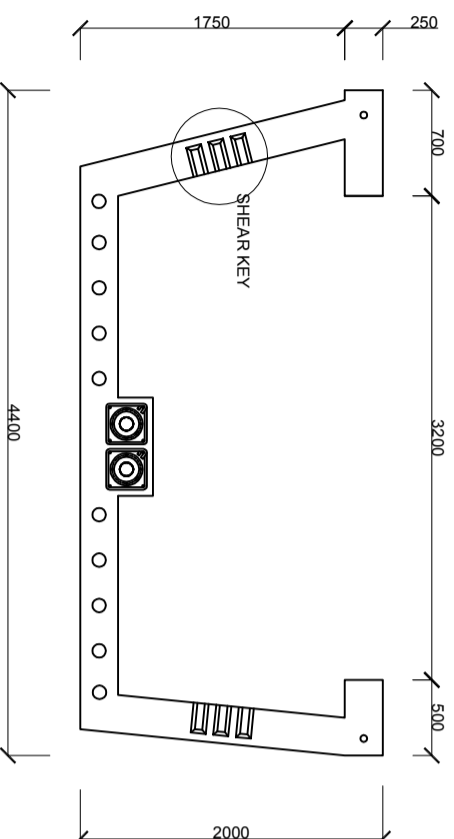
SECTION 2
 SKALA 1:50



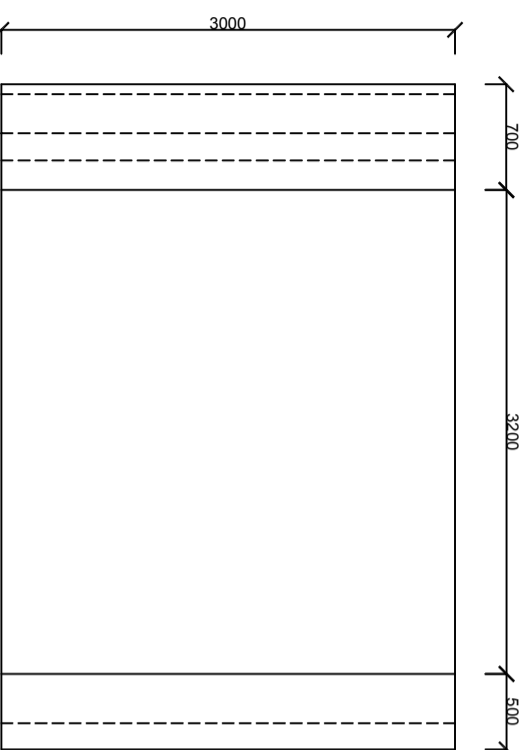
POTONGAN 3
 SKALA 1:50



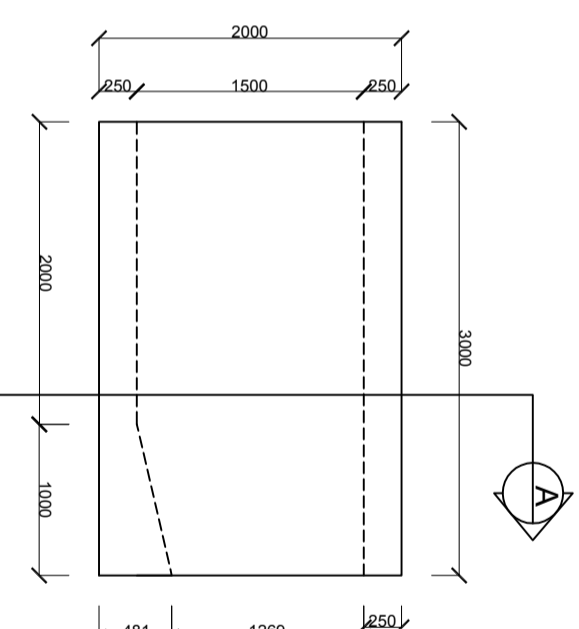
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



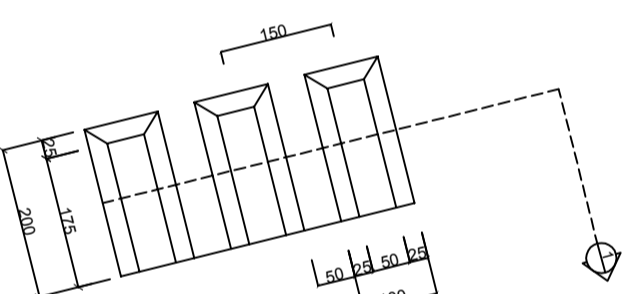
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 10
SKALA 1:50



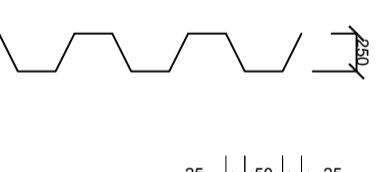
TAMPAK ATAS SEGMENT 10
SKALA 1:50



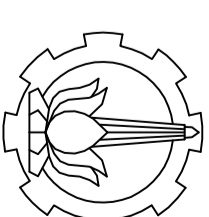
TAMPAK SAMPING SEGMENT 10
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5



POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pujji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

DETAIL U-GIRDER SEGMENT 10

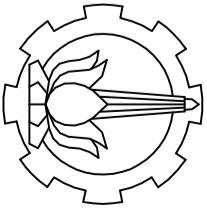
SKALA	KODE GAMBAR

STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

24

37



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 10**

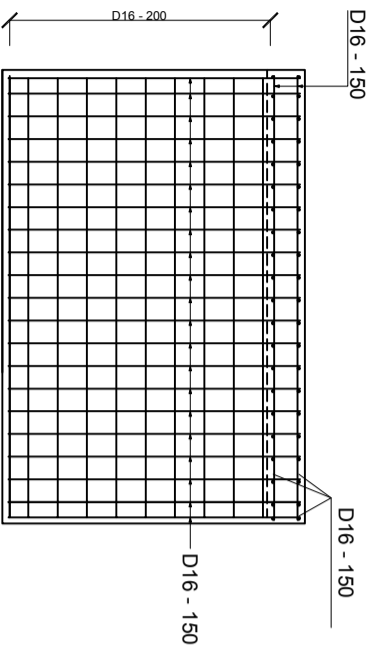
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

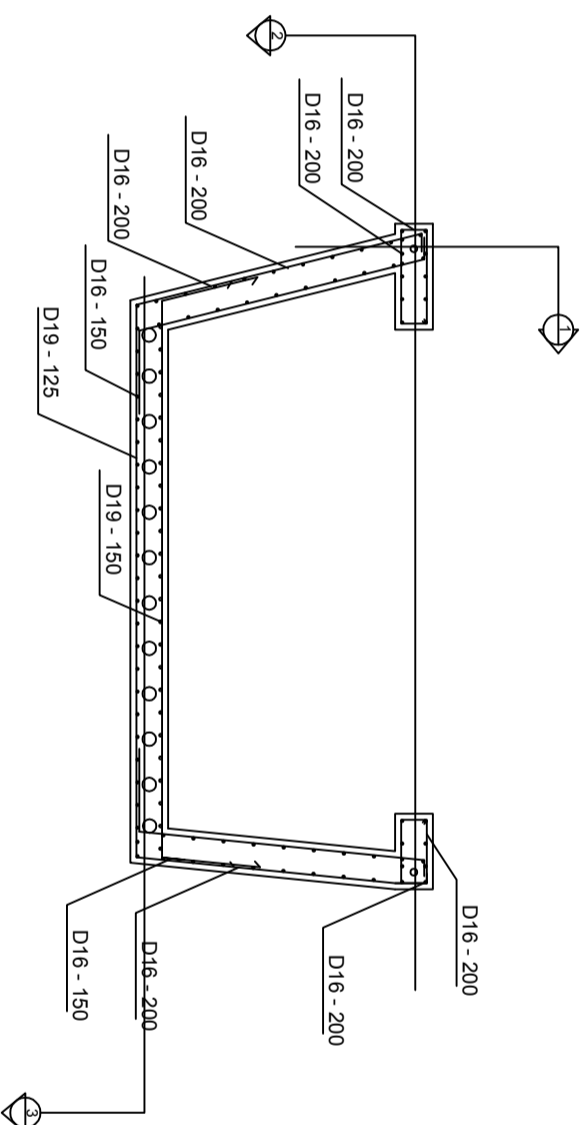
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

25

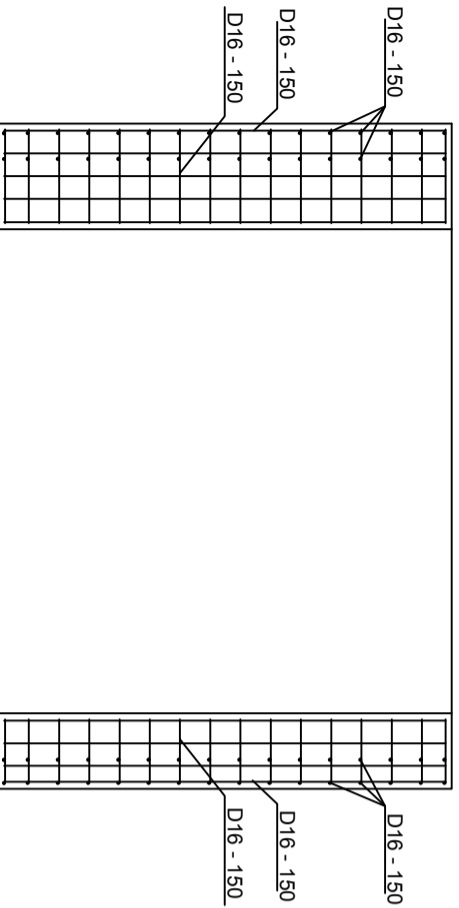
37



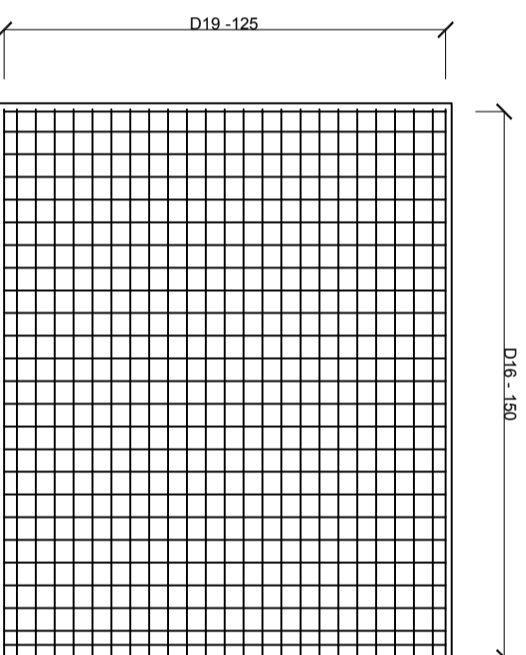
SECTION 1
 SKALA 1:50



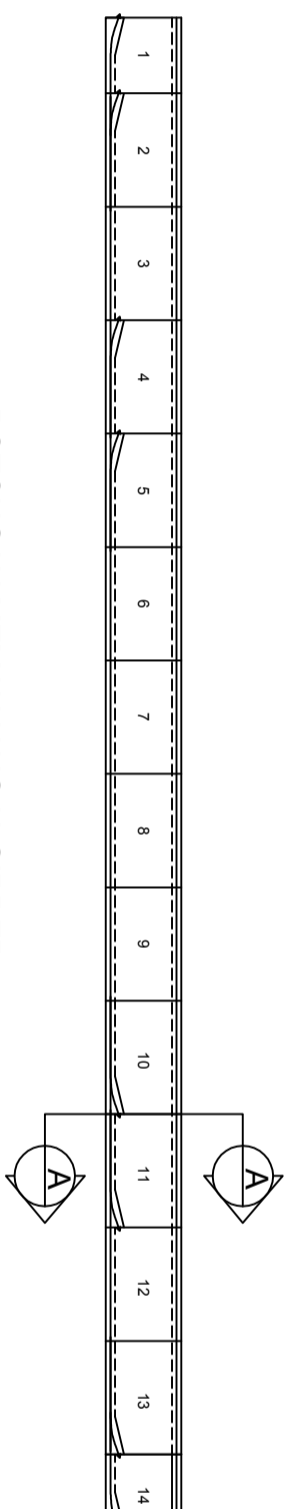
POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



