



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599

**MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN LRT  
CIKUNIR BENTANG 105 METER MENGGUNAKAN  
*U-BOX GIRDER PRESTRESSED CONCRETE  
SEGMENTAL BALANCED CANTILEVER***

AISYAH

NRP. 10111410000035

Dosen Pembimbing I

Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.

NIP. 19600105 198603 1 003

Dosen Pembimbing II

Ir. CHOMAEDHI, CES. Geo.

NIP. 19550319 198403 1 001

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



**TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 146599**

**MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN LRT  
CIKUNIR BENTANG 105 METER MENGGUNAKAN  
*U-BOX GIRDER PRESTRESSED CONCRETE  
SEGMENTAL BALANCED CANTILEVER***

**AISYAH**

**NRP. 10111410000035**

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.**

**NIP. 19600105 198603 1 003**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. CHOMAEDHI, CES. Geo.**

**NIP. 19550319 198403 1 001**

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



**FINAL PROJECT APPLIED - RC 146599**

**MODIFICATION PLANNING OF LRT CIKUNIR  
BRIDGE SPAN OF 105 METERS USING U-BOX  
GIRDER PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
BALANCED CANTILEVER**

**AISYAH**

**NRP. 10111410000035**

**Supervisor I**

**Ir. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.**

**NIP. 19600105 198603 1 003**

**Supervisor II**

**Ir. CHOMAEDHI, CES. Geo.**

**NIP. 19550319 198403 1 001**

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

**MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN LRT  
CIKUNIR BENTANG 105 METER MENGGUNAKAN  
U-BOX GIRDER PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
BALANCED CANTILEVER**

**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, Juli 2018

Disusun oleh:



**AISYAH**

**NRP. 10111410000035**

Disetujui oleh :

02 AUG 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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

**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 : 18/07/2018

Judul Tugas Akhir Terapan	Modifikasi Perencanaan Jembatan Cikunir Bentang 105 Meter Menggunakan U Box Girder Prestressed Concrete Segmental Balance Cantilever		
Nama Mahasiswa	Aisyah	NRP	1101410000035
Dosen Pembimbing 1	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19550319 198403 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Ir. Chomaedhi, CES,Geo. NIP 19740203 200212 1 002	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
<ul style="list-style-type: none"><li>Kontrol/kondisi kritis pada tahapan pelaksanaan (balanced cantilever) dan pada saat moneris disampaikan di laporan.</li><li>Gambar bursting steel berikut perhitungannya.</li></ul>	 R. Buyung Anugraha A, ST. MT. NIP 19740203 200212 1 002
Contoh Rafter Iri Dsb IV, uraian permenakan tendon Proses perhitungan segmen tali jembatan	 Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001
<ul style="list-style-type: none"><li>Kaitan tahap pelaksanaan dan kontrol</li><li>Ke simpulan lebih informatif → kaitan dgn kondisi kritis struktur, sumber rule UIR</li></ul>	 Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng PhD NIP 19620328 198803 1 001
	NIP -

**PERSETUJUAN HASIL REVISI**

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
R. Buyung Anugraha A, ST. MT. NIP 19740203 200212 1 002	Ir. Sungkono, CES NIP 19591130 198601 1 001	Ir. Agung Budipriyanto, M.Eng PhD NIP 19620328 198803 1 001	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19550319 198403 1 001	Ir. Chomaedhi, CES,Geo. NIP 19740203 200212 1 002



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. 031-5928025  
<http://www.diploinaipi-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. AISYAH 2  
NRP : 1. 1011416000035 2  
Judul Tugas Akhir : " Modifikasi Perencanaan Jembatan LFT Cilikurit Bertang 10x Meter Menggunakan Ur-Bak Seder Prestressed Concrete Segmental Balanced Cantilever."  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Wou Budi Santoro, M.T.  
2. Ir. Chomanghi, CES -Geo.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	23 - 03 - 2018	- Buat jenis beton batch pakai 250 Kg / m <sup>3</sup> - Hitung momen per segmen (tabel pemancangan Kap segmen ) - Kontrol tegangan yang terjadi pada tahap cantilever		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	27 - 03 - 2018	- Lihat DTM / UST untuk spesifikasi pondasi + angruk. - Atur lagi layout tendon - Penempatan tendon utama pada barrier samping.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	28 - 03 - 2018	- Stresing internal - Cek apakah pemampang (u-bak gster) memenuhi dengan menghitung panjang awal ( T = C )		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	17 - 04 - 2018	- Besaran dimensi barrier tengah - Buat SAP dengan elemen solid untuk cek tegangan, dan elemen shell untuk cek momen.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	23 - 04 - 2018	- Penempatan tendon per segmen min 2 tendon, max 4 tendon. - Penempatan tendon sesuai di profile		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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

Chae



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

FAKULTAS VOKASI  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116  
 Telp. 031-5947937 Fax. 031-5938025  
<http://www.dipomasi ITS.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. AISYAH 2  
 NRP : 1. 1011141000035 2  
 Judul Tugas Akhir : \* Modifikasi Perencanaan Jembatan LFT Cibunir Bentang 100 Meter Menggunakan U-Box Girder Prestressed Concrete Segmental Balanced Cantilever  
 Dosen Pembimbing : 1. Ir. Yuyu Rudi Fokardo, MSc.  
 2. Ir. Chernoedel, CES, Geo.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
6.	03 - 05 - 2018	- SAP dengan elemen solid digunakan untuk kontrol momen tumpuan tahap konstruksi & bentang menerus		B C K
		- Permodelan tendon pada elemen shell.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- Modelkan bentang menerus.		
7.	08 - 05 - 2018	- Atur tendon lagi, lendutan akibat SAP (ranklever) tidak boleh negatif	B C K	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- R untuk pondasi, bangunan atas dan bawah sesuai SNI sampai jembatan 2016.	B C K	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8.	05 - 06 - 2018	- Kontrol lendutan bentang menerus akibat beban service.		
		- Beban service + ulirmax	B C K	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- Atur tendon bawah	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		- Cek ulang beban tumpuan pada SAP.		
9.	15 - 06 - 2018	- Besan perletakan		
		- Permodelan bangunan bawah	B C K	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Ket.  
 B = Lebih cepat dan jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Tertinggal dan jadwal

*Cue*



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. 031-5938025

<http://www.diploimasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1. AISYAH 2  
**NRP** : 1. 10111410000035 2  
**Judul Tugas Akhir** : \* Modifikasi Perencanaan Jembatan LRT Cikunir Panjang 100 Meter  
 Menggunakan U-Box Girder Prestressed Concrete Segmental Balanced  
 Contikover.  
**Dosen Pembimbing** : 1. Ir. Ibnu Puji Panahya, MS.  
 2. Ir. Chandrajithi, CBS, Geo.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
10.	13 - 07 - 2018	- Cek ulang perhitungan (bearing) - Cek pondasi (Amal). - Hitung kebutuhan tulangan bangunan bawah. - Gambar cross section u-box girder. - gambar tulangan u-box girder.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	16 - 07 - 2018	- Gambar bangunan bawah - Gambar tendon - Metode pelaksanaan pile cap pakai metode mass concrete post / pre cooling. - Bussing steel		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"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

*Chae*



**MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN LRT  
CIKUNIR BENTANG 105 METER MENGGUNAKAN U-  
BOX GIRDER PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
BALANCED CANTILEVER**

Nama Mahasiswa : Aisyah  
NRP : 10111410000035  
Jurusan : Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi - ITS  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.  
2. Ir. Chomaedhi, CES, Geo.

**Abstrak**

*Proyek Jembatan LRT Cikunir merupakan bagian dari proyek pembangunan LRT Jabodebek yang melintasi simpang susun jalan tol Jakarta – Cikampek. Dalam perencanaan eksisting Jembatan LRT Cikunir, struktur yang digunakan adalah u-box girder prestressed concrete segmental dengan bentang utama 95 meter, sehingga dalam perencanaan tersebut posisi pilar jembatan akan berada pada ramp jalan tol. Pemasangan pilar jembatan apabila pada posisi tersebut akan menimbulkan resiko yang besar terhadap ramp jalan tol tersebut sehingga dibutuhkan solusi agar resiko tersebut bisa dihindari.*

*Struktur u-box girder dibuat segmental cast in situ. Metode konstruksi yang digunakan adalah balanced cantilever dengan menggunakan formwork traveler. Berdasarkan data perencanaan, dilakukan preliminary design dengan menentukan dimensi-dimensi utama jembatan. Analisa beban yang terjadi terdiri dari analisa berat sendiri, analisa beban mati tambahan, dan beban hidup kendaraan. Kemudian dilakukan perhitungan analisa gaya dalam akibat sistem balanced cantilever dan sistem statis tak tentu. Selanjutnya dilakukan perhitungan penulangan u-box, kontrol lendutan, perhitungan geser, perhitungan kekuatan dan stabilitas*

*yang meliputi kontrol momen retak, kontrol momen batas dan kontrol lendutan. Perhitungan struktur mengacu pada peraturan yang berlaku terhadap bidang perencanaan ini. Hasil akhir dari tugas akhir ini adalah bentuk dan dimensi penampang u-box girder, pier, dan pondasi yang sesuai beserta detail penulangannya. Serta menentukan letak tendon pada penampang yang dituangkan dalam bentuk tabel dan gambar.*

*Kata Kunci : LRT, prestressed concrete, segmental, tendon, balanced cantilever, cast in situ, formwork traveler.*

# **MODIFICATION PLANNING OF LRT CIKUNIR BRIDGE SPAN OF 105 METERS USING U-BOX GIRDER PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL BALANCED CANTILEVER**

Name of Student : Aisyah  
Student Number : 10111410000035  
Departement : Department of Civil Infrastructure  
Engineering  
Faculty of Vocational - ITS  
Supervisors : 1. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.  
2. Ir. Chomaedhi, CES, Geo.

## **Abstract**

*The Cikunir LRT Bridge Project is part of the Jabodebek LRT construction that crosses the Jakarta - Cikampek toll road intersection. In the Cikunir LRT Bridge design, the structure which can be used is a prestressed segmental concrete u-box girder with a main span of 95 meters, in which case the pillar will be on the highway position. The installation of pillars on such status will pose a great risk to the toll roads required to achieve those objectives.*

*The structure of the u-box girder is segmentally cast in situ. The construction method is a balanced support using the traveler's form. Based on planning data, initial design would be done by determining the main dimensions of the bridge. The load analysis consists of load analysis, additional dead cost analysis, and vehicle live load. Then, it could be performed in a style analysis in the dimensions of the cantilever system and indeterminate static system. After that, we could create calculation of u-box repeatability, deflection control, shear calculation, strength and control calculation between control moments, boundary moment control, and deflection control. The determining*

*structure of the policy applicable to this field. In this final project, it is made with modifications to the dimensions that make it possible to carry the bridge load with the main span of 105 meters so that the installation of pillars is not at risk of damage to the undertaken highway. The results of the structure design is the dimension of u-box, the placement of the tendon, the reinforcement and the detail of the structure as outlined in the form of tables and drawings.*

*Keywords : LRT, prestressed concrete, segmental, tendon, balanced cantilever, cast in situ, formwork traveler.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, serta anugerahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir terapan dengan judul “Modifikasi Perencanaan Jembatan LRT Cikunir Bentang 105 Meter Menggunakan *U-Box Girder Prestressed Concrete Segmental Balanced Cantilever*” sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan pada program Diploma IV, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Laporan proyek akhir terapan ini dapat selesai berkat peran dari banyak pihak yang membantu langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, jajaran dosen pengajar, dan keluarga, serta pihak-pihak lain yang tiada sempat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penyusunan dan penulisan laporan tugas akhir ini tak lepas dari kesalahan. Oleh karena itu diharapkan atas kritik dan saran yang membangun guna penulisan yang lebih baik kedepannya

Akhir kata, besar harapan penulis agar laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Abstract .....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penulisan.....	3
1.5 Manfaat .....	3
1.6 Eksisting dan Rencana .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Light Rail Transit (LRT).....	7
2.2 Elemen Struktur Jembatan LRT .....	7
2.2.1 Bangunan Atas .....	7
2.2.2 <i>Lead Rubber Bearing (LRB)</i> .....	8
2.2.3 Bangunan Bawah.....	9
2.3 Tegangan Ijin Bahan .....	12
2.4 Pembebanan Struktur Jembatan .....	13
2.4.1 Beban Mati .....	13
2.4.2 Beban Mati Tambahan.....	13

2.4.3	Beban Hidup Kereta .....	13
2.4.4	Beban Kejut/ <i>Impact</i> (I) .....	16
2.4.5	<i>Hunting Force</i> (HF).....	17
2.4.6	<i>Longitudinal Force</i> (LF).....	17
2.4.7	Beban Angin.....	17
2.4.8	Beban Temperatur .....	18
2.4.9	Beban Gempa .....	18
2.5	Beton Prategang .....	24
2.6	Kehilangan Gaya Prategang .....	24
2.6.1	Tahap Pertama .....	25
2.6.2	Tahap Kedua.....	27
2.7	Daya Dukung Tiang .....	30
2.7.1	Perhitungan Pondasi .....	31
2.8	Metode <i>Balanced Cantilever</i> .....	34
2.8.1	Pelaksanaan Pemasangan <i>U-Box Girder</i> .....	35
BAB III METODOLOGI .....		37
3.1.	Metode Desain .....	37
3.2.	Uraian Metode.....	37
3.2.1	Pengumpulan Data.....	37
3.2.2	<i>Preliminay Design</i> .....	38
3.2.3	Analisa Pembebanan.....	38
3.2.4	Analisa Gaya Dalam dan Perhitungan Struktur .....	40
3.2.5	Kontrol Kekuatan dan Stabilitas Struktur .....	42
3.2.6	Penggambaran Hasil Desain .....	42



3.3. Diagram Alir Desain .....	43
<b>BAB IV STRUKTUR UTAMA .....</b>	<b>45</b>
4.1. Data Perencanaan .....	45
4.2. Tegangan Ijin Bahan .....	46
4.2.1 Tegangan Ijin Beton Prategang pada Saat Transfer ..	46
4.2.2 Tegangan Ijin Beton Prategang pada Saat Layan.....	46
4.2.3 Modulus Elastisitas ( $E_c$ ) .....	47
4.3. <i>Preliminary Design</i> .....	47
4.3.1 Tinggi <i>U-Box Girder</i> .....	47
4.3.2 Tebal <i>Slab</i> .....	47
4.3.3 Perhitungan Penampang U-Box Girder .....	48
4.4. Analisa Pembebanan Tahap Kantilever .....	49
4.4.1 Berat Sendiri Segmen .....	49
4.4.2 Berat <i>Formwork Traveler</i> .....	51
4.5. Perencanaan Tendon Kantilever.....	51
4.5.1 Perhitungan Gaya Dalam .....	52
4.5.2 Perencanaan Tendon.....	53
4.5.3 Kehilangan Gaya Prategang Tahap Kantiliver .....	55
4.5.4 Kontrol Tegangan Tahap Kantilever .....	60
4.5.5 Kontrol Lendutan .....	98
4.5.6 Kontrol Momen Retak dan Momen Batas Tahap Kantilever .....	99
4.6. Analisa Pembebanan Tahap Menerus.....	115
4.6.1 Beban Mati .....	115

4.6.2	Beban Mati Tambahan.....	115
4.6.3	Beban Hidup Kereta .....	115
4.6.4	Beban Kejut ( <i>Impact</i> ) .....	116
4.6.5	<i>Hunting Force</i> .....	116
4.6.6	<i>Longitudinal Force</i> .....	116
4.6.7	Beban Angin pada Struktur.....	116
4.6.8	Beban Angin pada Kereta .....	117
4.6.9	Beban Temperatur .....	119
4.6.10	Beban Gempa .....	119
4.7.	Perencanaan Tendon Bentang Menerus.....	125
4.7.1	Hasil Analisa SAP2000 Bentang Menerus .....	129
4.7.2	Kehilangan Prategang Tahap <i>Service</i> .....	130
4.7.3	Kontrol Momen Retak dan Momen Batas .....	133
4.7.4	Kontrol Lendutan.....	135
4.8	Penulangan Lentur .....	136
4.8.1	Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan.....	136
4.9	Penulangan Blok Ujung ( <i>Endblock</i> ).....	137
BAB V STRUKTUR BANGUNAN BAWAH .....		143
5.1.	Data Umum Perencanaan Bangunan Bawah .....	143
5.2.	Perencanaan P1 dan P4 .....	143
5.2.1	Penulangan <i>Pierhead</i> P1 dan P4.....	144
5.2.2	Penulangan <i>Pilar</i> P1 dan P4 .....	145
5.2.3	Analisa Pondasi P1 .....	147
5.2.4	Analisa Pondasi P4 .....	148

5.2.5	Analisa Daya Dukung Pondasi P1 .....	148
5.2.6	Analisa Daya Dukung Pondasi P4 .....	156
5.2.7	Penulangan <i>Pilecap</i> P1 dan P4 .....	163
5.2.8	Penulangan Borepile pada P1 dan P4 .....	166
5.3.	Perencanaan P2 dan P3 .....	167
5.3.1	Penulangan <i>Pierhead</i> P2 dan P3 .....	168
5.3.2	Penulangan <i>Pilar</i> P2 dan P3 .....	169
5.3.3	Analisa Pondasi P2 .....	169
5.3.4	Analisa Pondasi P3 .....	170
5.3.5	Analisa Daya Dukung Pondasi P2 .....	171
5.3.6	Analisa Daya Dukung Pondasi P3 .....	179
5.3.7	Penulangan <i>Pilecap</i> P2 dan P3 .....	186
5.3.8	Penulangan Borepile pada P2 dan P3 .....	187
BAB VI METODE PELAKSANAAN .....		189
6.1	Umum .....	189
6.2	Pekerjaan Persiapan .....	189
6.2.1	Pembuatan Jalan Kerja .....	189
6.2.2	Pembuatan Lokasi Gudang Material dan Peralatan .....	190
6.2.3	Pembuatan Direksi Kit .....	190
6.3	Pekerjaan Bangunan Pondasi .....	190
6.3.1	Pekerjaan Persiapan .....	190
6.3.2	Pekerjaan <i>Borepile</i> .....	191
6.4	Pekerjaan Pile Cap .....	191
6.4.1	Pekerjaan Penggalian dan Pembersihan .....	191

6.4.2 Pekerjaan Bekisting .....	192
6.4.3 Pemasangan Pembesian .....	192
6.4.4 Pekerjaan Pengecoran .....	192
6.5 Pekerjaan Pilar .....	193
6.5.1 Pekerjaan Pembesian .....	193
6.5.2 Pemasangan Bekisting .....	193
6.5.3 Pekerjaan Pengecoran .....	194
6.5.4 Pelepasan Bekisting .....	194
6.6 Pekerjaan Kepala Pilar .....	194
6.7 Pekerjaan Pemasangan U-Box Girder .....	194
BAB VII KESIMPULAN.....	201
DAFTAR PUSTAKA.....	203
LAMPIRAN.....	205

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Jembatan LRT Cikunir .....	4
Gambar 1. 2 <i>Typical cross section</i> eksisting .....	5
Gambar 1. 3 <i>Typical cross section</i> rencana .....	5
Gambar 1. 4 <i>Longitudinal section</i> eksisting .....	6
Gambar 1. 5 <i>Longitudinal section</i> rencana .....	6
Gambar 2. 1 Perbedaan <i>Box</i> dan <i>U-Box Girder</i> .....	8
Gambar 2. 2 Komponen LRB .....	9
Gambar 2. 3 <i>Bore pile</i> .....	11
Gambar 2. 4 Spesifikasi Kereta .....	14
Gambar 2. 5 Skema pembebanan kereta LRT .....	16
Gambar 2. 6 Ilustrasi LRT 6 kereta (1 trainset) .....	16
Gambar 2. 7 Spektrum rencana gempa (2016) .....	22
Gambar 2. 8 Diagram intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi ujung tiang .....	32
Gambar 2. 9 Metode <i>balanced cantilever</i> (Liono,2009) .....	35
Gambar 2. 10 <i>Free Cantilever Method</i> .....	35
Gambar 2. 11 Pemasangan segmen dengan perancah .....	36
Gambar 2. 12 Semua segmen telah terpasang .....	36
Gambar 3. 1 <i>Bridge plan</i> .....	38
Gambar 3. 2 Permodelan 3D struktur kantilever dengan SAP2000 .....	41
Gambar 4. 1 Desain rencana potongan melintang u-box girder pada tumpuan .....	48
Gambar 4. 2 Penomoran segmen kantilever .....	48
Gambar 4. 3 Segmen 2 terpasang .....	51
Gambar 4. 4 <i>OVM Strand and tendon properties</i> .....	54
Gambar 4. 5 Letak tendon kantilever .....	54
Gambar 4. 6 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 0 dan 1 terpasang (satuan N,mm,C) .....	62

Gambar 4. 7 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 0 dan 1 terpasang (satuan N,mm,C).....	63
Gambar 4. 8 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 0 dan 1 terpasang (satuan N,mm,C).....	63
Gambar 4. 9 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 2 terpasang (satuan N,mm,C) .....	64
Gambar 4. 10 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 2 terpasang (satuan N,mm,C) .....	65
Gambar 4. 11 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 2 terpasang (satuan N,mm,C) .....	65
Gambar 4. 12 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 3 terpasang (satuan N,mm,C) .....	66
Gambar 4. 13 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 3 terpasang (satuan N,mm,C) .....	67
Gambar 4. 14 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 3 terpasang (satuan N,mm,C) .....	67
Gambar 4. 15 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 4 terpasang (satuan N,mm,C) .....	68
Gambar 4. 16 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 4 terpasang (satuan N,mm,C) .....	69
Gambar 4. 17 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 4 terpasang (satuan N,mm,C) .....	69
Gambar 4. 18 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 5 terpasang (satuan N,mm,C) .....	70
Gambar 4. 19 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 5 terpasang (satuan N,mm,C) .....	71
Gambar 4. 20 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 5 terpasang (satuan N,mm,C) .....	71
Gambar 4. 21 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 6 terpasang (satuan N,mm,C) .....	72

Gambar 4. 22 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 6 terpasang (satuan N,mm,C) .....	73
Gambar 4. 23 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 6 terpasang (satuan N,mm,C) .....	73
Gambar 4. 24 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 7 terpasang (satuan N,mm,C) .....	74
Gambar 4. 25 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 7 terpasang (satuan N,mm,C) .....	75
Gambar 4. 26 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 7 terpasang (satuan N,mm,C) .....	75
Gambar 4. 27 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 8 terpasang (satuan N,mm,C) .....	76
Gambar 4. 28 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 8 terpasang (satuan N,mm,C) .....	77
Gambar 4. 29 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 8 terpasang (satuan N,mm,C) .....	77
Gambar 4. 30 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 9 terpasang (satuan N,mm,C) .....	78
Gambar 4. 31 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 9 terpasang (satuan N,mm,C) .....	79
Gambar 4. 32 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 9 terpasang (satuan N,mm,C) .....	79
Gambar 4. 33 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 10 terpasang (satuan N,mm,C) .....	80
Gambar 4. 34 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 10 terpasang (satuan N,mm,C) .....	81
Gambar 4. 35 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 10 terpasang (satuan N,mm,C) .....	81
Gambar 4. 36 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 11 terpasang (satuan N,mm,C) .....	82

Gambar 4. 37 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 11 terpasang (satuan N,mm,C) .....	83
Gambar 4. 38 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 11 terpasang (satuan N,mm,C) .....	83
Gambar 4. 39 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 12 terpasang (satuan N,mm,C) .....	84
Gambar 4. 40 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 12 terpasang (satuan N,mm,C) .....	85
Gambar 4. 41 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 12 terpasang (satuan N,mm,C) .....	85
Gambar 4. 42 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 13 terpasang (satuan N,mm,C) .....	86
Gambar 4. 43 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 13 terpasang (satuan N,mm,C) .....	87
Gambar 4. 44 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 13 terpasang (satuan N,mm,C) .....	87
Gambar 4. 45 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 14 terpasang (satuan N,mm,C) .....	88
Gambar 4. 46 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 14 terpasang (satuan N,mm,C) .....	89
Gambar 4. 47 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 14 terpasang (satuan N,mm,C) .....	89
Gambar 4. 48 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 15 terpasang (satuan N,mm,C) .....	90
Gambar 4. 49 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 15 terpasang (satuan N,mm,C) .....	91
Gambar 4. 50 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 15 terpasang (satuan N,mm,C) .....	91
Gambar 4. 51 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 16 terpasang (satuan N,mm,C) .....	93



Gambar 4. 52 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 16 terpasang (satuan N,mm,C) .....	93
Gambar 4. 53 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 16 terpasang (satuan N,mm,C) .....	93
Gambar 4. 54 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 17 terpasang (satuan N,mm,C) .....	95
Gambar 4. 55 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 17 terpasang (satuan N,mm,C) .....	95
Gambar 4. 56 Diagram tegangan top bottom face pada slab barrier tengah segmen 17 terpasang (satuan N,mm,C).....	95
Gambar 4. 57 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 18 terpasang (satuan N,mm,C) .....	97
Gambar 4. 58 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 18 terpasang (satuan N,mm,C) .....	97
Gambar 4. 59 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 18 terpasang (satuan N,mm,C) .....	97
Gambar 4. 60 Lendutan <i>balanced centilever</i> .....	98
Gambar 4. 61 Permodelan beban mati tambahan pada SAP2000 .....	115
Gambar 4. 62 Permodelan beban hidup kereta pada SAP2000.	116
Gambar 4. 63 Skema beban angin pada struktur .....	117
Gambar 4. 64 Permodelan beban angin struktur pada SAP2000 (satuan kNm).....	117
Gambar 4. 65 Skema beban angin pada kereta .....	118
Gambar 4. 66 Permodelan beban angin kendaraan pada SAP2000 .....	118
Gambar 4. 67 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	121
Gambar 4. 68 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	122

Gambar 4. 69 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	122
Gambar 4. 70 Respons spektrum desain .....	124
Gambar 4. 71 Permodelan respons spektrum pada SAP2000 ...	125
Gambar 4. 72 Layout tendon menerus .....	128
Gambar 4. 73 Diagram output SAP $f_{top}$ bentang menerus .....	129
Gambar 4. 74 Diagram Ooutput SAP $f_{bottom}$ bentang menerus ..	129
Gambar 4. 75 Lendutan tahap <i>service</i> .....	135
Gambar 4. 76 Transmisi gaya pada <i>endblock</i> .....	138
Gambar 4. 77 Diagram tegangan tarik pada <i>endblock</i> .....	138
Gambar 5. 1 Penempatan pilar rencana .....	143
Gambar 5. 2 Tampak memanjang <i>pier head</i> P1 dan P4.....	143
Gambar 5. 3 Tampak melintang <i>pier head</i> P1 dan P4 .....	144
Gambar 5. 4 Tampak melintang dan memanjang pilar P1 dan P4 .....	144
Gambar 5. 5 Kebutuhan rebar pada pilar (output SAP2000) ....	146
Gambar 5. 6 Diagram Ast 1 kebutuhan tulangan pilecap P1 dan P4 .....	163
Gambar 5. 7 Diagram Ast 2 kebutuhan tulangan pilecap P1 dan P4 .....	164
Gambar 5. 8 Kebutuhan tulangan borepile P1 dan P4 (output SAP2000).....	166
Gambar 5. 9 Dimensi penampang Pilar P2 dan P3 (kiri badan pilar) dan (kanan <i>pier head</i> ).....	167
Gambar 5. 10 Tampak melintang dan memanjang pilar P2 dan P3 .....	168
Gambar 5. 11 Kebutuhan tulangan borepile P2 dan P3 (output SAP2000).....	188
Gambar 6. 1 Pemotongan kepala bor pile.....	192
Gambar 6. 2 Segmen <i>hammer head</i> dan segmen 1 terpasang ...	195
Gambar 6. 3 Segmen 2 terpasang .....	195

Gambar 6. 4 Segmen 3 terpasang .....	196
Gambar 6. 5 Segmen 4 terpasang .....	196
Gambar 6. 6 Segmen 5 terpasang .....	196
Gambar 6. 7 Segmen 6 terpasang .....	196
Gambar 6. 8 Segmen 7 terpasang .....	197
Gambar 6. 9 Segmen 8 terpasang .....	197
Gambar 6. 10 Segmen 9 terpasang .....	197
Gambar 6. 11 Segmen 10 terpasang .....	197
Gambar 6. 12 Segmen 11 terpasang .....	198
Gambar 6. 13 Segmen 12 terpasang .....	198
Gambar 6. 14 Segmen 13 terpasang .....	198
Gambar 6. 15 Segmen 14 terpasang .....	199
Gambar 6. 16 Segmen 15 terpasang .....	199
Gambar 6. 17 Segmen 16 terpasang .....	199
Gambar 6. 18 Segmen 17 terpasang .....	200
Gambar 6. 19 Segmen 18 terpasang .....	200

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi pembebanan.....	14
Tabel 2. 2 Beban penumpang .....	15
Tabel 2. 3 Beban kereta dan penumpang .....	15
Tabel 2. 4 Nilai <i>hunting force</i> berdasarkan ACI 358.1R-92 .....	17
Tabel 2. 5 Nilai <i>longitudinal force</i> berdasarkan ACI 358.1R-92	17
Tabel 2. 6 Spesifikasi kelas situs .....	19
Tabel 2. 7 Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ )	20
Tabel 2. 8 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ ) .....	21
Tabel 2. 9 Faktor modifikasi respon (R).....	23
Tabel 2. 10 Koefisien-koefisien gesekan untuk tendon pasca tarik .....	26
Tabel 2. 11 Nilai KSH untuk komponen pasca tarik .....	28
Tabel 2. 12 Nilai-nilai Kre dan J .....	29
Tabel 2. 13 Nilai C .....	29
Tabel 2. 14 Intensitas gaya geser dinding tiang .....	31
Tabel 2. 15 Faktor Keamanan .....	33
Tabel 3. 1 Kombinasi pembebanan kondisi <i>ultimate</i> .....	40
Tabel 4. 1 Rekap perhitungan penampang.....	49
Tabel 4. 2 Perhitungan beban akibat berat sendiri seluruh segmen kantilever.....	50
Tabel 4. 3 Desain tendon tiap segmen pada tahap kantilever .....	55
Tabel 4. 4 <i>Preliminary design</i> segmen 0 dan 1 .....	62
Tabel 4. 5 <i>Preliminary design</i> segmen 2 .....	64
Tabel 4. 6 <i>Preliminary design</i> segmen 3 .....	66
Tabel 4. 7 <i>Preliminary design</i> segmen 4 .....	68
Tabel 4. 8 <i>Preliminary design</i> segmen 5 .....	70
Tabel 4. 9 <i>Preliminary design</i> segmen 6 .....	72
Tabel 4. 10 <i>Preliminary design</i> segmen 7 .....	74

Tabel 4. 11 <i>Preliminary design</i> segmen 8 .....	76
Tabel 4. 12 <i>Preliminary design</i> segmen 9 .....	78
Tabel 4. 13 <i>Preliminary design</i> segmen 10 .....	80
Tabel 4. 14 <i>Preliminary design</i> segmen 11 .....	82
Tabel 4. 15 <i>Preliminary design</i> segmen 12 .....	84
Tabel 4. 16 <i>Preliminary design</i> segmen 13 .....	86
Tabel 4. 17 <i>Preliminary design</i> segmen 14 .....	88
Tabel 4. 18 <i>Preliminary design</i> segmen 15 .....	90
Tabel 4. 19 <i>Preliminary design</i> segmen 16 .....	92
Tabel 4. 20 <i>Preliminary design</i> segmen 17 .....	94
Tabel 4. 21 <i>Preliminary design</i> segmen 18 .....	96
Tabel 4. 22 Kontrol Mu dan M <sub>cr</sub> pada saat pelaksanaan ( <i>balanced cantilever</i> ) .....	103
Tabel 4. 23 Perhitungan N SPT rata-rata P-1 .....	120
Tabel 4. 24 Hasil klasifikasi kelas situs tanah .....	121
Tabel 4. 25 Rekap perhitugan tendon bawah.....	127
Tabel 4. 26 Rekap penulangan u-box girder.....	136
Tabel 4. 27 Penggolongan ankur dalam desain.....	139
Tabel 5. 1 Penulangan pier head P1 dan P4.....	145
Tabel 5. 2 Perhitungan tulangan pilar P1 dan P4.....	146
Tabel 5. 3 Input spring P1 pada SAP2000.....	147
Tabel 5. 4 Input spring P4 pada SAP2000.....	148
Tabel 5. 5 Intensitas gaya eser dinding tiang .....	150
Tabel 5. 6 Tabel perkiraan q <sub>d</sub> untuk tiang di cor ditempat .....	150
Tabel 5. 7 Hasil perhitungan gaya geser dinding tiang P1 .....	151
Tabel 5. 8 Perhitungan daya dukung <i>ultimate</i> P1 .....	152
Tabel 5. 9 Perhitungan daya dukung ijin tiang P1 .....	153
Tabel 5. 10 Reaksi yang terjadi pada borepile P1 .....	156
Tabel 5. 11 Hasil perhitungan gaya geser dinding tiang P4 .....	158
Tabel 5. 12 Perhitungan daya dukung <i>ultimate</i> P4 .....	159
Tabel 5. 13 Perhitungan daya dukung ijin tiang P4 .....	160

Tabel 5. 14 Reaksi yang terjadi pada borepile P4 .....	163
Tabel 5. 15 Perhitungan penulangan pilecap P1 dan P4 .....	164
Tabel 5. 16 Hasil perhitungan penulangan .....	167
Tabel 5. 17 Penulangan pier head P2 dan P3 .....	168
Tabel 5. 18 Perhitungan tulangan pilar P2 dan P3 .....	169
Tabel 5. 19 Input spring P2 pada SAP2000 .....	170
Tabel 5. 20 Input spring P3 pada SAP2000 .....	171
Tabel 5. 21 Hasil perhitungan gaya geser dinding tiang P2 .....	174
Tabel 5. 22 Perhitungan daya dukung <i>ultimate</i> P2 .....	175
Tabel 5. 23 Perhitungan daya dukung ijin tiang P2 .....	176
Tabel 5. 24 Reaksi yang terjadi pada borepile P2 .....	178
Tabel 5. 25 Hasil perhitungan gaya geser dinding tiang P3 .....	181
Tabel 5. 26 Perhitungan daya dukung <i>ultimate</i> P3 .....	182
Tabel 5. 27 Perhitungan daya dukung ijin tiang P3 .....	183
Tabel 5. 28 Reaksi yang terjadi pada borepile P3 .....	186
Tabel 5. 29 Perhitungan penulangan pilecap P2 dan P3 .....	186
Tabel 5. 30 Hasil perhitungan penulangan borepile P2 dan P3 .....	188

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jembatan LRT Cikunir merupakan bagian dari jalur layang kereta LRT Jabodebek rute Cawang – Bekasi Timur yang akan menghubungkan Sta. Cikunir 1 dengan Sta. Cikunir 2. Jembatan ini merupakan jalur layang LRT yang dibangun melintasi simpang susun jalan tol Jakarta – Cikampek sehingga dalam pembangunannya diperlukan metode konstruksi yang tepat agar tidak mengganggu lalu lintas di bawahnya.

Metode konstruksi yang dapat dipertimbangkan adalah *balanced cantilever cast in situ* dengan menggunakan *form traveler*. *Balanced cantilever* adalah metode pembangunan jembatan jalan layang di mana dengan memanfaatkan efek kantilever seimbang maka struktur dapat berdiri sendiri untuk mendukung berat sendirinya tanpa bantuan sokongan lain (perancah/*falsework*). Metode ini dilakukan dari atas struktur sehingga tidak diperlukan sokongan di bawahnya yang mungkin dapat mengganggu aktivitas di bawah jembatan (Liono, 2009). Sedangkan *formwork traveler*, dikenal sebagai bekisting berjalan, yakni cetakan pengecoran yang dapat difungsikan berulang kali pada pekerjaan pengecoran *box segment*. Metode ini dapat dipilih karena memungkinkan pengerjaan dilakukan tanpa harus menutup arus lalu lintas di jalan tol Jakarta – Cikampek.

Struktur Jembatan LRT Cikunir direncanakan dengan struktur melayang pada ketinggian 15 – 20 meter di atas permukaan tanah dengan panjang total sebesar 209 meter. Struktur bangunan jembatan ini direncanakan mampu menopang beban kereta mulai dari bangunan atas, pilar hingga pondasi. Struktur Jembatan LRT Cikunir menggunakan *u-box girder prestressed concrete*. Dalam perencanaan sebelumnya, struktur *u-box girder prestressed concrete* direncanakan untuk bentang 95 meter, sehingga dalam

pemasangan pilar penyangga jembatan akan mempunyai resiko yang besar terhadap kerusakan *ramp* pada jalan tol di bawahnya.

Pada tugas akhir ini, struktur jembatan direncanakan menggunakan *u-box girder prestressed concrete segmental* dengan bentang utama 105 meter, agar pemasangan pilar jembatan tidak beresiko terlalu besar terhadap kerusakan *ramp* jalan tol di bawahnya. Metode konstruksi yang akan digunakan adalah *balanced cantilever* dengan menggunakan *form traveler* sehingga tidak mengganggu lalu lintas kendaraan pada jalan tol. Tugas akhir ini disusun dengan harapan dapat memberikan sumbangan pemikiran untuk merencanakan jembatan beton prategang bentang panjang.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang ditinjau dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merencanakan dan menggambarkan struktur jembatan *u-box girder balanced cantilever* bentang 105 meter?
2. Bagaimana metode pelaksanaan dari jembatan dengan struktur *u-box girder prestressed segmental* dengan sistem *balanced cantilever* ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Mengingat keterbatasan waktu dalam penyusunan tugas akhir ini, maka batasan masalah dalam penulisan ini antara lain :

1. Metode pelaksanaan dibahas secara umum
2. Perhitungan desain *u-box girder* menggunakan beton prategang
3. Perencanaan menggunakan data sekunder
4. Perencanaan struktur meliputi struktur bangunan atas jembatan dan bawah jembatan
5. Tidak meninjau sisi arsitektural
6. Tidak memperhitungkan adanya *differential settlement*
7. Perhitungan struktur jembatan LRT tidak mencakup bangunan pelengkapanya

8. Tidak memperhitungkan analisa biaya konstruksi dan waktu pelaksanaan

#### **1.4 Tujuan Penulisan**

Tujuan penulisan tugas akhir secara umum adalah untuk memenuhi syarat kelulusan pendidikan dan khususnya untuk mengetahui lebih jauh aplikasi disiplin ilmu yang sudah didapat sebelumnya.

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan hasil perencanaan struktur jembatan u-box girder untuk bentang 105 m dan penggambaran desain
2. Mendapatkan hasil perencanaan metode pelaksanaan dari jembatan dengan struktur *u-box girder prestressed segmental* dengan sistem *balanced cantilever*

#### **1.5 Manfaat**

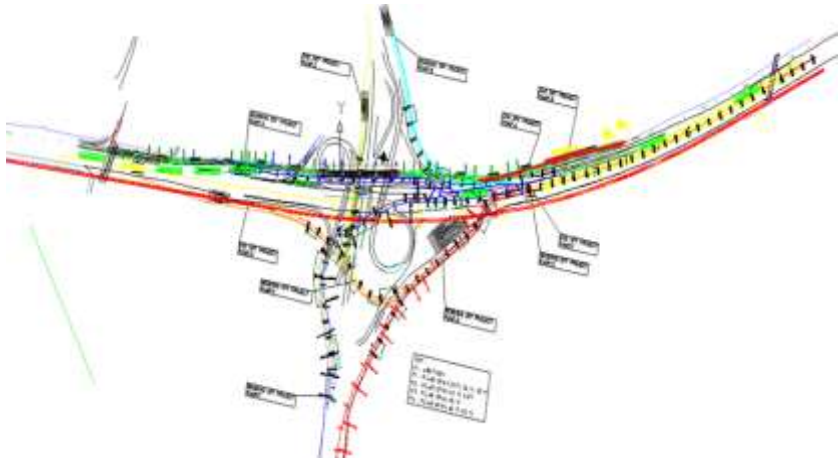
Penyusunan tugas akhir ini diharapkan memberikan manfaat antara lain :

1. Mahasiswa mampu mengaplikasikan keseluruhan ilmu yang telah dipelajari selama proses kuliah
2. Mahasiswa dapat memahami konsep dan proses desain struktur jembatan LRT sesuai dengan peraturan yang ada
3. Sebagai alternatif dalam teknik perencanaan jembatan beton prategang dengan bentang panjang.

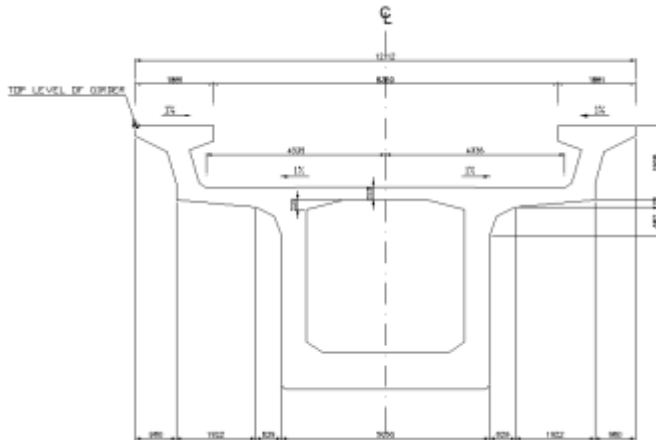
#### **1.6 Eksisting dan Rencana**

Tugas akhir ini mengambil kasus pada Jembatan *long span* LRT Cikunir dalam proyek pembangunan LRT Jabodebek. Pada perencanaan sebelumnya jembatan tersebut didesain menggunakan struktur *u-box girder prestressed concrete* dengan bentang utama 95 meter, di mana letak pilar jembatan tersebut beresiko terhadap kerusakan ramp jalan tol di bawahnya. Maka dalam tugas akhir ini, didesain jembatan dengan modifikasi dimensi u-box girder serta penambahan tendon yang diharapkan

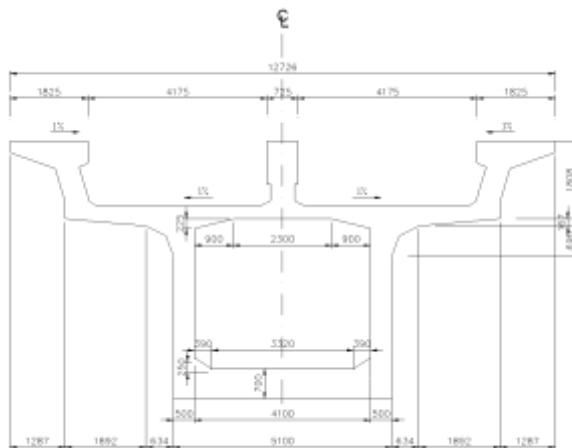
mampu memikul beban jembatan dengan bentang utama 105 meter.



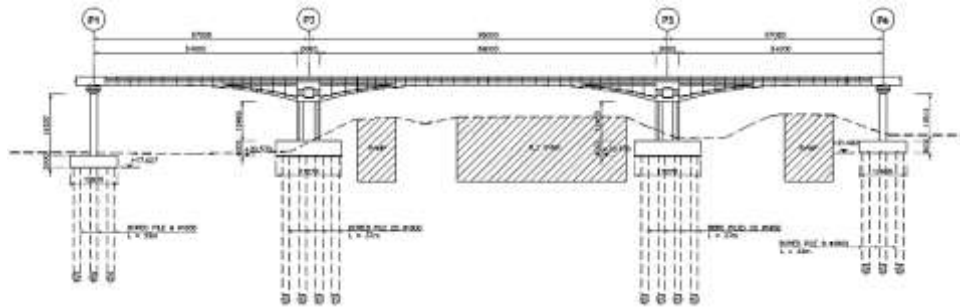
Gambar 1. 1 Peta Lokasi Jembatan LRT Cikunir



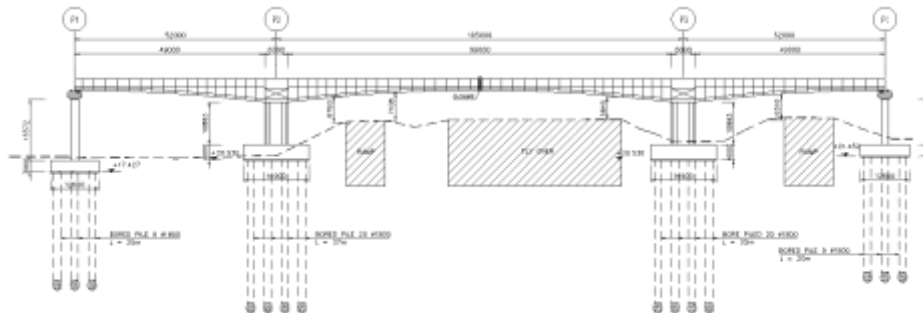
Gambar 1. 2 *Typical cross section* eksisting



Gambar 1. 3 *Typical cross section* rencana



Gambar 1. 4 *Longitudinal section* eksisting



Gambar 1. 5 *Longitudinal section* rencana

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Light Rail Transit (LRT)**

Kereta api ringan yang dikenal juga sebagai Light Rail Transit (LRT) adalah salah satu sistem kereta api penumpang yang beroperasi di kawasan perkotaan yang konstruksinya ringan dan bisa dioperasikan berjalan bersama lalu lintas kendaraan lain atau dalam lintasan yang khusus diperuntukkan bagi kereta api ringan.

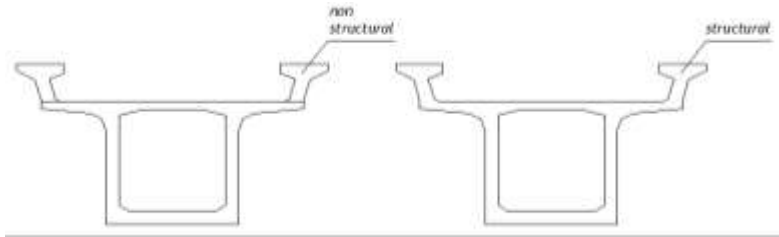
Beberapa tujuan pembangunan LRT diantaranya untuk meningkatkan cakupan layanan sistem angkutan umum masal, meningkatkan kapasitas sistem angkutan umum masal, meningkatkan kualitas sistem pelayanan dari sistem angkutan umum, memperbaiki koordinasi dalam penyediaan sistem angkutan umum, dan untuk mengintegrasikan dengan moda angkutan umum lainnya.

#### **2.2 Elemen Struktur Jembatan LRT**

##### **2.2.1 Bangunan Atas**

Bangunan atas struktur LRT berupa *U-box girder*. *U-box girder* memiliki bentuk yang sama dengan *box girder*, namun perbedaannya ada pada fungsi *barrier* atau batas pengaman samping kendaraan seperti pada gambar 2.1. Pada struktur *u-box girder*, batas pengaman samping kendaraan difungsikan sebagai bangunan struktural di mana tendon-tendon akan dipasang di bagian tersebut serta pada bagian *top slab*. Sedangkan pada struktur *box girder*, tendon-tendon pada umumnya dipasang pada *top* dan *bottom slab*, *barrier* difungsikan sebagai *non structural*.

Gelagar atau girder merupakan balok yang membentang secara memanjang maupun berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban yang bekerja dari atas struktur dan meneruskannya ke bagian struktur bawah.



Gambar 2. 1 Perbedaan *Box* dan *U-Box Girder*

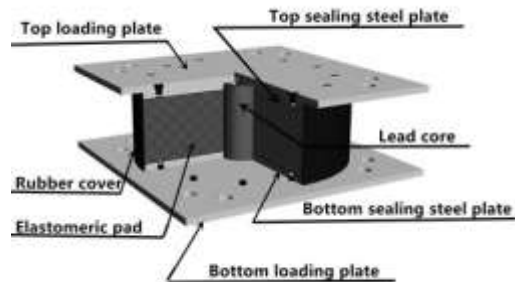
### 2.2.2 *Lead Rubber Bearing (LRB)*

Perletakkan (*bearing*) digunakan pada struktur sebagai landasan. Fungsinya adalah untuk mentransfer beban dari struktur bagian atas ke struktur bagian bawah yang dapat memberikan pergerakan pada bagian atas struktur jembatan. *Bearing* juga berfungsi untuk mengakomodasi pergerakan rotasi dan translasi longitudinal.

*Lead rubber bearing* adalah modifikasi dari bantalan elastomer berlapis dengan menambahkan inti didalamnya untuk menyerap energi seismik yang ditimbulkan dari getaran gempa. Terdiri atas pelat baja yang terikat secara kimiawi pada karet secara berlapis. Jumlah inti didalamnya dapat disesuaikan dengan desain rencana.

Bagian atas dan bawah dari pelat baja dilengkapi dengan pelat *dowel* untuk memudahkan pemasangan. Lapisan baja dan karet memberikan kekakuan, kekuatan dan fleksibilitas ke arah vertikal untuk mendukung berat struktur dan dikombinasi dengan inti di dalamnya untuk menghasilkan fleksibilitas, penyebaran energi dan redaman pada arah horizontal. LRB dapat berbentuk persegi panjang atau lingkaran.





Gambar 2. 2 Komponen LRB

### 2.2.3 Bangunan Bawah

Bangunan bawah struktur LRT berupa pondasi. 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.

Dalam perencanaan pondasi suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*), besarnya beban dan beratnya bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, keadaan tanah di mana bangunan tersebut didirikan serta berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

#### 2.2.3.1 Pilar

Pilar jembatan merupakan struktur yang memberikan dukungan vertikal untuk rentang di antara dua poin. Pilar jembatan memiliki dua fungsi utama yaitu; mentransfer beban bangunan atas vertikal ke pondasi dan menahan kekuatan horizontal yang bekerja pada jembatan. Meskipun pilar secara umum dirancang untuk menahan beban vertikal dari struktur di atasnya, pilar juga didesain untuk menahan beban lateral tinggi disebabkan oleh peristiwa seismik.

Pilar atau kolom berfungsi untuk meneruskan beban-beban dari struktur atas ke struktur bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan keruntuhan pada struktur. Apabila kolom runtuh karena kegagalan materialnya (yaitu lelehnya baja, atau hancurnya beton) kolom diklasifikasikan sebagai kolom pendek (*short column*). Apabila panjang kolom bertambah, kemungkinan kolom runtuh karena tekuk semakin besar. Kolom dapat digolongkan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, yaitu :

- a. Kolom Persegi (*rectangular*) dengan tulangan memanjang dan sengkang.
- b. Kolom Bulat (*circular*) dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral berupa sengkang dan spiral.
- c. Kolom komposit yang terdiri dari beton dan profil baja struktural didalamnya. Profil baja biasanya dilapisi secara utuh oleh baja tulangan.

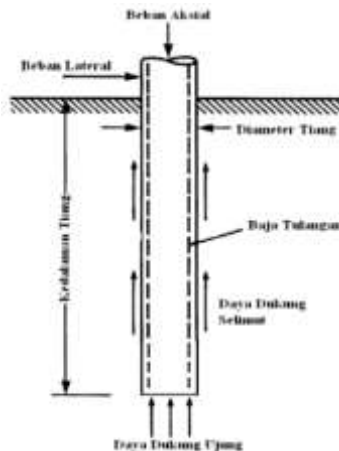
### **2.2.3.2 Pondasi *Bore Pile***

Perencanaan pondasi yang akan digunakan harus memperhitungkan jenis tanah di lokasi tersebut. Untuk mengetahui jenis tanah maka harus memiliki data tanah yang berupa data SPT maupun data properti tanah itu, untuk mengetahui letak tanah keras pada kedalaman berapa meter. Setelah mengetahui letak tanah keras maka bisa dipilih jenis pondasi yang akan digunakan, untuk letak tanah keras yang lebih dari 10 meter bisa menggunakan jenis pondasi dalam sehingga beban yang terjadi dapat disalurkan ke tanah keras.

Pondasi *bore pile* adalah suatu pondasi yang dibangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor. Tiang bor biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran. Pada tanah tiang keras atau

batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

Daya dukung *bore pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser atau selimut (*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara *bore pile* dan tanah disekelilingnya. *Bore pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang biasa digunakan dalam penentuan kapasitas daya dukung *bore pile* yaitu dengan menggunakan metode statis dan metode dinamis.



Gambar 2. 3 *Bore pile*

Berbagai jenis pondasi *bore pile* antara lain :

- Bore pile* lurus untuk tanah keras;
- Bore pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk bel;
- Bore pile* yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium;
- Bore pile* lurus untuk tanah berbatu-batuan.

### 2.3 Tegangan Ijin Bahan

- a. Tegangan ijin beton sesaat setelah penyaluran gaya prategang  
Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.2 untuk komponen beton prategang pada saat transfer, tegangan tekan dalam penampang beton tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

$$\bar{\sigma}_{\text{tekan}} = 0,6 f_{ci}' \quad \dots(2.1)$$

Di mana  $f_{ci}'$  adalah kuat tekan beton yang direncanakan pada umur saat dibebani atau dilakukan transfer gaya prategang, dinyatakan dalam satuan MPa.

$$f_{ci}' = 0,65 f_c' \quad \dots(2.2)$$

Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.4 untuk struktur jembatan tegangan tarik yang diijinkan terjadi tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

$$\bar{\sigma}_{\text{tarik}} = 0,25 \sqrt{f_{ci}'} \quad \dots(2.3)$$

Tegangan ijin beton dinyatakan dalam satuan MPa.

- b. Tegangan ijin beton sesaat setelah kehilangan gaya prategang  
Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.1 untuk komponen beton prategang pada saat layan, tegangan tekan dalam penampang beton tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

$$\bar{\sigma}_{\text{tekan}} = 0,45 f_c' \quad \dots(2.4)$$

Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.3, tegangan tarik yang diijinkan terjadi pada penampang beton prategang penuh tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

$$\bar{\sigma}_{\text{tarik}} = 0,5 \sqrt{f_c'} \quad \dots(2.5)$$

Tegangan ijin beton dinyatakan dalam satuan MPa.

c. Modulus Elastisitas (E)

Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.5 untuk beton normal dengan massa jenis sekitar  $2500 \text{ kg/m}^3$ ,  $E_c$  boleh diambil sebesar :

$$4700\sqrt{f_c'} \quad \dots(2.6)$$

Modulus elastisitas dinyatakan dalam MPa.

## 2.4 Pembebanan Struktur Jembatan

Beban-beban yang bekerja pada suatu struktur sangat berpengaruh dalam perencanaan jembatan. Beban-beban tersebut akan mempengaruhi besarnya dimensi dari komponen struktur serta jumlah tulangan yang digunakan.

### 2.4.1 Beban Mati

Beban mati adalah berat sendiri dari masing-masing komponen struktur jembatan. Semua komponen beton =  $2500 \text{ kg/m}^3$  (deck, piles, pile cap, pier, pier cap).

### 2.4.2 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan diperhitungkan sesuai dengan desain dasar laporan dan juga dianggap sebagai massa untuk analisa *seismic*.

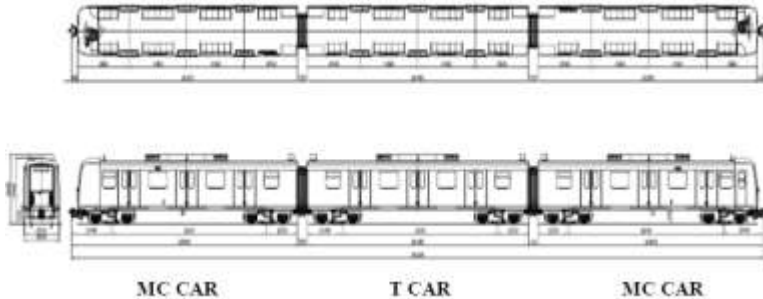
### 2.4.3 Beban Hidup Kereta

Struktur akan direncanakan agar dapat menahan beban hidup yang diperoleh dari standar spesifikasi light rail (kereta ringan).

#### 2.4.3.1 Standar Beban LRT

LRT didesain dengan beban maksimum bekerja pada as kendaraan (*axle load*). Beban pada as kendaraan diatur seperti gambar 2.3 di mana di setiap as kendaraan mendistribusikan beban sebesar 12 ton dengan jarak antar rel adalah 1067 mm. *Axle load* untuk kereta LRT Jakarta dihitung berdasarkan beban maksimum yang terjadi. Beban maksimum yang terjadi adalah beban kereta ditambah dengan beban penumpang yang berada didalamnya.

Kereta LRT yang dirujuk dalam proyek LRT Jakarta ini adalah kereta yang terdiri dari 3 gerbong dimana tiap gerbong memiliki 4 *axle*. Spesifikasi kereta dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 4 Spesifikasi Kereta

Gerbong tengah disebut T car, sedangkan gerbong lainnya disebut MC car. Karakteristik dan dimensi kereta dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Komposisi pembebanan

Kondisi	Definisi
AW0	Maksimum beban operasi untuk kereta tanpa penumpang
AW1	Beban ketika semua kursi penumpang terpenuhi + AW0
AW2 (normal)	Beban ketika 4 orang penumpang berdiri/m <sup>2</sup> + AW1
AW3	Beban ketika 6 orang penumpang berdiri/m <sup>2</sup> + AW1
AW4 (crush load)	Beban ketika 8 orang penumpang berdiri/m <sup>2</sup> + AW1

## 1. Beban penumpang, unit –org

Tabel 2. 2 Beban penumpang

Beban	Kapasitas penumpang		
	MC	T	Total
AW1	32	32	96
AW2 (normal)	131	138	400
AW3	181	191	553
AW4 (crush load)	231	244	706

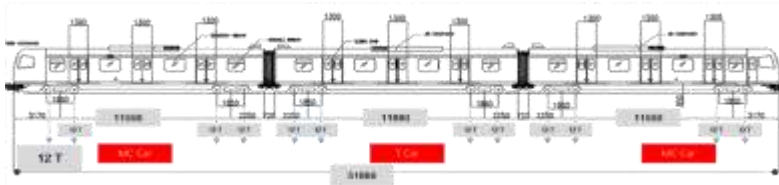
Berat penumpang/orang diasumsikan 75 kg.

## 2. Beban kereta + penumpang (sesuai dengan kondisi pembebanan sebelumnya), unit = kg. (tabel 2.3)

Tabel 2. 3 Beban kereta dan penumpang

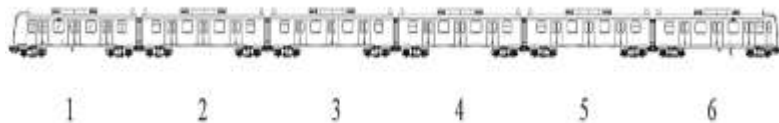
Beban	Kapasitas penumpang		
	MC	T	Total
AW1	2900	2800	86000
AW2 (normal)	31400	30400	116000
AW3	42575	42325	127475
AW4 (crush load)	46325	46300	138950

Beban maksimum yang terjadi adalah berdasarkan kondisi beban AW4 (*crush load*). Pada tabel beban kereta dan penumpang dapat dilihat bahwa beban maksimum untuk tipe kereta MC adalah 46325 kg (46 ton). Beban maksimum yang terjadi pada 1 *axle* untuk kereta tipe MC adalah  $46325/4=11581$  kg (11,5 ton). Pembulatan keatas digunakan untuk beban maksimum *axle load* adalah 12 ton.



Gambar 2. 5 Skema pembebanan kereta LRT

Struktur direncanakan untuk memikul enam buah kereta



Gambar 2. 6 Ilustrasi LRT 6 kereta (1 trainset)

#### 2.4.3.2 Kecepatan Rencana LRT

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

$$V_{rencana} = 1,25V_{maks} \quad \dots(2.7)$$

$V_{max}$  = 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/Impact (I)

Beban kejut (*impact*) akan ditambahkan pada *axle load* yang bekerja di atas rel dimana distribusi beban kejut ini adalah sama dengan *axle load*, untuk desain faktor *impact* adalah 1,4.



### 2.4.5 *Hunting Force* (HF)

Berdasarkan ACI 358.1R-92 bab 3.3.1.4 *hunting force* adalah beban hidup horizontal yang disebabkan oleh interaksi lateral antara kereta dan rel dan disebut juga *nosing force*. Gaya *hunting force* (HF) seperti pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Nilai *hunting force* berdasarkan ACI 358.1R-92

<i>Bogie type</i>	<i>Hunting force</i>
<i>Nonsteerable</i>	0,08L
<i>Steerable</i>	0,06L

Di mana :

L = *axle load* (12 ton)

### 2.4.6 *Longitudinal Force* (LF)

Berdasarkan ACI 358.1R-92 bab 3.3.1.5 gaya longitudinal sebesar :

Tabel 2. 5 Nilai *longitudinal force* berdasarkan ACI 358.1R-92

<i>Condition</i>	<i>Longitudinal force</i>
<i>Emergency braking</i>	$LF_e = 0,3L$
<i>Normal braking</i>	$LF_n = 0,15L$

Di mana :

L = *axle load* (12 ton)

### 2.4.7 *Beban Angin*

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 60 tahun 2012, beban angin yang bekerja tegak lurus rel, secara horizontal tipikal nilainya adalah :

- 3,0 kN/m<sup>2</sup> pada areal proyeksi vertikal jembatan tanpa kereta di atasnya. Namun demikian, 2,0 kN/m<sup>2</sup> pada areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin, tidak termasuk area sistem lantai.
- 1,5 kN/m<sup>2</sup> pada areal kereta dan jembatan dengan kereta di atasnya, pengecualian 1,2 kN/m<sup>2</sup> untuk jembatan selain

gelagar, dek atau jembatan komposit, sedangkan  $0,8 \text{ kN/m}^2$  untuk areal proyeksi rangka batang pada arah datangnya angin.

#### 2.4.8 Beban Temperatur

Minimum dan maksimum temperatur udara sama dengan  $+23^\circ\text{C}$  hingga  $+40^\circ\text{C}$  berturut-turut. Desain temperatur yang digunakan  $\pm 40^\circ\text{C}$ .

#### 2.4.9 Beban Gempa

Berdasarkan peraturan SNI-2833-2016 tentang Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, perencanaan beban rencana akibat gempa minimum diperoleh dari serangkaian rumus berikut:

##### 2.4.9.1 Penentuan Kelas Situs Tanah

Klasifikasi situs tanah berfungsi untuk memberikan kriteria seismik yang berupa faktor-faktor amplifikasi pada pada bangunan. Dalam perhitungan beban gempa akan digunakan data tanah SPT, yang kemudian dilakukan perhitungan nilai SPT rata-rata sesuai dengan persamaan pada SNI-2833-2016 berikut :

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m \left( \frac{t_i}{N_i} \right)} \quad \dots(2.8)$$

Keterangan :

$\bar{N}$  = nilai SPT rata-rata

$t_i$  = tebal lapisan tanah ke-i

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

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

Dari hasil yang didapat pada perhitungan di atas dapat ditentukan kelas situs menggunakan tabel 2. 6.

Tabel 2. 6 Spesifikasi kelas situs

Kelas Situs	$\tilde{v}$ (m/s)	$\tilde{N}$	Su (kPa)
A. Batuan Keras	$\tilde{v} \geq 1500$	$\tilde{N} / A$	N/A
B. Batuan	$\tilde{v} \leq 1500$	$\tilde{N} / A$	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \tilde{v} \leq 750$	$\tilde{N} > 50$	$Su \geq 100$
D. Tanah sedang	$175 < \tilde{v} \leq 350$	$15 \leq \tilde{N} \leq 50$	$50 \leq Su \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\tilde{v} < 175$	$\tilde{N} \leq 15$	$Su \leq 50$
	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		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti :		
	a. Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah		
	b. Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3m$ )		
	c. Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5m$ dengan $PI > 75$ )		
	d. Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35m$		

### 2.4.9.2 Penentuan Faktor Situs

Untuk penentuan respon spektrum di permukaan tanah diperlukan suatu faktor amplifikasi pada period nol detik ( $F_{PGA}$ ) periode pendek  $T=0,2$  detik ( $F_a$ ) dan periode 1 detik ( $F_v$ ).

Tabel 2. 7 Faktor ampifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ )

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

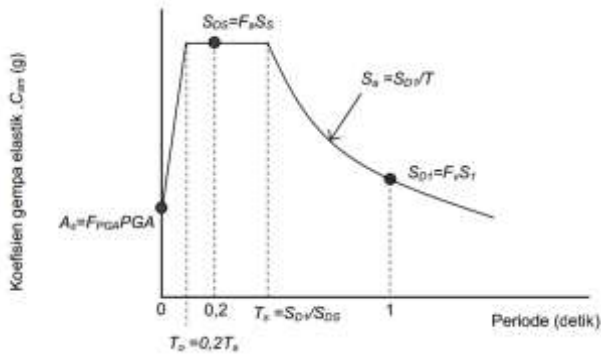
Tabel 2. 8 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (Fv)

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

Keterangan :

- PGA = percepatan puncak batuan dasar mengacu pada peta PGA SNI-2833-2016
- Ss = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode pendek (T=0.2 detik) mengacu pada peta Ss SNI-2833-2016
- SS = lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik
- S1 = parameter respons spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik mengacu pada peta S1 SNI-2833-2016

### 2.4.9.3 Respon Spektrum Rencana



Gambar 2. 7 Spektrum rencana gempa (2016)

Perumusan desain respon spektrum adalah sebagai berikut :

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad \dots(2.9)$$

$$S_{DS} = F_v \times S_s \quad \dots(2.10)$$

$$S_{DI} = F_v \times S_i \quad \dots(2.11)$$

### 2.4.9.4 Koefisien Respon Gempa Elastik

Untuk periode lebih kecil dari  $T_0$ , koefisien respons gempa elastik ( $C_{sm}$ ) didapatkan dari persamaan berikut :

$$C_{SM} = \left( S_{DS} - A_s \right) \frac{T}{T_0} + A_s \quad \dots(2.12)$$

Untuk periode lebih besar atau sama dengan  $T_0$ , dan lebih kecil atau sama dengan  $T_s$ , respons spektra percepatan,  $C_{sm}$  adalah sama dengan  $S_{DS}$ .

Untuk periode lebih besar dari  $T_s$ , koefisien respons gempa elastik ( $C_{sm}$ ) didapatkan dari persamaan berikut :

$$C_{SM} = \frac{S_{D1}}{T} \quad \dots(2.13)$$

Keterangan :

SDS = nilai spectra permukaan tanah pada periode pendek ( $T = 0,2$  detik)

SD1 = nilai spectra permukaan tanah pada periode 1 detik

$T_0 = 0,2 T_s \quad \dots(2.14)$

$T_s = SDS / SD1 \quad \dots(2.15)$

#### 2.4.9.5 Faktor Modifikasi Respons

Struktur LRT diklasifikasikan dalam kategori jembatan penting. Berdasarkan tabel 2.9 nilai R yang digunakan untuk kolom majemuk pada kategori jembatan penting adalah 3,5. Jadi nilai R untuk pier (struktur atas) LRT dapat diambil 3,5 baik untuk arah longitudinal maupun transversal. Sedangkan untuk desain pondasi (struktur bawah) nilai R dapat diambil 1.

Tabel 2. 9 Faktor modifikasi respon (R)

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat Penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

## 2.5 Beton Prategang

Definisi beton prategang (prestressed concrete) menurut SNI 03-2847-2013 pasal 2.2 adalah beton struktural di mana tegangan dalam diberikan untuk mereduksi tegangan tarik potensial dalam beton yang dihasilkan dari beban.

Menurut ACI (American Concrete Institute), beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan internal dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban eksternal. Pada elemen-elemen beton bertulang, sistem prategang biasanya dilakukan dengan menarik tulangnya.

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 berbeda-beda yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang. Konsep pertama, sistem prategang untuk mengubah beton menjadi bahan yang elastis. Konsep kedua, sistem prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton. Konsep ketiga, sistem prategang untuk mencapai pertimbangan beban (Ned dan Burns, 1996).

## 2.6 Kehilangan Gaya Prategang

Menurut T. Y. Lin Ned dan H. Burns (1996:76), analisis keseluruhan dan rancangan dari komponen struktur beton prategang akan menyertakan pertimbangan gaya-gaya efektif dari tendon prategang pada setiap tahap pembebanan yang berarti, bersama-sama dengan sifat bahan yang berlaku pada saat berfungsinya struktur itu. Kehilangan gaya prategang terjadi dalam dua tahapan, keduanya akan sangat berpengaruh terhadap hasil akhir gaya-gaya efektif tendon yang akan terjadi.



### 2.6.1 Tahap Pertama

Pada saat segera setelah peralihan gaya prategang ke penampang beton, tegangan dievaluasi sebagai tolok ukur perilaku komponen struktur. Pada tahap ini kehilangan gaya prategang meliputi :

a. Perpendekan Elastis Beton (ES)

Pada saat gaya pratekan dialihkan ke beton, komponen struktur akan memendek dan baja akan ikut memendek bersamanya yang menyebabkan kehilangan prategang pada baja pula. Rekomendasi ACI-ASCE untuk memperhitungkan gaya prategang adalah dengan persamaan berikut :

$$ES = K_{ES} E_s \frac{f_{cir}}{E_{ci}} \quad \dots(2.16)$$

Dengan nilai  $f_{cir}$  sebagai berikut :

$$f_{cir} = \frac{F_0}{A} \pm \frac{F_0 \cdot e \cdot y}{I} \pm \frac{M_g \cdot y}{I} \quad \dots(2.17)$$

Keterangan :

$f_{cir}$  = Tegangan beton pada garis berat baja (c.g.s) akibat gaya prategang yang efektif segera setelah gaya prategang telah dikerjakan pada beton

$M_g$  = Momen akibat berat sendiri beton.

$K_{ES}$  = 1 untuk komponen struktur pratarik

$K_{ES}$  = 0.5 untuk komponen struktur pasca - tarik bila kabel-kabel secara berturutan ditarik dengan gaya yang sama

$E_s$  = Modulus elastisitas tendon prategang

$E_{ci}$  = Modulus elastisitas beton pada saat pengukuran

b. Gesekan (FR)

Selama terjadi pengalihan gaya prategang pada sistem *post tension*, kabel yang ditarik sedikit demi sedikit akan mengalami kehilangan tegangannya pada saat tendon melengkung. Perumusan untuk menghitung kehilangan gaya pratekan ini adalah sebagai berikut :

$$\frac{F_2 - F_1}{F_1} = -KL - \mu\alpha \quad \dots(2.18)$$

Keterangan :

- K = Koefisien wobble (tabel 2.10)  
 L = Panjang bersih balok (m)  
 $F_{1,2}$  = Fokus tendon (eksentrisitas dari c.g.s)  
 $\mu$  = Koefisien kelengkungan (tabel 2.10)  
 $\alpha$  = Sudut pusat tendon (L/R)

Tabel 2. 10 Koefisien-koefisien gesekan untuk tendon pasca tarik

Tipe tendon	K tiap meter	$\mu$
Tendon pada selubung logam fleksibel:		
- Tendon kawat	0,0033 – 0,0049	0,15 – 0,25
- Strand dengan untaian 7 kawat	0,0016 – 0,0066	0,15 – 0,25
- Baja mutu tinggi	0,0003 – 0,0020	0,08 – 0,30
Tendon pada selubung logam kaku		
- Strand dengan untaian 7 kawat		
Tendon yang diminyaki terlebih dahulu	0,0007	0,15 – 0,25
- Tendon kawat dan strand dengan untaian 7 kawat	0,001 – 0,0066	0,05 – 0,15
Tendon yang diberi lapisan mastic		
- Tendon kawat dan strand dengan untaian 7 kawat.	0,0033 – 0,0066	0,05 – 0,15

c. Slip Angkur (ANC)

Pada sistem *post tension*, saat tendon tendon ditarik sampai nilai penuh dongkrak dilepas dan gaya prategang dialihkan ke angkur. Peralatan angkur yang mengalami tegangan pada saat peralihan cenderung untuk berdeformasi, jadi tendon dapat tergelincir sedikit. Besarnya gelincir tergantung dari jenis baji dan

tegangan pada kawat, nilai rata rata sekitar 2,5 mm. Persamaan yang digunakan untuk menghitung prategang akibat slip angkur adalah sebagai berikut :

$$ANC = \Delta fs = \frac{\Delta_a E_s}{L} \quad \dots(2.19)$$

Keterangan :

$\Delta_a$  = Deformasi pengangkuran (mm)

$E_s$  = 195.000 MPa

$L$  = Panjang total kabel (mm)

### 2.6.2 Tahap Kedua

Pada beban kerja setelah semua kehilangan gaya prategang terjadi dan tingkatan prategang efektif jangka panjang tercapai. Pada tahap ini kehilangan gaya prategang meliputi :

#### a. Rangkak Beton (CR)

Rangkak dianggap terjadi dengan beban mati permanen yang ditambahkan pada komponen struktur setelah beton diberi gaya prategang. Kehilangan gaya prategang akibat rangkakan untuk komponen struktur dengan tendon terekat dihitung dari persamaan berikut :

$$CR = K_{cr} \frac{E_s}{E_c} f_{cir} - f_{c ds} \quad \dots(2.20)$$

Keterangan :

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

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

$f_{c ds}$  = 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

#### b. Susut (SH)

Susut merupakan salah satu sifat beton yang akan mengalami pemendekan yang bersifat non elastis akibat adanya

penyusutan volume beton. Kehilangan prategang akibat terjadinya susut adalah sebesar :

$$SH = 8.2 \times 10^{-6} K_{SH} E_s \left( 1 - 0.0236 \frac{V}{S} \right) \times 100 - RH \quad \dots(2.21)$$

Keterangan :

$K_{SH}$  = koefisien faktor susut (tabel 2.11)

$K_{SH}$  = 0,1 untuk struktur pratarik

RH = kelembaban relative

V/S = perbandingan volume terhadap permukaan

Tabel 2. 11 Nilai KSH untuk komponen pasca tarik

Jangka waktu setelah perawatan basah sampai penerapan prategang (hari)	1	3	5	7	10	20	30	60
$K_{SH}$	0,9 2	0,8 5	0,80	),77	0,7 3	0,6 4	0,58	0,4 5

c. Relaksasi Baja (RE)

Relaksasi baja merupakan salah satu sifat baja yang akan mengalami pemuluran yang bersifat non elastis akibat adanya tegangan tarik yang kontinyu dan permanen. Sifat ini akan menyebabkan terjadinya kehilangan gaya prategang sebesar :

$$RE = [K_{re} - J(SH + CR + ES)]C \quad \dots(2.22)$$

Keterangan :

$K_{re}$ , J dan C tergantung pada tipe tendon yang dipakai (tabel 2.12 dan tabel 2.13)

Tabel 2. 12 Nilai-nilai Kre dan J

Tipe tendon	Kre	J
Strand atau kawat stress-relieved derajat 1860 MPa	138	0,15
Strand atau kawat stress-relieved derajat 1720 MPa	128	0,14
Kawat stress-relieved 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 stress-relieved derajat 1000 MPa atau 1100 MPa	41	0,05

Tabel 2. 13 Nilai C

fpi / fpu	Strand atau kawat <i>stress-relieved</i>	Batang <i>stress relieved</i> 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

fpi / fpu	Strand atau kawat <i>stress-relieved</i>	Batang <i>stress relieved</i> atau strand atau kawat relaksasi rendah
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

## 2.7 Daya Dukung Tiang

Perhitungan daya dukung tiang baik dari arah vertikal 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

$$K_v = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-0,75} \cdot A \quad \dots(2.23)$$

Keterangan :

$K_v$  = daya dukung vertikal (T/m)

$E_o = 28 N$  ( $N$  = jumlah SPT tiap 1 m) ( $kg/cm^2$ )

$D$  = diameter tiang pancang (cm)

- A = luas permukaan tiang pancang ( $\text{cm}^2$ )  
 - Perhitungan daya dukung horizontal

$$K = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-0,75} \cdot y^{-0,75} \quad \dots(2.24)$$

$$K_x = K_y = K \cdot D \cdot D_z \quad \dots(2.25)$$

Keterangan :

Y = tinjauan per 1 cm

Dz = kedalaman tinjauan (m)

### 2.7.1 Perhitungan Pondasi

- a. Daya dukung aksial pondasi tiang  
 ▪ Gaya geser dinding tiang ( $R_f$ )

$$R_f = U \times \Sigma(l_i \times f_i) \quad \dots(2.26)$$

Keterangan :

$R_f$  = Gaya geser dinding tiang (ton)

U = Keliling tiang (m)

$l_i$  = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (m)

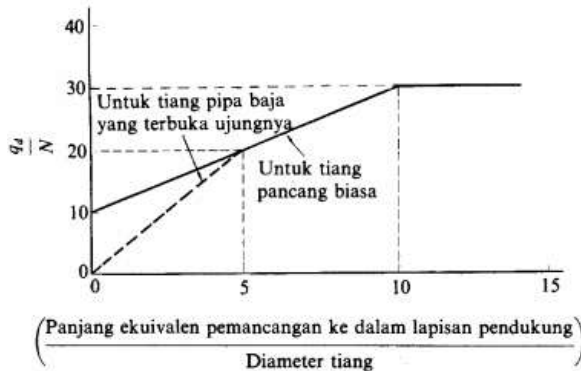
$f_i$  = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang ( $\text{ton/m}_2$ ).  
 Diperkirakan berdasar tabel 2.12.

Tabel 2. 14 Intensitas gaya geser dinding tiang

(Satuan:  $\text{t/m}^2$ )

Jenis tiang tanah pondasi	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

- Daya dukung pada ujung tiang pancang ( $R_p$ )  
Untuk daya dukung terpusat tiang dapat dicari dengan diagram di bawah ini :



Gambar 2. 8 Diagram intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi ujung tiang

Setelah menentukan diameter tiang dan panjang penetrasi tiang sampai ke lapisan pendukung sudah didapat maka  $q_d$  dapat dicari.

$$R_p = q_d \times A \quad \dots(2.27)$$

Keterangan :

$R_p$  = daya dukung ujung tiang (ton)

$q_d$  = daya dukung terpusat tiang (ton)

$A$  = luas ujung tiang ( $m^2$ )

- Daya dukung ultimate tiang pada tanah pondasi ( $R_u$ )

$$R_u = R_p + R_f \quad \dots(2.28)$$

Keterangan :

$R_u$  = daya dukung ultimate tanah pondasi (ton)

$R_f$  = gaya geser dinding tiang (ton)

$R_p$  = daya dukung ujung tiang (ton)



- Daya dukung ijin tiang ( $R_a$ )

$$R_a = \frac{R_u}{SF} \text{ dengan SF (safety factor) = 3} \quad \dots(2.29)$$

Keterangan :

$R_a$  = daya dukung ujung tiang (ton)

$R_u$  = daya dukung ultimate tanah pondasi (ton)

Tabel 2. 15 Faktor Keamanan

	Jembatan jalan raya		Jembatan kereta api	Konstruksi pelabuhan	
	Tiang pendukung	Tiang geser	—	Tiang pendukung	Tiang geser
Beban tetap	3	4	3	Lebih besar dari 2,5	
Beban tetap + Beban sementara	—	—	2	—	
Waktu gempa	2	3	1,5 (1,2)	Lebih besar dari 1,5	Lebih besar dari 2,0

Angka dalam tanda kurung: Bila beban kereta api diperhitungkan

- Daya dukung mendatar yang diijinkan

$$k = k_0 \cdot y^{-\frac{1}{2}} \quad \dots(2.30)$$

$$k_0 = 0,2 \cdot E_0 \cdot D^{-\frac{3}{4}} \quad \dots(2.31)$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4EI}} \text{ (cm}^{-1}\text{)} \quad \dots(2.32)$$

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a \quad \dots(2.33)$$

Keterangan :

$K$  = Koeffisien reaksi lapisan tanah di bawah permukaan dalam arah vertikal ( $\text{kg/m}^3$ )

$y$  = besarnya pergeseran yang akan dicari (cm)

$E_0$  = modulus deformasi tanah pondasi, biasanya diperkirakan dari  $E_0 = 28N$

$D$  = diameter tiang (cm)

$EI$  = Kekakuan lentur dari tiang ( $\text{kg/cm}^{-1}$ )

$H_a$  = Daya dukung mendatar yang diijinkan (kg)

$\delta_a$  = besar pergeseran normal (cm)

## b. Pile cap

- Kontrol geser pons

$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{6} \quad \dots(2.34)$$

$$V_c \leq \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d \quad \dots(2.35)$$

$$\phi V_c = 0.6 V_c \quad \dots(2.36)$$

Keterangan :

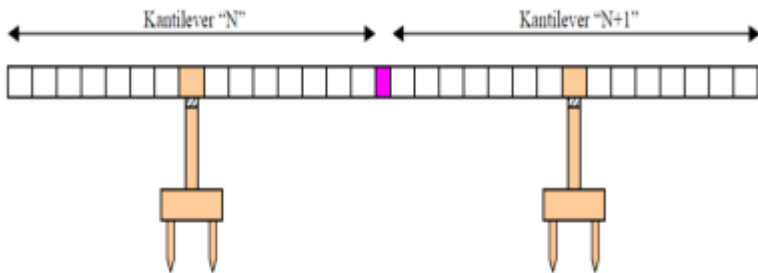
$\beta_c$  = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek kolom, daerah beban terpusat atau daerah reaksi

$b_o$  = keliling penampang kritis

## 2.8 Metode *Balanced Cantilever*

Metode *balanced cantilever* adalah metode pembangunan jembatan dengan memanfaatkan efek kantilever seimbangnya sehingga struktur dapat berdiri sendiri. Metode ini merupakan metode yang cocok untuk *erection* jembatan dengan bentang panjang. Pada metode ini, segmen-segmen ditempatkan secara terencana untuk membentuk *balanced cantilever* dari dua pier yang berdekatan, bertemu dan keduanya disambungkan untuk membentuk suatu bentang yang menerus (Setyawan, 2012).

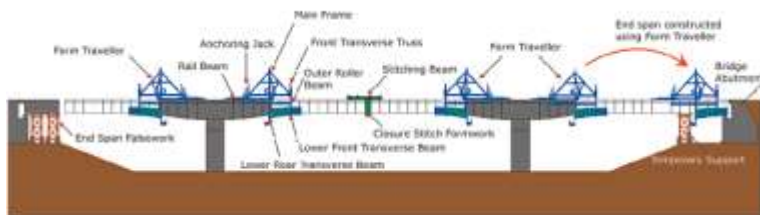
Konsep utamanya adalah struktur jembatan dibangun dengan pertama kali membangun struktur – struktur kantilever seimbang. Kantilever yang pertama dibuat adalah kantilever “N”, dan seterusnya dibangun kantilever “N+1”, kantilever “N+2”, kantilever “N+3”, dan kantilever “N+I” (Liono, 2009).



Gambar 2. 9 Metode *balanced cantilever* (Liono,2009)

### 2.8.1 Pelaksanaan Pemasangan *U-Box Girder*

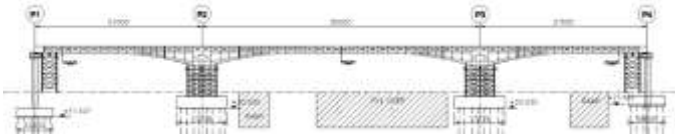
Konstruksi pembangunan jembatan dimulai pembangunan bangunan bawah dan *pier* sebagai tumpuan. Kemudian diikuti dengan pemasangan segmen *u-box girder cast in place* pada tiap sisi pier (kanan dan kiri) menggunakan *form traveler* (gambar2.9). Setelah umur beton telah cukup sesuai perencanaan, selanjutnya akan diberikan tegangan pada beton melalui tendon prategang. Kemudian dilanjutkan dengan pengecoran dan stressing pada segmen selanjutnya hingga akhir dari bentang simetris jembatan.



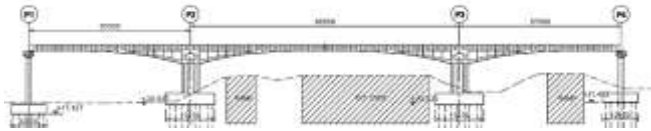
Gambar 2. 10 *Free Cantilever Method*

Pada tugas akhir ini, jembatan yang direncanakan memiliki bentang simetris. Dalam sistem kantilever seimbang ini, pemasangan segmen pada setiap sisi pier pada umumnya sulit untuk dilakukan secara bersamaan. Hal tersebut mengakibatkan ketidakseimbangan sementara pada struktur sehingga dibutuhkan

pengangkuran yang cukup pada tumpuan (pier), yang ditempatkan pada segmen u-box untuk menyeimbangkan kantilever.



Gambar 2. 11 Pemasangan segmen dengan perancah



Gambar 2. 12 Semua segmen telah terpasang

## **BAB III METODOLOGI**

Langkah-langkah yang digunakan dalam merencanakan struktur LRT ini adalah sebagai berikut :

### **3.1. Metode Desain**

- a. Pengumpulan data
- b. *Preliminary design*
- c. Analisa pembebanan
  - Beban-beban
  - Kombinasi pembebanan
- d. Analisa gaya dalam dan perhitungan struktur
- e. Kontrol desain
- f. Gambar rencana

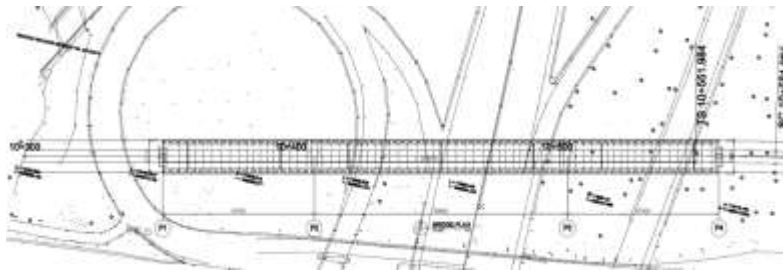
### **3.2. Uraian Metode**

#### **3.2.1 Pengumpulan Data**

Data-data yang diperoleh adalah jembatan LRT Cikunir Jabodebek dengan bentang menerus. Dalam pengerjaan tugas akhir jembatan akan dimodifikasi menggunakan penampang *u-box girder*.

Adapun data-data yang digunakan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Tipe Jembatan : U-Box Girder
2. Bentang : 209 m terdiri dari 3 bentang (52 m + 105 m + 52 m)
3. Lebar jembatan : 13 m
4. Metode Konstruksi : *Balanced cantilever using formwork traveler*
5. Data tanah : terlampir



Gambar 3. 1 *Bridge plan*

### 3.2.2 Preliminary Design

Menurut Podolny dan Muller (1982 : 161-162), dimensi tipikal *cross section* dapat direncanakan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Taksiran tinggi box gider  
Rasio bentang dengan tinggi yang efisien untuk bentang menerus dapat digunakan:  
$$h = L/16 - L/20$$
- b. Ketebalan minimum web box girder
  - 300 mm jika terdapat saluran untuk penempatan post tensioning tendon di badan box.
  - 350 mm jika terdapat angker tendon yang ditempatkan di badan box.
- c. Ketebalan minimum Top Flange Box Girder
  - Untuk lebar antar badan box < 3m,  $t_f = 175$ mm
  - Untuk lebar antar badan box antara 3 - 4,5m,  $t_f = 200$  mm
  - Untuk lebar antar badan box antara 4,5 - 7,5m,  $t_f = 250$  mm

### 3.2.3 Analisa Pembebanan

1. Beban-beban
  - a. Beban mati (berat sendiri)

- b. Beban mati tambahan
- c. Beban hidup (kereta ringan)
- d. Beban kejut
- e. *Hunting force*
- f. *Longitudinal Force*
- g. Beban angin
- h. Beban temperatur
- i. Beban gempa
  - Periode ulang : 1000 tahun
  - Lokasi : Jakarta

## 2. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan kombinasi ACI 358.1R-92, kombinasi pembebanan dibagi menjadi dua kondisi, yaitu kondisi *service* dan kondisi *ultimate*.

Berikut beban-beban yang digunakan :

- a. DL = beban mati
- b. SDL = beban mati tambahan
- c. L = beban hidup
- d. I = beban kejut (*impact*)
- e. HF = *hunting force*
- f. LF = *longitudinal force*
- g. WS = beban angin pada struktur
- h. WL = beban angin pada beban hidup
- i. EQ = beban gempa

Kondisi *Service* :

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

Kondisi *Ultimate* :

Tabel 3. 1 Kombinasi pembebanan kondisi *ultimate*

Kombinasi	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 or 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	

### 3.2.4 Analisa Gaya Dalam dan Perhitungan Struktur

Analisa pada struktur utama jembatan dilakukan pada dua tahap yaitu tahap kantilever dan tahap menerus. Gaya-gaya prategang hasil analisa pada struktur utama akan dikontrol terhadap tegangan ijin bahan.

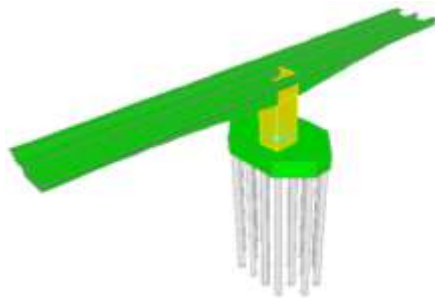
#### 1. Analisa Tahap Kantilever (Tahap 1)

Analisa tahap kantilever merupakan perhitungan untuk menentukan gaya prategang awal yang digunakan untuk menahan beban yang terjadi akibat pelaksanaan. Gaya prategang dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini :

$$f_0 = \frac{F_0}{A} \pm \frac{F_0 \cdot e \cdot y}{I} \pm \frac{M_g \cdot y}{I} \quad \dots(3.1)$$

Gaya prategang yang telah diperhitungkan, selanjutnya akan dikontrol terhadap tegangan ijin bahan yang sesuai dengan syarat tegangan pada saat transfer.





Gambar 3. 2 Permodelan 3D struktur kantilever dengan SAP2000

## 2. Analisa Tahap Menerus (Tahap II)

Perhitungan gaya dalam yang terjadi pada pada tahap menerus dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000, beban-beban yang digunakan meliputi :

1. Beban mati (berat sendiri)
2. Beban mati tambahan
3. Beban hidup (kereta ringan)
4. Beban kejut
5. *Hunting force*
6. *Longitudinal Force*
7. Beban angin
8. Beban temperatur
9. Beban gempa

Selanjutnya dilakukan perhitungan gaya-gaya prategang dan perencanaan jenis tendon yang dibutuhkan untuk memikul momen maksimum akibat beban-beban yang terjadi dan dilakukan kontrol terhadap tegangan ijin bahan yang sesuai dengan syarat tegangan saat *service*.

## 3. Perencanaan Bangunan Bawah

- Pilar
- Pondasi

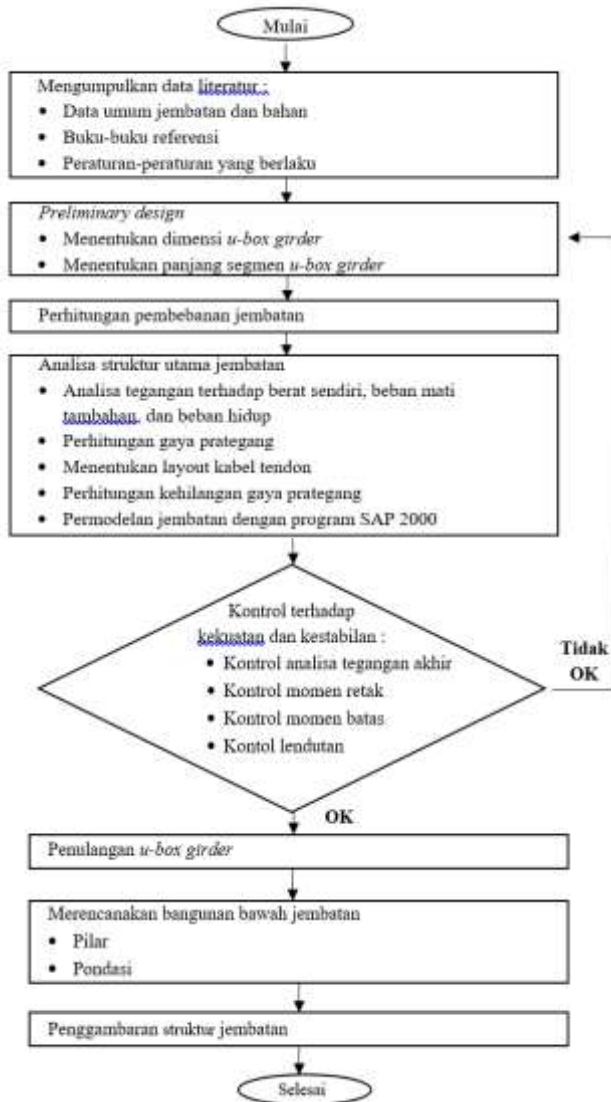
### **3.2.5 Kontrol Kekuatan dan Stabilitas Struktur**

Pada perhitungan tahap ini, dilakukan kontrol tegangan, momen retak, momen batas, dan lendutan.

### **3.2.6 Penggambaran Hasil Desain**

Penggambaran struktur dilakukan sesuai dengan hasil perhitungan dengan menggunakan program bantu Autocad.

### 3.3. Diagram Alir Desain



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV STRUKTUR UTAMA

### 4.1. Data Perencanaan

Tugas Akhir membahas tentang desain Jembatan LRT (*Light Rail Transit*) Cikunir Jabodebek dengan konstruksi u-box girder pratekan. Dimensi penampang struktur jembatan akan dituangkan dalam bentuk gambar teknik sebagai hasil akhir dari Tugas Akhir ini. Berikut data umum jembatan yang digunakan dalam perencanaan :

- Nama jembatan : LRT Cikunir
- Lokasi jembatan : Lintasan LRT Cikunir, Jakarta
- Tipe jembatan : *Prestressed U-Box Girder*
- Panjang jembatan : 209 meter, terdiri dari 3 bentang dengan panjang bentang utama 105 meter dan bentang samping 52 meter
- Metode pelaksanaan : *Balanced cantilever using formwork traveler*
- Lebar total jembatan : 13 meter

Berikut data-data bahan yang digunakan dalam perencanaan :

- Beton
  1. Kuat tekan beton prategang ( $f_c'$ ) = 50 Mpa
  2. Kuat tekan beton struktur pilar ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
  3. Kuat tekan beton struktur pilecap ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
  4. Kuat tekan beton borepile ( $f_c'$ ) = 30 Mpa
- Baja
  1. Tulangan beton :
    - $f_y = 400$  Mpa ( $D \geq 13$  mm)
    - $f_y = 240$  Mpa ( $\emptyset < 13$  mm)
  2. Kabel prategang :

Dalam perencanaan ini akan digunakan jenis kabel tendon dari OVM.

## 4.2. Tegangan Ijin Bahan

### 4.2.1 Tegangan Ijin Beton Prategang pada Saat Transfer

Kuat tekan beton yang direncanakan pada umur saat dilakukan transfer ( $f_{ci}'$ ), dinyatakan dalam satuan MPa.

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

Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.2 untuk komponen beton prategang pada saat transfer, tegangan tekan dalam penampang beton tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{tekan}} &= 0,6 f_{ci}' \\ &= 0,6 \times 44 \text{ MPa} \\ &= 26,4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.3 untuk struktur jembatan tegangan tarik yang diijinkan terjadi tidak boleh melampaui nilai berikut :

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

### 4.2.2 Tegangan Ijin Beton Prategang pada Saat Layan

Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.1 untuk komponen beton prategang pada saat layan, tegangan tekan dalam penampang beton tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{tekan}} &= 0,45 f_c' \\ &= 0,45 \times 50 \text{ MPa} \\ &= 22,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI T-12-2004 pasal 4.4.1.2.3 untuk komponen beton prategang pada saat layan, tegangan tekan dalam penampang beton tidak boleh melampaui nilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{tekan}} &= 0,5 \sqrt{f_c'} \\ &= 0,5 \sqrt{50} \text{ MPa} \\ &= 3,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

### 4.2.3 Modulus Elastisitas ( $E_c$ )

Beton normal dengan massa jenis  $2500 \text{ kg/m}^3$ , nilai  $E_c$  bisa diambil sebesar  $4700\sqrt{f_c'}$ .

$$\begin{aligned} E_c &= 4700\sqrt{f_c'} \\ &= 4700 \sqrt{50} \\ &= 33234,02 \text{ MPa} \end{aligned}$$

## 4.3. Preliminary Design

### 4.3.1 Tinggi U-Box Girder

Langkah awal dalam menentukan dimensi u-box girder adalah dengan menentukan tinggi rencana ( $h_{\text{rencana}}$ ) penampang u-box girder. Taksiran tinggi ( $h_{\text{rencana}}$ ) diperoleh dari rasio tinggi ( $h$ ) terhadap bentang ( $L$ ) yang telah disebutkan pada pembahasan sebelumnya yaitu  $L/16 - L/20$  (Podolny dan Muller, 1982).

Pada perencanaan jembatan menerus ini penampang u-box girder dibuat sama untuk mempermudah dalam pelaksanaannya. Mengingat metode pelaksanaannya adalah metode *balanced cantilever* sehingga memerlukan keseimbangan pada setiap pemasangan box girder. Untuk yang pertama yaitu menentukan acuan awal tinggi penampang pada area tumpuan dan area lapangan jembatan.

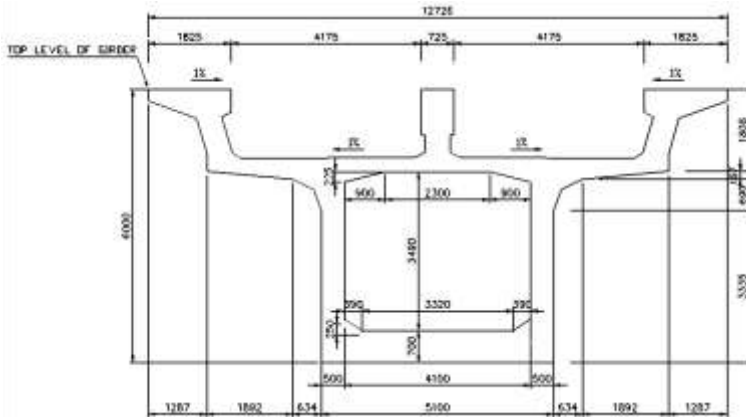
- $h$  tumpuan =  $1/20 \times L = 0,04 \times 105 = 5,3 \text{ m} \approx 6 \text{ m}$
- $h$  lapangan =  $3 \text{ m}$

### 4.3.2 Tebal Slab

Direncanakan seperti pada gambar 4.1,

- Ketebalan deck atas minimum 9 in (228,6 mm) digunakan 320 mm
- Ketebalan deck bawah digunakan 700 mm
- Ketebalan badan minimum 12 in (304,8 mm) digunakan 500 mm

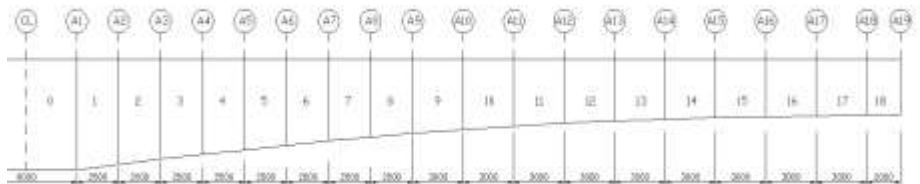
(Sumber: *Pos-Tensioned Box Girder Design Manual*)



Gambar 4. 1 Desain rencana potongan melintang u-box girder pada tumpuan

### 4.3.3 Perhitungan Penampang U-Box Girder

Perhitungan penampang u-box girder seperti luas penampang, titik berat, momen inersia, tahanan momen sisi atas dan bawah, kern sisi atas dan bawah dilakukan dengan software autocad. Rekap hasil perhitungan penampang tiap segmen disajikan pada tabel 4.1 berdasarkan penomoran yang ada pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Penomoran segmen kantilever



Tabel 4. 1 Rekap perhitungan penampang

As	h	A	Yb	Yt	I	Wb	Wt	Kb	Kt
	m	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m	m
CL	6	24.48	2.95	3.05	73.46	24.87	24.12	0.99	1.02
A1	6	15.19	3.20	2.80	59.92	18.72	21.41	1.41	1.23
A2	5.7	14.89	3.02	2.68	52.12	17.25	19.47	1.31	1.16
A3	5.4	14.59	2.84	2.56	44.97	15.82	17.58	1.20	1.08
A4	5.15	14.34	2.69	2.46	39.49	14.67	16.06	1.12	1.02
A5	4.9	14.09	2.54	2.36	34.44	13.56	14.59	1.04	0.96
A6	4.65	13.84	2.39	2.26	29.81	12.49	13.17	0.95	0.90
A7	4.4	13.59	2.23	2.17	25.58	11.46	11.81	0.87	0.84
A8	4.2	13.39	2.11	2.09	22.50	10.67	10.76	0.80	0.80
A9	4	13.19	1.98	2.02	19.66	9.91	9.76	0.74	0.75
A10	3.8	12.99	1.86	1.94	17.07	9.18	8.80	0.68	0.71
A11	3.6	12.79	1.73	1.87	14.73	8.50	7.89	0.62	0.66
A12	3.45	12.64	1.64	1.81	13.12	8.01	7.24	0.57	0.63
A13	3.33	12.52	1.56	1.77	11.94	7.64	6.75	0.54	0.61
A14	3.23	12.42	1.50	1.73	11.01	7.35	6.36	0.51	0.59
A15	3.15	12.34	1.45	1.70	10.31	7.13	6.05	0.49	0.58
A16	3.1	12.29	1.41	1.69	9.89	6.99	5.87	0.48	0.57
A17	3.05	12.24	1.38	1.67	9.49	6.86	5.69	0.46	0.56
A18	3	12.19	1.35	1.65	9.10	6.74	5.51	0.45	0.55
A19	3	12.19	1.35	1.65	9.10	6.74	5.51	0.45	0.55

#### 4.4. Analisa Pembebanan Tahap Kantilever

Beban-beban yang terjadi pada tahap kantilever adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat sendiri segmen. Beban mati adalah beban yang dihasilkan oleh komponen struktur. Beban ini sifatnya tetap dan tidak berpindah. Berat *formwork traveler* dalam tugas akhir ini juga diperhitungkan sebagai beban mati pada tahap kantilever.

##### 4.4.1 Berat Sendiri Segmen

Berat sendiri ( $q$ ) didapatkan dari luas penampang melintang u-box girder dikalikan berat jenis beton.

Berikut contoh perhitungan beban akibat berat sendiri pada segmen 1 :

- Luas penampang A1 = 15,19 m<sup>2</sup> (tabel 4.1)
- Luas penampang A2 = 14,89 m<sup>2</sup> (tabel 4.1)
- Berat jenis beton basah = 26 kN/m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{A_1 + A_2}{2} \times B_j.\text{beton} \\
 &= \frac{15,19 + 14,89}{2} \text{ m}^2 \times 26 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 15,04 \text{ m}^2 \times 26 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 391,08 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Pembebanan akibat berat sendiri masing-masing segmen selanjutnya disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Perhitungan beban akibat berat sendiri seluruh segmen kantilever

Segmen	A m <sup>2</sup>	q kN/m	X m	P <sub>g seg.</sub> m	P kN	P Ton
0	24.48	636.50	1.5	3	1909.5	190.95
1	15.04	391.08	1.25	2.5	977.7	97.77
2	14.74	383.28	1.25	2.5	958.2	95.82
3	14.47	376.13	1.25	2.5	940.3	94.03
4	14.22	369.63	1.25	2.5	924.1	92.41
5	13.97	363.13	1.25	2.5	907.8	90.78
6	13.72	356.63	1.25	2.5	891.6	89.16
7	13.49	350.78	1.25	2.5	877.0	87.70
8	13.29	345.58	1.25	2.5	864.0	86.40
9	13.09	340.38	1.5	3	1021.1	102.11
10	12.89	335.18	1.5	3	1005.5	100.55
11	12.72	330.63	1.5	3	991.9	99.19
12	12.58	327.12	1.5	3	981.4	98.14
13	12.47	324.26	1.5	3	972.8	97.28
14	12.38	321.92	1.5	3	965.8	96.58
15	12.32	320.23	1.5	3	960.7	96.07
16	12.27	318.93	1.5	3	956.8	95.68
17	12.22	317.63	1.5	3	952.9	95.29
18	12.19	316.98	1	2	634.0	63.40

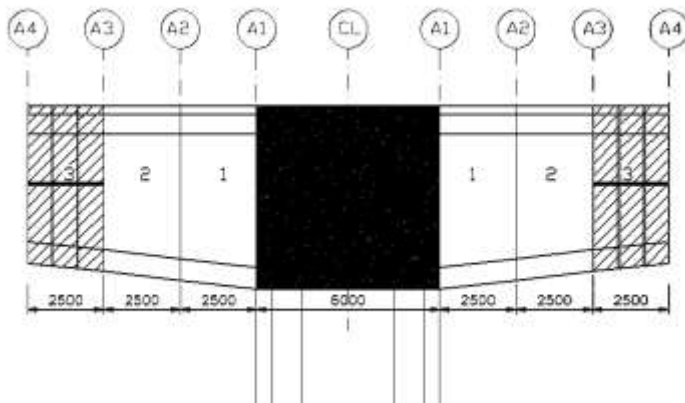
#### 4.4.2 Berat *Formwork Traveler*

*Traveler formwork* berarti bekisting berjalan, bekisting yang difungsikan berulang kali pada pekerjaan segmental, difungsikan sebagai penggantung atau penopang bekisting serta penggerak bekisting untuk pengecoran segmen berikutnya, Berat *traveler formwork* yang dihitung sebagai beban mati pada tahap kantilever yaitu sebesar 500 kN (Ardyansyah, 2009).

#### 4.5. Perencanaan Tendon Kantilever

Tendon kantilever dihitung berdasarkan momen yang didapat akibat berat sendiri box girder dan akibat alat *form traveler*. Pada sisi kantilever, beban akibat berat sendiri u-box girder dan form traveler antara lengan kiri dan lengan kanan harus seimbang. Hal ini dimaksudkan agar pada saat pelaksanaan tahap kantilever, beban vertikal akan tetap seimbang antara lengan kiri dan kanan.

Berikut merupakan contoh perhitungan pada saat segmen 2 terpasang seperti terlihat pada gambar 4.3 di mana akan dicek tegangan pada As CL, As A1, As A2, As A3, dan As A4.



Gambar 4. 3 Segmen 2 terpasang

#### 4.5.1 Perhitungan Gaya Dalam

Dalam perhitungan gaya dalam, pembeban dihitung dalam dua kondisi yaitu sebagai berikut :

Pembebanan : Berat (P) Sendiri Segmen + Beban (PTrav) Traveler

$$P = A \times L$$

Keterangan :

P = berat segmen (kN)

P Trav = berat *formwork traveler* (kN)

A = luas penampang segmen (tabel 4.2) (m<sup>2</sup>)

L = panjang segmen (m)

Berat dan jarak terhadap As CL :

- P 0 = 636,5 kN/m x 3 m = 1909,5 kN ,L= 1,5 m
- P 1 = 391,08 kN/m x 2,5 m = 977,7 kN ,L= 4,25 m
- P 2 = 383,28 kN/m x 2,5 m = 958,2 kN ,L= 6,75 m
- P 3 = 376,13 kN/m x 2,5 m = 940,3 kN ,L= 9,25 m
- P Trav = 500 kN ,L= 9,25 m

Momen terhadap As CL :

- $M_{ucl} = P 0 \times 1,5m + P 1 \times 4,25m + P 2 \times 6,75m + P 3 \times 9,25m$   
 $+ P Trav \times 9,25m$   
 $= 1909,5 \times 1,5 + 977,7 \times 4,25 + 958,2 \times 6,75 + 940,3$   
 $\times 9,25 + 500 \times 9,25$   
 $= 26810,4 \text{ kNm}$

Momen terhadap As A1 :

- $M_{ucl} = P 1 \times 1,25m + P 2 \times 3,75m + P 3 \times 6,25m + P Trav$   
 $\times 6,25m$   
 $= 977,7 \times 1,25 + 958,2 \times 3,75 + 940,3 \times 6,25 + 500$   
 $\times 6,25$   
 $= 13817,5 \text{ kNm}$

Momen terhadap As A2 :

- $M_{ucl} = P 2 \times 1,25m + P 3 \times 3,75m + P Trav \times 3,75m$   
 $= 958,2 \times 1,25 + 940,3 \times 3,75 + 500 \times 3,75$   
 $= 6599,0 \text{ kNm}$

Perhitungan momen akibat pemasangan tiap segmen kantilever akan disajikan dalam bentuk tabel.

#### 4.5.2 Perencanaan Tendon

Direncanakan menggunakan kabel jenis strand *seven wires stress relieved* (7 kawat untaian), dengan mengacu pada tabel OVM, berikut adalah jenis dan karakteristik tendon yang digunakan :

- Diameter = 15,24 mm
- Luas nominal ( $A_{ps}$ ) = 140 mm<sup>2</sup>
- Minimum breaking load = 260,7 kN
- Modulus elastisitas ( $E_s$ ) = 195000 Mpa

Berdasarkan pada tabel spesifikasi tendon OVM tegangan maksimum yang diperbolehkan sebesar  $0,75 F_{pu}$  (*minimum breaking load*).

Untuk 1 strand diameter 15,24 mm :

$$\begin{aligned}
 - F_0 &= 0,75 F_{pu} \text{ (minimum breaking load)} \\
 &= 0,75 \times 260,7 \\
 &= 195,53 \text{ kN} \\
 &\approx 196 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

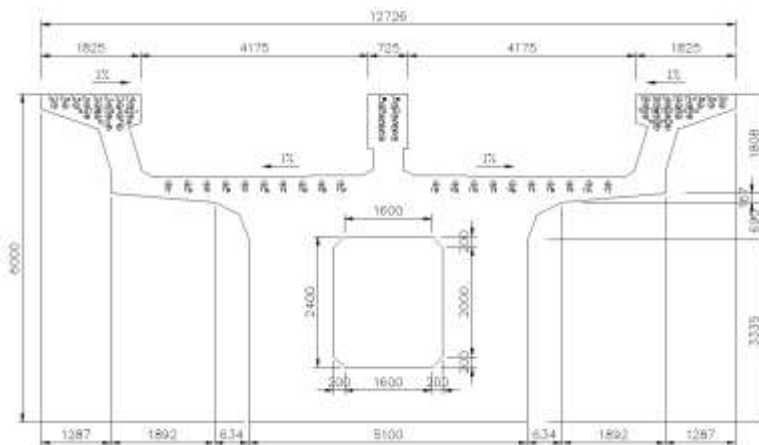
Tegangan untuk 1 strand diameter 15,24 mm :

$$\begin{aligned}
 - f_s &= F_0 / A_{ps} \\
 &= 196 \text{ kN} / 140 \text{ mm}^2 \\
 &= 1,4 \text{ kN/mm}^2 \\
 &= 1400 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan letak tendon untuk metode pelaksanaan konstruksi jembatan *balanced cantilever* dengan meletakkan tendon pada *top slab* pada barrier dan *top slab* u-box girder seperti pada gambar 4.5.

Main Data												
Type	13mm (0.5")				15mm (0.6")				18mm	22mm	28mm	
Designation	prEN 10138-3 (2006) Y184057		ASTM416-06 Grade 270 S274-2003		prEN 10138-3 (2006) Y186057		ASTM416-06 Grade 270 S274-2003		08/7 -2008	05 03536 -2008	05 03536 -2008	05 03536 -2008
Nom. Dia. (mm)	12.5	12.9	12.7	12.7	15.3	15.7	15.24	15.2	17.8	21.8	28.6	
Nom. Cross Section (mm <sup>2</sup> )	93	100	98.7	98.7	140	150	140	140	208.4	312.9	512.4	
Nom. Mass (Kg/m)	0.726	0.781	0.775	0.775	1.093	1.172	1.102	1.101	1.652	2.482	4.229	
Nom. Yield Strength (MPa)	1634	1540	1675		1636	1640	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	387	573	949	
Young's Modulus (Gpa)	Approx. 195											
Relaxation after 1.000h at 10° C at 70% breaking load	Max. 2.5											

Gambar 4. 4 OVM Strand and tendon properties



Gambar 4. 5 Letak tendon kantilever

Perencanaan tendon kantilever dilakukan secara manual kemudian dikontrol kembali dengan program bantu SAP2000. Kebutuhan tendon kantilever pada tiap pemasangan segmen adalah sebanyak 4 tendon tiap segmen terutama pada segmen awal (0-3) dan akhir (17 dan 18). Sedangkan pada segmen 4 hingga segmen 16 direncanakan tendon sebanyak 2 dan 4 tendon tiap segmen

secara berselang. Untuk lebih jelasnya berikut rekap perencanaan tendon pada tahap kantilever :

Tabel 4. 3 Desain tendon tiap segmen pada tahap kantilever

Segmen U-Box	Panjang /segmen (m)	Panjang Total (m)	Tendon	Tot. Tend.	strand	F (kN)	Fpakai (kN)	F Total (kN)
0&1	5.5	11	4	58	15	2940	11760	280280
2	2.5	16	4	54	15	2940	11760	268520
3	2.5	21	4	50	15	2940	11760	256760
4	2.5	26	2	46	15	2940	5880	245000
5	2.5	31	4	44	20	3920	15680	239120
6	2.5	36	2	40	20	3920	7840	223440
7	2.5	41	4	38	20	3920	15680	215600
8	2.5	46	2	34	20	3920	7840	199920
9	3	52	4	32	25	4900	19600	192080
10	3	58	2	28	25	4900	9800	172480
11	3	64	4	26	30	5880	23520	162680
12	3	70	2	22	20	3920	7840	139160
13	3	76	4	20	30	5880	23520	131320
14	3	82	2	16	30	5880	11760	107800
15	3	88	4	14	35	6860	27440	96040
16	3	94	2	10	35	6860	13720	68600
17	3	100	4	8	35	6860	27440	54880
18	2	104	4	4	35	6860	27440	27440

#### 4.5.3 Kehilangan Gaya Prategang Tahap Kantiliver

Contoh perhitungan kehilangan gaya prategang pada pemasangan segmen 2 dengan kontrol tegangan terhadap As CL.

Kontrol penampang box girder pada As CL :

$$\begin{aligned}
 H &= 6 \text{ m (tabel 4.1)} \\
 A &= 24,48 \text{ m}^2 \text{ (tabel 4.1)} \\
 y_t &= 3,05 \text{ m (tabel 4.1)} \\
 y_b &= 2,95 \text{ m (tabel 4.1)} \\
 I &= 73,46 \text{ m}^4 \text{ (tabel 4.1)}
 \end{aligned}$$

$$M_{\text{tot}} = 26810,39 \text{ kNm (dari subbab 4.5.1 Perhitungan Gaya Dalam } M_{\text{uCL}})$$

$$k_b = 0,99 \text{ m (tabel 4.1)}$$

Berikut contoh perhitungan eksentrisitas (e) tendon terhadap penampang u-box girder pada As CL :

$$\begin{aligned} e &= yt - \text{jarak cgs tendon ke serat atas penampang} \\ &= 3,05 \text{ m} - 0,93 \text{ m} \\ &= 2,12 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan menempatkan tendon pada u-box girder maka gaya prategang yang diperlukan adalah

$$F_{\text{perlu}} = \frac{M}{e+k_b} = \frac{26810,39 \text{ kNm}}{2,12 \text{ m} + 0,99 \text{ m}} = 8643,58 \text{ kN}$$

Dengan menggunakan 8 tendon dan ditarik sebesar 23520 kN, maka kekuatan tarik tendon melebihi yang diperlukan.

Berikut perhitungan tegangan yang terjadi akibat segmen 2 terpasang pada As CL sebelum mengalami kehilangan gaya prategang :

Serat atas

$$\begin{aligned} f_{ci} &= \frac{F_0}{A} + \frac{F_0 \cdot e \cdot yt}{I} - \frac{M_g \cdot yt}{I} \\ &= \frac{23520 \times 10^3}{24,48 \times 10^6} + \frac{23520 \times 10^3 \times 2,12 \times 10^3 \times 3,05 \times 10^3}{73,46 \times 10^{12}} \\ &\quad - \frac{26810,39 \times 10^6 \times 3,05 \times 10^3}{73,46 \times 10^{12}} \\ &= 0,96 + 2,06 - 1,11 \\ &= 1,91 \text{ Mpa} < \sigma_{\text{tekan}} = 26,4 \text{ Mpa.....(OK)} \end{aligned}$$



Serat bawah

$$\begin{aligned}
 f_{ci} &= \frac{F_0}{A} - \frac{F_0 \cdot e \cdot y_b}{I} + \frac{M_g \cdot y_b}{I} \\
 &= \frac{23520 \times 10^3}{24,48 \times 10^6} - \frac{23520 \times 10^3 \times 2,12 \times 10^3 \times 2,95 \times 10^3}{73,46 \times 10^{12}} \\
 &\quad + \frac{26810,39 \times 10^6 \times 2,95 \times 10^3}{73,46 \times 10^{12}} \\
 &= 0,96 - 2,00 + 1,08 \\
 &= 0,04 \text{ Mpa} < \sigma_{tarik} = 1,66 \text{ Mpa} \dots \dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

**a) Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton ( $\Delta_{ES}$ )**

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.

$E_s$  = 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 (mm<sup>2</sup>)

Modulus Elastisitas Eci :

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

Rasio Modulus Elastisitas (n) :

$$n = \frac{E_s}{E_{ci}} = \frac{195000}{33234,019} = 5,867$$

Kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton ( $\Delta_{ES}$ ) :

$$\begin{aligned} \Delta_{ES} &= K_{es} n f_{cir} \\ &= 0,5 \times 5,867 \times 1,91 \\ &= 5,61 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

**b)** Kehilangan prategang akibat gesekan ( $\Delta_{fs1}$ )

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.

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

Di mana :

K = koefisien wobble (tabel 2.8)

L = panjang bersih balok (m)

$\mu$  = koefisien kelengkungan (tabel 2.8)

$\alpha$  = sudut pusat tendon (L/R)

Panjang tendon, L = 3 m

Sudut kelengkungan,  $\alpha \approx 0$

Dengan mengambil nilai rata rata tabel 2.8 untuk strand dengan untaian 7 kawat, didapat nilai  $k = 0,0041$  dan nilai  $\mu = 0,2$

$$\begin{aligned} \frac{F_2 - F_1}{F_1} &= -KL - \mu\alpha \\ &= -0,0041 \times 3 - 0,2 \times 0 \\ &= -0,012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{fs1} &= \frac{F_2 - F_1}{F_1} \cdot f_s \\ &= 0,012 \cdot 1400 \text{ MPa} \\ &= 17,22 \text{ MPa} \end{aligned}$$

c) Kehilangan prategang slip angkur ( $\Delta_{fs2}$ )

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 (TY. Lin,xxx).

Panjang tendon, L = 16 m

$$\begin{aligned} \text{ANC} = \Delta_{fs2} &= \frac{\Delta a E_s}{L} \\ &= \frac{2,5 \times 195000}{16000} \\ &= 30,47 \text{ MPa} \end{aligned}$$

#### 4.5.4 Kontrol Tegangan Tahap Kantilever

Berdasarkan perhitungan kehilangan gaya prategang tahap kantilever sebelumnya, maka dapat dihitung tegangan efektif yang terjadi.

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

$$\begin{aligned} f_{se} &= f_s - \Delta_{ES} - \Delta_{fs1} - \Delta_{fs2} \\ &= 1400 - 5,61 - 17,22 - 30,47 \\ &= 1346,70 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} F_{se} &= \text{Jml tendon} \times A_{ps} \times f_{se} \times \text{Jml strand} \\ &= (8 \times 140 \text{ mm}^2 \times 1346,70 \text{ MPa} \times 15) \\ &= 22624,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol tegangan pada serat atas dan serat bawah penampang :

Serat atas

$$\begin{aligned} f_{ci} &= \frac{F_0}{A} + \frac{F_0 \cdot e \cdot y_t}{I} - \frac{M_g \cdot y_t}{I} \\ &= \frac{22624,53 \times 10^3}{24,48 \times 10^6} + \frac{22624,53 \times 10^3 \times 2,12 \times 10^3 \times 3,05 \times 10^3}{73,46 \times 10^{12}} \\ &\quad - \frac{26810,39 \times 10^6 \times 3,05 \times 10^3}{73,46 \times 10^{12}} \\ &= 0,92 + 1,99 - 1,11 \\ &= 1,80 \text{ Mpa} < \sigma_{tekan} = 26,4 \text{ Mpa} \dots \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

Serat bawah

$$\begin{aligned} f_{ci} &= \frac{F_0}{A} - \frac{F_0 \cdot e \cdot y_b}{I} + \frac{M_g \cdot y_b}{I} \\ &= \frac{22624,53 \times 10^3}{24,48 \times 10^6} - \frac{22624,53 \times 10^3 \times 2,12 \times 10^3 \times 2,95 \times 10^3}{73,46 \times 10^{12}} \\ &\quad + \frac{26810,39 \times 10^6 \times 2,95 \times 10^3}{73,46 \times 10^{12}} \\ &= 0,92 - 1,93 + 1,08 \\ &= 0,08 \text{ Mpa} < \sigma_{tarik} = 1,66 \text{ Mpa} \dots \dots (\text{OK}) \end{aligned}$$

Contoh perhitungan tendon kantilever pada segmen 2 terhadap As CL di atas menunjukkan bahwa tendon yang

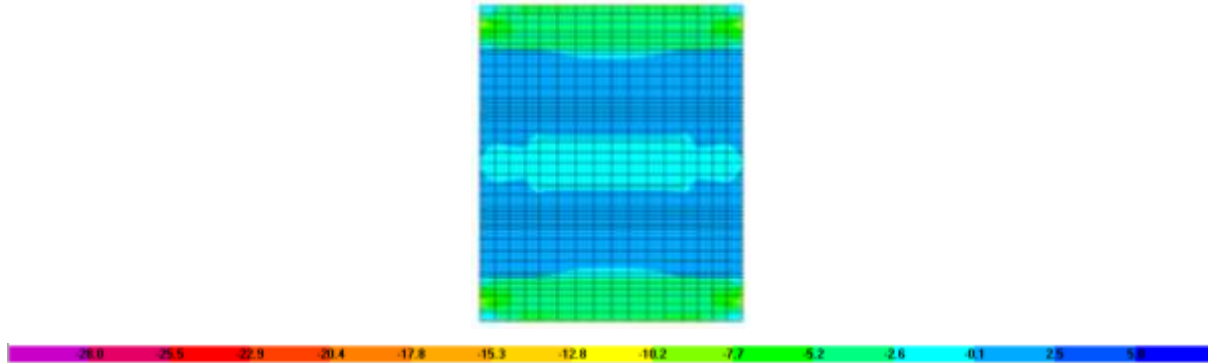
direncanakan memenuhi syarat tegangan yang diijinkan yaitu pada serat atas terjadi tegangan tekan sebesar 1,80 MPa dan serat bawah terjadi tegangan tarik sebesar 0,08 MPa. Tegangan pada As CL akibat segmen 2 terpasang menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi tidak melebihi tegangan yang diijinkan. Perhitungan perencanaan tendon secara manual beserta hasil output SAP2000 pada tahap pelaksanaan (kantilever) akan disajikan dibawah ini dalam bentuk tabel dan gambar.

## 1. Segmen 0 dan 1

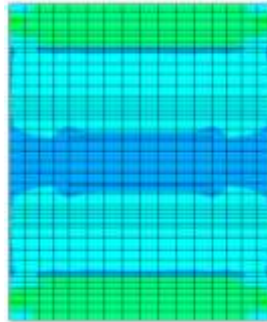
Tabel 4. 4 *Preliminary design* segmen 0 dan 1

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	kb	Mt	e	F perlu	Σ	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δ <sub>es</sub>	Δ <sub>fs1</sub>	Δ <sub>fs2</sub>	f <sub>se</sub>	F <sub>se</sub>	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN	Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	16862.3	2.12	5436.4	4	11760	0.48	1.03	-1.00	-0.70	0.68	0.81	0.16	2.39	17.22	44.32	1336	11223	0.74	0.18	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	6690.4	1.87	2040.4	4	11760	0.78	1.03	-1.17	-0.31	0.36	1.50	-0.04	4.39	17.22	44.32	1334	11206	1.41	-0.02	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	0.0	1.72	0.0	4	11760	0.80	1.04	-1.17	0.00	0.00	1.83	-0.37	5.38	14.35	44.32	1336	11222	1.75	-0.36	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 0 dan segmen 1 terpasang :



Gambar 4. 6 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 0 dan 1 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 7 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 0 dan 1 terpasang (satuan N,mm,C)



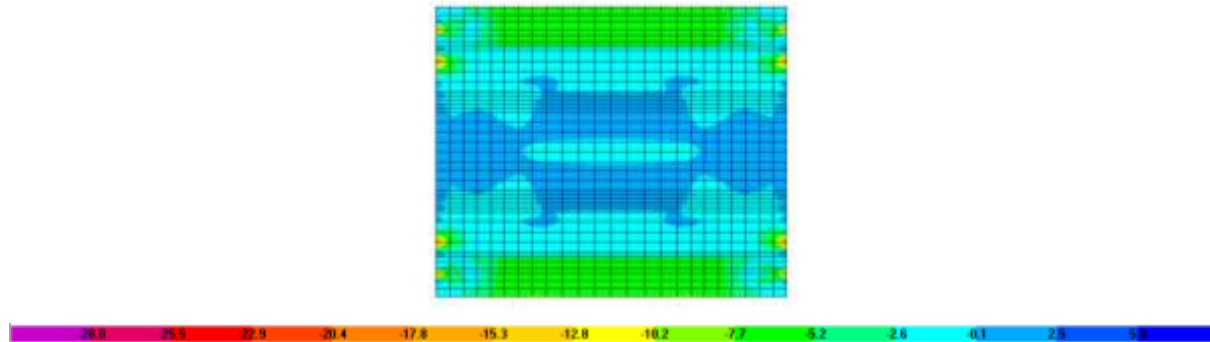
Gambar 4. 8 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 0 dan 1 terpasang (satuan N,mm,C)

## 2. Segmen 2

Tabel 4. 5 Preliminary design segmen 2

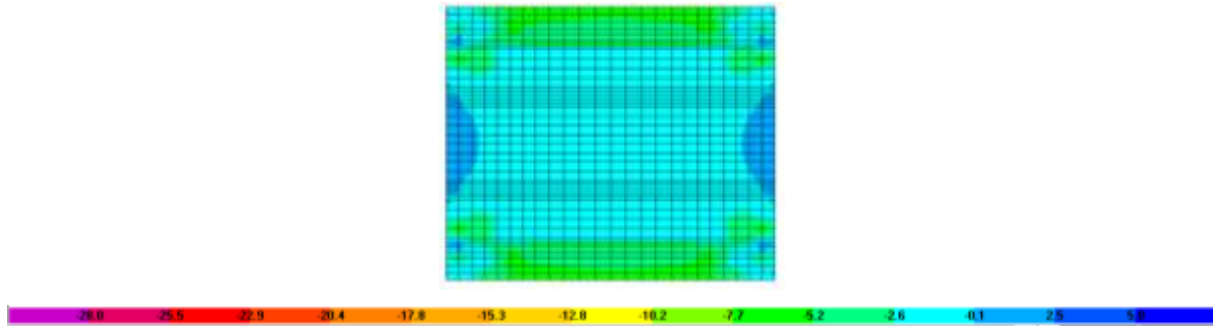
As	A m <sup>2</sup>	y <sub>b</sub> m	y <sub>t</sub> m	I m <sup>4</sup>	kb m	Mt kNm	e m	F perlu kN	Σ Tendon	F pakai kN	F/A MPa	F.e.y/I (MPa) Atas	F.e.y/I (MPa) Bawah	M <sub>y</sub> /I (MPa) Atas	M <sub>y</sub> /I (MPa) Bawah	fci (MPa) Atas	fci (MPa) Bawah	Δcs MPa	Δfs1 MPa	Δfs2 MPa	fse MPa	F se kN	fci (MPa) Atas	fci (MPa) Bawah	Kontrol Atas	Kontrol Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	26810.4	2.12	8643.6	8	23520	0.96	2.06	-2.00	-1.11	1.08	1.91	0.04	5.61	17.22	30.47	1347	22625	1.80	0.08	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	13817.5	1.87	4214.0	8	23520	1.56	2.05	-2.35	-0.65	0.74	2.97	-0.05	8.72	17.22	30.47	1344	22572	2.83	-0.02	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	6599.0	1.72	2182.5	8	23520	1.60	2.07	-2.34	-0.34	0.38	3.33	-0.36	9.77	14.35	30.47	1345	22603	3.19	-0.33	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	0.0	1.57	0.0	4	11760	0.81	1.05	-1.16	0.00	0.00	1.86	-0.35	5.46	14.35	30.47	1350	11338	1.79	-0.34	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 2 terpasang :



Gambar 4. 9 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 2 terpasang (satuan N,mm,C)





Gambar 4. 10 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 2 terpasang (satuan N,mm,C)



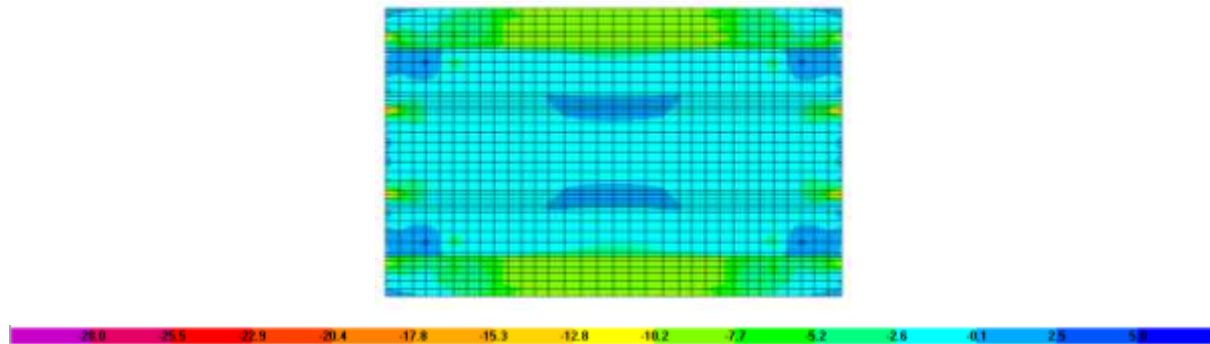
Gambar 4. 11 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 2 terpasang (satuan N,mm,C)

## 3. Segmen 3

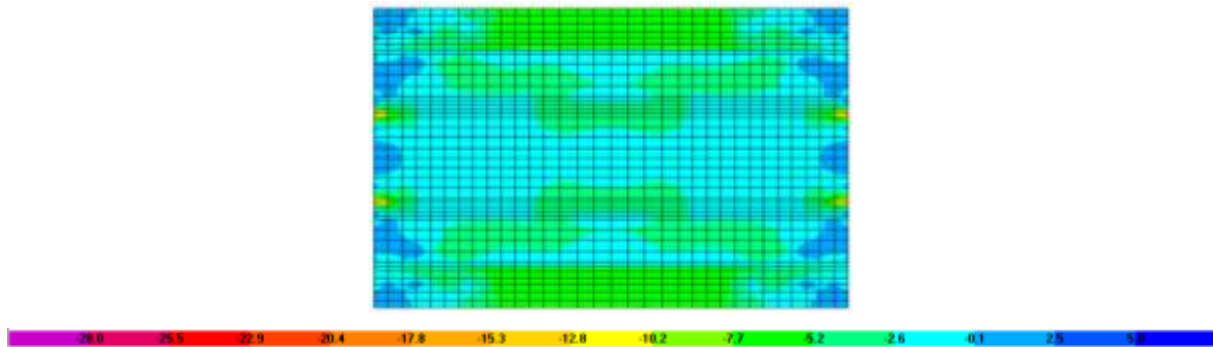
Tabel 4. 6 Preliminary design segmen 3

As	A m <sup>2</sup>	y <sub>b</sub> m	y <sub>t</sub> m	I m <sup>4</sup>	kb m	Mt kNm	e m	F perlu kN	∑ Tendon	F pakai kN	F/A MPa	F.e.y/l (MPa) Atas	F.e.y/l (MPa) Bawah	M.y/l (MPa) Atas	M.y/l (MPa) Bawah	fci (MPa) Atas	fci (MPa) Bawah	Δes MPa	Δfs1 MPa	Δfs2 MPa	fse MPa	F se kN	fci (MPa) Atas	fci (MPa) Bawah	Kontrol	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	38918.3	2.12	12547.1	12	35280	1.44	3.10	-3.00	-1.61	1.57	2.92	0.00	8.58	17.22	23.21	1351	34045	2.76	0.06	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	23153.1	1.87	7061.2	12	35280	2.35	3.08	-3.52	-1.08	1.24	4.35	0.06	12.75	17.22	23.21	1347	33940	4.14	0.10	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	13624.5	1.72	4506.0	12	35280	2.39	3.11	-3.51	-0.70	0.79	4.80	-0.33	14.10	14.35	23.21	1348	33978	4.60	-0.29	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	6515.7	1.57	2351.3	8	23520	1.63	2.10	-2.33	-0.37	0.41	3.35	-0.29	9.83	14.35	23.21	1353	22724	3.22	-0.27	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	0.0	1.44	0.0	4	11760	0.83	1.05	-1.15	0.00	0.00	1.88	-0.33	5.52	14.35	23.21	1357	11398	1.82	-0.32	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 3 terpasang :



Gambar 4. 12 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 3 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 13 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 3 terpasang (satuan N,mm,C)



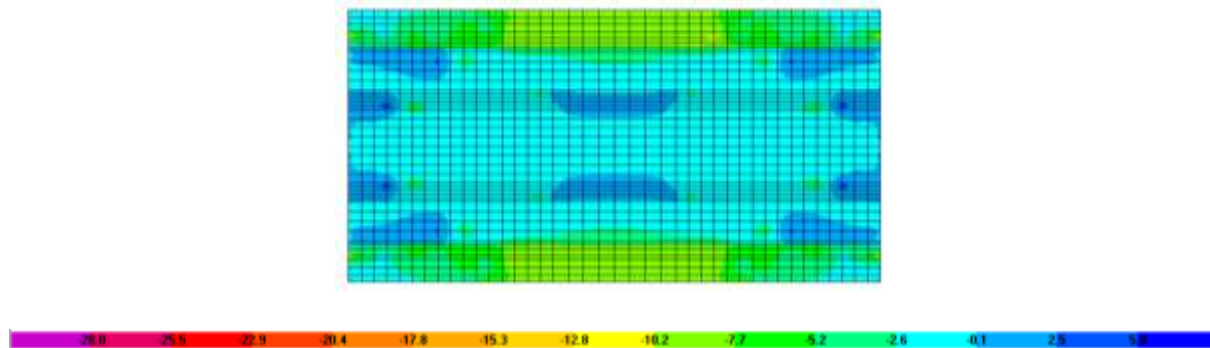
Gambar 4. 14 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 3 terpasang (satuan N,mm,C)

## 4. Segmen 4

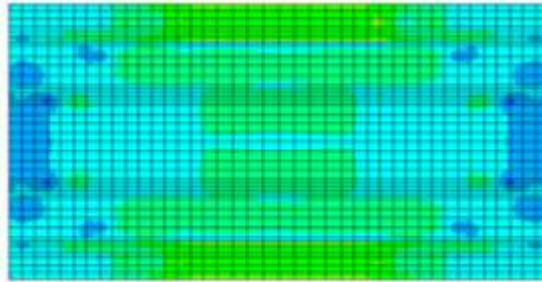
Tabel 4. 7 Preliminary design segmen 4

As	A	yb	yt	I	kb	Mt	e	F perlu	Σ	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes	Δfs1	Δfs2	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN	Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	53104.9	2.12	17120.8	14	41160	1.68	3.61	-3.50	-2.20	2.14	3.09	0.31	9.07	17.22	18.75	1355	39836	2.92	0.37	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	34616.2	1.87	10557.2	14	41160	2.74	3.60	-4.11	-1.62	1.85	4.71	0.47	13.83	17.22	18.75	1350	39696	4.49	0.52	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	22818.0	1.72	7546.5	14	41160	2.79	3.63	-4.10	-1.17	1.32	5.25	0.02	15.40	14.35	18.75	1351	39734	5.03	0.06	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	13439.6	1.57	4849.9	10	29400	2.03	2.62	-2.91	-0.76	0.85	3.89	-0.03	11.40	14.35	18.75	1355	28465	3.74	0.00	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	6434.5	1.44	2514.8	6	17640	1.24	1.58	-1.73	-0.40	0.44	2.42	-0.05	7.10	14.35	18.75	1360	17133	2.34	-0.04	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	0.0	1.32	0.0	2	5880	0.42	0.53	-0.57	0.00	0.00	0.95	-0.15	2.80	14.35	18.75	1364	5729	0.93	-0.15	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 4 terpasang :



Gambar 4. 15 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 4 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 16 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 4 terpasang (satuan N,mm,C)



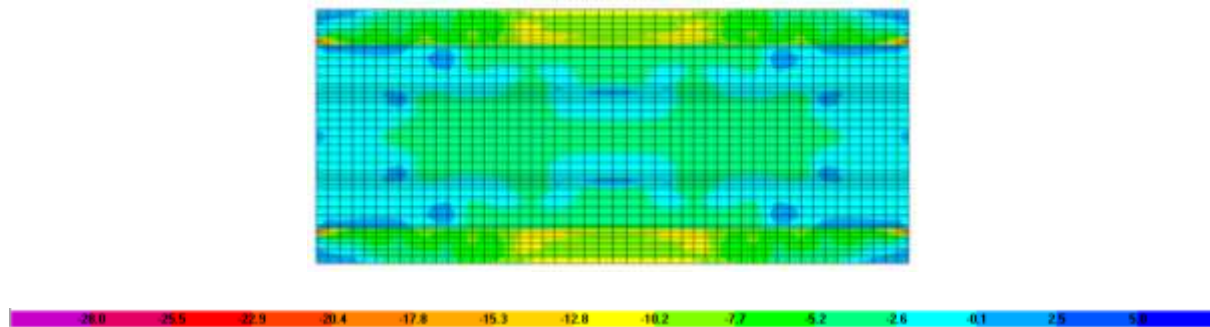
Gambar 4. 17 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 4 terpasang (satuan N,mm,C)

## 5. Segmen 5

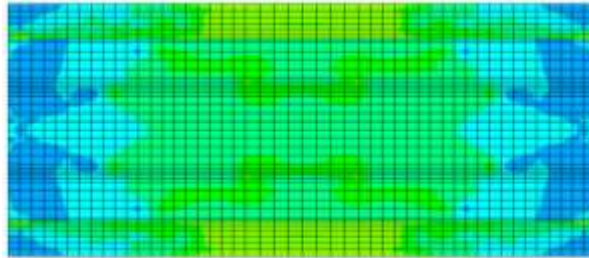
Tabel 4. 8 Preliminary design segmen 5

As	A	yb	yt	I	kb	Mt	e	F perlu	$\Sigma$ Tendon	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		$\Delta$ es	$\Delta$ fs1	$\Delta$ fs2	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	$\frac{s}{m^2}$	m	m	$\frac{s^4}{m^4}$	m	kNm	m	kN		kN	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	69288.8	2.12	22338.5	18	56840	2.32	4.99	-4.84	-2.87	2.79	4.44	0.27	13.02	17.22	15.73	1354	54974	4.20	0.35	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	48125.4	1.87	14677.2	18	56840	3.78	4.96	-5.68	-2.25	2.57	6.50	0.67	19.06	17.22	15.73	1348	54729	6.17	0.74	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	34098.3	1.72	11277.2	18	56840	3.86	5.01	-5.66	-1.75	1.98	7.12	0.18	20.88	14.35	15.73	1349	54771	6.79	0.24	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	22491.0	1.57	8116.2	14	45080	3.12	4.02	-4.46	-1.28	1.42	5.85	0.08	17.17	14.35	15.73	1353	43559	5.61	0.12	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	13256.8	1.44	5181.2	10	33320	2.34	2.98	-3.27	-0.83	0.90	4.50	-0.02	13.21	14.35	15.73	1357	32290	4.34	0.01	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	6353.2	1.32	2696.9	6	21560	1.54	1.95	-2.10	-0.44	0.47	3.06	-0.09	8.98	14.35	15.73	1361	20959	2.96	-0.07	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	0.0	1.19	0.0	4	15680	1.14	1.41	-1.49	0.00	0.00	2.55	-0.35	7.49	14.35	15.73	1362	15259	2.49	-0.34	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 5 terpasang :



Gambar 4. 18 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 5 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 19 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 5 terpasang (satuan N,mm,C)



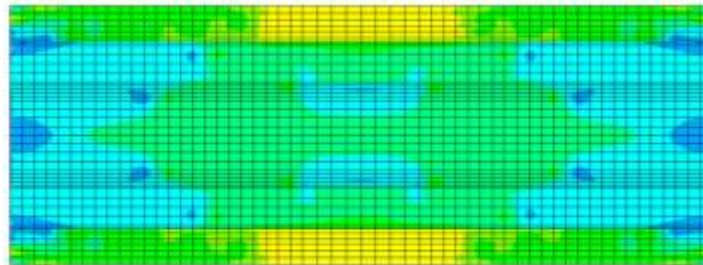
Gambar 4. 20 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 5 terpasang (satuan N,mm,C)

## 6. Segmen 6

Tabel 4. 9 Preliminary design segmen 6

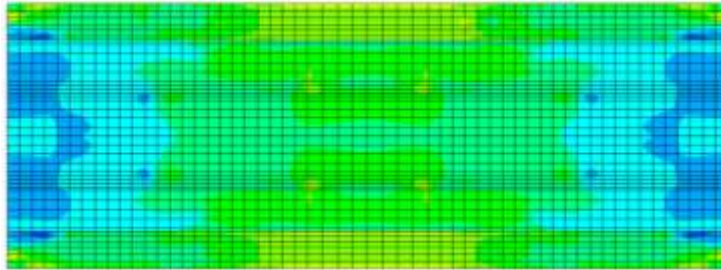
As	A m <sup>2</sup>	yb m	yt m	I m <sup>4</sup>	kb m	Mt kNm	e m	F perlu kN	Σ Tendon	F pakai kN	F/A MPa	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes MPa	Δfs1 MPa	Δfs2 MPa	fse MPa	F se kN	fci (MPa)		Kontrol	
												Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah						Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	87420.2	2.12	28184.0	20	64680	2.64	5.68	-5.51	-3.62	3.52	4.69	0.65	13.77	17.22	13.54	1355	62623	4.43	0.74	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	63625.9	1.87	19404.5	20	64680	4.30	5.65	-6.46	-2.97	3.40	6.98	1.24	20.47	17.22	13.54	1349	62313	6.61	1.32	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	47406.4	1.72	15678.5	20	64680	4.39	5.70	-6.44	-2.44	2.75	7.66	0.70	22.46	14.35	13.54	1350	62354	7.29	0.77	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	33606.7	1.57	12127.5	16	52920	3.66	4.71	-5.24	-1.91	2.12	6.46	0.54	18.95	14.35	13.54	1353	51149	6.18	0.60	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	22180.2	1.44	8668.8	12	41160	2.90	3.69	-4.04	-1.38	1.51	5.20	0.37	15.26	14.35	13.54	1357	39891	5.00	0.41	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	13084.2	1.32	5554.2	8	29400	2.11	2.66	-2.86	-0.90	0.96	3.87	0.21	11.35	14.35	13.54	1361	28576	3.74	0.23	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	6278.1	1.19	2938.1	6	23520	1.71	2.12	-2.23	-0.48	0.50	3.35	-0.02	9.84	14.35	13.54	1362	22886	3.25	0.00	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	0.0	1.06	0.0	2	7840	0.58	0.70	-0.72	0.00	0.00	1.28	-0.14	3.76	14.35	13.54	1368	7662.7	1.25	-0.14	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 6 terpasang :



Gambar 4. 21 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 6 terpasang (satuan N,mm,C)





Gambar 4. 22 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 6 terpasang (satuan N,mm,C)



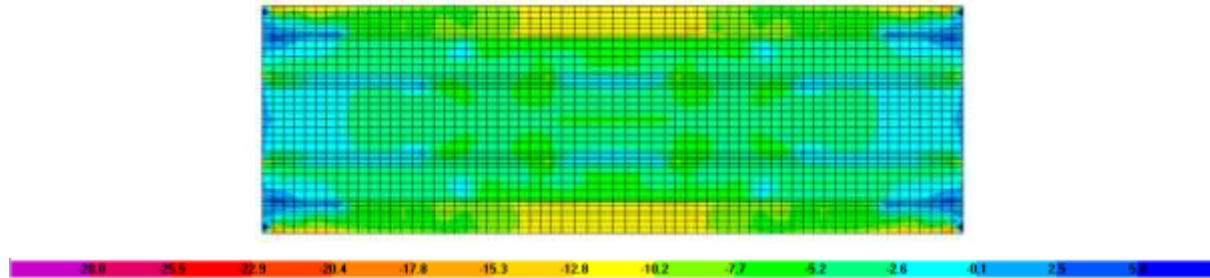
Gambar 4. 23 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 6 terpasang (satuan N,mm,C)

## 7. Segmen 7

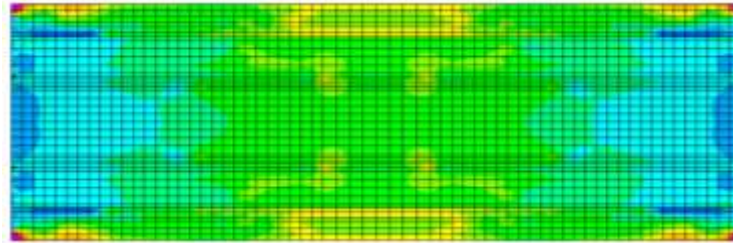
Tabel 4. 10 Preliminary design segmen 7

As	A	yb	yt	I	kb	Mt	e	F perlu	Σ Tendon	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes	Δfs1	Δfs2	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN		kN	MPa	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	107461.2	2.12	34645.1	24	80360	3.28	7.05	-6.84	-4.46	4.32	5.88	0.76	17.25	17.22	11.89	1354	77699	5.54	0.88	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	81075.1	1.87	24726.1	24	80360	5.34	7.02	-8.03	-3.79	4.33	8.57	1.65	25.15	17.22	11.89	1346	77245	8.09	1.75	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	62695.6	1.72	20735.1	24	80360	5.45	7.09	-8.00	-3.22	3.64	9.32	1.09	27.33	14.35	11.89	1346	77285	8.84	1.19	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	46736.1	1.57	16865.5	20	68600	4.74	6.11	-6.79	-2.66	2.95	8.19	0.91	24.04	14.35	11.89	1350	66136	7.80	0.98	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	33149.7	1.44	12956.0	16	56840	4.00	5.09	-5.57	-2.06	2.26	7.03	0.68	20.61	14.35	11.89	1353	54938	6.72	0.74	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	21893.8	1.32	9293.8	12	45080	3.23	4.08	-4.39	-1.50	1.61	5.81	0.45	17.04	14.35	11.89	1357	43687	5.58	0.49	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	12927.8	1.19	6050.2	10	39200	2.86	3.53	-3.72	-0.98	1.04	5.40	0.17	15.85	14.35	11.89	1358	38021	5.21	0.20	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	6211.0	1.06	3225.1	6	23520	1.74	2.11	-2.17	-0.53	0.54	3.32	0.12	9.75	14.35	11.89	1364	22915	3.22	0.13	OK	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	0.0	0.97	0.0	4	15680	1.18	1.41	-1.42	0.00	0.00	2.59	-0.24	7.59	14.35	11.89	1366	15301	2.53	-0.23	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 7 terpasang :



Gambar 4. 24 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 7 terpasang (satuan N/mm<sup>2</sup>)



Gambar 4. 25 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 7 terpasang (satuan N,mm,C)



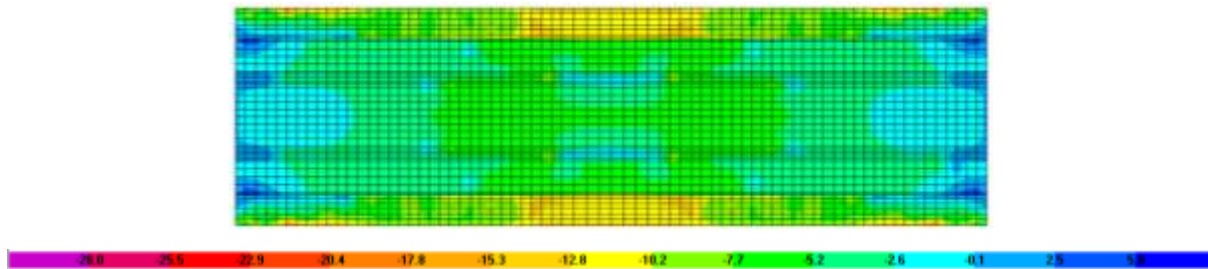
Gambar 4. 26 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 7 terpasang (satuan N,mm,C)

## 8. Segmen 8

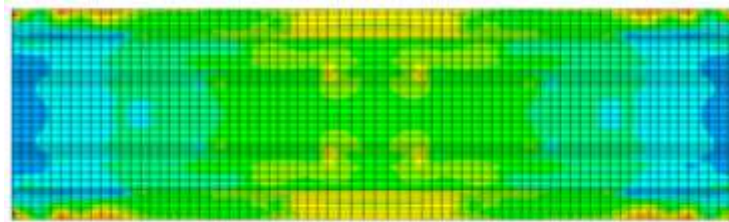
Tabel 4. 11 Preliminary design segmen 8

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	kb	Mt	e	F perlu	Σ	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes	Δfs1	Δfs2	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup> m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup> m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN		Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	133854.2	2.12	43154.1	26	88200	3.60	7.74	-7.51	-5.55	5.38	5.79	1.48	17.00	17.22	10.60	1355	85377	5.43	1.60	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	104404.7	1.87	31841.1	26	88200	5.86	7.70	-8.81	-4.88	5.58	8.69	2.63	25.50	17.22	10.60	1347	84841	8.17	2.74	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	83472.4	1.72	27606.5	26	88200	5.98	7.78	-8.78	-4.29	4.84	9.47	2.04	27.79	14.35	10.60	1347	84877	8.95	2.15	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	64959.9	1.57	23441.9	22	76440	5.28	6.81	-7.57	-3.69	4.11	8.40	1.82	24.64	14.35	10.60	1350	73733	7.97	1.90	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	48820.7	1.44	19080.8	18	64680	4.55	5.79	-6.34	-3.04	3.33	7.30	1.53	21.43	14.35	10.60	1354	62538	6.96	1.59	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	35011.9	1.32	14862.4	14	52920	3.79	4.79	-5.15	-2.40	2.58	6.18	1.22	18.13	14.35	10.60	1357	51292	5.91	1.26	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	23493.1	1.19	10994.7	12	47040	3.43	4.23	-4.46	-1.78	1.88	5.88	0.85	17.25	14.35	10.60	1358	45622	5.65	0.88	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	14223.5	1.06	7385.7	8	31360	2.32	2.81	-2.89	-1.20	1.24	3.93	0.67	11.52	14.35	10.60	1364	30543	3.79	0.69	OK	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	7164.5	0.97	4048.8	6	23520	1.77	2.11	-2.13	-0.67	0.67	3.22	0.31	9.43	14.35	10.60	1366	22942	3.12	0.32	OK	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	0.0	0.85	0.0	2	7840	0.60	0.69	-0.67	0.00	0.00	1.28	-0.08	3.77	14.35	10.60	1371	7679.2	1.26	-0.07	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 8 terpasang :



Gambar 4. 27 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 8 terpasang (satuan N/mm<sup>2</sup>)



Gambar 4. 28 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 8 terpasang (satuan N,mm,C)



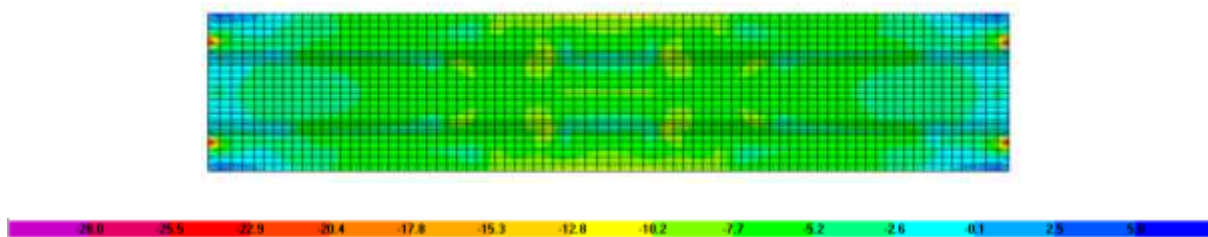
Gambar 4. 29 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 8 terpasang (satuan N,mm,C)

## 9. Segmen 9

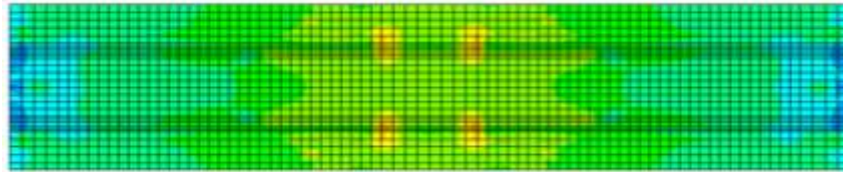
Tabel 4. 12 Preliminary design segmen 9

As	A m <sup>2</sup>	yb m	yt m	I m <sup>4</sup>	kb m	Mt kNm	e m	F perlu kN	Σ Tendon	F pakai kN	F/A MPa	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δcs MPa	Δfs1 MPa	Δfs2 MPa	fse MPa	F se kN	fci (MPa)		Kontrol	
												Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah						Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	163006.7	2.12	52552.8	30	107800	4.40	9.46	-9.18	-6.76	6.56	7.11	1.78	20.84	17.22	9.38	1353	104147	6.64	1.94	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	130540.5	1.87	39812.0	30	107800	7.17	9.42	-10.77	-6.10	6.97	10.48	3.37	30.76	17.22	9.38	1343	103384	9.81	3.52	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	107094.4	1.72	35418.9	30	107800	7.31	9.51	-10.73	-5.50	6.21	11.32	2.79	33.20	14.35	9.38	1343	103417	10.63	2.93	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	86068.1	1.57	31059.1	26	96040	6.64	8.55	-9.51	-4.90	5.44	10.30	2.57	30.21	14.35	9.38	1346	92340	9.71	2.68	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	67414.9	1.44	26348.1	22	84280	5.93	7.55	-8.26	-4.20	4.59	9.28	2.26	27.23	14.35	9.38	1349	81213	8.79	2.34	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	51092.3	1.32	21688.4	18	72520	5.19	6.56	-7.06	-3.50	3.77	8.25	1.90	24.21	14.35	9.38	1352	70037	7.85	1.96	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	37059.6	1.19	17343.9	16	66640	4.86	6.00	-6.33	-2.81	2.97	8.04	1.50	23.59	14.35	9.38	1353	64388	7.68	1.55	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	25276.1	1.06	13124.9	12	50960	3.78	4.56	-4.70	-2.14	2.21	6.20	1.28	18.19	14.35	9.38	1358	49434	5.95	1.31	OK	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	15703.3	0.97	8874.2	10	43120	3.24	3.87	-3.91	-1.46	1.47	5.66	0.81	16.59	14.35	9.38	1360	41878	5.45	0.83	OK	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	8306.7	0.85	5216.5	6	27440	2.10	2.40	-2.36	-0.85	0.84	3.64	0.57	10.69	14.35	9.38	1366	26765	3.53	0.58	OK	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	0.0	0.76	0.0	4	19600	1.52	1.70	-1.63	0.00	0.00	3.22	-0.11	9.44	17.22	9.38	1364	19095	3.14	-0.10	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 9 terpasang :



Gambar 4. 30 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 9 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 31 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 9 terpasang (satuan N,mm,C)



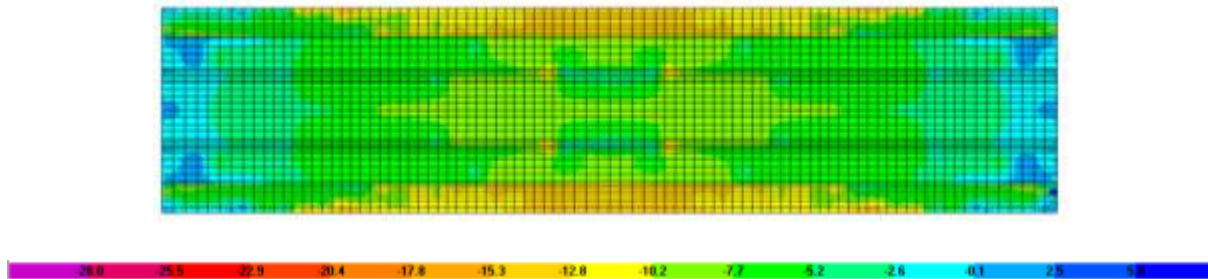
Gambar 4. 32 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 9 terpasang (satuan N,mm,C)

## 10. Segmen 10

Tabel 4. 13 Preliminary design segmen 10

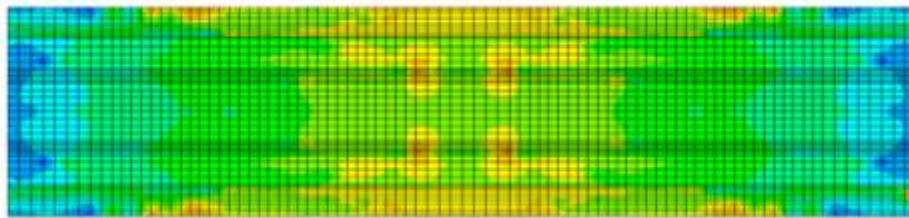
As	A	yb	yt	I	kb	Mt	e	F perlu	$\Sigma$	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Des	$\Delta f_1$	$\Delta f_2$	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN	Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	194759.5	2.12	62789.8	32	117600	4.80	10.32	-10.01	-8.08	7.83	7.05	2.63	20.68	17.22	8.41	1354	113710	6.55	2.80	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	159317.6	1.87	48588.3	32	117600	7.82	10.27	-11.75	-7.44	8.51	10.65	4.58	31.24	17.22	8.41	1343	112824	9.91	4.74	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	133391.7	1.72	44116.2	32	117600	7.98	10.37	-11.71	-6.85	7.73	11.50	4.01	33.72	14.35	8.41	1344	112856	10.75	4.16	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	109885.7	1.57	39654.1	28	105840	7.32	9.43	-10.48	-6.25	6.95	10.49	3.78	30.79	14.35	8.41	1346	101792	9.85	3.91	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	88752.8	1.44	34687.7	24	94080	6.62	8.43	-9.23	-5.53	6.05	9.52	3.44	27.93	14.35	8.41	1349	90674	8.97	3.54	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	69950.5	1.32	29693.6	20	82320	5.89	7.45	-8.02	-4.79	5.16	8.55	3.04	25.08	14.35	8.41	1352	79507	8.09	3.11	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	53438.0	1.19	25009.0	18	76440	5.57	6.88	-7.26	-4.06	4.28	8.39	2.60	24.63	14.35	8.41	1353	73853	7.97	2.65	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	39174.8	1.06	20342.0	14	60760	4.50	5.44	-5.61	-3.32	3.42	6.63	2.32	19.44	14.35	8.41	1358	58929	6.33	2.35	OK	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	27122.3	0.97	15327.3	12	52920	3.98	4.75	-4.79	-2.52	2.54	6.21	1.73	18.23	14.35	8.41	1359	51371	5.96	1.75	OK	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	17245.9	0.85	10830.3	8	37240	2.84	3.26	-3.21	-1.77	1.74	4.33	1.38	12.71	14.35	8.41	1365	36297	4.18	1.39	OK	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	8221.8	0.76	5713.1	6	29400	2.28	2.55	-2.44	-0.93	0.90	3.89	0.74	11.42	17.22	8.41	1363	28622	3.76	0.74	OK	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0.62	0.0	0.64	0.0	2	9800	0.77	0.80	-0.74	0.00	0.00	1.57	0.03	4.60	17.22	8.41	1370	9588.4	1.53	0.03	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 10 terpasang :



Gambar 4. 33 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 10 terpasang (satuan N,mm,C)





Gambar 4. 34 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 10 terpasang (satuan N,mm,C)



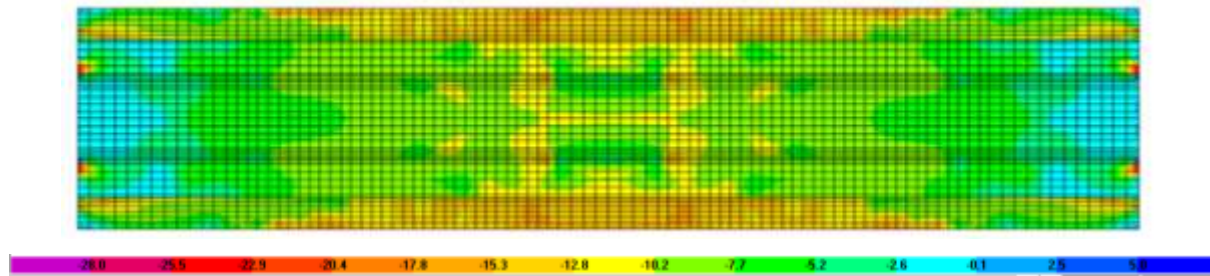
Gambar 4. 35 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 10 terpasang (satuan N,mm,C)

## 11. Segmen 11

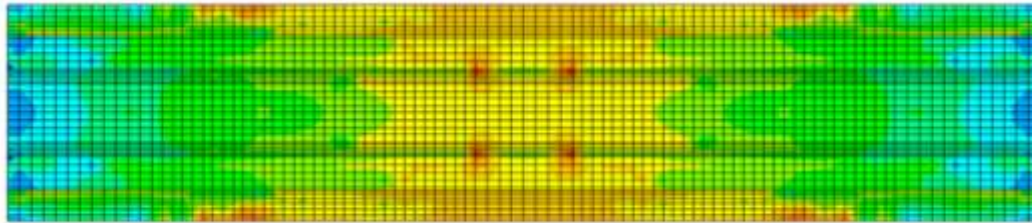
Tabel 4. 14 Preliminary design segmen 11

As	A	yb	yt	l	kb	Mt	e	F perlu	Σ	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes	Δfs1	Δfs2	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN	Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	229135.2	2.12	73872.4	36	141120	5.76	12.38	-12.01	-9.50	9.21	8.65	2.97	25.37	17.22	7.62	1350	136059	8.00	3.19	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	190749.3	1.87	58174.3	36	141120	9.38	12.33	-14.10	-8.91	10.19	12.80	5.48	37.54	17.22	7.62	1338	134832	11.83	5.69	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	162369.9	1.72	53700.0	36	141120	9.57	12.44	-14.05	-8.34	9.42	13.68	4.94	40.12	14.35	7.62	1338	134861	12.70	5.14	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	136410.5	1.57	49226.0	32	129360	8.94	11.52	-12.81	-7.76	8.62	12.71	4.76	37.28	14.35	7.62	1341	123886	11.84	4.92	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	112824.2	1.44	44095.6	28	117600	8.27	10.53	-11.53	-7.02	7.69	11.78	4.43	34.56	14.35	7.62	1343	112852	11.02	4.56	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	91568.5	1.32	38870.3	24	105840	7.58	9.58	-10.31	-6.28	6.75	10.88	4.02	31.92	14.35	7.62	1346	101766	10.22	4.13	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	72602.6	1.19	33978.0	22	99960	7.29	9.00	-9.49	-5.51	5.81	10.77	3.61	31.60	14.35	7.62	1346	96135	10.15	3.70	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	55886.0	1.06	29019.4	18	84280	6.25	7.55	-7.78	-4.73	4.88	9.06	3.35	26.58	14.35	7.62	1351	81357	8.58	3.40	OK	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	41380.0	0.97	23384.6	16	76440	5.75	6.86	-6.92	-3.85	3.88	8.77	2.71	25.72	14.35	7.62	1352	73836	8.34	2.75	OK	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	29050.2	0.85	18243.4	12	60760	4.64	5.31	-5.23	-2.98	2.93	6.98	2.34	20.46	14.35	7.62	1358	58919	6.67	2.36	OK	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	17082.1	0.76	11869.9	10	52920	4.10	4.58	-4.39	-1.94	1.86	6.75	1.57	19.79	17.22	7.62	1355	51233	6.47	1.58	OK	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0.62	8154.0	0.64	6482.3	6	33320	2.62	2.71	-2.51	-1.03	0.96	4.29	1.07	12.60	17.22	7.62	1363	32429	4.15	1.06	OK	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	0.57	0.0	0.55	0.0	4	23520	1.87	1.79	-1.62	0.00	0.00	3.66	0.25	10.74	17.22	7.62	1364	22922	3.57	0.24	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 11 terpasang :



Gambar 4. 36 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 11 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 37 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 11 terpasang (satuan N,mm,C)



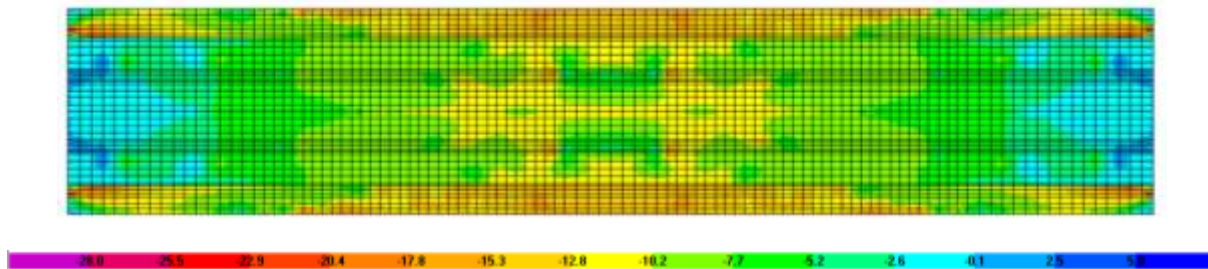
Gambar 4. 38 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 11 terpasang (satuan N,mm,C)

12. Segmen 12

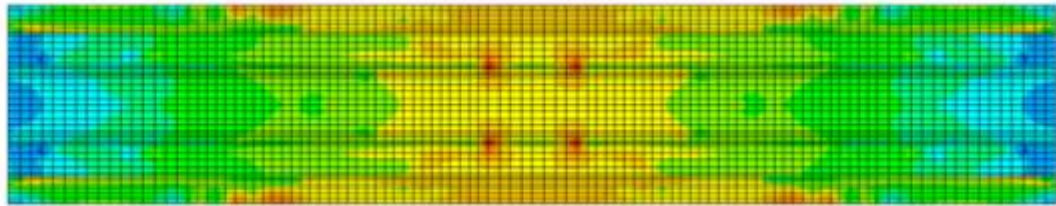
Tabel 4. 15 Preliminary design segmen 12

As	A	yb	yt	I	kb	Mt	e	F perlu	Σ	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes	Δfs1	Δfs2	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN	Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	266141.9	2.12	85803.2	38	148960	6.08	13.07	-12.68	-11.03	10.70	8.12	4.11	23.83	17.22	6.96	1352	143851	7.47	4.33	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	224837.6	1.87	68570.5	38	148960	9.90	13.01	-14.88	-10.50	12.01	12.41	7.04	36.41	17.22	6.96	1339	142513	11.42	7.25	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	194026.3	1.72	64169.6	38	148960	10.10	13.14	-14.83	-9.97	11.25	13.27	6.53	38.94	14.35	6.96	1340	142549	12.27	6.73	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	165634.9	1.57	59772.1	34	137200	9.48	12.22	-13.58	-9.42	10.47	12.28	6.37	36.04	14.35	6.96	1343	131579	11.40	6.54	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	139616.6	1.44	54567.0	30	125440	8.82	11.24	-12.30	-8.69	9.52	11.37	6.04	33.35	14.35	6.96	1345	120542	10.58	6.18	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	115928.9	1.32	49211.2	26	113680	8.14	10.29	-11.07	-7.95	8.55	10.48	5.62	30.75	14.35	6.96	1348	109452	9.80	5.73	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	94531.1	1.19	44240.5	24	107800	7.86	9.70	-10.23	-7.18	7.57	10.38	5.20	30.46	14.35	6.96	1348	103813	9.73	5.28	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	75382.5	1.06	39143.2	20	92120	6.83	8.25	-8.50	-6.39	6.58	8.69	4.91	25.50	14.35	6.96	1353	89040	8.19	4.96	OK	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	58444.6	0.97	33028.1	18	84280	6.34	7.57	-7.63	-5.43	5.48	8.48	4.19	24.87	14.35	6.96	1354	81500	8.02	4.23	OK	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	43682.8	0.85	27432.5	14	68600	5.24	6.00	-5.91	-4.48	4.41	6.76	3.74	19.83	14.35	6.96	1359	66584	6.43	3.76	OK	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	28796.3	0.76	20009.8	12	60760	4.71	5.26	-5.04	-3.27	3.14	6.70	2.81	19.66	17.22	6.96	1356	58857	6.39	2.82	OK	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0.62	16949.9	0.64	13474.9	8	41160	3.24	3.35	-3.11	-2.15	2.00	4.43	2.13	13.01	17.22	6.96	1363	40067	4.26	2.12	OK	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	0.57	8099.6	0.55	7202.4	6	31360	2.49	2.39	-2.16	-1.12	1.01	3.76	1.34	11.04	17.22	6.96	1365	30571	3.64	1.34	OK	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	0.54	0.0	0.46	0.0	2	7840	0.63	0.53	-0.47	0.00	0.00	1.16	0.16	3.40	17.22	6.96	1372	7686	1.14	0.16	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 12 terpasang :



Gambar 4. 39 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 12 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 40 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 12 terpasang (satuan N,mm,C)



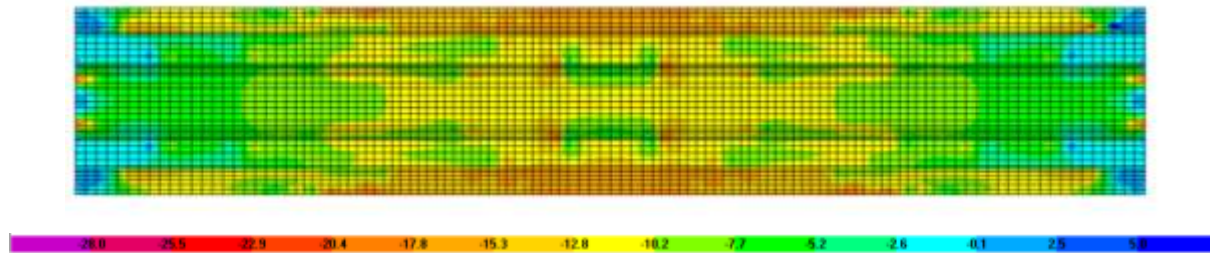
Gambar 4. 41 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 12 terpasang (satuan N,mm,C)