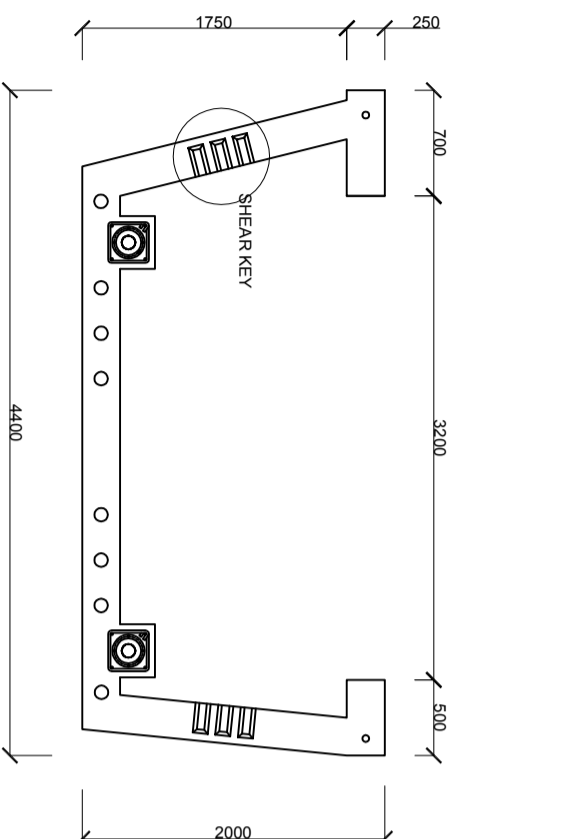
SECTION 2
 SKALA 1:50



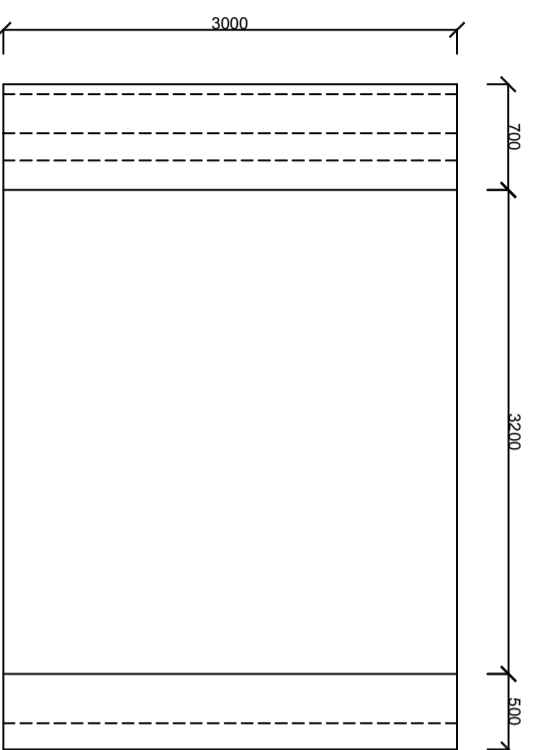
POTONGAN 3
 SKALA 1:50



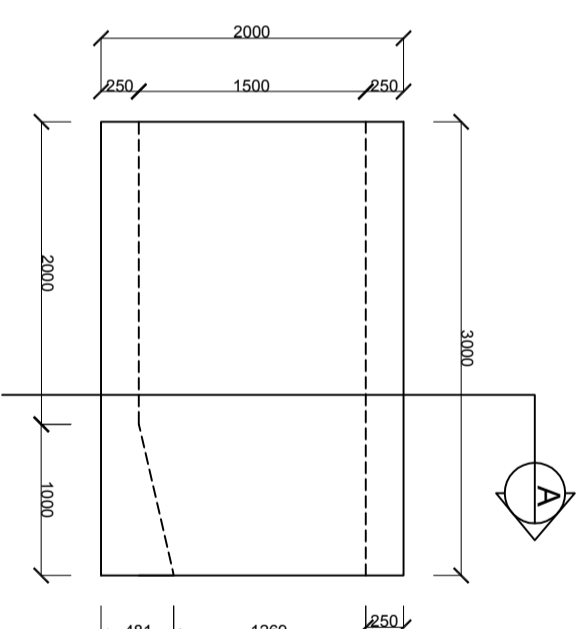
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



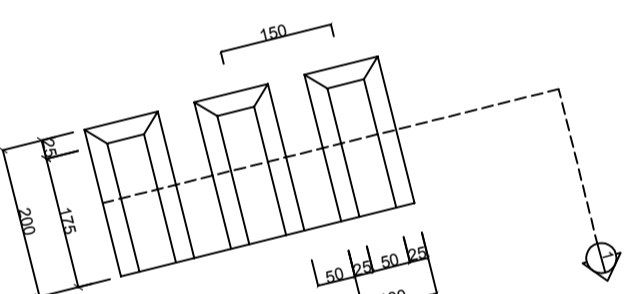
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 11
SKALA 1:50



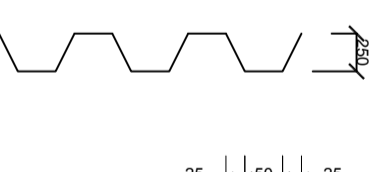
TAMPAK ATAS SEGMENT 11
SKALA 1:50



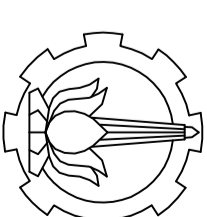
TAMPAK SAMPING SEGMENT 11
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5



POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

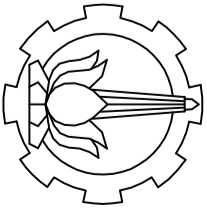
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 11

SKALA KODE GAMBAR

STR

NO. GAMBAR JUMLAH GAMBAR

26 37



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 11**

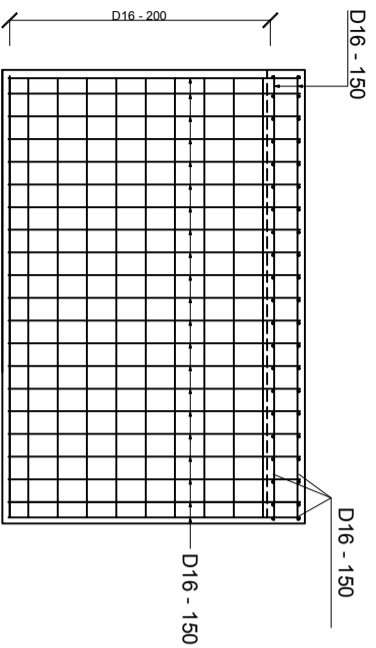
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

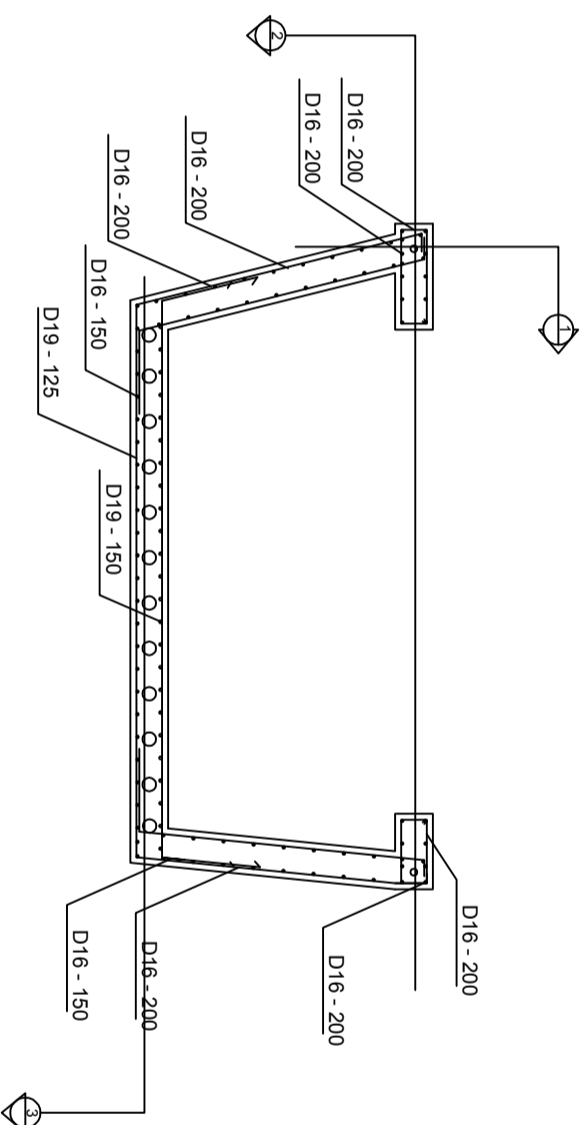
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

27

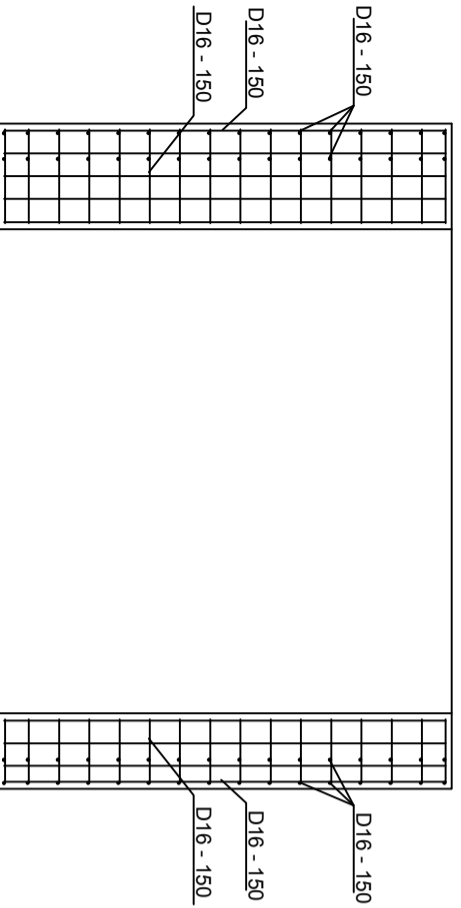
37



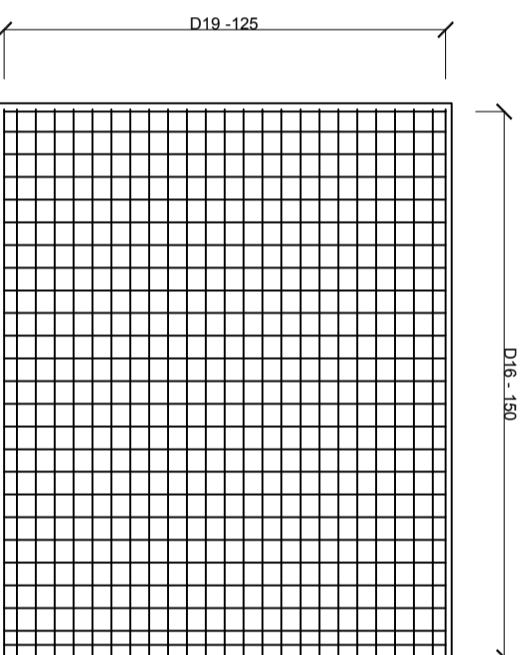
SECTION 1
 SKALA 1:50



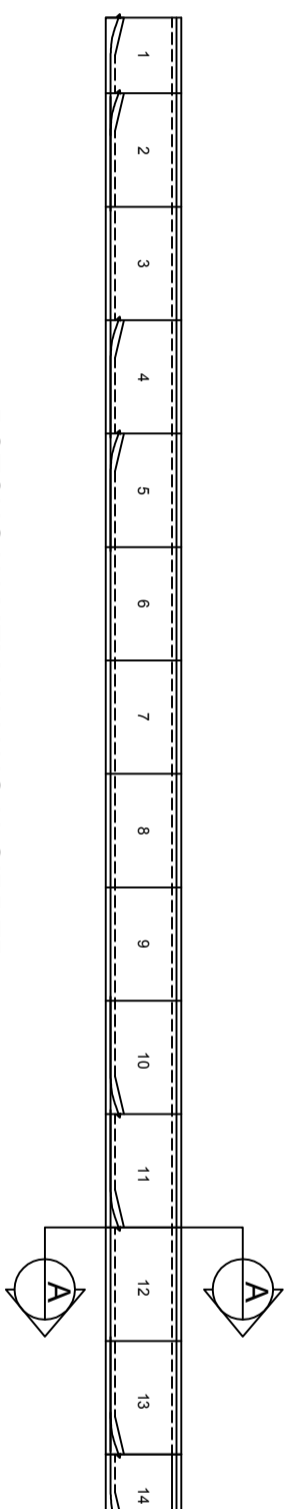
POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