## 13. Segmen 13

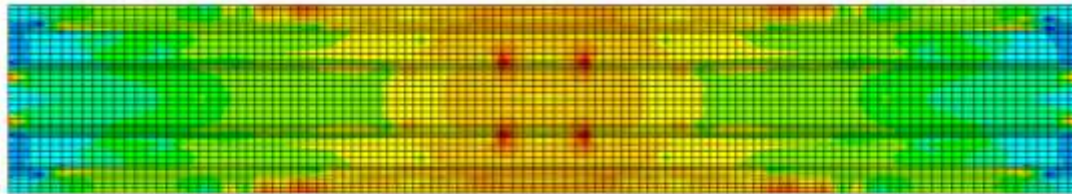
Tabel 4. 16 Preliminary design segmen 13

As	A m <sup>2</sup>	yb m	yt m	I m <sup>4</sup>	kb m	Mt kNm	e m	F perlu kN	Σ Tendon	F pakai kN	F/A		F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes MPa	Δfs1 MPa	Δfs2 MPa	fse MPa	F se kN	fci (MPa)		Kontrol	
											MPa	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah						MPa	MPa	MPa	MPa
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	305789.6	2.12	98585.5	42	172480	7.05	15.14	-14.68	-12.68	12.30	9.50	4.66	27.88	17.22	6.41	1348	166133	8.69	4.94	OK	OK	
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	261588.0	1.87	79778.5	42	172480	11.47	15.06	-17.23	-12.22	13.97	14.31	8.21	41.99	17.22	6.41	1334	164395	13.07	8.48	OK	OK	
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	228362.3	1.72	75525.5	42	172480	11.70	15.21	-17.17	-11.73	13.24	15.18	7.77	44.53	14.35	6.41	1335	164436	13.92	8.03	OK	OK	
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	197556.5	1.57	71291.6	38	160720	11.11	14.32	-15.91	-11.24	12.49	14.19	7.69	41.63	14.35	6.41	1338	153557	13.06	7.90	OK	OK	
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	169123.8	1.44	66099.5	34	148960	10.48	13.34	-14.61	-10.53	11.53	13.29	7.40	38.99	14.35	6.41	1340	142602	12.27	7.57	OK	OK	
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	143021.7	1.32	60711.9	30	137200	9.82	12.42	-13.36	-9.80	10.55	12.44	7.01	36.49	14.35	6.41	1343	131589	11.53	7.16	OK	OK	
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	119209.4	1.19	55789.9	28	131320	9.57	11.82	-12.46	-9.05	9.55	12.34	6.66	36.21	14.35	6.41	1343	125976	11.47	6.77	OK	OK	
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	97646.4	1.06	50704.0	24	115640	8.57	10.36	-10.67	-8.27	8.52	10.66	6.42	31.26	14.35	6.41	1348	111343	9.95	6.50	OK	OK	
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	78294.1	0.97	44245.4	22	107800	8.11	9.68	-9.76	-7.28	7.34	10.51	5.69	30.84	14.35	6.41	1348	103826	9.86	5.75	OK	OK	
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	61117.9	0.85	38381.7	18	92120	7.04	8.05	-7.93	-6.26	6.17	8.82	5.28	25.89	14.35	6.41	1353	89050	8.32	5.31	OK	OK	
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	43334.1	0.76	30111.7	16	84280	6.54	7.30	-6.99	-4.93	4.72	8.91	4.26	26.14	17.22	6.41	1350	81283	8.42	4.28	OK	OK	
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0.62	28590.4	0.64	22728.9	12	64680	5.09	5.26	-4.88	-3.62	3.37	6.72	3.57	19.71	17.22	6.41	1357	62677	6.40	3.56	OK	OK	
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	0.57	16842.8	0.55	14977.2	10	54880	4.36	4.18	-3.78	-2.33	2.10	6.22	2.69	18.24	17.22	6.41	1358	53239	5.96	2.67	OK	OK	
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	0.54	8055.1	0.46	8089.7	6	31360	2.51	2.12	-1.87	-1.19	1.05	3.44	1.69	10.10	17.22	6.41	1366	30604	3.33	1.68	OK	OK	
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	0.51	0.0	0.36	0.0	4	23520	1.90	1.32	-1.14	0.00	0.00	3.22	0.76	9.45	17.22	6.41	1367	22964	3.14	0.74	OK	OK	

Hasil output SAP2000 segmen 13 terpasang :



Gambar 4. 42 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 13 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 43 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 13 terpasang (satuan N,mm,C)



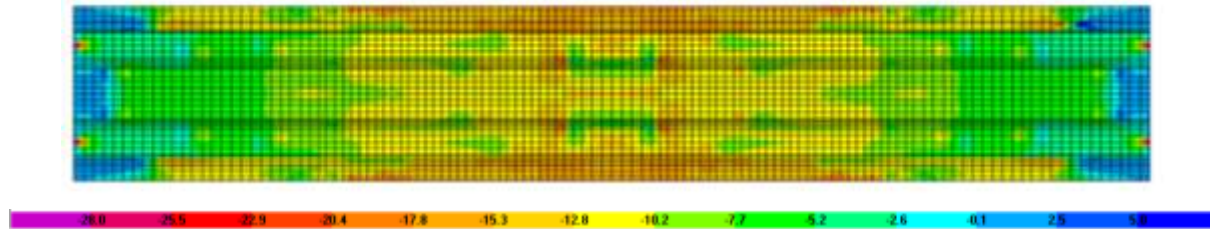
Gambar 4. 44 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 13 terpasang (satuan N,mm,C)

## 14. Segmen 14

Tabel 4. 17 Preliminary design segmen 14

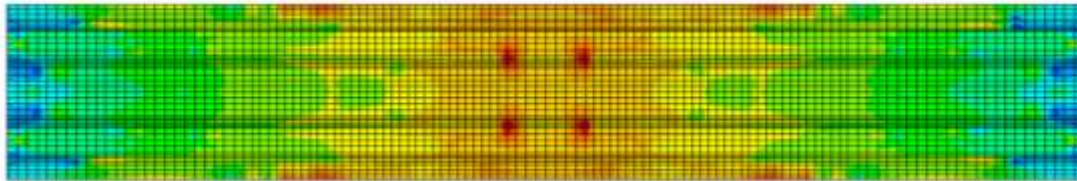
As	A m <sup>2</sup>	yb m	yt m	I m <sup>4</sup>	kb m	Mt kNm	e m	F perlu kN	Σ Tendon	F pakai kN	F/A		F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes MPa	Δf1 MPa	Δf2 MPa	fse MPa	F se kN	fci (MPa)		Kontrol	
											MPa	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah						MPa	MPa	MPa	MPa
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	348119.1	2.12	112232.4	44	184240	7.53	16.17	-15.68	-14.43	14.00	9.26	5.84	27.17	17.22	5.95	1350	177616	8.41	6.14	OK	OK	
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	301035.4	1.87	91809.1	44	184240	12.25	16.09	-18.40	-14.06	16.08	14.28	9.93	41.89	17.22	5.95	1335	175679	12.96	10.21	OK	OK	
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	265408.0	1.72	87777.4	44	184240	12.50	16.25	-18.34	-13.64	15.39	15.11	9.55	44.33	14.35	5.95	1335	175735	13.78	9.82	OK	OK	
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	232200.4	1.57	83793.4	40	172480	11.92	15.36	-17.07	-13.21	14.68	14.08	9.53	41.31	14.35	5.95	1338	164891	12.88	9.75	OK	OK	
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	201366.0	1.44	78700.8	36	160720	11.31	14.40	-15.76	-12.54	13.72	13.16	9.27	38.62	14.35	5.95	1341	153957	12.08	9.46	OK	OK	
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	172862.2	1.32	73379.0	32	148960	10.67	13.48	-14.50	-11.85	12.75	12.30	8.91	36.08	14.35	5.95	1344	142962	11.33	9.06	OK	OK	
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	146648.2	1.19	68631.3	30	143080	10.43	12.88	-13.58	-11.14	11.74	12.17	8.59	35.71	14.35	5.95	1344	137356	11.24	8.72	OK	OK	
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	122683.5	1.06	63704.8	26	127400	9.44	11.41	-11.76	-10.39	10.71	10.46	8.40	30.69	14.35	5.95	1349	122761	9.70	8.48	OK	OK	
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	100929.4	0.97	57037.0	24	119560	9.00	10.74	-10.83	-9.38	9.46	10.35	7.63	30.36	14.35	5.95	1349	115234	9.64	7.69	OK	OK	
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	81351.5	0.85	51088.2	20	103880	7.93	9.08	-8.94	-8.34	8.21	8.68	7.20	25.46	14.35	5.95	1354	100485	8.12	7.24	OK	OK	
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	60685.6	0.76	42168.8	18	96040	7.45	8.32	-7.97	-6.90	6.61	8.87	6.09	26.02	17.22	5.95	1351	92666	8.32	6.11	OK	OK	
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0.62	43059.8	0.64	34231.8	14	76440	6.01	6.21	-5.77	-5.46	5.07	6.77	5.31	19.85	17.22	5.95	1357	74092	6.39	5.30	OK	OK	
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	0.57	28430.1	0.55	25281.0	12	66640	5.30	5.08	-4.59	-3.93	3.55	6.45	4.26	18.91	17.22	5.95	1358	64637	6.13	4.24	OK	OK	
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	0.54	16760.3	0.46	16832.2	8	43120	3.46	2.92	-2.58	-2.48	2.19	3.89	3.07	11.42	17.22	5.95	1365	42055	3.73	3.05	OK	OK	
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	0.51	8021.8	0.36	9234.8	6	35280	2.85	1.98	-1.71	-1.26	1.09	3.57	2.23	10.47	17.22	5.95	1366	34432	3.45	2.20	OK	OK	
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	0.49	0.0	0.36	0.0	2	11760	0.95	0.70	-0.59	0.00	0.00	1.66	0.36	4.86	17.22	5.95	1372	11525	1.62	0.35	OK	OK	

Hasil output SAP2000 segmen 14 terpasang :



Gambar 4. 45 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 14 terpasang (satuan N,mm,C)





Gambar 4. 46 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 14 terpasang (satuan N,mm,C)



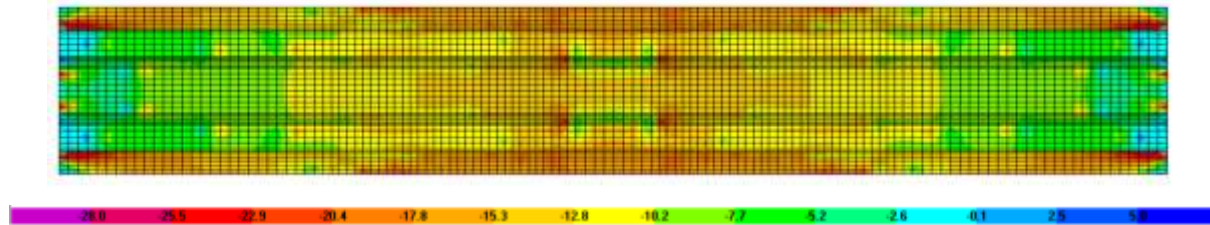
Gambar 4. 47 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 14 terpasang (satuan N,mm,C)

15. Segmen 15

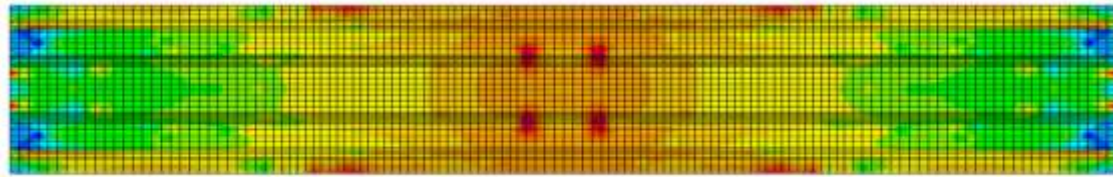
Tabel 4. 18 Preliminary design segmen 15

As	A	yb	yt	I	kb	Mt	e	F perlu	Σ	F pakai	F/A	F.e./I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes	Δfs1	Δfs2	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN	Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	393153.3	2.12	126751.2	48	211680	8.65	18.58	-18.02	-16.30	15.81	10.92	6.44	32.04	17.22	5.54	1345	203394	9.86	6.81	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	343199.2	1.87	104668.1	48	211680	14.07	18.49	-21.14	-16.03	18.33	16.53	11.26	48.49	17.22	5.54	1329	200906	14.87	11.62	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	305179.8	1.72	100931.0	48	211680	14.36	18.67	-21.07	-15.68	17.70	17.35	10.99	50.89	14.35	5.54	1329	200977	15.68	11.33	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	269580.2	1.57	97282.6	44	199920	13.82	17.81	-19.79	-15.33	17.04	16.29	11.07	47.81	14.35	5.54	1332	190253	14.77	11.36	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	236353.9	1.44	92375.3	40	188160	13.24	16.85	-18.45	-14.71	16.11	15.37	10.89	45.10	14.35	5.54	1335	179425	13.98	11.14	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	205458.0	1.32	87215.8	36	176400	12.63	15.96	-17.18	-14.08	15.15	14.51	10.61	42.58	14.35	5.54	1338	168529	13.24	10.81	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	176852.0	1.19	82766.7	34	170520	12.43	15.35	-16.19	-13.43	14.16	14.35	10.41	42.10	14.35	5.54	1338	162970	13.12	10.57	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	150495.3	1.06	78146.4	30	154840	11.48	13.87	-14.29	-12.75	13.14	12.59	10.32	36.95	14.35	5.54	1343	148554	11.57	10.44	OK	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	126349.3	0.97	71402.2	28	147000	11.06	13.20	-13.32	-11.74	11.85	12.52	9.59	36.72	14.35	5.54	1343	141056	11.53	9.68	OK	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	104379.4	0.85	65549.6	24	131320	10.03	11.48	-11.31	-10.70	10.54	10.81	9.26	31.72	14.35	5.54	1348	126479	10.02	9.31	OK	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	80843.1	0.76	56175.7	22	123480	9.58	10.70	-10.25	-9.19	8.81	11.08	8.14	32.52	17.22	5.54	1345	118605	10.28	8.16	OK	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0.62	60346.9	0.64	47974.8	18	103880	8.17	8.44	-7.84	-7.65	7.10	8.96	7.43	26.29	17.22	5.54	1351	100240	8.38	7.42	OK	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	0.57	42846.8	0.55	38100.8	16	94080	7.48	7.17	-6.48	-5.92	5.35	8.73	6.35	25.60	17.22	5.54	1352	90830	8.22	6.31	OK	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	0.54	28306.7	0.46	28428.1	12	70560	5.66	4.77	-4.22	-4.19	3.70	6.24	5.15	18.30	17.22	5.54	1359	68491	5.93	5.10	OK	OK
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	0.51	16697.7	0.36	19222.8	10	62720	5.07	3.52	-3.05	-2.63	2.27	5.96	4.29	17.49	17.22	5.54	1360	60917	5.71	4.23	OK	OK
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	0.49	7996.6	0.36	9395.9	6	39200	3.18	2.34	-1.98	-1.32	1.12	4.20	2.32	12.31	17.22	5.54	1365	38218	4.06	2.29	OK	OK
A16	12.27	1.41	1.69	9.89	0.48	0.0	0.25	0.0	4	27440	2.24	1.19	-1.00	0.00	0.00	3.42	1.24	10.04	17.22	5.54	1367	26797	3.34	1.21	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 15 terpasang :



Gambar 4. 48 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 15 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 49 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 15 terpasang (satuan N,mm,C)



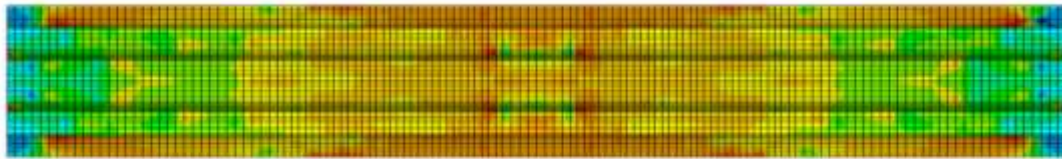
Gambar 4. 50 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 15 terpasang (satuan N,mm,C)

## 16. Segmen 16

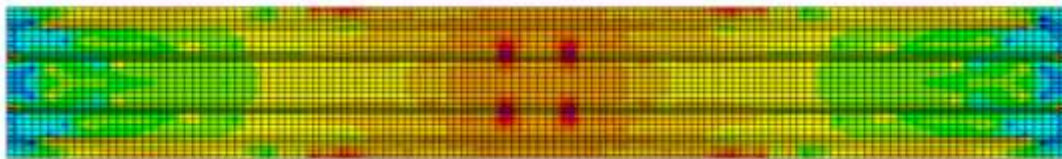
Tabel 4. 19 Preliminary design segmen 16

As	A	yb	yt	l	kb	Mt	e	F perlu	Σ	F pakai		F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes	Δfs1	Δfs2	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN	Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	440868.7	2.12	142134.5	50	225400	9.21	19.78	-19.19	-18.28	17.73	10.71	7.75	31.42	17.22	5.19	1346	216735	9.59	8.13	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	388055.9	1.87	118348.4	50	225400	14.99	19.69	-22.51	-18.13	20.73	16.54	13.20	48.54	17.22	5.19	1329	213978	14.79	13.58	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	347654.2	1.72	114978.5	50	225400	15.29	19.88	-22.44	-17.86	20.16	17.31	13.01	50.77	14.35	5.19	1330	214080	15.54	13.37	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	309672.5	1.57	111750.5	46	213640	14.77	19.03	-21.15	-17.61	19.57	16.19	13.19	47.48	14.35	5.19	1333	203413	14.57	13.50	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	274063.9	1.44	107113.7	42	201880	14.20	18.08	-19.80	-17.06	18.68	15.22	13.08	44.65	14.35	5.19	1336	192624	13.74	13.34	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	240785.8	1.32	102212.2	38	190120	13.61	17.21	-18.51	-16.50	17.76	14.31	12.86	42.00	14.35	5.19	1338	181764	12.96	13.07	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	209797.6	1.19	98185.1	36	184240	13.43	16.58	-17.49	-15.93	16.80	14.08	12.74	41.32	14.35	5.19	1339	176232	12.78	12.92	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	181058.6	1.06	94016.7	32	168560	12.49	15.09	-15.55	-15.34	15.80	12.25	12.74	35.94	14.35	5.19	1345	161880	11.16	12.86	OK	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	154530.3	0.97	87327.8	30	160720	12.09	14.43	-14.56	-14.36	14.49	12.16	12.02	35.68	14.35	5.19	1345	154382	11.11	12.12	OK	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	130178.2	0.85	81751.1	26	145040	11.08	12.68	-12.49	-13.34	13.14	10.41	11.73	30.55	14.35	5.19	1350	139851	9.56	11.78	OK	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	103783.2	0.76	72116.2	24	137200	10.64	11.88	-11.39	-11.80	11.30	10.73	10.56	31.48	17.22	5.19	1346	131920	9.86	10.59	OK	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0.62	80428.3	0.64	63939.3	20	117600	9.25	9.56	-8.87	-10.20	9.47	8.61	9.84	25.26	17.22	5.19	1352	113596	7.97	9.83	OK	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	0.57	60069.6	0.55	53415.9	18	107800	8.57	8.21	-7.42	-8.29	7.50	8.48	8.64	24.89	17.22	5.19	1353	104158	7.92	8.60	OK	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	0.54	42670.8	0.46	42853.7	14	84280	6.76	5.70	-5.04	-6.32	5.58	6.14	7.31	18.01	17.22	5.19	1360	81847	5.78	7.26	OK	OK
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	0.51	28203.1	0.36	32468.1	12	76440	6.17	4.29	-3.71	-4.44	3.84	6.03	6.30	17.69	17.22	5.19	1360	74251	5.73	6.23	OK	OK
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	0.49	16643.3	0.36	19555.6	8	52920	4.30	3.15	-2.68	-2.75	2.33	4.70	3.95	13.79	17.22	5.19	1364	51552	4.51	3.91	OK	OK
A16	12.27	1.41	1.69	9.89	0.48	7973.2	0.25	10905.4	6	41160	3.36	1.78	-1.49	-1.56	1.14	3.78	3.00	11.08	17.22	5.19	1367	40176	3.65	2.96	OK	OK
A17	12.22	1.38	1.67	9.49	0.46	0.0	0.29	0.0	2	13720	1.12	0.69	-0.58	0.00	0.00	1.82	0.55	5.33	17.22	5.19	1372	13448	1.78	0.54	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 16 terpasang :



Gambar 4. 51 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 16 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 52 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 16 terpasang (satuan N,mm,C)



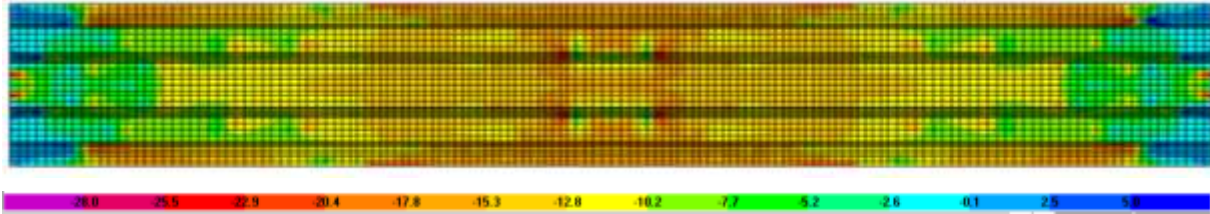
Gambar 4. 53 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 16 terpasang (satuan N,mm,C)

## 17. Segmen 17

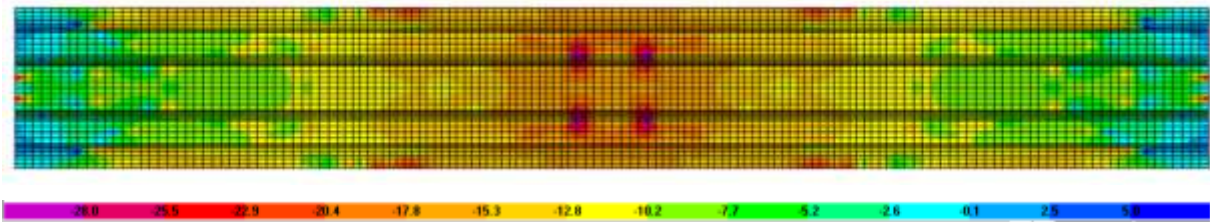
Tabel 4. 20 Preliminary design segmen 17

As	A	yb	yt	I	kb	Mt	e	F perlu	Σ	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes	Δfs1	Δfs2	fse	F se	fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN	Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas	Bawah
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	474450.8	2.12	152961.3	54	252840	10.33	22.19	-21.52	-19.67	19.08	12.85	7.89	37.68	17.22	4.88	1340	242044	11.46	8.36	OK	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	419736.1	1.87	128010.2	54	252840	16.81	22.08	-25.26	-19.61	22.42	19.29	13.98	56.58	17.22	4.88	1321	238631	17.10	14.45	OK	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	377749.6	1.72	124931.8	54	252840	17.15	22.30	-25.17	-19.41	21.90	20.04	13.89	58.80	14.35	4.88	1322	238749	17.84	14.34	OK	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	338182.9	1.57	122039.0	50	241080	16.66	21.47	-23.87	-19.23	21.38	18.90	14.18	55.46	14.35	4.88	1325	228219	16.87	14.56	OK	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	300989.4	1.44	117637.1	46	229320	16.13	20.54	-22.49	-18.74	20.52	17.93	14.16	52.61	14.35	4.88	1328	217554	16.05	14.49	OK	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	266126.4	1.32	112969.2	42	217560	15.58	19.69	-21.18	-18.24	19.63	17.03	14.02	49.95	14.35	4.88	1331	206810	15.28	14.30	OK	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	233553.3	1.19	109302.8	40	211680	15.43	19.05	-20.09	-17.73	18.70	16.75	14.04	49.14	14.35	4.88	1332	201343	15.07	14.27	OK	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	203229.4	1.06	105529.1	36	196000	14.53	17.55	-18.09	-17.21	17.74	14.86	14.18	43.61	14.35	4.88	1337	187203	13.42	14.34	OK	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	175116.2	0.97	98961.2	34	188160	14.16	16.89	-17.04	-16.28	16.42	14.78	13.53	43.35	14.35	4.88	1337	179750	13.39	13.66	OK	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	149179.1	0.85	93683.6	30	172480	13.17	15.08	-14.85	-15.29	15.06	12.96	13.38	38.03	14.35	4.88	1343	165427	11.81	13.45	OK	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	120882.3	0.76	83997.9	28	164640	12.77	14.26	-13.66	-13.74	13.17	13.29	12.27	38.99	17.22	4.88	1339	157456	12.11	12.31	OK	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0.62	95625.5	0.64	76020.8	24	145040	11.41	11.79	-10.95	-12.12	11.26	11.07	11.72	32.48	17.22	4.88	1345	139386	10.17	11.70	OK	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	0.57	73364.9	0.55	65238.5	22	135240	10.75	10.30	-9.31	-10.13	9.16	10.92	10.59	32.04	17.22	4.88	1346	130011	10.11	10.54	OK	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	0.54	54064.2	0.46	54296.0	18	111720	8.96	7.56	-6.68	-8.01	7.07	8.51	9.36	24.96	17.22	4.88	1353	107965	7.95	9.28	OK	OK
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	0.51	37694.7	0.36	43394.9	16	103880	8.39	5.83	-5.04	-5.93	5.13	8.29	8.47	24.33	17.22	4.88	1354	100435	7.82	8.36	OK	OK
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	0.49	24233.0	0.36	28473.2	12	80360	6.52	4.79	-4.07	-4.00	3.40	7.31	5.86	21.44	17.22	4.88	1356	77861	6.96	5.78	OK	OK
A16	12.27	1.41	1.69	9.89	0.48	13661.0	0.25	18684.8	10	68600	5.59	2.97	-2.49	-2.33	1.95	6.23	5.06	18.28	17.22	4.88	1360	66622	5.98	4.97	OK	OK
A17	12.22	1.38	1.67	9.49	0.46	5965.2	0.29	7926.3	6	41160	3.37	2.08	-1.73	-1.05	0.87	4.40	2.51	12.92	17.22	4.88	1365	40131	4.27	2.47	OK	OK
A18	12.19	1.35	1.65	9.10	0.45	0.0	0.53	0.0	4	27440	2.25	2.64	-2.16	0.00	0.00	4.89	0.09	14.35	17.22	4.88	1364	26726	4.76	0.09	OK	OK

Hasil output SAP2000 segmen 17 terpasang :



Gambar 4. 54 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 17 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 55 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 17 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 56 Diagram tegangan top bottom face pada slab barrier tengah segmen 17 terpasang (satuan N,mm,C)

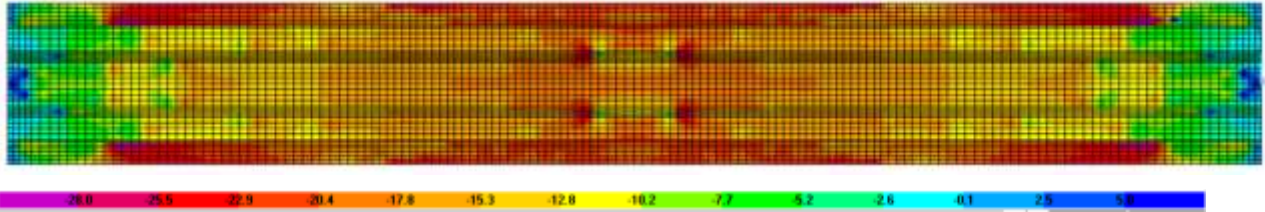
## 18. Segmen 18

Tabel 4. 21 Preliminary design segmen 18

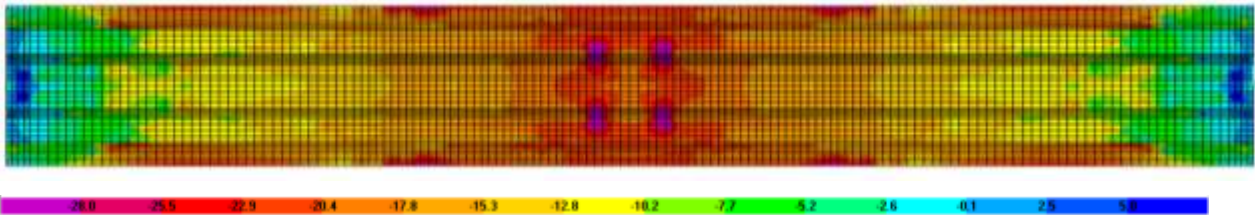
As	A	yb	yt	I	kb	Mt	e	F perlu	Σ	F pakai	F/A	F.e.y/I (MPa)		M.y/I (MPa)		fci (MPa)		Δes	Δfs1	Δfs2	fse	F se		fci (MPa)		Kontrol	
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	m	kNm	m	kN	Tendon	kN	MPa	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	MPa	MPa	MPa	MPa	kN	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	0.99	474450.81	2.12	152961.3	58	280280	11.45	24.60	-23.86	-19.67	19.08	16.37	6.67	48.04	17.22	4.69	1330	266277	14.57	7.29	OK	OK	
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	1.41	419736.14	1.87	128010.2	58	280280	18.63	24.48	-28.00	-19.61	22.42	23.51	13.06	68.96	17.22	4.69	1309	262088	20.71	13.67	OK	OK	
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	1.31	377749.57	1.72	124931.8	58	280280	19.01	24.72	-27.90	-19.41	21.90	24.32	13.02	71.36	14.35	4.69	1310	262183	21.50	13.59	OK	OK	
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	1.20	338182.89	1.57	122039.0	54	268520	18.56	23.92	-26.58	-19.23	21.38	23.25	13.36	68.20	14.35	4.69	1313	251788	20.60	13.86	OK	OK	
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	1.12	300989.38	1.44	117637.1	50	256760	18.06	23.00	-25.18	-18.74	20.52	22.32	13.40	65.48	14.35	4.69	1315	241260	19.84	13.83	OK	OK	
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	1.04	266126.37	1.32	112969.2	46	245000	17.54	22.17	-23.86	-18.24	19.63	21.47	13.31	63.00	14.35	4.69	1318	230643	19.15	13.68	OK	OK	
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	0.95	233553.25	1.19	109302.8	44	239120	17.43	21.52	-22.70	-17.73	18.70	21.22	13.44	62.25	14.35	4.69	1319	225235	18.96	13.74	OK	OK	
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0.87	203229.39	1.06	105529.1	40	223440	16.56	20.01	-20.62	-17.21	17.74	19.36	13.68	56.78	14.35	4.69	1324	211339	17.37	13.90	OK	OK	
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0.80	175116.2	0.97	98961.2	38	215600	16.22	19.36	-19.53	-16.28	16.42	19.30	13.11	56.63	14.35	4.69	1324	203947	17.38	13.29	OK	OK	
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0.74	149179.14	0.85	93683.6	34	199920	15.27	17.48	-17.21	-15.29	15.06	17.46	13.12	51.21	14.35	4.69	1330	189888	15.81	13.22	OK	OK	
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0.68	120882.32	0.76	83997.9	32	192080	14.90	16.64	-15.94	-13.74	13.17	17.80	12.12	52.21	17.22	4.69	1326	181911	16.13	12.18	OK	OK	
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0.62	95625.5	0.64	76020.8	28	172480	13.56	14.02	-13.02	-12.12	11.26	15.46	11.80	45.36	17.22	4.69	1333	164193	14.13	11.78	OK	OK	
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	0.57	73364.9	0.55	65238.5	26	162680	12.93	12.39	-11.20	-10.13	9.16	15.19	10.89	44.56	17.22	4.69	1334	154956	13.99	10.80	OK	OK	
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	0.54	54064.2	0.46	54296.0	22	139160	11.16	9.41	-8.31	-8.01	7.07	12.56	9.92	36.86	17.22	4.69	1341	133319	11.70	9.80	OK	OK	
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	0.51	37694.7	0.36	43394.9	20	131320	10.61	7.37	-6.38	-5.93	5.13	12.05	9.36	35.35	17.22	4.69	1343	125949	11.31	9.18	OK	OK	
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	0.49	24233.0	0.36	28473.2	16	107800	8.75	6.42	-5.45	-4.00	3.40	11.17	6.70	32.78	17.22	4.69	1345	103589	10.58	6.57	OK	OK	
A16	12.27	1.41	1.69	9.89	0.48	13661.0	0.25	18684.8	14	96040	7.83	4.15	-3.48	-2.33	1.95	9.65	6.30	28.32	17.22	4.69	1350	92594	9.22	6.14	OK	OK	
A17	12.22	1.38	1.67	9.49	0.46	5965.2	0.29	7926.3	10	68600	5.62	3.47	-2.88	-1.05	0.87	8.04	3.61	23.58	17.22	4.69	1355	66371	7.74	3.52	OK	OK	
A18	12.19	1.35	1.65	9.10	0.45	634.0	0.53	645.3	8	54880	4.50	5.28	-4.32	-0.11	0.09	9.66	0.28	28.35	17.22	4.69	1350	52910	9.31	0.27	OK	OK	
A19	12.19	1.35	1.65	9.10	0.45	0.0	0.00	0.0	4	27440	2.25	0.00	0.00	0.00	0.00	2.25	2.25	6.60	11.48	4.69	1377	26994	2.21	2.21	OK	OK	



Hasil output SAP2000 segmen 18 terpasang :



Gambar 4. 57 Diagram tegangan top face pada slab atas segmen 18 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 58 Diagram tegangan bottom face pada slab atas segmen 18 terpasang (satuan N,mm,C)



Gambar 4. 59 Diagram tegangan top dan bottom face pada slab barrier tengah segmen 18 terpasang (satuan N,mm,C)

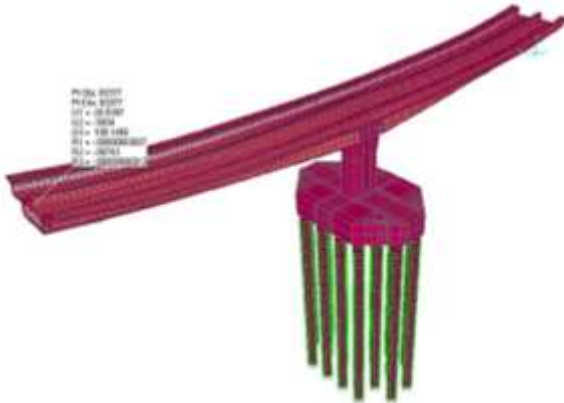
Tegangan kritis yang terjadi adalah pada saat pemasangan segmen terakhir pada tahap *balanced cantilever* yaitu segmen 18. Berdasarkan perhitungan manual pada tabel 4.21 , tegangan tekan terbesar yang terjadi adalah sebesar 21,5 MPa. Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan SAP2000 pada gambar 4,57; gambar 4,58; dan gambar 4,59 tegangan kritis pada tahap kantilever yang terjadi adalah sebesar 25,5 MPa.

Maka tegangan yang terjadi pada saat transfer / kantilever baik yang dihitung secara manual maupun dengan software SAP2000, memenuhi syarat tegangan ijin yaitu tidak melebihi 26,4 MPa untuk tegangan tekan dan 1,66 MPa untuk tegangan tarik.

#### 4.5.5 Kontrol Lendutan

Lendutan pada saat pelaksanaan adalah lendutan sementara akibat kombinasi beban ijin baik beban prategang atau beban pelaksanaan pada jembatan tidak boleh melampaui lendutan yang di ijinkan. Berdasarkan RSNI T-12-2004 lendutan tidak boleh melampaui  $L/400$  untuk kantilever. Lendutan pada kondisi pemasangan segmen terakhir.

$$\Delta_{ijin} = \frac{L}{400} = \frac{104000}{400} = 260 \text{ mm}$$



Gambar 4. 60 Lendutan *balanced cantilever*

Lendutan yang terjadi akibat tendon prategang adalah 100 mm.

$$\Delta_{kantilever} < \Delta_{ijin}$$

100 mm < 260 mm (Memenuhi Syarat)

#### 4.5.6 Kontrol Momen Retak dan Momen Batas Tahap Kantilever

##### 1. Kontrol momen retak

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 (Ned dan Burns, 1996).

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

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

Keterangan :

$M_{cr}$  = Momen retak (kNm)

$e$  = Eksentrisitas c.g.s terhadap c.g.c (m)

$r^2$  = Rasio perbandingan inersia terhadap luas penampang yang ditinjau ( $m^2$ )

$y$  = jarak c.g.c terhadap serat terluar (m)

$f_r$  = Modulus keruntuhan (KPa)

Balok memenuhi syarat retak jika momen yang bekerja padanya tidak melampaui momen retak tahanan balok. Perhitungan

kontrol momen retak tahanan balok dilakukan pada saat pelaksanaan pada daerah tumpuan dan lapangan.

Dalam tugas akhir ini, sebagai contoh kontrol momen retak pada pelaksanaan akan di hitung ketika pemasangan segmen 3 pada As CL (Tumpuan). Berikut adalah perhitungan  $M_{cr}$  akibat pemasangan segmen 3 pada As CL (Tumpuan):

Penampang box girder pada As CL (tabel 4.6)

$$\begin{aligned} f_r &= 0,62 \times \sqrt{f_c} = 0,62 \times \sqrt{50} = 4,38 \text{ Mpa} = 4380 \text{ kN/m}^2 \\ F_{se} &= 34045 \text{ kN} \\ e &= 2,12 \text{ m} \\ r^2 &= 3,00 \text{ m}^2 \\ y_t &= 3,05 \text{ m} \\ I &= 73,46 \text{ m}^4 \\ M_{tot} &= 38918 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Perhitungan Momen Retak

$$M_{cr} = 34045 \left( 2,12 + \frac{3,00}{3,05} \right) + \frac{4380 \cdot 73,46}{3,05}$$

$$M_{cr} = 211336 \text{ kNm}$$

Syarat

$$M_{tot} \leq M_{cr \text{ as-CL}}$$

$$38918 \text{ kNm} \leq 211336 \text{ kNm} \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

Perhitungan pada segmen yang lain akan disajikan dalam bentuk tabel.

2. Kontrol momen batas

Momen tahanan batas pada u-box yang akan dianalisa dengan prinsip kesetimbangan statis aksial (kopel), di mana besarnya gaya tekan batas beton (C) bernilai sama dengan gaya tarik batas pada (T), dengan menghitung lengan momen antara 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.

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

dengan,

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

Keterangan:

$M_u$  = Momen batas/ultimate (kNm)

$T$  = Gaya Prategang efektif (kN)

$d$  = Tinggi efektif penampang (m)

$\phi$  = Faktor reduksi lentur (0,8)

$b_w$  = Lebar serat tekan pada penampang (m)

Dalam tugas akhir ini, sebagai contoh kontrol momen batas pada pelaksanaan akan dihitung ketika pemasangan segmen 3. Berikut adalah perhitungan  $M_u$  pada As CL akibat pemasangan segmen 3.

Penampang u-box girder pada As CL :

$$f_{ci}' = 44 \text{ MPa} = 44000 \text{ kN/m}^2$$

$$T (F_{se}) = 34045 \text{ kN}$$

$$b_w = 5,10 \text{ m}$$

$$d = 5,07 \text{ m}$$

$$M_{tot} = 38918 \text{ kNm}$$

Perhitungan tinggi tegangan tekan beton

$$a = \frac{34045}{0,85 \cdot 44000 \cdot 5,10}$$

$$a = 0,18 \text{ m}$$

Perhitungan Kemampuan Penampang

$$M_{M_u \text{ as-CL}} = 0,8 \left( 34045 \left( 5,07 - \frac{0,18}{2} \right) \right)$$

$$M_{M_u \text{ as-CL}} = 135676 \text{ kNm}$$

Syarat

$$M_{\text{tot}} \leq M_{M_u \text{ as-CL}}$$

$$38918 \text{ kNm} \leq 135676 \text{ kNm} \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

Kontrol perhitungan momen retak dan batas pada seluruh segmen kantilever disajikan pada tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Kontrol Mu dan Mcr pada saat pelaksanaan (*balanced cantilever*)

Segmen 0 & 1

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F <sub>perlu</sub>	∑	F <sub>se</sub>	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	M <sub>cr</sub>	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	16862	2.12	5436	4.00	11223	5.10	5.07	0.06	45263	OK	3.00	140548	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	6690	1.87	2040	4.00	11206	5.10	5.07	0.06	45196	OK	3.98	130753	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	0	1.72	0	4.00	11222	5.10	4.74	0.06	42279	OK	3.54	119416	OK

Segmen 2

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F <sub>perlu</sub>	∑	F <sub>se</sub>	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	M <sub>cr</sub>	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	26810	2.12	8644	8.00	22625	5.10	5.07	0.12	90706	OK	3.00	175912	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	13817	1.87	4214	8.00	22572	5.10	5.07	0.12	90499	OK	3.98	168181	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	6599	1.72	2182	8.00	22603	5.10	4.74	0.12	84618	OK	3.54	153980	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	0	1.57	0	4.00	11338	5.10	4.41	0.06	39717	OK	3.11	108617	OK

Segmen 3

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F <sub>perlu</sub>	∑	F <sub>se</sub>	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	M <sub>cr</sub>	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	38918	2.12	12547	12.00	34045	5.10	5.07	0.18	135676	OK	3.00	211336	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	23153	1.87	7061	12.00	33940	5.10	5.07	0.18	135265	OK	3.98	205614	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	13624	1.72	4506	12.00	33978	5.10	4.74	0.18	126392	OK	3.54	188526	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	6516	1.57	2351	8.00	22724	5.10	4.41	0.12	79060	OK	3.11	140288	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	0	1.44	0	4.00	11398	5.10	4.13	0.06	37388	OK	2.78	99693	OK

## Segmen 4

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	Mt	e	F perlu	∑	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mcr	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	53105	2.12	17121	14.00	39836	5.10	5.07	0.21	158271	OK	3.00	229298	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	34616	1.87	10557	14.00	39696	5.10	5.07	0.21	157726	OK	3.98	224569	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	22818	1.72	7547	14.00	39734	5.10	4.74	0.21	147324	OK	3.54	206006	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	13440	1.57	4850	10.00	28465	5.10	4.41	0.15	98694	OK	3.11	156259	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	6434	1.44	2515	6.00	17133	5.10	4.13	0.09	55996	OK	2.78	114424	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	0	1.32	0	2.00	5729	5.10	3.86	0.03	17623	OK	2.47	77512	OK

## Segmen 5

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	Mt	e	F perlu	∑	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mcr	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	69289	2.12	22338	18.00	54974	5.10	5.07	0.29	216670	OK	3.00	276253	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	48125	1.87	14677	18.00	54729	5.10	5.07	0.29	215732	OK	3.98	274072	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	34098	1.72	11277	18.00	54771	5.10	4.74	0.29	201350	OK	3.54	251673	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	22491	1.57	8116	14.00	43559	5.10	4.41	0.23	149646	OK	3.11	198241	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	13257	1.44	5181	10.00	32290	5.10	4.13	0.17	104503	OK	2.78	153353	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	6353	1.32	2697	6.00	20959	5.10	3.86	0.11	63799	OK	2.47	113529	OK



## Segmen 6

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	Mt	e	F perlu	∑ Tendon	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mcr	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN		kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	87420	2.12	28184	20.00	62623	5.10	5.07	0.33	245812	OK	3.00	299977	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	63626	1.87	19404	20.00	62313	5.10	5.07	0.33	244638	OK	3.98	299047	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	47406	1.72	15679	20.00	62354	5.10	4.74	0.33	228234	OK	3.54	274701	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	33607	1.57	12128	16.00	51149	5.10	4.41	0.27	174909	OK	3.11	219354	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	22180	1.44	8669	12.00	39891	5.10	4.13	0.21	128469	OK	2.78	172877	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	13084	1.32	5554	8.00	28576	5.10	3.86	0.15	86530	OK	2.47	131544	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	6278	1.19	2938	6.00	22886	5.10	3.57	0.12	64303	OK	2.17	106837	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	0	1.06	0	2.00	7663	5.10	3.29	0.04	20046	OK	1.90	66565	OK

## Segmen 7

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	Mt	e	F perlu	∑ Tendon	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mcr	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN		kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	107461	2.12	34645	24.00	77699	5.10	5.07	0.41	302535	OK	3.00	346741	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	81075	1.87	24726	24.00	77245	5.10	5.07	0.40	300841	OK	3.98	348218	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	62696	1.72	20735	24.00	77285	5.10	4.74	0.41	280466	OK	3.54	320046	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	46736	1.57	16865	20.00	66136	5.10	4.41	0.35	224079	OK	3.11	261041	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	33150	1.44	12956	16.00	54938	5.10	4.13	0.29	175192	OK	2.78	211524	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	21894	1.32	9294	12.00	43687	5.10	3.86	0.23	130902	OK	2.47	167281	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	12928	1.19	6050	10.00	38021	5.10	3.57	0.20	105621	OK	2.17	139308	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	6211	1.06	3225	6.00	22915	5.10	3.29	0.12	59215	OK	1.90	96037	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	0	0.97	0	4.00	15301	5.10	3.08	0.08	37153	OK	1.69	74339	OK

## Segmen 8

As	A	yb	yt	I	Mt	e	F perlu	$\Sigma$	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	$r^2$	Mcr	Kontrol
	$m^2$	m	m	$m^4$	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		$m^2$	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	133854	2.12	43154	26.00	85377	5.10	5.07	0.45	331055	OK	3.00	370555	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	104405	1.87	31841	26.00	84841	5.10	5.07	0.44	329073	OK	3.98	373232	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	83472	1.72	27607	26.00	84877	5.10	4.74	0.44	306668	OK	3.54	343104	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	64960	1.57	23442	22.00	73733	5.10	4.41	0.39	248642	OK	3.11	282170	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	48821	1.44	19081	18.00	62538	5.10	4.13	0.33	198430	OK	2.78	231043	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	35012	1.32	14862	14.00	51292	5.10	3.86	0.27	152872	OK	2.47	185267	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	23493	1.19	10995	12.00	45622	5.10	3.57	0.24	126009	OK	2.17	155615	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	14223	1.06	7386	8.00	30543	5.10	3.29	0.16	78437	OK	1.90	110775	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	7165	0.97	4049	6.00	22942	5.10	3.08	0.12	55340	OK	1.69	87906	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	0	0.85	0	2.00	7679	5.10	2.84	0.04	17308	OK	1.50	55040	OK

## Segmen 9

As	A	yb	yt	I	Mt	e	F perlu	$\Sigma$	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	$r^2$	Mcr	Kontrol
	$m^2$	m	m	$m^4$	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		$m^2$	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	163007	2.12	52553	30.00	104147	5.10	5.07	0.55	399739	OK	3.00	428777	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	130541	1.87	39812	30.00	103384	5.10	5.07	0.54	396974	OK	3.98	434292	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	107094	1.72	35419	30.00	103417	5.10	4.74	0.54	369631	OK	3.54	399407	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	86068	1.57	31059	26.00	92340	5.10	4.41	0.48	307787	OK	3.11	333926	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	67415	1.44	26348	22.00	81213	5.10	4.13	0.43	254506	OK	2.78	279010	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	51092	1.32	21688	18.00	70037	5.10	3.86	0.37	205987	OK	2.47	229600	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	37060	1.19	17344	16.00	64388	5.10	3.57	0.34	175305	OK	2.17	195875	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	25276	1.06	13125	12.00	49434	5.10	3.29	0.26	124994	OK	1.90	147278	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	15703	0.97	8874	10.00	41878	5.10	3.08	0.22	99352	OK	1.69	121529	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	8307	0.85	5217	6.00	26765	5.10	2.84	0.14	59256	OK	1.50	85540	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	0	0.76	0	4.00	19095	5.10	2.62	0.10	39280	OK	1.32	66148	OK

## Segmen 10

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F <sub>perlu</sub>	∑	F <sub>se</sub>	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	M <sub>cr</sub>	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	194760	2.12	62790	32.00	113710	5.10	5.07	0.60	434164	OK	3.00	458440	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	159318	1.87	48588	32.00	112824	5.10	5.07	0.59	430988	OK	3.98	465377	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	133392	1.72	44116	32.00	112856	5.10	4.74	0.59	401134	OK	3.54	428073	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	109886	1.57	39654	28.00	101792	5.10	4.41	0.53	337275	OK	3.11	360218	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	88753	1.44	34688	24.00	90674	5.10	4.13	0.48	282357	OK	2.78	303312	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	69950	1.32	29694	20.00	79507	5.10	3.86	0.42	232261	OK	2.47	251997	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	53438	1.19	25009	18.00	73853	5.10	3.57	0.39	199610	OK	2.17	216182	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	39175	1.06	20342	14.00	58929	5.10	3.29	0.31	147827	OK	1.90	165624	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	27122	0.97	15327	12.00	51371	5.10	3.08	0.27	120850	OK	1.69	138384	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	17246	0.85	10830	8.00	36297	5.10	2.84	0.19	79632	OK	1.50	100771	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	8222	0.76	5713	6.00	28622	5.10	2.62	0.15	58305	OK	1.32	79908	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	0	0.64	0	2.00	9588	5.10	2.37	0.05	18021	OK	1.16	46682	OK

## Segmen 11

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F <sub>perlu</sub>	∑	F <sub>se</sub>	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	M <sub>cr</sub>	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	229135	2.12	73872	36.00	136059	5.10	5.07	0.71	513117	OK	3.00	527760	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	190749	1.87	58174	36.00	134832	5.10	5.07	0.71	508837	OK	3.98	537850	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	162370	1.72	53700	36.00	134861	5.10	4.74	0.71	473127	OK	3.54	494903	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	136411	1.57	49226	32.00	123886	5.10	4.41	0.65	404740	OK	3.11	421672	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	112824	1.44	44096	28.00	112852	5.10	4.13	0.59	346168	OK	2.78	360273	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	91568	1.32	38870	24.00	101766	5.10	3.86	0.53	292535	OK	2.47	304640	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	72603	1.19	33978	22.00	96135	5.10	3.57	0.50	255343	OK	2.17	263987	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	55886	1.06	29019	18.00	81357	5.10	3.29	0.43	200264	OK	1.90	208962	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	41380	0.97	23385	16.00	73836	5.10	3.08	0.39	170221	OK	1.69	178273	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	29050	0.85	18243	12.00	58919	5.10	2.84	0.31	126468	OK	1.50	136922	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	17082	0.76	11870	10.00	51233	5.10	2.62	0.27	101936	OK	1.32	112567	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	8154	0.64	6482	6.00	32429	5.10	2.37	0.17	59396	OK	1.16	75496	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	0	0.55	0	4.00	22922	5.10	2.19	0.12	39053	OK	1.04	57594	OK

## Segmen 12

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F perlu	∑	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mer	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	266142	2.12	85803	38.00	143851	5.10	5.07	0.75	540154	OK	3.00	551930	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	224838	1.87	68570	38.00	142513	5.10	5.07	0.75	535528	OK	3.98	563143	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	194026	1.72	64170	38.00	142549	5.10	4.74	0.75	497799	OK	3.54	518250	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	165635	1.57	59772	34.00	131579	5.10	4.41	0.69	427752	OK	3.11	443072	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	139617	1.44	54567	30.00	120542	5.10	4.13	0.63	367816	OK	2.78	380027	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	115929	1.32	49211	26.00	109452	5.10	3.86	0.57	312866	OK	2.47	322818	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	94531	1.19	44240	24.00	103813	5.10	3.57	0.54	274065	OK	2.17	280460	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	75382	1.06	39143	20.00	89040	5.10	3.29	0.47	217739	OK	1.90	223806	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	58445	0.97	33028	18.00	81500	5.10	3.08	0.43	186579	OK	1.69	191880	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	43683	0.85	27433	14.00	66584	5.10	2.84	0.35	141851	OK	1.50	149171	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	28796	0.76	20010	12.00	58857	5.10	2.62	0.31	116164	OK	1.32	123579	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	16950	0.64	13475	8.00	40067	5.10	2.37	0.21	72743	OK	1.16	85131	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	8100	0.55	7202	6.00	30571	5.10	2.19	0.16	51594	OK	1.04	66216	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	0	0.46	0	2.00	7686	5.10	2.02	0.04	12286	OK	0.96	37262	OK

### Segmen 13

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F <sub>perlu</sub>	∑	F <sub>se</sub>	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	M <sub>cr</sub>	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	305790	2.12	98585	42.00	166133	5.10	5.07	0.87	616059	OK	3.00	621044	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	261588	1.87	79779	42.00	164395	5.10	5.07	0.86	610213	OK	3.98	635202	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	228362	1.72	75525	42.00	164436	5.10	4.74	0.86	566683	OK	3.54	584718	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	197556	1.57	71292	38.00	153557	5.10	4.41	0.81	492122	OK	3.11	504203	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	169124	1.44	66099	34.00	142602	5.10	4.13	0.75	428530	OK	2.78	436687	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	143022	1.32	60712	30.00	131589	5.10	3.86	0.69	370035	OK	2.47	375172	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	119209	1.19	55790	28.00	125976	5.10	3.57	0.66	326719	OK	2.17	328009	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	97646	1.06	50704	24.00	111343	5.10	3.29	0.58	267072	OK	1.90	266901	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	78294	0.97	44245	22.00	103826	5.10	3.08	0.54	232831	OK	1.69	231523	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	61118	0.85	38382	18.00	89050	5.10	2.84	0.47	185518	OK	1.50	185073	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	43334	0.76	30112	16.00	81283	5.10	2.62	0.43	156603	OK	1.32	155970	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	28590	0.64	22729	12.00	62677	5.10	2.37	0.33	110822	OK	1.16	113655	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	16843	0.55	14977	10.00	53239	5.10	2.19	0.28	87318	OK	1.04	91769	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	8055	0.46	8090	6.00	30604	5.10	2.02	0.16	47452	OK	0.96	60132	OK

## Segmen 14

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	Mt	e	F perlu	∑	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mc <sub>r</sub>	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	348119	2.12	112232	44.00	177616	5.10	5.07	0.93	654362	OK	3.00	656661	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	301035	1.87	91809	44.00	175679	5.10	5.07	0.92	647939	OK	3.98	672358	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	265408	1.72	87777	44.00	175735	5.10	4.74	0.92	601460	OK	3.54	619035	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	232200	1.57	83793	40.00	164891	5.10	4.41	0.86	524525	OK	3.11	535728	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	201366	1.44	78701	36.00	153957	5.10	4.13	0.81	458986	OK	2.78	465851	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	172862	1.32	73379	32.00	142962	5.10	3.86	0.75	398605	OK	2.47	402068	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	146648	1.19	68631	30.00	137356	5.10	3.57	0.72	352955	OK	2.17	352423	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	122683	1.06	63705	26.00	122761	5.10	3.29	0.64	291521	OK	1.90	288963	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	100929	0.97	57037	24.00	115234	5.10	3.08	0.60	255655	OK	1.69	251778	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	81351	0.85	51088	20.00	100485	5.10	2.84	0.53	206931	OK	1.50	203346	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	60686	0.76	42169	18.00	92666	5.10	2.62	0.49	176321	OK	1.32	172411	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	43060	0.64	34232	14.00	74092	5.10	2.37	0.39	129230	OK	1.16	128054	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	28430	0.55	25281	12.00	64637	5.10	2.19	0.34	104468	OK	1.04	104619	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	16760	0.46	16832	8.00	42055	5.10	2.02	0.22	64196	OK	0.96	71559	OK
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	8022	0.36	9235	6.00	34432	5.10	1.85	0.18	48604	OK	0.89	57833	OK
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	0	0.36	0	2.00	11525	5.10	1.81	0.06	16383	OK	0.84	36356	OK

## Segmen 15

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F perlu	∑	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mcr	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	393153	2.12	126751	48.00	203394	5.10	5.07	1.07	738335	OK	3.00	736617	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	343199	1.87	104668	48.00	200906	5.10	5.07	1.05	730354	OK	3.98	755432	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	305180	1.72	100931	48.00	200977	5.10	4.74	1.05	677213	OK	3.54	695693	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	269580	1.57	97283	44.00	190253	5.10	4.41	1.00	595085	OK	3.11	606274	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	236354	1.44	92375	40.00	179425	5.10	4.13	0.94	525331	OK	2.78	531266	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	205458	1.32	87216	36.00	168529	5.10	3.86	0.88	460857	OK	2.47	462536	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	176852	1.19	82767	34.00	162970	5.10	3.57	0.85	410019	OK	2.17	407376	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	150495	1.06	78146	30.00	148554	5.10	3.29	0.78	344736	OK	1.90	338801	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	126349	0.97	71402	28.00	141056	5.10	3.08	0.74	305306	OK	1.69	297628	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	104379	0.85	65550	24.00	126479	5.10	2.84	0.66	253566	OK	1.50	244885	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	80843	0.76	56176	22.00	118605	5.10	2.62	0.62	219225	OK	1.32	209876	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	60347	0.64	47975	18.00	100240	5.10	2.37	0.53	169341	OK	1.16	161041	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	42847	0.55	38101	16.00	90830	5.10	2.19	0.48	141813	OK	1.04	134146	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	28307	0.46	28428	12.00	68491	5.10	2.02	0.36	100753	OK	0.96	97939	OK
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	16698	0.36	19223	10.00	60917	5.10	1.85	0.32	82605	OK	0.89	80882	OK
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	7997	0.36	9396	6.00	38218	5.10	1.81	0.20	52189	OK	0.84	59100	OK
A16	12.27	1.41	1.69	9.89	0	0.25	0	4.00	26797	5.10	1.67	0.14	34252	OK	0.81	45345	OK

## Segmen 16

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F perlu	∑	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mcr	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	440869	2.12	142135	50.00	216735	5.10	5.07	1.14	780700	OK	3.00	777997	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	388056	1.87	118348	50.00	213978	5.10	5.07	1.12	772007	OK	3.98	798476	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	347654	1.72	114978	50.00	214080	5.10	4.74	1.12	715482	OK	3.54	735486	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	309672	1.57	111751	46.00	203413	5.10	4.41	1.07	630634	OK	3.11	642878	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	274064	1.44	107114	42.00	192624	5.10	4.13	1.01	558644	OK	2.78	565168	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	240786	1.32	102212	38.00	181764	5.10	3.86	0.95	492003	OK	2.47	493835	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	209798	1.19	98185	36.00	176232	5.10	3.57	0.92	438484	OK	2.17	435828	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	181059	1.06	94017	32.00	161880	5.10	3.29	0.85	371138	OK	1.90	364552	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	154530	0.97	87328	30.00	154382	5.10	3.08	0.81	329834	OK	1.69	321288	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	130178	0.85	81751	26.00	139851	5.10	2.84	0.73	276451	OK	1.50	266253	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	103783	0.76	72116	24.00	131920	5.10	2.62	0.69	240152	OK	1.32	229107	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	80428	0.64	63939	20.00	113596	5.10	2.37	0.60	188722	OK	1.16	177890	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	60070	0.55	53416	18.00	104158	5.10	2.19	0.55	159710	OK	1.04	149171	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	42671	0.46	42854	14.00	81847	5.10	2.02	0.43	118109	OK	0.96	111267	OK
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	28203	0.36	32468	12.00	74251	5.10	1.85	0.39	98610	OK	0.89	92487	OK
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	16643	0.36	19556	8.00	51552	5.10	1.81	0.27	68956	OK	0.84	70462	OK
A16	12.27	1.41	1.69	9.89	7973	0.25	10905	6.00	40176	5.10	1.67	0.21	50225	OK	0.81	55140	OK
A17	12.22	1.38	1.67	9.49	0	0.29	0	2.00	13448	5.10	1.67	0.07	17587	OK	0.78	35072	OK



## Segmen 17

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	Mt	e	F perlu	∑	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mcr	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	474451	2.12	152961	54.00	242044	5.10	5.07	1.27	859020	OK	3.00	856501	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	419736	1.87	128010	54.00	238631	5.10	5.07	1.25	848617	OK	3.98	879659	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	377750	1.72	124932	54.00	238749	5.10	4.74	1.25	785577	OK	3.54	810405	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	338183	1.57	122039	50.00	228219	5.10	4.41	1.20	695667	OK	3.11	711877	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	300989	1.44	117637	46.00	217554	5.10	4.13	1.14	619572	OK	2.78	629199	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	266126	1.32	112969	42.00	206810	5.10	3.86	1.08	548936	OK	2.47	553070	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	233553	1.19	109303	40.00	201343	5.10	3.57	1.06	490361	OK	2.17	489703	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	203229	1.06	105529	36.00	187203	5.10	3.29	0.98	419253	OK	1.90	413482	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	175116	0.97	98961	34.00	179750	5.10	3.08	0.94	374470	OK	1.69	366332	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	149179	0.85	93684	30.00	165427	5.10	2.84	0.87	318136	OK	1.50	307124	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	120882	0.76	83998	28.00	157456	5.10	2.62	0.83	278208	OK	1.32	265992	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	95626	0.64	76021	24.00	139386	5.10	2.37	0.73	224029	OK	1.16	210424	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	73365	0.55	65239	22.00	130011	5.10	2.19	0.68	192303	OK	1.04	178314	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	54064	0.46	54296	18.00	107965	5.10	2.02	0.57	149885	OK	0.96	137330	OK
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	37695	0.36	43395	16.00	100435	5.10	1.85	0.53	127870	OK	0.89	115275	OK
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	24233	0.36	28473	12.00	77861	5.10	1.81	0.41	99851	OK	0.84	92879	OK
A16	12.27	1.41	1.69	9.89	13661	0.25	18685	10.00	66622	5.10	1.67	0.35	79592	OK	0.81	74501	OK
A17	12.22	1.38	1.67	9.49	5965	0.29	7926	6.00	40131	5.10	1.67	0.21	50237	OK	0.78	55178	OK
A18	12.19	1.35	1.65	9.10	0	0.53	0	4.00	26726	5.10	1.88	0.14	38698	OK	0.75	50423	OK

## Segmen 18

As	A	y <sub>b</sub>	y <sub>t</sub>	I	M <sub>t</sub>	e	F perlu	∑	F se	b	d	a	Mu	Kontrol	r <sup>2</sup>	Mcr	Kontrol
	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>4</sup>	kNm	m	kN	Tendon	kN	m	m	m	kNm		m <sup>2</sup>	kNm	
CL	24.48	2.95	3.05	73.46	474451	2.12	152961	58.00	266277	5.10	5.07	1.40	931492	OK	3.00	931667	OK
A1	15.04	3.20	2.80	59.92	419736	1.87	128010	58.00	262088	5.10	5.07	1.37	919140	OK	3.98	956901	OK
A2	14.74	3.02	2.68	52.12	377750	1.72	124932	58.00	262183	5.10	4.74	1.37	849799	OK	3.54	881572	OK
A3	14.47	2.84	2.56	44.97	338183	1.57	122039	54.00	251788	5.10	4.41	1.32	755067	OK	3.11	777435	OK
A4	14.22	2.69	2.46	39.49	300989	1.44	117637	50.00	241260	5.10	4.13	1.26	675089	OK	2.78	690087	OK
A5	13.97	2.54	2.36	34.44	266126	1.32	112969	46.00	230643	5.10	3.86	1.21	600669	OK	2.47	609436	OK
A6	13.72	2.39	2.26	29.81	233553	1.19	109303	44.00	225235	5.10	3.57	1.18	537264	OK	2.17	540962	OK
A7	13.49	2.23	2.17	25.58	203229	1.06	105529	40.00	211339	5.10	3.29	1.11	462610	OK	1.90	460119	OK
A8	13.29	2.11	2.09	22.50	175116	0.97	98961	38.00	203947	5.10	3.08	1.07	414530	OK	1.69	409296	OK
A9	13.09	1.98	2.02	19.66	149179	0.85	93684	34.00	189888	5.10	2.84	1.00	355438	OK	1.50	346214	OK
A10	12.89	1.86	1.94	17.07	120882	0.76	83998	32.00	181911	5.10	2.62	0.95	312088	OK	1.32	301314	OK
A11	12.72	1.73	1.87	14.73	95626	0.64	76021	28.00	164193	5.10	2.37	0.86	255359	OK	1.16	241719	OK
A12	12.58	1.64	1.81	13.12	73365	0.55	65239	26.00	154956	5.10	2.19	0.81	221094	OK	1.04	206435	OK
A13	12.47	1.56	1.77	11.94	54064	0.46	54296	22.00	133319	5.10	2.02	0.70	177994	OK	0.96	162630	OK
A14	12.38	1.50	1.73	11.01	37695	0.36	43395	20.00	125949	5.10	1.85	0.66	153614	OK	0.89	137479	OK
A15	12.32	1.45	1.70	10.31	24233	0.36	28473	16.00	103589	5.10	1.81	0.54	127257	OK	0.84	114802	OK
A16	12.27	1.41	1.69	9.89	13661	0.25	18685	14.00	92594	5.10	1.67	0.49	105578	OK	0.81	93516	OK
A17	12.22	1.38	1.67	9.49	5965	0.29	7926	10.00	66371	5.10	1.67	0.35	79434	OK	0.78	74951	OK
A18	12.19	1.35	1.65	9.10	634	0.53	645	8.00	52910	5.10	1.88	0.28	73706	OK	0.75	76145	OK
A19	12.19	1.35	1.65	9.10	0	0.00	0	4.00	26994	5.10	3.00	0.14	63257	OK	0.75	36374	OK

## 4.6. Analisa Pembebanan Tahap Menerus

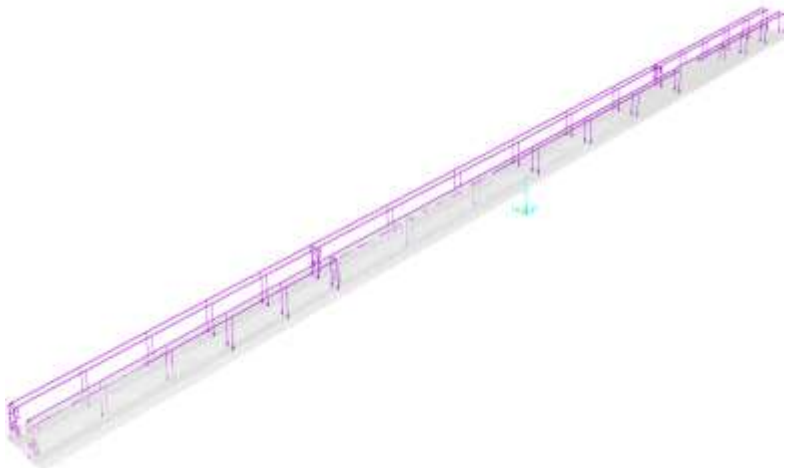
### 4.6.1 Beban Mati

Beban mati pada tahap menerus merupakan beban terhadap berat sendiri struktur jembatan yang dihitung otomatis oleh program bantu SAP2000.

### 4.6.2 Beban Mati Tambahan

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

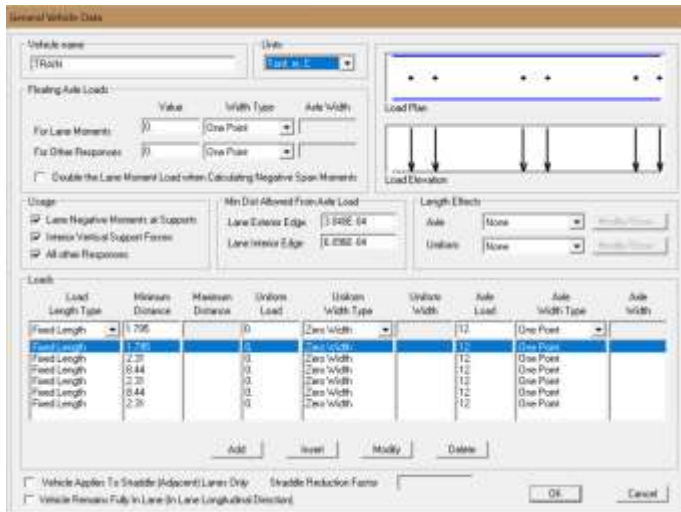
Beban mati tambahan untuk satu jalur u-box girder yang terdiri atas *concrete plinths*, *rail*, *hand rail*, kabel, dll adalah sebesar 21,5 kN/m.



Gambar 4. 61 Permodelan beban mati tambahan pada SAP2000

### 4.6.3 Beban Hidup Kereta

Beban hidup LRT didesain dengan beban maksimum bekerja pada as kendaraan (*axle load*). Beban pada as kendaraan diatur seperti gambar 4.3 di mana di setiap as kendaraan mendistribusikan beban sebesar 12 ton dengan jarak antar rel adalah 1067 mm.



Gambar 4. 62 Permodelan beban hidup kereta pada SAP2000

#### 4.6.4 Beban Kejut (*Impact*)

Desain faktor *impact* yang digunakan adalah 1,4.

#### 4.6.5 *Hunting Force*

Berdasarkan tabel 2.4, nilai *hunting force* yang digunakan adalah pada kondisi *nonsteerable* yaitu sebesar  $0,08L = 9,6$  kN.

#### 4.6.6 *Longitudinal Force*

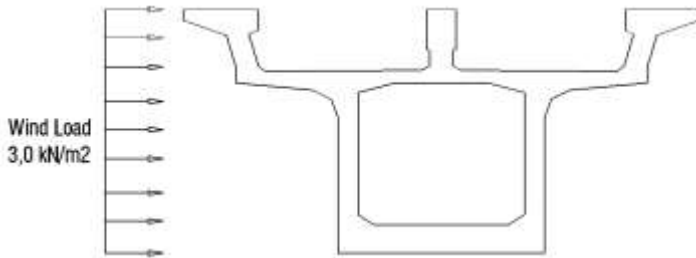
Berdasarkan tabel 2.5, nilai *longitudinal force* yang digunakan adalah sebagai berikut :

$LF_e = 0,3L = 36$  kN (*emergency braking*)

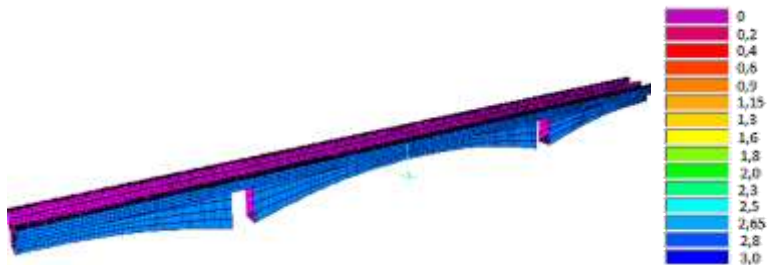
$LF_n = 0,15L = 18$  kN (*normal braking*)

#### 4.6.7 Beban Angin pada Struktur

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan 60 tahun 2012, beban angin yang bekerja tegak lurus rel, secara horizontal dengan nilai sebesar  $3,0$  kN/m<sup>2</sup> pada area proyeksi vertikal jembatan tanpa kereta di atasnya.



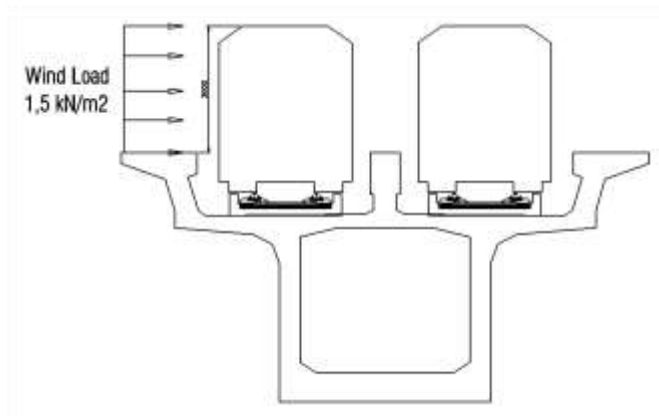
Gambar 4. 63 Skema beban angin pada struktur



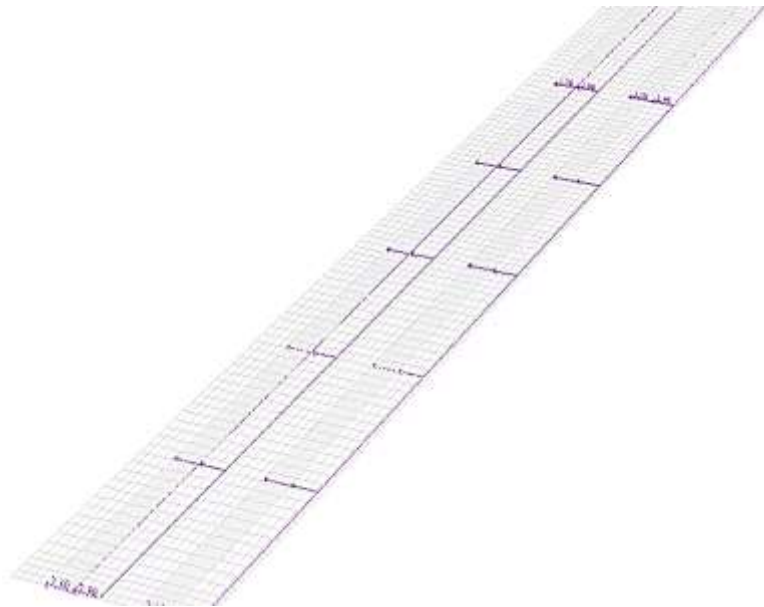
Gambar 4. 64 Permodelan beban angin struktur pada SAP2000 (satuan kNm)

#### 4.6.8 Beban Angin pada Kereta

Berdasarkan peraturan menteri perhubungan 60 tahun 2012, beban angin yang bekerja tegak lurus rel, secara horizontal dengan nilai sebesar  $1,5 \text{ kN/m}^2$  pada areal kereta dan jembatan dengan kereta di atasnya.



Gambar 4. 65 Skema beban angin pada kereta



Gambar 4. 66 Permodelan beban angin kendaraan pada SAP2000

#### 4.6.9 Beban Temperatur

Pada tugas akhir ini, beban temperatur yang digunakan adalah sebesar 40° C.

#### 4.6.10 Beban Gempa

Metode yang digunakan dalam perhitungan beban gempa ini yaitu metode analisis respon spektrum. Beban gempa diperhitungkan dengan probabilitas 7% dalam 75 tahun atau periode ulang 1000 tahun berdasarkan peraturan SNI-2833-2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, perencanaan beban rencana akibat gempa minimum ditentukan beberapa hal :

- a. Lokasi desain : Jakarta
- b. Fungsi bangunan : Jembatan kereta api
- c. Penentuan kelas situs :

Berdasarkan data tanah SPT dari masing-masing titik pilar yang diperoleh, kelas situs tanah dapat ditentukan seperti berikut :

Berdasarkan data pada tabel 4.23, nilai tahanan penetrasi standar rata-rata pada lapisan tanah setebal 50.45 meter adalah :

$$\bar{N} = \frac{\sum ti}{Ni} = \frac{50.45}{2.287} = 22.06$$

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa nilai SPT rata-rata pada data tanah P-1 mencapai 22.06, sehingga berdasarkan tabel 2.6, tanah tersebut ( $15 \leq 22,06 \leq 50$ ) masuk dalam kelas situs Tanah Sedang (SD).

Tabel 4. 23 Perhitungan N SPT rata-rata P-1

Kedalaman	Tebal	Jml. Pukulan (Ni)	ti/Ni
	Tiap Lapisan (ti)		
m	m	pukulan	
0	0	0	-
2.45	2.45	3	0.817
4.45	2	11	0.182
6.45	2	15	0.133
8	1.55	360	0.004
10	2	360	0.006
12	2	360	0.006
14.45	2.45	35	0.070
16.45	2	46	0.043
18.45	2	27	0.074
20.45	2	23	0.087
22.45	2	54	0.037
24.45	2	52	0.038
26	1.55	180	0.009
28.45	2.45	56	0.044
30.39	1.94	130	0.015
32.38	1.99	168	0.012
34.45	2.07	28	0.074
36.45	2	26	0.077
38.45	2	25	0.080
40.45	2	27	0.074
42.45	2	27	0.074
44.45	2	20	0.100
46.45	2	24	0.083
48.45	2	26	0.077
50.45	2	28	0.071
$\Sigma ti/Ni$			2.287

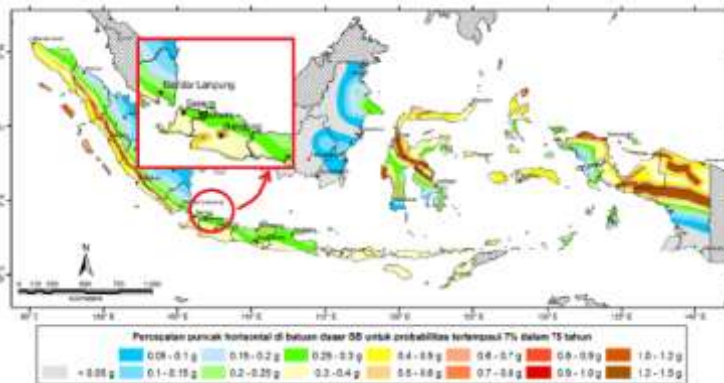


Terdapat 4 data tanah (P-1, P-2, P-3, dan P-4) yang dihitung dengan cara seperti di atas dengan hasil perhitungan yang disajikan pada tabel 4.24 berikut.

Tabel 4. 24 Hasil klasifikasi kelas situs tanah

Data Tanah	$\bar{N}$	Kelas Situs
P-1	22,06	Tanah Sedang
P-2	21,16	Tanah Sedang
P-3	21,27	Tanah Sedang
P-4	16,29	Tanah Sedang

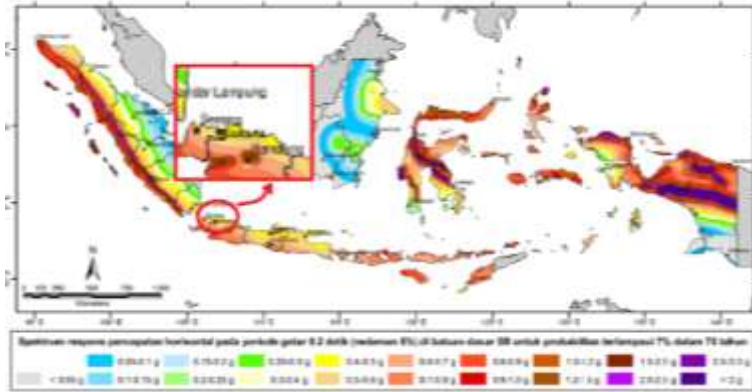
d. Penentuan nilai PGA :



Gambar 4. 67 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Berdasarkan gambar 4.67 peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun di Jakarta adalah 0,25g.

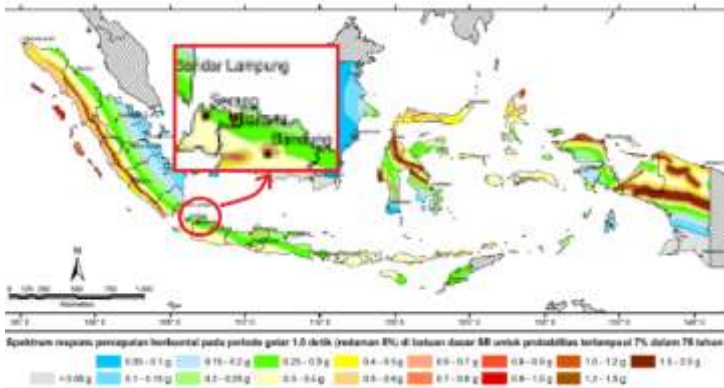
e. Penentuan nilai  $S_s$  (respons spektra 0,2 detik) :



Gambar 4. 68 Peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Berdasarkan gambar 4.68 peta respons spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar ( $S_s$ ) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun di Jakarta adalah 0,5g.

f. Penentuan nilai  $S_1$  (respons spektra 1 detik) :



Gambar 4. 69 Peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Berdasarkan gambar 4.69 peta respons spektra percepatan 1 detik di batuan dasar ( $S_1$ ) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun di Jakarta adalah 0,25g.

- g. Penentuan koefisien situs  $F_{PGA}$ ,  $F_a$ , dan  $F_v$  :

Berdasarkan nilai  $PGA$ ,  $S_1$ , dan  $S_s$  yang telah diperoleh dibaca pada tabel 2.7 faktor amplifikasi periode 1 detik dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ ) dan tabel 2.8 nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik ( $F_v$ ) untuk situs tanah sedang ( $SD$ ) diperoleh hasil sebagai berikut :

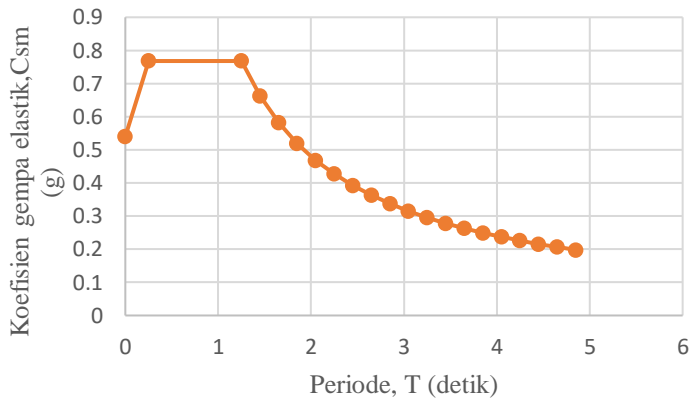
- Nilai  $F_{PGA}$  adalah 1,3
- Nilai  $F_a$  adalah 1,4
- Nilai  $F_v$  adalah 1,9

- h. Penentuan parameter spektral  $A_s$ ,  $S_{DS}$ , dan  $S_{D1}$  dan koefisien repons gempa elastik  $T_0$  dan  $T_s$  :

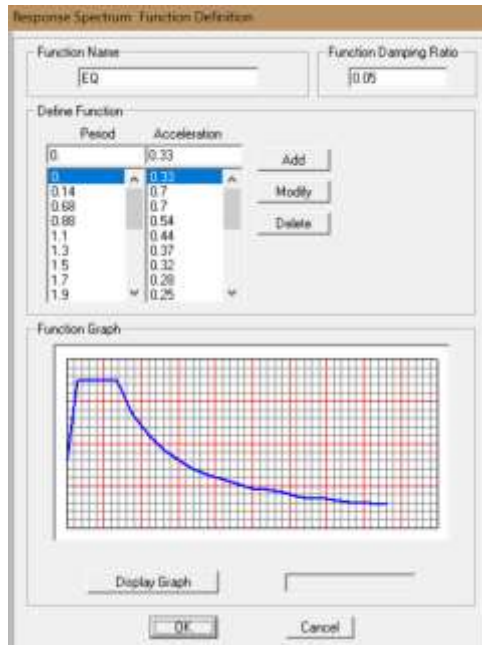
- $A_s = F_{PGA} \times PGA$   
 $= 1,3 \times 0,25$   
 $= 0,33$
- $S_{DS} = F_a \times S_s$   
 $= 1,4 \times 0,5$   
 $= 0,70$
- $S_{D1} = F_v \times S_1$   
 $= 1,9 \times 0,25$   
 $= 0,48$
- $T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$   
 $= 0,2 \frac{0,48}{0,70}$   
 $= 0,14 \text{ detik}$

$$\begin{aligned}
 - \quad T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\
 &= \frac{0,48}{0,70} \\
 &= 0,68 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan parameter spektra, dapat digambarkan dalam sebuah grafik respons spektrum seperti pada gambar 4.70.



Gambar 4. 70 Respons spektrum desain



Gambar 4. 71 Permodelan respons spektrum pada SAP2000

#### 4.7. Perencanaan Tendon Bentang Menerus

Pada tahap ini yang pertama harus dilakukan adalah mengerjakan u-box girder segmen tengah (*closure*) sebagai penyambung antar kantilever dengan cara cor di tempat (*cast in situ*).

Perencanaan tendon pada bentang menerus direncanakan berdasarkan analisa dari SAP2000. Setelah memodelkan semua elemen struktur bentang menerus termasuk tendon kantilever beserta beban-beban yang telah dihitung pada subbab sebelumnya, maka kebutuhan tendon bentang menerus direncanakan sesuai dengan hasil analisa tegangan yang terjadi pada struktur u-box girder.

Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan kombinasi dari ACI 358.1R-92 pada kondisi *service* :

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

Akibat beberapa kombinasi pembebanan yang dipakai sebagai acuan perhitungan, maka pada tahap *service* direncanakan tendon bawah di mana jembatan dibebani penuh. Direncanakan menggunakan tendon dengan jenis strand *seven wires stress relieved* (7 kawat untaian) berdiameter 15,2 mm dengan mengacu pada tabel OVM.

Berdasarkan pada tabel spesifikasi tendon OVM tegangan maksimum yang diperbolehkan sebesar  $0,75 F_{pu}$  (*minimum breaking load*).

Untuk 1 strand diameter 15,24 mm :

$$\begin{aligned}
 - F_0 &= 0,75 F_{pu} \\
 &= 0,75 \times 260,7 \\
 &= 195,53 \text{ kN} \\
 &\approx 196 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tegangan untuk 1 strand diameter 15,24 mm :

$$\begin{aligned}
 - f_s &= F_0 / A_{ps} \\
 &= 196 \text{ kN} / 140 \text{ mm}^2 \\
 &= 1,4 \text{ kN/mm}^2 \\
 &= 1400 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Desain layout tendon menerus dapat dilihat pada gambar 4.72. sedangkan untuk perhitungan gaya penarikan tendon disajikan pada tabel 4.25.

Tabel 4. 25 Rekap perhitungan tendon bawah

A <sub>s</sub>	A	I	h	y <sub>t</sub>	y <sub>b</sub>	e <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	n <sub>2</sub>	F <sub>bawah</sub>
	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m	m	m	m	m		KN
A4	14.22	39.49	5.15	2.46	2.69	2.19	84.0	2	9800
A5	13.97	34.44	4.90	2.36	2.54	2.04	84.0	2	9800
A6	13.72	29.81	4.65	2.26	2.39	1.89	74.0	4	17640
A7	13.49	25.58	4.40	2.17	2.23	1.73	74.0	4	17640
A8	13.29	22.50	4.20	2.09	2.11	1.61	64.0	6	21560
A9	13.09	19.66	4.00	2.02	1.98	1.48	64.0	6	21560
A10	12.89	17.07	3.80	1.94	1.86	1.36	53.0	8	25480
A11	12.72	14.73	3.60	1.87	1.73	1.23	53.0	8	25480
A12	12.58	13.12	3.45	1.81	1.64	1.14	41.0	10	29400
A13	12.47	11.94	3.33	1.77	1.56	1.06	41.0	10	29400
A14	12.38	11.01	3.23	1.73	1.50	1.00	41.0	10	29400
A15	12.32	10.31	3.15	1.70	1.45	0.95	41.0	10	29400
A16	12.27	9.89	3.10	1.69	1.41	0.91	41.0	10	29400
A17	12.22	9.49	3.05	1.67	1.38	0.88	41.0	10	29400
A18	12.19	9.10	3.00	1.65	1.35	0.85	41.0	10	29400
A19	12.19	9.10	3.00	1.65	1.35	0.85	41.0	10	29400
A18	12.19	9.10	3.00	1.65	1.35	0.85	41.0	10	29400
A17	12.22	9.49	3.05	1.67	1.38	0.88	41.0	10	29400
A16	12.27	9.89	3.10	1.69	1.41	0.91	41.0	10	29400
A15	12.32	10.31	3.15	1.70	1.45	0.95	41.0	10	29400
A14	12.38	11.01	3.23	1.73	1.50	1.00	41.0	10	29400
A13	12.47	11.94	3.33	1.77	1.56	1.06	41.0	10	29400
A12	12.58	13.12	3.45	1.81	1.64	1.14	41.0	10	29400
A11	12.72	14.73	3.60	1.87	1.73	1.23	53.0	8	25480
A10	12.89	17.07	3.80	1.94	1.86	1.36	53.0	8	25480
A9	13.09	19.66	4.00	2.02	1.98	1.48	64.0	6	21560
A8	13.29	22.50	4.20	2.09	2.11	1.61	64.0	6	21560
A7	13.49	25.58	4.40	2.17	2.23	1.73	74.0	4	17640
A6	13.72	29.81	4.65	2.26	2.39	1.89	74.0	4	17640
A5	13.97	34.44	4.90	2.36	2.54	2.04	84.0	2	9800
A4	14.22	39.49	5.15	2.46	2.69	2.19	84.0	2	9800

Keterangan :

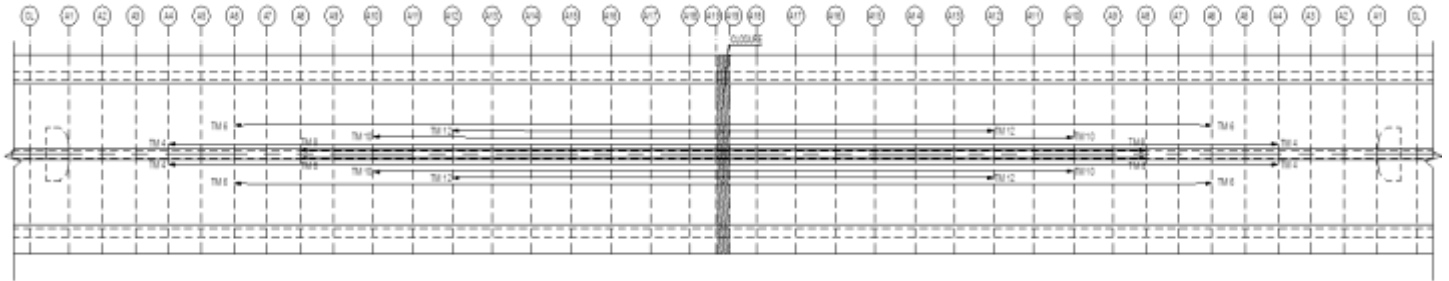
e<sub>2</sub> = eksentrisitas tendon bawah (m)

L<sub>2</sub> = panjang tendon bawah (m)

n<sub>2</sub> = jumlah tendon bawah

F = gaya prategang (kN)

Sehingga untuk tendon bawah menggunakan tambahan tendon dengan besar gaya penarikan total tendonnya sebesar 29400 kN dengan jumlah total 10 tendon pada *bottom slab u-box girder*.

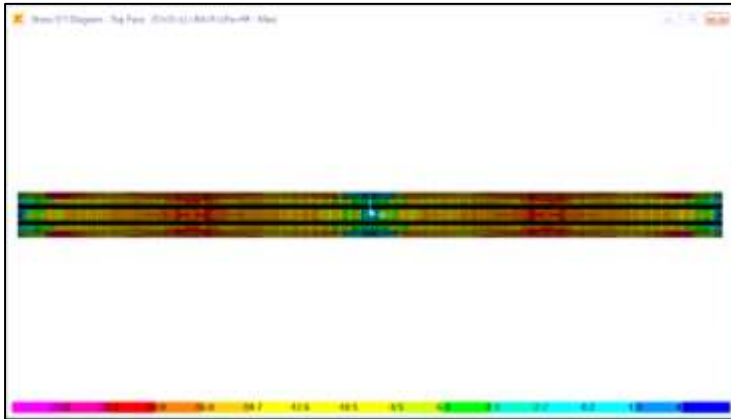


Gambar 4. 72 Layout tendon menerus



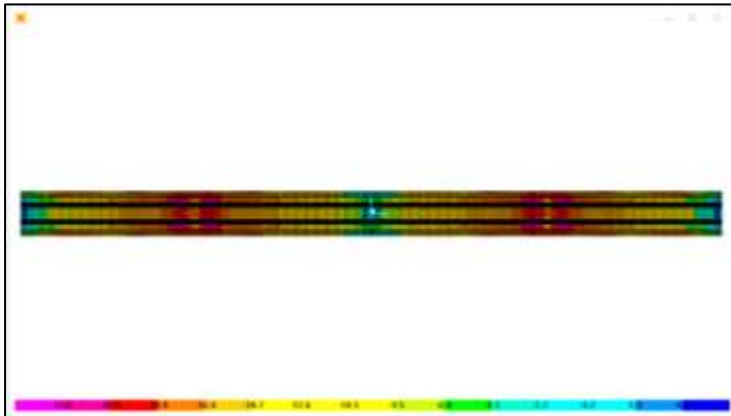
#### 4.7.1 Hasil Analisa SAP2000 Bentang Menerus

- Tegangan Serat Atas kondisi *service* 1 (S1)



Gambar 4. 73 Diagram output SAP  $f_{top}$  bentang menerus

- Tegangan Serat Bawah kondisi *service* 1 (S1)



Gambar 4. 74 Diagram output SAP  $f_{bottom}$  bentang menerus

Berdasarkan hasil analisa SAP2000, dapat diketahui bahwa tegangan pada struktur u-box girder tidak melebihi tegangan ijin pada saat *service*.

#### 4.7.2 Kehilangan Prategang Tahap Service

##### 1. Kehilangan prategang akibat rangkai ( $CR$ )

Salah satu sifat beton adalah dapat mengalami tambahan regangan akibat beban tetap (mati) seiring dengan semakin bertambahnya waktu. Metode umum untuk memperhitungkan rangkai pada beton adalah dengan memasukkan kedalam perhitungan hal-hal berikut ini : Perbandingan volume terhadap permukaan, umur beton pada saat prategang, kelembaban relatif dan jenis beton (beton ringan atau normal). Kehilangan gaya prategang akibat rangkai untuk komponen struktur dengan tendon terekat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (untuk beton dengan berat normal):

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

Di mana

$K_{cr} = 2,0$  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

Dalam tugas akhir ini akan dihitung pada As A17 pada tahap bentang menerus :

Pada tugas akhir ini  $f_{cir}$  dan  $f_{cdc}$  diperoleh dari output SAP.

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

$$CR = 1,6 \cdot 0,25 (-5,95 - (-4,63))$$

$$CR = 13,21 \text{MPa}$$

Perhitungan pada segmen lain akan disajikan dalam bentuk tabel pada lampiran.

## 2. Kehilangan prategang akibat susut ( $SH$ )

Susut pada beton dipengaruhi oleh berbagai faktor 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 :

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

Di mana :

$K_{sh}$  = 0,77 (tabel 4-4 T.Y.Lin hal 88 dengan asumsi dilakukan 7 hari setelah selesainya perawatan basah)

$V$  = Volume  $m^3$

$S$  = Luas Permukaan  $m^2$

$RH$  = Kelembaban udara rata-rata diambil 80 %

Dalam tugas akhir ini akan dihitung pada As A17 pada tahap bentang menerus :

$$V = 36,65 \text{ m}^3$$

$$S = 133,31 \text{ m}^2$$

$$E_s = 195000 \text{ MPa}$$

$$SH = 8,2 \cdot 10^{-6} \times 0,77 \times 196500 \times \left(1 - 0,06 \frac{36,65}{133,31}\right) \times (100 - 80)$$

$$SH = 20,16 \text{ MPa}$$

Perhitungan segmen lain akan disajikan dalam bentuk tabel pada lampiran.

### 3. Kehilangan prategang akibat relaksasi ( $RE$ )

Balok pratekan mengalami perubahan regangan baja yang konstan di dalam tendon bila terjadi rangkai yang tergantung pada waktu. Akibat perpendekan elastis ( $ES$ ), serta kehilangan gaya pratekan yang tergantung pada waktu yaitu  $CR$  dan  $SH$ , maka akan mengakibatkan terjadi pengurangan yang kontinu pada tegangan tendon. Oleh karena itu untuk memperkirakan kehilangan gaya pratekan akibat pengaruh tersebut digunakan perumusan sebagai berikut :

$$RE = (K_{re} - J (SH + CR + ES)) \times C$$

Di mana : tendon yang dipakai adalah tipe strand atau kawat *stress relieved* derajat 1395,67 MPa. Sehingga didapat :

$$K_{re} = 138 \text{ Mpa (tabel 4-5 T.Y.Lin)}$$

$$J = 0,15 \text{ (tabel 4-5 T.Y.Lin)}$$

Dalam tugas akhir ini akan dihitung pada As 17 pada tahap bentang menerus :

$$RE = (138 - 0,15 (20,16 + 13,21 + 18,61)) \times 1$$

$$RE = 130,2 \text{ MPa}$$

Perhitungan kehilangan gaya prategang dari setiap segmen disajikan dalam bentuk tabel pada lampiran.

### 4.7.3 Kontrol Momen Retak dan Momen Batas

#### 1. Kontrol Momen Retak

Kontrol momen *crack* dilakukan pada daerah tumpuan yang menghasilkan momen terbesar. Balok memenuhi syarat retak jika momen yang bekerja padanya tidak melampaui momen retak tahanan balok.

$$\begin{aligned}
 f_r &= 0,62 \times \sqrt{50} = 4,38 \text{ MPa} = 4380 \text{ KN/m}^2 \\
 F &= 266277 \text{ KN} \\
 E &= 2,12 \text{ m} \\
 r^2 &= 3,00 \text{ m}^2 \\
 y_t &= 2,95 \text{ m} \\
 I &= 73,46 \text{ m}^4 \\
 M_{\text{tot}} &= 474450,81 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Momen *Crack*

$$\begin{aligned}
 M_{cr} &= 266277 \left( 2,12 + \frac{3,00}{2,95} \right) + \frac{4380 \cdot 73,46}{2,95} \\
 M_{cr} &= 944366,83 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Syarat

$$M_{\text{tot}} \leq M_{cr \text{ as-CL}}$$

$$474450,81 \text{ kNm} \leq 944366,83 \text{ kNm} \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

#### 2. Kontrol momen batas

Momen tahanan batas pada box 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 C dan T maka akan didapatkan nilai momen batas, ( $M_u$ ).

Dalam tugas akhir ini, sebagai contoh kontrol momen batas pada pelaksanaan akan di hitung pada tumpuan.

Penampang box girder pada As CL :

$$f_{ci}' = 44 \text{ MPa} = 44000 \text{ kN/m}^2$$

$$T (\text{Fse}) = 266277 \text{ kN}$$

$$b_w = 5,10 \text{ m}$$

$$d = 5,07 \text{ m}$$

$$M_{\text{tot}} = 474450,81 \text{ kNm}$$

Perhitungan tinggi tegangan tekan beton

$$a = \frac{266277}{0,85 \cdot 44000 \cdot 5,10}$$

$$a = 1,4 \text{ m}$$

Perhitungan Kemampuan Penampang

$$M_{M_u \text{ as-CL}} = 0,8 \left( 266277 \left( 5,07 - \frac{1,4}{2} \right) \right)$$

$$M_{M_u \text{ as-CL}} = 931492 \text{ kNm}$$

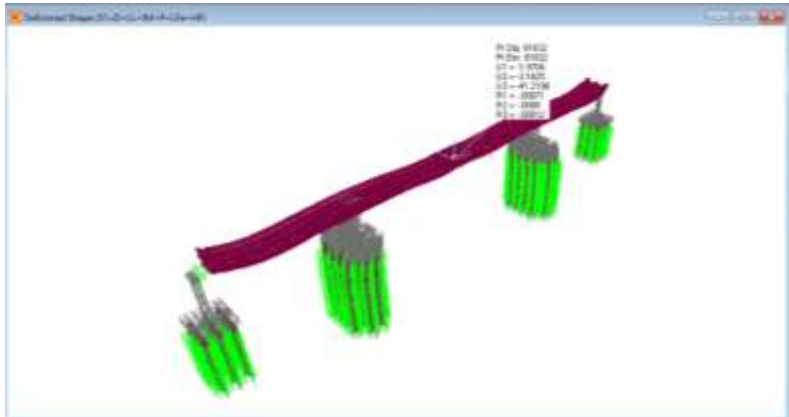
Syarat

$$M_{\text{tot}} \leq M_{M_u \text{ as-CL}}$$

$$474450,81 \text{ kNm} \leq 931492 \text{ kNm} \text{ (Memenuhi Syarat)}$$

#### 4.7.4 Kontrol Lendutan

Lendutan pada saat beban penuh adalah lendutan jangka panjang akibat kombinasi beban ijin baik beban prategang, beban mati maupun beban hidup. Lendutan tersebut tidak boleh melampaui lendutan yang di ijin. Berdasarkan RSNIT-12-2004 lendutan tidak boleh melampaui  $L/800$ .



Gambar 4. 75 Lendutan tahap *service*

Dari hasil analisa dengan program bantu SAP2000 didapat lendutan maksimum saat *service* yaitu sebesar 41,2 mm.

$$\Delta_{service} < \Delta_{ijin}$$

$$41,2 \text{ mm} < L/800 \text{ mm}$$

$$41,2 \text{ mm} < 105000 \text{ mm}/800 \text{ mm}$$

$$41,2 \text{ mm} < 131,25 \text{ mm} \quad (\text{Memenuhi Syarat})$$

#### 4.8 Penulangan Lentur

Dari pemodelan tersebut didapatkan data  $Ast_1$  dan  $Ast_2$  dari program SAP2000 sebagai dasar perhitungan penulangan u-box girder.

Tabel 4. 26 Rekap penulangan u-box girder

PELAT		As perlu	D	jarak	As terpasang
		mm <sup>2</sup> /m	mm	mm	mm <sup>2</sup> /m
Atas (Barrier Samping)	memanjang	2269	19	100	2835
	melintang	3499	22	100	3801
Atas (Barrier Tengah)	memanjang	1874	19	100	2835
	melintang	3018	22	100	3801
Barrier Samping	memanjang	2312	19	100	2835
	melintang	3476	22	100	3801
Barrier Tengah	memanjang	2394	19	100	2835
	melintang	2279	19	100	2835
Atas	memanjang	3549	25	125	3927
	melintang	4282	25	100	4909
Web	memanjang	3711	22	100	3801
	melintang	3919	25	100	4909
Bawah	memanjang	3658	22	100	3801
	melintang	3878	25	100	4909

##### 4.8.1 Perhitungan Panjang Penyaluran Tulangan

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 14.2.2 untuk penyaluran batang ulir dan kawat ulir yang berada dalam kondisi tarik untuk batang dengan diameter 22 atau lebih besar dapat digunakan persamaan berikut:

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

Dengan,

$\alpha$  = 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.



$\beta$  = faktor pelapis

Tulangan utama tanpa pelapis dapat diambil sebesar 1.

$\gamma$  = faktor ukuran batang tulangan

Untuk batang D-22 atau lebih besar diambil sebesar 1

$\lambda$  = faktor beton agregat ringan

Apabila digunakan beton berat normal diambil sebesar 1

$$\frac{I_d}{db} = \frac{3}{5} \frac{f_y \beta \alpha \gamma}{\sqrt{f_{c'}}}$$

$$\frac{I_d}{db} = \frac{3}{5} \frac{400 \text{ N/mm}^2 \cdot 1.1.1.1}{\sqrt{50}}$$

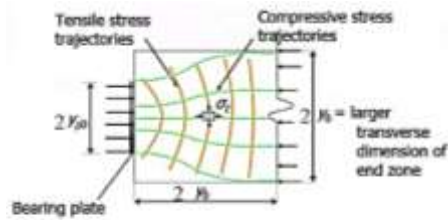
$$I_d = 700 \text{ mm}$$

#### 4.9 Penulangan Blok Ujung (*Endblock*)

*Endblock* adalah daerah dengan konsentrasi tegangan yang sangat tinggi dan sangat berpotensi terjadinya bahaya retak pada bagian ujung balok posttension disebut dengan “*anchorage zone*” atau “*end zone*”. (Antoine E. Naaman: 1976). Blok ujung adalah bagian dari komponen struktur prategang yang mengelilingi angkur tendon. Pada seluruh panjang blok ujung, gaya prategang dialihkan dari luas yang dialihkan dari luas yang kurang lebih terpusat dan didistribusikan melalui seluruh penampang beton.

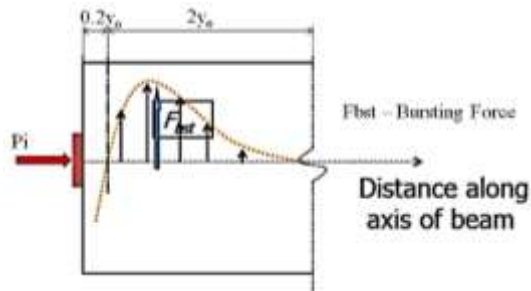
Pada sistem pascatarik, plat angker digunakan untuk mentransfer gaya dari tendon ke beton. Gaya prategang ditransfer dengan model yang terpusat dan pada bagian ujung akan mengalami tegangan dan gaya lokal yang besar. Sehingga dibutuhkan *endblock* untuk mendistribusikan pemusatan tegangan ini dalam bentuk tegangan tekan linear.

Penentuan kedudukan dan besarnya tegangan tarik maksimum dan tarikan memecah (*bursting*) untuk balok ujung digunakan metode Guyon.



$y_b$  is half the side of the end block:  
 $y_{po}$  is half the side of the loaded area:

Gambar 4. 76 Transmisi gaya pada *endblock*



Gambar 4. 77 Diagram tegangan tarik pada *endblock*

Perhitungan gaya *bursting* menggunakan rumus empiris berikut :

$$F_{bst} = P_i (0,32 - 0,3y_{po}/y_o)$$

Besarnya gaya prategang ( $P_i$ ) tiap tendon beserta penamaan angkur dapat dilihat pada tabel 4.27. Penggolongan tipe angkur berdasarkan dari jumlah strand pada masing-masing tendon.

Tabel 4. 27 Penggolongan angkur dalam desain

Tendon	Jml. Strand	Pi	Anchorage Type
T1	15	2940	ANC OVM.M13-15/16
T2	15	2940	ANC OVM.M13-15/16
T3	15	2940	ANC OVM.M13-15/16
T4	15	2940	ANC OVM.M13-15/16
T5	20	3920	ANC OVM.M13-20
T6	20	3920	ANC OVM.M13-20
T7	20	3920	ANC OVM.M13-20
T8	20	3920	ANC OVM.M13-20
T9	25	4900	ANC OVM.M13-25/26
T10	25	4900	ANC OVM.M13-25/26
T11	30	5880	ANC OVM.M13-30/31
T12	20	3920	ANC OVM.M13-20
T13	30	5880	ANC OVM.M13-30/31
T14	30	5880	ANC OVM.M13-30/31
T15	35	6860	ANC OVM.M13-35/36
T16	35	6860	ANC OVM.M13-35/36
T17	35	6860	ANC OVM.M13-35/36
T18	35	6860	ANC OVM.M13-35/36
TM 4	25	4900	ANC OVM.M13-25/26
TM 6	20	3920	ANC OVM.M13-20
TM 8	10	1960	ANC OVM.M13-10/11
TM 10	10	1960	ANC OVM.M13-10/11
TM 12	10	1960	ANC OVM.M13-10/11

Direncanakan angkur menggunakan desain dari OVM. Berdasarkan tabel 4.27, didapatkan 6 tipe angkur yang digunakan dalam desain. Berikut perhitungan kebutuhan penulangan pada blok ujung :

a. ANC OVM.M13-10/11

$$\begin{aligned}
 - f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 - \text{Anchor head} &= 157 \text{ mm} \\
 - y_{po} &= \frac{157 \text{ mm}}{2} = 78.5 \\
 - y_o &= \frac{216 \text{ mm}}{2} = 108 \\
 - F_{bst} &= 1960 \left( 0.32 - 0.3 \frac{78.5}{108} \right) \\
 &= 199.81 \text{ kN} \\
 - A_s &= \frac{F_{bst}}{0.87 f_y} \\
 &= \frac{199811.11}{348} \\
 &= 574.17 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Dipakai tulangan D 19 - 100**

b. ANC OVM.M13-15/16

$$\begin{aligned}
 - f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 - \text{Anchor head} &= 195 \text{ mm} \\
 - y_{po} &= \frac{195 \text{ mm}}{2} = 97.5 \\
 - y_o &= \frac{240 \text{ mm}}{2} = 120 \\
 - F_{bst} &= 2940 \left( 0.32 - 0.3 \frac{97.5}{120} \right) \\
 &= 224.18 \text{ kN} \\
 - A_s &= \frac{F_{bst}}{0.87 f_y} \\
 &= \frac{224175.00}{348} \\
 &= 644.18 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Dipakai tulangan D 19 - 100**

c. ANC OVM.M13-20

$$\begin{aligned}
 - f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 - \text{Anchor head} &= 217 \text{ mm} \\
 - y_{po} &= \frac{217 \text{ mm}}{2} = 109 \\
 - y_o &= \frac{290 \text{ mm}}{2} = 145 \\
 - F_{bst} &= 3920 \left( 0.32 - 0.3 \frac{109}{145} \right) \\
 &= 374.43 \text{ kN} \\
 - A_s &= \frac{F_{bst}}{0.87 f_y} \\
 &= \frac{374427.59}{348} \\
 &= 1075.94 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Dipakai tulangan D 19 - 75**

d. ANC OVM.M13-25/26

$$\begin{aligned}
 - f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 - \text{Anchor head} &= 230 \text{ mm} \\
 - y_{po} &= \frac{230 \text{ mm}}{2} = 115 \\
 - y_o &= \frac{300 \text{ mm}}{2} = 150 \\
 - F_{bst} &= 4900 \left( 0.32 - 0.3 \frac{115}{150} \right) \\
 &= 441.00 \text{ kN} \\
 - A_s &= \frac{F_{bst}}{0.87 f_y} \\
 &= \frac{441000.00}{348} \\
 &= 1267.24 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Dipakai tulangan D 19 - 75**

e. ANC OVM.M13-30/31

$$\begin{aligned}
 - f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 - \text{Anchor head} &= 245 \text{ mm} \\
 - y_{po} &= \frac{245 \text{ mm}}{2} = 123 \\
 - y_o &= \frac{315 \text{ mm}}{2} = 158 \\
 - F_{bst} &= 5880 \left( 0.32 - 0.3 \frac{123}{158} \right) \\
 &= 509.60 \text{ kN} \\
 - A_s &= \frac{F_{bst}}{0.87 f_y} \\
 &= \frac{509600.00}{348} \\
 &= 1464.37 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Dipakai tulangan D 19 - 50**

f. ANC OVM.M13-35/36

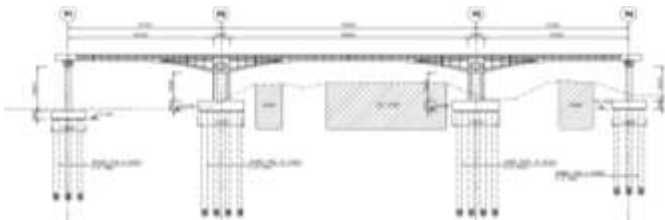
$$\begin{aligned}
 - f_y &= 400 \text{ MPa} \\
 - \text{Anchor head} &= 270 \text{ mm} \\
 - y_{po} &= \frac{270 \text{ mm}}{2} = 135 \\
 - y_o &= \frac{370 \text{ mm}}{2} = 185 \\
 - F_{bst} &= 6860 \left( 0.32 - 0.3 \frac{135}{185} \right) \\
 &= 693.42 \text{ kN} \\
 - A_s &= \frac{F_{bst}}{0.87 f_y} \\
 &= \frac{693416.22}{348} \\
 &= 1992.58 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

**Dipakai tulangan D 19 - 50**

## BAB V STRUKTUR BANGUNAN BAWAH

### 5.1. Data Umum Perencanaan Bangunan Bawah

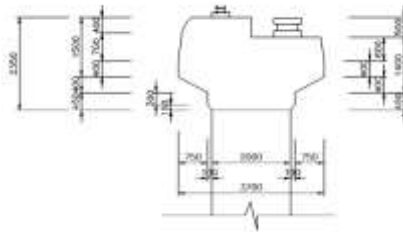
Pilar merupakan struktur bangunan bawah jembatan yang berfungsi sebagai penyalur beban-beban dari bangunan atas ke pondasi. Perencanaan penempatan struktur bangunan bawah terdiri dari 4 pilar seperti pada gambar 5.1.



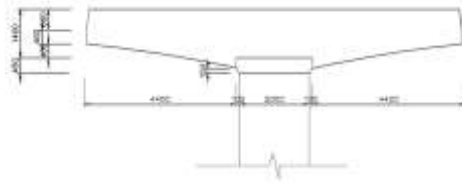
Gambar 5. 1 Penempatan pilar rencana

### 5.2. Perencanaan P1 dan P4

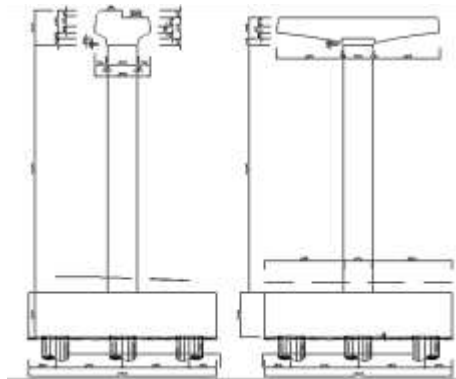
Dimensi dari masing masing bagian pada pilar P1 dan P4 seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. 2 Tampak memanjang *pier head* P1 dan P4



Gambar 5. 3 Tampak melintang *pier head* P1 dan P4



Gambar 5. 4 Tampak melintang dan memanjang pilar P1 dan P4  
Dimensi :

Pilar = 2 m x 2 m

Pilecap = 12,6 m x 12,6 m

### 5.2.1 Penulangan *Pierhead* P1 dan P4

Berdasarkan permodelan struktur pada SAP2000, didapatkan data Ast1 dan Ast2 di mana Ast merupakan kebutuhan tulangan pada elemen struktur yang dianalisa oleh program bantu SAP 2000. Data tersebut digunakan untuk perhitungan penulangan pierhead berdasarkan kombinasi akibat gempa dengan faktor modifikasi respons (R) 3,5. Kombinasi yang digunakan adalah

$$U3 \text{ EQ } X = 1.3D + 1.3SD + 1.4TR + 1.4I + 1.4HF + 1PS + 1,5EX + 1.4LFe$$



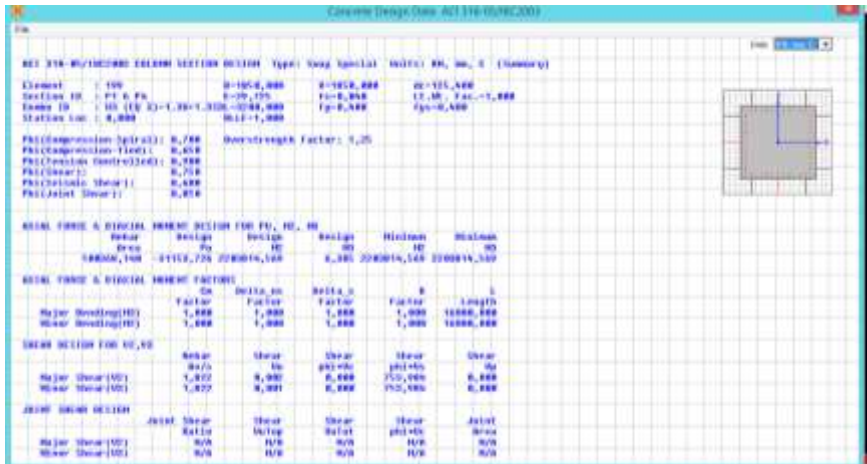
Tabel 5. 1 Penulangan pier head P1 dan P4

<b>PENULANGAN PELAT PIER HEAD P1 &amp; P4</b>			
Mutu Beton =	fc' = 40 Mpa		
Mutu Tulangan =	fy = 400 Mpa (Ulir ≥ D13)		
TEBAL	=	1500 mm	
LEBAR "b"	=	1000 mm	
COVER BETON	=	100 mm	
Tulangan Melintang			
<b>Perhitungan Tulangan</b>		Top	Bottom
Ast 1 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m') =		8890.00	6801.00
Penulangan	=	<b>D32 -75</b>	<b>D32 -100</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	=	10723.30	8042.48
As terpasang > As perlu	=	<b>(OK)</b>	<b>(OK)</b>
Tulangan Memanjang			
<b>Perhitungan Tulangan</b>		Top	Bottom
Ast 2 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m') =		9628.00	10050.00
Penulangan	=	<b>D32 -75</b>	<b>D32 -75</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	=	10723.30	10723.30
As terpasang > As perlu	=	<b>(OK)</b>	<b>(OK)</b>

### 5.2.2 Penulangan *Pilar* P1 dan P4

Berdasarkan permodelan struktur pada SAP2000, didapatkan data rebar area seperti pada gambar 5.5 . Data tersebut digunakan untuk perhitungan penulangan pierhead berdasarkan kombinasi akibat gempa dengan faktor modifikasi respons (R) 3,5. Kombinasi yang digunakan adalah

$$U3 \text{ EQ } Y = 1.3D + 1.3SD + 1.4TR + 1.4I + 1.4HF + 1PS + 1,5EY + 1.4Lfe$$



Gambar 5. 5 Kebutuhan rebar pada pilar (output SAP2000)

Tabel 5. 2 Perhitungan tulangan pilar P1 dan P4

PILAR P1 & P4	
Beton :	$f_c' = 40$ Mpa
Tulangan :	$f_y = 400$ Mpa
cover	100 mm
lebar pilar	2000 mm
<b><u>Tul. Utama</u></b>	
As Perlu ( $\text{mm}^2$ ) OutPut Sap	100368
Penulangan	160 D29
As Pasang ( $\text{mm}^2$ )	105683
Cek	<b>OK</b>
<b><u>Sengkang</u></b>	
As Perlu ( $\text{mm}^2$ ) OutPut Sap	1.822
Penulangan	4D13 -150
As Pasang ( $\text{mm}^2$ )	3.54
Cek	<b>OK</b>

### 5.2.3 Analisa Pondasi P1

Permodelan parameter tanah dalam program SAP2000 pada tiang pondasi (*bore pile*) menggunakan konstanta pegas. Berikut merupakan besaran konstanta pegas yang di input pada tiang pondasi P1 untuk setiap meternya.

Tabel 5. 3 Input spring P1 pada SAP2000

Depth	N SPT	Eo = 28 N kg/cm <sup>2</sup>	D = 1.80 m	D = 1.80 m	D = 1.80 m	D = 1.80 m
			ko = 0.2*Eo*D <sup>-3/4</sup> kg/cm <sup>3</sup>	y = 1.00 cm k = ko*y <sup>-1/2</sup> kg/cm <sup>3</sup>	kv = ko*A ton/m	kx=ky = k*D*dz ton/m
0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-1	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-2	3	84	0.34	0.34	869.94	615.36
-3	7	196	0.80	0.80	2029.86	1435.83
-4	11	308	1.25	1.25	3189.78	2256.31
-5	13	364	1.48	1.48	3769.74	2666.55
-6	15	420	1.71	1.71	4349.70	3076.79
-7	50	1400	5.70	5.70	14499.02	10255.96
-8	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-9	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-10	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-11	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-12	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-13	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-14	35	980	3.99	3.99	10149.31	7179.17
-15	40	1120	4.56	4.56	11599.21	8204.76
-16	46	1288	5.24	5.24	13339.10	9435.48
-17	37	1036	4.22	4.22	10729.27	7589.41
-18	27	756	3.08	3.08	7829.47	5538.22
-19	25	700	2.85	2.85	7249.51	5127.98
-20	23	644	2.62	2.62	6669.55	4717.74
-21	38	1064	4.33	4.33	11019.25	7794.53
-22	54	1512	6.15	6.15	15658.94	11076.43
-23	53	1484	6.04	6.04	15368.96	10871.31
-24	52	1456	5.93	5.93	15078.98	10666.19
-25	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15

### 5.2.4 Analisa Pondasi P4

Permodelan parameter tanah dalam program SAP2000 pada tiang pondasi (*bore pile*) menggunakan konstanta pegas. Berikut merupakan besaran konstanta pegas yang di input pada tiang pondasi P4 untuk setiap meternya.

Tabel 5. 4 Input spring P4 pada SAP2000

Depth	N SPT	Eo = 28 N kg/cm <sup>2</sup>	D = 1.80 m	D = 1.80 m	D = 1.80 m	D = 1.80 m
			ko = 0.2*Eo*D <sup>-3/4</sup> kg/cm <sup>3</sup>	y = 1.00 cm k = ko*y <sup>-1/2</sup> kg/cm <sup>3</sup>	kv = ko*A ton/m	kx=ky = k*D*dz ton/m
0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-1	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-2	7	196	0.80	0.80	2029.86	1435.83
-3	7	196	0.80	0.80	2029.86	1435.83
-4	8	224	0.91	0.91	2319.84	1640.95
-5	8	224	0.91	0.91	2319.84	1640.95
-6	7	196	0.80	0.80	2029.86	1435.83
-7	6	168	0.68	0.68	1739.88	1230.71
-8	5	140	0.57	0.57	1449.90	1025.60
-9	5	140	0.57	0.57	1449.90	1025.60
-10	4	112	0.46	0.46	1159.92	820.48
-11	3	84	0.34	0.34	869.94	615.36
-12	3	84	0.34	0.34	869.94	615.36
-13	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-14	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-15	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-16	49	1372	5.58	5.58	14209.04	10050.84
-17	44	1232	5.01	5.01	12759.13	9025.24
-18	38	1064	4.33	4.33	11019.25	7794.53
-19	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-20	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15

### 5.2.5 Analisa Daya Dukung Pondasi P1

Daya dukung diperhitungkan berdasarkan data tanah yang ada.

Daya dukung vertikal :

- Daya dukung terpusat tiang  
 $R_p = qd \cdot A$
- Gaya geser dinding tiang  
 $R_f = U \sum l_i \cdot f_i$

- Daya dukung ultimit  
 $R_u = R_p + R_f$
- Daya dukung vertikal ijin

$$R_a = \frac{1}{n}(R_u - W_s) + W_s - W_p$$

dimana,

$n$  = faktor keamanan

$R_u$  = Daya dukung ultimate (ton)

$R_p$  = Daya dukung terpusat tiang (ton)

$R_f$  = Gaya geser dinding tiang (ton)

$W_s$  = Berat efektif tanah yang dipindahkan (ton)

$W_p$  = Berat efektif tiang (ton)

Dari hasil kemampuan borepile hasil reaksi berupa gaya aksial tekan maka akan dikontrol dengan daya dukung tanah akibat tekan. Perhitungan daya dukung tanah berdasarkan borepile yang berdiameter 1,8 m kedalaman 25m dan berdasarkan data penyelidikan tanah SPT pada titik bor.

Data perencanaan pondasi borepile :

$$F_c' = 30 \text{ MPa}$$

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

$$D = 1800 \text{ mm}$$

$$U_p = 3,14 \times 1,8 \text{ m}$$

$$= 5,65 \text{ m}$$

$$A = 0,25 \times 3,14 \times (1800\text{mm})^2$$

$$= 2,55 \text{ m}^2$$

- Intensitas gaya geser dinding tiang ( $f_i$ )

Tabel 5. 5 Intensitas gaya eser dinding tiang

(Satuan:  $t/m^2$ )

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5}$ ( $\leq 10$ )	$\frac{N}{2}$ ( $\leq 12$ )
Tanah kohesif	$c$ atau $N$ ( $\leq 12$ )	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2}$ ( $\leq 12$ )

$$N_{\text{ujung tiang}} = 60 \text{ (kedalaman 25 m)}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = \frac{38+54+53+52+60+60+60+56+60}{9} = 55$$

Tabel 5. 6 Tabel perkiraan  $q_d$  untuk tiang di cor ditempat

Intensitas daya dukung ultimate pada ujung tiang ( $q_u$ )	Lapisan kerikil <sup>1)</sup>	$N \geq 50$	750
		$50 > N \geq 40$	525
		$40 > N \geq 30$	300
	Lapisan berpasir <sup>1)</sup>	$N \geq 30$	300
	Lapisan lempung keras	$3q_u^{2)}$	
1) Perbedaan antara lapisan kerikil dengan lapisan berpasir dapat dipertimbangkan berdasarkan hasil penyelidikan pada sejumlah kecil tanah tersebut. Lapisan berpasir yang bercampur dengan kerikil dianggap sama dengan lapisan berpasir tanpa kerikil. Harga $N$ diperoleh dari penyelidikan 2) Pada lapisan lempung keras, intensitas daya dukung ditetapkan berkenaan dengan "Kriteria perencanaan pondasi kaision $q_u$ adalah kekuatan geser unconfined ( $t/m^2$ )			

▪ Hasil Perhitungan Gaya Geser Dinding Tiang

Tabel 5. 7 Hasil perhitungan gaya geser dinding tiang P1

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	fi
					(t/m <sup>2</sup> )
0	SILTY CLAY	0		0	0.00
-1	SILTY CLAY	0		0	0.00
-2	SILTY CLAY	3		33	1.50
-3	SILTY CLAY	7		77	3.50
-4	SILTY CLAY	11		121	5.50
-5	SILTY CLAY	13		143	6.50
-6	SILTY CLAY	15		165	7.50
-7	SILTY CLAY	50		550	12.00
-8	SILTY CLAY	60		660	12.00
-9	MEDIUM TO COARSE S	60		300	12.00
-10	MEDIUM TO COARSE S	60		300	12.00
-11	MEDIUM TO COARSE S	60		300	12.00
-12	LOOSE CORE	60		300	12.00
-13	SILTY CLAY	60		660	12.00
-14	SILTY CLAY	35		385	12.00
-15	SILTY CLAY	40		440	12.00
-16	SILTY CLAY	46		506	12.00
-17	SILTY CLAY	37		407	12.00
-18	SILTY CLAY	27		297	12.00
-19	SILTY CLAY	25		275	12.00
-20	SILTY CLAY	23		253	11.50
-21	FINE SAND	38		300	12.00
-22	FINE SAND	54		300	12.00
-23	SILTY CLAY	53		583	12.00
-24	SILTY CLAY	52		572	12.00
-25	SILTY CLAY	60		660	12.00
-26	SILTY CLAY	60		300	12.00
-27	SILTY CLAY	60		300	12.00
-28	SILTY SAND	56		300	12.00
-29	SILTY SAND	60		300	12.00
-30	SILTY CLAY	60		660	12.00

Tabel 5. 8 Perhitungan daya dukung *ultimate* P1

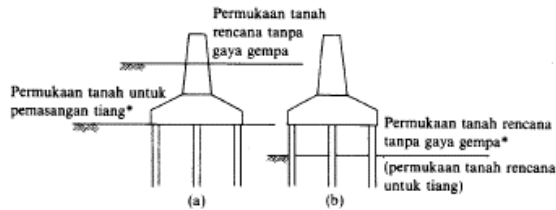
Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	Rf	Rp	Ru
					(ton)	(ton)	(ton)
0	SILTY CLAY	0	0	0			
-1	SILTY CLAY	0	-1	0	0.00	0.00	0.00
-2	SILTY CLAY	3	-2	33	8.48	83.97	92.46
-3	SILTY CLAY	7	-3	77	28.27	195.94	224.22
-4	SILTY CLAY	11	-4	121	59.38	307.91	367.28
-5	SILTY CLAY	13	-5	143	96.13	363.89	460.02
-6	SILTY CLAY	15	-6	165	138.54	419.87	558.42
-7	SILTY CLAY	50	-7	550	206.40	1399.58	1605.98
-8	SILTY CLAY	60	-8	660	274.26	1679.50	1953.76
-9	MEDIUM TO COARSE S	60	-9	300	342.12	763.41	1105.53
-10	MEDIUM TO COARSE S	60	-10	300	409.98	763.41	1173.38
-11	MEDIUM TO COARSE S	60	-11	300	477.84	763.41	1241.24
-12	LOOSE CORE	60	-12	300	545.69	763.41	1309.10
-13	SILTY CLAY	60	-13	660	613.55	1679.50	2293.05
-14	SILTY CLAY	35	-14	385	681.41	979.71	1661.12
-15	SILTY CLAY	40	-15	440	749.27	1119.66	1868.93
-16	SILTY CLAY	46	-16	506	817.13	1287.61	2104.74
-17	SILTY CLAY	37	-17	407	884.99	1035.69	1920.68
-18	SILTY CLAY	27	-18	297	952.85	755.77	1708.62
-19	SILTY CLAY	25	-19	275	1020.70	699.79	1720.49
-20	SILTY CLAY	23	-20	253	1085.73	643.81	1729.54
-21	FINE SAND	38	-21	300	1153.59	763.41	1917.00
-22	FINE SAND	54	-22	300	1221.45	763.41	1984.86
-23	SILTY CLAY	53	-23	583	1289.31	1483.55	2772.86
-24	SILTY CLAY	52	-24	572	1357.17	1455.56	2812.73
-25	SILTY CLAY	60	-25	660	1425.03	1679.50	3104.52
-26	SILTY CLAY	60	-26	300	1492.88	763.41	2256.29
-27	SILTY CLAY	60	-27	300	1560.74	763.41	2324.15
-28	SILTY SAND	56	-28	300	1628.60	763.41	2392.01
-29	SILTY SAND	60	-29	300	1696.46	763.41	2459.87
-30	SILTY CLAY	60	-30	660	1764.32	1679.50	3443.81
-31			-31				



Tabel 5. 9 Perhitungan daya dukung ijin tiang P1

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	Ra tekan	Ra tekan	Ra cabut	Ra cabut
				(SF=3.0)	(SF=2.0)	(SF=3.0)	(SF=2.0)
				(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
0	SILTY CLAY	0		0.00	0.00	0.00	0.00
-1	SILTY CLAY	0		30.82	46.23	2.83	4.24
-2	SILTY CLAY	3		74.74	112.11	9.42	14.14
-3	SILTY CLAY	7		122.43	183.64	19.79	29.69
-4	SILTY CLAY	11		153.34	230.01	32.04	48.07
-5	SILTY CLAY	13		186.14	279.21	46.18	69.27
-6	SILTY CLAY	15		535.33	802.99	68.80	103.20
-7	SILTY CLAY	50		651.25	976.88	91.42	137.13
-8	SILTY CLAY	60		368.51	552.76	114.04	171.06
-9	MEDIUM TO COARSE S	60		391.13	586.69	136.66	204.99
-10	MEDIUM TO COARSE S	60		413.75	620.62	159.28	238.92
-11	MEDIUM TO COARSE S	60		436.37	654.55	181.90	272.85
-12	LOOSE CORE	60		764.35	1146.52	204.52	306.78
-13	SILTY CLAY	60		553.71	830.56	227.14	340.71
-14	SILTY CLAY	35		622.98	934.47	249.76	374.63
-15	SILTY CLAY	40		701.58	1052.37	272.38	408.56
-16	SILTY CLAY	46		640.23	960.34	295.00	442.49
-17	SILTY CLAY	37		569.54	854.31	317.62	476.42
-18	SILTY CLAY	27		573.50	860.25	340.23	510.35
-19	SILTY CLAY	25		576.51	864.77	361.91	542.87
-20	SILTY CLAY	23		639.00	958.50	384.53	576.80
-21	FINE SAND	38		661.62	992.43	407.15	610.73
-22	FINE SAND	54		924.29	1386.43	429.77	644.65
-23	SILTY CLAY	53		937.58	1406.37	452.39	678.58
-24	SILTY CLAY	52		1034.84	1552.26	475.01	712.51
-25	SILTY CLAY	60		752.10	1128.15	497.63	746.44
-26	SILTY CLAY	60		774.72	1162.08	520.25	780.37
-27	SILTY CLAY	60		797.34	1196.00	542.87	814.30
-28	SILTY SAND	56		819.96	1229.93	565.49	848.23
-29	SILTY SAND	60		1147.94	1721.91	588.11	882.16
-30	SILTY CLAY	60					
-31							

- Kontrol Tiang:



\*Tempat di mana besarnya perpindahan normal dapat diketahui

**Gbr. 6.11** Cara untuk menentukan permukaan tanah rencana untuk tiang.

Tiang-tiang terbenam di dalam tanah (Gbr. 6.11(a))

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a \quad (6.8)$$

Tiang-tiang menonjol di atas tanah (Gbr. 6.11(b))

$$H_a = \frac{4EI \cdot \beta^3}{1 + \beta h} \cdot \delta_a \quad (6.9)$$

$H_a$  = kapasitas daya dukung horizontal tiang

$E$  = Modulus Elastisitas bahan

$I$  = momen inersia penampang

$\delta_a$  = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

$k$  = koefisien reaksi tanah dasar

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

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

$y$  = besarnya pergeseran yang dicari

$E_o$  = Modulus elastisitas tanah (28 N)

$h$  =Tinggi tiang yang menonjol di atas permukaan tanah

Daya dukung horizontal tiang borepile D-1800:

$$E = 4700 \times \sqrt{f'c'} = 25742,96 \text{ MPa}$$

$$N \text{ rata rata} = 55$$

$$E_o = 28 N_{spt} = 1540 \text{ kg/cm}^2$$

Pergeseran tiang di dasar pile cap ( $\delta$ ) = 1 cm

$$I = 51529974 \text{ cm}^4$$

$$k = 6,27 \text{ kg/cm}^4$$

$$\beta = 4 \sqrt{\frac{k \times D}{4 \times E \times I}} = 0,002 \text{ cm}$$

Daya Dukung Gaya Horizontal Tiang Tegak

$$\delta a = 1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{k D}{\beta} \delta a \\ &= \left( \frac{6,27 \times 180}{0,001} \times 1,00 \right) / 1000 \\ &= 544,61 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= H_a / \text{jumlah tiang} \\ &= 544,61 / 9 \\ &= 61 \text{ ton/tiang} \end{aligned}$$

$$SF = 3$$

$$\begin{aligned} H_a / SF &= 544,61 \text{ ton} / 3 \\ &= 181,54 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

$$SF = 2$$

$$\begin{aligned} H_a / SF &= 544,61 \text{ ton} / 2 \\ &= 272,31 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

Tabel 5. 10 Reaksi yang terjadi pada borepile P1

IJJIN				TERJADI			
P ijin beban tetap		P ijin beban sementara		P beban tetap		P beban sementara	
P tekan (t)	P cabut (t)	P tekan (t)	P cabut (t)	P tekan	P cabut	P tekan	P cabut
(SF = 3)	(SF = 3)	(SF = 2)	(SF = 2)	(t)	(t)	(t)	(t)
1034.84	475.01	1552.26	712.51	208.64	-	208.64	-
Cek P IJJIN > P TERJADI				oK		oK	

### 5.2.6 Analisa Daya Dukung Pondasi P4

Daya dukung diperhitungkan berdasarkan data tanah yang ada.

Daya dukung vertikal :

- Daya dukung terpusat tiang  
 $R_p = q_d \cdot A$
- Gaya geser dinding tiang  
 $R_f = U \sum l_i \cdot f_i$
- Daya dukung ultimit  
 $R_u = R_p + R_f$
- Daya dukung vertikal ijin

$$R_a = \frac{1}{n} (R_u - W_s) + W_s - W_p$$

dimana,

$n$  = faktor keamanan

$R_u$  = Daya dukung ultimate (ton)

$R_p$  = Daya dukung terpusat tiang (ton)

$R_f$  = Gaya geser dinding tiang (ton)

$W_s$  = Berat efektif tanah yang dipindahkan (ton)

$W_p$  = Berat efektif tiang (ton)

Dari hasil kemampuan borepile hasil reaksi berupa gaya aksial tekan maka akan dikontrol dengan daya dukung tanah akibat tekan. Perhitungan daya dukung tanah berdasarkan borepile yang berdiameter 1,8 m kedalaman 20m dan berdasarkan data penyelidikan tanah SPT pada titik bor.

Data perencanaan pondasi borepile :

$$F_c' = 30 \text{ MPa}$$

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

$$D = 1800 \text{ mm}$$

$$U_p = 3,14 \times 1,8 \text{ m}$$

$$= 5,65 \text{ m}$$

$$A = 0,25 \times 3,14 \times (1800\text{mm})^2$$

$$= 2,55 \text{ m}^2$$

Intensitas gaya geser dinding tiang (fi)

(Satuan: t/m<sup>2</sup>)

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	$c$ atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

$$N_{\text{ujung tiang}} = 60 \text{ (kedalaman 20 m)}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = \frac{49+44+38+60+60+60+60+60+60}{9} = 55$$

Intensitas daya dukung ultimate pada ujung tiang ( $q_u$ )	Lapisan kerikil <sup>1)</sup>	$N \geq 50$ $50 > N \geq 40$ $40 > N \geq 30$	750 525 300
	Lapisan berpasir <sup>1)</sup>	$N \geq 30$	300
	Lapisan lempung keras	$3q_u^2$	
<p>1) Perbedaan antara lapisan kerikil dengan lapisan berpasir dapat dipertimbangkan berdasarkan hasil penyelidikan pada sejumlah kecil tanah tersebut. Lapisan berpasir yang bercampur dengan kerikil dianggap sama dengan lapisan berpasir tanpa kerikil. Harga <math>N</math> diperoleh dari penyelidikan</p> <p>2) Pada lapisan lempung keras, intensitas daya dukung ditetapkan berkenaan dengan "Kriteria perencanaan pondasi kaisan <math>q_u</math> adalah kekuatan geser unconfined (t/m<sup>2</sup>)"</p>			

▪ Hasil Perhitungan Gaya Geser Dinding Tiang

Tabel 5. 11 Hasil perhitungan gaya geser dinding tiang P4

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	fi	Σ li.fi
					(t/m <sup>2</sup> )	(t/m)
0	SILTY CLAY	0		0	0.00	
-1	SILTY CLAY	0		0	0.00	0
-2	SILTY CLAY	7		77	3.50	4
-3	SILTY CLAY	7		77	3.50	7
-4	SILTY CLAY	8		88	4.00	11
-5	SILTY CLAY	8		88	4.00	15
-6	SILTY CLAY	7		77	3.50	19
-7	SILTY CLAY	6		66	3.00	22
-8	SILTY CLAY	5		55	2.50	24
-9	SILTY CLAY	5		55	2.50	27
-10	CLAYEY SILT	4		300	2.00	29
-11	CLAYEY SILT	3		300	1.50	30
-12	CLAYEY SILT	3		300	1.50	32
-13	LOOSE CORE	60		300	12.00	44
-14	SANDY CLAY SOME FIN	60		660	12.00	56
-15	SANDY CLAY SOME FIN	60		660	12.00	68
-16	FINE SAND TRACE OF F	49		300	12.00	80
-17	LOOSE CORE	44		300	12.00	92
-18	CLAYEY SILT SOME FIN	38		300	12.00	104
-19	LOOSE CORE	60		300	12.00	116
-20	SILTY SAND	60		300	12.00	128
-21	SILTY SAND	60		300	12.00	140
-22	FINE SAND TRACE OF F	60		300	12.00	152
-23	LOOSE CORE	60		300	12.00	164
-24	SILTY SAND	60		300	12.00	176
-25	LOOSE CORE	60		300	12.00	188
-26	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	12.00	200
-27	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	12.00	212
-28	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	12.00	224
-29	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	12.00	236
-30	SILTY SAND	60		300	12.00	248

Tabel 5. 12 Perhitungan daya dukung *ultimate* P4

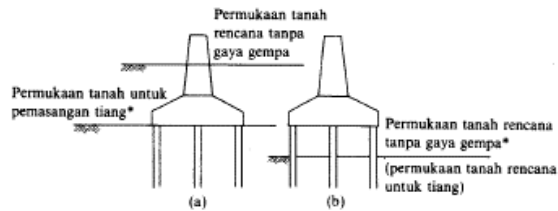
Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	Rf	Rp	Ru
					(ton)	(ton)	(ton)
0	SILTY CLAY	0		0			
-1	SILTY CLAY	0		0	0.00	0.00	0.00
-2	SILTY CLAY	7		77	19.79	195.94	215.73
-3	SILTY CLAY	7		77	39.58	195.94	235.53
-4	SILTY CLAY	8		88	62.20	223.93	286.14
-5	SILTY CLAY	8		88	84.82	223.93	308.76
-6	SILTY CLAY	7		77	104.62	195.94	300.56
-7	SILTY CLAY	6		66	121.58	167.95	289.53
-8	SILTY CLAY	5		55	135.72	139.96	275.67
-9	SILTY CLAY	5		55	149.85	139.96	289.81
-10	CLAYEY SILT	4		300	161.16	763.41	924.57
-11	CLAYEY SILT	3		300	169.65	763.41	933.05
-12	CLAYEY SILT	3		300	178.13	763.41	941.54
-13	LOOSE CORE	60		300	245.99	763.41	1009.39
-14	SANDY CLAY SOME FIN	60		300	313.85	1679.50	1993.34
-15	SANDY CLAY SOME FIN	60		660	381.70	1679.50	2061.20
-16	FINE SAND TRACE OF F	49		300	449.56	763.41	1212.97
-17	LOOSE CORE	44		300	517.42	763.41	1280.83
-18	CLAYEY SILT SOME FIN	38		300	585.28	763.41	1348.69
-19	LOOSE CORE	60		300	653.14	763.41	1416.54
-20	SILTY SAND	60		300	721.00	763.41	1484.40
-21	SILTY SAND	60		300	788.85	763.41	1552.26
-22	FINE SAND TRACE OF F	60		300	856.71	763.41	1620.12
-23	LOOSE CORE	60		300	924.57	763.41	1687.98
-24	SILTY SAND	60		300	992.43	763.41	1755.84
-25	LOOSE CORE	60		300	1060.29	763.41	1823.69
-26	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	1128.15	763.41	1891.55
-27	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	1196.00	763.41	1959.41
-28	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	1263.86	763.41	2027.27
-29	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	1331.72	763.41	2095.13
-30	SILTY SAND	60		300	1399.58	763.41	2162.99

Tabel 5. 13 Perhitungan daya dukung ijin tiang P4

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	Ra tekan	Ra tekan	Ra cabut	Ra cabut
				(SF=3.0)	(SF=2.0)	(SF=3.0)	(SF=2.0)
				(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
0	SILTY CLAY	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-1	SILTY CLAY	0	-1	71.91	107.87	6.60	9.90
-2	SILTY CLAY	7	-2	78.51	117.76	13.19	19.79
-3	SILTY CLAY	7	-3	95.38	143.07	20.73	31.10
-4	SILTY CLAY	8	-4	102.92	154.38	28.27	42.41
-5	SILTY CLAY	8	-5	100.19	150.28	34.87	52.31
-6	SILTY CLAY	7	-6	96.51	144.76	40.53	60.79
-7	SILTY CLAY	6	-7	91.89	137.84	45.24	67.86
-8	SILTY CLAY	5	-8	96.60	144.91	49.95	74.93
-9	SILTY CLAY	5	-9	308.19	462.29	53.72	80.58
-10	CLAYEY SILT	4	-10	311.02	466.53	56.55	84.82
-11	CLAYEY SILT	3	-11	313.85	470.77	59.38	89.06
-12	CLAYEY SILT	3	-12	336.46	504.70	82.00	122.99
-13	LOOSE CORE	60	-13	664.45	996.67	104.62	156.92
-14	SANDY CLAY SOME FIN	60	-14	687.07	1030.60	127.23	190.85
-15	SANDY CLAY SOME FIN	60	-15	404.32	606.48	149.85	224.78
-16	FINE SAND TRACE OF F	49	-16	426.94	640.41	172.47	258.71
-17	LOOSE CORE	44	-17	449.56	674.34	195.09	292.64
-18	CLAYEY SILT SOME FIN	38	-18	472.18	708.27	217.71	326.57
-19	LOOSE CORE	60	-19	494.80	742.20	240.33	360.50
-20	SILTY SAND	60	-20	517.42	776.13	262.95	394.43
-21	SILTY SAND	60	-21	540.04	810.06	285.57	428.36
-22	FINE SAND TRACE OF F	60	-22	607.90	911.85	353.43	530.14
-23	LOOSE CORE	60	-23	630.52	945.78	376.05	564.07
-24	SILTY SAND	60	-24	653.14	979.71	398.67	598.00
-25	LOOSE CORE	60	-25	675.76	1013.63	421.29	631.93
-26	FINE TO MEDIUM SAND	60	-26	698.38	1047.56	443.91	665.86
-27	FINE TO MEDIUM SAND	60	-27	721.00	1081.49	466.53	699.79
-28	FINE TO MEDIUM SAND	60	-28				
-29	FINE TO MEDIUM SAND	60	-29				
-30	SILTY SAND	60	-30				
			-31				



▪ Kontrol Tiang:



\*Tempat di mana besarnya perpindahan normal dapat diketahui

Gbr. 6.11 Cara untuk menentukan permukaan tanah rencana untuk tiang.

Tiang-tiang terbenam di dalam tanah (Gbr. 6.11(a))

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a \quad (6.8)$$

Tiang-tiang menonjol di atas tanah (Gbr. 6.11(b))

$$H_a = \frac{4EF \cdot \beta^3}{1 + \beta h} \delta_a \quad (6.9)$$

$H_a$  = kapasitas daya dukung horizontal tiang

$E$  = Modulus Elastisitas bahan

$I$  = momen inersia penampang

$\delta_a$  = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

$k$  = koefisien reaksi tanah dasar

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

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

$y$  = besarnya pergeseran yang dicari

$E_o$  = Modulus elastitas tanah (28 N)

$h$  =Tinggi tiang yag menonjol di atas permukaan tanah

Daya dukung horizontal tiang borepile D-1800:

$$E = 4700 \times \sqrt{f'c'} = 25742,96 \text{ MPa}$$

$$N \text{ rata rata} = 55$$

$$E_o = 28 N_{spt} = 1540 \text{ kg/cm}^2$$

Pergeseran tiang di dasar pile cap ( $\delta$ ) = 1 cm

$$I = 51529974 \text{ cm}^4$$

$$k = 6,27 \text{ kg/cm}^4$$

$$\beta = 4 \sqrt{\frac{k \times D}{4 \times E \times I}} = 0,002 \text{ cm}$$

Daya Dukung Gaya Horizontal Tiang Tegak

$$\delta_a = 1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{kD}{\beta} \delta_a \\ &= \left( \frac{6,27 \times 180}{0,001} \times 1,00 \right) / 1000 \\ &= 544,61 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= H_a / \text{jumlah tiang} \\ &= 544,61 / 9 \\ &= 61 \text{ ton/tiang} \end{aligned}$$

$$SF = 3$$

$$\begin{aligned} H_a / SF &= 544,61 \text{ ton} / 3 \\ &= 181,54 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

$$SF = 2$$

$$\begin{aligned} H_a / SF &= 544,61 \text{ ton} / 2 \\ &= 272,31 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

Tabel 5. 14 Reaksi yang terjadi pada borepile P4

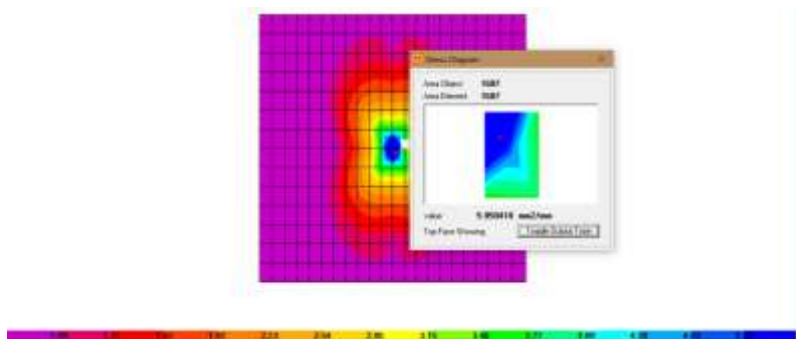
IJIN				TERJADI			
P ijin beban tetap		P ijin beban sementara		P beban tetap		P beban sementara	
P tekan (t)	P cabut (t)	P tekan (t)	P cabut (t)	P tekan	P cabut	P tekan	P cabut
(SF = 3)	(SF = 3)	(SF = 2)	(SF = 2)	(t)	(t)	(t)	(t)
494.80	240.33	742.20	360.50	190.08	-	190.08	-
Cek P IJIN > P TERJADI				oK		oK	

### 5.2.7 Penulangan *Pilecap* P1 dan P4

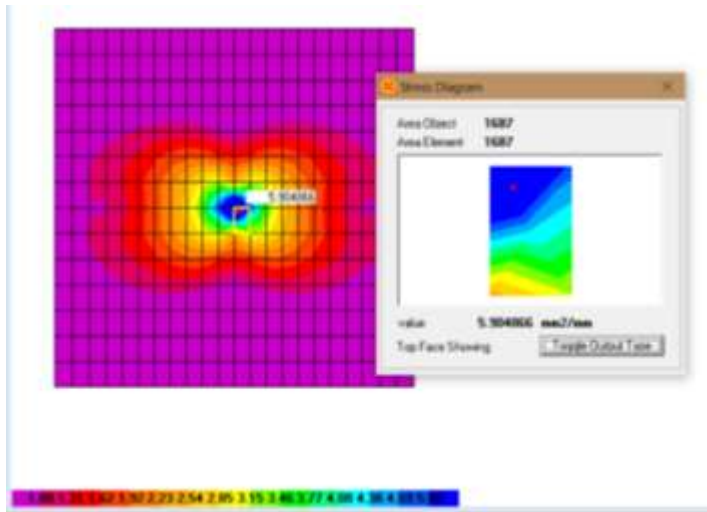
Perhitungan analisis pilecap berdasarkan pembebanan dalam keadaan batas (ultimit) akibat kombinasi gempa. Perhitungan analisis pilecap diambil dari SAP2000.

Perhitungan penulangan pile cap :

$$\begin{aligned}
 F_c' &= 40 \text{ MPa} \\
 F_y &= 400 \text{ MPa} \\
 h &= 3000 \text{ mm} \\
 b &= 12600 \text{ mm} \\
 \text{cover (d')} &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 6 Diagram Ast 1 kebutuhan tulangan pilecap P1 dan P4



Gambar 5. 7 Diagram Ast 2 kebutuhan tulangan pilecap P1 dan P4

Tabel 5. 15 Perhitungan penulangan pilecap P1 dan P4

<b>PENULANGAN PILECAP P1 &amp; P4</b>			
Mutu Beton =	$f_c' = 40$ Mpa		
Mutu Tulangan =	$f_y = 400$ Mpa (Ulir $\geq D13$ )		
TEBAL	=	1500 mm	
LEBAR "b"	=	1000 mm	
COVER BETON	=	100 mm	
		Tulangan Melintang	
<b>Perhitungan Tulangan</b>		Top	Bottom
Ast 1 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m')	=	5850.00	5850.00
Penulangan	=	<b>D29 -100</b>	<b>D29 -100</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	=	6605.20	6605.20
As terpasang > As perlu	=	<b>(OK)</b>	<b>(OK)</b>
		Tulangan Memanjang	
<b>Perhitungan Tulangan</b>		Top	Bottom
Ast 2 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m')	=	5904.00	5904.00
Penulangan	=	<b>D29 -100</b>	<b>D29 -100</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	=	6605.20	6605.20
As terpasang > As perlu	=	<b>(OK)</b>	<b>(OK)</b>

- Kontrol geser pons

$$\begin{aligned} Bw &= \text{keliling pancang} + \text{tebal poer} \\ &= 5654,87 \text{ mm} + 3000 \text{ mm} \\ &= 8654,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vc &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} bw d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 8654,87 \cdot 2856,5 \\ &= 26.059.936,97 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = \frac{P_{max}}{0,75} = \frac{1900840}{0,75} = 2.534.457,33 \text{ N}$$

Syarat :

$$V_c > V_u$$

$$26.059.936,97 \text{ N} > 2.534.457,3 \text{ N (Tebal Poer Memenuhi)}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 2.534.457,3 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f_c \times bw \times d \\ &= 197.781.015,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi V_c &= 0,9 \times V_u \text{ max} \\ &= 0,9 \times 197.781.015,6 \text{ N} \\ &= 178.002.914,02 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < \Phi V_c$$

$$2.534.457,3 \text{ N} < 178.002.914,02 \text{ N}$$

(Kehancuran badan tidak terjadi)

## 5.2.8 Penulangan Borepile pada P1 dan P4

Berdasarkan analisis pembebanan selanjutnya dilakukan kontrol pilar menggunakan SAP2000 dan perhitungan penulangannya.

Pada penulangan tiang borepile untuk pilar P1 dan P4 digunakan program bantu SAP2000. Dengan memasukkan data sebagai berikut :

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

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

$$D = 1800 \text{ mm}$$

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



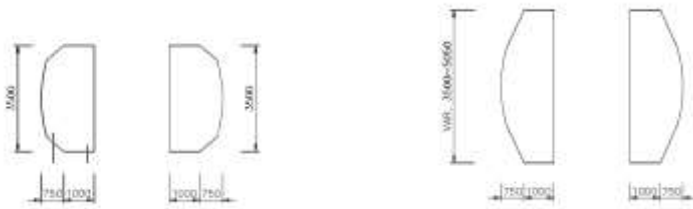
Gambar 5. 8 Kebutuhan tulangan borepile P1 dan P4 (output SAP2000)

Tabel 5. 16 Hasil perhitungan penulangan

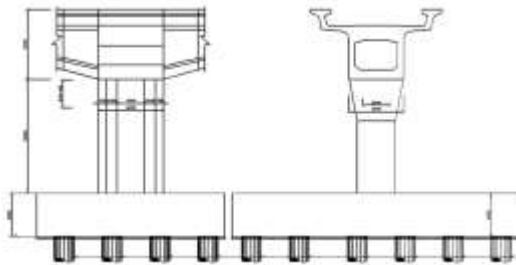
BOREPILE P1 & P4	
Mutu Beton	$f_c' = 30$ Mpa
Tulangan	$f_y = 400$ Mpa
cover	100 mm
<b><u>Tul. Utama</u></b>	
As Perlu ( $\text{mm}^2$ )	25447
OutPut Sap Penulangan	40 D29
As Pasang ( $\text{mm}^2$ )	26421
Cek	<b>OK</b>
<b><u>Sengkang</u></b>	
As Perlu ( $\text{mm}^2$ )	1.551
OutPut Sap Penulangan	2D19 -150
As Pasang ( $\text{mm}^2$ )	1.89
Cek	<b>OK</b>

### 5.3. Perencanaan P2 dan P3

Dimensi dari masing masing bagian pada pilar P2 dan P3 seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. 9 Dimensi penampang Pilar P2 dan P3 (kiri badan pilar) dan (kanan pier head)



Gambar 5. 10 Tampak melintang dan memanjang pilar P2 dan P3

Dimensi pilar dapat dilihat pada lampiran gambar.

### 5.3.1 Penulangan Pierhead P2 dan P3

Berdasarkan permodelan struktur pada SAP2000, didapatkan data Ast1 dan Ast2 di mana Ast merupakan kebutuhan tulangan pada elemen struktur yang dianalisa oleh program bantu SAP 2000. Data tersebut digunakan untuk perhitungan penulangan pierhead berdasarkan kombinasi akibat gempa dengan faktor modifikasi respons (R) 3,5. Kombinasi yang digunakan adalah  $U3 EQ X = 1.3D + 1.3SD + 1.4TR + 1.4I + 1.4HF + 1PS + 1,5EX + 1.4LFe$

Tabel 5. 17 Penulangan pier head P2 dan P3

PENULANGAN PELAT PIER HEAD P2 & P3	
Mutu Beton =	$f_c' = 40$ Mpa
Mutu Tulangan =	$f_y = 400$ Mpa (Ulir $\geq D13$ )
TEBAL	= 1750 mm
LEBAR "b"	= 1000 mm
COVER BETON	= 100 mm
Tulangan Memanjang	
<b>Perhitungan Tulangan</b>	
Ast 1 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m')	= 52900.00
Penulangan	= 68 <b>D32</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	= 54688.84
As terpasang > As perlu	= <b>(OK)</b>
Tulangan Melintang	
<b>Perhitungan Tulangan</b>	
Ast 2 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m')	= 8863.00
Penulangan	= <b>D32 -75</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	= 10723.30
As terpasang > As perlu	= <b>(OK)</b>



### 5.3.2 Penulangan *Pilar P2 dan P3*

Berdasarkan permodelan struktur pada SAP2000, didapatkan data Ast1 dan Ast2 di mana Ast merupakan kebutuhan tulangan pada elemen struktur yang dianalisa oleh program bantu SAP 2000. Data tersebut digunakan untuk perhitungan penulangan pierhead.

Tabel 5. 18 Perhitungan tulangan pilar P2 dan P3

<b>PENULANGAN DINDING PILAR P2 &amp; P3</b>	
Mutu Beton =	$f_c' = 40 \text{ Mpa}$
Mutu Tulangan =	$f_y = 400 \text{ Mpa (Ulr } \geq D13)$
TEBAL	= 1750 mm
LEBAR "b"	= 1000 mm
COVER BETON	= 100 mm
Tulangan Memanjang	
<b>Perhitungan Tulangan</b>	
Ast 1 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m')	= 37495.50
Penulangan	= <b>52 D32</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	= 41820.88
As terpasang > As perlu	= <b>(OK)</b>
Tulangan Melintang	
<b>Perhitungan Tulangan</b>	
Ast 2 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m')	= 10183.00
Penulangan	= <b>D32 -75</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	= 10723.30
As terpasang > As perlu	= <b>(OK)</b>

### 5.3.3 Analisa Pondasi P2

Permodelan parameter tanah dalam program SAP2000 pada tiang pondasi (*bore pile*) menggunakan konstanta pegas. Berikut merupakan besaran konstanta pegas yang di input pada tiang pondasi P2 untuk setiap meternya.

Tabel 5. 19 Input spring P2 pada SAP2000

Depth	N SPT	Eo = 28 N	D = 1.80 m	D = 1.80 m	D = 1.80 m	D = 1.80 m
			ko = 0.2*Eo*D <sup>-3/4</sup>	y = 1.00 cm k = ko*y <sup>-1/2</sup>	kv = ko*A	kx=ky = k*D*dz
m		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	ton/m	ton/m
0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-1	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-2	4	112	0.46	0.46	1159.92	820.48
-3	6	168	0.68	0.68	1739.88	1230.71
-4	8	224	0.91	0.91	2319.84	1640.95
-5	7	196	0.80	0.80	2029.86	1435.83
-6	6	168	0.68	0.68	1739.88	1230.71
-7	6	168	0.68	0.68	1739.88	1230.71
-8	5	140	0.57	0.57	1449.90	1025.60
-9	7	196	0.80	0.80	2029.86	1435.83
-10	8	224	0.91	0.91	2319.84	1640.95
-11	9	252	1.03	1.03	2609.82	1846.07
-12	9	252	1.03	1.03	2609.82	1846.07
-13	12	336	1.37	1.37	3479.76	2461.43
-14	12	336	1.37	1.37	3479.76	2461.43
-15	58	1624	6.61	6.61	16818.86	11896.91
-16	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-17	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-18	21	588	2.39	2.39	6089.59	4307.50
-19	57	1596	6.50	6.50	16528.88	11691.79
-20	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-21	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-22	45	1260	5.13	5.13	13049.11	9230.36
-23	28	784	3.19	3.19	8119.45	5743.34
-24	33	924	3.76	3.76	9569.35	6768.93
-25	38	1064	4.33	4.33	11019.25	7794.53
-26	44	1232	5.01	5.01	12759.13	9025.24
-27	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-28	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-29	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-30	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-31	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-32	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-33	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-34	45	1260	5.13	5.13	13049.11	9230.36
-35	47	1316	5.36	5.36	13629.08	9640.60
-36	51	1428	5.81	5.81	14789.00	10461.08
-37	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15

### 5.3.4 Analisa Pondasi P3

Permodelan parameter tanah dalam program SAP2000 pada tiang pondasi (*bore pile*) menggunakan konstanta pegas. Berikut merupakan besaran konstanta pegas yang di input pada tiang pondasi P3 untuk setiap meternya.

Tabel 5. 20 Input spring P3 pada SAP2000

Depth	N SPT	Eo = 28 N	D = 1.80 m	D = 1.80 m	D = 1.80 m	D = 1.80 m
			$ko = 0.2 * Eo * D^{-3/4}$	$y = 1.00 \text{ cm}$ $k = ko * y^{-1/2}$	$kv = ko * A$	$kx = ky = k * D * dz$
m		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	kg/cm <sup>3</sup>	ton/m	ton/m
0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-1	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-2	4	112	0.46	0.46	1159.92	820.48
-3	5	140	0.57	0.57	1449.90	1025.60
-4	5	140	0.57	0.57	1449.90	1025.60
-5	4	112	0.46	0.46	1159.92	820.48
-6	4	112	0.46	0.46	1159.92	820.48
-7	5	140	0.57	0.57	1449.90	1025.60
-8	7	196	0.80	0.80	2029.86	1435.83
-9	8	224	0.91	0.91	2319.84	1640.95
-10	8	224	0.91	0.91	2319.84	1640.95
-11	9	252	1.03	1.03	2609.82	1846.07
-12	11	308	1.25	1.25	3189.78	2256.31
-13	16	448	1.82	1.82	4639.69	3281.91
-14	23	644	2.62	2.62	6669.55	4717.74
-15	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-16	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-17	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-18	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-19	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-20	25	700	2.85	2.85	7249.51	5127.98
-21	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-22	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-23	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-24	53	1484	6.04	6.04	15368.96	10871.31
-25	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-26	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-27	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-28	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-29	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-30	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-31	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-32	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15
-33	60	1680	6.84	6.84	17398.82	12307.15

### 5.3.5 Analisa Daya Dukung Pondasi P2

Daya dukung diperhitungkan berdasarkan data tanah yang ada.

Daya dukung vertikal :

- Daya dukung terpusat tiang

- $R_p = qd \cdot A$
- Gaya geser dinding tiang  
 $R_f = U \sum l_i \cdot f_i$
- Daya dukung ultimit  
 $R_u = R_p + R_f$
- Daya dukung vertikal ijin

$$R_a = \frac{1}{n} (R_u - W_s) + W_s - W_p$$

dimana,

$n$  = faktor keamanan

$R_u$  = Daya dukung ultimate (ton)

$R_p$  = Daya dukung terpusat tiang (ton)

$R_f$  = Gaya geser dinding tiang (ton)

$W_s$  = Berat efektif tanah yang dipindahkan (ton)

$W_p$  = Berat efektif tiang (ton)

Dari hasil kemampuan borepile hasil reaksi berupa gaya aksial tekan maka akan dikontrol dengan daya dukung tanah akibat tekan. Perhitungan daya dukung tanah berdasarkan borepile yang berdiameter 1,8 m kedalaman 37m dan berdasarkan data penyelidikan tanah SPT pada titik bor.

Data perencanaan pondasi borepile :

$$F_c' = 30 \text{ MPa}$$

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

$$D = 1800 \text{ mm}$$

$$U_p = 3,14 \times 1,8 \text{ m}$$

$$= 5,65 \text{ m}$$

$$A = 0,25 \times 3,14 \times (1800\text{mm})^2$$

$$= 2,55 \text{ m}^2$$

- Intensitas gaya geser dinding tiang ( $f_i$ )

(Satuan:  $t/m^2$ )

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	$c$ atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

$$N_{\text{ujung tiang}} = 60 \text{ (kedalaman 25 m)}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = \frac{60+60+60+60+45+47+51+60}{8} = 55$$

Intensitas daya dukung ultimate pada ujung tiang ( $q_u$ )	Lapisan kerikil <sup>1)</sup>	$N \geq 50$ $50 > N \geq 40$ $40 > N \geq 30$	750 525 300
	Lapisan berpasir <sup>1)</sup>	$N \geq 30$	300
	Lapisan lempung keras	$3q_u^2$	
1) Perbedaan antara lapisan kerikil dengan lapisan berpasir dapat dipertimbangkan berdasarkan hasil penyelidikan pada sejumlah kecil tanah tersebut. Lapisan berpasir yang bercampur dengan kerikil dianggap sama dengan lapisan berpasir tanpa kerikil. Harga $N$ diperoleh dari penyelidikan. 2) Pada lapisan lempung keras, intensitas daya dukung ditetapkan berkenaan dengan "Kriteria perencanaan pondasi kaisan $q_u$ adalah kekuatan geser unconfined ( $t/m^2$ )".			

- Hasil Perhitungan Gaya Geser Dinding Tiang

Tabel 5. 21 Hasil perhitungan gaya geser dinding tiang P2

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	fi	S li.fi
					(t/m <sup>2</sup> )	(t/m)
0	SILTY CLAY	0	0	0	0.00	
-1	SILTY CLAY	0	-1	0	0.00	0
-2	SILTY CLAY	4	-2	44	2.00	2
-3	SILTY CLAY	6	-3	66	3.00	5
-4	SILTY CLAY	8	-4	88	4.00	9
-5	SILTY CLAY	7	-5	77	3.50	13
-6	SILTY CLAY TRACE OF	6	-6	66	3.00	16
-7	SILTY CLAY TRACE OF	6	-7	66	3.00	19
-8	SILTY CLAY TRACE OF	5	-8	55	2.50	21
-9	SILTY CLAY	7	-9	77	3.50	25
-10	SILTY CLAY	8	-10	88	4.00	29
-11	LOOSE CORE	9	-11	99	4.50	33
-12	CLAYEY SILT TRACE OF	9	-12	300	4.50	38
-13	CLAYEY SILT TRACE OF	12	-13	300	6.00	44
-14	CLAYEY SILT TRACE OF	12	-14	300	6.00	50
-15	FINE GRAVELL	58	-15	750	12.00	62
-16	FINE TO MEDIUM SAND	60	-16	300	12.00	74
-17	FINE TO MEDIUM SAND	60	-17	300	12.00	86
-18	CLAYEY SILT	21	-18	300	10.50	96
-19	CLAYEY SILT	57	-19	300	12.00	108
-20	CLAYEY SILT	60	-20	300	12.00	120
-21	SANDY SILT	60	-21	300	12.00	132
-22	SANDY SILT	45	-22	300	12.00	144
-23	SANDY SILT	28	-23	300	12.00	156
-24	SANDY SILT	33	-24	300	12.00	168
-25	CLAYEY SILT TRACE OF	38	-25	300	12.00	180
-26	CLAYEY SILT TRACE OF	44	-26	300	12.00	192
-27	LOOSE CORE	60	-27	300	12.00	204
-28	SANDY SILT	60	-28	300	12.00	216
-29	SANDY SILT	60	-29	300	12.00	228
-30	SANDY SILT	60	-30	300	12.00	240
-31	SANDY SILT	60	-31	300	12.00	252
-32	SANDY SILT	60	-32	300	12.00	264
-33	SANDY SILT	60	-33	300	12.00	276
-34	CLAYEY SILT	45	-34	300	12.00	288
-35	LOOSE CORE	47	-35	300	12.00	300
-36	SANDY SILT	51	-36	300	12.00	312
-37	SANDY SILT	60	-37	300	12.00	324

Tabel 5. 22 Perhitungan daya dukung *ultimate* P2

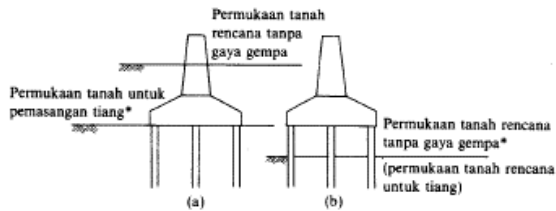
Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	Rf	Rp	Ru
					(ton)	(ton)	(ton)
0	SILTY CLAY	0		0			
-1	SILTY CLAY	0		0	0.00	0.00	0.00
-2	SILTY CLAY	4		44	11.31	111.97	123.28
-3	SILTY CLAY	6		66	28.27	167.95	196.22
-4	SILTY CLAY	8		88	50.89	223.93	274.83
-5	SILTY CLAY	7		77	70.69	195.94	266.63
-6	SILTY CLAY TRACE OF	6		66	87.65	167.95	255.60
-7	SILTY CLAY TRACE OF	6		66	104.62	167.95	272.56
-8	SILTY CLAY TRACE OF	5		55	118.75	139.96	258.71
-9	SILTY CLAY	7		77	138.54	195.94	334.49
-10	SILTY CLAY	8		88	161.16	223.93	385.10
-11	LOOSE CORE	9		99	186.61	251.92	438.53
-12	CLAYEY SILT TRACE OF	9		300	212.06	763.41	975.46
-13	CLAYEY SILT TRACE OF	12		300	245.99	763.41	1009.39
-14	CLAYEY SILT TRACE OF	12		300	279.92	763.41	1043.32
-15	FINE GRAVELL	58		750	347.77	1908.52	2256.29
-16	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	415.63	763.41	1179.04
-17	FINE TO MEDIUM SAND	60		300	483.49	763.41	1246.90
-18	CLAYEY SILT	21		300	542.87	763.41	1306.27
-19	CLAYEY SILT	57		300	610.73	763.41	1374.13
-20	CLAYEY SILT	60		300	678.58	763.41	1441.99
-21	SANDY SILT	60		300	746.44	763.41	1509.85
-22	SANDY SILT	45		300	814.30	763.41	1577.71
-23	SANDY SILT	28		300	882.16	763.41	1645.57
-24	SANDY SILT	33		300	950.02	763.41	1713.42
-25	CLAYEY SILT TRACE OF	38		300	1017.88	763.41	1781.28
-26	CLAYEY SILT TRACE OF	44		300	1085.73	763.41	1849.14
-27	LOOSE CORE	60		300	1153.59	763.41	1917.00
-28	SANDY SILT	60		300	1221.45	763.41	1984.86
-29	SANDY SILT	60		300	1289.31	763.41	2052.72
-30	SANDY SILT	60		300	1357.17	763.41	2120.58
-31	SANDY SILT	60		300	1425.03	763.41	2188.43
-32	SANDY SILT	60		300	1492.88	763.41	2256.29
-33	SANDY SILT	60		300	1560.74	763.41	2324.15
-34	CLAYEY SILT	45		300	1628.60	763.41	2392.01
-35	LOOSE CORE	47		300	1696.46	763.41	2459.87
-36	SANDY SILT	51		300	1764.32	763.41	2527.73
-37	SANDY SILT	60	300	1832.18	763.41	2595.58	

Tabel 5. 23 Perhitungan daya dukung ijin tiang P2

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	Ra tekan	Ra tekan	Ra cabut	Ra cabut
				(SF=3.0)	(SF=2.0)	(SF=3.0)	(SF=2.0)
				(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
0	SILTY CLAY	0		0.00	0.00	0.00	0.00
-1	SILTY CLAY	0		41.09	61.64	3.77	5.65
-2	SILTY CLAY	4		65.41	98.11	9.42	14.14
-3	SILTY CLAY	6		91.61	137.41	16.96	25.45
-4	SILTY CLAY	8		88.88	133.31	23.56	35.34
-5	SILTY CLAY	7		85.20	127.80	29.22	43.83
-6	SILTY CLAY TRACE OF	6		90.85	136.28	34.87	52.31
-7	SILTY CLAY TRACE OF	6		86.24	129.36	39.58	59.38
-8	SILTY CLAY TRACE OF	5		111.50	167.24	46.18	69.27
-9	SILTY CLAY	7		128.37	192.55	53.72	80.58
-10	SILTY CLAY	8		146.18	219.27	62.20	93.31
-11	LOOSE CORE	9		325.15	487.73	70.69	106.03
-12	CLAYEY SILT TRACE OF	9		336.46	504.70	82.00	122.99
-13	CLAYEY SILT TRACE OF	12		347.77	521.66	93.31	139.96
-14	CLAYEY SILT TRACE OF	12		752.10	1128.15	115.92	173.89
-15	FINE GRAVELL	58		393.01	589.52	138.54	207.82
-16	FINE TO MEDIUM SAND	60		415.63	623.45	161.16	241.75
-17	FINE TO MEDIUM SAND	60		435.42	653.14	180.96	271.43
-18	CLAYEY SILT	21		458.04	687.07	203.58	305.36
-19	CLAYEY SILT	57		480.66	721.00	226.19	339.29
-20	CLAYEY SILT	60		503.28	754.92	248.81	373.22
-21	SANDY SILT	60		525.90	788.85	271.43	407.15
-22	SANDY SILT	45		548.52	822.78	294.05	441.08
-23	SANDY SILT	28		571.14	856.71	316.67	475.01
-24	SANDY SILT	33		593.76	890.64	339.29	508.94
-25	CLAYEY SILT TRACE OF	38		616.38	924.57	361.91	542.87
-26	CLAYEY SILT TRACE OF	44		639.00	958.50	384.53	576.80
-27	LOOSE CORE	60		661.62	992.43	407.15	610.73
-28	SANDY SILT	60		684.24	1026.36	429.77	644.65
-29	SANDY SILT	60		706.86	1060.29	452.39	678.58
-30	SANDY SILT	60		729.48	1094.22	475.01	712.51
-31	SANDY SILT	60		752.10	1128.15	497.63	746.44
-32	SANDY SILT	60		774.72	1162.08	520.25	780.37
-33	SANDY SILT	60		797.34	1196.00	542.87	814.30
-34	CLAYEY SILT	45		819.96	1229.93	565.49	848.23
-35	LOOSE CORE	47		842.58	1263.86	588.11	882.16
-36	SANDY SILT	51		865.19	1297.79	610.73	916.09
-37	SANDY SILT	60					



▪ Kontrol Tiang:



\*Tempat di mana besarnya perpindahan normal dapat diketahui

Gbr. 6.11 Cara untuk menentukan permukaan tanah rencana untuk tiang.