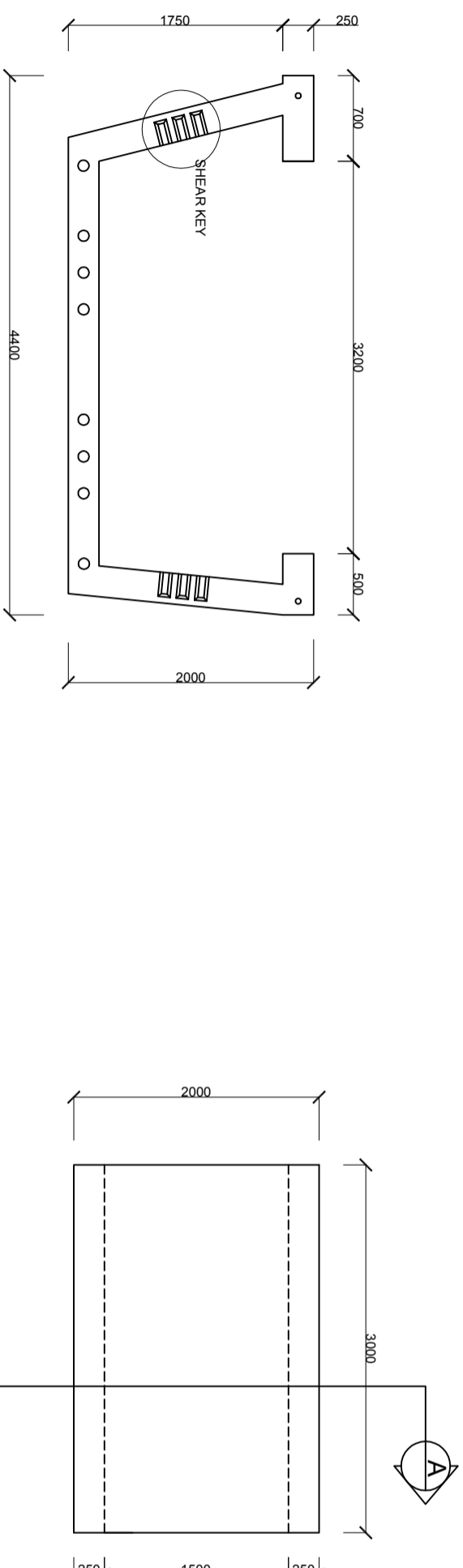
SECTION 2
 SKALA 1:50



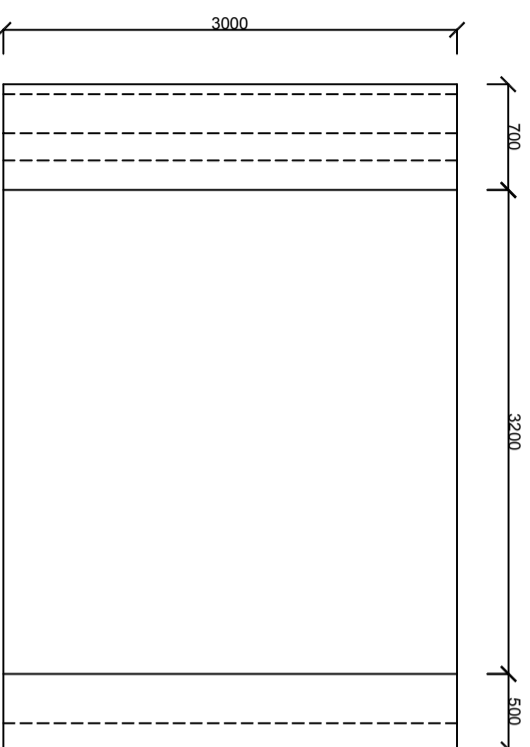
POTONGAN 3
 SKALA 1:50



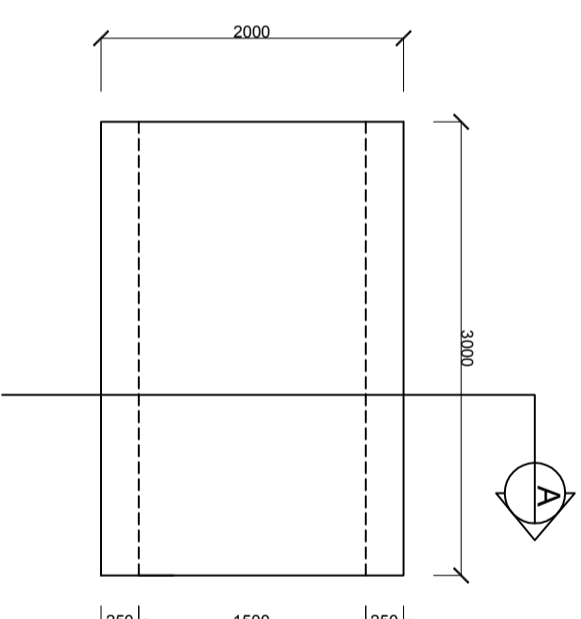
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



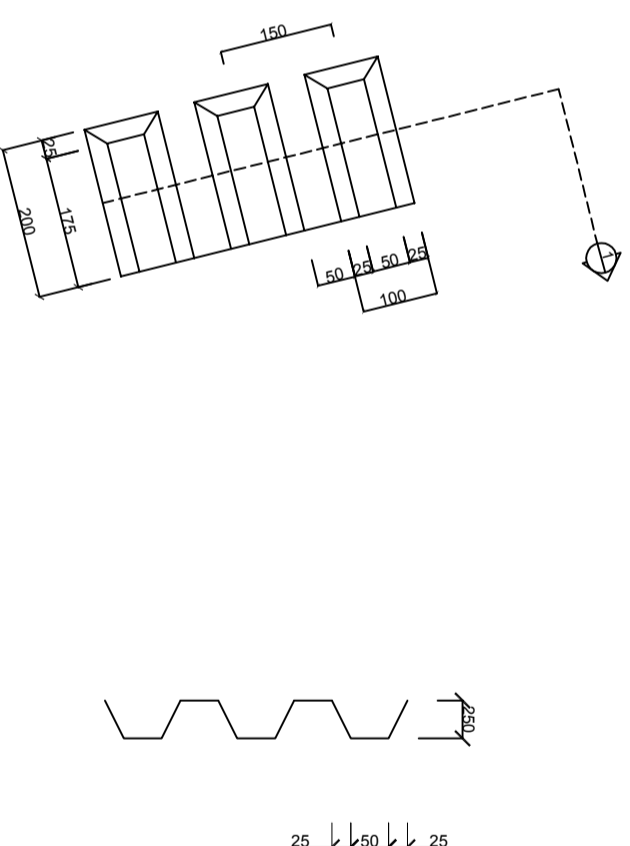
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 12
SKALA 1:50



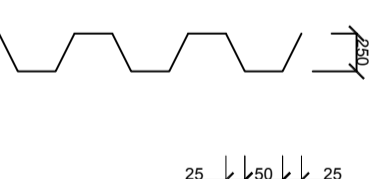
TAMPAK ATAS SEGMENT 12
SKALA 1:50



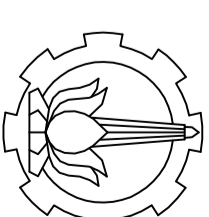
TAMPAK SAMPING SEGMENT 12
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5



POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

DETAIL U-GIRDER SEGMENT 12

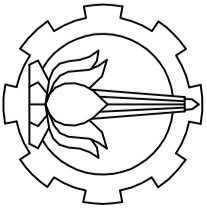
SKALA	KODE GAMBAR

STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR

28

37



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *LIGHT RAIL*
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
SEGMENT 12**

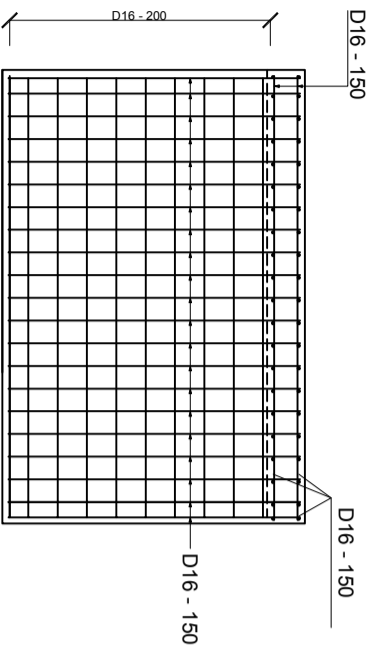
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

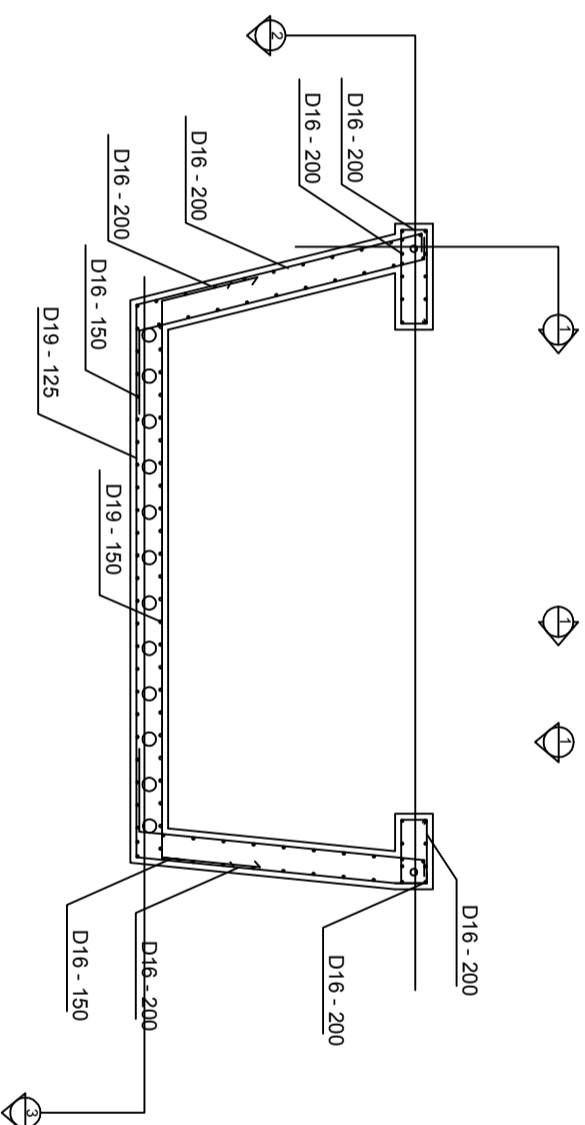
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