Tiang-tiang terbenam dalam tanah (Gbr. 6.11(a))

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a \quad (6.8)$$

Tiang-tiang menonjol di atas tanah (Gbr. 6.11(b))

$$H_a = \frac{4EF \cdot \beta^3}{1 + \beta h} \delta_a \quad (6.9)$$

$H_a$  = kapasitas daya dukung horizontal tiang

$E$  = Modulus Elastisitas bahan

$I$  = momen inersia penampang

$\delta_a$  = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

$k$  = koefisien reaksi tanah dasar

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

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

$y$  = besarnya pergeseran yang dicari

$E_o$  = Modulus elastitas tanah (28 N)

$h$  =Tinggi tiang yag menonjol di atas permukaan tanah

Daya dukung horizontal tiang borepile D-1800 :

$$E = 4700 \times \sqrt{f'c'} = 25742,96 \text{ MPa}$$

$$N \text{ rata rata} = 55$$

$$E_o = 28 N_{spt} = 1540 \text{ kg/cm}^2$$

Pergeseran tiang di dasar pile cap ( $\delta$ ) = 1 cm

$$I = 51529974 \text{ cm}^4$$

$$k = 6,27 \text{ kg/cm}^4$$

$$\beta = 4 \sqrt{\frac{k \times D}{4 \times E \times I}} = 0,002 \text{ cm}$$

Daya Dukung Gaya Horizontal Tiang Tegak :

$$\delta_a = 1 \text{ cm}$$

$$H_a = \frac{k D}{\beta} \delta_a$$

$$= \left( \frac{6,27 \times 180}{0,001} \times 1,00 \right) / 1000$$

$$= 544,61 \text{ ton}$$

$$H = H_a / \text{jumlah tiang}$$

$$= 544,61 / 9$$

$$= 61 \text{ ton/tiang}$$

$$SF = 3$$

$$H_a / SF = 544,61 \text{ ton} / 3$$

$$= 181,54 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang (memenuhi syarat)}$$

$$SF = 2$$

$$H_a / SF = 544,61 \text{ ton} / 2$$

$$= 272,31 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang (memenuhi syarat)}$$

Tabel 5. 24 Reaksi yang terjadi pada borepile P2

LIJIN				TERJADI			
P ijin beban tetap		P ijin beban sementara		P beban tetap		P beban sementara	
P tekan (t)	P cabut (t)	P tekan (t)	P cabut (t)	P tekan	P cabut	P tekan	P cabut
(SF = 3)	(SF = 3)	(SF = 2)	(SF = 2)	(t)	(t)	(t)	(t)
865.19	610.73	1297.79	916.09	692.11	-	1152.22	85.90
Cek P LIJIN > P TERJADI				oK		oK	

### 5.3.6 Analisa Daya Dukung Pondasi P3

Daya dukung diperhitungkan berdasarkan data tanah yang ada.

Daya dukung vertikal :

- Daya dukung terpusat tiang  
 $R_p = qd.A$
- Gaya geser dinding tiang  
 $R_f = U \sum l_i \cdot f_i$
- Daya dukung ultimit  
 $R_u = R_p + R_f$
- Daya dukung vertikal ijin

$$R_a = \frac{1}{n} (R_u - W_s) + W_s - W_p$$

dimana,

$n$  = faktor keamanan

$R_u$  = Daya dukung ultimate (ton)

$R_p$  = Daya dukung terpusat tiang (ton)

$R_f$  = Gaya geser dinding tiang (ton)

$W_s$  = Berat efektif tanah yang dipindahkan (ton)

$W_p$  = Berat efektif tiang (ton)

Dari hasil kemampuan borepile hasil reaksi berupa gaya aksial tekan maka akan dikontrol dengan daya dukung tanah akibat tekan. Perhitungan daya dukung tanah berdasarkan borepile yang berdiameter 1,8 m kedalaman 33m dan berdasarkan data penyelidikan tanah SPT pada titik bor.

Data perencanaan pondasi borepile :

$$F_c' = 30 \text{ MPa}$$

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

$$D = 1800 \text{ mm}$$

$$U_p = 3,14 \times 1,8 \text{ m}$$

$$= 5,65 \text{ m}$$

$$A = 0,25 \times 3,14 \times (1800\text{mm})^2$$

$$= 2,55 \text{ m}^2$$

Intensitas gaya geser dinding tiang ( $f_i$ )

(Satuan:  $t/m^2$ )

Jenis tanah pondasi \ Jenis tiang	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	$c$ atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

$$N_{\text{ujung tiang}} = 60 \text{ (kedalaman 20 m)}$$

$$N_{\text{rata-rata}} = \frac{60+60+60+60+60+60+60+53+55}{9} = 59$$

Intensitas daya dukung ultimate pada ujung tiang ( $q_u$ )	Lapisan kerikil <sup>1)</sup>	$N \geq 50$	750
		$50 > N \geq 40$	525
		$40 > N \geq 30$	300
	Lapisan berpasir <sup>1)</sup>	$N \geq 30$	300
	Lapisan lempung keras	$3q_u^{2)}$	

1) Perbedaan antara lapisan kerikil dengan lapisan berpasir dapat dipertimbangkan berdasarkan hasil penyelidikan pada sejumlah kecil tanah tersebut. Lapisan berpasir yang bercampur dengan kerikil dianggap sama dengan lapisan berpasir tanpa kerikil. Harga  $N$  diperoleh dari penyelidikan

2) Pada lapisan lempung keras, intensitas daya dukung ditetapkan berkenaan dengan "Kriteria perencanaan pondasi kalson  $q_u$  adalah kekuatan geser unconfined ( $t/m^2$ )"

▪ Hasil Perhitungan Gaya Geser Dinding Tiang

Tabel 5. 25 Hasil perhitungan gaya geser dinding tiang P3

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	fi	$\Sigma$ li.fi
					(t/m <sup>2</sup> )	(t/m)
0	SILTY CLAY	0	0	0	0.00	
-1	SILTY CLAY	0	0	0	0.00	0
-2	SILTY CLAY	4	4	44	2.00	2
-3	SILTY CLAY	5	5	55	2.50	5
-4	SILTY CLAY	5	5	55	2.50	7
-5	SILTY CLAY	4	4	44	2.00	9
-6	SILTY CLAY	4	4	44	2.00	11
-7	SILTY CLAY	5	5	55	2.50	14
-8	SILTY CLAY	7	7	77	3.50	17
-9	SILTY CLAY	8	8	88	4.00	21
-10	SILTY CLAY	8	8	88	4.00	25
-11	SILTY CLAY	9	9	99	4.50	30
-12	SILTY CLAY	11	11	121	5.50	35
-13	CLAYEY SILT	16	16	300	8.00	43
-14	CLAYEY SILT	23	23	300	11.50	55
-15	CLAYEY SILT	60	60	300	12.00	67
-16	SILTY SAND	60	60	300	12.00	79
-17	SILTY SAND	60	60	300	12.00	91
-18	SILTY SAND	60	60	300	12.00	103
-19	SILTY SAND	60	60	300	12.00	115
-20	SILTY CLAY	25	25	275	12.00	127
-21	SILTY CLAY	60	60	660	12.00	139
-22	SILTY SAND	60	60	300	12.00	151
-23	SILTY SAND	60	60	300	12.00	163
-24	CLAYEY SILT	53	53	300	12.00	175
-25	CLAYEY SILT	60	60	300	12.00	187
-26	CLAYEY SILT	60	60	300	12.00	199
-27	SANDY SILT	60	60	300	12.00	211
-28	SANDY SILT	60	60	300	12.00	223
-29	SANDY SILT	60	60	300	12.00	235
-30	SANDY SILT	60	60	300	12.00	247
-31	SILTY SAND	60	60	300	12.00	259
-32	SILTY SAND	60	60	300	12.00	271
-33	CLAYEY SILT	60	60	300	12.00	283
-34	CLAYEY SILT	60	60	300	12.00	295
-35	SILTY SAND	60	60	300	12.00	307
-36	SILTY SAND	55	55	300	12.00	319
-37	CLAYEY SILT	53	53	300	12.00	331

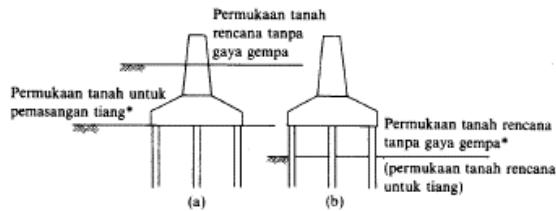
Tabel 5. 26 Perhitungan daya dukung *ultimate* P3

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	qd	Rf	Rp	Ru
					(ton)	(ton)	(ton)
0	SILTY CLAY	0		0			
-1	SILTY CLAY	0		0	0.00	0.00	0.00
-2	SILTY CLAY	4		44	11.31	111.97	123.28
-3	SILTY CLAY	5		55	25.45	139.96	165.40
-4	SILTY CLAY	5		55	39.58	139.96	179.54
-5	SILTY CLAY	4		44	50.89	111.97	162.86
-6	SILTY CLAY	4		44	62.20	111.97	174.17
-7	SILTY CLAY	5		55	76.34	139.96	216.30
-8	SILTY CLAY	7		77	96.13	195.94	292.07
-9	SILTY CLAY	8		88	118.75	223.93	342.68
-10	SILTY CLAY	8		88	141.37	223.93	365.30
-11	SILTY CLAY	9		99	166.82	251.92	418.74
-12	SILTY CLAY	11		121	197.92	307.91	505.83
-13	CLAYEY SILT	16		300	243.16	763.41	1006.57
-14	CLAYEY SILT	23		300	308.19	763.41	1071.60
-15	CLAYEY SILT	60		300	376.05	763.41	1139.46
-16	SILTY SAND	60		300	443.91	763.41	1207.31
-17	SILTY SAND	60		300	511.77	763.41	1275.17
-18	SILTY SAND	60		300	579.62	763.41	1343.03
-19	SILTY SAND	60		300	647.48	763.41	1410.89
-20	SILTY CLAY	25		275	715.34	699.79	1415.13
-21	SILTY CLAY	60		660	783.20	1679.50	2462.69
-22	SILTY SAND	60		300	851.06	763.41	1614.46
-23	SILTY SAND	60		300	918.92	763.41	1682.32
-24	CLAYEY SILT	53		300	986.77	763.41	1750.18
-25	CLAYEY SILT	60		300	1054.63	763.41	1818.04
-26	CLAYEY SILT	60		300	1122.49	763.41	1885.90
-27	SANDY SILT	60		300	1190.35	763.41	1953.76
-28	SANDY SILT	60		300	1258.21	763.41	2021.61
-29	SANDY SILT	60		300	1326.07	763.41	2089.47
-30	SANDY SILT	60		300	1393.92	763.41	2157.33
-31	SILTY SAND	60		300	1461.78	763.41	2225.19
-32	SILTY SAND	60		300	1529.64	763.41	2293.05
-33	CLAYEY SILT	60		300	1597.50	763.41	2360.91
-34	CLAYEY SILT	60		300	1665.36	763.41	2428.77
-35	SILTY SAND	60		300	1733.22	763.41	2496.62
-36	SILTY SAND	55		300	1801.08	763.41	2564.48
-37	CLAYEY SILT	53	300	1868.93	763.41	2632.34	

Tabel 5. 27 Perhitungan daya dukung ijin tiang P3

Depth (m)	Jenis tanah	N spt	Grafik SPT	Ra tekan	Ra tekan	Ra cabut	Ra cabut
				(SF=3.0)	(SF=2.0)	(SF=3.0)	(SF=2.0)
				(ton)	(ton)	(ton)	(ton)
0	SILTY CLAY	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
-1	SILTY CLAY	0	-1	41.09	61.64	3.77	5.65
-2	SILTY CLAY	4	-2	55.13	82.70	8.48	12.72
-3	SILTY CLAY	5	-3	59.85	89.77	13.19	19.79
-4	SILTY CLAY	5	-4	54.29	81.43	16.96	25.45
-5	SILTY CLAY	4	-5	58.06	87.08	20.73	31.10
-6	SILTY CLAY	4	-6	72.10	108.15	25.45	38.17
-7	SILTY CLAY	5	-7	97.36	146.04	32.04	48.07
-8	SILTY CLAY	7	-8	114.23	171.34	39.58	59.38
-9	SILTY CLAY	8	-9	121.77	182.65	47.12	70.69
-10	SILTY CLAY	8	-10	139.58	209.37	55.61	83.41
-11	SILTY CLAY	9	-11	168.61	252.91	65.97	98.96
-12	SILTY CLAY	11	-12	335.52	503.28	81.05	121.58
-13	CLAYEY SILT	16	-13	357.20	535.80	102.73	154.10
-14	CLAYEY SILT	23	-14	379.82	569.73	125.35	188.02
-15	CLAYEY SILT	60	-15	402.44	603.66	147.97	221.95
-16	SILTY SAND	60	-16	425.06	637.59	170.59	255.88
-17	SILTY SAND	60	-17	447.68	671.52	193.21	289.81
-18	SILTY SAND	60	-18	470.30	705.44	215.83	323.74
-19	SILTY SAND	60	-19	471.71	707.57	238.45	357.67
-20	SILTY CLAY	25	-20	820.90	1231.35	261.07	391.60
-21	SILTY CLAY	60	-21	538.15	807.23	283.69	425.53
-22	SILTY SAND	60	-22	560.77	841.16	306.31	459.46
-23	SILTY SAND	60	-23	583.39	875.09	328.92	493.39
-24	CLAYEY SILT	53	-24	606.01	909.02	351.54	527.32
-25	CLAYEY SILT	60	-25	628.63	942.95	374.16	561.25
-26	CLAYEY SILT	60	-26	651.25	976.88	396.78	595.17
-27	SANDY SILT	60	-27	673.87	1010.81	419.40	629.10
-28	SANDY SILT	60	-28	696.49	1044.74	442.02	663.03
-29	SANDY SILT	60	-29	719.11	1078.67	464.64	696.96
-30	SANDY SILT	60	-30	741.73	1112.60	487.26	730.89
-31	SILTY SAND	60	-31	764.35	1146.52	509.88	764.82
-32	SILTY SAND	60	-32	786.97	1180.45	532.50	798.75
-33	CLAYEY SILT	60	-33	809.59	1214.38	555.12	832.68
-34	CLAYEY SILT	60	-34	832.21	1248.31	577.74	866.61
-35	SILTY SAND	60	-35	854.83	1282.24	600.36	900.54
-36	SILTY SAND	55	-36	877.45	1316.17	622.98	934.47
-37	CLAYEY SILT	53	-37				

- Kontrol Tiang:



\*Tempat di mana besarnya perpindahan normal dapat diketahui

**Gbr. 6.11** Cara untuk menentukan permukaan tanah rencana untuk tiang.

Tiang-tiang terbenam di dalam tanah (Gbr. 6.11(a))

$$H_a = \frac{k \cdot D}{\beta} \cdot \delta_a \quad (6.8)$$

Tiang-tiang menonjol di atas tanah (Gbr. 6.11(b))

$$H_a = \frac{4EI \cdot \beta^3}{1 + \beta h} \cdot \delta_a \quad (6.9)$$

$H_a$  = kapasitas daya dukung horizontal tiang

$E$  = Modulus Elastisitas bahan

$I$  = momen inersia penampang

$\delta_a$  = pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

$k$  = koefisien reaksi tanah dasar

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

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

$y$  = besarnya pergeseran yang dicari

$E_o$  = Modulus elastisitas tanah (28 N)



$h$  =Tinggi tiang yag menonjol di atas permukaan tanah

Daya dukung horizontal tiang borepile D-1800:

$$E = 4700 \times \sqrt{f'c'} = 25742,96 \text{ MPa}$$

$$N \text{ rata rata} = 59$$

$$E_o = 28 N_{spt} = 1652 \text{ kg/cm}^2$$

Pergeseran tiang di dasar pile cap ( $\delta$ ) = 1 cm

$$I = 51529974 \text{ cm}^4$$

$$k = 6,72 \text{ kg/cm}^4$$

$$\beta = 4 \sqrt{\frac{k \times D}{4 \times E \times I}} = 0,002 \text{ cm}$$

Daya Dukung Gaya Horizontal Tiang Tegak

$$\delta a = 1 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{k D}{\beta} \delta a \\ &= \left( \frac{6,72 \times 180}{0,001} \times 1,00 \right) / 1000 \\ &= 574,06 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H &= H_a / \text{jumlah tiang} \\ &= 574,06 / 18 \\ &= 32 \text{ ton/tiang} \end{aligned}$$

$$SF = 3$$

$$\begin{aligned} H_a / SF &= 544,61 \text{ ton} / 3 \\ &= 191,35 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

$$SF = 2$$

$$\begin{aligned} H_a / SF &= 544,61 \text{ ton} / 2 \\ &= 287,03 \text{ ton} > H \text{ 1 tiang (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

Tabel 5. 28 Reaksi yang terjadi pada borepile P3

IJIN				TERJADI			
P ijin beban tetap		P ijin beban sementara		P beban tetap		P beban sementara	
P tekan (t)	P cabut (t)	P tekan (t)	P cabut (t)	P tekan	P cabut	P tekan	P cabut
(SF = 3)	(SF = 3)	(SF = 2)	(SF = 2)	(t)	(t)	(t)	(t)
786.97	532.50	1180.45	798.75	668.17	-	1146.72	111.88
Cek P IJIN > P TERJADI				oK		oK	

### 5.3.7 Penulangan *Pilecap* P2 dan P3

Perhitungan analisis pilecap berdasarkan pembebanan dalam keadaan batas (ultimit) akibat kombinasi gempa. Perhitungan analisis pilecap diambil dari SAP2000.

Perhitungan penulangan pile cap :

$$\begin{aligned}
 F_c' &= 40 \text{ MPa} \\
 F_y &= 400 \text{ MPa} \\
 h &= 4000 \text{ mm} \\
 b &= 16900 \text{ mm} \\
 \text{cover (d')} &= 100 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. 29 Perhitungan penulangan pilecap P2 dan P3

PENULANGAN PILECAP P2 & P3		
Mutu Beton =	fc' = 40 Mpa	
Mutu Tulangan =	fy = 400 Mpa (Ulir ≥ D13)	
TEBAL	= 4000 mm	
LEBAR "b"	= 1000 mm	
COVER BETON	= 100 mm	
	Tulangan Melintang	
<b>Perhitungan Tulangan</b>	Top	Bottom
Ast 1 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m' =	8562.00	10580.00
Penulangan	= <b>D32 -75</b>	<b>D32 -75</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	= 10723.30	10723.30
As terpasang > As perlu	= <b>(OK)</b>	<b>(OK)</b>
	Tulangan Memanjang	
<b>Perhitungan Tulangan</b>	Top	Bottom
Ast 2 Output SAP2000 (mm <sup>2</sup> /m' =	9706.00	9223.00
Penulangan	= <b>D36 -100</b>	<b>D36 -100</b>
Ast terpasang (mm <sup>2</sup> /m')	= 10178.76	10178.76
As terpasang > As perlu	= <b>(OK)</b>	<b>(OK)</b>

- Kontrol geser pons

$$\begin{aligned} B_w &= \text{keliling pancang} + \text{tebal poer} \\ &= 5654,87 \text{ mm} + 4000 \text{ mm} \\ &= 9654,87 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_w d \\ &= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{40} \cdot 9654,87 \cdot 3852 \\ &= 39.202.278,46 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u = \frac{P_{max}}{0,75} = \frac{1146,72 \times 10000}{0,75} = 15.289.617,33 \text{ N}$$

Syarat :

$$V_c > V_u$$

$$39.202.278,46 \text{ N} > 15.289.617,33 \text{ N} \text{ (Tebal Poer Memenuhi)}$$

- Kontrol Geser

$$V_u = 15.289.617,33 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= 0,2 \times f_c \times b_w \times d \\ &= 297.524.374,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi V_c &= 0,9 \times V_u \text{ max} \\ &= 0,9 \times 297.524.374,6 \text{ N} \\ &= 267.771.937,13 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < \Phi V_c$$

$$15.289.617,33 \text{ N} < 267.771.937,13 \text{ N}$$

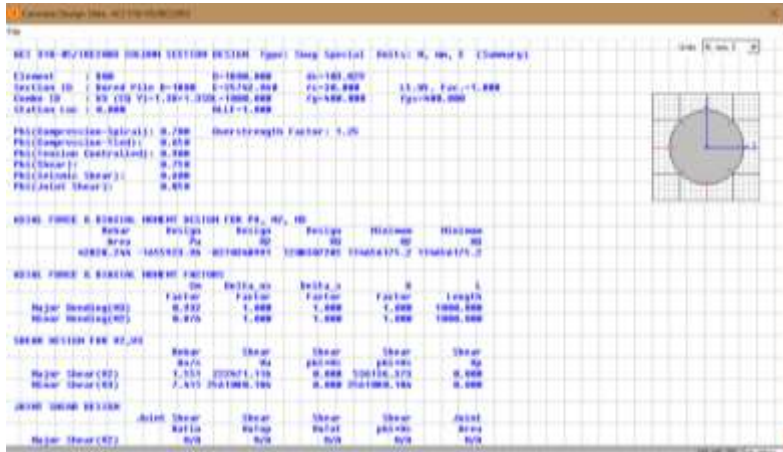
(Kehancuran badan tidak terjadi)

### 5.3.8 Penulangan Borepile pada P2 dan P3

Berdasarkan analisis pembebanan selanjutnya dilakukan kontrol pilar menggunakan SAP2000 dan perhitungan penulangannya.

Pada penulangan tiang borepile untuk pilar P2 dan P3 digunakan program bantu SAP2000. Dengan memasukkan data sebagai berikut :

$f_c' = 30 \text{ MPa}$   
 $f_y = 400 \text{ MPa}$   
 $D = 1800 \text{ mm}$   
 Cover = 100 mm



Gambar 5. 11 Kebutuhan tulangan borepile P2 dan P3 (output SAP2000)

Tabel 5. 30 Hasil perhitungan penulangan borepile P2 dan P3

BOREPILE P2 & P3	
Mutu Beton	$f_c' = 30 \text{ Mpa}$
Tulangan	$f_y = 400 \text{ Mpa}$
cover	100 mm
<b><u>Tul. Utama</u></b>	
As Perlu ( $\text{mm}^2$ )	42828
OutPut Sap	55 D32
Penulangan	44234
As Pasang ( $\text{mm}^2$ )	44234
Cek	<b>OK</b>
<b><u>Sengkang</u></b>	
As Perlu ( $\text{mm}^2$ )	1.551
OutPut Sap	2D19 -150
Penulangan	2D19 -150
As Pasang ( $\text{mm}^2$ )	1.89
Cek	<b>OK</b>

## **BAB VI**

### **METODE PELAKSANAAN**

#### **6.1 Umum**

Salah satu metode alternatif pelaksanaan pembangunan jembatan adalah digunakan untuk konstruksi kantilever seimbang dengan pemasangan segmen per segmen cor in situ atau konstruksi kantilever seimbang dengan menggunakan *formwork traveler*, *Formwork traveler* merupakan perancah berjalan yang mendukung pengecoran dengan berbagai bentuk variasi penampang segmen u-box girder.

Pada tugas akhir ini akan digunakan metode pelaksanaan konstruksi kantilever seimbang menggunakan *formwok traveler*.

#### **6.2 Pekerjaan Persiapan**

Pelaksanaan pekerjaan persiapan merupakan salah satu metode dalam pelaksanaan konstruksi. Penerapan metode tersebut, terkait erat dengan kondisi lapangan dan jenis proyek yang dikerjakan karena setiap jenis proyek pasti memiliki keunikan dan perlakuan yang berbeda-beda.

##### **6.2.1 Pembuatan Jalan Kerja**

Jalan kerja adalah jalur lalu lintas kendaraan proyek, baik untuk truk material, truk *mixer* maupun untuk mobilisasi alat-alat berat. konstruksi jalan kerja bersifat sementara, tapi dalam perencanaannya harus diperhitungkan beban lalu lintas yang akan melewatinya.

## **6.2.2 Pembuatan Lokasi Gudang Material dan Peralatan**

Gudang material adalah tempat penyimpanan material, dimana kondisi tersebut harus dijaga agar tempat kering dan tidak lembab. kondisi gudang sangat mempengaruhi kualitas bahan dan peralatan yang digunakan. Gudang peralatan adalah tempat menyimpan alat-alat ringan seperti mesin genset, *vibrator* untuk pemadatan beton, alat-alat pengukuran serta peralatan lainnya.

Untuk mempermudah proses bongkar muat material, penempatan gudang tidak jauh dari jalan kerja untuk mempermudah proses penerimaan barang, gudang material sebaiknya diletakkan dekat dengan pintu masuk.

## **6.2.3 Pembuatan Direksi Kit**

Direksi Kit adalah ruangan yang dibangun sebagai tempat pekerja bagi para staff dari kontraktor, pengawas maupun pemilik proyek dilapangan. ruangan ini dilengkapi beberapa fasilitas seperti ruang pimpinan, ruang rapat, ruang kerja staff, musholla dan toilet. Ukuran ruangan ini bervariasi antara 60 m<sup>2</sup> – 200 m<sup>2</sup>, baik bertingkat maupun tidak disesuaikan dengan bentuk di lapangan. Ada dua macam direksi Keet yaitu menggunakan kontainer atau menggunakan sistem rakitan (lebih umum digunakan).

## **6.3 Pekerjaan Bangunan Pondasi**

### **6.3.1 Pekerjaan Persiapan**

- Marking dan penomeran pengeboran.
- Pembuatan bak penampungan yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara air buangan.
- Pompa air kotor
- Material pendukung (tanah liat dan beton readymix)
- Perakitan tulangan baja.

### **6.3.2 Pekerjaan Borepile**

1. Pekerjaan pemasangan *casing borepile* menggunakan *vibro hammer*
2. Pekerjaan pengeboran lubang *borepile* dengan menggunakan *borepile machine*.
3. Pekerjaan pembesian *borepile* dengan menggunakan *service crane*.
4. Pekerjaan pengecoran *borepile* dengan menggunakan *service crane* dan *truck mixer*.
5. Pekerjaan pengangkatan *casing borepile* dengan menggunakan *vibro hammer*.
6. Pekerjaan *borepile* selesai.

## **6.4 Pekerjaan Pile Cap**

### **6.4.1 Pekerjaan Penggalian dan Pembersihan**

Sebelum pekerjaan dimulai, perlu dilakukan pekerjaan persiapan terlebih dahulu dengan menentukan as *pile cap* dengan menggunakan *theodolit* dan *waterpass* berdasarkan *shop drawing* yang dilanjutkan dengan pemasangan patok as *pile cap*.

Selanjutnya dilakukan penggalian ke kedalaman yang diinginkan dan penggalian disesuaikan dengan dimensi *pile cap*. Setelah dilakukan penggalian sesuai kedalaman, lalu dilakukan pembobokan / pemotongan kepala *Bore Pile* tiang pancang yang mengalami kelebihan.



Gambar 6. 1 Pemotongan kepala bor pile

#### 6.4.2 Pekerjaan Bekisting

Sebelum pekerjaan bekisting dimulai, perlu dilakukan urugan pasir setebal 5 cm pada dasar penggalian. Setelah itu bisa langsung ke tahap selanjutnya dengan dibuat lantai kerja (*lean concrete*). Pada tepi penggalian dapat digunakan bekisting dari kayu.

#### 6.4.3 Pemasangan Pembesian

Penulangan pada *pile cap* dikerjakan berdasarkan spesifikasi dari gambar rencana.

#### 6.4.4 Pekerjaan Pengecoran

Persiapan pengecoran yang harus dilakukan yaitu telah disiapkannya lahan cor yang bersih dari segala macam kotoran seperti potongan kaso, multiplek, kawat besi, dan puntung rokok.

Pilecap pada perencanaan jembatan Lrt Cikunir ini memiliki ketebalan hingga 4 meter, sehingga dalam pengecorannya diperlukan perlakuan khusus. Pengecoran dilakukan secara bertahap dengan pembagian vertikal agar beton yang telah dicor tidak terganggu oleh pengecoran berikutnya.



Pilecap dengan ketebalan 3 meter dan 4 meter seperti pada perencanaan dalam tugas akhir ini dikategorikan sebagai *mass concrete*. *Mass concrete* adalah segala volume beton dengan dimensi yang cukup besar sehingga perlu pengendalian termal terhadap panas yang ditimbulkan oleh proses hidrasi semen.

Perbedaan pengecoran antara *mass concrete* dan beton konvensional adalah pada pengaturan suhu pada beton. Perbedaan antara suhu inti beton dan permukaan beton tidak boleh lebih dari 20<sup>0</sup> C. Cara mengatur suhu tersebut adalah dengan menggunakan metode *Precooling*, yaitu dengan menggunakan air yang didinginkan terlebih dahulu sebelum dimix atau dengan mendinginkan agregat. Pendinginan agregat memiliki efek yang besar karena sekitar 70-80% bagiannya adalah agregat.

## **6.5 Pekerjaan Pilar**

Pekerjaan Pilar dilakukan dengan tiga tahap pembesian, bekisting dan pengecoran. Dengan tinggi pilar 12 meter perlu dilakukan tahap yang berbeda setiap 4 meter agar memudahkan pelaksanaannya.

### **6.5.1 Pekerjaan Pembesian**

Penulangan pada pilar dikerjakan berdasarkan spesifikasi dari gambar rencana. tulangan dipisahkan masing-masing tinggi 4 meter dan disambung dengan kawat bendrat. Setelah itu dilakukan pengecekan kelurusan pemasangan menggunakan alat *theodolit*.

### **6.5.2 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*.

### 6.5.3 Pekerjaan Pengecoran

Setelah dipasang bekisting dan *scaffolding*, selanjutnya disiapkan beton yang siap untuk dilakukan pengecoran. Pengecoran pada tahap pertama (4 meter awal), tapi perlu diperhatikan perlu dilakukan pengrojokan menggunakan selang tremi dengan tinggi jatuh bebas lebih kurang 1,5 m dari dasar pilar yang di tinjau agar beton dapat merata pada pilar dan tidak tersisa udara.

### 6.5.4 Pelepasan Bekisting

Setelah hasil cor tahap pertama sudah cukup kering dan kuat tekan beton melebihi hasil uji tekan sebelumnya, *formwork* dapat dinaikkan pada elevasi berikutnya.

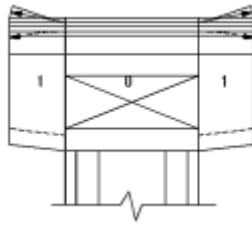
## 6.6 Pekerjaan Kepala Pilar

Pekerjaan Kepala Pilar atau Pierhead hampir sama dengan badan pilar hanya saja pada pierhead pengerjakan bekisting dan pengecoran dilakukan 1 tahap seperti pengerjaan pada pilecap.

## 6.7 Pekerjaan Pemasangan U-Box Girder

Setelah pengerjaan bangunan bawah selesai, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan u-box girder yang dimulai dengan segmen *hammer head*. Berikut tahapan dalam pelaksanaan pemasangan u-box girder cast in situ :

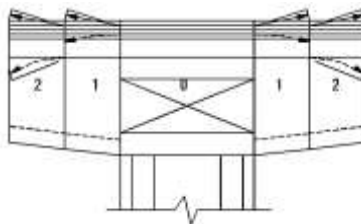
1. Pertama dilakukan pemasangan segmen hammer head dengan menggunakan perancah. Kemudian dilanjutkan dengan pengecoran segmen 1 dan masih menggunakan perancah.
2. Kemudian dilakukan pemasangan tendon ke dalam segmen yang telah dicor melalui *duct* yang telah dipasang sebelumnya. Kemudian dilakukan penarikan tendon pada segmen 0 dan 1.



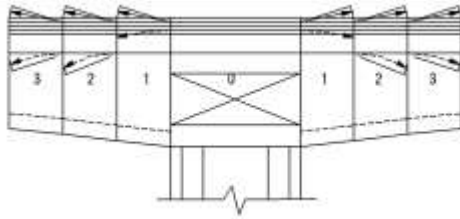
Gambar 6. 2 Segmen *hammer head* dan segmen 1 terpasang

3. Memasang dan menyatel formwork traveler pada segmen 2 (pada segmen selanjutnya yang akan dicor), bertumpu pada segmen 1 (segmen sebelumnya yang telah dicor).
4. Pemasangan tulangan dan tendon *duct* pada segmen 2.
5. Pengecoran segmen 2 yang sementara ditahan oleh formwork traveler yang bertumpu pada segmen 1.
6. Pasang tendon ke dalam segmen 2 yang telah dicor melalui *duct* yang telah dipasang sebelumnya. Kemudian dilakukan stressing setelah kekuatan beton mencukupi.
7. Lepaskan formwork traveler pada segmen 2 yang telah selesai stressing.

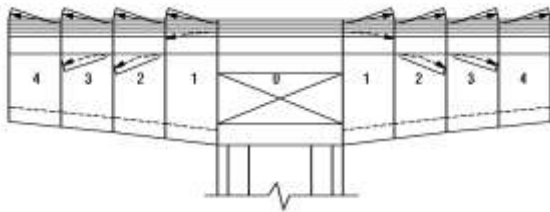
Berikut urutan gambar urutan pelaksanaan dari segmen 2 hingga segmen 18 terpasang :



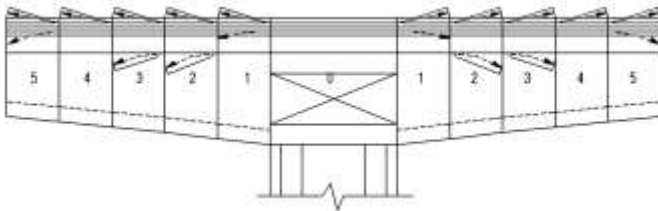
Gambar 6. 3 Segmen 2 terpasang



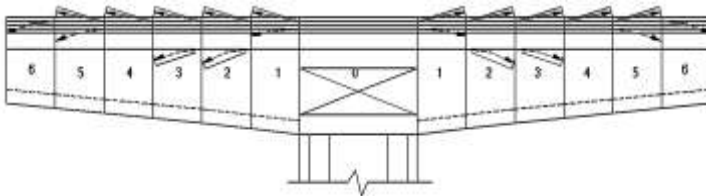
Gambar 6. 4 Segmen 3 terpasang



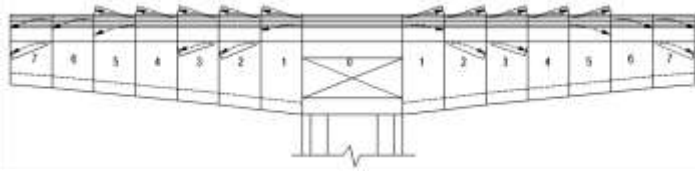
Gambar 6. 5 Segmen 4 terpasang



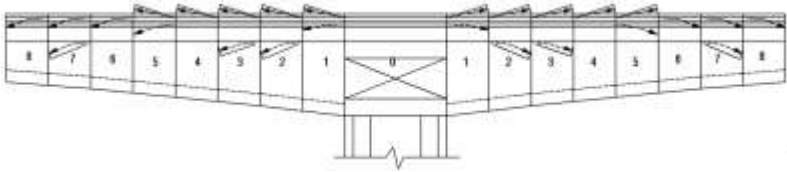
Gambar 6. 6 Segmen 5 terpasang



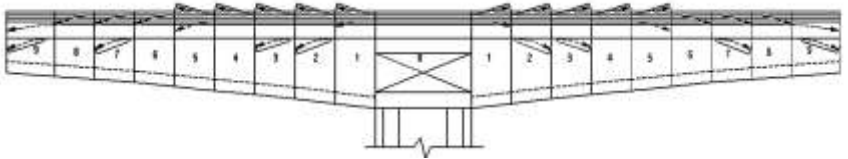
Gambar 6. 7 Segmen 6 terpasang



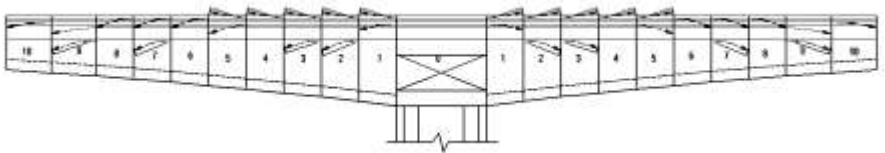
Gambar 6. 8 Segmen 7 terpasang



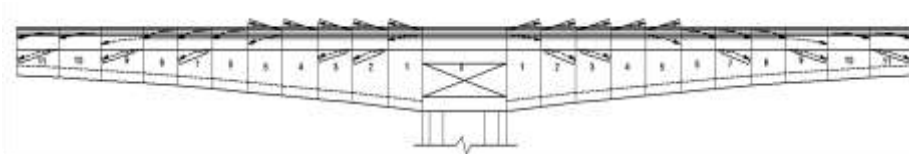
Gambar 6. 9 Segmen 8 terpasang



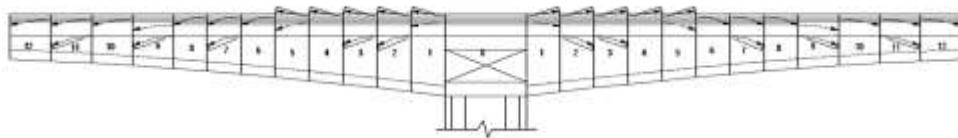
Gambar 6. 10 Segmen 9 terpasang



Gambar 6. 11 Segmen 10 terpasang



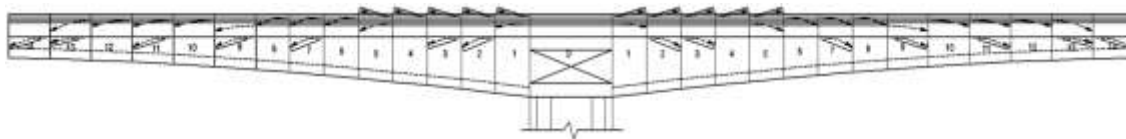
Gambar 6. 12 Segmen 11 terpasang



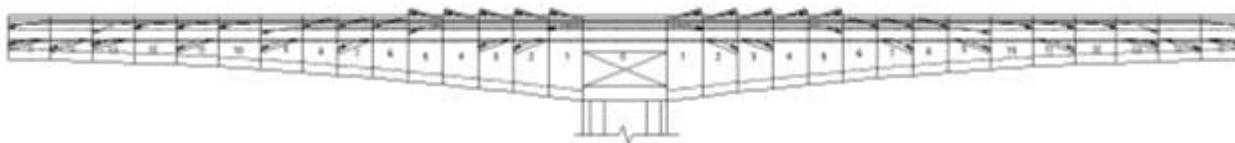
Gambar 6. 13 Segmen 12 terpasang



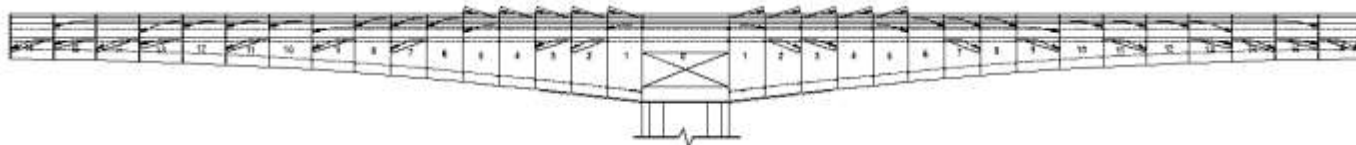
Gambar 6. 14 Segmen 13 terpasang



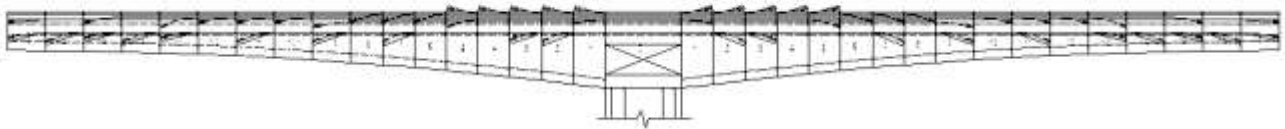
Gambar 6. 15 Segmen 14 terpasang



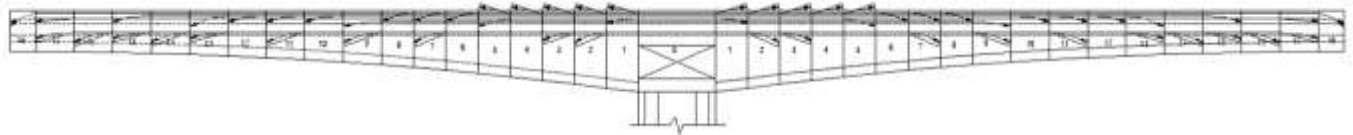
Gambar 6. 16 Segmen 15 terpasang



Gambar 6. 17 Segmen 16 terpasang



Gambar 6. 18 Segmen 17 terpasang



Gambar 6. 19 Segmen 18 terpasang

8. Kemudian pemasangan segmen selanjutnya dengan mengulangi tahap ke tiga sampai tahap tujuh, hingga seluruh segmen kantilever terpasang. Total segmen yang direncanakan pada tugas akhir ini adalah sebanyak 18 segmen.
9. Setelah 18 segmen terpasang seperti pada gambar 6.19, maka dilanjutkan dengan pengecoran segmen *closure* dan pemasangan tendon bentang menerus sesuai dengan desain.



## BAB VII KESIMPULAN

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

1. Struktur jembatan *u-box girder* pada tahap kantilever didesain dengan tendon sebanyak 58 buah dengan minimum 15 strand dan maksimum 35 strand per tendon.
2. Pada tahap menerus, struktur *u-box girder* didesain dengan tendon bawah sebanyak 10 buah dengan jumlah minimum 10 strand dan maksimum 25 strand tiap tendonnya.
3. Kontrol tegangan ijin bahan beton prategang pada saat pelaksanaan maupun layan telah memenuhi syarat tegangan tekan dan tarik, dengan nilai ijin  $\bar{\sigma}_{\text{tekan}}$  sebesar 26,4 MPa dan  $\bar{\sigma}_{\text{tarik}}$  sebesar 1,66 MPa pada saat pelaksanaan;  $\bar{\sigma}_{\text{tekan}}$  sebesar 22,5 MPa dan  $\bar{\sigma}_{\text{tarik}}$  sebesar 3,54 MPa pada kondisi layan.
4. Lendutan yang terjadi baik pada saat pelaksanaan dan kondisi layan telah memenuhi syarat lendutan ijin, dengan nilai lendutan saat pelaksanaan sebesar 100 mm dan 41 mm pada kondisi layan.
5. Hasil analisa data tanah SPT pada lokasi jembatan di daerah Cikunir Jakarta menunjukkan klasifikasi kelas situs tanah sedang (D) dan termasuk dalam zona gempa 3.
6. Pondasi menggunakan jenis *borepile* dengan diameter 1800 mm dengan kedalaman pada P1 sedalam 25 meter, P2 sedalam 37 meter, P3 sedalam 33 meter, dan P4 sedalam 20 meter yang direncanakan dengan konstanta pegas..
7. Metode pelaksanaan *u-box girder prestressed* menggunakan metode *balanced cantilever segmental cast in situ using traveler formwork*. Penarikan tendon dilakukan secara *post tension* dengan jacking yang dibelokkan keluar dari penampang.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- ACI Commitee 358, 1992. *ANALYSIS AND DESIGN OF REINFORCED AND PRESTRESSED-CONCRETE GUIDEWAY STRUCTURES*. Recommendation Procedures. Farmington Hills: American Concrete Institution American Concrete Institution.
- Badan Standarisasi Nasional, 2004. *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. RSNI T-12-2004. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. SNI 2847-2013. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, 2016. *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. SNI 2833-2016. Jakarta: BSN.
- Liono, S. 2009. *Metode Konstruksi Preccast Segmental Balanced Cantilever (Studi Kasus Jalan Layang Pasupati – Bandung)*. Volume 5, No. 2. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Ned, T. L. & Burn, H., 1996. *Desain Struktur Beton Prategang*. Third Ed. Jakarta: Erlangga.
- Podonly, W. & Muller, J. M., 1982. *Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridges*. John Wiley & Sons. New York.

Republik Indonesia. 2012. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2012 Tentang Persyaratan Teknis Jalur Kereta Api*. Lembaran Negara RI Tahun 2012, No. 60. Jakarta: Sekretariat Negara.

Setyawan, A. 2012. *Analisis Non Linier Tegangan Dan Deformasi Struktur Jembatan Beton Prategang Pada Tahap Konstruksi Dengan Metode Balanced Cantilever*. Volume 13 No. 2. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Surakarta.

## **LAMPIRAN**

1. Data tanah
2. Tabel perhitungan kehilangan gaya prategang tahap menerus
3. Brosur OVM
4. Brosur LRB

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

Periksa tegangan pada saat beban penuh

Ten. Bawah :

$\sigma_{tekan}$	22.5 Mpa		$f_{sijin}$	1400.00 Mpa	$F_{pin 1 str}$	196 KN	$f_{pu}$	1860 (Batas kekuatan tarik)
$\sigma_{tarik}$	-3.54 Mpa	31176.27			k	0.0041	20	Batas kehilangan prategang berdasarkan TY Lin adalah 20% untuk pasca tarik
$f_{ci}'$	44 Mpa	195000	Aps	140 mm <sup>2</sup>	Ksh	0.77	1584.0206	

A <sub>s</sub>	A	l	h	y <sub>1</sub>	y <sub>b</sub>	e <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	n <sub>2</sub>	F <sub>bawah</sub>	f <sub>cir</sub>	f <sub>eds</sub>	Δ <sub>es</sub>	Δ <sub>is1</sub>	Δ <sub>is2</sub>	CR	SH	RE	f <sub>se</sub>	F <sub>se</sub>	Δ <sub>es</sub>	CR	SH	RE	Total Loss	Batas
	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m	m	m	m	m		KN	Mpa	MPa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	KN	%	%	%	%	(%)	20%
A18	12.19	9.10	3.00	1.65	1.35	0.85	0.0	0	0	4.12	3.90	12.88	17.22	0	2.20	20.15	132.72	1214.83	0.00	0.94	0.12	1.46	9.64	12.16	OK
A17	12.22	9.49	3.05	1.67	1.38	0.88	0.0	0	0	-5.95	-4.63	18.61	17.22	0	13.21	20.16	130.20	1200.60	0.00	1.35	0.71	1.46	9.46	12.99	OK
A16	12.27	9.89	3.10	1.69	1.41	0.91	0.0	0	0	-8.00	-9.10	25.02	17.22	0	11.01	20.16	129.57	1197.02	15082.48	1.82	0.59	1.46	9.41	13.29	OK
A15	12.32	10.31	3.15	1.70	1.45	0.95	0.0	0	0	-9.79	-10.75	30.62	17.22	0	9.61	20.16	128.94	1193.45	15037.51	2.22	0.52	1.46	9.37	13.57	OK
A14	12.38	11.01	3.23	1.73	1.50	1.00	0.0	0	0	-13.41	-12.91	41.94	17.22	0	5.00	20.17	127.93	1187.74	24942.46	3.05	0.27	1.47	9.29	14.08	OK
A13	12.47	11.94	3.33	1.77	1.56	1.06	0.0	0	0	-15.71	-14.78	49.13	17.22	0	9.31	20.18	126.21	1177.96	36281.12	3.57	0.50	1.47	9.17	14.71	OK
A12	12.58	13.12	3.45	1.81	1.64	1.14	0.0	0	0	-17.64	-18.67	55.17	17.22	0	10.31	20.18	125.15	1171.97	36096.70	4.01	0.55	1.47	9.09	15.12	OK
A11	12.72	14.73	3.60	1.87	1.73	1.23	0.0	0	0	-16.86	-17.69	52.73	17.22	0	8.31	20.19	125.82	1175.74	36212.70	3.83	0.45	1.47	9.14	14.89	OK
A10	12.89	17.07	3.80	1.94	1.86	1.36	0.0	0	0	-15.93	-16.38	49.82	17.22	0	4.50	20.21	126.82	1181.43	24810.01	3.62	0.24	1.47	9.21	14.54	OK
A9	13.09	19.66	4.00	2.02	1.98	1.48	0.0	0	0	-17.59	-17.72	55.01	14.35	0	1.30	20.21	126.52	1182.60	14900.80	4.00	0.07	1.47	9.19	14.73	OK
A8	13.29	22.50	4.20	2.09	2.11	1.61	0.0	0	0	-19.68	-20.16	61.55	14.35	0	4.80	20.22	125.01	1174.07	14793.23	4.47	0.26	1.47	9.08	15.28	OK
A7	13.49	25.58	4.40	2.17	2.23	1.73	0.0	0	0	-20.64	-18.55	64.55	14.35	0	20.92	20.22	122.15	1157.81	6483.76	4.69	1.12	1.47	8.87	16.16	OK
A6	13.72	29.81	4.65	2.26	2.39	1.89	0.0	0	0	-21.85	-19.48	68.33	14.35	0	23.72	20.24	121.16	1152.20	6452.34	4.96	1.28	1.47	8.80	16.51	OK
A5	13.97	34.44	4.90	2.36	2.54	2.04	0.0	0	0	-22.57	-19.33	70.58	14.35	0	32.42	20.25	119.51	1142.88	0.00	5.13	1.74	1.47	8.68	17.03	OK
A4	14.22	39.49	5.15	2.46	2.69	2.19	0.0	0	0	-23.39	-20.72	73.15	14.35	0	26.72	20.25	119.98	1145.55	0.00	5.31	1.44	1.47	8.72	16.94	OK
A3	14.47	44.97	5.40	2.56	2.84	2.34	0.0	0	0	-23.86	-20.53	74.62	14.35	0	33.33	20.26	118.77	1138.68	0.00	5.42	1.79	1.47	8.63	17.31	OK
A2	14.74	52.12	5.70	2.68	3.02	2.52	0.0	0	0	-24.63	-25.06	77.03	14.35	0	4.30	20.27	122.76	1161.29	0.00	5.60	0.23	1.47	8.92	16.22	OK
A1	15.04	59.92	6.00	2.80	3.20	2.70	0.0	0	0	-25.58	-24.43	80.00	17.22	0	11.51	20.28	121.23	1149.76	0.00	5.81	0.62	1.47	8.81	16.71	OK
CL1	24.48	73.46	6.00	3.05	2.95	2.45	0.0	0	0	-27.22	-24.63	85.13	17.22	0	25.92	16.69	118.84	1136.20	0.00	6.18	1.39	1.21	8.63	17.42	OK
A1	15.04	59.92	6.00	2.80	3.20	2.70	0.0	0	0	-26.69	-24.77	83.47	17.22	0	19.21	20.28	119.56	1140.26	0.00	6.06	1.03	1.47	8.69	17.26	OK
A2	14.74	52.12	5.70	2.68	3.02	2.52	0.0	0	0	-26.24	-26.37	82.06	14.35	0	1.30	20.27	122.45	1159.56	0.00	5.96	0.07	1.47	8.90	16.40	OK
A3	14.47	44.97	5.40	2.56	2.84	2.34	0.0	0	0	-25.14	-24.41	78.62	14.35	0	7.31	20.26	122.07	1157.39	0.00	5.71	0.39	1.47	8.87	16.45	OK
A4	14.22	39.49	5.15	2.46	2.69	2.19	84.0	2	9800	-24.49	-20.23	76.59	14.35	6	42.63	20.25	117.08	1123.29	6290.45	5.56	2.29	1.47	8.51	17.83	OK
A5	13.97	34.44	4.90	2.36	2.54	2.04	84.0	2	9800	-23.43	-21.50	73.27	14.35	6	19.31	20.25	121.07	1145.94	6417.25	5.32	1.04	1.47	8.80	16.63	OK
A6	13.72	29.81	4.65	2.26	2.39	1.89	74.0	4	17640	-23.92	-18.86	74.81	14.35	7	50.64	20.24	116.15	1117.23	12512.98	5.43	2.72	1.47	8.44	18.07	OK
A7	13.49	25.58	4.40	2.17	2.23	1.73	74.0	4	17640	-21.86	-18.61	68.36	14.35	7	32.52	20.22	119.83	1138.12	9560.17	4.97	1.75	1.47	8.71	16.89	OK
A8	13.29	22.50	4.20	2.09	2.11	1.61	64.0	6	21560	-20.26	-17.98	63.36	14.35	8	22.82	20.22	122.04	1149.59	14484.90	4.60	1.23	1.47	8.87	16.17	OK
A9	13.09	19.66	4.00	2.02	1.98	1.48	64.0	6	21560	-18.06	-18.68	56.48	14.35	8	6.20	20.21	125.57	1169.57	14736.57	4.10	0.33	1.47	9.12	15.03	OK
A10	12.89	17.07	3.80	1.94	1.86	1.36	53.0	8	25480	-15.61	-16.89	48.82	17.22	9	12.81	20.21	125.72	1166.02	19589.16	3.55	0.69	1.47	9.13	14.84	OK
A11	12.72	14.73	3.60	1.87	1.73	1.23	53.0	8	25480	-14.62	-16.96	45.72	17.22	9.20	23.42	20.19	124.60	1159.65	19482.10	3.32	1.26	1.47	9.05	15.10	OK
A12	12.58	13.12	3.45	1.81	1.64	1.14	41.0	10	29400	-14.81	-13.95	46.32	17.22	11.89	8.61	20.18	126.73	1169.05	18003.36	3.37	0.46	1.47	9.21	14.50	OK
A13	12.47	11.94	3.33	1.77	1.56	1.06	41.0	10	29400	-21.03	-12.64	65.77	17.22	11.89	83.96	20.18	112.51	1088.47	16762.41	4.78	4.51	1.47	8.17	18.93	OK
A14	12.38	11.01	3.23	1.73	1.50	1.00	41.0	10	29400	-9.94	-10.67	31.09	17.22	11.89	7.31	20.17	129.22	1183.11	21532.67	2.26	0.39	1.47	9.39	13.50	OK
A15	12.32	10.31	3.15	1.70	1.45	0.95	41.0	10	29400	-7.81	-10.66	24.42	17.22	11.89	28.52	20.16	127.03	1170.75	21307.63	1.77	1.53	1.46	9.23	14.00	OK
A16	12.27	9.89	3.10	1.69	1.41	0.91	41.0	10	29400	-5.78	-7.66	18.08	17.22	11.89	18.81	20.16	129.44	1184.40	23214.20	1.31	1.01	1.46	9.40	13.19	OK
A17	12.22	9.49	3.05	1.67	1.38	0.88	41.0	10	29400	-4.80	-6.03	15.01	17.22	11.89	12.31	20.16	130.88	1192.53	23373.67	1.09	0.66	1.46	9.51	12.73	OK
A18	12.19	9.10	3.00	1.65	1.35	0.85	41.0	10	29400	3.32	-4.21	10.38	17.22	11.89	75.36	20.15	122.12	1142.89	22400.58	0.75	4.05	1.46	8.87	15.14	OK
A19	12.19	9.10	3.00	1.65	1.35	0.85	41.0	10	29400	3.55	-3.86	11.10	5.74	11.89	74.16	20.15	122.19	1154.78	22633.61	0.81	3.99	1.46	8.88	15.13	OK

Periksa tegangan pada saat beban penuh

$\sigma_{tekan}$  22.5 Mpa  
 $\sigma_{tarik}$  -3.54 Mpa      31176.27  
 $f_{ci}'$  44 Mpa      195000

Ten. Bawah :

$f_{sijin}$  1400.00 Mpa  
 Aps 140 mm<sup>2</sup>  
 $F_{pin\ 1\ str}$  196 KN  
 k 0.0041  
 Ksh 0.77      1584.0206

$f_{pu}$  1860 (Batas kekuatan tarik)  
 20 Batas kehilangan prategang berdasarkan TY Lin adalah 20% untuk pasca tarik

A <sub>s</sub>	A	I	h	y <sub>1</sub>	y <sub>2</sub>	e <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	n <sub>2</sub>	F <sub>bawah</sub>	f <sub>gir</sub>	f <sub>cds</sub>	Δ <sub>es</sub>	Δ <sub>is1</sub>	Δ <sub>is2</sub>	CR	SH	RE	f <sub>se</sub>	F <sub>se</sub>	Δ <sub>es</sub>	CR	SH	RE	Total Loss	Batas
	m <sup>2</sup>	m <sup>4</sup>	m	m	m	m	m		KN	Mpa	MPa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	KN	%	%	%	%	(%)	20%
A18	12.19	9.10	3.00	1.65	1.35	0.85	41.0	10	29400	3.32	-4.21	10.38	17.22	11.89	75.36	20.15	122.12	1142.89	22400.58	0.75	4.05	1.46	8.87	15.14	OK
A17	12.22	9.49	3.05	1.67	1.38	0.88	41.0	10	29400	-4.80	-6.03	15.01	17.22	11.89	12.31	20.16	130.88	1192.53	23373.67	1.09	0.66	1.46	9.51	12.73	OK
A16	12.27	9.89	3.10	1.69	1.41	0.91	41.0	10	29400	-5.78	-7.66	18.08	17.22	11.89	18.81	20.16	129.44	1184.40	23214.20	1.31	1.01	1.46	9.40	13.19	OK
A15	12.32	10.31	3.15	1.70	1.45	0.95	41.0	10	29400	-7.81	-10.66	24.42	17.22	11.89	28.52	20.16	127.03	1170.75	21307.63	1.77	1.53	1.46	9.23	14.00	OK
A14	12.38	11.01	3.23	1.73	1.50	1.00	41.0	10	29400	-9.94	-10.67	31.09	17.22	11.89	7.31	20.17	129.22	1183.11	21532.67	2.26	0.39	1.47	9.39	13.50	OK
A13	12.47	11.94	3.33	1.77	1.56	1.06	41.0	10	29400	-21.03	-12.64	65.77	17.22	11.89	83.96	20.18	112.51	1088.47	16762.41	4.78	4.51	1.47	8.17	18.93	OK
A12	12.58	13.12	3.45	1.81	1.64	1.14	41.0	10	29400	-14.81	-13.95	46.32	17.22	11.89	8.61	20.18	126.73	1169.05	18003.36	3.37	0.46	1.47	9.21	14.50	OK
A11	12.72	14.73	3.60	1.87	1.73	1.23	53.0	8	25480	-14.62	-16.96	45.72	17.22	9.20	23.42	20.19	124.60	1159.65	19482.10	3.32	1.26	1.47	9.05	15.10	OK
A10	12.89	17.07	3.80	1.94	1.86	1.36	53.0	8	25480	-15.61	-16.89	48.82	17.22	9	12.81	20.21	125.72	1166.02	19589.16	3.55	0.69	1.47	9.13	14.84	OK
A9	13.09	19.66	4.00	2.02	1.98	1.48	64.0	6	21560	-18.06	-18.68	56.48	14.35	8	6.20	20.21	125.57	1169.57	14736.57	4.10	0.33	1.47	9.12	15.03	OK
A8	13.29	22.50	4.20	2.09	2.11	1.61	64.0	6	21560	-20.26	-17.98	63.36	14.35	8	22.82	20.22	122.04	1149.59	14484.90	4.60	1.23	1.47	8.87	16.17	OK
A7	13.49	25.58	4.40	2.17	2.23	1.73	74.0	4	17640	-21.86	-18.61	68.36	14.35	7	32.52	20.22	119.83	1138.12	9560.17	4.97	1.75	1.47	8.71	16.89	OK
A6	13.72	29.81	4.65	2.26	2.39	1.89	74.0	4	17640	-23.92	-18.86	74.81	14.35	7	50.64	20.24	116.15	1117.23	9384.73	5.43	2.72	1.47	8.44	18.07	OK
A5	13.97	34.44	4.90	2.36	2.54	2.04	84.0	2	9800	-23.43	-21.50	73.27	14.35	6	19.31	20.25	121.07	1145.94	4812.93	5.32	1.04	1.47	8.80	16.63	OK
A4	14.22	39.49	5.15	2.46	2.69	2.19	84.0	2	9800	-24.49	-20.23	76.59	14.35	6	42.63	20.25	117.08	1123.29	4717.83	5.56	2.29	1.47	8.51	17.83	OK
A3	14.47	44.97	5.40	2.56	2.84	2.34	0.0	0	0	-25.14	-24.41	78.62	14.35	0	7.31	20.26	122.07	1157.39	0.00	5.71	0.39	1.47	8.87	16.45	OK
A2	14.74	52.12	5.70	2.68	3.02	2.52	0.0	0	0	-26.24	-26.37	82.06	14.35	0	1.30	20.27	122.45	1159.56	0.00	5.96	0.07	1.47	8.90	16.40	OK
A1	15.04	59.92	6.00	2.80	3.20	2.70	0.0	0	0	-26.69	-24.77	83.47	17.22	0	19.21	20.28	119.56	1140.26	0.00	6.06	1.03	1.47	8.69	17.26	OK
CL2	24.48	73.46	6.00	3.05	2.95	2.45	0.0	0	0	-27.22	-24.63	85.13	17.22	0	25.92	16.69	118.84	1136.20	0.00	6.18	1.39	1.21	8.63	17.42	OK
A1	15.04	59.92	6.00	2.80	3.20	2.70	0.0	0	0	-25.58	-24.43	80.00	17.22	0	11.51	20.28	121.23	1149.76	0.00	5.81	0.62	1.47	8.81	16.71	OK
A2	14.74	52.12	5.70	2.68	3.02	2.52	0.0	0	0	-24.63	-25.06	77.03	14.35	0	4.30	20.27	122.76	1161.29	0.00	5.60	0.23	1.47	8.92	16.22	OK
A3	14.47	44.97	5.40	2.56	2.84	2.34	0.0	0	0	-23.86	-20.53	74.62	14.35	0	33.33	20.26	118.77	1138.68	0.00	5.42	1.79	1.47	8.63	17.31	OK
A4	14.22	39.49	5.15	2.46	2.69	2.19	0.0	0	0	-23.39	-20.72	73.15	14.35	0	26.72	20.25	119.98	1145.55	0.00	5.31	1.44	1.47	8.72	16.94	OK
A5	13.97	34.44	4.90	2.36	2.54	2.04	0.0	0	0	-22.57	-19.33	70.58	14.35	0	32.42	20.25	119.51	1142.88	0.00	5.13	1.74	1.47	8.68	17.03	OK
A6	13.72	29.81	4.65	2.26	2.39	1.89	0.0	0	0	-21.85	-19.48	68.33	14.35	0	23.72	20.24	121.16	1152.20	6452.34	4.96	1.28	1.47	8.80	16.51	OK
A7	13.49	25.58	4.40	2.17	2.23	1.73	0.0	0	0	-20.64	-18.55	64.55	14.35	0	20.92	20.22	122.15	1157.81	6483.76	4.69	1.12	1.47	8.87	16.16	OK
A8	13.29	22.50	4.20	2.09	2.11	1.61	0.0	0	0	-19.68	-20.16	61.55	14.35	0	4.80	20.22	125.01	1174.07	14793.23	4.47	0.26	1.47	9.08	15.28	OK
A9	13.09	19.66	4.00	2.02	1.98	1.48	0.0	0	0	-17.59	-17.72	55.01	14.35	0	1.30	20.21	126.52	1182.60	14900.80	4.00	0.07	1.47	9.19	14.73	OK
A10	12.89	17.07	3.80	1.94	1.86	1.36	0.0	0	0	-15.93	-16.38	49.82	17.22	0	4.50	20.21	126.82	1181.43	24810.01	3.62	0.24	1.47	9.21	14.54	OK
A11	12.72	14.73	3.60	1.87	1.73	1.23	0.0	0	0	-16.86	-17.69	52.73	17.22	0	8.31	20.19	125.82	1175.74	36212.70	3.83	0.45	1.47	9.14	14.89	OK
A12	12.58	13.12	3.45	1.81	1.64	1.14	0.0	0	0	-17.64	-18.67	55.17	17.22	0	10.31	20.18	125.15	1171.97	36096.70	4.01	0.55	1.47	9.09	15.12	OK
A13	12.47	11.94	3.33	1.77	1.56	1.06	0.0	0	0	-15.71	-14.78	49.13	17.22	0	9.31	20.18	126.21	1177.96	36281.12	3.57	0.50	1.47	9.17	14.71	OK
A14	12.38	11.01	3.23	1.73	1.50	1.00	0.0	0	0	-13.41	-12.91	41.94	17.22	0	5.00	20.17	127.93	1187.74	24942.46	3.05	0.27	1.47	9.29	14.08	OK
A15	12.32	10.31	3.15	1.70	1.45	0.95	0.0	0	0	-9.79	-10.75	30.62	17.22	0	9.61	20.16	128.94	1193.45	15037.51	2.22	0.52	1.46	9.37	13.57	OK
A16	12.27	9.89	3.10	1.69	1.41	0.91	0.0	0	0	-8.00	-9.10	25.02	17.22	0	11.01	20.16	129.57	1197.02	15082.48	1.82	0.59	1.46	9.41	13.29	OK
A17	12.22	9.49	3.05	1.67	1.38	0.88	0.0	0	0	-5.95	-4.63	18.61	17.22	0	13.21	20.16	130.20	1200.60	0.00	1.35	0.71	1.46	9.46	12.99	OK
A18	12.19	9.10	3.00	1.65	1.35	0.85	0.0	0	0	4.12	3.90	12.88	17.22	0	2.20	20.15	132.72	1214.83	0.00	0.94	0.12	1.46	9.64	12.16	OK



# OVM PRESTRESSING SYSTEMS



Solutions for bridges, highways, railways, buildings, containments etc.



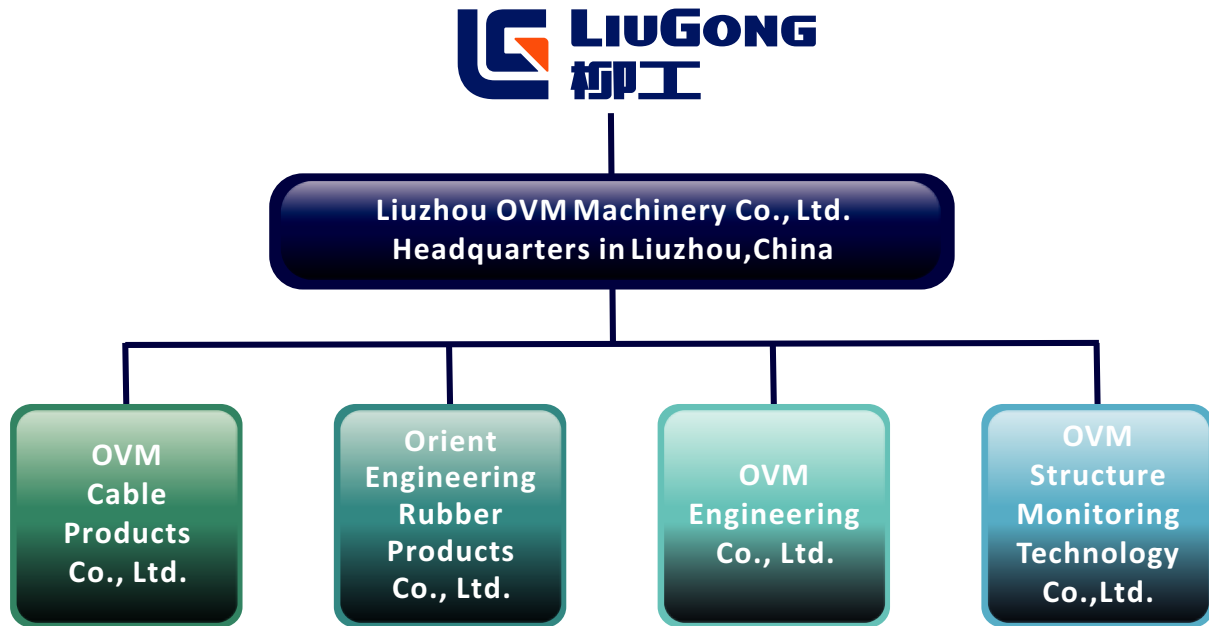
**LIUGONG**  
柳工



## ■ OVM PRESTRESSING SYSTEMS

- OVM MONITORING SYSTEMS
- OVM CABLE SYSTEMS  
(for Cable-stayed Bridge, Arch Bridge & Suspension Bridge)
- OVM GROUND ANCHOR SYSTEMS
- OVM BEARINGS & EXPANSION JOINTS
- OVM ENGINEERING SOLUTIONS  
(Heavy Lifting / Turning / Incremental Launching)
- OVM COMPANY BROCHURE





### We value:

- Innovation
- Efficiency
- Reliability
- Performance
- Care for people



### OVM tops the Chinese prestressing industry

Thanks to 40 years of experience, OVM is now a leading product supplier and specialist contractor in China in the field of prestressing and other special construction techniques. With a strong reputation for reliability, professionalism and innovation, OVM systems have successfully worked on numerous projects, including bridges, highways, high-speed railways, buildings, dams, nuclear power plants, and in doing so have achieved worldwide acknowledgement.



- + With plenty of experience in prestressing field
- + Abundant in technical research & development
- + With ISO9001-2008 quality management system
- + Products complying with AASHTO, ASTM, BS, ETA, FIP, GB, JIS
- + Wedge production capacity 30,000,000 per year

#### Sufficient R&D

As a basic company strategy, more than 5% annual turnover would be invested in the R&D. OVM has a national technology center and a postdoctoral research workstation in cooperation with renowned universities and institutions etc. OVM owns 390 technical patents by 2010, which guarantee the multiple efficient solutions to the clients.

#### Full range of products

OVM focuses on developing outstanding prestressing technology and building up renowned brand in civil engineering field. As the biggest supplier in China, OVM provides full range of prestressing system including 5 categories, 30 series and more than 420 types of products:

- I. OVM Post-tensioning Systems
- II. OVM Cable Systems (for cable-stayed bridge, arch bridge and suspension bridge)
- III. OVM Construction Solutions (Incremental Launching, turning and heavy lifting)
- IV. OVM Bearings & Expansion Joints
- V. OVM Monitoring Systems

#### Certified management and products

The lasting and reliable OVM products are guaranteed by outstanding management. OVM is certified with ISO9001-2008 Quality Management System by BSI and CQC. Each process of production from raw material purchasing to delivery is strictly under the control of management system. OVM

products meet the requirements of major standards: AASHITO, ASTM, BS, EN, ETA, FIP, GB, JIS, PTI etc. Meanwhile, OVM works closely with external, independent institutions for testing and improvement of all products.

#### Yours truly dependable partner

With worldwide network, OVM strives continually to provide high quality services to clients and is seeking partnerships in areas of prestressing design for structural engineering projects, provision of prestressing systems, and contracting of special structures.

# Certifications of OVM

OVM PRESTRESSING SYSTEMS

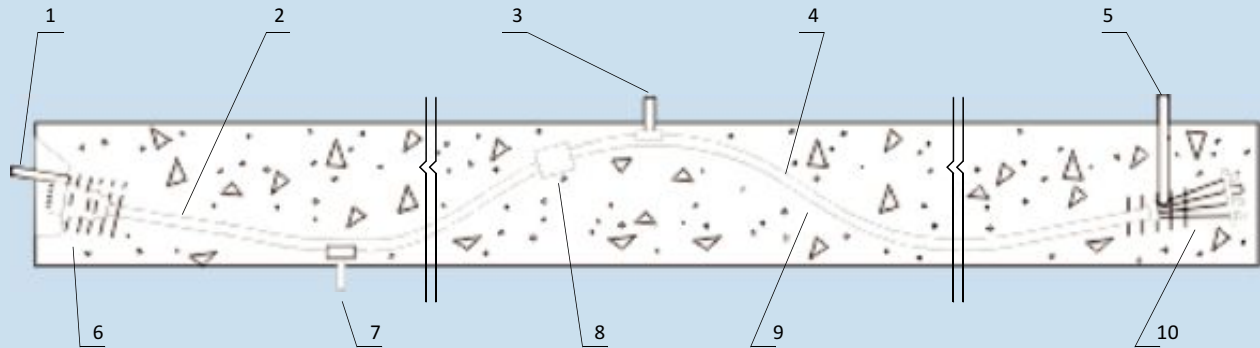


# C ONTENTS

OVM Post-tensioning Systems	1
Strand	3
Duct	5
Stressing-end Anchorage	9
Dead-end Anchorage	15
Coupler	19
Slab Anchorage	22
Ring Anchoring Systems	26
Mono-strand Post-tensioning Systems	28
Anchorage using Wire	30
Equipments and Accessories	31
Jack	31
Pump	35
Tool Anchorage	37
Grouting Machine	38
Strand Pushing Machine	40
Design Considerations	42
OVM External Prestressing Systems	46
OVM Engineering Applications	54



# OVM Post-tensioning System in the Girder



1.Grout tube 2.Duct 3.Vent 4.Strand bundle 5.Grout tube 6.Stressing-end anchorage  
7.Drain port 8.Coupler 9.Grout 10.Dead-end anchorage Type P (alternatively)

OVM Post-tensioning System consists of anchorage (stressing-end, dead-end), coupler, strand and duct. OVM post-tensioning systems mating strands with various diameters: OVM13 for strand dia. 12.4/12.7/12.9mm, OVM15 for strand dia. 15.24/15.7mm, OVM22 for strand dia. 21.8mm, OVM28 for strand dia. 28.6mm, which feature:

- Adaptable for strand with various strength such as 1570/1670/1770/1860/2000MPa and various diameters.
- Full range of tendon sizes are available (1~55

strands and larger sizes are available on request).

- No need to accurately determine strand length in advance.

- High anchoring coefficient, reliable and stable.

\* For OVM post-tensioning System:

- + Anchor coefficient:  $\eta_a \geq 0.95$ ;
- + Total strain at ultimate tensile force:  $\epsilon_{ap} \geq 2.0\%$ .

- Simple and reliable equipment for installation, tensioning and grouting.



Turbiah Interchange Project  
KSA 2009  
Post Tensioned Girders 35meter Span  
Main Contractor AL Omier



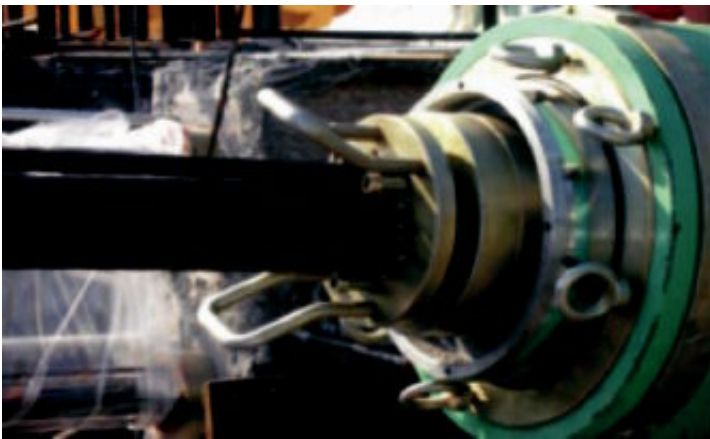
# Integral Assembly of OVM Post-tensioning System



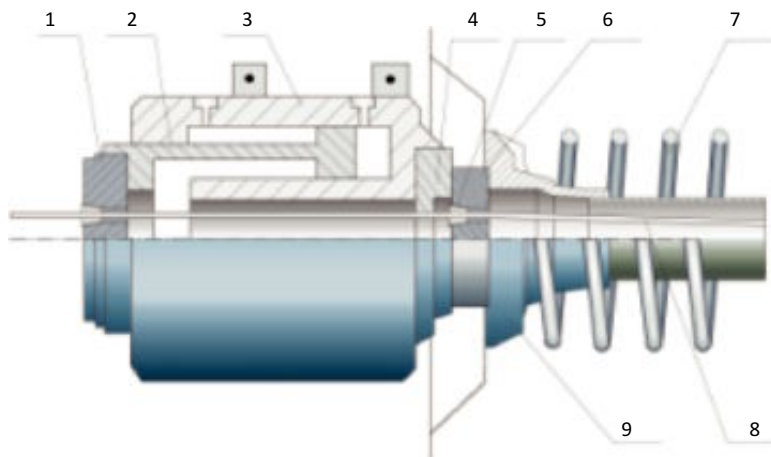
Stressing-end

(Two-ends-stressing is available as per design)

Dead-end: Type P



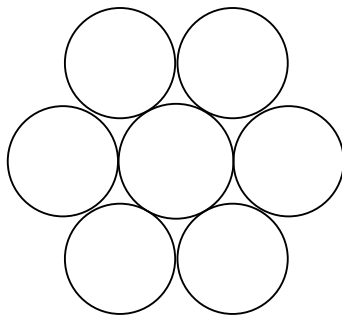
1. Tool anchorage
2. Piston
3. Cylinder
4. Spacer
5. Wedge
6. Anchor head
7. Spiral reinforcement
8. Strand
9. Bearing plate



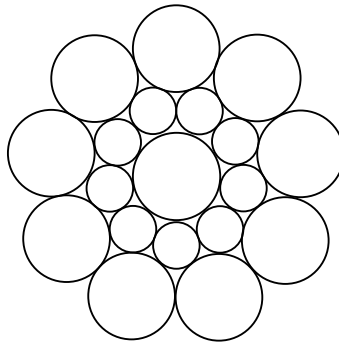
# Strand



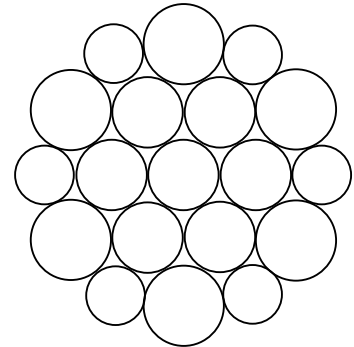
The strand to fit OVM Post-tensioning System should comply with ASTM416, GB/T 5224, prEN 10138 or JIS G3536. The strand could be bare, galvanized or epoxy-coated.



Cross-section of 13/15/18mm strand



Cross-section of 22mmstrand

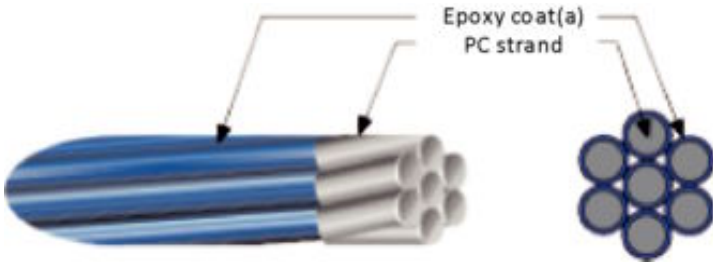


Cross-section of 28mmstrand

## Main Data

Type	13mm (0.5")				15mm (0.6")			18mm	22mm	28mm	
Designation	prEN 10138-3 (2006) Y1860S7	ASTM416-06 Grade 270	GB/T 5224-2003	prEN 10138-3 (2006) Y1860S7	ASTM416-06 Grade 270	GB/T 5224-2003	JIS G3536 -2008	JIS G3536 -2008	JIS G3536 -2008		
Nom. Dia. (mm)	12.5	12.9	12.7	12.7	15.3	15.7	15.24	15.2	17.8	21.8	28.6
Nom. Cross Section (mm <sup>2</sup> )	93	100	98.7	98.7	140	150	140	140	208.4	312.9	532.4
Nom. Mass (Kg/m)	0.726	0.781	0.775	0.775	1.093	1.172	1.102	1.101	1.652	2.482	4.229
Nom. Yield Strength (MPa)	1634	1640	1675		1636	1640	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	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
- UV resistance
- Same strength and mechanical property as bare strand
- Reduce the extra cost of corrosion protection
- Extended service life of the strand

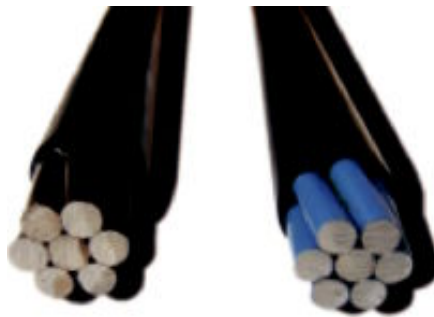
In recent years, Epoxy-coated Strand (ECS) is widely applied to severe environments such as marine structures or structures in salt damage area.

### Epoxy-Coated PC Strand

Type	PC strand		OVMECS13/ECS15				Material
	Spec.	Unit Weight (g/m)	External Dia.(mm)	Unit Weight (g/m)	Coating Thickness on Single Wire (mm)	Unit Weight of Coating (g/m)	
OVMECS13	12.7	775	13.5	789	0.13-0.30	14.9	Epoxy
OVMECS15	15.2	1102	16.0	1119	0.13-0.30	17.7	

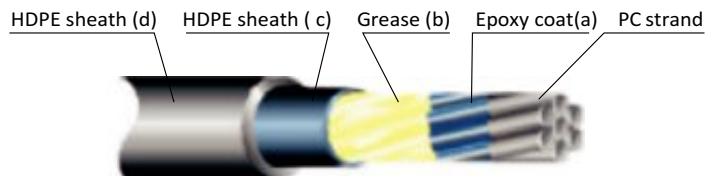
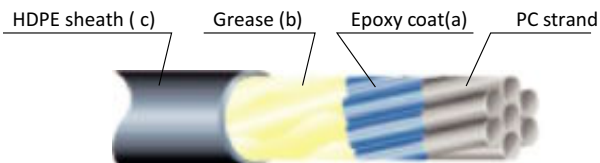
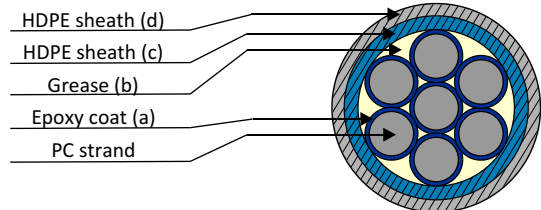
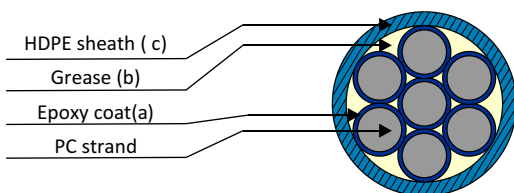
### Unbonded strands

Bare Unbonded strand



Epoxy-coated Unbonded Strand

### Epoxy-Coated Unbonded Strand



### Single Layer PE Sheath Epoxy-Coated Unbonded Strand

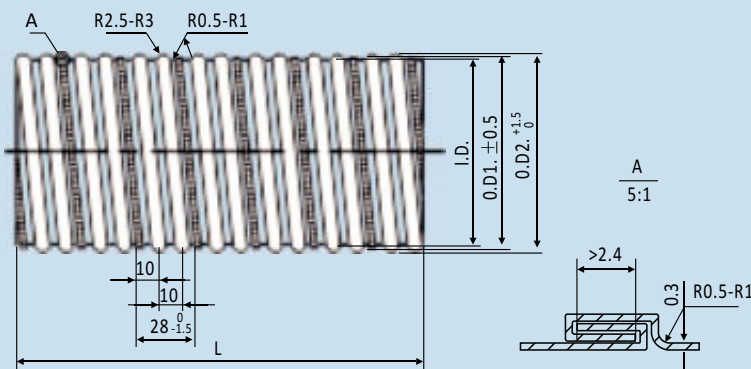
Type	PC strand		UPS13E/15E							
	Spec.	Unit Weight (g/m)	External Dia. (mm)	Unit Weight (g/m)	Thickness (mm)		Weight of Grease (g/m)	Material		
					a	c		b	a	b
UPS13E	12.7mm	775	≥15.6	887	0.13-0.30	≥1.0	≥43	Epoxy	Grease	HDPE
UPS15E	15.2mm	1102	≥18.1	1235	0.13-0.30	≥1.0	≥50			

### Double-Layer PE Sheath Epoxy-Coated Unbonded Strand

Type	PC strand		UPS13E2/15E2									
	Spec.	Unit Weight (g/m)	External Dia. (mm)	Unit Weight (g/m)	Thickness (mm)			Weight of Grease (g/m)	Material			
					a	c	d		b	a	b	c
UPS13E2	12.7mm	775	≥16.9	912	0.13-0.30	≥1.0	0.8-1.0	≥43	Epoxy	Grease	HDPE	HDPE
UPS15E2	15.2mm	1102	≥19.7	1270	0.13-0.30	≥1.0	0.8-1.0	≥50				

## Galvanized Steel Duct

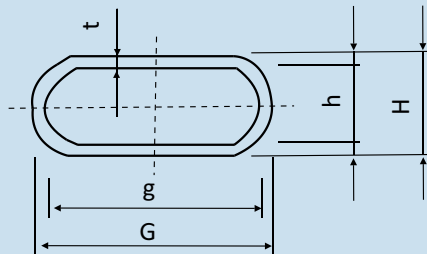
### Round Duct



Main Data								Unit:mm
Specs	Duct			Coupler of duct				
	I.D.	O.D.1	O.D.2	I.D.	O.D.1	O.D.2	Length	
2B40(Zn)	40	42.5	45.5	45	47.5	50.5	200~300	
2B45(Zn)	45	47.5	50.5	50	52.5	55.5	200~300	
2B50(Zn)	50	52.5	55.5	55	57.5	60.5	200~300	
2B55(Zn)	55	57.5	60.5	60	62.5	65.5	200~300	
2B60(Zn)	60	62.5	65.5	65	67.5	70.5	200~300	
2B65(Zn)	65	67.5	70.5	70	72.5	75.5	200~300	
2B70(Zn)	70	72.5	75.5	75	77.5	80.5	200~300	
2B75(Zn)	75	77.5	80.5	80	82.5	85.5	200~300	
2B80(Zn)	80	82.5	85.5	85	87.5	90.5	200~300	
2B85(Zn)	85	87.5	90.5	90	92.5	95.5	200~300	
2B90(Zn)	90	92.5	95.5	95	97.5	100.5	200~300	
2B95(Zn)	95	97.5	100.5	100	102.5	105.5	200~300	
2B100(Zn)	100	102.5	105.5	105	107.5	110.5	200~300	
2B105(Zn)	105	107.5	110.5	110	112.5	115.5	200~300	
2B110(Zn)	110	112.5	115.5	115	117.5	120.5	200~300	
2B115(Zn)	115	117.5	120.5	120	122.5	125.5	200~300	
2B120(Zn)	120	122.5	125.5	125	127.5	130.5	200~300	
2B125(Zn)	125	127.5	130.5	130	132.5	135.5	200~300	
2B130(Zn)	130	132.5	135.5	135	137.5	140.5	200~300	
2B135(Zn)	135	137.5	140.5	140	142.5	145.5	200~300	
2B140(Zn)	140	142.5	145.5	145	147.5	150.5	200~300	
2B145(Zn)	145	147.5	150.5	150	152.5	155.5	200~300	
2B150(Zn)	150	152.5	155.5	155	157.5	160.5	200~300	
2B155(Zn)	155	157.5	160.5	160	162.5	165.5	200~300	
2B165(Zn)	160	162.5	165.5	165	167.5	170.5	200~300	

I. One-class-bigger duct can be used as the coupler. II. Special duct can be supplied on request.

**Flat Duct**



Main Data												Unit:mm
Specs	Duct					Coupler of duct					Length	
	g	G	h	H	t	g	G	h	H	t		
2B50B(Zn)	50	56	19	25	3	57	62	25	30	2.5	200~300	
2B60B(Zn)	60	66	19	25	3	67	72	25	30	2.5	200~300	
2B70B(Zn)	70	76	19	25	3	77	82	25	30	2.5	200~300	
2B90B(Zn)	90	96	19	25	3	97	102	25	30	2.5	200~300	

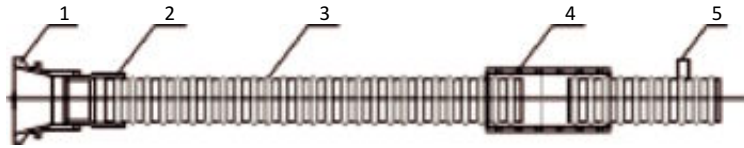
I. One-class-bigger duct can be used as the coupler. II. Special duct can be supplied on request.