29

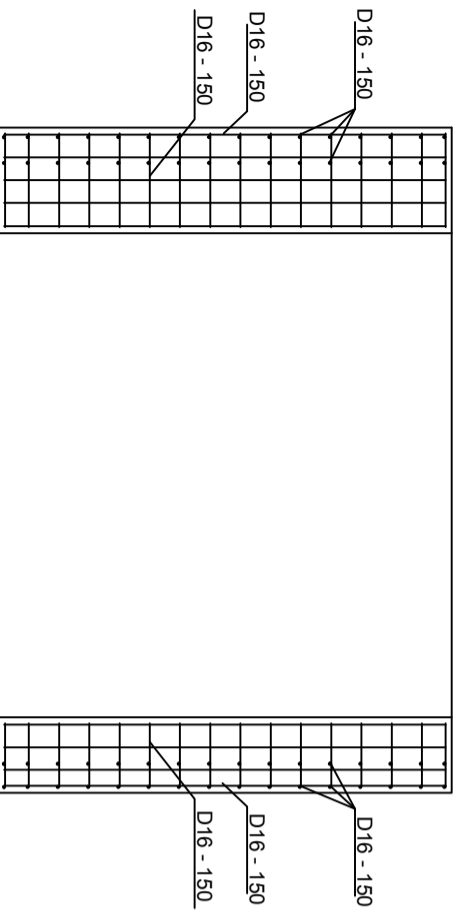
37



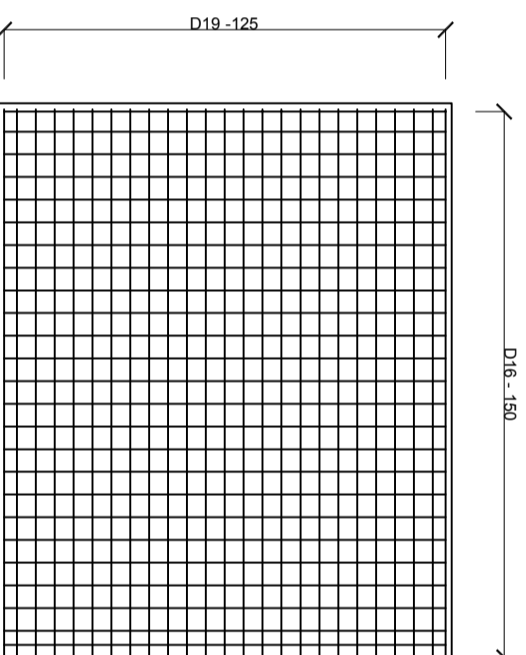
SECTION 1
SKALA 1:50



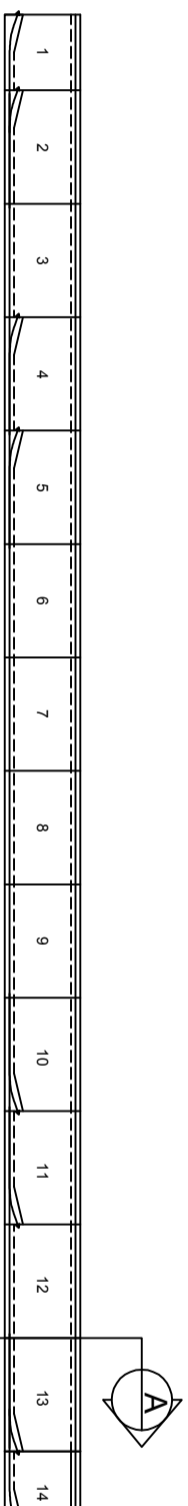
POTONGAN A-A
SKALA 1:50



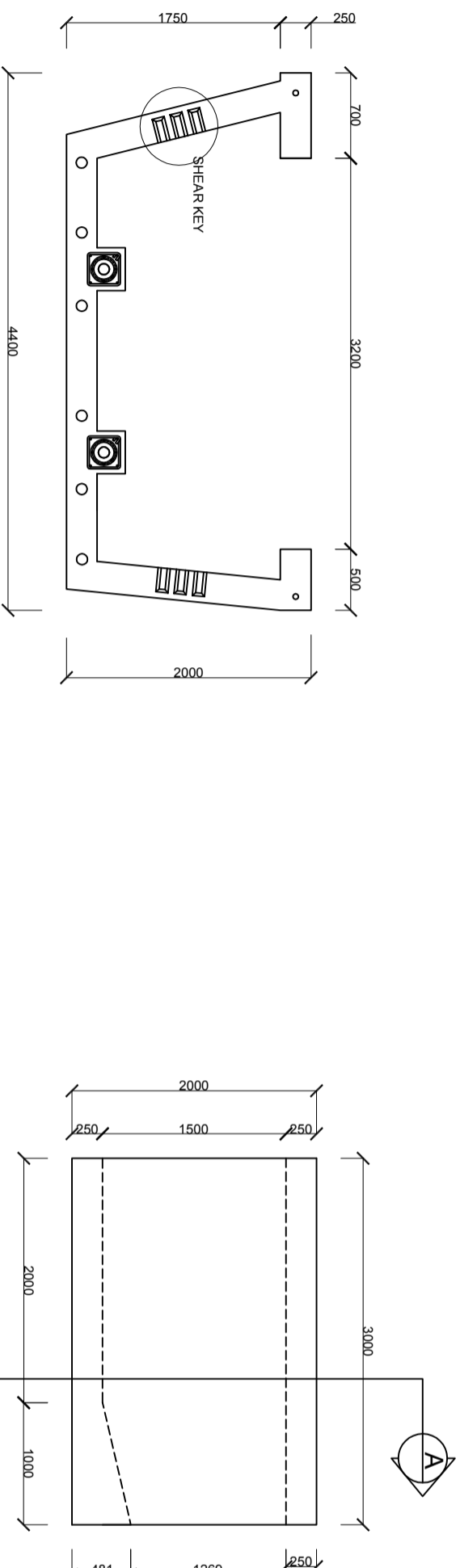
SECTION 2
SKALA 1:50



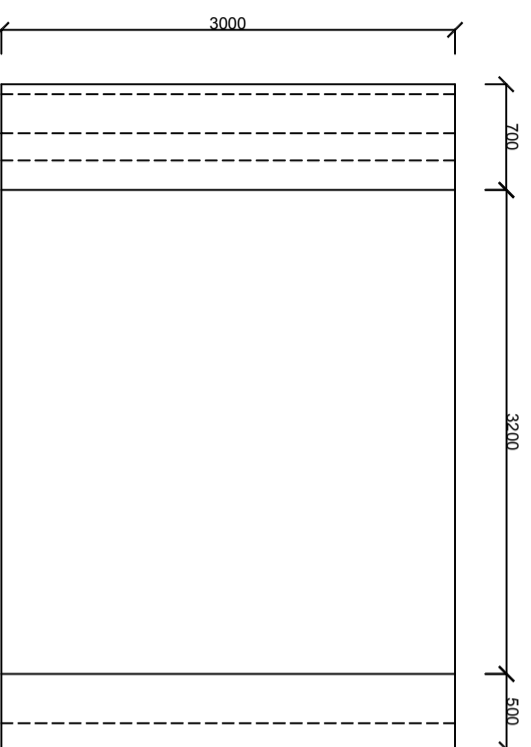
POTONGAN 3
SKALA 1:50



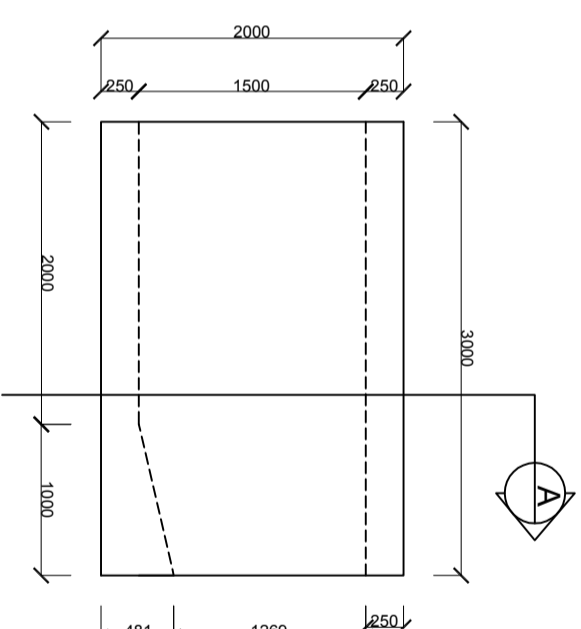
POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200



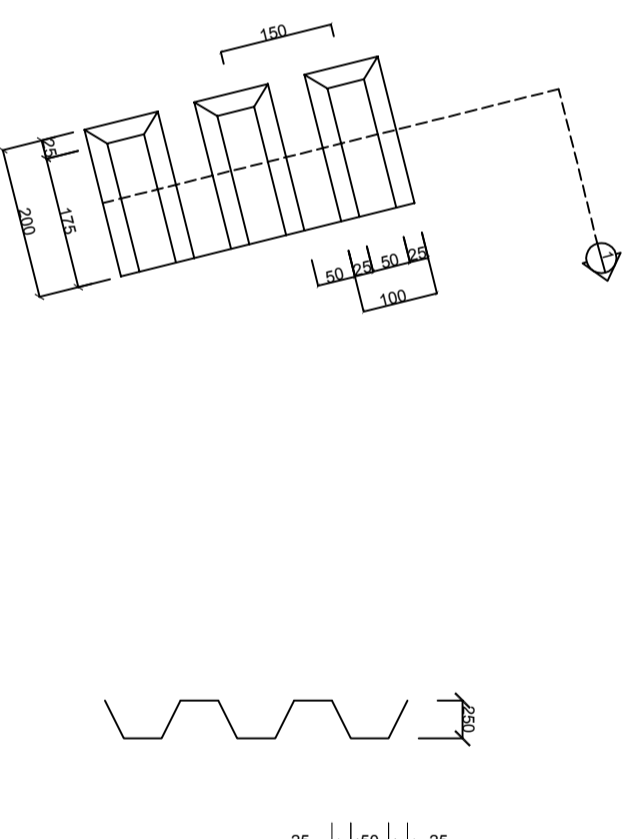
TAMPAK MELINTANG SEGMENT 13
SKALA 1:50



TAMPAK ATAS SEGMENT 13
SKALA 1:50

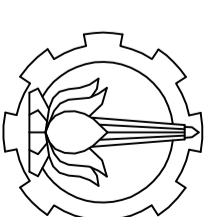


TAMPAK SAMPIING SEGMENT 13
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5

POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

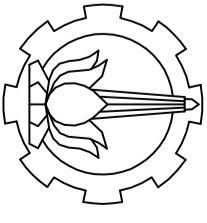
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 13

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------------	---------------

30	37
-----------	-----------



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 13**

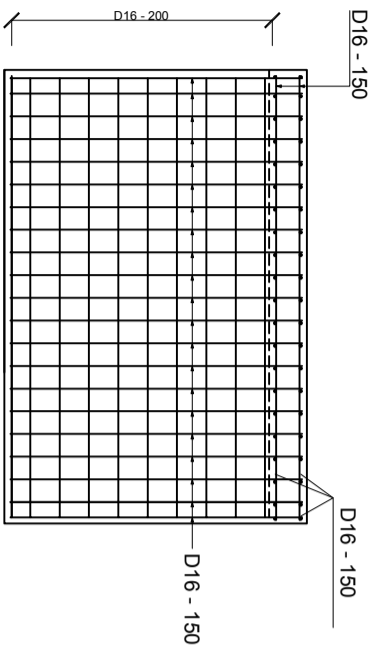
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