# Plastic Duct

Equipped with OVM Post-tensioning System, made of HDPE material, compared to steel duct, its advantages as follow:

- Lower friction
- Excellent sealing property
- Better anti-corrosion performance
- More flexibility

## Plastic Duct Assembly



1.Bearing plate 2.OLT round coupler 3.Plastic duct  
4.OLG round coupler 5.Vent



## Round Plastic Duct

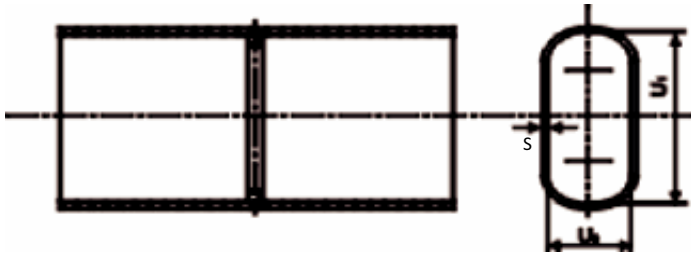


## Main Data (Round Duct)

Unit:mm

Designation	d	D	s	Anchorage adapted
SBG-50	φ 50	φ 63	2.5	OVM.M15-2~3 OVM.M13-2~5
SBG-55	φ 55	φ 68	2.5	OVM.M15(13)-4~5
SBG-60	φ 60	φ 73	2.5	OVM.M13-6~7
SBG-65	φ 65	φ 73	2.5	As coupler of SBG55
SBG-70	φ 70	φ 83	2.5	OVM.M15-6~7 OVM.M13-8~9
SBG-75	φ 75	φ 88	2.5	
SBG-80	φ 80	φ 93	2.5	OVM.M15-8~9 OVM.M13-10~12
SBG-85	φ 85	φ 98	2.5	OVM.M15-10~12 OVM.M13-13~19
SBG-90	φ 90	φ 104	2.5	OVM.M15-13~17 OVM.M13-20~22
SBG-95	φ 95	φ 108	2.5	As coupler of SBG85
SBG-100	φ 100	φ 114	2.5	OVM.M15-18~19 OVM.M13-23~31
SBG-110	φ 110	φ 123	2.5	As coupler of SBG100
SBG-120	φ 120	φ 134	3	OVM.M15-20~27 OVM.M13-32~37
SBG-130	φ 130	φ 144	3	OVM.M15-28~31 OVM.M13-38~55
SBG-140	φ 140	φ 154	3	OVM.M15-32~37 OVM.M13-45~55

**Flat Plastic Duct**



**Main Data (Flat Duct)**

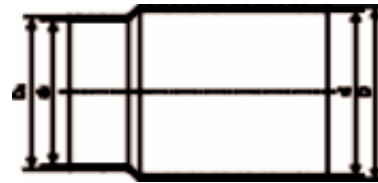
Unit:mm

Specification	U1	U2	s	Anchorage adapted
OVMSBGB-41	41	22	2.5	BM15(13)-2
OVMSBGB-60	60	22	2.5	BM15(13)-2~3
OVMSBGB-72	72	23	2.5	BM15(13)-4
OVMSBGB-90	90	23	2.5	BM15(13)-5

**Coupler (OLG)**



OLG coupler



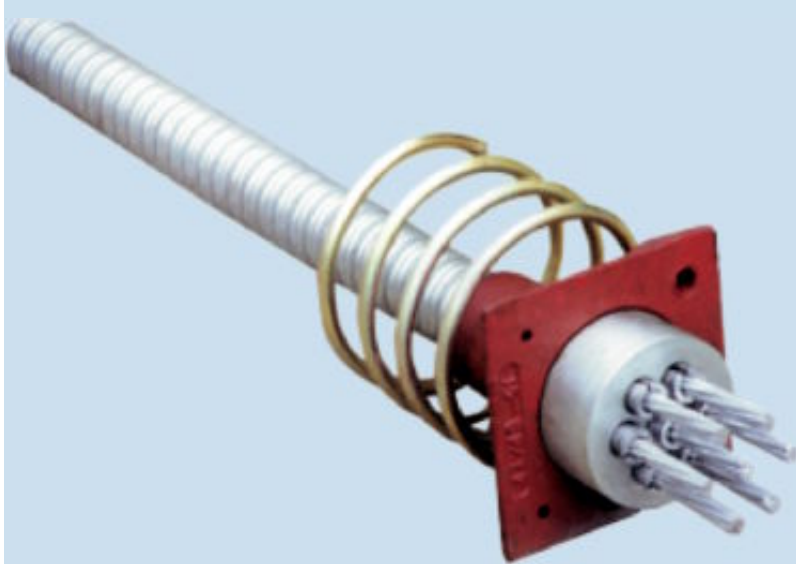
OLT coupler

**Main Data of OLG & OLT**

Unit:mm

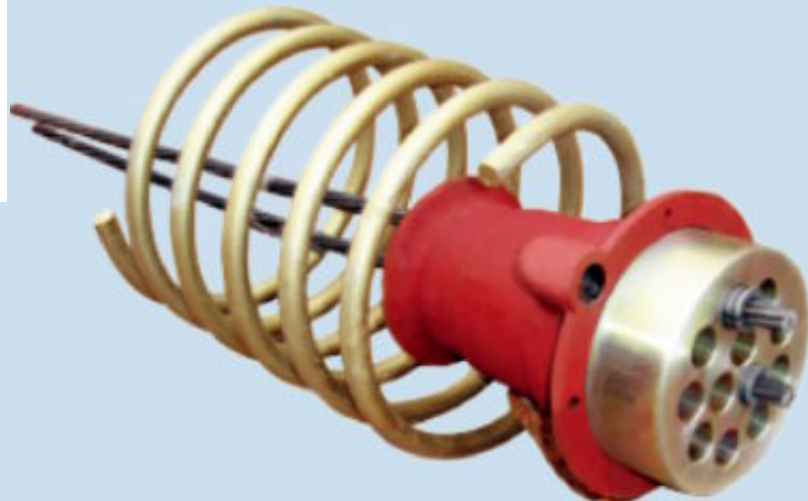
Designation	D	d	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	L
OLG-50	(d+10)mm duct				More than 250mm or as per request
OLG-60					
OLG-70					
OLG-80					
OLG-85					
OLG-90					
OLG-100					
OLG-115					
OLG-130					
OLT-(2~3)					
OLT-(4~5)	φ 64	φ 68	φ 57	φ 61	
OLT-(6~7)	φ 84	φ 88	φ 75	φ 78	
OLT-(8~9)	φ 95	φ 99	φ 85	φ 88	
OLT-(10~12)	φ 100	φ 104	φ 95	φ 98	
OLT-(13~17)	φ 105	φ 109	φ 95	φ 98	
OLT-(18~19)	φ 115	φ 119	φ 105	φ 108	
OLT-(20~27)	φ 135	φ 139	φ 124	φ 128	145
OLT-(28~31)	φ 145	φ 149	φ 134	φ 138	

## Stressing-end Anchorage



OVM.M15 Series  
OVM.M13 Series

OVM.M15A Series  
OVM.M13A Series



Round bearing plate obtains better load transfer property.

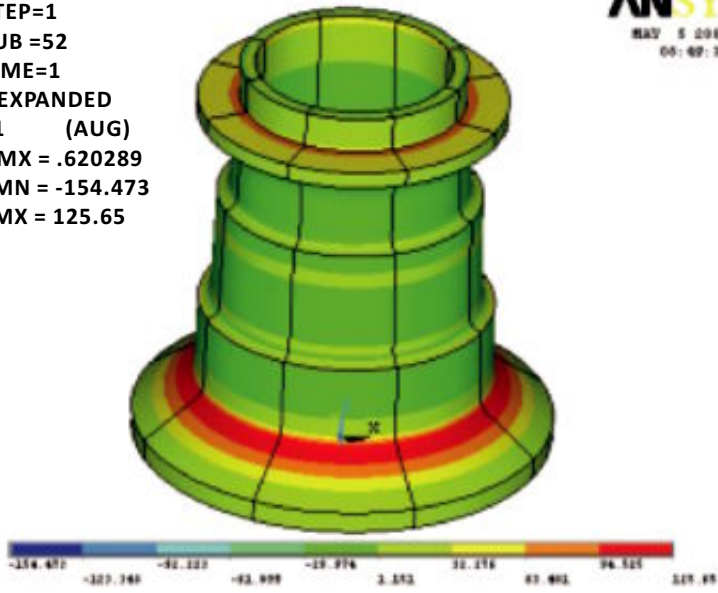
"13" refers to strand diameter 0.5" (12.5/12.7/12.9mm).

"15" refers to strand diameter 0.6" (15.2/15.24/15.3/15.7mm).



NODAL SOLUTION  
STEP=1  
SUB =52  
TIME=1  
/ EXPANDED  
S1 (AUG)  
DMX = .620289  
SMN = -154.473  
SMX = 125.65

ANSYS  
MAY 5 2007  
06:49:11

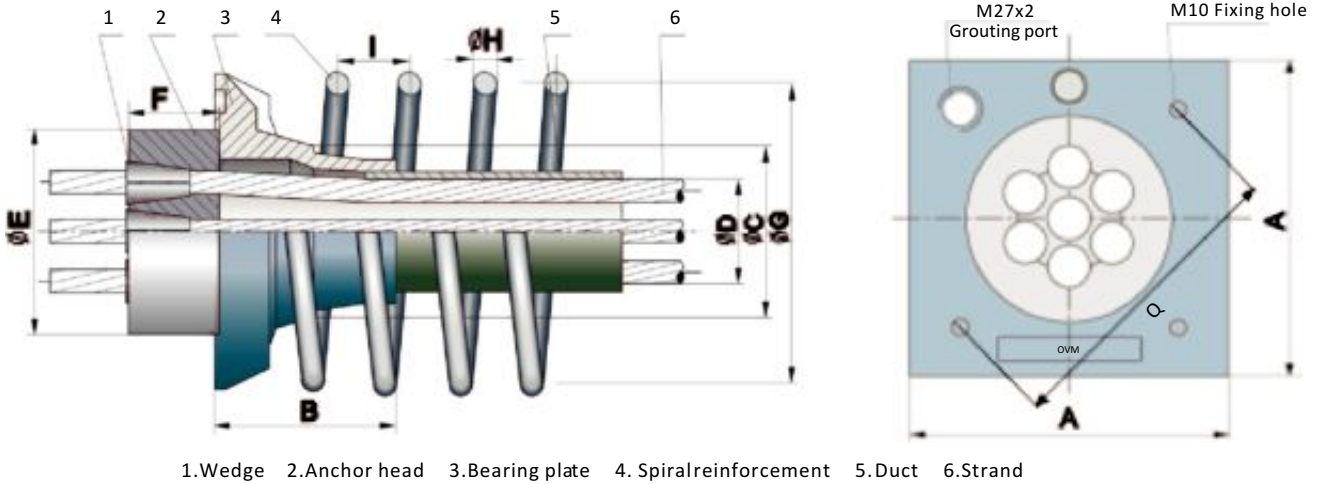


Finite Element Model of Bearing Plate

OVM working anchorhead and wedges



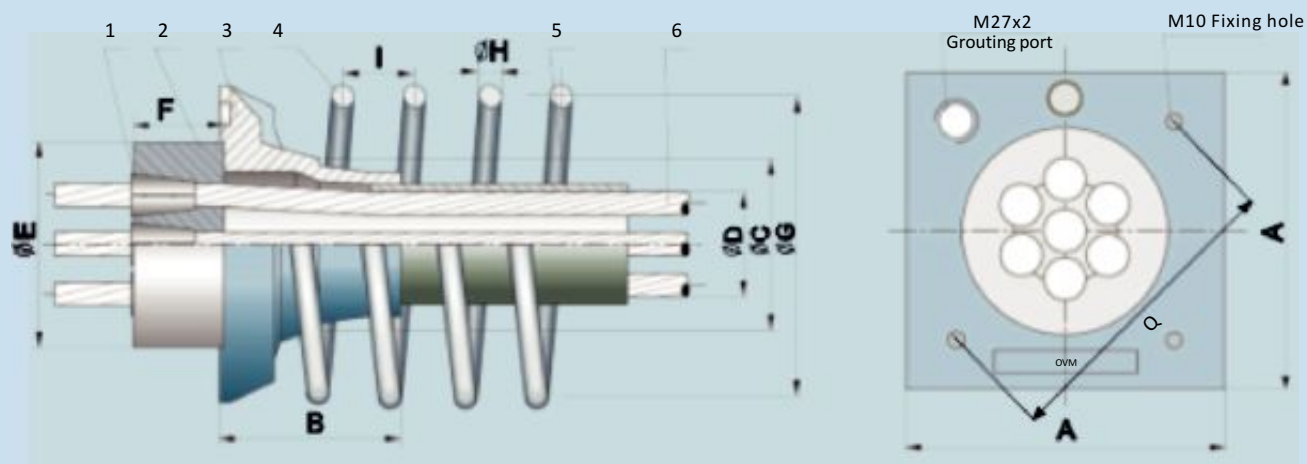
# Stressing-end Anchorage OVM.M15



## Main Data

Designation	Bearing plate		Duct φ D.	Anchor head φ ExF	Spiral reinforcement				Stressing jack
	AxBx φ C	Bolt distance Q			φ G	φ H	I	N	
OVM.M15-2	115x100x φ 80	80	45	φ 85x48	φ 115	φ 8	40	4	YCW100B
OVM.M15-3	135x110x φ 83	95	45	φ 85x48	φ 130	φ 10	50	4	YCW100B
OVM.M15-4	165x120x φ 93	120	55	φ 101x48	φ 150	φ 12	50	4	YCW100B
OVM.M15-5	180x130x φ 93	135	55	φ 116x48	φ 170	φ 12	50	4	YCW100B/ YCW150B
OVM.M15-6	210x160x φ 108	145	70	φ 126x48	φ 200	φ 12	50	4	YCW150B
OVM.M15-7	210x160x φ 108	145	70	φ 126x52	φ 200	φ 12	50	4	YCW150B/ YCW250B
OVM.M15-8	220x160x φ 123	160	80	φ 143x53	φ 216	φ 14	50	5	YCW250B
OVM.M15-9	240x180x φ 125	180	80	φ 152x53	φ 240	φ 14	50	5	YCW250B
OVM.M15-10	270x210x φ 140	200	90	φ 166x55	φ 270	φ 14	60	5	YCW250B
OVM.M15-11	270x210x φ 140	200	90	φ 166x57	φ 270	φ 16	60	5	YCW250B
OVM.M15-12	270x210x φ 140	200	90	φ 166x60	φ 270	φ 16	60	5	YCW250B/ YCW350B
OVM.M15-13	270x210x φ 140	200	90	φ 166x62	φ 270	φ 16	60	5	YCW350B
OVM.M15-14	285x220x φ 152	210	90	φ 175x62	φ 285	φ 16	60	5	YCW350B
OVM.M15-15	300x240x φ 170	225	90	φ 195x65	φ 300	φ 16	60	5	YCW350B
OVM.M15-16	300x240x φ 170	225	90	φ 195x65	φ 300	φ 18	60	5	YCW350B/ YCW400B
OVM.M15-17	300x240x φ 170	225	90	φ 195x70	φ 300	φ 18	60	5	YCW350B/ YCW400B
OVM.M15-18	310x250x φ 174	230	100	φ 205x70	φ 310	φ 18	60	6	YCW400B
OVM.M15-19	310x250x φ 174	230	100	φ 205x73	φ 310	φ 18	60	6	YCW400B/ YCW500B
OVM.M15-20	320x260x φ 188	230	120	φ 224x75	φ 320	φ 20	60	6	YCW500B
OVM.M15-21/22	320x260x φ 188	230	120	φ 224x78	φ 320	φ 20	60	6	YCW500B
OVM.M15-23/24	350x295x φ 210	260	120	φ 244x82	φ 350	φ 20	60	6	YCW650A
OVM.M15-25/26/27	350x295x φ 210	260	120	φ 244x85	φ 350	φ 20	60	6	YCW650A
OVM.M15-28/29	390x346x φ 222	290	130	φ 260x88	φ 390	φ 20	60	7	YCW650A
OVM.M15-30/31	390x346x φ 222	290	130	φ 260x90	φ 390	φ 20	60	7	YCW650A
OVM.M15-32/33/34	465x390x φ 246	350	140	φ 296x95	φ 465	φ 20	60	8	YCW650A/ YCW900A
OVM.M15-35/36/37	465x390x φ 246	350	140	φ 296x100	φ 465	φ 20	60	8	YCW650A/ YCW900A

# Stressing-end Anchorage OVM.M13

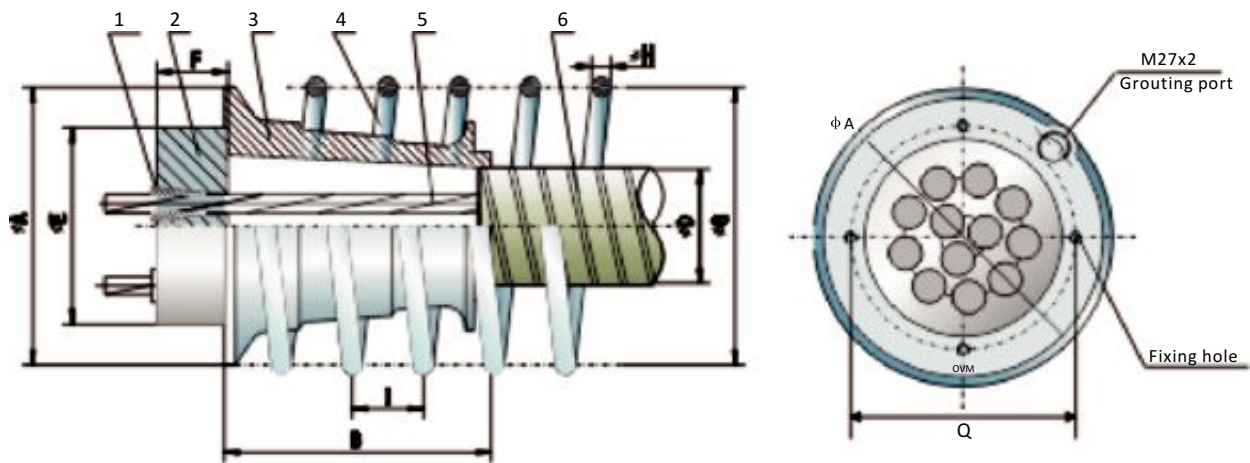


1.Wedge 2.Anchor head 3.Bearing plate 4. Spiralreinforcement 5.Duct 6.Strand

## Main Data

Designation	Bearing plate		Duct φ D.	Anchor head φ ExF	Spiral reinforcement				Stressing jack
	AxBx φ C	Bolt distance Q			φ G	φ H	I	N	
OVM.M13-2	115x100X φ 80	80	45	φ 75x50	φ 110	φ 6	30	3	YCW100B
OVM.M13-3	120x130X φ 80	85	45	φ 80x50	φ 120	φ 10	50	3	YCW100B
OVM.M13-4	135x130X φ 80	95	50	φ 90x50	φ 135	φ 10	50	3	YCW100B
OVM.M13-5	145x130X φ 80	105	50	φ 100x55	φ 145	φ 12	50	4	YCW100B
OVM.M13-6/7	165x130X φ 94	120	60	φ 115x55	φ 165	φ 12	50	4	YCW100B
OVM.M13-8	190x150X φ 100	135	60	φ 130x55	φ 175	φ 12	50	4	YCW150B
OVM.M13-9	190x150X φ 108	135	70	φ 137x60	φ 190	φ 14	50	4	YCW150B
OVM.M13-10/11	216x180X φ 134	160	80	φ 157x60	φ 216	φ 14	50	5	YCW150B
OVM.M13-12	216x180X φ 134	160	80	φ 157x60	φ 216	φ 14	50	5	YCW200B
OVM.M13-13	230x180X φ 136	190	80	φ 157x60	φ 230	φ 16	60	5	YCW250B
OVM.M13-14	230x180X φ 136	190	80	φ 165x65	φ 230	φ 16	60	5	YCW250B
OVM.M13-15/16	240x245X φ 140	200	90	φ 195x70	φ 240	φ 16	60	5	YCW250B
OVM.M13-17	240x245X φ 140	200	90	φ 195x70	φ 240	φ 18	60	5	YCW250B
OVM.M13-18/19	270x245X φ 154	200	90	φ 195x70	φ 265	φ 16	60	5	YCW350B
OVM.M13-20	290x340X φ 176	220	90	φ 217x70	φ 290	φ 18	60	5	YCW350B
OVM.M13-21/22	290x340X φ 176	220	90	φ 217x80	φ 290	φ 18	60	5	YCW350B
OVM.M13-23/24	300x355X φ 185	220	100	φ 230x80	φ 310	φ 18	60	6	YCW400B
OVM.M13-25/26	300x355X φ 185	220	100	φ 230x85	φ 310	φ 18	60	6	YCW400B
OVM.M13-27	300x355X φ 185	220	100	φ 230x85	φ 310	φ 20	60	6	YCW400B
OVM.M13-28/29	315x370X φ 190	230	105	φ 245x85	φ 315	φ 20	60	6	YCW400B
OVM.M13-30/31	315x370X φ 190	230	105	φ 245x95	φ 315	φ 20	60	6	YCW500B
OVM.M13-32/33	370x470X φ 216	280	120	φ 270x110	φ 370	φ 20	60	7	YCW500B
OVM.M13-34	370x470X φ 216	280	120	φ 270x110	φ 370	φ 20	60	7	YCW500B
OVM.M13-35/36	370x470X φ 216	280	120	φ 270x110	φ 370	φ 20	60	7	YCW500B
OVM.M13-37	370x470X φ 216	280	120	φ 270x110	φ 370	φ 20	60	7	YCW650A

# Stressing-end Anchorage OVM.M15A

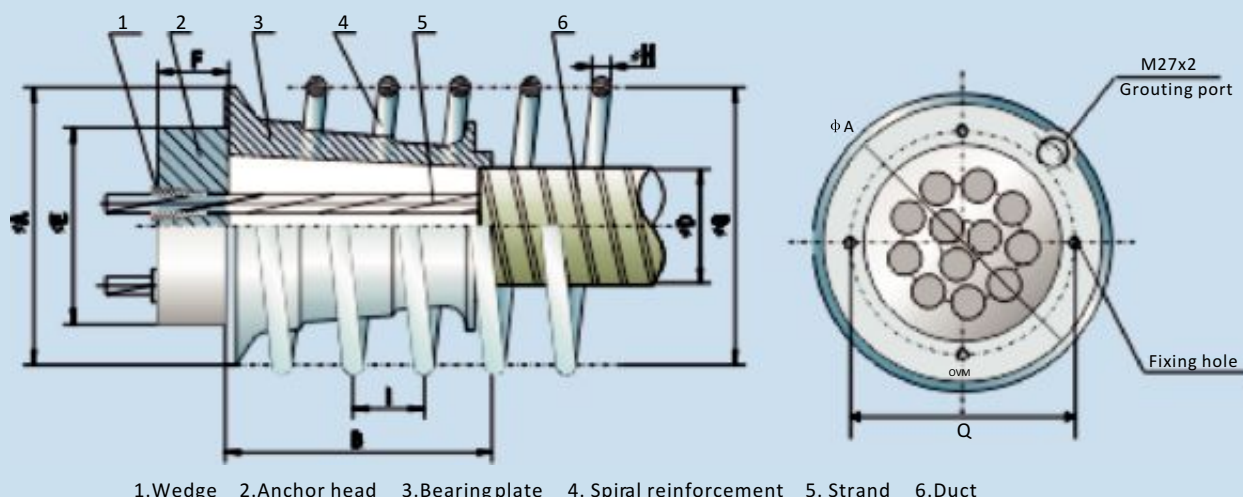


1.Wedge 2.Anchor head 3.Bearing plate 4. Spiral reinforcement 5. Strand 6.Duct

## Main Data

Designation	Bearing plate		Duct φ D.	Anchor head φ ExF	Spiral reinforcement				Stressing jack
	φ AxB	Bolt distance Q			φ G	φ H	I	N	
OVM.M15A-2	132x80	105	45	φ 86x50	φ 115	φ 8	40	4	YCW100B
OVM.M15A-3	136x80	110	50	φ 91x50	φ 130	φ 10	50	4	YCW100B
OVM.M15A-4	140x125	120	55	φ 102x50	φ 150	φ 12	50	4	YCW100B
OVM.M15A-5	155x130	135	55	φ 115x50	φ 170	φ 12	50	4	YCW100B/150B
OVM.M15A-6	165x160	145	70	φ 126x52	φ 200	φ 12	50	4	YCW150B
OVM.M15A-7	172x170	145	70	φ 126x53	φ 200	φ 12	50	4	YCW150B/250B
OVM.M15A-8	185x180	162	80	φ 136x55	φ 216	φ 14	50	5	YCW250B
OVM.M15A-9	200x190	175	80	φ 146x55	φ 240	φ 14	50	5	YCW250B
OVM.M15A-10	210x210	190	90	φ 156x58	φ 270	φ 14	60	5	YCW250B
OVM.M15A-11	210x220	190	90	φ 166x58	φ 270	φ 16	60	5	YCW250B
OVM.M15A-12	214x230	190	90	φ 166x60	φ 270	φ 16	60	5	YCW250B/350B
OVM.M15A-13	224x230	190	90	φ 170x63	φ 270	φ 16	60	5	YCW350B
OVM.M15A-14	233x260	200	90	φ 176x65	φ 285	φ 16	60	5	YCW350B
OVM.M15A-15	233x260	220	90	φ 186x68	φ 300	φ 16	60	5	YCW350B
OVM.M15A-16	246x330	220	90	φ 196x70	φ 300	φ 18	60	5	YCW350B/400B
OVM.M15A-17	258x395	220	90	φ 196x73	φ 300	φ 18	60	5	YCW350B/400B
OVM.M15A-18	272x325	230	100	φ 206x75	φ 310	φ 18	60	6	YCW400B
OVM.M15A-19	272x325	230	100	φ 206x75	φ 310	φ 18	60	6	YCW400B/500B
OVM.M15A-20	300x325	250	120	φ 226x80	φ 320	φ 20	60	6	YCW500B
OVM.M15A-21/22	300x325	250	120	φ 226x80	φ 320	φ 20	60	6	YCW500B
OVM.M15A-23/24	330x430	280	120	φ 244x82	φ 350	φ 20	60	6	YCW650A
OVM.M15A-25/26/27	330x430	280	120	φ 244x85	φ 350	φ 20	60	6	YCW650A
OVM.M15A-28/29	352x415	290	130	φ 260x88	φ 390	φ 20	60	7	YCW650A
OVM.M15A-30/31	352x415	290	130	φ 260x90	φ 390	φ 20	60	7	YCW650A
OVM.M15A-32/33/34	386x510	330	140	φ 296x95	φ 465	φ 20	60	8	YCW650A/900A
OVM.M15A-35/36/37	394x510	330	140	φ 296x100	φ 465	φ 20	60	8	YCW650A/900A

# Stressing-end Anchorage OVM.M13A



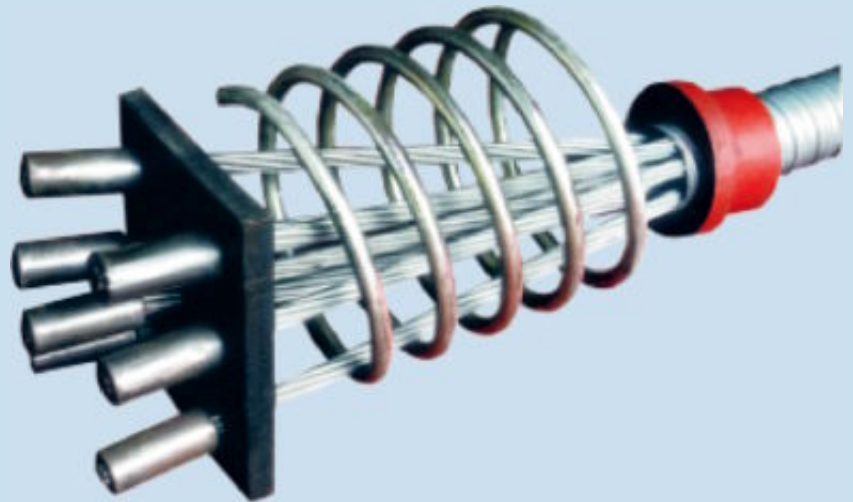
## Main Data

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

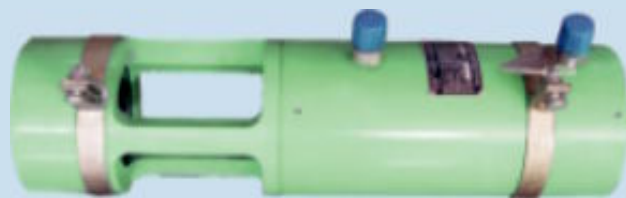
## Dead-end Anchorage Type P OVM.P15/OVM.P13

In case of transferring the post-tensioning force to the girder end directly, type P anchorage may be adopted. It is composed of the swaged end (swage socket and swage spring being extruded by GYJC50-150 swaging machine), anchor plate, spiral reinforcement, restraining ring, etc. ZB4-500 hydraulic pump serves the operation.

**Assembly of Anchorage Type P**



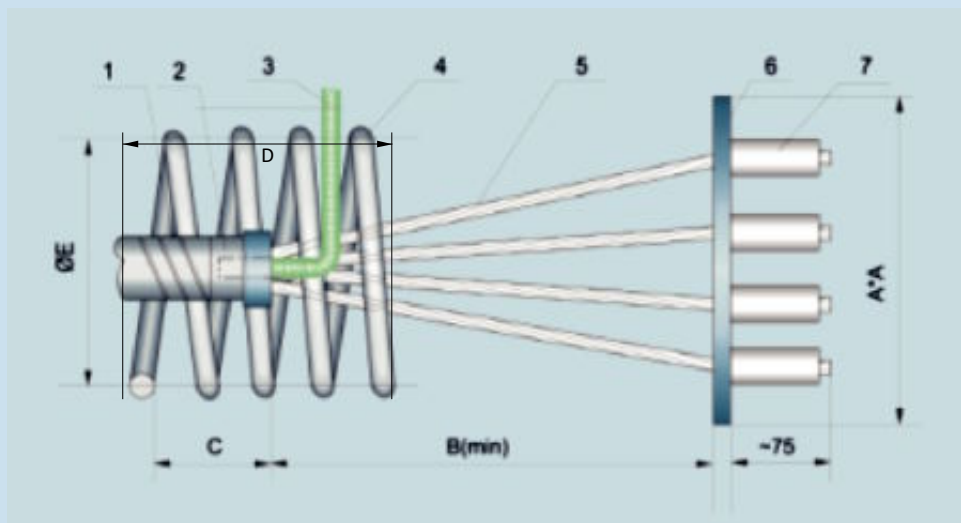
**GYJC50-150 Swaging Machine**



**Swage Socket and Swage Spring**



**Anchorage Type P**



- 1.Duct
- 2.Restricting ring
- 3.Grout tube
- 4.Spiral reinforcement
- 5.Strand
- 6.Anchor plate
- 7.Swaged end

**Main Data**

Unit:mm

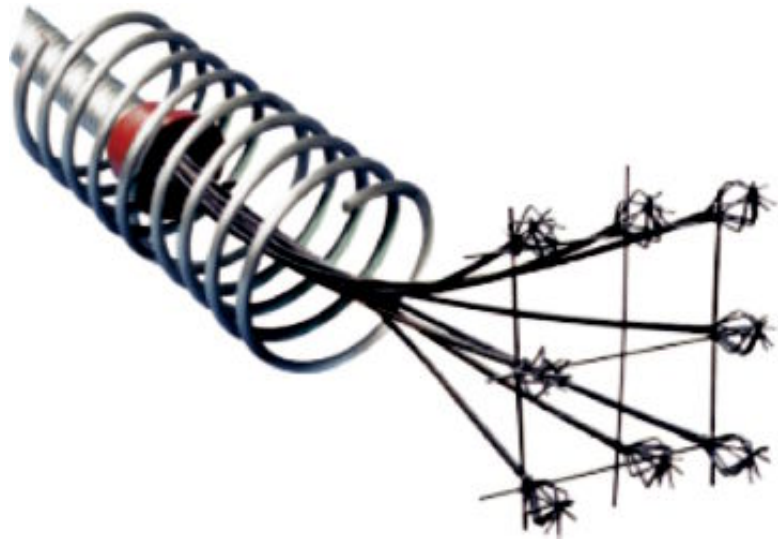
Strand Number	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18~19	20~22	23~27	28~30	32~34	35~37
<b>AxA</b>	100X80 (90×70)	120 (100)	140 (120)	155 (140)	170 (150)	185 (170)	195 (170)	210 (220)	220 (220)	230 (220)	240 (220)	250 (250)	260 (250)	260 (250)	260 (250)	285 (250)	300 (250)	325	350	380	400	420
<b>B (min)</b>	180 (120)	180 (120)	240 (180)	300 (180)	380 (300)	380 (380)	440 (380)	440 (440)	500 (440)	500 (440)	500 (440)	500 (500)	560 (500)	560 (500)	560 (500)	720 (500)	720 (500)	900	1000	1100	1100	1200
<b>C</b>	110 (85)	110 (85)	110 (110)	110 (110)	120 (110)	120 (110)	120 (110)	120 (120)	135 (120)	135 (120)	135 (120)	135 (135)	135 (135)	135 (135)	135 (135)	135 (135)	135 (135)	135	135	135	135	135
<b>D</b>	160 (200)	200 (200)	200 (200)	200 (200)	200 (200)	200 (200)	200 (200)	200 (250)	250 (250)	250 (250)	250 (250)	250 (250)	275 (250)	330 (250)	330 (250)	360 (250)	360 (250)	360	360	420	480	480
<b>φ E</b>	115 (130)	130 (130)	140 (150)	155 (170)	172 (170)	172 (200)	185 (200)	200 (216)	214 (216)	214 (216)	214 (216)	224 (240)	240 (240)	250 (240)	250 (240)	260 (240)	270 (240)	300	330	352	386	394

The figures in brackets are for OVM.P13..

# Dead-end Anchorage Type H OVM.H15/13

Type H anchorage is the most convenient fixed-end solution for on site operation. The prestressing force is transferred to the concrete partially by bond and partially by bulb formed by YH3 bulb machine. ZB4-500 hydraulic pump serves the operation.

## Assembly of Anchorage Type H

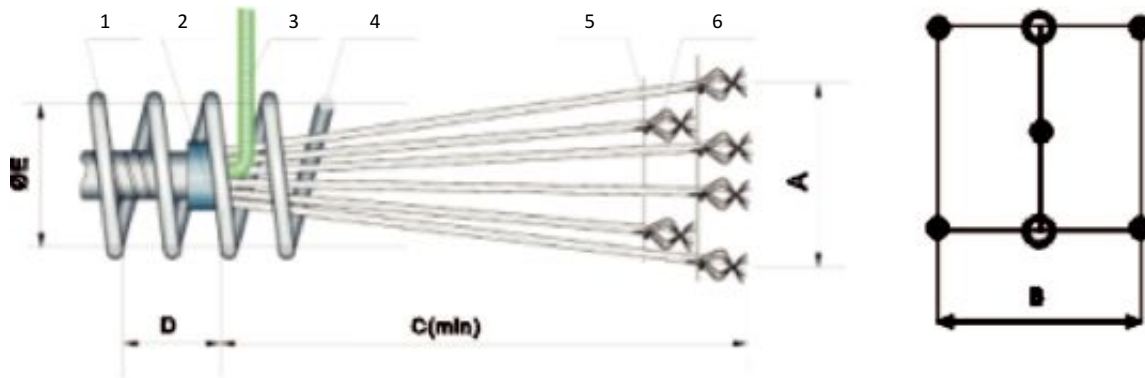


## YH3 Bulb Machine





**Dead-end Anchorage Type H**



1.Duct 2.Vent 3.Restraining ring 4.Spiral reinforcement 5.Spacer 6.Bulb

Main Data							Unit:mm
Designation	Qty of strand	A	B	C(min)	D	Φ E	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -3	3	190(130)	90(70)	950(650)	145(145)	—	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -4	4	190(150)	210(170)	950(650)	145(145)	—	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -5	5	200(160)	220(180)	950(650)	145(145)	—	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -6/7	6/7	210(170)	230(190)	1300(850)	155(155)	172(160)	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -9	9	270(220)	310(250)	1300(850)	155(155)	200(175)	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -12	12	330(270)	390(310)	1300(850)	155(155)	214(210)	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -19	19	390(310)	470(390)	1300(950)	155(155)	270(246)	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -27	27	450(410)	520(430)	1700(1150)	155(155)	330(275)	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -31	31	510(430)	570(470)	1700(1150)	165(155)	352(300)	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -37	37	510(430)	690(570)	2000(1680)	185(165)	394(330)	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -43	43	550(560)	750(580)	2500(1680)	210(185)	438(370)	
OVM.H <sub>13</sub> <sup>15</sup> -55	55	620(560)	850(680)	2500(1980)	240(185)	470(438)	

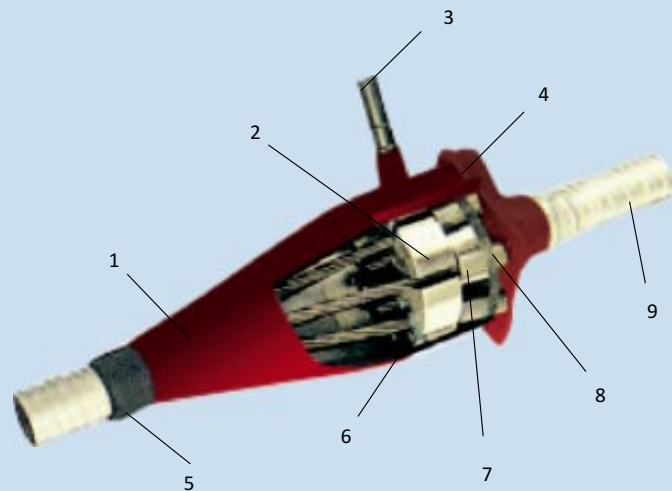
The figures in brackets are for OVM.H13.

# Coupler L15/L13

Couplers are used to elongate the tendons which due to their length or the construction method used in the project, cannot be installed or tensioned as one unit.

Coupler L15/L13 usually includes seven parts: coupler block, bearing plate, protective sleeve, restraining ring, spiral reinforcement, wedges and swaged ends. GYJC50-150 swaging machine and hydraulic pump ZB4-500 serve operation for extruding the swaged end.

## Multi-strand Coupler L15/L13

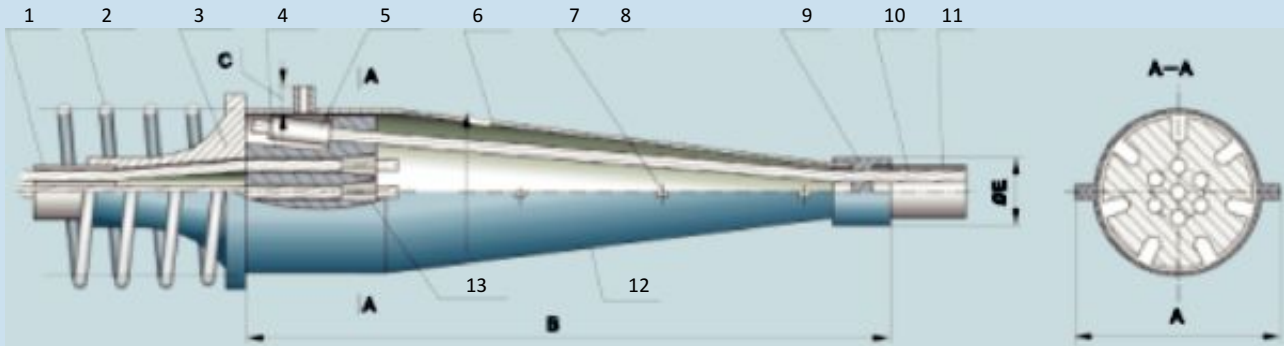


- 1. Protective cover
- 2. Coupler block
- 3. Grouting tube
- 4. Bearing plate
- 5. Restraining ring
- 6. Wedges
- 7. Swaged end
- 8. Omega ring
- 9. Duct

## Coupler Block



**Coupler L15/L13**



1.Duct 2.Spiral reinforcement 3.Bearing plate 4.Coupler block 5.Swaged end 6.Protective cover I  
7.Bolt 8.Nut 9.Restricting ring 10.Strand 11.Duct 12.Protective cover II 13.Wedge

**Main Data of Coupler OVM.L15**

Unit:mm

Model	A	B	C	φ D	φ E
L15-2	208	579	40	148	80
L15-3	212	597	40	152	80
L15-4	224	649	40	164	85
L15-5	236	702	40	176	85
L15-(6~7)	250	702	40	190	100
L15-8	258	613	40	198	110
L15-9	268	737	40	208	110
L15-10	280	746	40	220	120
L15-(11~12)	290	790	40	230	120
L15-13	294	817	40	234	120
L15-14	300	802	40	240	120
L15-15	312	857	40	252	120
L15-(16~17)	322	906	40	262	120
L15-(18~19)	328	935	40	268	140
L15-(20~22)	348	1027	40	288	180
L15-(23~27)	378	1076	40	318	180
L15-(28~31)	426	1248	40	366	180

**Main Data of Coupler OVM.L13**

Unit:mm

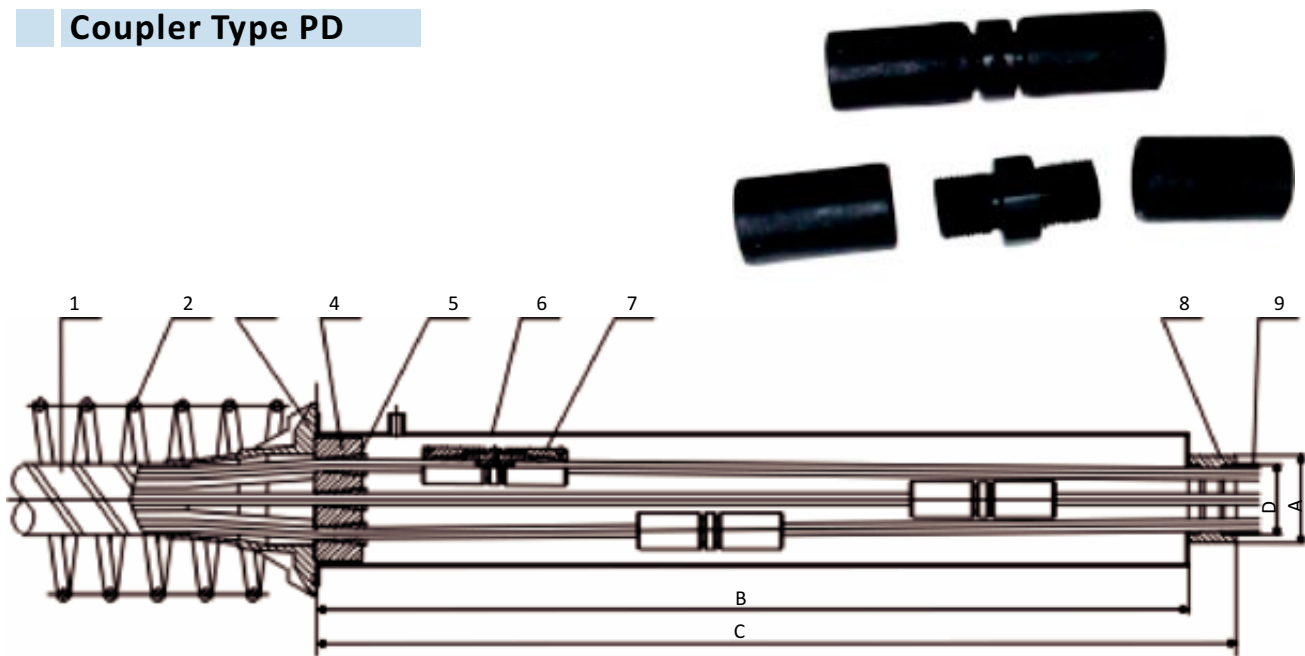
Model	A	B	C	φ D	φ E
L13-(2~3)	184	606	25	144	65
L13-4	194	628	25	154	70
L13-5	204	677	25	164	70
L13-(6~7)	219	694	25	179	80
L13-9	241	791	25	201	90
L13-12	261	791	25	221	100
L13-19	300	918	25	260	120
L13-(26~27)	376	1130	25	313	150
L13-31	429	1340	25	366	155
L13-35	471	1503	25	408	160

## Coupler PD

This coupler ensures the connection of the second stage tendon to the first stage using mono-coupler. It is composed of n (n-strand number) pieces of mono-couplers which are set parallelly in the protective sleeve,

usually including seven parts : anchor head, bearing plate, spiral reinforcement, protective sleeve, restraining ring, wedges and mono-coupler.

### Coupler Type PD



1.Duct 2.spiral reinforcement 3.Bearing plate 4.Working anchor head 5.Wedge  
6.Protective sleeve 7.Mono-strand coupler 8.Restricting ring 9.Duct

### Main Data

Unit:mm

Spec. Size	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-3	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-4	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-5	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-6/7	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-8/9	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-12	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-19	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-27	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-31	OVM <sup>15</sup> <sub>13</sub> L-F-37
φ A	125 (125)	125 (125)	140 (140)	150 (150)	180 (180)	200 (200)	250 (200)	280 (250)	300 (270)	330 (280)
B	760 (760)	760 (760)	800 (800)	880 (850)	1100 (1100)	1300 (1300)	1360 (1300)	1500 (1380)	1600 (1430)	1700 (1500)
C	800 (800)	800 (800)	850 (880)	930 (900)	1160 (1160)	1360 (1360)	1440 (1360)	1560 (1460)	1670 (1500)	1780 (1580)
φ D	75 (75)	85 (80)	85 (80)	100 (90)	110 (90)	120 (110)	140 (120)	180 (130)	180 (135)	190 (150)

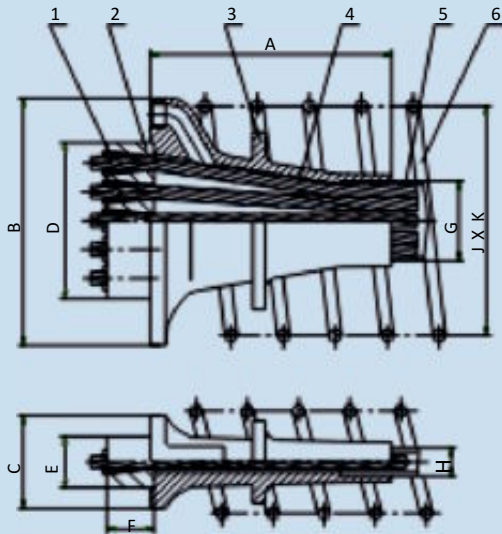
The figures in brackets are for OVM.13L-F.

# Stressing-end Slab Anchorage BM13/15

Slab anchorage is widely used in high-rise buildings, which ensures greater span with reduced structural floor depth, proven to be a rapid and economical solution.



## Stressing-end Slab Anchorage



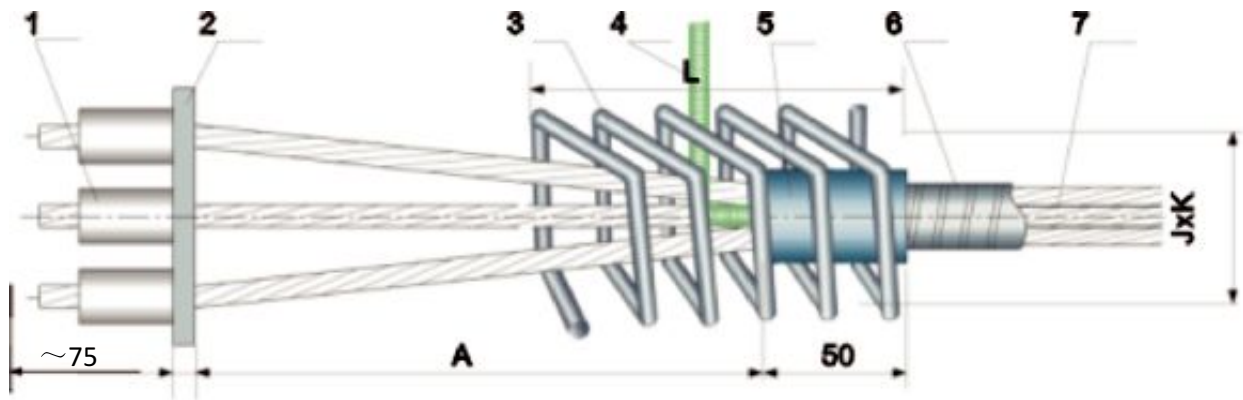
1.Wedge 2.Slab anchor head 3.Slab bearing plate  
4.Strand 5.Steel flat duct 6.Spiral reinforcement

### Main Data

Unit:mm

Strand Number	Bearing plate			Anchor head			Duct		Spiral reinforcement
	A	B	C	D	E	F	G	H	J x K
2	120	150	70	80	48	50	50	19	130 x 100
3	150	180	70	115	48	50	60	19	170 x 100
4	210	220	70	150	48	50	70	19	210 x 100
5	250	260	70	185	48	50	90	19	250 x 100

# Dead-end Slab Anchorage Type BP



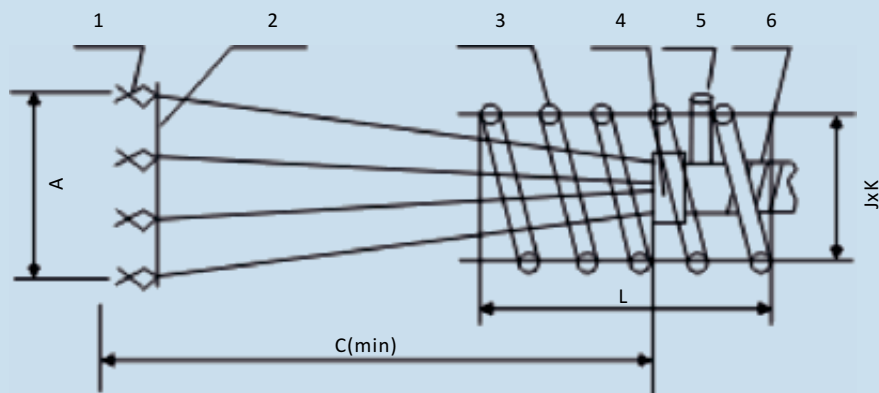
1.Swaged end 2.P-bearingplate 3.Spiral reinforcement  
4.Vent 5.Restrictingring 6.Flat duct 7.Strand

## Main Data

Unit:mm

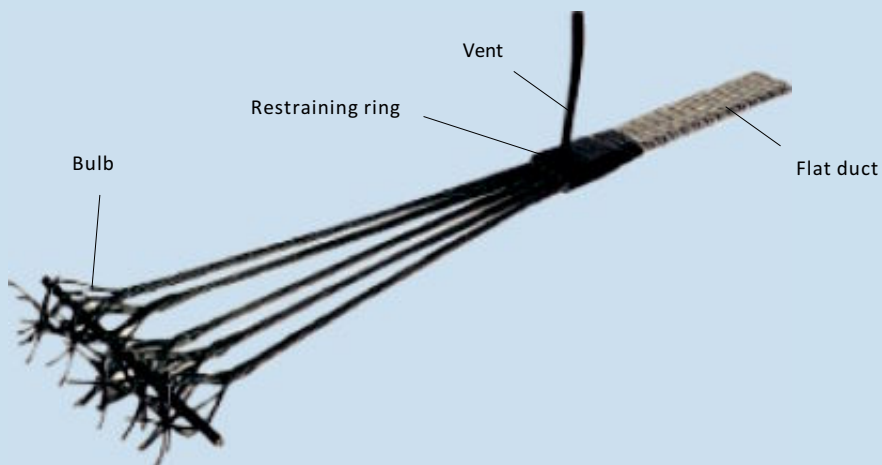
Strand number	Anchor plate		Spiral reinforcement	Restraining ring		Slab duct		A Min
	Length	Width	L×J×K	Length	Width	Length	Width	
2	140	70	210 × 130 × 100	90	50	50	19	190
3	180	70	210 × 170 × 100	90	50	60	19	250
4	220	70	210 × 210 × 100	100	50	70	19	320
5	260	70	260 × 250 × 100	100	50	90	19	400

# Dead-end Slab Anchorage Type BH



- 1.Bulb
- 2.Spacer
- 3.Spiral reinforcement
- 4.Restricting ring
- 5.Vent
- 6.Duct

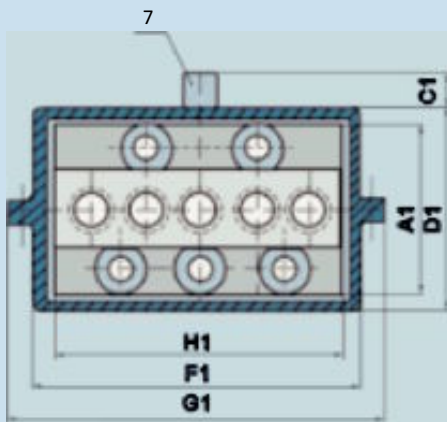
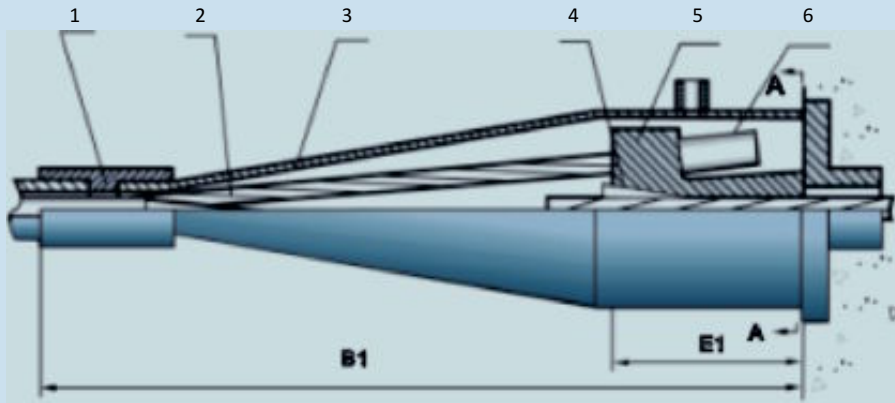
## Assembly of Dead-end of Slab Anchor Type BH



Main Data					
Strand number	A	C(min)	Spiral reinforcement L×J×K	Restraining ring	
				Length	Width
2	90	950	210 × 130 × 100	90	50
3	190	950	210 × 170 × 100	90	50
4	240	950	210 × 210 × 100	100	50
5	270	950	260 × 250 × 100	100	50

Unit:mm

# Coupler of Slab Anchorage Type BL



- 1 Restraining ring
- 2 Steel strand
- 3 Protective cover
- 4 Working wedge
- 5 Coupler block
- 6 Swaged end
- 7 Vent

## Main Data

Unit:mm

Strand number	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1
2	100	700	25	118	135	90	130	80
3	100	700	25	118	135	125	165	115
4	100	750	25	118	135	160	200	150
5	100	750	25	118	135	195	235	185



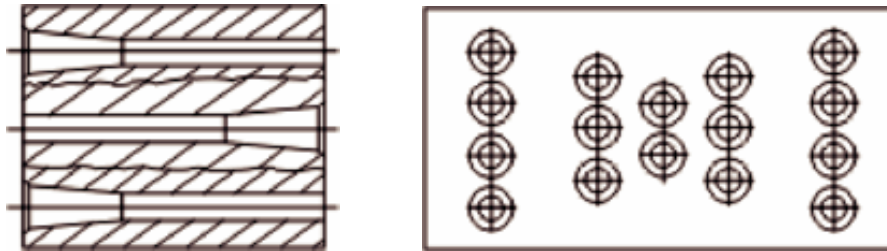
# Ring Anchoring System OVM.HM

## Application Field

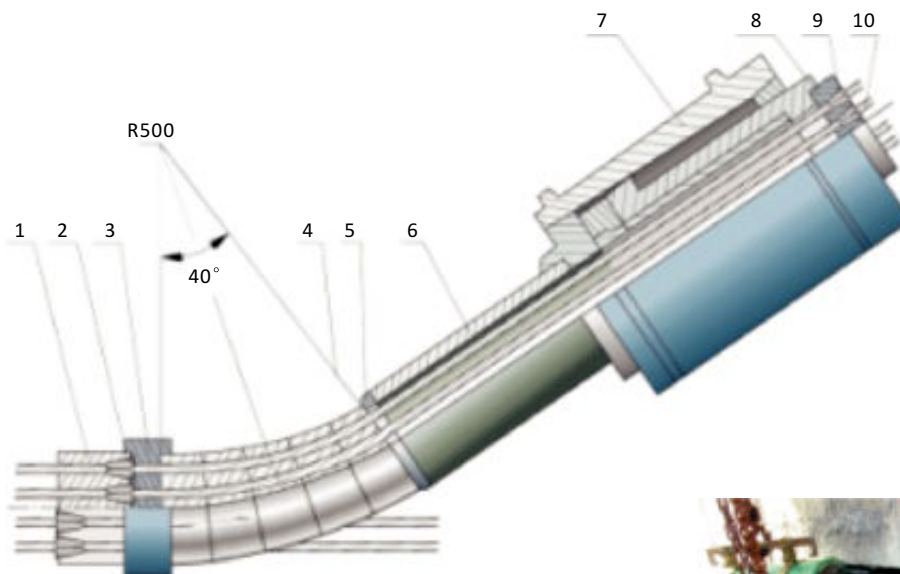
- Rounded PC storage tank, such as silo, liquid gas tank and sewage treatment tank
- PC containment of nuclear reactor
- PC Hydrodynamic tunnel and well
- Other similar round prestress concrete structure

When prestressing is applied to a ring structure, **OVM.HM** anchoring system is recommended. Both stressing end and dead end of ring prestressing tendon are overlapped and staggered at a same anchor head as a coupler. A special deviating device is required for tensioning tendons.

## Anchor Head of Ring Anchoring System



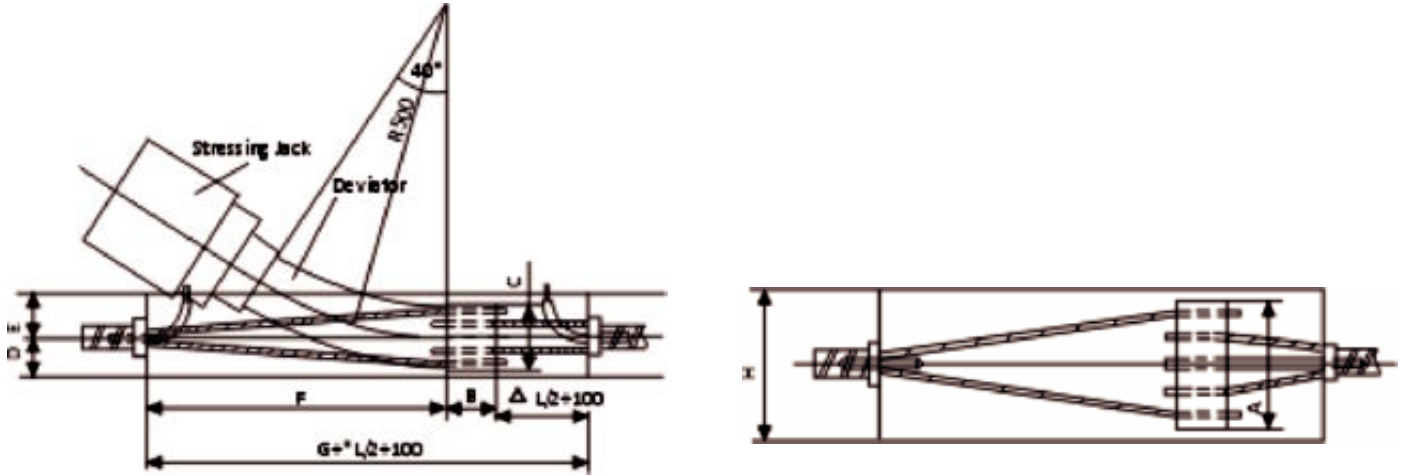
## OVM.HM Ring Anchoring System



- |                  |                    |                |
|------------------|--------------------|----------------|
| 1.HM.anchor head | 2.Wedge            | 3.Spacer       |
| 4.Deviator       | 5.Transfer block   | 6.Stretch tube |
| 7.Jack           | 8.Tool anchor head | 9.Tool wedge   |
| 10.P.C.strand    |                    |                |



**Structural Diagram of OVM.HM Anchoring System**



**Main Data**

Unit:mm

Designation	A	B	C	D	F	H
HM15-2	160	65	50	50	150	200
HM15-4	160	80	90	65	800	200
HM15-6	160	100	130	80	800	200
HM15-8	210	120	160	100	800	250
HM15-12	290	120	180	110	800	320
HM15-14	320	125	180	110	1000	340

Parameter E and G would be determined according to actual engineering structure.



# Mono-strand Post-tensioning Systems

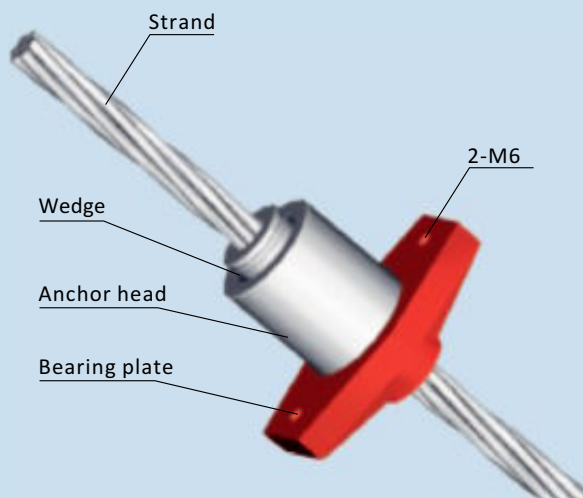
## Mono-strand Anchorage for Strand Dia.12.7/15.4/15.7/17.8/21.8/28.6mm



### Assembly of Mono-strand Anchorage



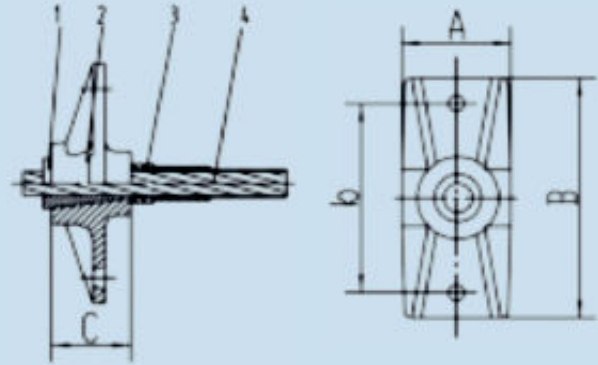
Mono-strand Coupler



Main Data							
Designation	Bearing plate	Anchor head	Spiral reinforcement				Stressing jack
	AxBx φ C	φ ExF	φ G	φ H	I	N	
OVM.M15-1	80x80x φ 14	φ 46x48	φ 80	φ 6	30	4	YDC240QX
OVM.M13-1	80x80x φ 14	φ 43x43	φ 80	φ 6	30	3	YDC240QX
OVM.M15A-1		φ 50x48	φ 80	φ 6.5	30	4	YDC240QX
OVM.M13A-1		φ 40 x 40	φ 80	φ 6.5	30	3	YDC240QX

Unit:mm

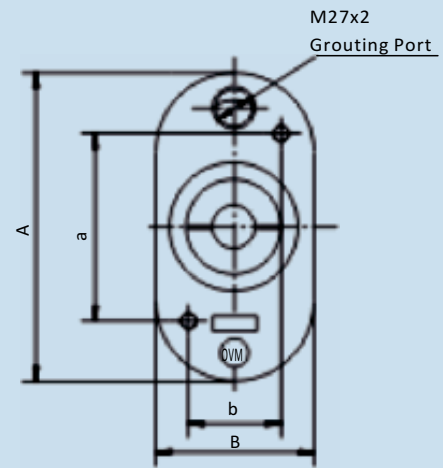
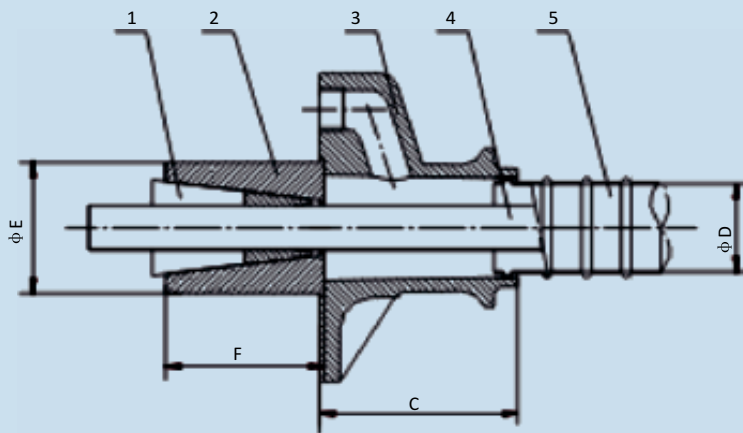
### Mono Unbonded Strand Anchorage OVM.ZM13/ZM15



1.Workingwedge 2.Bearing plate 3.Casing 4.Unbonded strand

Specification	Bearing Plate	
	AxBxC	Installation Distance b
OVM.ZM13-1	58x127x40	100
OVM.ZM15-1	65x130x48	100

### Mono-strand Anchorage OVM.M22/M28



1.Working wedge 2.Working anchor head 3.Bearing plate 4.Strand 5.Plastic duct

### Main Data

Unit:mm

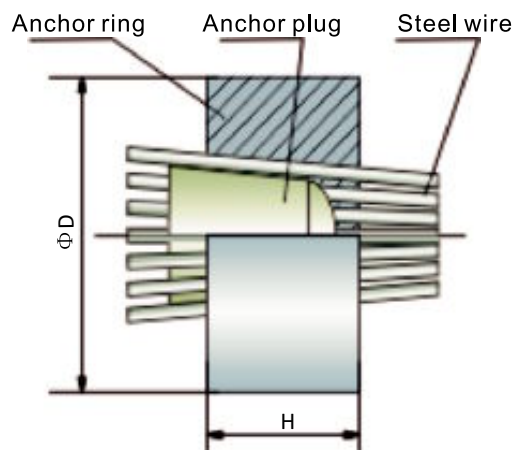
Designation	Bearing plate		Duct	Anchor head
	AxBxC	Installation distance a x b	( I.D )	φ ExF
OVM.M22-1	145x90x100	80x58	φ 30	φ 65x75
OVM.M28-1	195x100x125	120x60	φ 40	φ 85x100

Jack YC75Q is for stressing OVM.M28-1 and OVM.M22-1. Hydraulic pump ZB4-500 serves the operation.

# Anchorage using wires

## GZ Anchorage

It is used to anchor  $\Phi 5 / \Phi 7$  wires with strength 1570/1670MPa. YZ series jack equipped with ZB4-500 hydraulic pump serve the operation.



### Main Data

Unit:mm

Designation	Wire	Nos	$\Phi D$	H
GZ5-12	$\Phi 5$	12	100	40
GZ5-18	$\Phi 5$	18	100	40
GZ5-24	$\Phi 5$	24	108	53
GZ5-28	$\Phi 5$	28	136	53
GZ5-30	$\Phi 5$	30	136	53
GZ7-12	$\Phi 7$	12	140	63
GZ7-24	$\Phi 7$	24	140	63

## YZ Series Jacks for GZ Anchorage



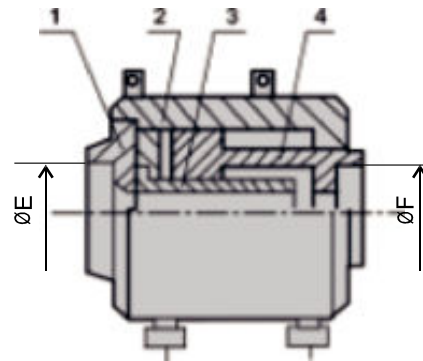
### Main Data

Type	Nom. stress force (kN)	Nom. Pressure (MPa)	Pressing force (kN)	Wedge release force (kN)	Stress piston area(m <sup>2</sup> )	Press piston area(m <sup>2</sup> )	Return piston area(m <sup>2</sup> )	Stroke (mm)	Pressing stroke (mm)	Mass (Kg)	Dimension (DxL mm)	Adapted pump
YZ85-400	850	46	390	260	1.887x10 <sup>-2</sup>	8.659x10 <sup>-3</sup>	5.595x10 <sup>-3</sup>	400	65	190	$\phi$ 326x990	ZB4-500
YZ150-300	1500	50	769	412	2.835x10 <sup>-2</sup>	1.53x10 <sup>-2</sup>	8.247x10 <sup>-3</sup>	300	65	198	$\phi$ 363x1005	ZB4-500

## Hydraulic Jack YCWA Series

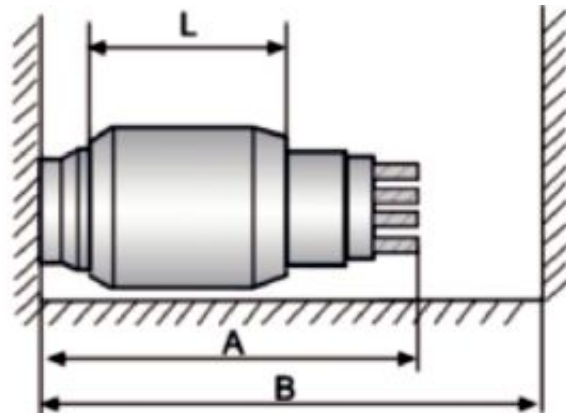
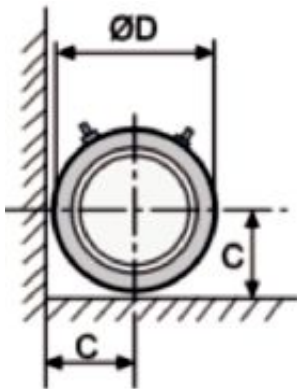


YCWA series hydraulic jack is widely applied to pre-tensioning and post-tensioning. When equipped with different accessories, it is able to tension OVM multi-strand anchorage, DM heading anchorage and stay cable anchorage etc.



1.Block 2.Clinder 3. Cavity sleeve 4. Piston

### Min. Service Space



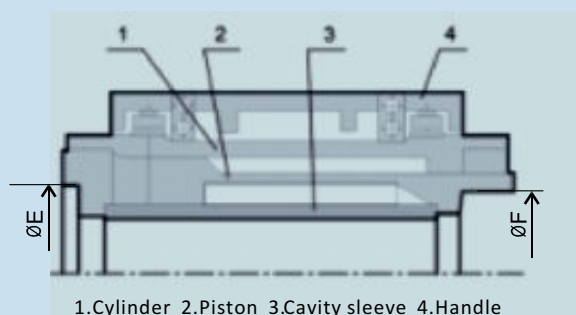
### Main Data

Type	Nom. force (KN)	Nom. pressure (MPa)	Tension piston area(m <sup>2</sup> )	Return piston area(m <sup>2</sup> )	Return pressure (MPa)	Cavity aperture (mm)	Stroke (mm)	Mass (Kg)	Overall Size (DxL mm)	Min. service space (mm)	Strand reserved length A(mm)	Installation size	
												ΦE	ΦF
YCW650A	6500	49	1.35x10 <sup>-1</sup>	7.07x10 <sup>-2</sup>	<25	φ 240	200	960	φ 610x640	2000x330	850	φ 362	φ 302
YCW900A	8952	54	1.6579x10 <sup>-1</sup>	8.7258x10 <sup>-2</sup>	<25	φ 280	200	1325	φ 670x600	2200x450	1000	φ 392	φ 372
YCW1200A	11790	51	2.313x10 <sup>-1</sup>	11.5375x10 <sup>-2</sup>	<25	φ 275	200	1700	φ 790x600	2400x500	1200	φ 421	φ 421

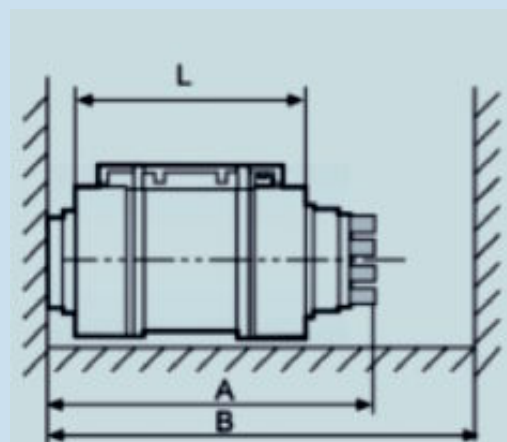
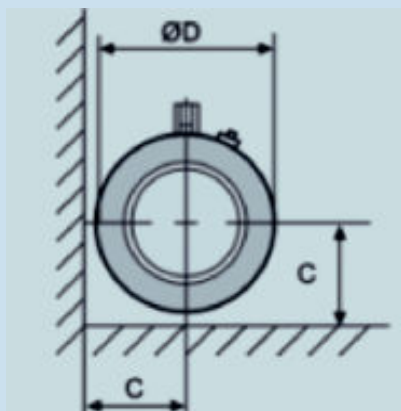
# Hydraulic Jack YCWB Series



Based on the merit of YCWA series hydraulic jack, YCWB series lightweight hydraulic jack was invented.



## Min. Service Space



## Main Data

Type	Nom. force (KN)	Nom. pressure (MPa)	Tension piston area(m <sup>2</sup> )	Return piston area(m <sup>2</sup> )	Return pressure (MPa)	Cavity aperture (mm)	Stroke (mm)	Mass (Kg)	Overall size (D*L mm)	Min. service space (mm)B*C	Strand reserved length A (mm)	Installation size	
												φ E	φ F
YCW100B	973	51	1.098×10 <sup>-2</sup>	0.777×10 <sup>-2</sup>	<25	φ 78	200	65	φ 214×370	1220×150	570	φ 151	φ 136
YCW150B	1492	50	2.98×10 <sup>-2</sup>	1.38×10 <sup>-2</sup>	<25	φ 120	200	108	φ 285×370	1250×190	570	φ 196	φ 176
YCW250B	2480	54	4.592×10 <sup>-2</sup>	2.802×10 <sup>-2</sup>	<25	φ 140	200	164	φ 380×344	1270×220	590	φ 210	φ 186
YCW350B	3497	54	6.476×10 <sup>-2</sup>	3.462×10 <sup>-2</sup>	<25	φ 175	200	235	φ 410×400	1320×250	620	φ 252	φ 252
YCW400B	3956	52	7.607×10 <sup>-2</sup>	4.592×10 <sup>-2</sup>	<25	φ 175	200	270	φ 432×400	1320×265	620	φ 252	φ 252
YCW500B	4924	49	10.05×10 <sup>-2</sup>	4.773×10 <sup>-2</sup>	<25	φ 196	200	533	φ 490×564	1960×310	750	φ 362	φ 302

## Mono-jack YDC240QX

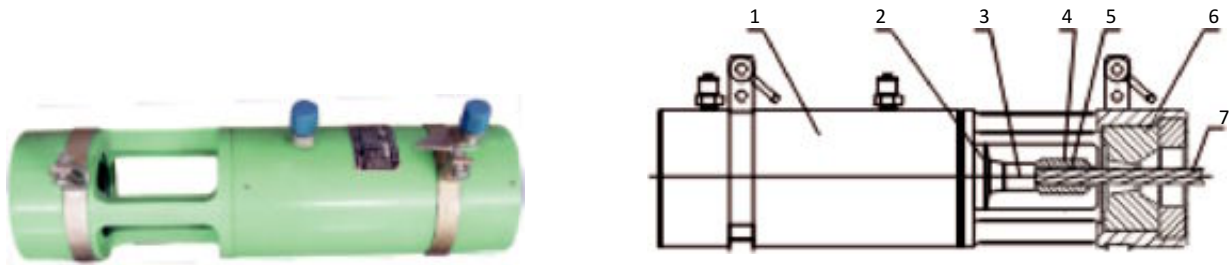


1.Cylinder 2.Cavity sleeve 3.Piston 4.Wedge  
5.Anchor cup 6.Supporting sleeve 7.Supporting nut

### Main Data

Type	Nom. force (kN)	Nom. pressure (MPa)	Tension piston area (m <sup>2</sup> )	Return pressure (MPa)	Cavity aperture (mm)	Stroke (mm)	Mass (Kg)	Dimension DxL (mm)	Adapted strands
YCW240QX	240	50	4.771x10 <sup>-3</sup>	<25	φ 18	200	20.5	φ 110x573	φ 13 & φ 15

## Swaging Machine GYJC50-150



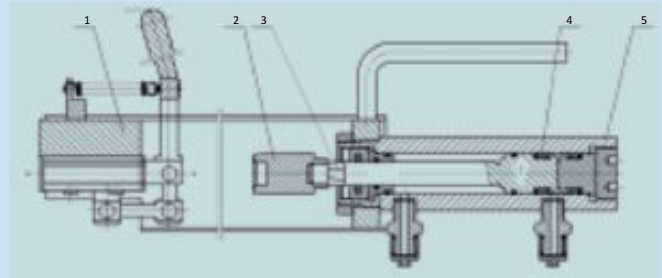
1.Cylinder 2.Piston 3.Swaging head 4. Swaged tube  
5.Swaged spring 6.Swaging mould 7. Strand

### Main Data

Type	Nom. force (kN)	Nom. pressure (MPa)	Tension piston area (m <sup>2</sup> )	Return pressure (MPa)	Cavity aperture (mm)	Stroke (mm)	Mass (Kg)	Dimension DxL (mm)	Adapted pump
GYJC50-150	509	45	1.131x10 <sup>-2</sup>	0.4948x10 <sup>-2</sup>	φ 30	150	48	φ 150x565	ZB4-500



# Bulb Machine YH3



1.Engine body 2.Pushing head 3.Piston 4.Seal Ring 5.Cylinder

Main Data						
Type	Nom. Force (kN)	Nom. Pressure (MPa)	Tension piston area (m <sup>2</sup> )	Return piston area (m <sup>2</sup> )	Mass (Kg)	Dimension LxWxH (mm)
YH3	34	50	7.068x10 <sup>-4</sup>	4.524x10 <sup>-4</sup>	13.6	535x150x224

# Flat Jack YBD Series

The compact design of YBD series flat jack perfectly fit the narrow space, especially for the replacement of bridge bearings and maintenance of large equipments.



1. Nozzle 2. Cylinder 3. Piston

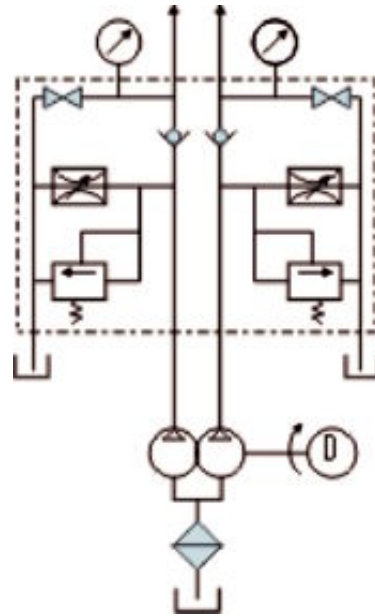
Main Data				
Type	Nom. force (kN)	Nom. pressure(MPa)	Stroke (mm)	Dimension (mm)
YDB100-10	1000	50	10	Φ220×50
YDB100A-30	1000	50	30	Φ220×80
YDB250-18	2500	50	18	Φ310×78
YDB350-18	3500	49	18	Φ380×107
YDB400-18	4000	50	18	Φ408×107

# Hydraulic Pump ZB4-500/500S/500SZ/500ZA

ZB4-500 Hydraulic Pump



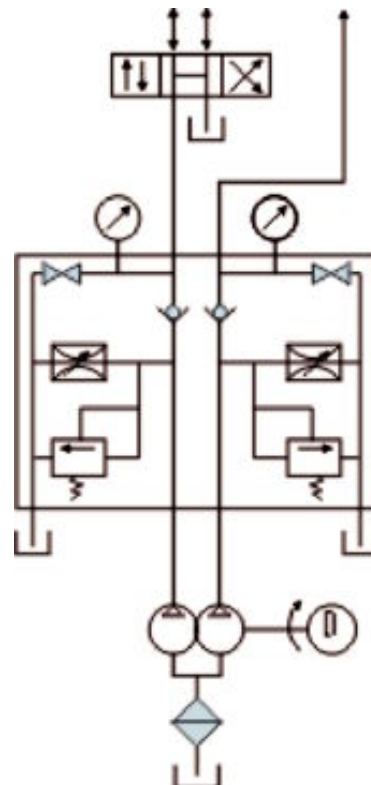
Oil Circuit of ZB4-500 Pump



ZB4-500S Hydraulic Pump



Oil Circuit of ZB4-500S Pump



**ZB10/320-4/800B Hydraulic Pump**



Valve



Pump head

**Main Data**

Type	Nom. pressure (MPa)	Nom. flow (L/min.)	Mass (Kg)	Dimension LxWxH (mm)	Remarks
ZB4-500	50	2x2	120	1025x495x745	To provide pressure oil for YCW, YZ85 and YC60 series jacks, as well as GYJC swaging machine etc.
ZB4-500S	50	2x2	130	745x495x1025	Three-way oil feeding, especially for jacks with pressing piston. It can also fulfill the function of ZB4-500 pump.
ZB10/320-4/800B	32	10	270	1090x590x1120	Two stage variable pump, for large tonnage, long stroke and rapid jacks.
	80	4			
ZB4-500SZ	50	2x2	120	1020x530x950	Modified ZB4-500
ZB4-500SZ	50	2x2	130	1020x530x950	Modified ZB4-500S

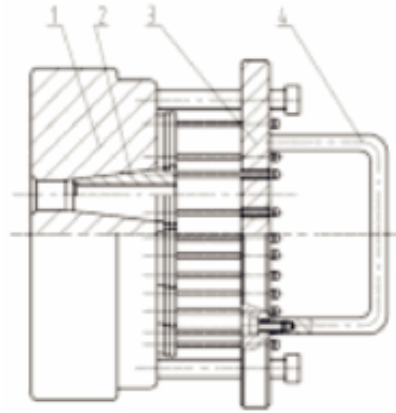
**Modified ZB4-500—  
ZB4-500ZA**



**Modified ZB4-500S—  
ZB4-500SZ**



## Tool Anchorage OVM15G/13G



- 1.Anchor head
- 2.Tool wedge
- 3.Holding plate
- 4. Handle

### Main Data

Type	Dimension of tool anchor head D*L (mm)	No. of tool wedge	Holding plate	Handle	Type	Dimension of tool anchor head D*L (mm)	No. of tool wedge	Holding plate	Handle
OVM15G-1	φ 49*55	1	N	N	OVM13G-1	φ 43*47	1	N	N
OVM15G-2	φ 134*60	2	N	N	OVM13G-3	φ 134*60	3	N	N
OVM15G-3	φ 134*60	3	N	N	OVM13G-4	φ 134*60	4	N	N
OVM15G-4	φ 134*60	4	N	N	OVM13G-5	φ 134*60	5	N	N
OVM15G-5	φ 134*60	5	N	N	OVM13G-6	φ 134*60	6	N	N
OVM15G-6	φ 175*60	6	N	N	OVM13G-7	φ 134*60	7	Y/N	Y/N
OVM15G-7	φ 175*60	7	Y/N	Y/N	OVM13G-8	φ 134*60	8	Y	Y
OVM15G-8	φ 175*60	8	Y	Y	OVM13G-9	φ 175*60	9	Y	Y
OVM15G-9	φ 175*60	9	Y	Y	OVM13G-12	φ 175*60	12	Y	Y
OVM15G-10	φ 184*70	10	Y	Y	OVM13G-13	φ 175*60	13	Y	Y
OVM15G-11	φ 184*70	11	Y	Y	OVM13G-15	φ 184*70	15	Y	Y
OVM15G-12	φ 184*70	12	Y	Y	OVM13G-16	φ 184*70	16	Y	Y
OVM15G-13	φ 194*70	13	Y	Y	OVM13G-17	φ 184*70	17	Y	Y
OVM15G-14	φ 194*70	14	Y	Y	OVM13G-19	φ 184*70	19	Y	Y
OVM15G-15	φ 250*80	15	Y	Y	OVM13G-21	φ 250*70	21	Y	Y
OVM15G-16	φ 250*90	16	Y	Y	OVM13G-22	φ 250*70	22	Y	Y
OVM15G-17	φ 250*90	17	Y	Y	OVM13G-27	φ 250*70	27	Y	Y
OVM15G-18	φ 250*90	18	Y	Y	OVM13G-31	φ 300*120	31	Y	Y
OVM15G-19	φ 250*90	19	Y	Y	OVM13G-43	φ 300*110	43	Y	Y
OVM15G-21	φ 300*120	21	Y	Y					
OVM15G-22	φ 300*100	22	Y	Y					
OVM15G-25	φ 300*120	25	Y	Y					
OVM15G-27	φ 300*120	27	Y	Y					
OVM15G-31	φ 300*120	31	Y	Y					
OVM15G-34	φ 370*140	34	Y	Y					
OVM15G-37	φ 370*140	37	Y	Y					

# Grouting Machine

## Basic Type

### Mortar Pump UB3



Pumping capacity (m <sup>3</sup> /h)	3	
Working pressure (MPa)	2	
Power of electromotor (kw)	4	
Rev of electromotor (r/min)	1440	
Weight of water / weight of concrete = 0.43	Horizontal quantity (m)	400
	Vertical quantity (m)	80
Inner dia. of mortar Inlet (mm)	64	
Inner dia. of mortar outlet (mm)	38	
Mass (Kg)	250	
Dimension L*W*H (mm)	1033*474*940	

### Grout Mixer JW180

Nom. volume (L)	180
Mixing capability (m <sup>3</sup> /h)	6
Power of electromotor (kw)	2.2
Inner dia. of mortar outlet (mm)	70
Mixing speed (r/min)	64
Loading height (mm)	900
Mass (Kg)	200
Dimension D*H (mm)	φ 900*1146



## Advanced Type

### Grouting Machine MR-60



Electric data	380V-3 phase-50Hz AC 5-Pin 6h, fuse32A
Grouting platform dimension(L*W*H)	2150 * 1180 * 2010 mm
Weight	880Kg
Max pumping capacity at 200rpm	53 liter/Min.-at 3Bar
Max output pressure at 200 rpm	60Bar
Type of pump	Eccentric screw (Made in Germany)
Suction hose (Dia)	1 inch Fast Coupling

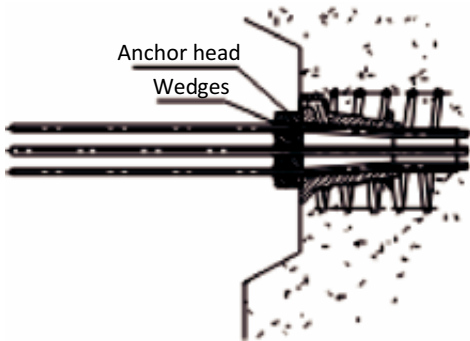
Items	Mixer data	Agitator data
Drive unit	Electric drive	
Drive power	7.5HP 380V-3-50Hz 8.8A with Ip54	
Drive speed	1440 rpm	200 rpm
Capacity dia *	φ 85 cm * 60 cm	φ 60cm*70cm
height-liters	-135 liters	170 liters
with cover	Max	Max

# 15HP / 30HP Strand Pushing Machine

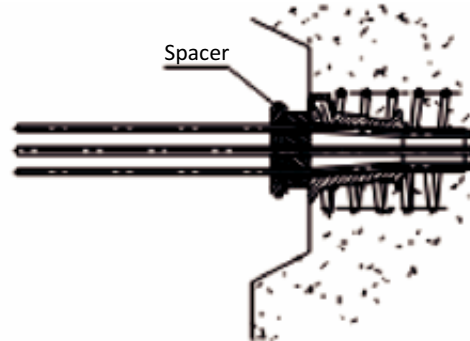


Horsepower	15HP	30Hp
Electric data	380 volts, 3 phases, 50 Hz	
	220 volts, 3 phases, 60 Hz	
Fuse	>100A	>125A
Pushing capacity	80 M/Min	160M/Min
Rotational speed of motor	940 RPM	1450RPM
Hydraulic pump max pressure	210 Kg/cm <sup>2</sup>	210 Kg/cm <sup>2</sup>
Overall dimension L*W*H	1220*1280*1000mm	1450*1550*1400mm
Mass	480 Kg	800 Kg

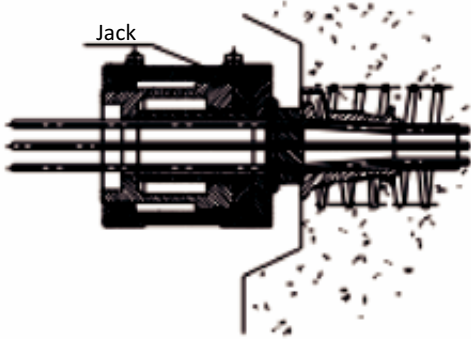
# Installation and Stressing



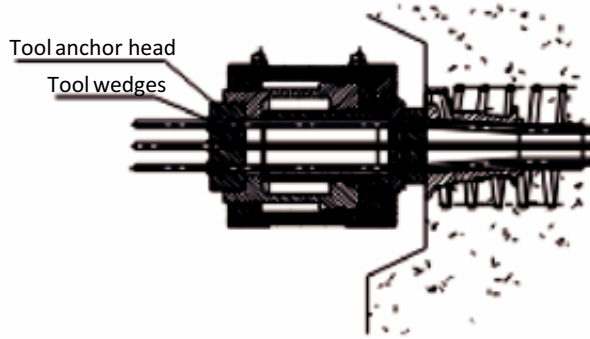
Step 1: Installation of anchor head and wedges



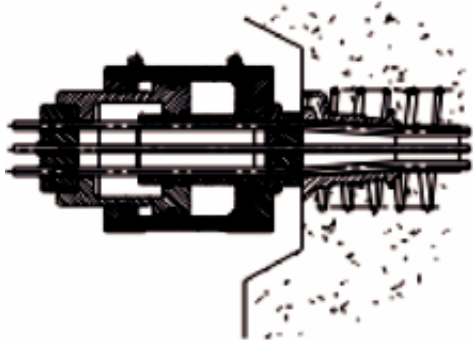
Step 2: Installation of spacer



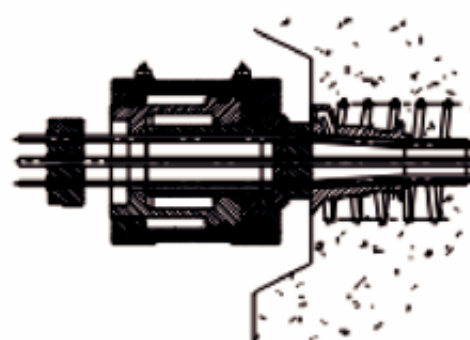
Step 3: Installation of jack



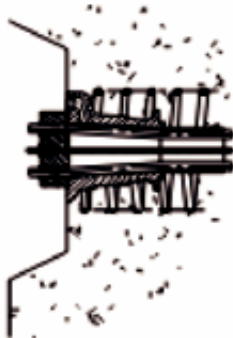
Step 4: Installation of tool anchor head and tool wedges



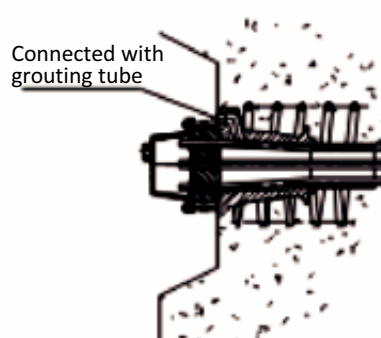
Step 5: Stressing



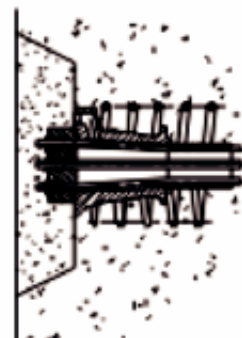
Step 6: Piston returning and anchoring



Step 7: Removal of equipment and cutting of extra strand



Step 8: Grouting



Step 9: Anchorage sealing



# Design Considerations

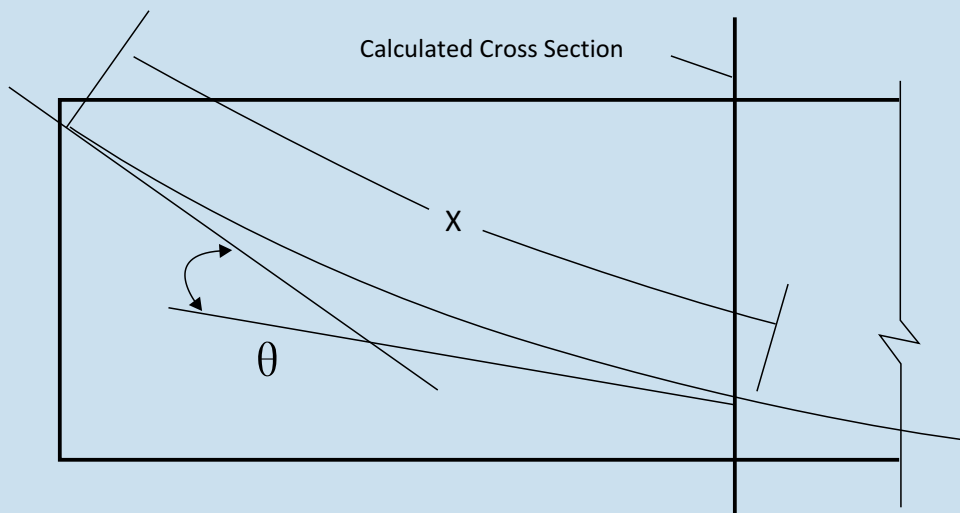
- Friction losses in anchorage  
The coefficient of friction is no more than 0.025.
  
- Stress losses due to draw-in of wedges  
The draw-in value of OVM anchorage is  $\lambda \leq 5\text{mm}$ , and  $\lambda \leq 6\text{mm}$  is recommended for calculation of the stress losses due to draw-in action.
  
- Friction losses along tendon  
Friction losses along the tendon are actually the stress losses due to the friction between tendon and duct, which can be determined with the following formula.



$$\sigma_{11} = \sigma_{con} \left( 1 - \frac{1}{e^{kx + \mu \theta}} \right)$$

$\sigma_{11}$  --- Stress value excluding the friction losses.  
 $\sigma_{con}$  --- Section stress without losses.  
 k --- Wobble friction coefficient due to minor unavoidable tendon curvatures (placing tolerance), see the table 1 and table 2.

X --- Duct length between stressing end and calculated cross section. (Unit: m)  
 $\mu$  --- Friction coefficient between prestressed tendon and duct wall, see table 1 and table 2.  
 $\theta$  --- Angularity of tangent line of curved duct between stressing end and calculated cross section (rad)



**Table1: Coefficient when using strand and duct**

Duct mode	K	μ	
		Wire, strand, bare steel bar	Deformed bar
Embedded Steel Pipe	0.003	0.35	0.40
Embedded Corrugated Pipe	0.0015	0.25	-
Core-Pulling Formed	0.0015	0.55	0.60
Plastic Corrugated Pipe	0.001-0.003	0.14	-

When GZ anchorage or Similar anchorages are used, the anchoring port friction loss would be taken into consideration, which can be determined by the actual data measured.

**Table 2: Coefficient when using unbonded strand**

Unbonded prestressed tendon	K	μ
7 φ 5 carbon steel wire	0.035	0.10
φ 15 Steel strand	0.040	0.12

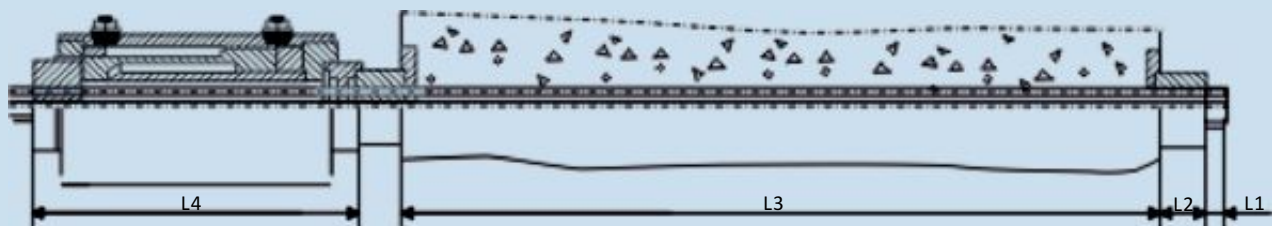
The friction coefficients of strands with other diameters refer to that of φ 15mm strand.

**■ Calculation of Strand length**

- When using anchorage with wedges on both sides and tensioning on one side, as the diagram as follows, L (length of strand) can be determined with the formula:  $L = L1 + 2 * L2 + L3 + L4 + 100 \sim 150mm$
- When using anchorage with wedges on bothsides and

tensioning on bothsides, L (length of strand) can be determined with the formula:  
 $L = L3 + 2 * (L2 + L4) + 200 \sim 300mm$

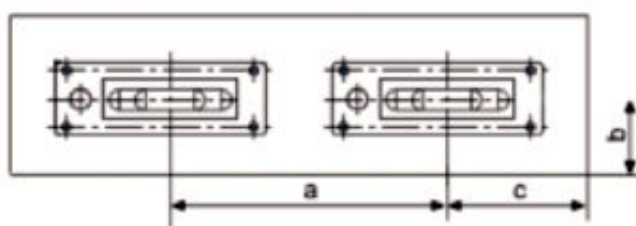
- When using dead-end anchorage type P or type H on one side of tendon, the length of strand shall be considered up to the embedding position of anchorage.



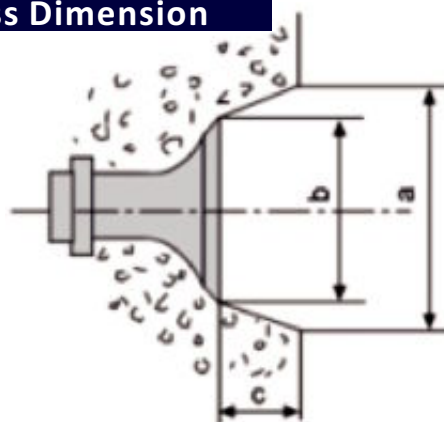
Calculation of length of strand (tensioning on one side)

# Minimum Interval of Anchorage

## Slab Anchorage



## Recess Dimension

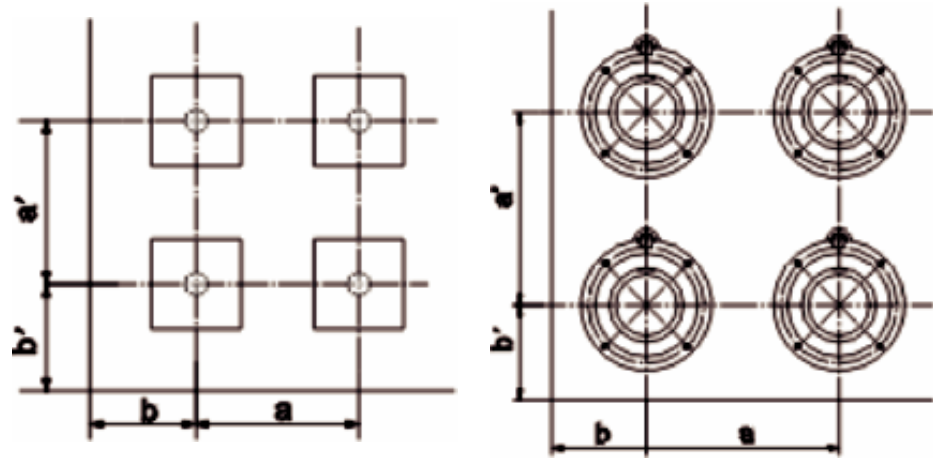


Slab Anchorage							Unit:mm
Designation	Actual Concrete Strength (Cube Sample)						
	40(MPa)			50(MPa)			
	a	b	c	a	b	c	
BM15-2	230	75	115	220	70	110	
BM15-3	270	80	135	240	75	130	
BM15-4	340	95	170	330	90	165	
BM15-5	370	95	185	360	90	180	

Recess Dimension			
Designation	a(mm)	b(mm)	c(mm)
OVM.M15(13)-2~4	265(265)	160(160)	90(90)
OVM.M15(13)-5	335(265)	230(160)	90(90)
OVM.M15(13)-6~7	430(275)	290(160)	120(100)
OVM.M15(13)-8~11(8~12)	430(370)	290(220)	120(130)
OVM.M15(13)-12~14	490 -	340 -	130 -
OVM.M15(13)-15~19(13~19)	520(437)	360(275)	140(140)
OVM.M15(13)-20~22	575(500)	400(330)	150(150)
OVM.M15(13)-23~29(23~31)	620(535)	440(340)	150(170)
OVM.M15(13)-30~37(32~37)	710(600)	510(385)	170(190)
OVM.M15(13)-38~44	760(710)	540(470)	190(210)
OVM.M15(13)-45~55	860(775)	620(520)	210(220)

**Conventional Anchorage**

$a, a' \geq a_0$ ;  $b, b' \geq b_0$ ;  
 $a_0$ —minimum interval  
 between bearing plates  
 $b_0$ —minimum distance  
 between bearing plate  
 centre and side face of  
 concrete.



Specs	Actual Concrete Strength of Anchored Area(Cube Sample)					
	40(MPa)		50(MPa)		60(MPa)	
	$a_0$ (mm)	$b_0$ (mm)	$a_0$ (mm)	$b_0$ (mm)	$a_0$ (mm)	$b_0$ (mm)
OVM.M15(13)-2	140(120)	90(85)	135(120)	85(85)	130(120)	85(85)
OVM.M15(13)-3	170(145)	110(95)	155(135)	95(90)	145(125)	95(90)
OVM.M15(13)-4	198(180)	120(115)	176(150)	110(100)	168(140)	107(100)
OVM.M15(13)-5	220(195)	135(115)	200(170)	120(105)	184(155)	117(105)
OVM.M15(13)-6	240(200)	155(125)	224(180)	135(115)	224(180)	132(115)
OVM.M15(13)-7	260(220)	160(135)	235(200)	140(115)	224(190)	132(115)
OVM.M15(13)-8	275(235)	165(140)	250(210)	150(120)	246(200)	147(120)
OVM.M15(13)-9	295(245)	175(155)	265(225)	155(130)	256(210)	153(128)
OVM.M15(13)-10	310(260)	180(155)	280(235)	170(141)	290(232)	170(141)
OVM.M15(13)-11	325(270)	185(165)	295(245)	170(145)	290(232)	170(141)
OVM.M15(13)-12	340(285)	190(180)	310(260)	170(150)	290(245)	170(141)
OVM.M15(13)-13	355(300)	195(190)	320(270)	175(160)	300(255)	170(150)
OVM.M15(13)-14	365(310)	210(195)	330(280)	180(165)	320(255)	178(150)
OVM.M15(13)-15	380(316)	220(195)	345(290)	185(165)	330(275)	185(155)
OVM.M15(13)-16	390(330)	235(200)	355(300)	195(170)	335(285)	185(155)
OVM.M15(13)-17	405(340)	250(205)	370(310)	210(175)	345(295)	187(155)
OVM.M15(13)-18	445(350)	255(205)	380(315)	215(175)	355(300)	190(170)
OVM.M15(13)-19	430(360)	255(215)	390(325)	215(180)	365(310)	190(170)
OVM.M15(13)-21	455(380)	268(225)	410(345)	223(190)	390(325)	205(180)
OVM.M15(13)-22	485(390)	270(230)	415(350)	225(195)	410(330)	205(180)
OVM.M15(13)-25	500(410)	285(240)	450(375)	235(200)	425(350)	220(190)
OVM.M15(13)-27	510(430)	295(250)	460(390)	245(210)	435(370)	220(190)
OVM.M15(13)-37	600(500)	350(285)	545(460)	295(250)	510(430)	270(221)
OVM.M15(13)-43	645(545)	405(320)	585(495)	340(270)	555(465)	300(240)
OVM.M15(13)-55	730(610)	440(360)	660(555)	370(300)	620(520)	330(270)

## Characteristics of OVM External Prestressing Systems

■ Conform to the *Recommendations for the Acceptance of Post-tensioning Systems & External Prestressing Material and System* by the international FIP and Chinese National Standard of GB/T14370-2007 *Anchorage, Grip and Coupler for Prestressing Tendons*.

■ Secure and reliable, with excellent anti-corrosion and anti-fatigue performance. Special damping devices in the system are available to reduce the

damages caused by the tendon vibration.

■ Convenient for inspection, maintaining and replacing tendons if needed.

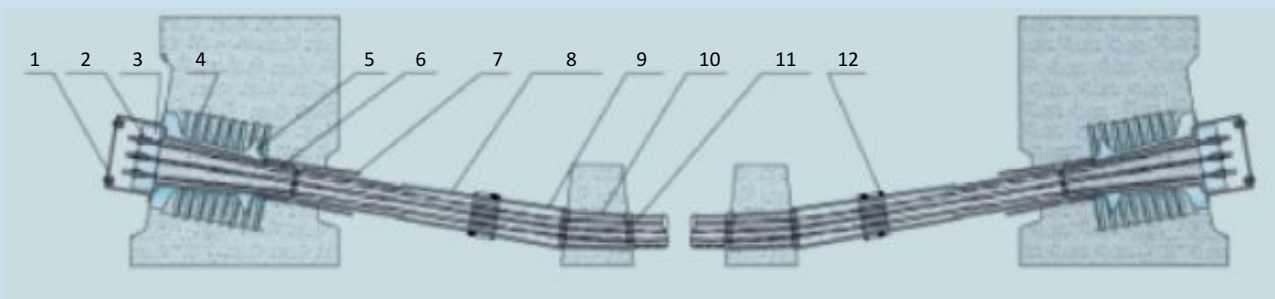
■ The radius of the individual strand deviation is very small, which can decrease the dimensions of diaphragms. Forces on every strand are individual at one deviation, so stress concentrations are greatly lessened.

## Basic Components of OVM External Prestressing Systems

The basic components of external prestressing system include:

- External cables, ducts and grouting materials
- Anchorage system
- Deviating device
- Anti-corrosion system
- Damping device

### OVM External Prestressing System

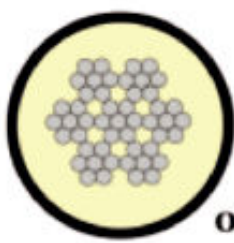


- 1.Protective Cap 2.Working Anchorage 3.Anchor Head 4.Spiral Reinforcement 5.Anchor Plate 6.Liner  
7.Duct 8.HDPE Sheath 9.Coupler Sleeve 10.Deviator 11.Prestressing Tendon 12.Damping Device

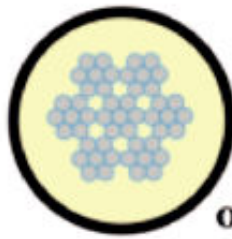
## Anti-corrosion System of External Prestressing Cables

There are six types of OVM external prestressing cables:

OVM-S1, OVM-S2, OVM-S3, OVM-S4, OVM-S5 and OVM-S6.



OVM-S1



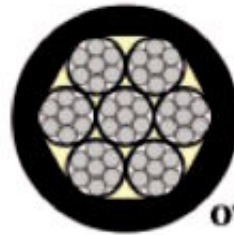
OVM-S2



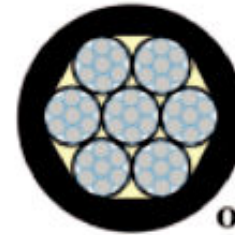
OVM-S3



OVM-S4



OVM-S5



OVM-S6

### Basic components of external prestressing cables

Type	OVM-S1	OVM-S2	OVM-S3	OVM-S4	OVM-S5	OVM-S6
Strand Type	Bare strand	Epoxy-coated strand	Unbonded strand	Epoxy-coated unbonded strand	Unbonded tendon	Epoxy-coated unbonded tendon
Duct	HDPE sheath		HDPE sheath		Hot extruded HDPE	
Grouting	Mortar, epoxy, grease		No grout on free length		No grout on free length	

OVM-S3 and OVM-S4 is the type without grouting material. These 2 kinds of cables can be removed and replaced. The cables on free length can be inspected at any time. The cable is self-protective with each strand's anti-corrosion performance. The

external HDPE sheath is to prevent internal unbonded tendons from being damaged by external factors. The HDPE sheath is made up of one big and one small retractable pipes.

# Deviating Device

Stress condition of strand will be better as the radius of deviator of external cable is increased. But bigger radius will result in bigger structural dimension and bigger dead-weight of bridge. So a proper radius is needed on condition of essential safety. Additional stress created by installation and construction can be eliminated by smooth mouth of deviator, and would decrease the abrasion of HDPE sheath as well.

$$V_m = \frac{d}{2R} E$$

- d---diameter of wire
- R---bending radius
- E---elastic modulus of strand

Fatigue strength of bending external prestressing cable is decreased to some extent because of additional flexural stress. So it is needed to check the strand stress plus flexural stress. It is difficult to accurately calculate the flexural stress of strands. But this can be done with the following formula if assuming no friction between steel wires.

The minimum radius of deviator

Strand Type	Min Radius(m)
7- φ 15.2	2.0
12- φ 15.2	2.5
19- φ 15.2	3.0
27- φ 15.2	3.5
31- φ 5.2	4

Stress loss due to friction between prestressing steels and ducts can be classified into 2 parts. One is due to friction between prestressing steels and ducts by vertical pressure of the curving section.

The other one is caused by warp and tough surfaces of ducts. The formula is shown below:

$$\sigma_{s1} = \sigma_k [1 - e^{-(\mu \theta + kx)}]$$

$\mu$  : Friction coefficient between prestressing steel and duct.

$K$  : Coefficient for local warp of every meter duct.

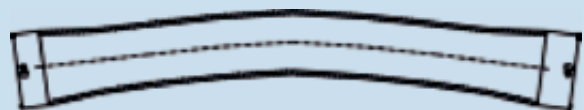
External prestressing cables are outside the concrete structures, made up of bending lines at deviator or anchor zones and straight lines between them. Friction effect due to warp of ducts is so weak on straight lines as to be ignored. Length of ducts on bending lines is short in general. So prestressing loss due to warp and tough surface of ducts can also be ignored.

Assume  $k=0$ ,

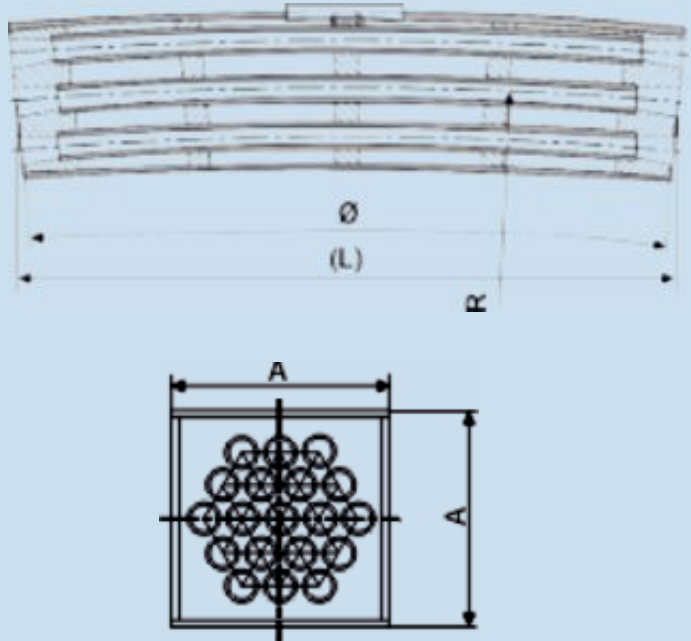
the formula above will be equal

$$\text{to } \sigma_{s1} = \sigma_k (1 - e^{-\mu \theta}).$$

## Conventional Deviator



**Individual Strand Deviator**



Individual strand deviator can make strands parallel and replaceable, every strand bears individual forces, ensures tiny abrasions existed between strands and deviator. Each guiding duct connects each other through the linked plates. Cement grout can separate external tendons, fix guiding ducts and bear the pressure be

tween strands due to un-simultaneous tensioning. Guiding ducts can be reshaped horizontally and vertically for requirements from different directions and bending radius. At both ends of each guiding duct, there is a compensating device with a trumpet to offset the angular deviation in construction process.



Sutong Bridge, China

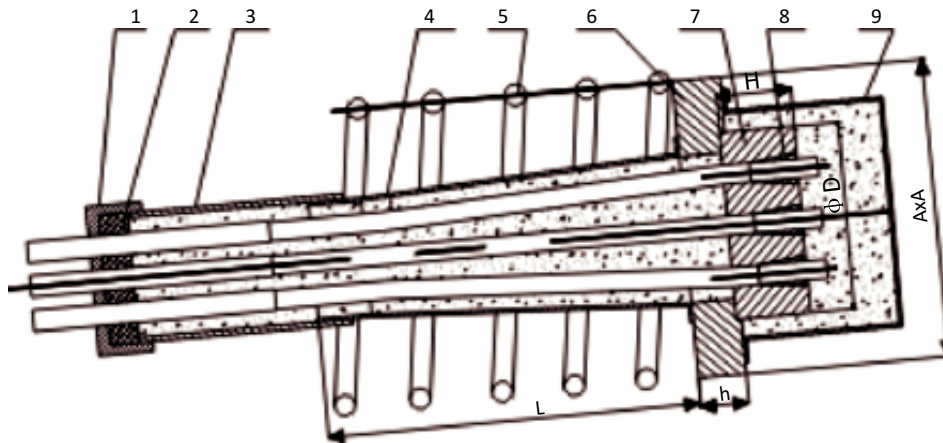


# OVM External Prestressing Anchorages

Stress amplitude of prestressing tendons is a very important parameter to the design of prestressing anchorage on the condition of live load. External tendons are individual members relative to the whole structure. They only connect with the concrete at anchoring zone and the deviator outside the

structure. So the stress amplitude of prestressing tendon depends on the whole structure deformation. Based on OVM mature prestressing anchoring technique, several kinds of external prestressing anchorages are designed to meet some special requirements of different projects.

## Type OVM .A



1.End cap 2.Sealing plate 3.Duct 4.External pipe 5.Spiral reinforcement  
6.Bearing plate 7.Anchor head 8.Working wedges 9.Protective cap

### Dimensions of OVM.A External Prestressing Anchorage

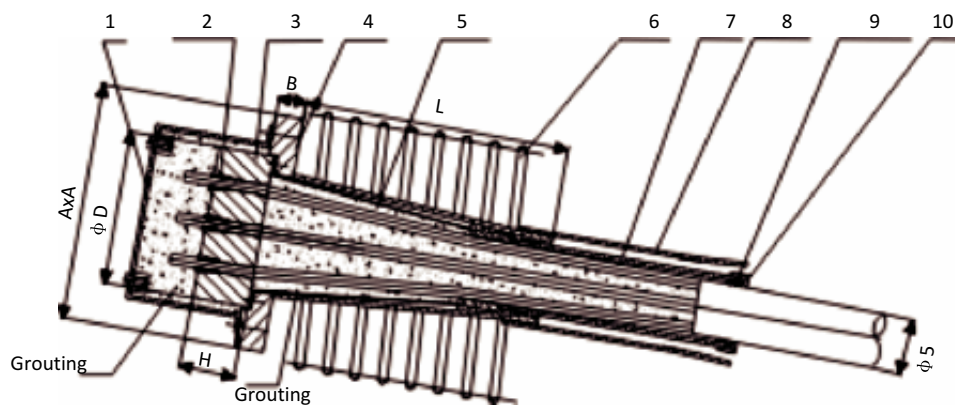
Unit:mm

Type	$\phi D$	H	AxAxB	L
OVM.A15-7	$\phi 135$	60	210x210x45	265
OVM.A15-12	$\phi 175$	70	280x280x45	301
OVM.A15-19	$\phi 217$	110	370x370x60	555
OVM.A15-27	$\phi 275$	120	420x420x60	630
OVM.A15-31	$\phi 310$	140	465x465x80	765

**Type OVM.AT**

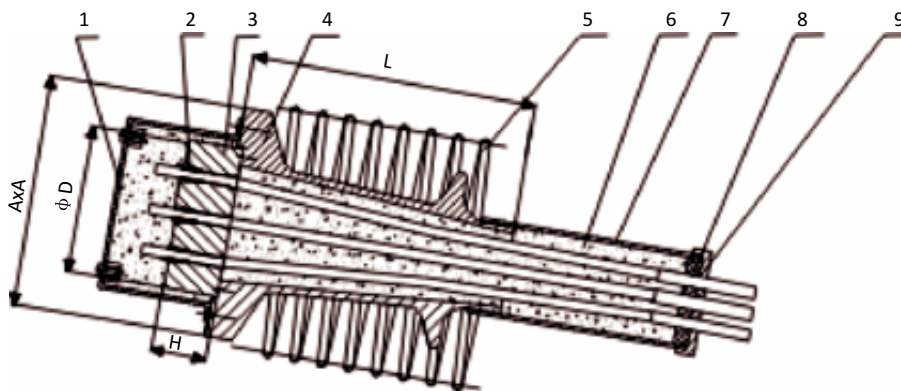
OVM.AT anchorage is derived from OVM.A anchorage by adding a insulating equipment to trumpet. If tendon needs to be replaced, the whole anchorage can be removed from

the end. The structural form is shown below and dimensions are the same as that of OVM.A.



1. Protective cap
2. Working wedges
3. Anchor head
4. Bearing plate
5. Internal liner
6. Spiral reinforcement
7. Sealing sleeve
8. Duct
9. Sealing equipment
10. End cap

**Type OVM.TS**



1. Protective cap
2. Specialized wedges
3. Anchor head
4. Bearing plate
5. Spiral reinforcement
6. Sealing sleeve
7. Duct
8. Sealing equipment
9. End cap

**Dimensions of OVM.TS External Prestressing Anchorage**

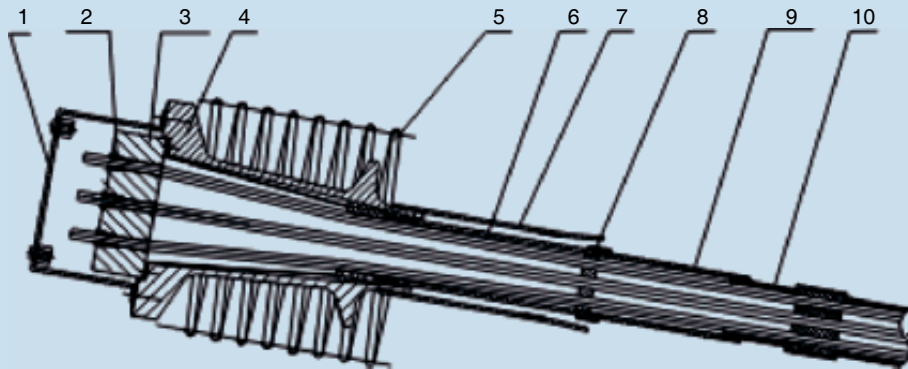
Unit:mm

Type	φ D	H	AxAxL
OVM.TS15-7	φ 135	60	210x210x160
OVM.TS15-12	φ 175	70	285x285x340
OVM.TS15-19	φ 217	90	350x350x470
OVM.TS15-27	φ 260	120	410x410x495
OVM.TS15-31	φ 310	140	465x465x565

# OVM External Prestressing Anchorages

## Type OVM.TT

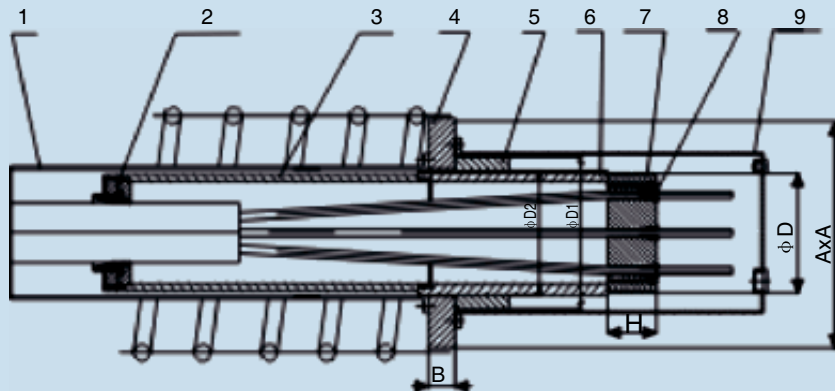
The structural form is shown below and dimensions are the same as OVM.TS.



1. Protective cap
2. Working wedges
3. Anchor head
4. Bearing plate
5. Spiral reinforcement
6. Sealing sleeve
7. Duct
8. Sealing equipment
9. Outer PE sheath
10. PE sheath

## Type OVM.TSK

The tendon is replaceable and the tendon force can be adjusted when OVM.TSK anchorage is employed.



1. Duct
2. Sealing equipment
3. Sealing sleeve
4. Bearing plate
5. Nut
6. Anchor cup
7. Anchor head
8. Working wedges
9. Protective cap

### Dimensions of OVM.TSK External Prestressing Anchorage

Unit:mm

Type	$\phi D$	H	AxAxC	$\phi D1$	$\phi D2$
OVM.TSK15-7	$\phi 150$	70	285x285x30	$\phi 210$	$\phi 160$
OVM.TSK15-12	$\phi 205$	80	360x360x40	$\phi 270$	$\phi 220$
OVM.TSK15-19	$\phi 230$	100	420x420x60	$\phi 305$	$\phi 245$
OVM.TSK15-27	$\phi 270$	100	490x490x60	$\phi 340$	$\phi 285$
OVM.TSK15-31	$\phi 270$	130	500x500x65	$\phi 340$	$\phi 385$

**OVM external prestressing anchorage can be properly selected according to design requirements.**

Anchorage Type	Cable Type	Grouting Material	Deviator Type	Characteristics
OVM.A OVM.TS	OVM-S1 OVM-S2	Grease	Individual strand deviation	Mono-strand replaceable
	OVM-S3 OVM-S4	Grease in anchor, no grouting on free length.	Individual strand deviation	Mono-strand replaceable
	OVM-S5 OVM-S6	Grease in anchor	Spindly deviation	Replaceable in total
OVM.AT OVM.TT	OVM-S1 OVM-S2	Grease	Individual strand deviation	Mono-strand replaceable
	OVM-S3 OVM-S4	Grease in anchor, no grouting on free length.	Individual strand deviation	Mono-strand replaceable
	OVM-S1 OVM-S2	Cement or epoxy grout	Individual strand deviation	Replaceable in total
	OVM-S3 OVM-S4	Grease in anchor, no grouting on free length.	Spindly deviation	Replaceable in total
	OVM-S5 OVM-S6	Grease in anchor, no grouting on free length.	Spindly deviation	Replaceable in total
OVM.TSK	OVM-S5 OVM-S6	Grease in anchor, no grouting on free length.	Spindly deviation	Replaceable and adjustable in total

## Damping Device

Traffic load will cause the vibration of structures and cables. If self frequency of the cable is close to that of the structure, sympathetic vibration will occur and hidden problem will be brought to structure safety. To vary frequency of the cable on free length from that of the structure, damping devices should be installed at a proper distance on free length of tendons to shorten vibration zone and damping vibration.



<b>Project Name</b>	Shanghai Yangtze River Bridge	<b>Client / Contractor</b>	Shanghai Foundation Engineering Co., Ltd.
<b>Style</b>	Cable-stayed Bridge	<b>Work</b>	2006
<b>Contract Amount</b>	USD 1,900,000	<b>Location</b>	China
<b>OVM Scope</b>	Supply of external prestressing systems (epoxy-coated cable 580 tons)		
<b>Project Brief</b>	 <p>Total length 16.5km, main span 730m, steel box girder width 51.5m, service speed 100km/h. It was opened on 2009.</p>		

<b>Project Name</b>	Incheon Grand Bridge	<b>Client / Contractor</b>	SAMSUNG Joint Venture
<b>Style</b>	Cable-stayed Bridge	<b>Work</b>	2007
<b>Main Span</b>	800m	<b>Location</b>	South Korea
<b>OVM Scope</b>	Supply of post-tensioning systems (OVM.M15-12~M15-37)		
<b>Project Brief</b>	 <p>The Incheon Bridge (also called the Incheon Grand Bridge) is a newly-constructed bridge in South Korea. At its opening in October 2009, it became the second connection between Yeongjong Island and the mainland of Incheon. The 21.38km long highway project consisted of government-built sections at three ends and a 12.34km section in the middle built with private capital, the bridge section is 18,384m long.</p>		

<b>Project Name</b>	Qingdao Bay Bridge	<b>Client / Contractor</b>	Shandong Highway Group - Qingdao Highway Co., Ltd.
<b>Style</b>	Bay Bridge	<b>Work</b>	2007
<b>Contract Amount</b>	USD 4,800,000	<b>Location</b>	China
<b>OVM Scope</b>	Supply of post-tensioning systems (OVM.M15-13~M15-27)		
<b>Project Brief</b>	<p>Total length 41.58km, main span 482m, deck width 35m, two cable-stayed bridges with rare cables and one self-anchored suspension bridge as the navigation channels, the rest of the bridge is continuous girder bridge. It will be opened on 2011.</p>  		

<b>Project Name</b>	Algeria East-West Highway	<b>Client / Contractor</b>	CITIC-CRCC
<b>Style</b>	Highway	<b>Work</b>	2007~2009
<b>Contract Amount</b>	USD 3,900,000	<b>Location</b>	Algeria
<b>OVM Scope</b>	Supply of post-tensioning systems for Section Middle and West (OVM.BM15-4~M15-19)		
<b>Project Brief</b>	  <p>The Algeria East-West Highway, total length 1,216km, two-ways six lanes, it is the currently the world's largest highway construction project.</p>		

<b>Project Name</b>	Fujian Fuqing Nuclear Power Plant	<b>Client / Contractor</b>	China Nuclear Industry 24th Construction Co., Ltd.
<b>Style</b>	Nuclear Plant	<b>Work</b>	2008
<b>Contract Amount</b>	USD 1,350,000	<b>Location</b>	China
<b>OVM Scope</b>	Supply of post-tensioning systems (OVM15R-19K and OVM15R-37K)		

**Project Brief**



OVM is the first and only Chinese prestressing products manufacturer which enters nuclear field. Fuqing Nuclear Power Plant consists of 6 sets of million KW grade nuclear units, OVM post-tensioning systems was successfully applied to the containment.

<b>Project Name</b>	Beijing-Shanghai High-speed Railway	<b>Client / Contractor</b>	Jinghu High-speed Railway Co., Ltd.
<b>Style</b>	High-speed Railway	<b>Work</b>	2008~2009
<b>Contract Amount</b>	USD 13,200,000	<b>Location</b>	China
<b>OVM Scope</b>	Supply of post-tensioning systems (OVM.M15-3~M15-22)		

**Project Brief**

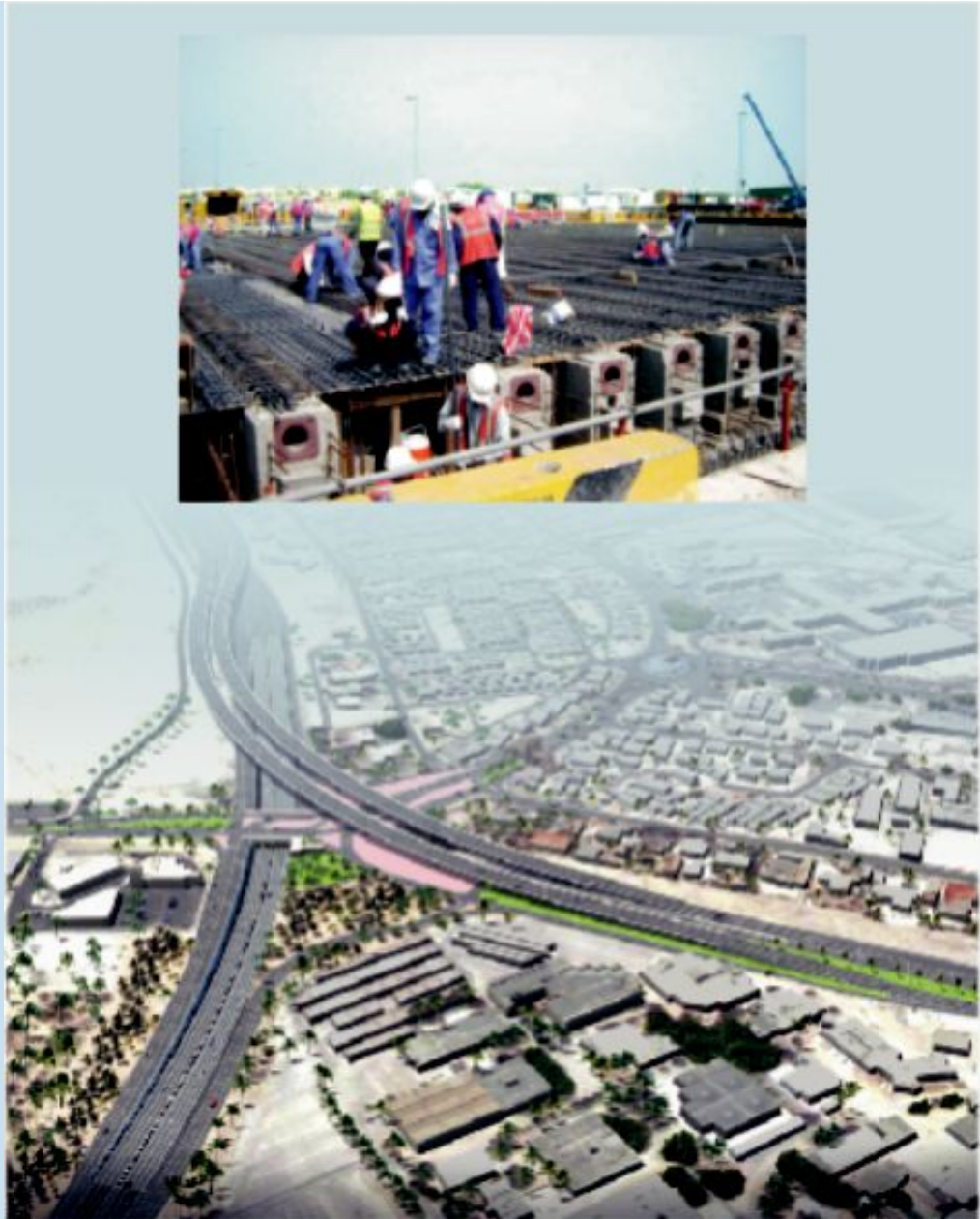


With a total length of 1,318km, Beijing-Shanghai High-speed Railway is the longest high-speed railway with greatest investment (USD 33 Billion) and highest standard by 2010. Its operating speed will be 350km/h.



<b>Project Name</b>	ISA Town Gate Interchange	<b>Client / Contractor</b>	SUNGWON Corporation/ NASS Contracting
<b>Style</b>	Interchange	<b>Work</b>	2008~2010
<b>Contract Amount</b>	USD 1,200,000	<b>Location</b>	Bahrain
<b>OVM Scope</b>	Supply of post-tensioning systems, equipments and external prestressing systems (OVM.M15-12~M15-19, OVM.TT15-27BL)		

**Project Brief**



The Project involves upgrading of the existing roundabout into three levels grade-separated interchange. The major works consist of the construction of dual two lane carriageway flyovers, dual three lanes carriageway underpass, at-grade Bridge and the new Isa Town Gate monument.

<b>Project Name</b>	Zhejiang Jiashao Bridge	<b>Client / Contractor</b>	Zhejiang Jiashao Bridge Investment & Development Co., Ltd.
<b>Style</b>	Cable-stayed Bridge	<b>Work</b>	2009
<b>Contract Amount</b>	USD 1,800,000	<b>Location</b>	China
<b>OVM Scope</b>	Supply of post-tensioning systems and equipments (OVM.M15-12~M15-22)		



**Project Brief**



Total length 10km, main span 482m, deck width 55.6m, it is a cable-stayed bridge with 6 pylons, it will be opened on 2012.

<b>Project Name</b>	Boubyan Seaport Project (Phase 1-Stage 1)	<b>Client / Contractor</b>	China Harbour Engineering Company Ltd.
<b>Style</b>	Seaport	<b>Work</b>	2009~2010
<b>Contract Amount</b>	USD 2,250,000	<b>Location</b>	Boubyan Island, Kuwait
<b>OVM Scope</b>	Supply of post-tensioning systems, equipments and bearings (OVM.M15-6~M15-14)		

**Project Brief**



<b>Project Name</b>	Libya Railway (Tripoli - Ras Ejder )	<b>Client / Contractor</b>	China Civil Engineering Construction Corporation
<b>Style</b>	Railway	<b>Work</b>	2010~2011
<b>Length</b>	172KM	<b>Location</b>	Libya
<b>OVM Scope</b>	Supply of post-tensioning systems and bearings (OVM.BM15-4~M15-15)		

**Project Brief**



## China

### Headquarters

#### LIUZHOU OVM MACHINERY CO., LTD.

No.3 Longquan Road,  
Liuzhou City,  
Guangxi, P.R.China  
Postcode 545005  
TEL: 86-772 3116 402  
3130 157  
FAX: 86-772 3118 665

### Beijing Office

Room No.808, Building 5, Area 2,  
Fangchengyuan, Fangzhuang  
District, Fengtai, Beijing,China  
Postcode 100078  
TEL: 86-10 6764 8038  
FAX: 86-10 6764 1776

### Shanghai Office

Room No.105,510 Quyang  
Road,Shanghai,China  
Postcode 200092  
TEL: 86-21 6555 5305  
FAX: 86-21 5588 1670

### Guangzhou Office

Room No.1405, No.3 Dongheng  
Street, Tianhe Tiyu Road(E),  
Guangzhou,China  
Postcode 510620  
TEL: 86-20 8757 3602  
FAX: 86-20 8751 1249

### Wuhan Office

Room101,Unit 2,Building G,  
Taihe Garden, No.289 Youth RD,  
Wuhan,China  
Postcode 430019  
TEL: 86-27 8362 6856  
FAX: 86-27 8362 6856

### Chongqing Office

No. 94-2-3-3, Wanshou Garden,  
Nan'an District, Chongqing, China  
Postcode 400060  
TEL: 86-23 6280 0661  
FAX: 86-23 6280 0661

## Asia

### Hong Kong

#### HONG KONG OVM ENGINEERING CO., LTD.

5C, Hong Kong Spinners  
Industrial Building,  
601-603 Tai Nan West Street,  
Cheung Sha Wan, Kowloon,  
Hong Kong  
TEL: 852-3758 8711  
FAX: 852-2370 1791  
Mobile: 852-9329 0148

### Indonesia

#### PT. MULTISTRAN ENGINEERING

Ciputat Indah Permai Blok A-1,  
Jl.Ir.H.Juanda No.50.  
Ciputat 15419 Indonesia  
TEL: 62-21 7418 827  
FAX: 62-21 7418 603

#### PT. TENSINDO KREASI NUSANTARA

Jl. Arjuna Selatan no. 37  
RT.011 RW.009  
Kel. Kemanggisan, Kec.  
Palmerah Jakarta Barat,  
DKI Jakarta Raya 11480  
TEL: 62-21 532 9242  
FAX: 62-21 532 9243

### Japan

#### ANDERSON TECHNOLOGY CORPORATION

Kozato-Kaikan Bldg. 3F,  
1-18-14 Nishi-Shimbashi,  
Minato-ku, Tokyo 105-0003,  
Japan  
TEL: 81 3-3595 5888  
FAX: 81 3-3595 5811

### Singapore

#### PPI ENGINEERING PTE LTD.

No.10 Jalam Labu Manis  
Bartley Rise Estate  
Singapore 537995  
TEL: 65-6898 9095  
FAX: 65-6898 9785

### Taiwan

#### HUNGSU PROJECT CO., LTD.

42, L232 Chu Wei Street,  
Chu Nan, Taiwan  
TEL: 886-3746 7339  
FAX: 886-3748 0610  
Mobile: 886-9320 48817

### Vietnam

#### OVH HANOI REPRESENTATIVE OFFICE

No.6-D2, Lang Khoa Hoc,  
Ngoc Khanh,  
Ba Dinh Dist, Hanoi City,  
Vietnam.  
TEL: 84-4 3771 8642  
FAX: 86-4 3771 6237

## Europe

### Czech Republic

#### NAPKO CO., LTD.

Jilemnickeho 29/46  
Olomouc-Nedvezi  
Czech Republic  
TEL: 420-585941801  
E-mail: napko@napko.cz  
www.napko.cz

## Middle East

### Egypt

#### BETA TECHNICAL & TRADING BUREAU

26-A Asmaa Fahmi St, Apt.3,  
Heliopolis, Cairo, Egypt  
P.O BOX 9031 Nasr City,  
Cairo, Egypt  
TEL: 202-2418 5219  
2417 8867  
FAX: 202-2291 5736

### Iran

#### PAYAB ZAMZAM

#### CONSTRUCTION COMPANY

No.35, 4th Street, Amirabad  
1413694561  
Tehran, Iran  
TEL: 98-21 8863 9899  
8863 7198  
8863 3152  
FAX: 98-21 8863 6424



## LIUZHOU OVM MACHINERY CO., LTD.

### HEADQUARTERS

No. 3 Longquan Road, Liuzhou City, Guangxi, 545005, P.R. China  
Tel: +86 772 311 6402, 313 0157 Fax: +86 772 311 8665  
sales@ovmchina.com  
www.ovmchina.com

Contents in this brochure are subject to review and amendment without further notice.



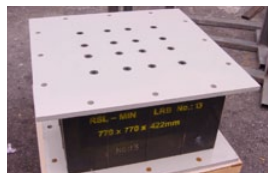
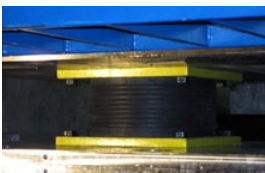
Seismic protection

# mageba seismic protection devices – for reliable preservation of structures



## **LASTO® LRB Lead Rubber Bearing**

proven, safe, versatile



**mageba**  
Switzerland [www.mageba.ch](http://www.mageba.ch)



# Product features

## Principle

mageba LASTO®LRB lead rubber bearings work on the principle of base isolation and limits the energy transferred from the ground to the structure in the event of an earthquake. The rubber and steel laminated bearing is designed to support the weight of the structure and to provide post-yield elasticity. The rubber provides the isolation and re-centring of the bearing after a seismic event. The lead core deforms plastically under shear deformations, while dissipating energy through heat.

## Properties

LASTO®LRB lead rubber bearings consist of alternate layers of elastomeric material and vulcanized reinforcement steel plates with a central lead core. They provide a high level of damping of up to 30% due to high absorption capacity of the lead core.

As the reinforcement steel plates are fully embedded in the elastomeric material, they are sealed, and therefore protected against corrosion. The devices are manufactured with the rubber vulcanised to the top and bottom connection plates. The bearings can also be supplied with additional anchor plates, allowing easier replacement of the device in case of maintenance needs.

## Application

LASTO®LRB devices are made from natural rubber (NR) providing a high resistance against mechanical wear.

Lead rubber bearings find wide applications in structures. This is due to their simplicity and the combined isolation and energy dissipation functions in a single, compact unit. In terms of seismic protection, it is a crucial aspect to minimise the seismic energy transfer to the superstructure and to limit the horizontal displacements of the device.

Under normal conditions LASTO®LRB lead rubber bearings act as regular elastomeric bearings. Therefore, in case of structures

with limited space for bearings and seismic protection means all these functions can be combined in a single device.

The fitting of structures with lead rubber bearings is one of the most used seismic isolation means and has proven its effectiveness in numerous earthquakes. The system has been researched over the past decades and allows the structural engineer a straight-forward simulation of the device response due to simple bi-linear modelling.

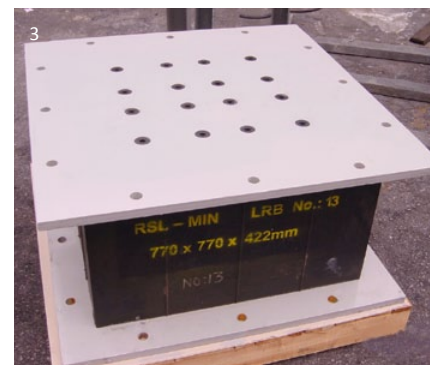
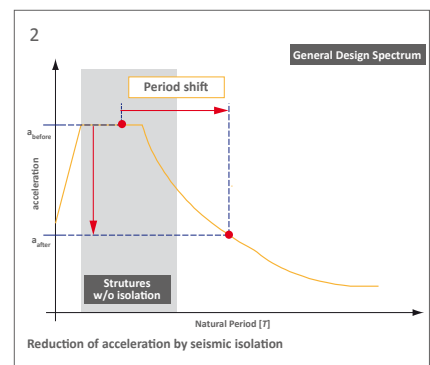
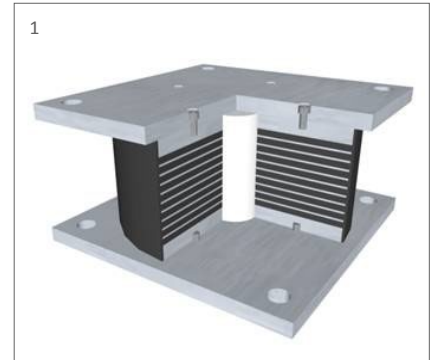
## Seismic isolation

Seismic isolation is the decoupling of structures from ground motions induced by earthquake motions which could cause damage to the structures. To achieve such decoupling, different seismic devices – so called isolators – are strategically installed in specific locations of structures, allowing them to perform properly during an earthquake.

Seismic isolators provide sufficient flexibility to the structure, so that the natural period of the structure differentiates as much as possible from the natural period of the earthquake. This prevents the occurrence of resonance, which could lead to severe damage or even collapse of a structure.

An effective seismic isolation system shall provide the following main functions:

- Performance under all service loads, vertical and horizontal; shall be as effective as conventional structural bearings
- Provide enough horizontal flexibility in order to reach the target natural period for the isolated structure
- Re-centring capabilities after the occurrence of a severe earthquake so that no residual displacements can disrupt the serviceability of the structure
- Provide an adequate level of energy dissipation in order to control the displacements that could otherwise damage other structural members



- 1 Schematic view of a LASTO®LRB device
- 2 Principle of seismic isolation – reduction of acceleration by means of period shifting
- 3 LASTO®LRB device ready for installation
- 4 Viaduct de Chillon, Switzerland, retrofitted with LASTO®LRB bearings

# 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)	$\xi$ (%)
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	$\xi$	Damping ratio



# Quality & support

## Quality

For five decades, mageba bearings have proven their worth in thousands of structures under most demanding conditions. In addition to the product properties, the extensive experience of mageba's well-qualified manufacturing and installation staff also contributes to the high quality and durability of the products.

mageba has a process-orientated quality system that is certified in accordance with ISO 9001:2008. Quality is also regularly inspected by independent institutes, such as the materials testing body (MPA) of the University of Stuttgart. mageba factories are certified for welding in accordance with ISO 3834-2, and according to the current steel construction standard EN 1090.

## CE Certification

LASTO®LRB lead rubber bearings are designed and manufactured in accordance with European Standard EN 15129:2009 and with EN 1337. Bearings are marked with the CE mark of conformity, which confirms that they satisfy all requirements of this standard, without exception. All necessary type testing performed on LASTO®LRB devices was carried out at an independent testing facility and fully supervised by a certified body.

mageba LASTO®LRB lead rubber bearings can also be designed and manufactured in accordance with other international specifications, such as the "AASHTO Guide Specification for Seismic Isolation Design", Japanese Specifications, National Norms, etc.

## Testing

If required by the client, full-scale factory production control testing can be carried out. mageba performs the tests in-house as well as with independent 3<sup>rd</sup> party test institutes. Commonly performed tests are based on European Standard EN 15129:2009 or AASHTO "Guide Specifications for Seismic Isolation Design". For special projects, customised testing can also be performed if requested by the client.

## Customer support

Our product specialists will be glad to advise you in selection of the optimal solution for your project, and to provide you with a quotation.

On our website, [www.mageba.ch](http://www.mageba.ch), you can find further product information, including reference lists and tender documentation.

## Reference projects for mageba seismic devices



Awaza Bridge (TM)



Flendruz (CH)



Langenargen (DE)



Ramstore Bridge (KZ)



Agin Bridge (TR)



Vasco da Gama Bridge (PT)

## mageba seismic devices



RESTON®SA & STU



RESTON®PSD



RESTON®PENDULUM



LASTO®LRB & HDRB

**mageba**  
Switzerland [www.mageba.ch](http://www.mageba.ch)

engineering connections®



## DAFTAR GAMBAR

### MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN LRT CIKUNIR BENTANG 105 METER MENGUNAKAN U-BOX GIRDER PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL BALANCED CANTILEVER

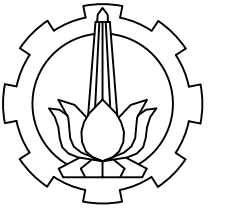
KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	DENAH LOKASI JEMBATAN EKSISTING	01
STR	POTONGAN MEMANJANG EKSISTING DAN RENCANA	02
STR	DENAH JEMBATAN	03
STR	DATA TANAH	04
STR	SKEMA LAYOUT TENDON MENERUS	05
STR	LAYOUT TENDON KANTILEVER (1/2)	06
STR	LAYOUT TENDON KANTILEVER (2/2)	07
STR	LAYOUT TENDON MENERUS	08
STR	POTONGAN 1 - 4 TENDON KANTILEVER	09
STR	POTONGAN 5 - 8 TENDON KANTILEVER	10
STR	POTONGAN 9 - 12 TENDON KANTILEVER	11
STR	POTONGAN 13 - 16 TENDON KANTILEVER	12
STR	POTONGAN 17 - 20 TENDON KANTILEVER	13
STR	POTONGAN 25 - 28 TENDON BENTANG MENERUS	14
STR	POTONGAN 29 - 32 TENDON BENTANG MENERUS	15
STR	POTONGAN 33 - 36 TENDON BENTANG MENERUS	16
STR	POTONGAN 37 - 39 TENDON BENTANG MENERUS	17
STR	DETAIL <i>BURSTING STEEL</i>	18
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (1/20)	19
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (2/20)	20
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (3/20)	21
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (4/20)	22
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (5/20)	23
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (6/20)	24

KODE GAMBAR	NAMA GAMBAR	NO. GAMBAR
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (7/20)	25
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (8/20)	26
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (9/20)	27
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (10/20)	28
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (11/20)	29
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (12/20)	30
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (13/20)	31
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (14/20)	32
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (15/20)	33
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (16/20)	34
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (17/20)	35
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (18/20)	36
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (19/20)	37
STR	PENULANGAN U - BOX GIRDER (20/20)	38
STR	PENULANGAN PIER P1	39
STR	PENULANGAN PIER P4	40
STR	PENULANGAN PILE CAP P1 DAN P4	41
STR	DIMENSI PILE CAP P2 DAN P3	42
STR	PENULANGAN PIER P2	43
STR	PENULANGAN PIER P3	44
STR	PENULANGAN PILE CAP P2 DAN P3	45
STR	PENULANGAN BORE PILE P1 DAN P4	46
STR	PENULANGAN BORE PILE P2	47
STR	PENULANGAN BORE PILE P3	48









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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
CIKUNIR BENTANG 105 METER  
MENGUNAKAN U-BOX GIRDER  
PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
fc' 40 MPa (Pilar)  
fc' 30 MPa (Bore Pile)  
Mutu Baja Tulangan :  
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

DENAH LOKASI JEMBATAN EKSISTING

**SKALA**

1 : 750

**KODE GAMBAR**

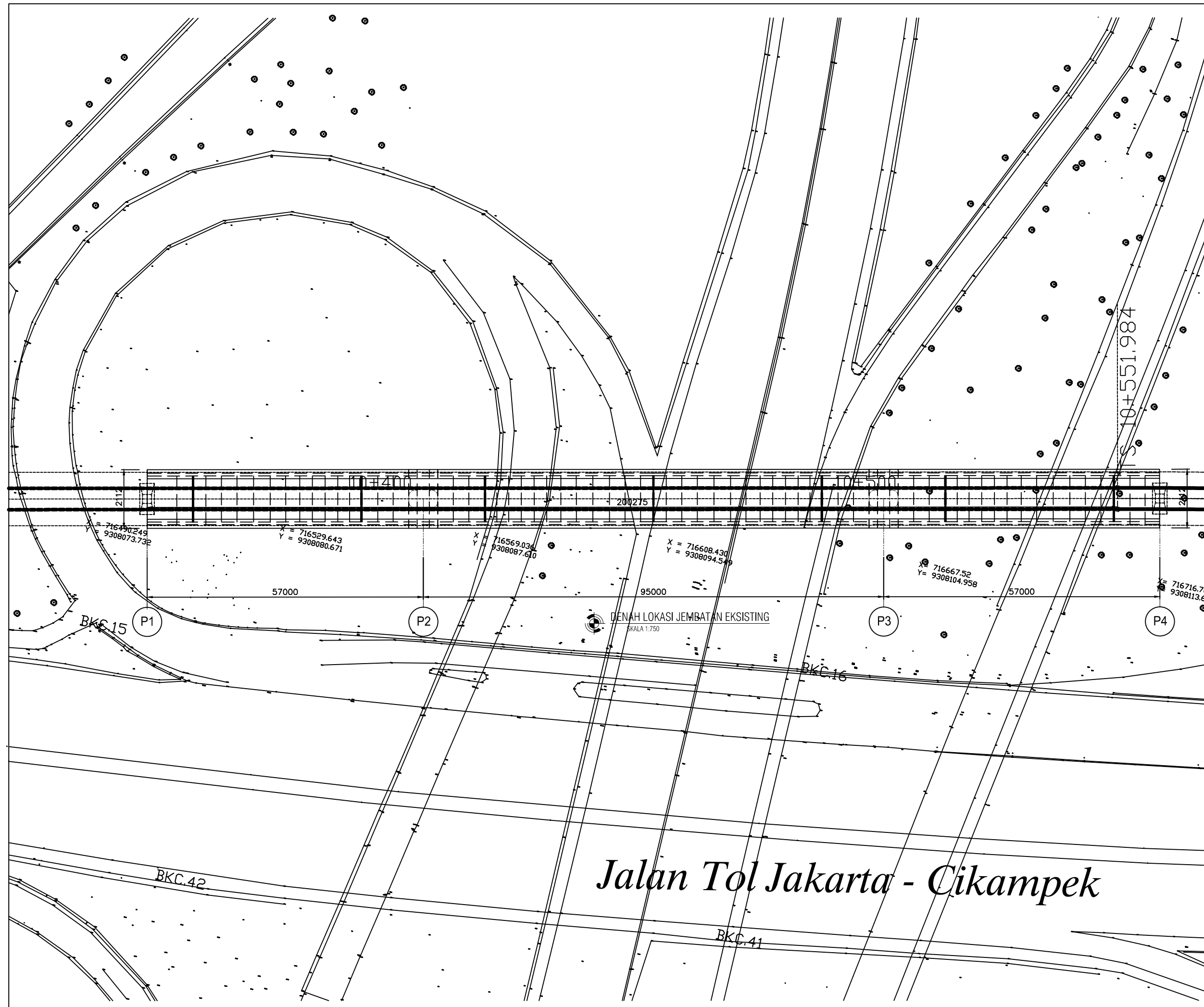
STR

**NO. GAMBAR**

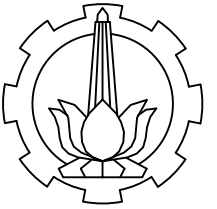
01

**JUMLAH GAMBAR**

48



*Jalan Tol Jakarta - Cikampek*



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBRAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

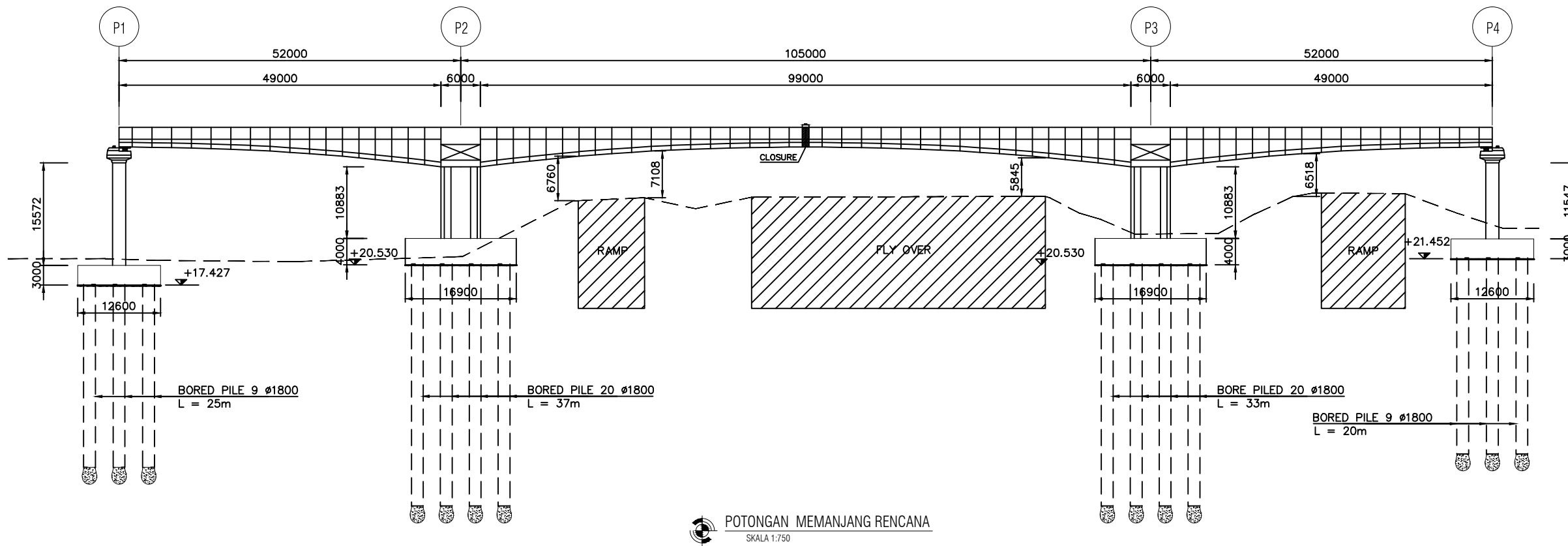
POTONGAN MEMANJANG EKSTING  
 DAN RENCANA

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

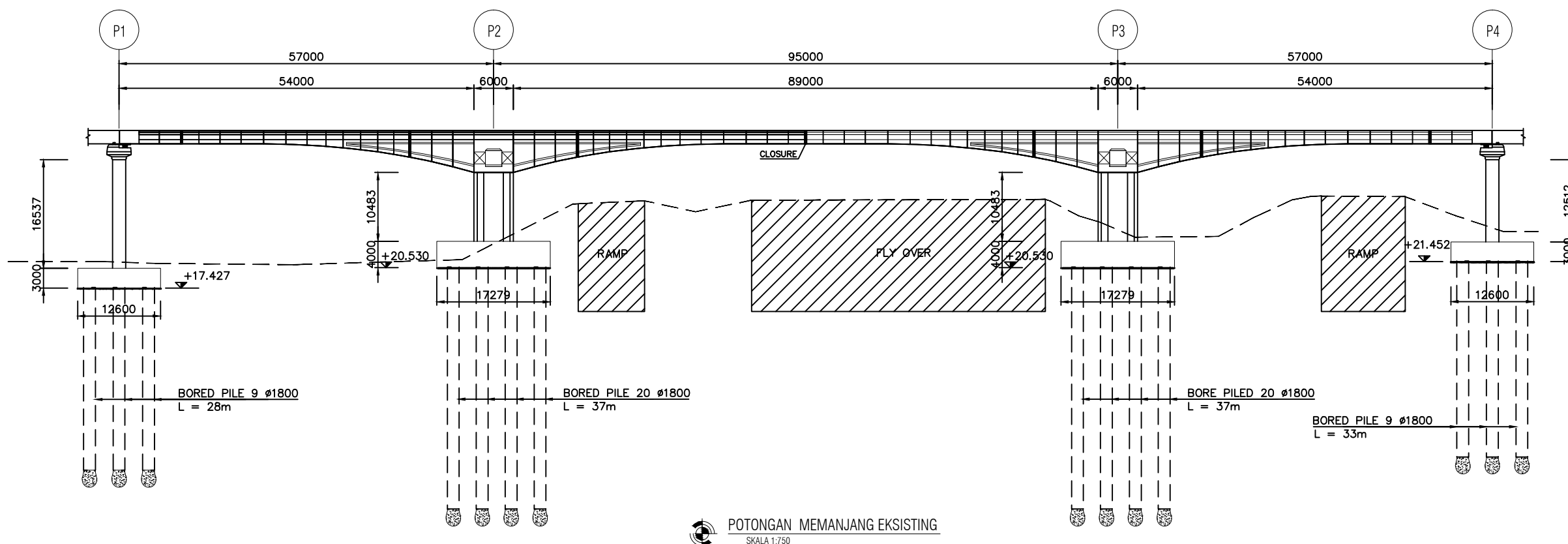
1 : 750      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

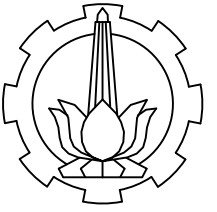
02      48



POTONGAN MEMANJANG RENCANA  
 SKALA 1:750



POTONGAN MEMANJANG EKSTING  
 SKALA 1:750



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

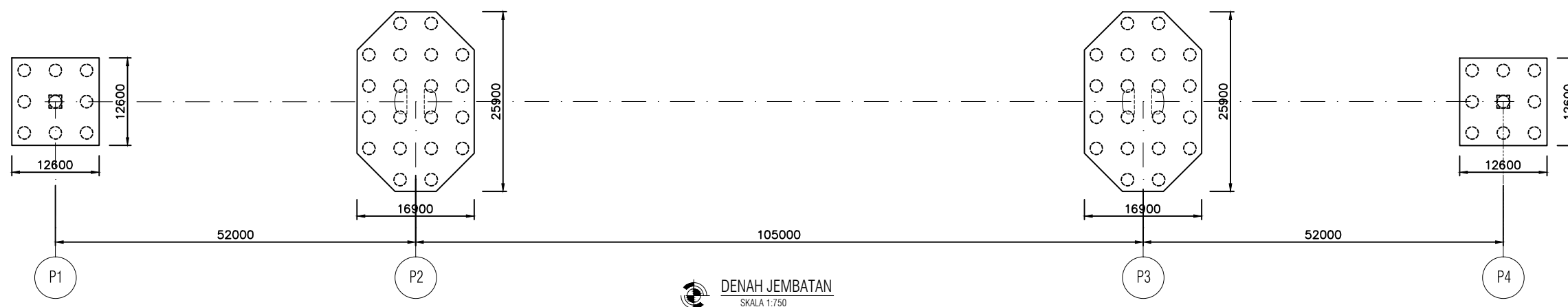
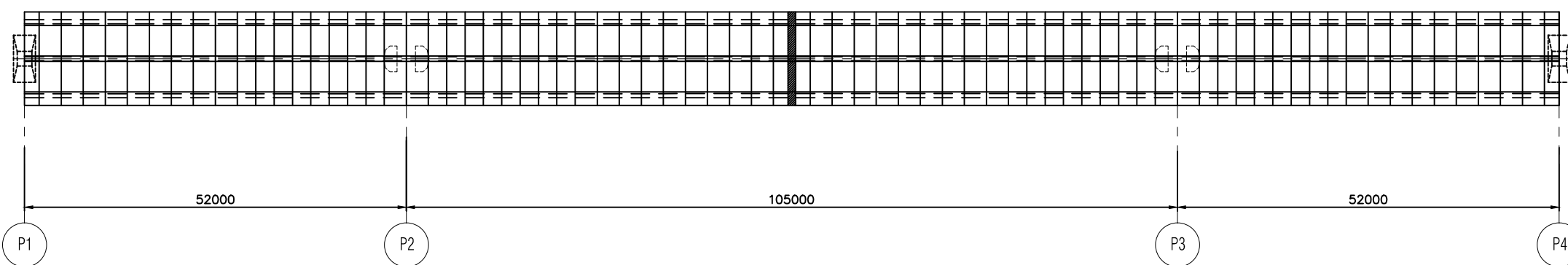
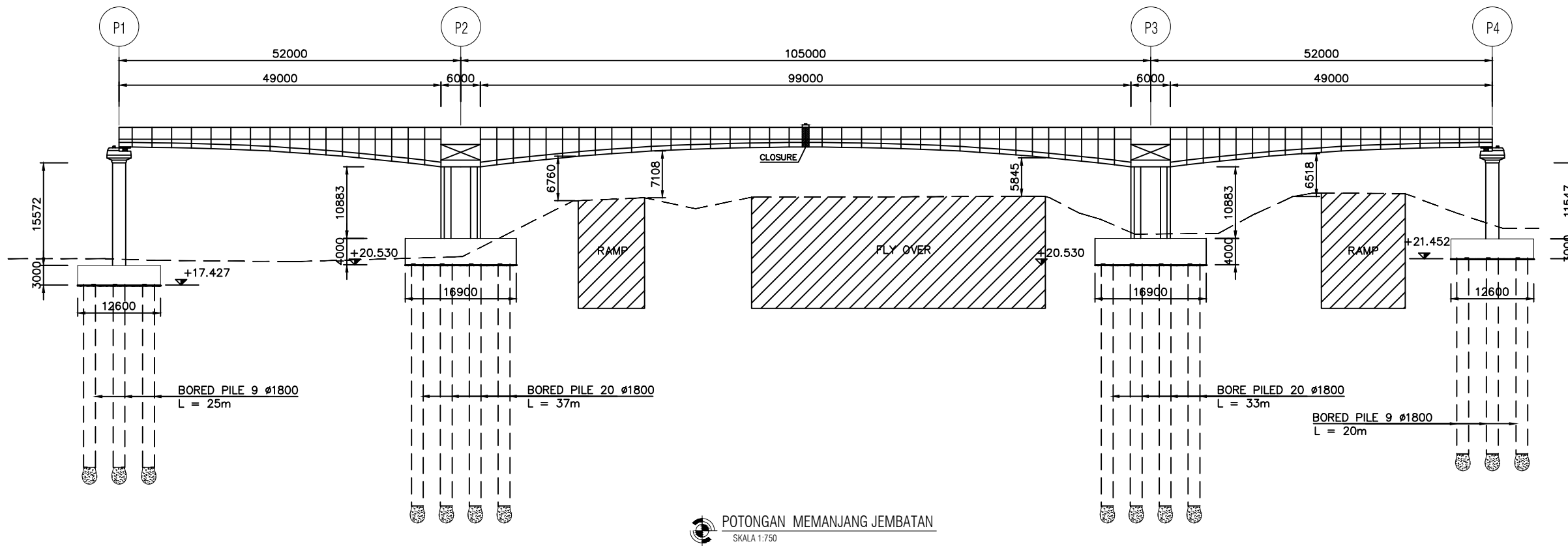
DENAH JEMBATAN

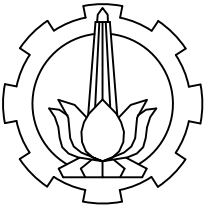
**SKALA**      **KODE GAMBAR**

1 : 750      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

03      48





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

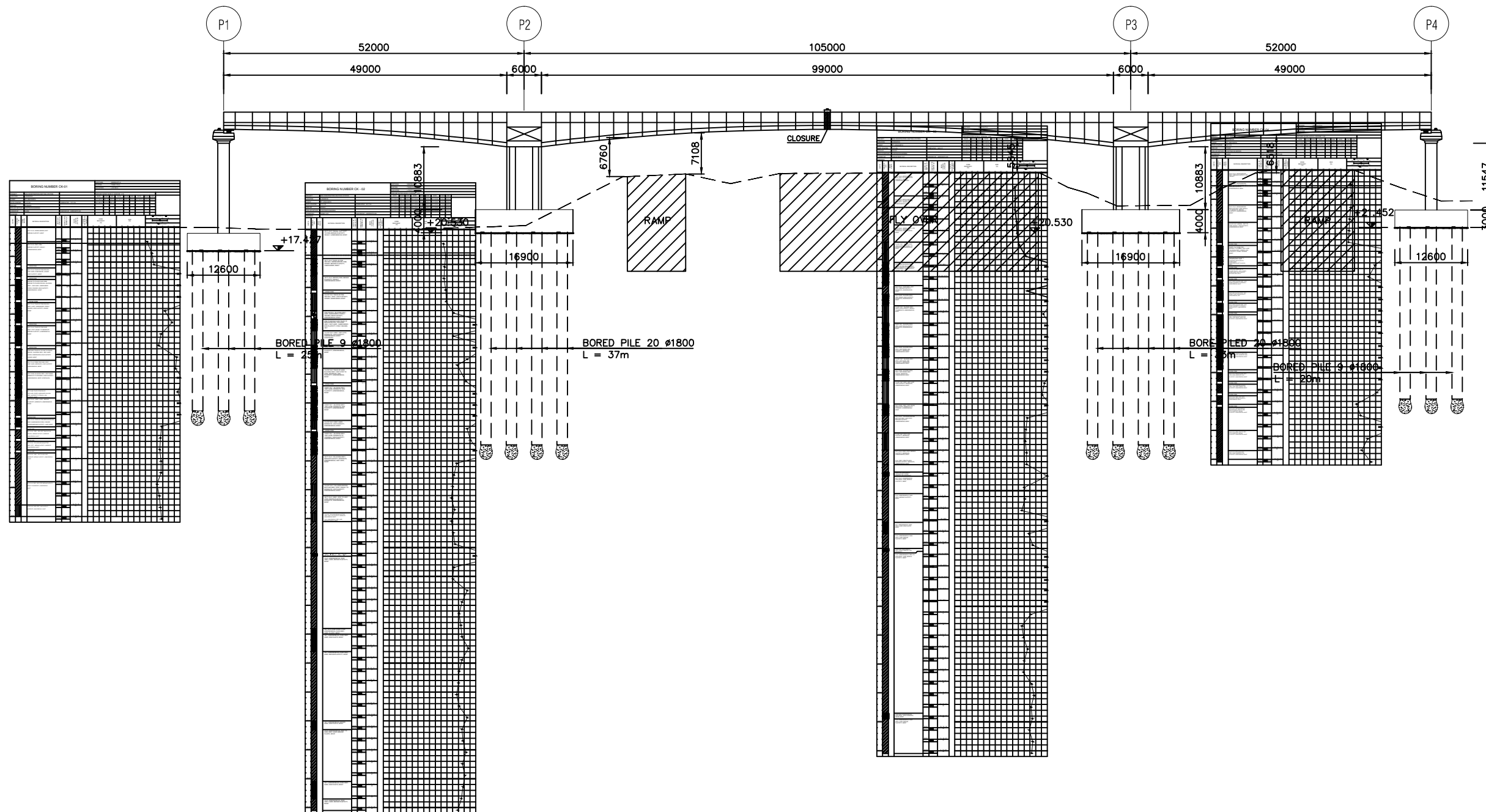
DATA TANAH

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

1 : 800	STR
---------	-----

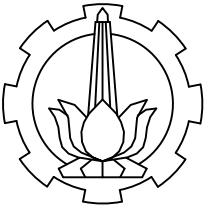
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------------	---------------