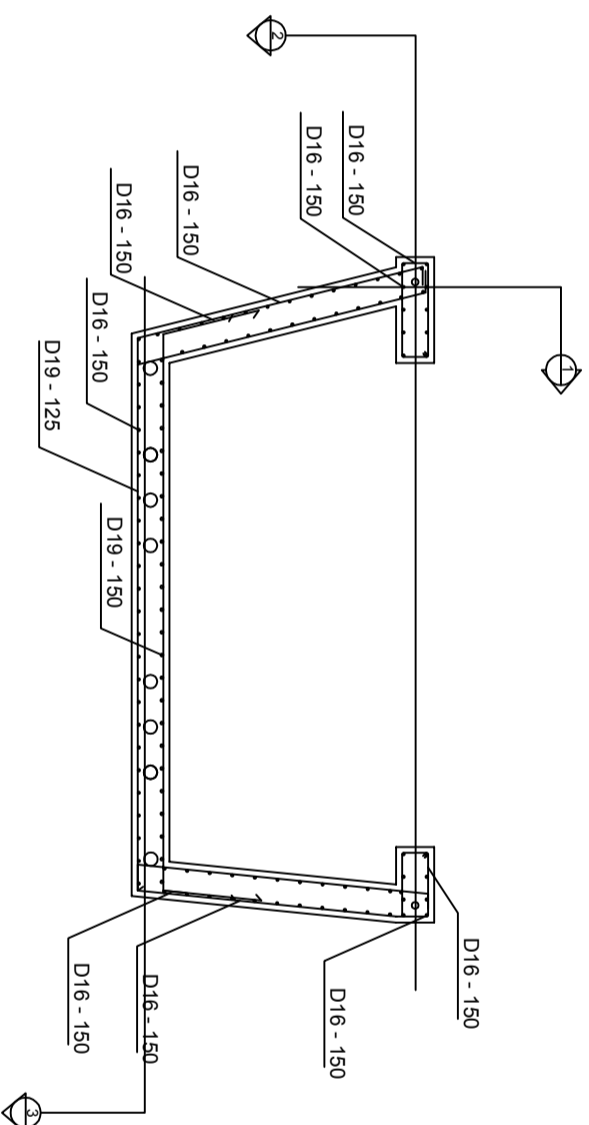
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

31

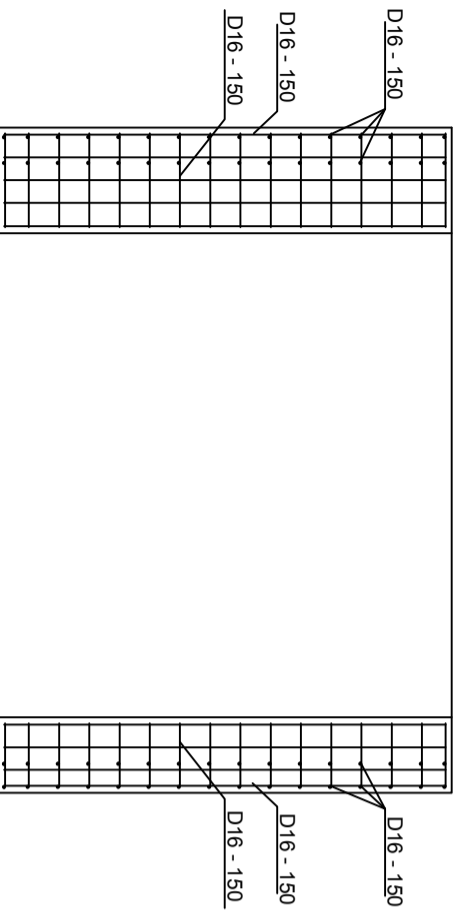
37



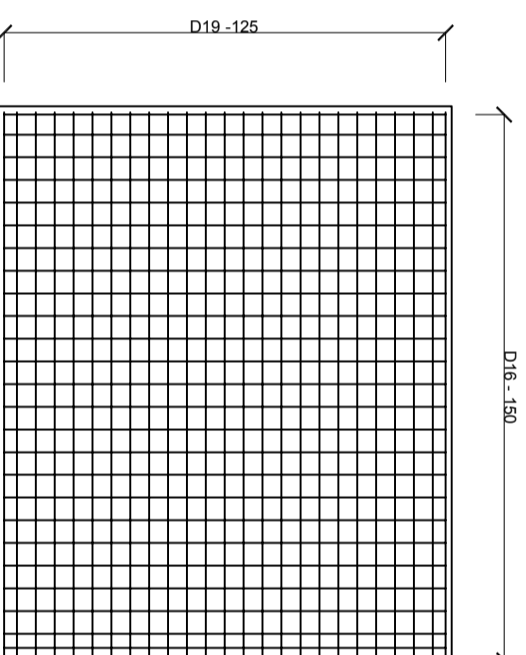
SECTION 1
 SKALA 1:50



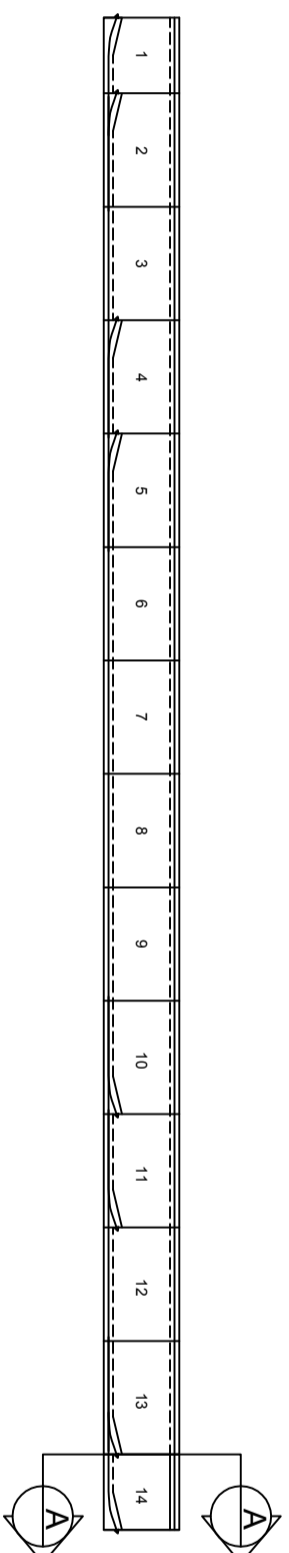
POTONGAN A-A
 SKALA 1:50



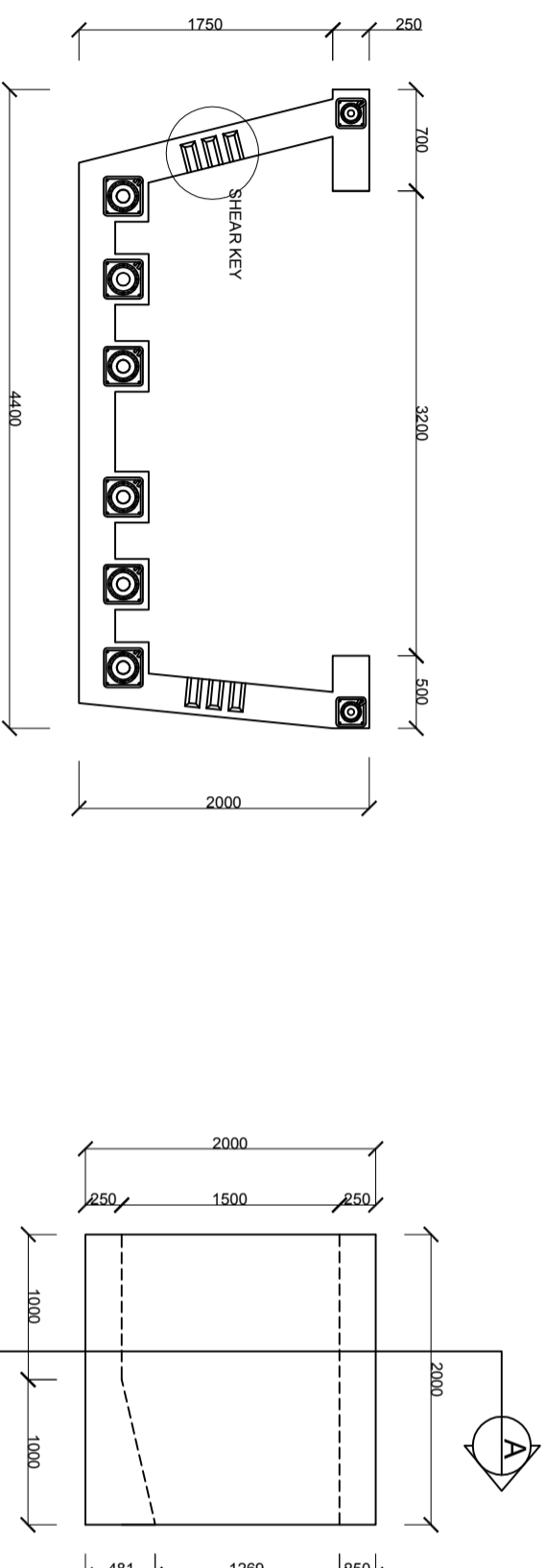
SECTION 2
 SKALA 1:50



POTONGAN 3
 SKALA 1:50

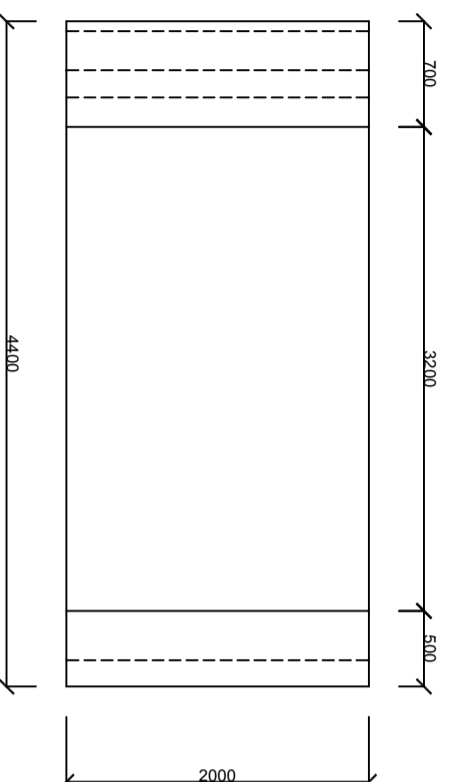


POTONGAN MEMANJANG U-GIRDER
SKALA 1:200

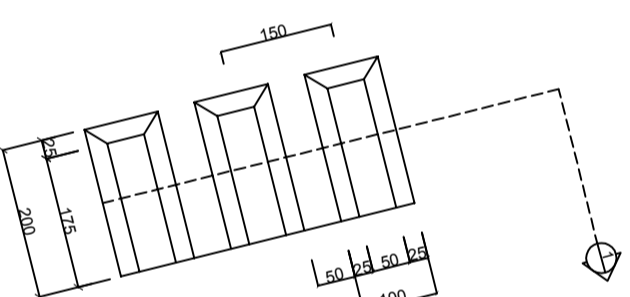


TAMPAK MELINTANG SEGMENT 14
SKALA 1:50

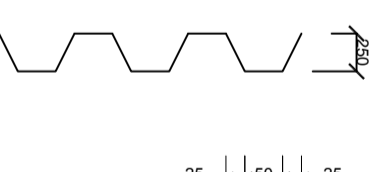
TAMPAK SAMPING SEGMENT 14
SKALA 1:50



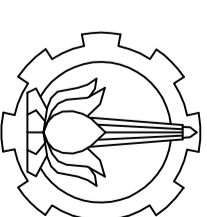
TAMPAK ATAS SEGMENT 14
SKALA 1:50



DETAIL SHEAR KEY
SKALA 1:5



POTONGAN 1
SKALA 1:5



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

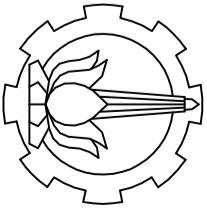
DETAIL U-GIRDER SEGMENT 14

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------------	---------------

32	37
-----------	-----------



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

**DETAIL PENULANGAN U-GIRDER
 SEGMENT 14**

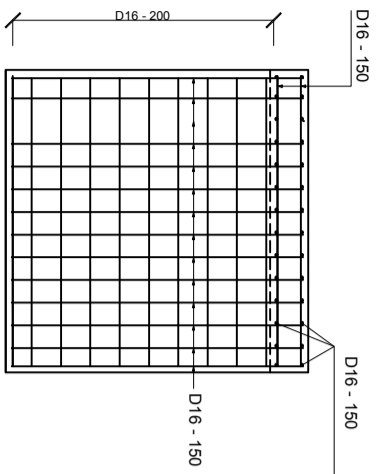
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

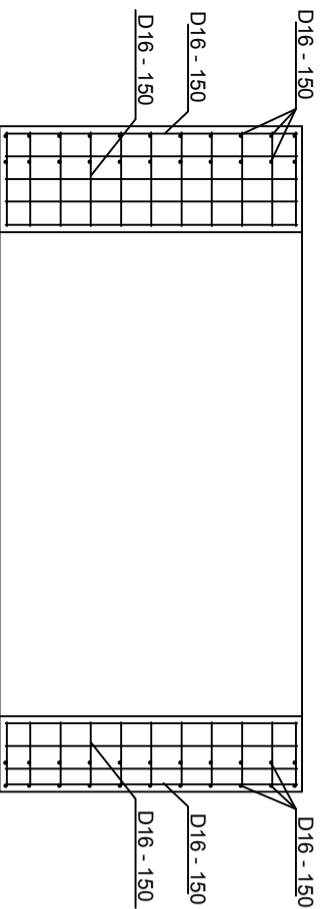
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

33

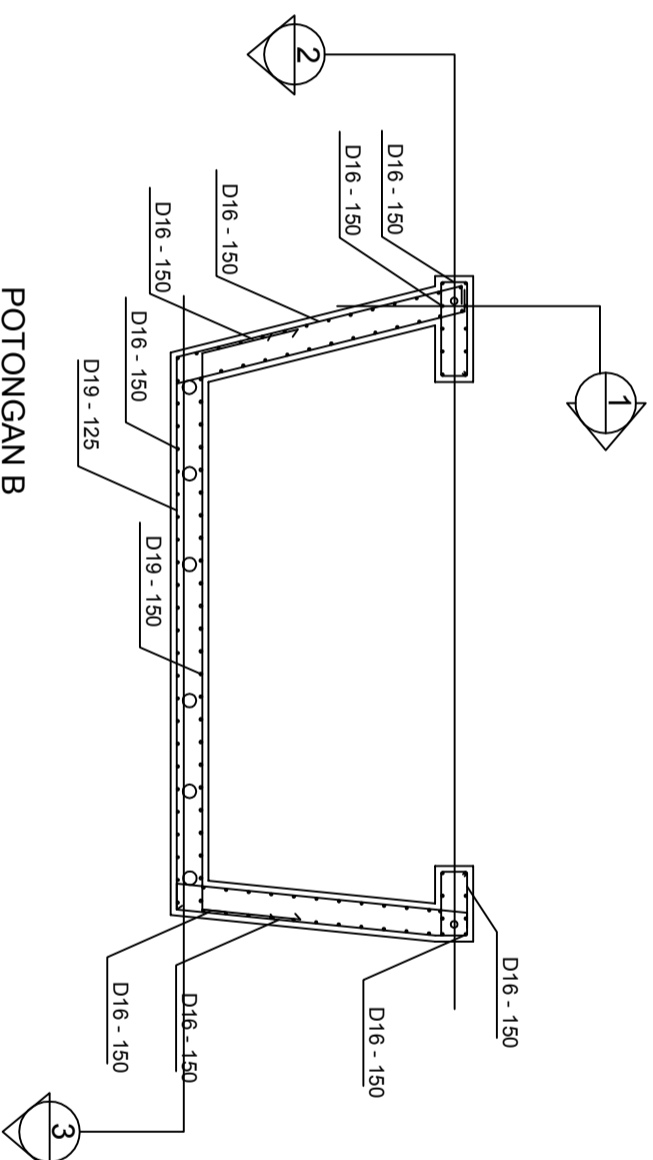
37



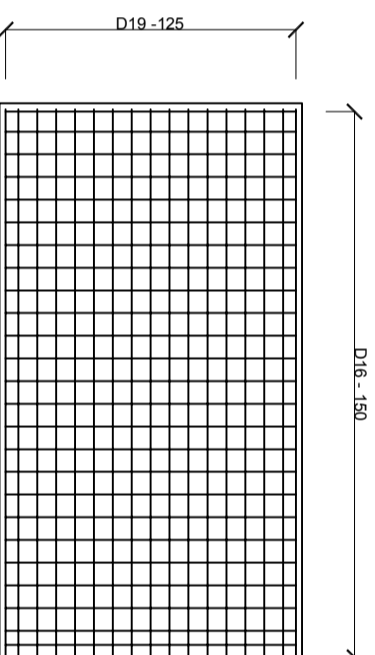
SECTION 1
 SKALA 1:50



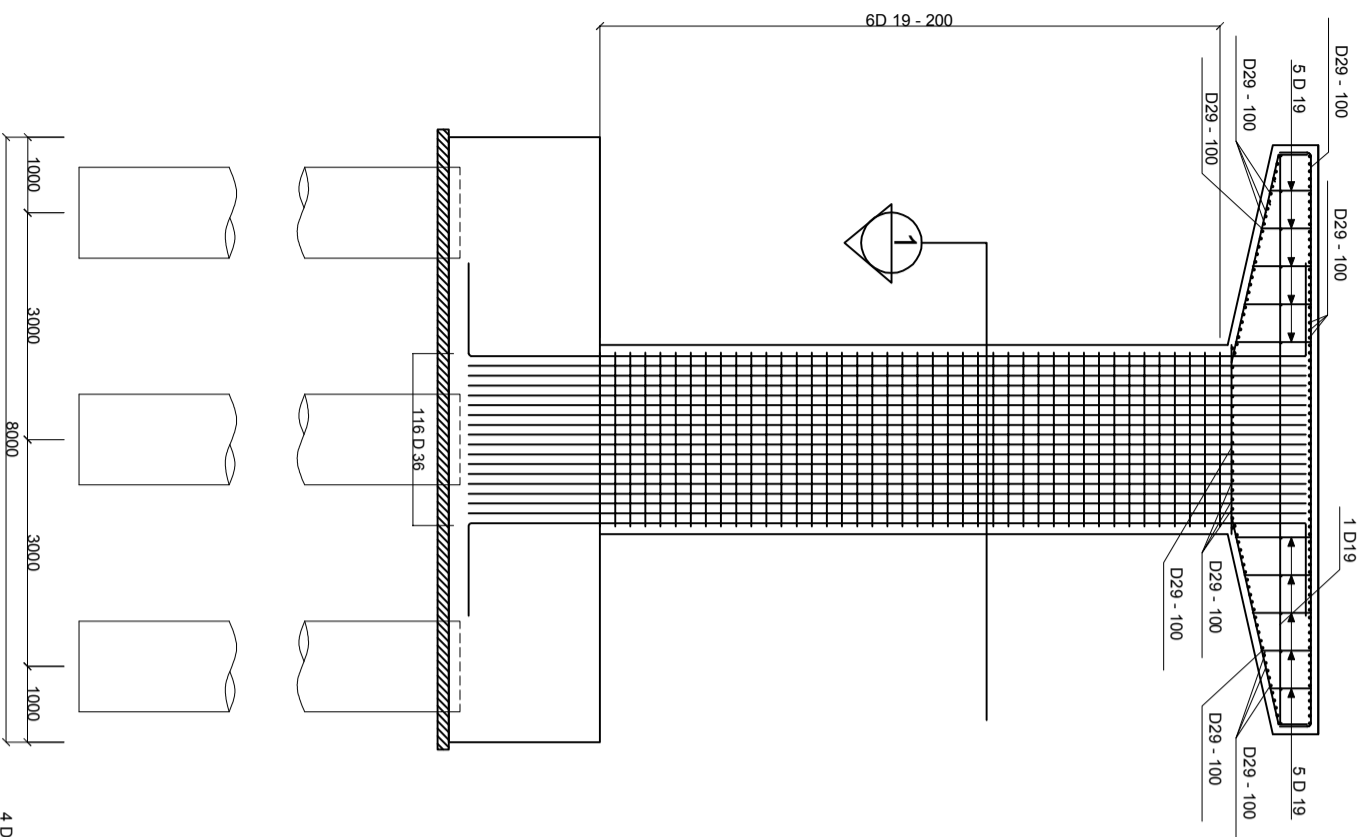
SECTION 2
 SKALA 1:50



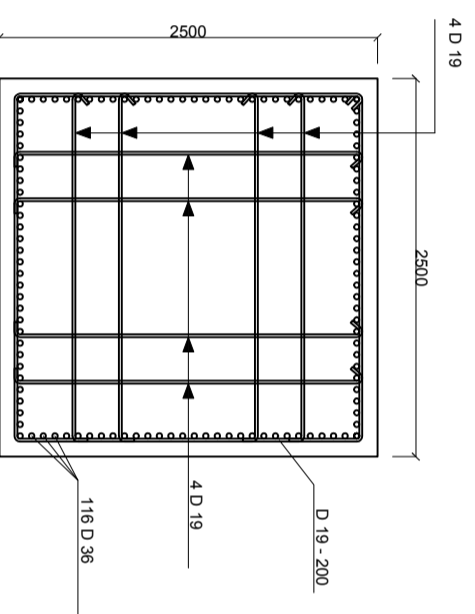
POTONGAN B
 SKALA 1:50



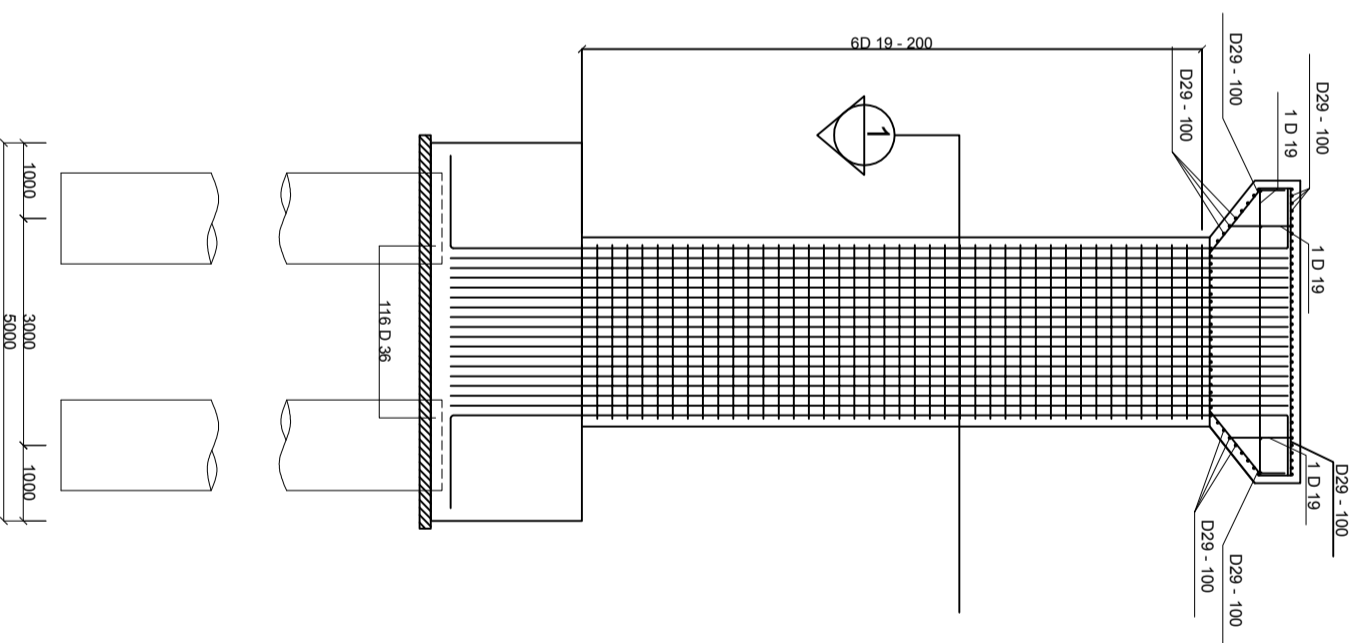
POTONGAN 3
 SKALA 1:50



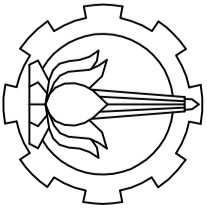
PENULANGAN PILAR
SKALA 1:100



POTONGAN 1
SKALA 1:50



PENULANGAN PILAR
SKALA 1:100



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR *LIGHT RAIL*
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudi Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fitriy
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc' 50 MPa (U-Box Girder)
fc' 40 MPa (Pilar)
fc' 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PILAR

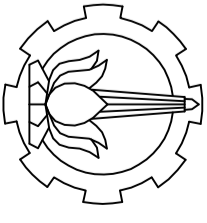
SKALA **KODE GAMBAR**

STR

NO. GAMBAR **JUMLAH GAMBAR**

34

37



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

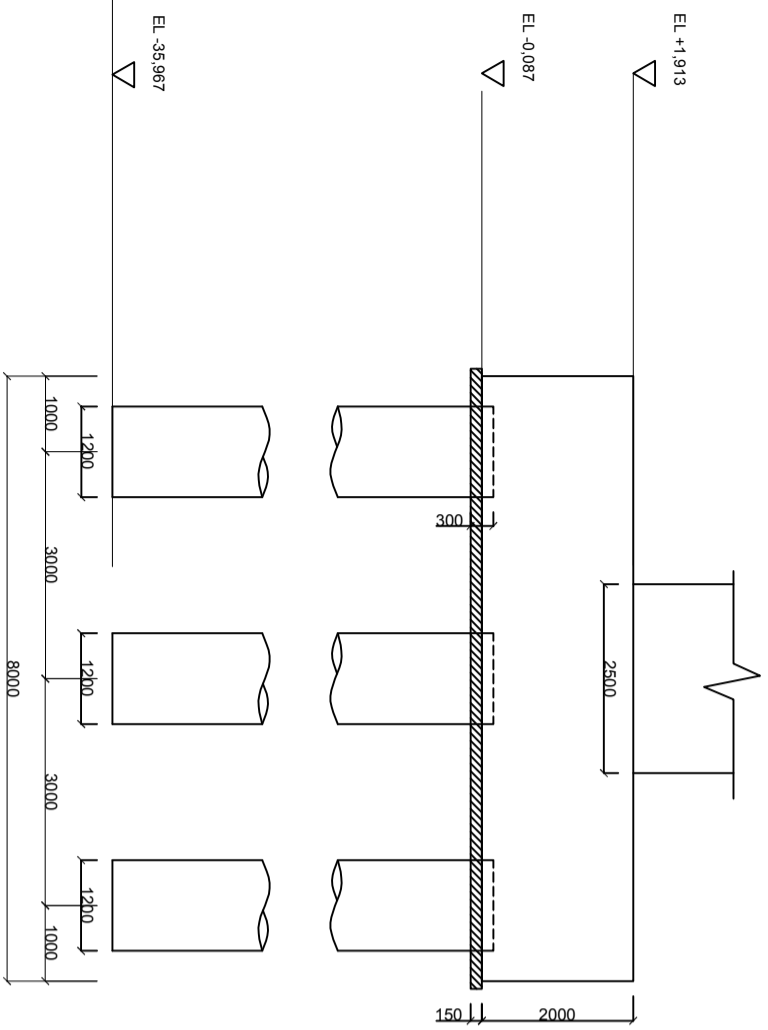
LAYOUT BOREDPILE

SKALA	KODE GAMBAR
-------	-------------

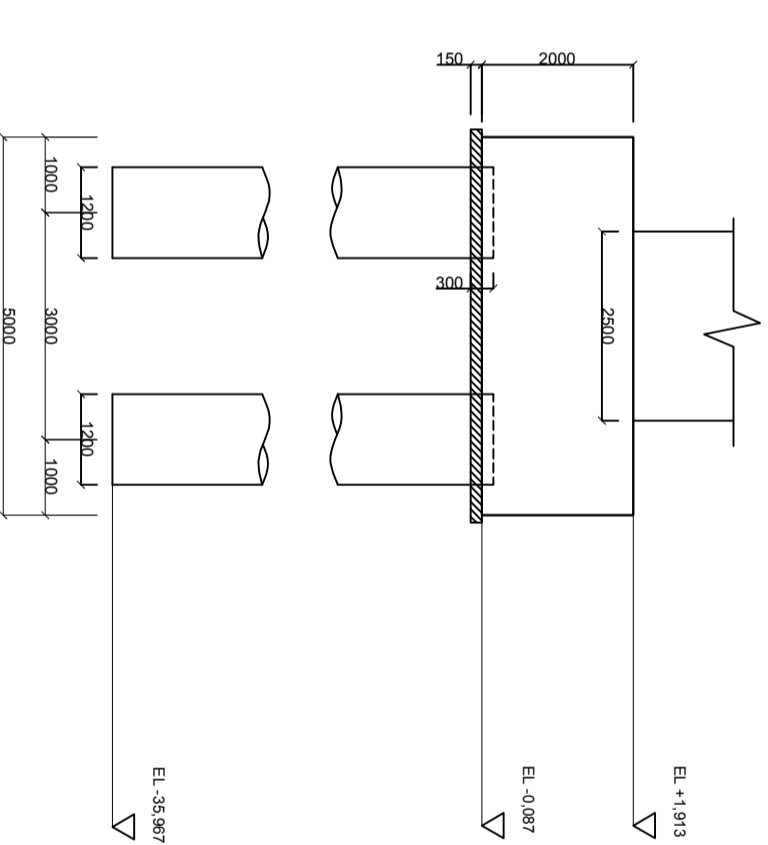
STR

NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------------	---------------

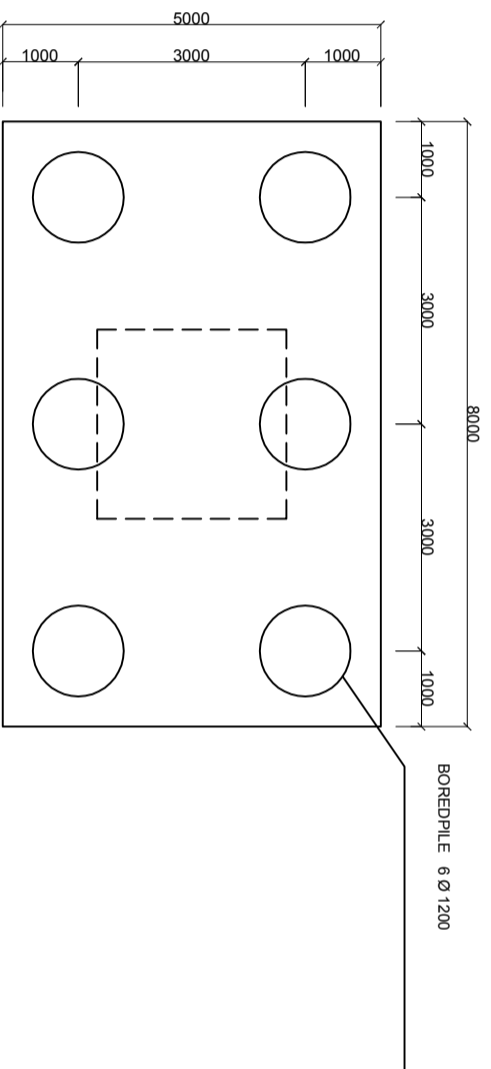
35 **37**



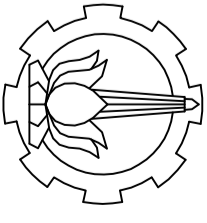
TAMPAK MELINTANG PILECAP
 SKALA 1:100



TAMPAK MELINTANG PILECAP
 SKALA 1:100



DENAH LAYOUT BOREDPILE
 SKALA 1:100



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
 TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
 GADING DENGAN MENGGUNAKAN
 U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Puji Rahardjo, MS.
 NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
 NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fitriy
 NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
 f_c : 50 MPa (U-Box Girder)
 f_c : 40 MPa (Pilar)
 f_c : 40 MPa (Bore Pile)
 Mutu Baja Tulangan :
 f_y = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
 f_y = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PILECAP

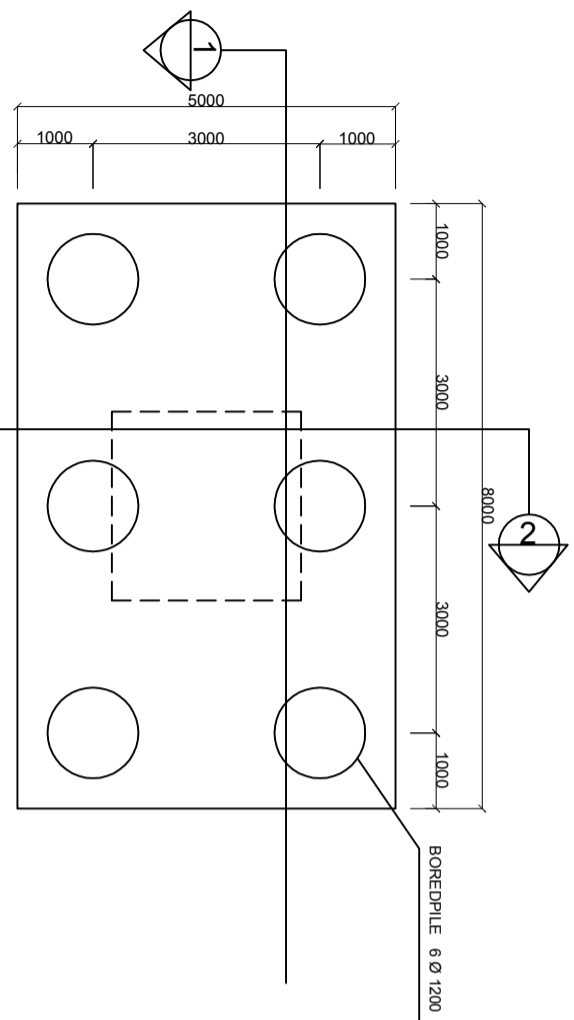
SKALA	KODE GAMBAR
--------------	--------------------

STR

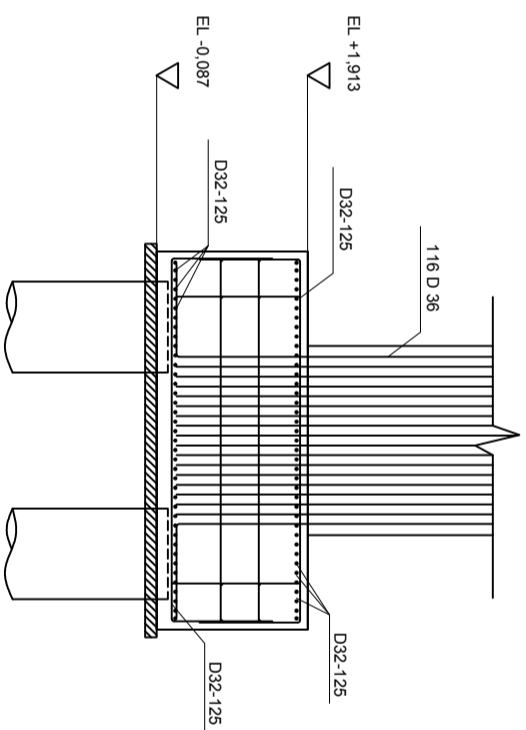
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
-------------------	----------------------

36

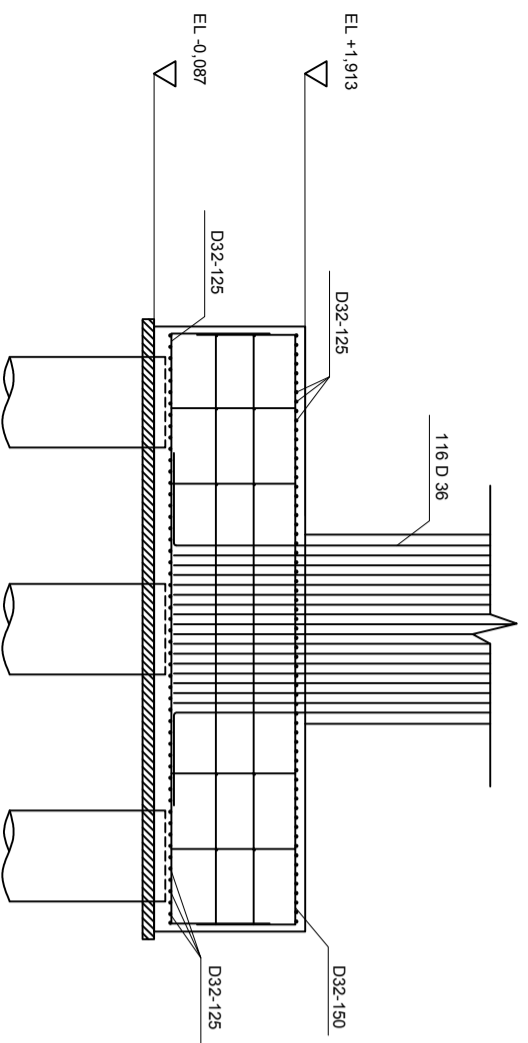
37



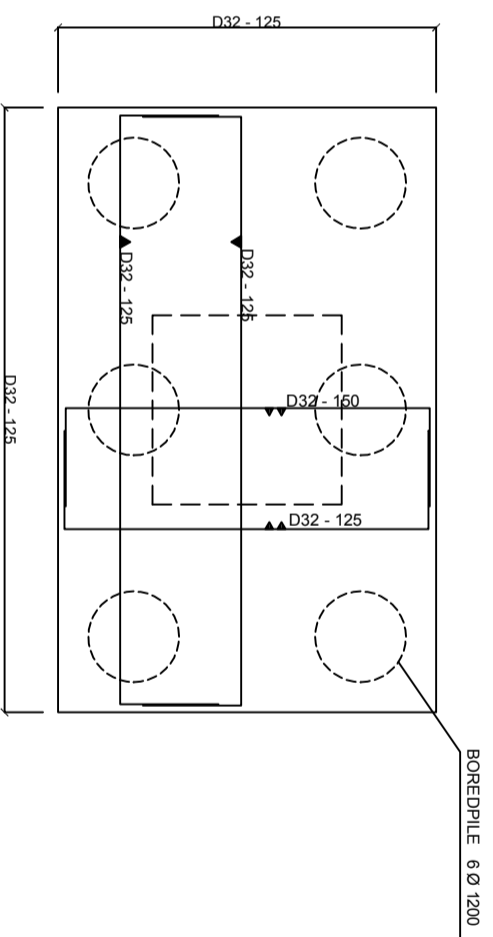
DENAH LAYOUT BOREDPILE
 SKALA 1:100



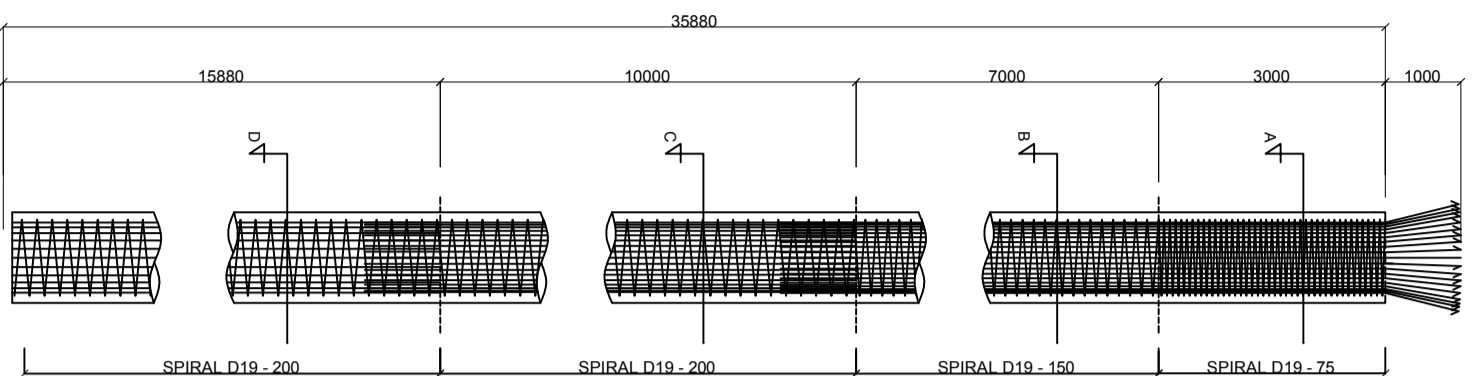
POTONGAN 2
 SKALA 1:100



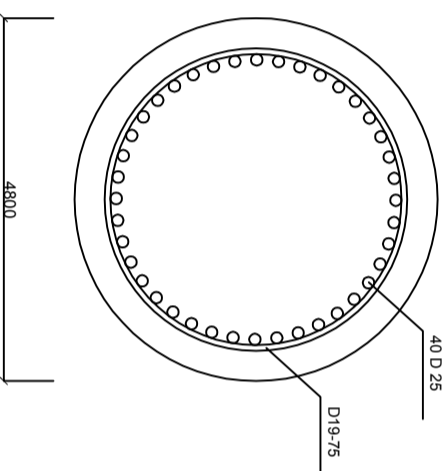
POTONGAN 1
 SKALA 1:100



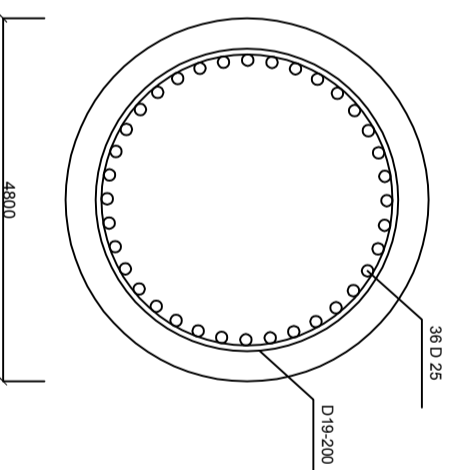
PENULANGAN PILECAP
 SKALA 1:100



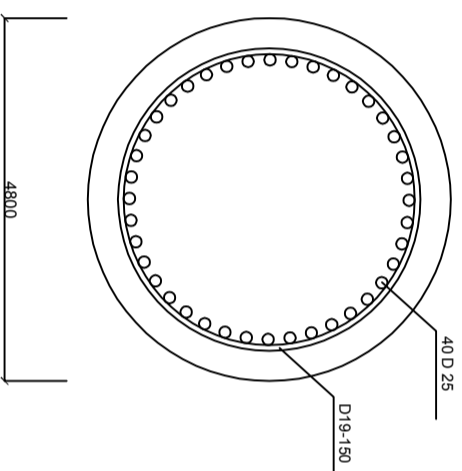
TULANGAN BOREDPILE
SKALA 1:100



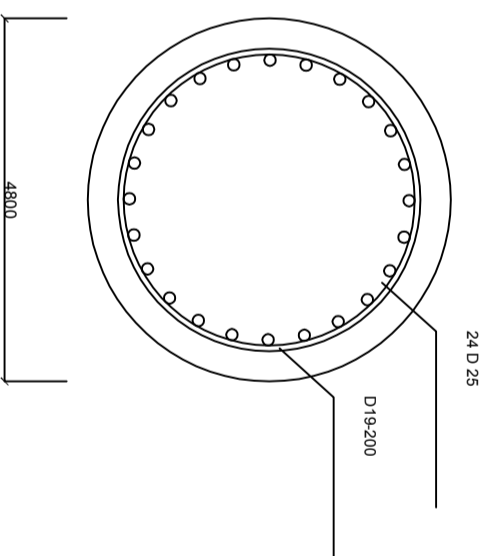
POTONGAN A
SKALA 1:25



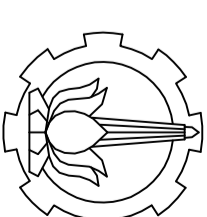
POTONGAN C
SKALA 1:25



POTONGAN B
SKALA 1:25



POTONGAN D
SKALA 1:25



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

JUDUL TUGAS AKHIR

DESAIN STRUKTUR LIGHT RAIL
TRANSIT (LRT) VELODROME-KELAPA
GADING DENGAN MENGGUNAKAN
U-GIRDER PRATEGANG

DOSEN PEMBIMBING 1

Ir. Ibnu Puji Rahardjo, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

DOSEN PEMBIMBING 2

Ir. Chomaedhi, CES, Geo.
NIP. 19550319 198403 1 001

NAMA MAHASISWA

Izzul Fikry
NRP. 10111410000006

KETERANGAN

Mutu Beton :
fc: 50 MPa (U-Box Girder)
fc: 40 MPa (Pilar)
fc: 40 MPa (Bore Pile)
Mutu Baja Tulangan :
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN BOREDPILE

SKALA KODE GAMBAR

STR

NO. GAMBAR JUMLAH GAMBAR

37

37

Biodata Penulis



Penulis lahir pada tanggal 4 bulan Juli tahun 1996 dan merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara Penulis bernama Izzul Fikry merupakan lulusan dari SD Negeri 1 Cangkir, SMP Negeri 1 Driyorejo, dan SMA Negeri 1 Krian. Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di jurusan DIV Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000006. Selama masa perkuliahan penulis pernah mengikuti LKMM Pra-TD. Penulis pernah aktif dalam Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan sebagai staff departemen Media dan Informasi. Penulis juga aktif dalam kegiatan-kegiatan yang ada dalam jurusan, fakultas, maupun institut. Penulis mendapatkan kesempatan mengikuti kerja praktik di Proyek Pembangunan *Light Rail Transit (LRT)* Velodrome – Kelapa Gading, Jakarta . Penulis dapat dihubungi melalui.

e-mail: izzulsmatika@gmail.com.