04	48
----	----



POTONGAN MEMANJANG JEMBATAN  
 SKALA 1:800





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

SKEMA LAYOUT TENDON  
 MENERUS

**SKALA**

1 : 700

**KODE GAMBAR**

STR

**NO. GAMBAR**

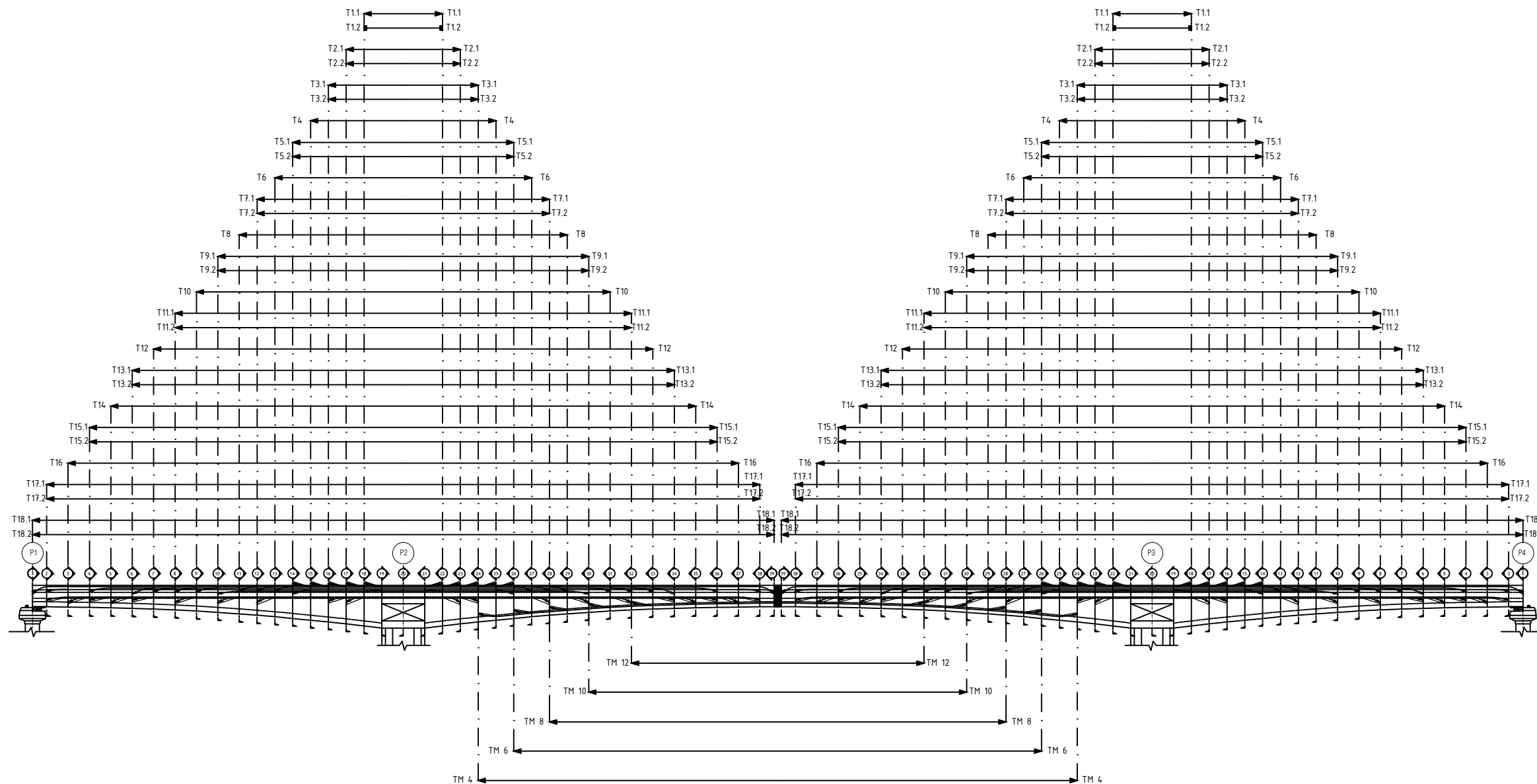
05

**JUMLAH GAMBAR**

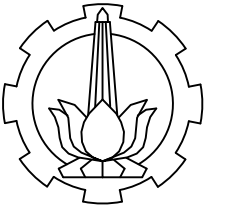
48

**NOTE :**

- ← : LIFE ANCHOR
- ▬ : DEAD ANCHOR



SKEMA LAYOUT TENDON MENERUS  
 SKALA 1:700



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

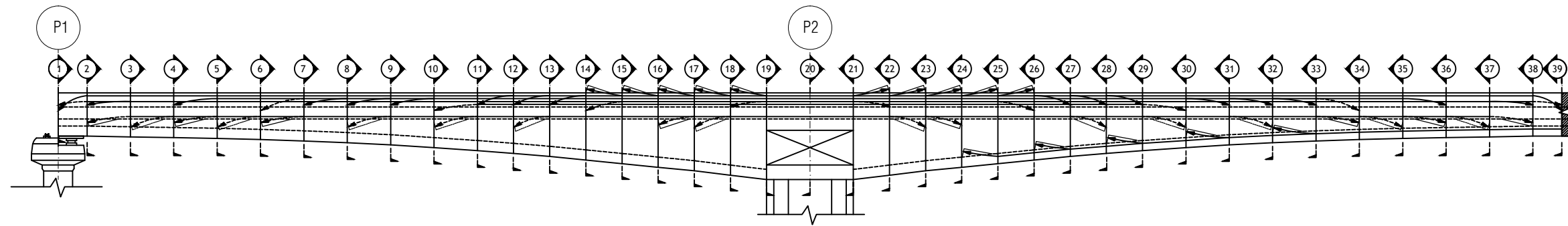
LAYOUT TENDON KANTILEVER  
 (1/2)

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

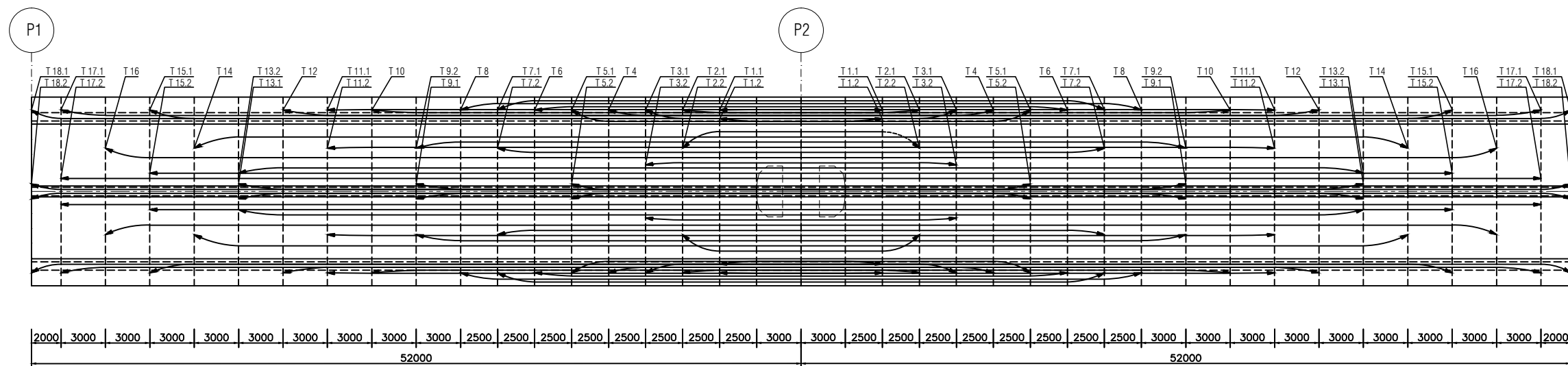
1 : 350      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

06      48



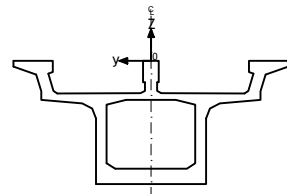
POTONGAN MEMANJANG U-BOX GIRDER  
 SKALA 1:350



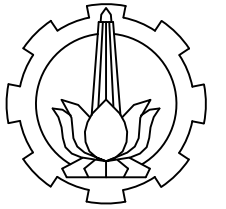
LAYOUT TENDON KANTILEVER  
 SKALA 1:350

KOORDINAT TENDON KANTILEVER

T 1.1			T 1.2			T 2.1			T 2.2			T 3.1			T 3.2			T 4			T 5.1			T 5.2			T 6			T 7.1			T 7.2			T 8			T 9.1			T 9.2					
x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
-5.50	5.00	0.26	-5.50	4.72	-0.93	-8.00	5.00	0.26	-8.00	2.92	-2.40	-10.50	5.00	0.26	-10.50	1.80	-2.22	-13.00	5.00	0.26	-15.50	5.00	0.26	-15.50	0.50	-1.24	-18.00	5.50	-0.83	-20.50	5.50	-0.83	-20.50	2.92	-2.40	-23.00	5.50	-0.83	-26.00	0.50	-1.24	-26.00	2.92	-2.40			
-3.00	5.52	-0.20	-3.00	4.72	-0.40	-5.50	5.32	-0.20	-5.50	4.03	-1.64	-8.00	4.92	-0.20	-8.00	1.93	-1.64	-10.50	5.20	-0.20	-13.00	4.72	-0.20	-13.00	0.12	-0.60	-15.50	5.72	-0.20	-18.00	6.12	-0.20	-18.00	2.63	-1.64	-20.50	5.72	-0.20	-23.00	0.12	-0.8	-23.00	3.33	-1.64			
0.00	5.52	-0.20	0.00	4.72	-0.40	-3.00	5.32	-0.20	-3.00	4.03	-1.64	-5.50	4.92	-0.20	-5.50	1.93	-1.64	-8.00	5.20	-0.20	-10.50	4.72	-0.20	-10.50	0.12	-0.60	-13.00	5.72	-0.20	-15.50	6.12	-0.20	-15.50	2.63	-1.64	-18.00	5.72	-0.20	-20.50	0.12	-0.8	-20.50	3.33	-1.64			
3.00	5.52	-0.20	3.00	4.72	-0.40	0.00	5.32	-0.20	0.00	4.03	-1.64	-3.00	4.92	-0.20	-3.00	1.93	-1.64	-5.50	5.20	-0.20	-8.00	4.72	-0.20	-8.00	0.12	-0.60	-10.50	5.72	-0.20	-13.00	6.12	-0.20	-13.00	2.63	-1.64	-15.50	5.72	-0.20	-18.00	0.12	-0.8	-18.00	3.33	-1.64			
5.50	5.00	0.26	5.50	4.72	-0.93	3.00	5.32	-0.20	3.00	4.03	-1.64	0.00	4.92	-0.20	0.00	1.93	-1.64	-3.00	5.20	-0.20	-5.50	4.72	-0.20	-5.50	0.12	-0.60	-8.00	5.72	-0.20	-10.50	6.12	-0.20	-10.50	2.63	-1.64	-13.00	5.72	-0.20	-15.50	0.12	-0.8	-15.50	3.33	-1.64			
			5.50	5.32	-0.20	5.50	4.03	-1.64	3.00	4.92	-0.20	3.00	1.93	-1.64	0.00	4.92	-0.20	0.00	1.93	-1.64	-3.00	5.20	-0.20	-3.00	0.12	-0.60	-5.50	5.72	-0.20	-8.00	6.12	-0.20	-8.00	2.63	-1.64	-10.50	5.72	-0.20	-13.00	0.12	-0.8	-13.00	3.33	-1.64			
			8.00	5.00	0.26	8.00	2.92	-2.40	5.50	4.92	-0.20	5.50	1.93	-1.64	3.00	5.20	-0.20	0.00	4.72	-0.20	0.00	0.12	-0.60	-3.00	5.72	-0.20	-5.50	6.12	-0.20	-5.50	2.63	-1.64	-8.00	5.72	-0.20	-10.50	0.12	-0.8	-10.50	3.33	-1.64						
						10.50	5.00	0.26	10.50	1.80	-2.22	8.00	5.20	-0.20	8.00	1.93	-1.64	5.50	5.20	-0.20	3.00	4.72	-0.20	3.00	0.12	-0.60	0.00	5.72	-0.20	-3.00	6.12	-0.20	-3.00	2.63	-1.64	-5.50	5.72	-0.20	-8.00	0.12	-0.8	-8.00	3.33	-1.64			
									10.50	5.00	0.26	10.50	1.80	-2.22	8.00	5.20	-0.20	5.50	4.72	-0.20	5.50	0.12	-0.60	3.00	5.72	-0.20	0.00	6.12	-0.20	0.00	6.12	-0.20	0.00	2.63	-1.64	-3.00	5.72	-0.20	-5.50	0.12	-0.8	-5.50	3.33	-1.64			
												10.50	5.20	-0.20	8.00	4.72	-0.20	8.00	0.12	-0.60	5.50	5.72	-0.20	3.00	6.12	-0.20	3.00	6.12	-0.20	3.00	2.63	-1.64	0.00	5.72	-0.20	-3.00	0.12	-0.8	-3.00	3.33	-1.64						
															13.00	5.00	0.26	10.50	4.72	-0.20	10.50	0.12	-0.60	8.00	5.72	-0.20	5.50	6.12	-0.20	5.50	2.63	-1.64	3.00	5.72	-0.20	0.00	0.12	-0.8	0.00	3.33	-1.64						
																		13.00	4.72	-0.20	13.00	0.12	-0.60	10.50	5.72	-0.20	8.00	6.12	-0.20	8.00	2.63	-1.64	5.50	5.72	-0.20	3.00	0.12	-0.8	3.00	3.33	-1.64						
																					15.50	5.00	0.26	15.50	0.50	-1.24	13.00	5.72	-0.20	10.50	6.12	-0.20	10.50	2.63	-1.64	8.00	5.72	-0.20	5.50	0.12	-0.8	5.50	3.33	-1.64			







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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

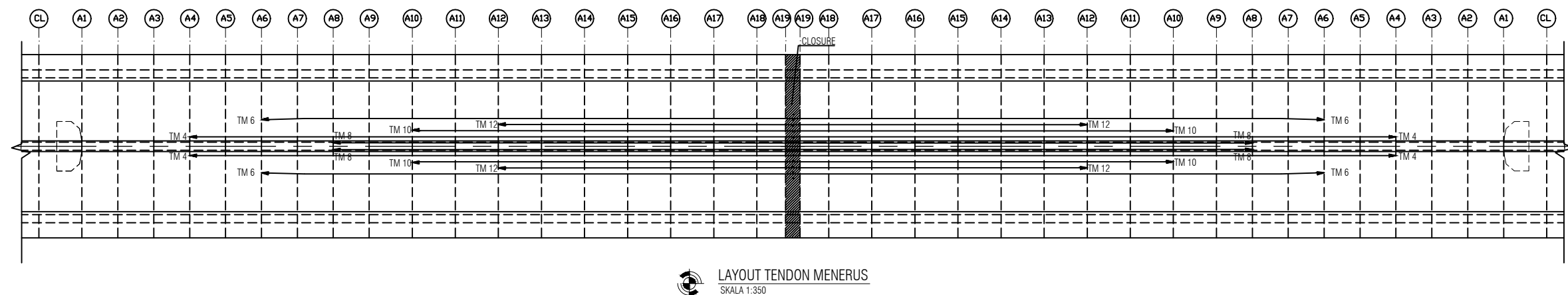
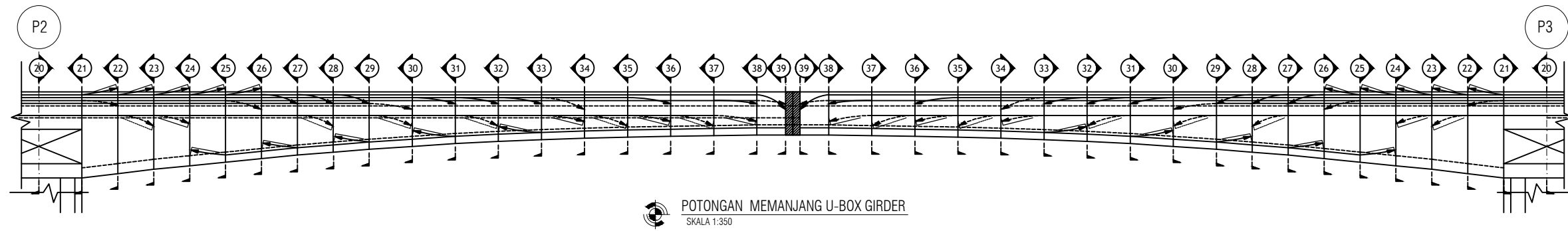
LAYOUT TENDON MENERUS

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

1 : 350      STR

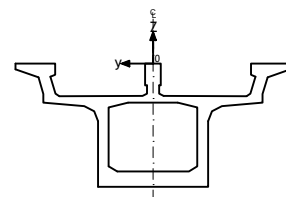
**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

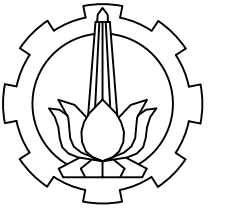
08      48



KOORDINAT TENDON MENERUS

TM 12			TM 10			TM 8			TM 6			TM 4		
x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
32.00	1.50	-2.95	26.00	1.08	-2.56	20.50	0.23	-2.96	18.00	1.93	-3.16	13.00	0.65	-4.06
35.00	1.50	-2.83	29.00	1.08	-3.10	23.00	0.23	-3.50	20.50	1.93	-3.70	15.50	0.65	-4.40
38.00	1.50	-2.73	32.00	1.08	-2.95	26.00	0.23	-3.30	23.00	1.93	-3.50	18.00	0.65	-4.15
41.00	1.50	-2.65	35.00	1.08	-2.83	29.00	0.23	-3.10	26.00	1.93	-3.30	20.50	0.65	-3.89
44.00	1.50	-2.60	38.00	1.08	-2.73	32.00	0.23	-2.95	29.00	1.93	-3.10	23.00	0.65	-3.70
47.00	1.50	-2.55	41.00	1.08	-2.65	35.00	0.23	-2.83	32.00	1.93	-2.95	26.00	0.65	-3.50
50.00	1.50	-2.50	44.00	1.08	-2.60	38.00	0.23	-2.73	35.00	1.93	-2.83	29.00	0.65	-3.30
52.00	1.50	-2.50	47.00	1.08	-2.55	41.00	0.23	-2.65	38.00	1.93	-2.73	32.00	0.65	-3.10
53.00	1.50	-2.50	50.00	1.08	-2.50	44.00	0.23	-2.60	41.00	1.93	-2.65	35.00	0.65	-2.95
55.00	1.50	-2.50	52.00	1.08	-2.50	47.00	0.23	-2.55	44.00	1.93	-2.60	38.00	0.65	-2.83
58.00	1.50	-2.55	53.00	1.08	-2.50	50.00	0.23	-2.50	47.00	1.93	-2.55	41.00	0.65	-2.73
61.00	1.50	-2.60	55.00	1.08	-2.50	52.00	0.23	-2.50	50.00	1.93	-2.50	44.00	0.65	-2.65
64.00	1.50	-2.65	58.00	1.08	-2.55	53.00	0.23	-2.50	52.00	1.93	-2.50	47.00	0.65	-2.60
67.00	1.50	-2.73	61.00	1.08	-2.60	55.00	0.23	-2.50	53.00	1.93	-2.50	50.00	0.65	-2.55
70.00	1.50	-2.83	64.00	1.08	-2.65	58.00	0.23	-2.55	55.00	1.93	-2.50	52.00	0.65	-2.50
73.00	1.50	-2.95	67.00	1.08	-2.73	61.00	0.23	-2.60	58.00	1.93	-2.55	53.00	0.65	-2.50
			70.00	1.08	-2.83	64.00	0.23	-2.65	61.00	1.93	-2.60	55.00	0.65	-2.50
			73.00	1.08	-2.95	67.00	0.23	-2.73	64.00	1.93	-2.65	58.00	0.65	-2.50
			76.00	1.08	-3.10	70.00	0.23	-2.83	67.00	1.93	-2.73	61.00	0.65	-2.55
			79.00	1.08	-2.56	73.00	0.23	-2.95	70.00	1.93	-2.83	64.00	0.65	-2.60
						76.00	0.23	-3.10	73.00	1.93	-2.95	67.00	0.65	-2.65
						79.00	0.23	-3.30	76.00	1.93	-3.10	70.00	0.65	-2.73
						82.00	0.23	-3.50	79.00	1.93	-3.30	73.00	0.65	-2.83
						84.50	0.23	-2.96	82.00	1.93	-3.50	76.00	0.65	-2.95
									84.50	1.93	-3.70	79.00	0.65	-3.10
									87.00	1.93	-3.16	82.00	0.65	-3.30
									89.50	1.93	-3.70	84.50	0.65	-3.50
									92.00	1.93	-3.50	87.00	0.65	-3.70
												89.50	0.65	-3.89
												92.00	0.65	-4.15
												94.50	0.65	-4.40
												97.00	0.65	-4.06





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBRAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 $f_c'$  50 MPa (U-Box Girder)  
 $f_c'$  40 MPa (Pilar)  
 $f_c'$  30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 $f_y = 240$  MPa (Tulangan < D13 mm)  
 $f_y = 400$  MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

POTONGAN 1 - 4 TENDON  
 KANTILEVER

**SKALA**

1 : 100

**KODE GAMBAR**

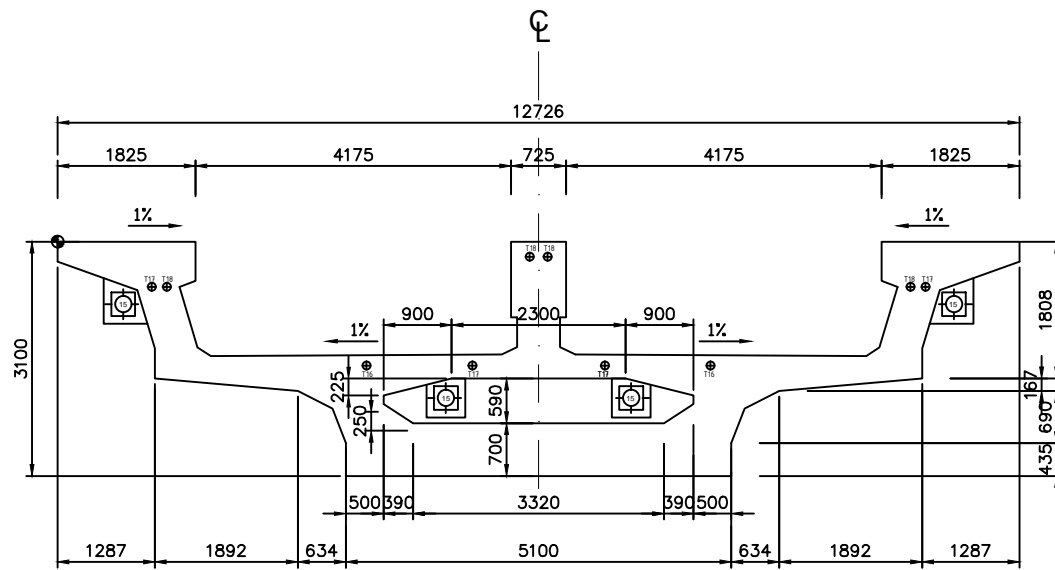
STR

**NO. GAMBAR**

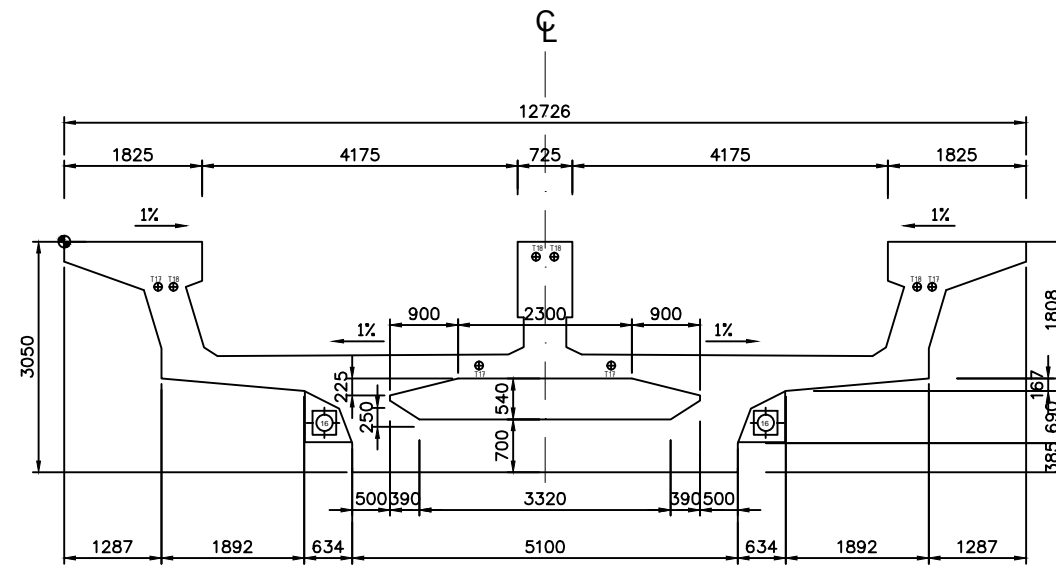
**09**

**JUMLAH GAMBAR**

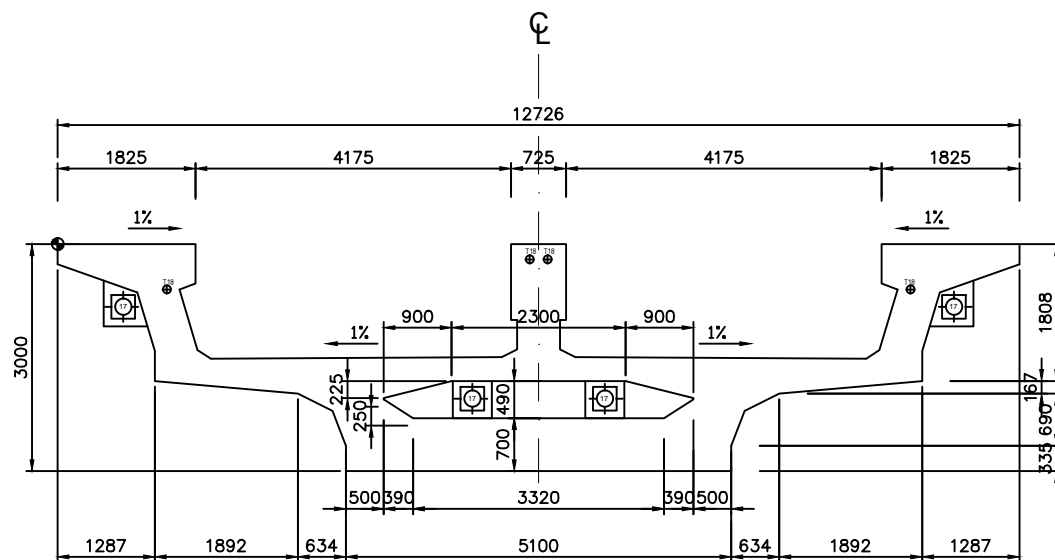
48



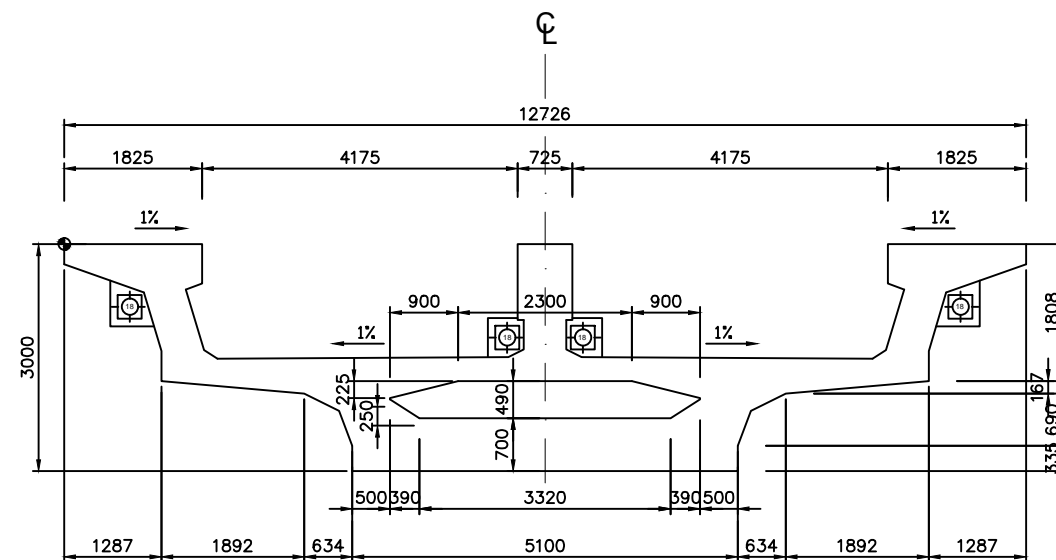
POTONGAN 4 - 4  
 SKALA 1:100



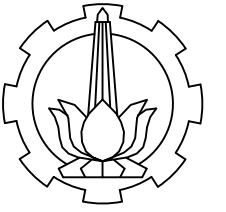
POTONGAN 3 - 3  
 SKALA 1:100



POTONGAN 2 - 2  
 SKALA 1:100



POTONGAN 1 - 1  
 SKALA 1:100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

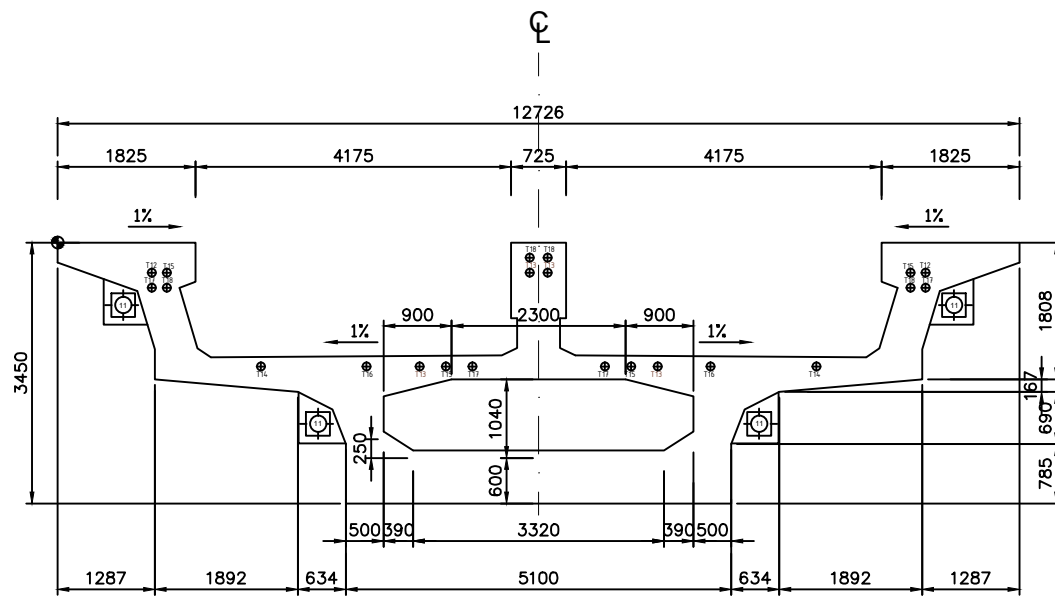
POTONGAN 5 - 8 TENDON  
 KANTILEVER

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

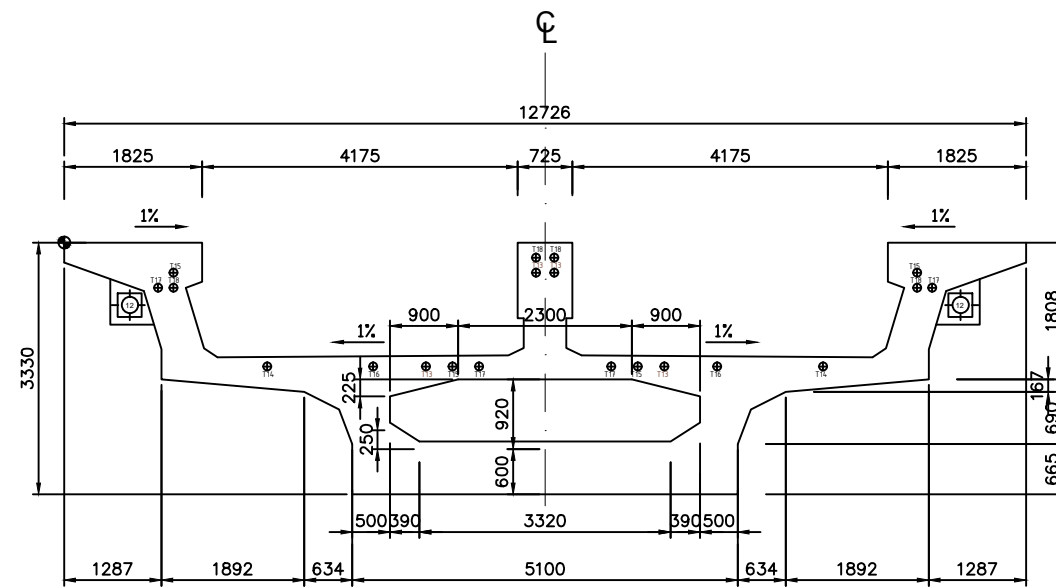
1 : 100      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

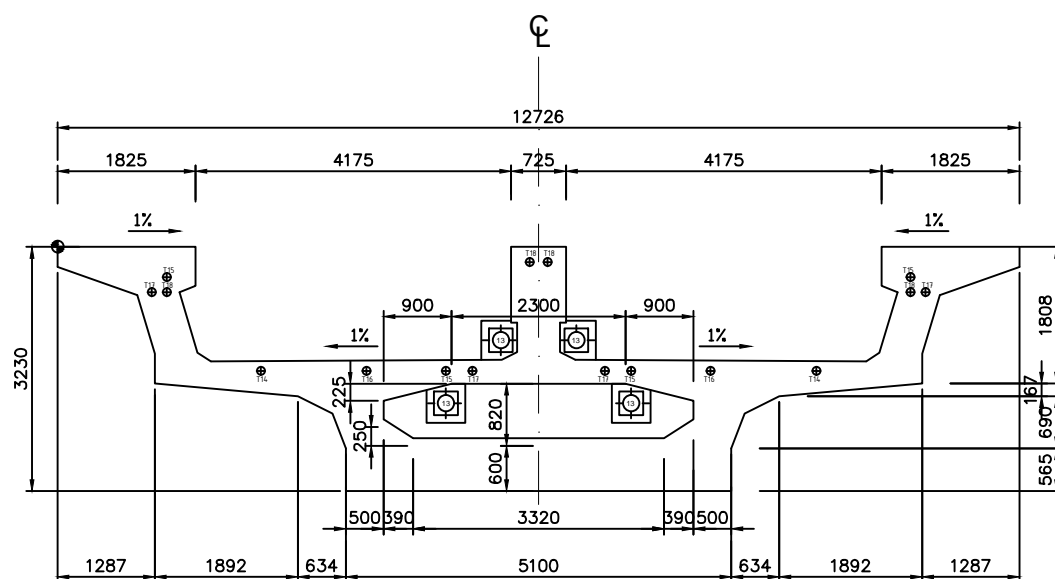
**10**      48



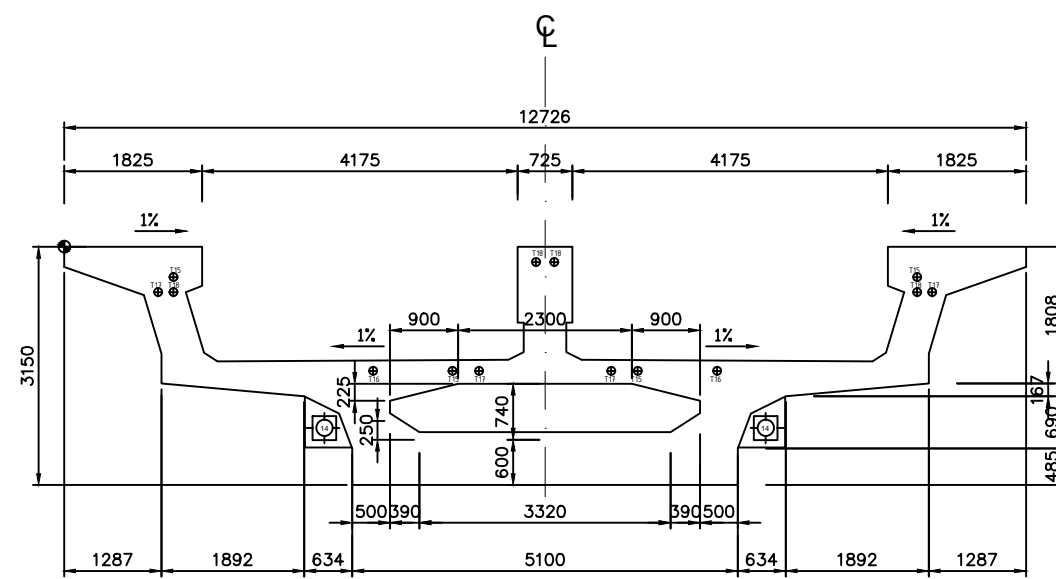
POTONGAN 8 - 8  
 SKALA 1:100



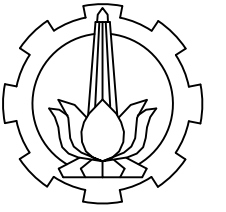
POTONGAN 7 - 7  
 SKALA 1:100



POTONGAN 6 - 6  
 SKALA 1:100



POTONGAN 5 - 5  
 SKALA 1:100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

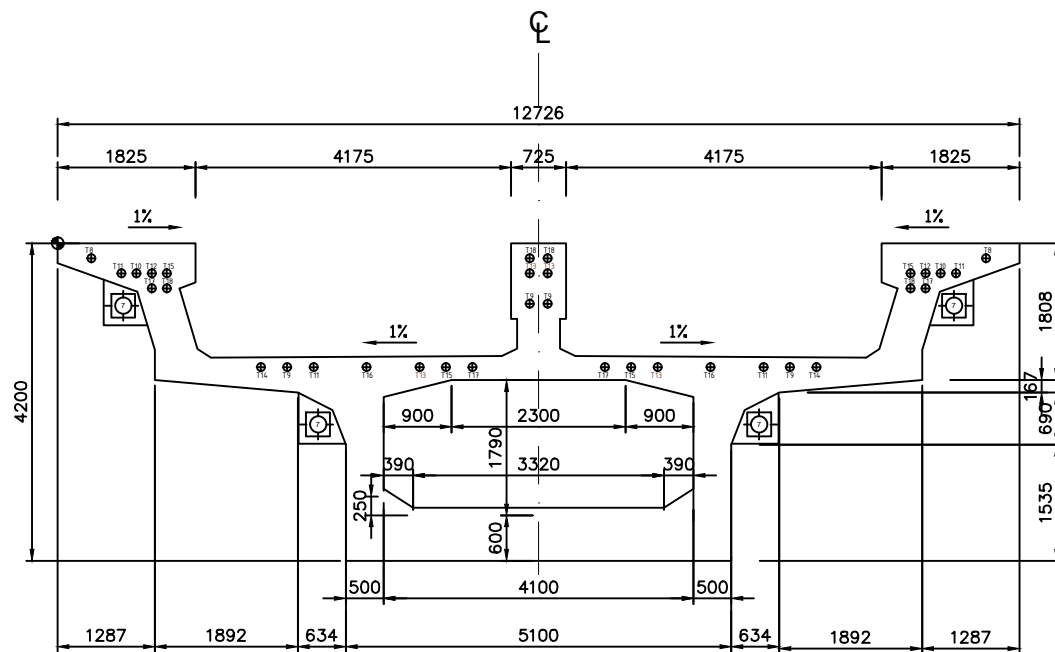
POTONGAN 9 - 12 TENDON  
 KANTILEVER

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

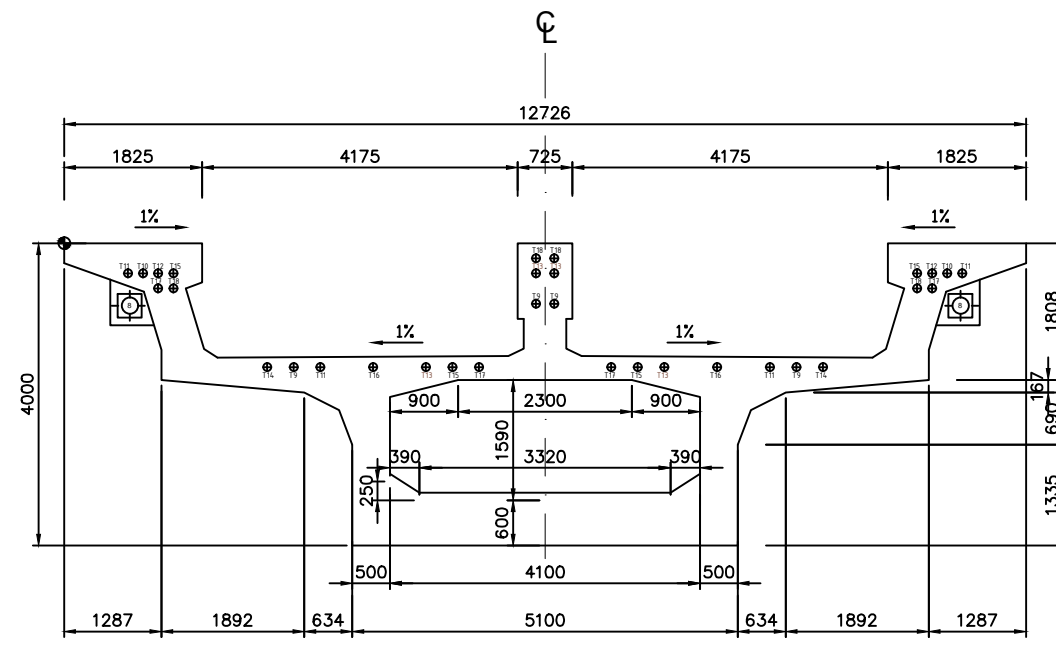
1 : 100	STR
---------	-----

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

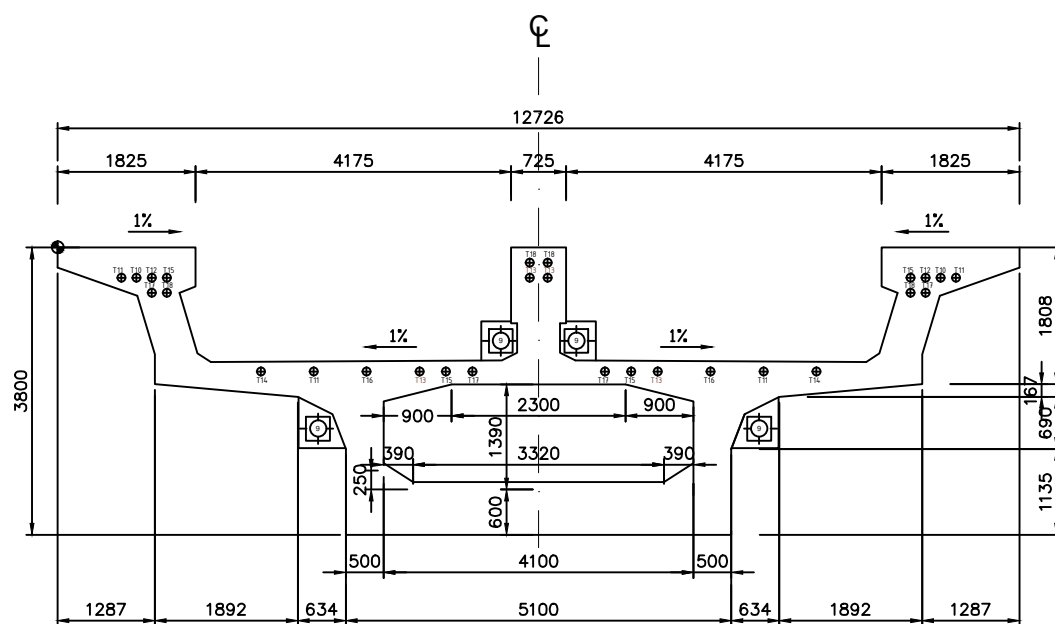
11	48
----	----



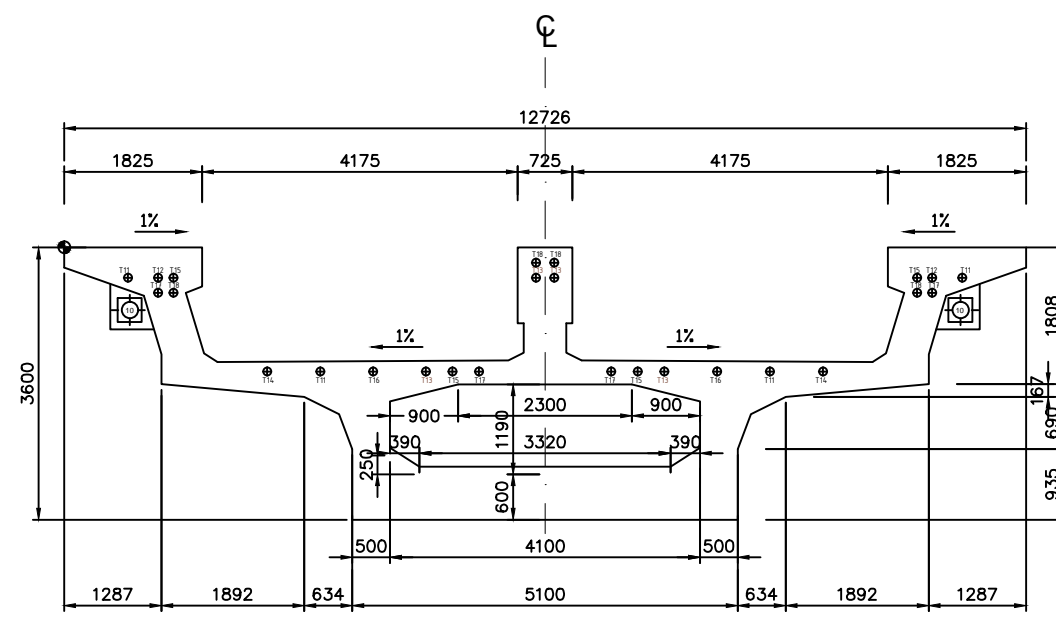
POTONGAN 12 - 12  
 SKALA 1:100



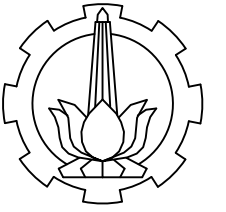
POTONGAN 11 - 11  
 SKALA 1:100



POTONGAN 10 - 10  
 SKALA 1:100



POTONGAN 9 - 9  
 SKALA 1:100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

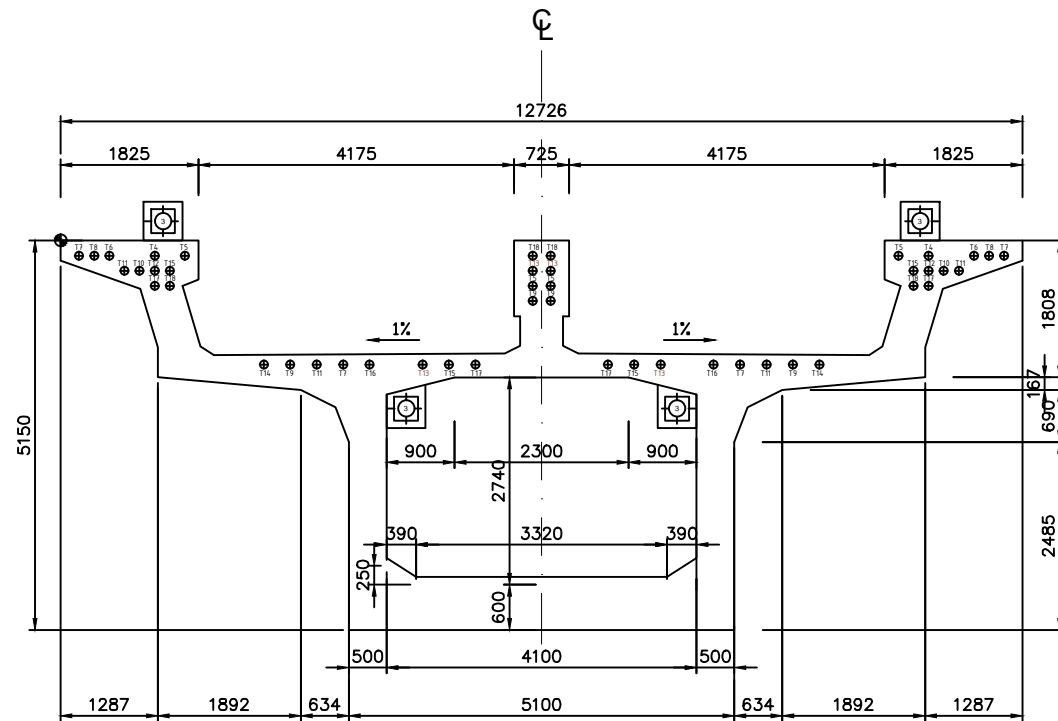
POTONGAN 13 - 16 TENDON  
 KANTILEVER

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

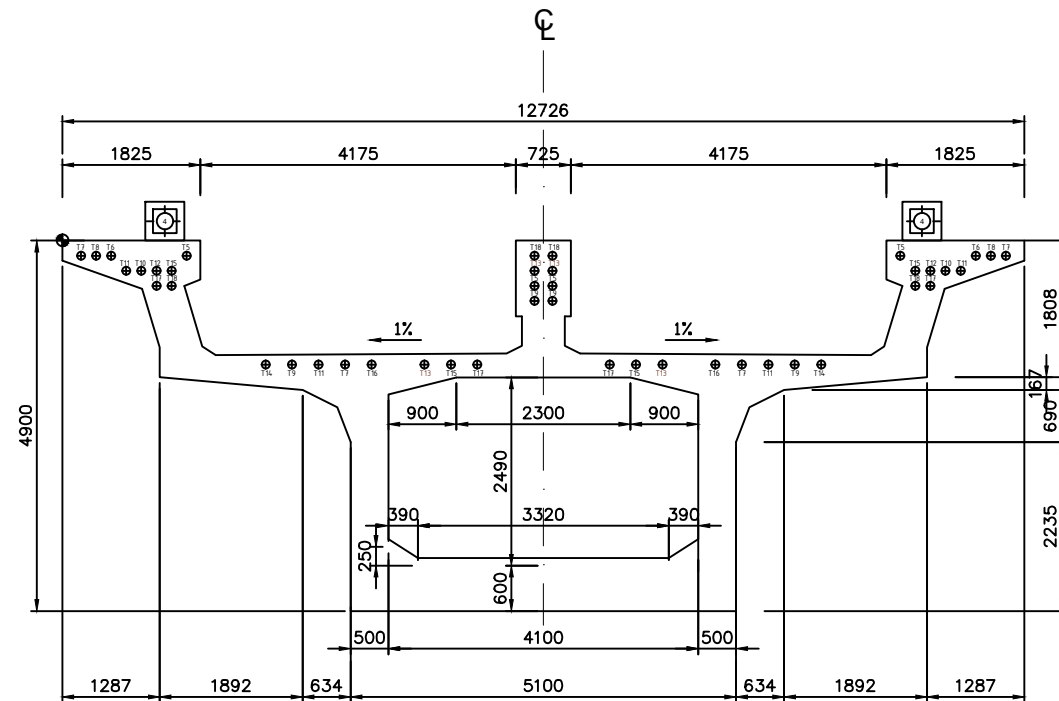
1 : 100      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

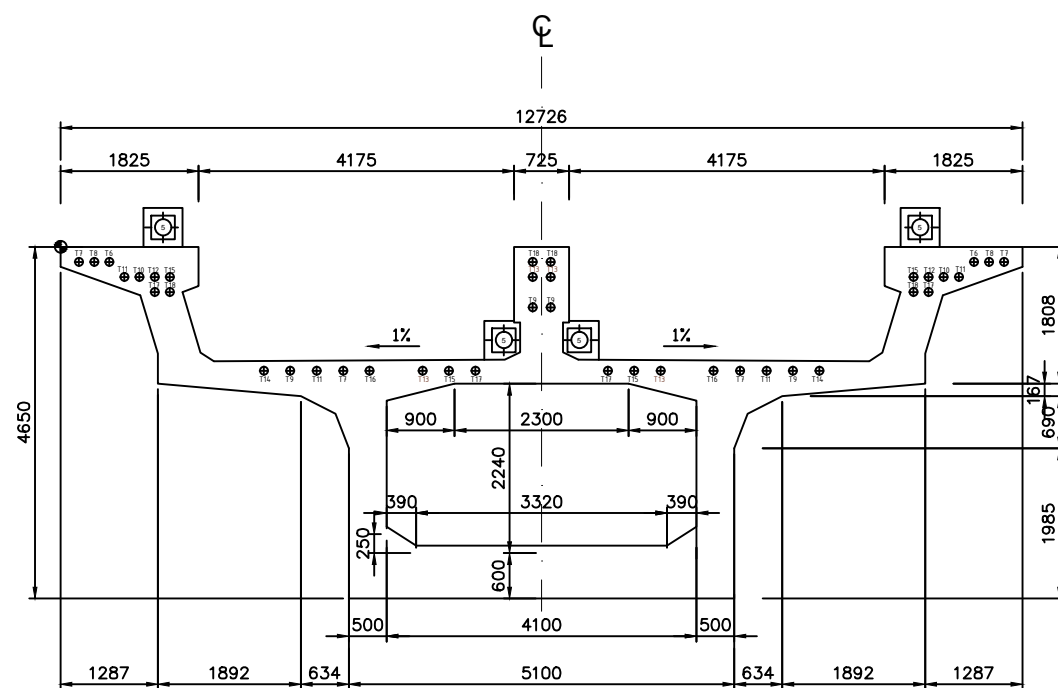
**12**      48



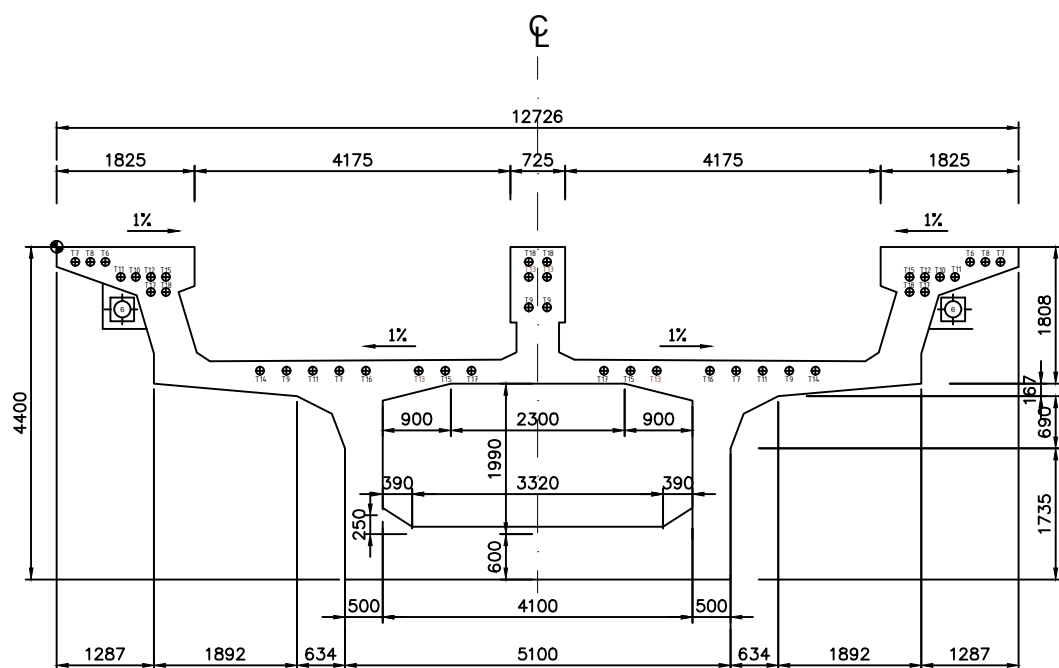
POTONGAN 16 - 16  
 SKALA 1:100



POTONGAN 15 - 15  
 SKALA 1:100

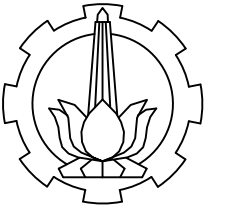


POTONGAN 14 - 14  
 SKALA 1:100



POTONGAN 13 - 13  
 SKALA 1:100





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

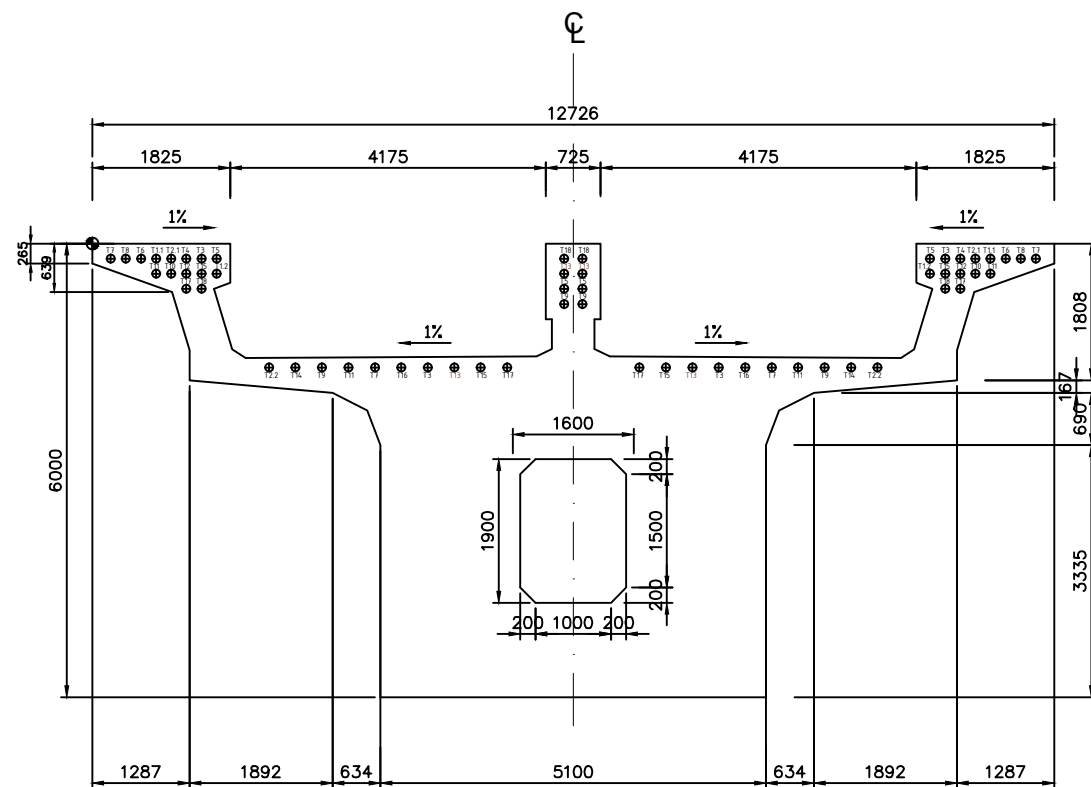
POTONGAN 17 - 20 TENDON  
 KANTILEVER

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

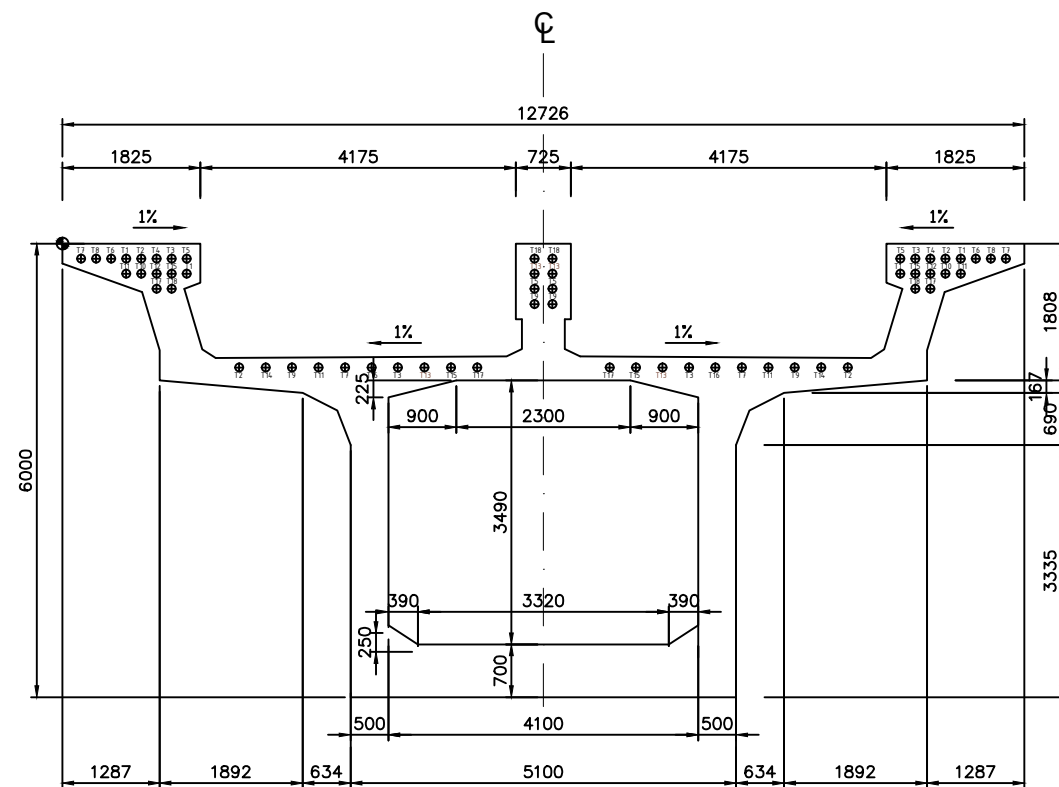
1 : 100      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

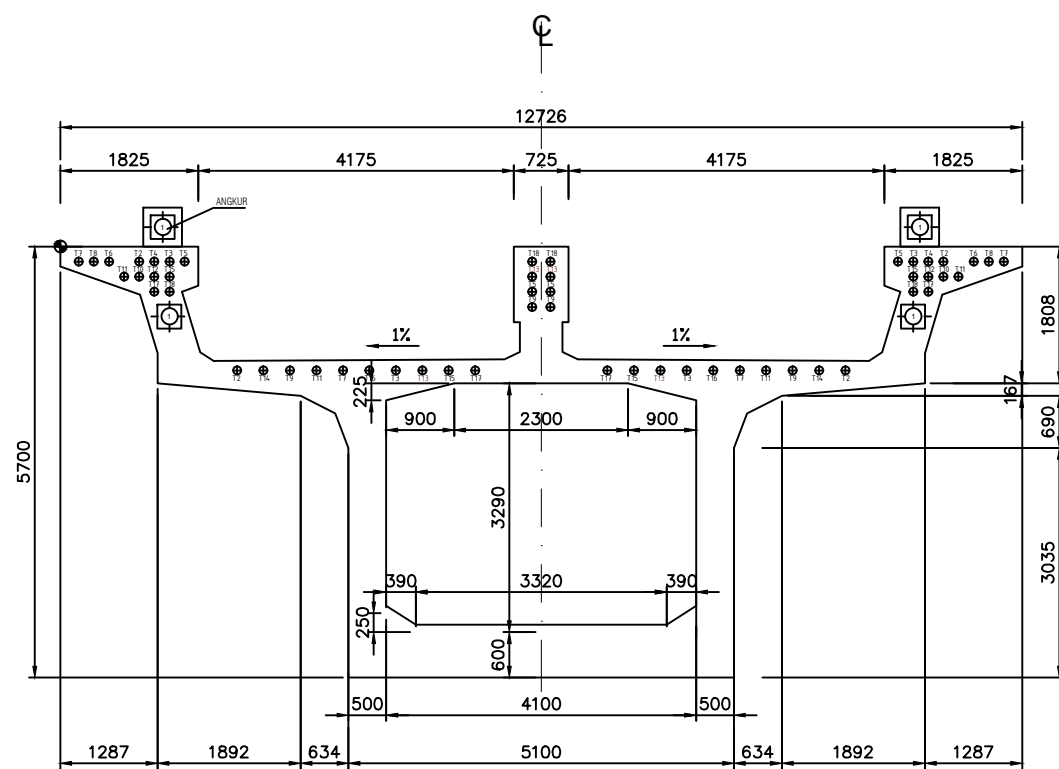
**13**      48



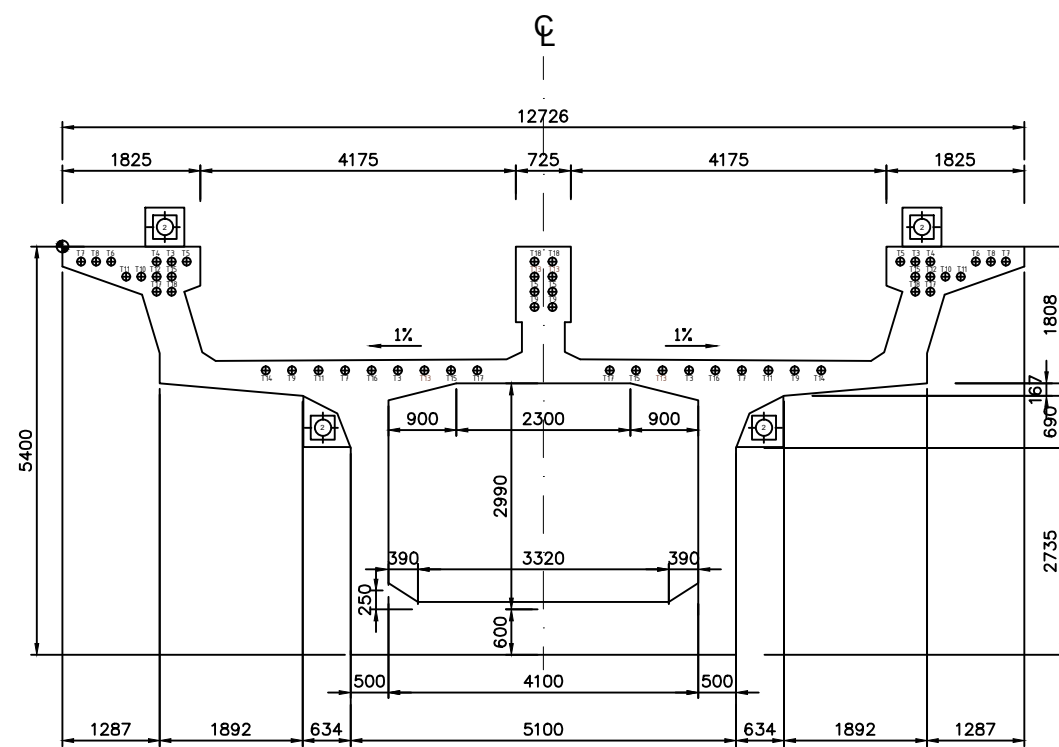
POTONGAN MELINTANG 20 - 20  
 SKALA 1:100



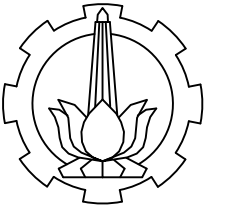
POTONGAN 19 - 19  
 SKALA 1:100



POTONGAN 18 - 18  
 SKALA 1:100



POTONGAN 17 - 17  
 SKALA 1:100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

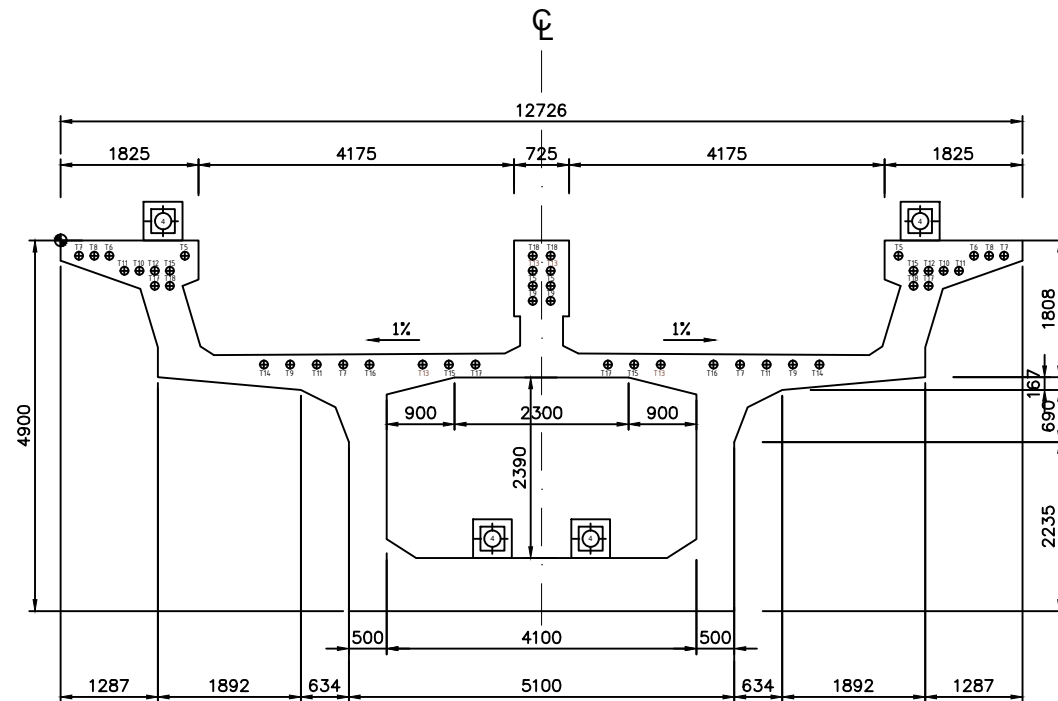
POTONGAN 25 - 28 TENDON  
 BENTANG MENERUS

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

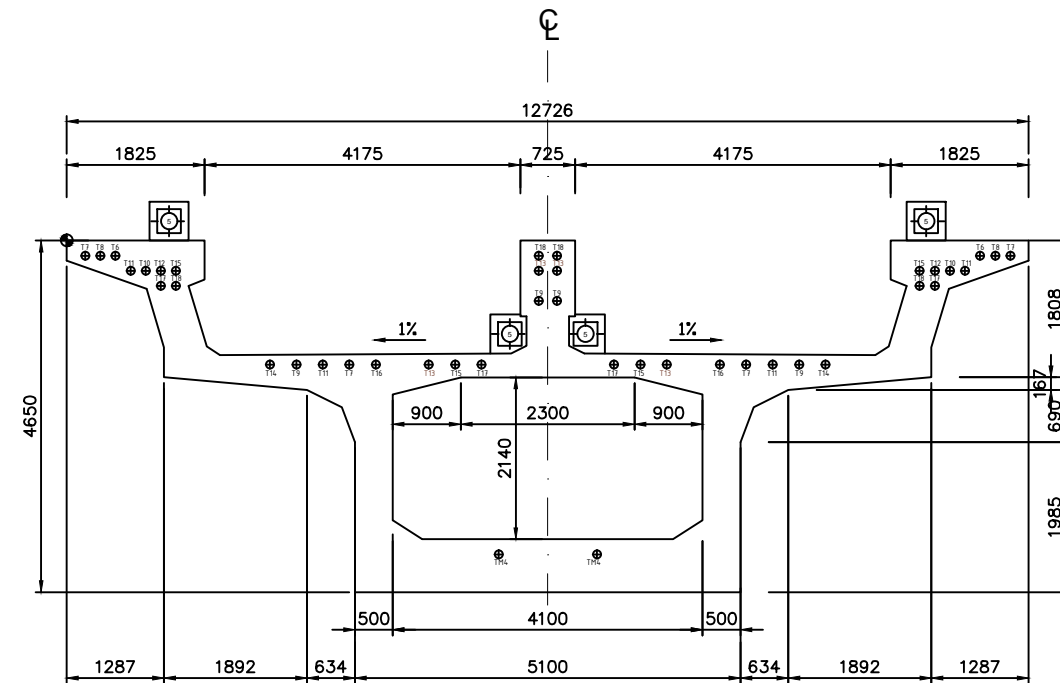
1 : 100      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

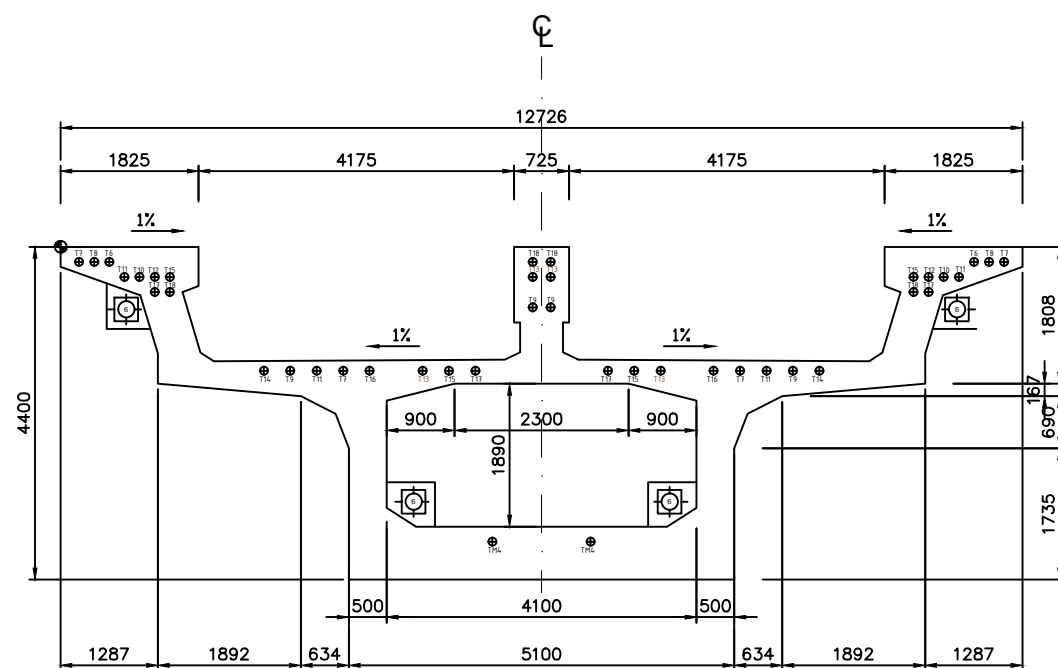
**14**      48



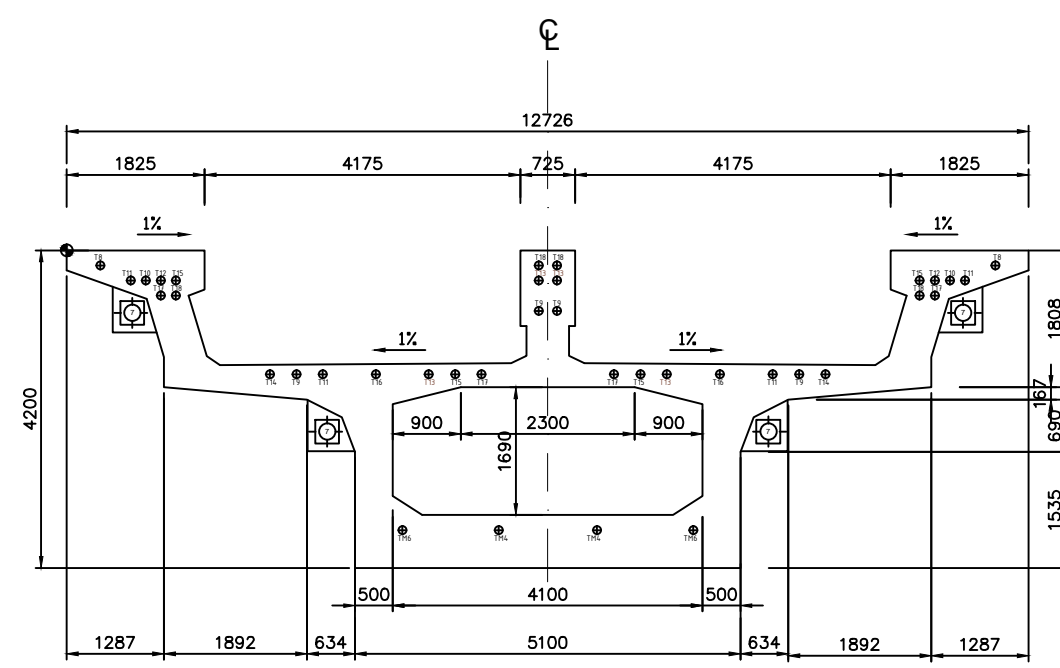
POTONGAN 25 - 25  
 SKALA 1:100



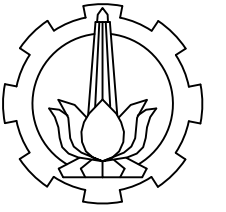
POTONGAN 26 - 26  
 SKALA 1:100



POTONGAN 27 - 27  
 SKALA 1:100



POTONGAN 28 - 28  
 SKALA 1:100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

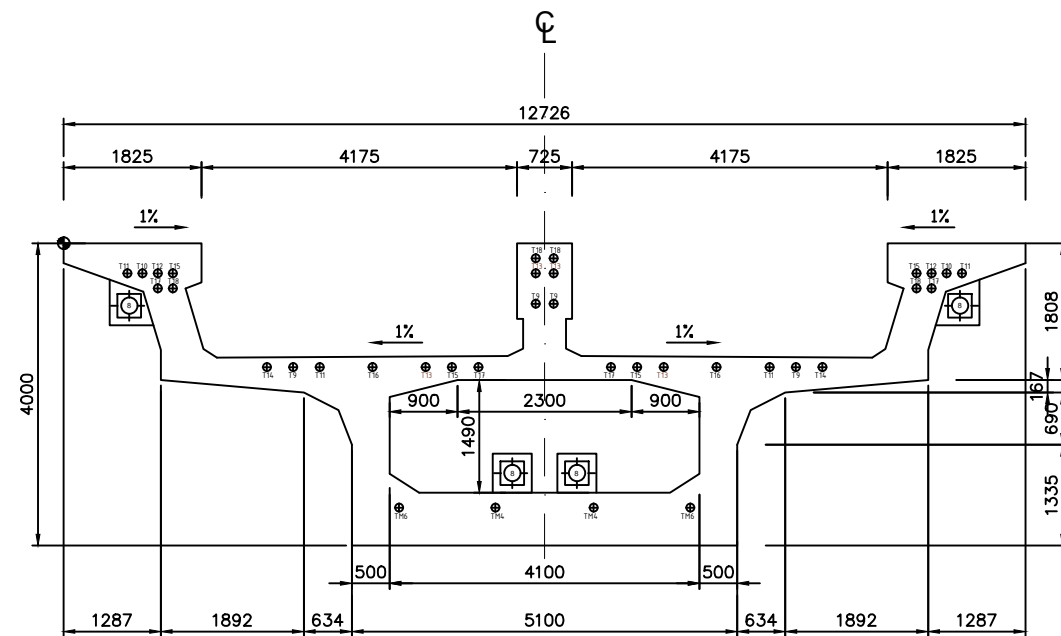
POTONGAN 29 - 32 TENDON  
 BENTANG MENERUS

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

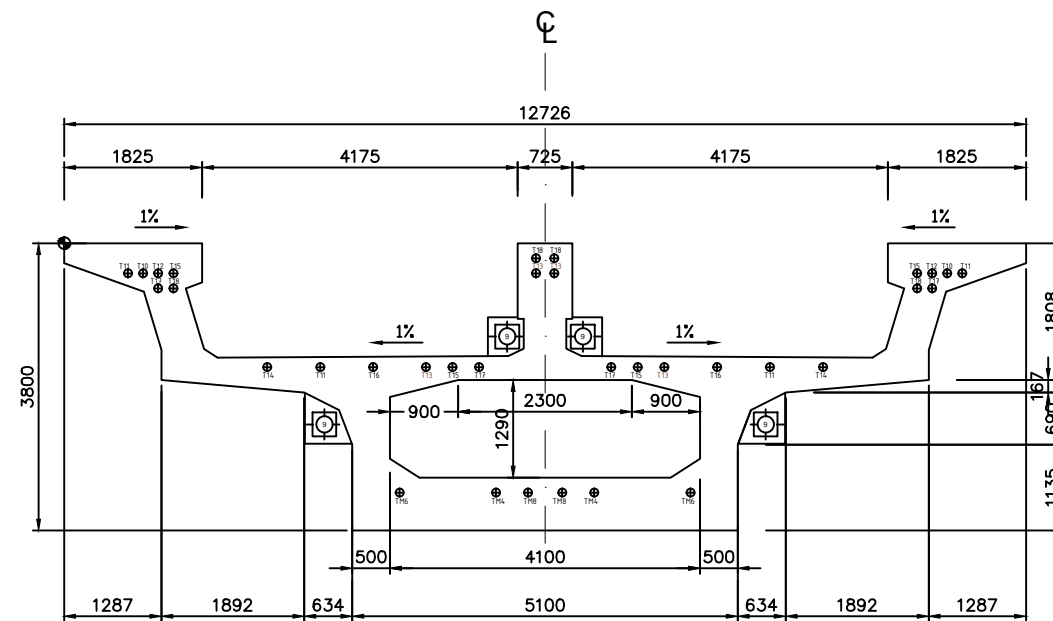
1 : 100      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

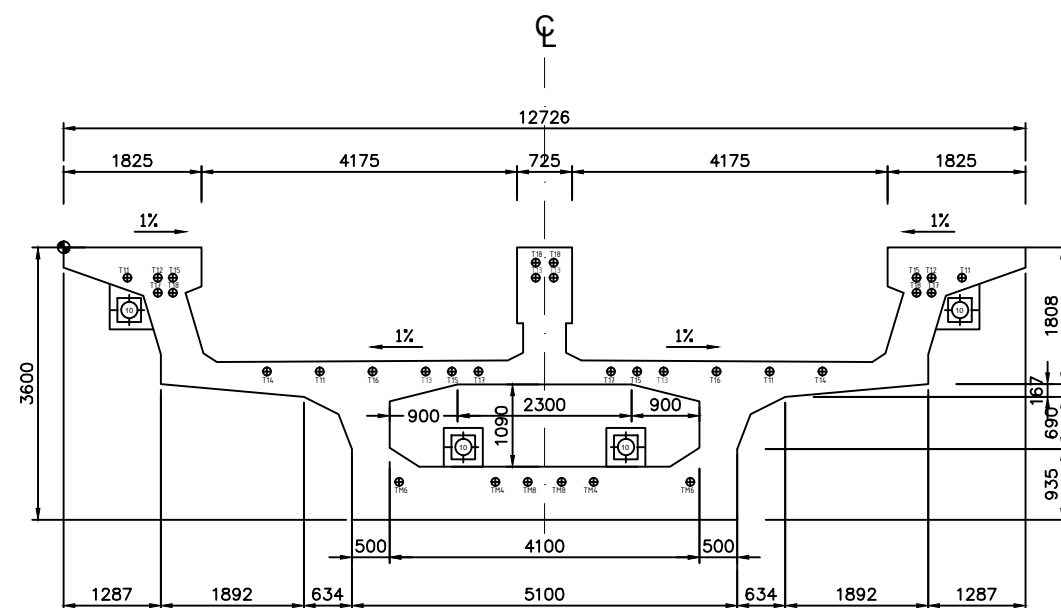
15      48



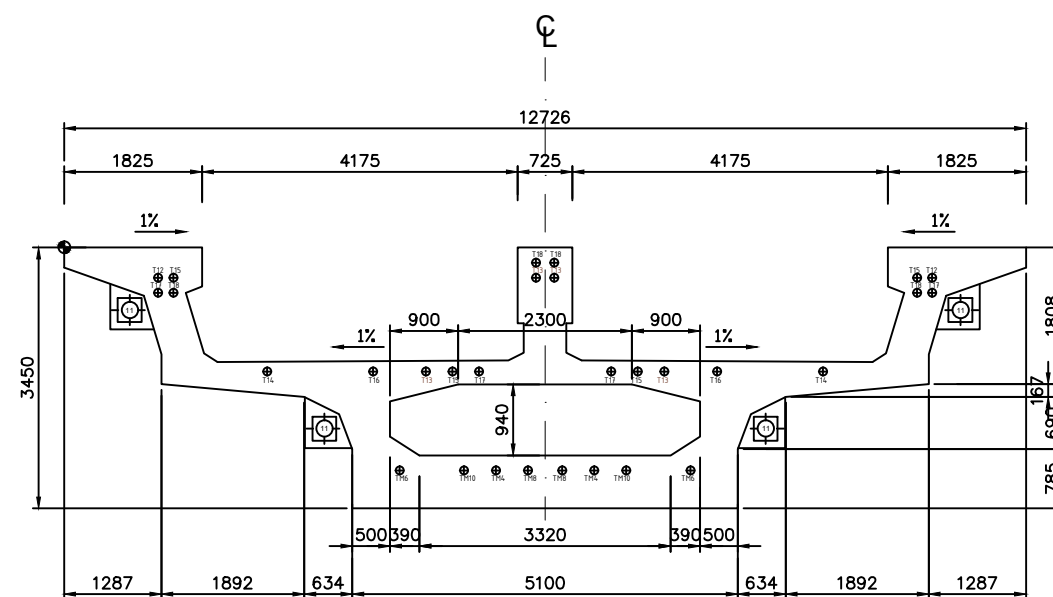
POTONGAN 29 - 29  
 SKALA 1:100



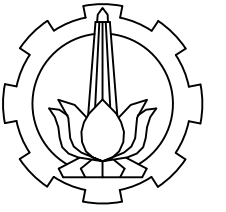
POTONGAN 30 - 30  
 SKALA 1:100



POTONGAN 31 - 31  
 SKALA 1:100



POTONGAN 32 - 32  
 SKALA 1:100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

POTONGAN 33 - 36 TENDON  
 BENTANG MENERUS

**SKALA**

1 : 100

**KODE GAMBAR**

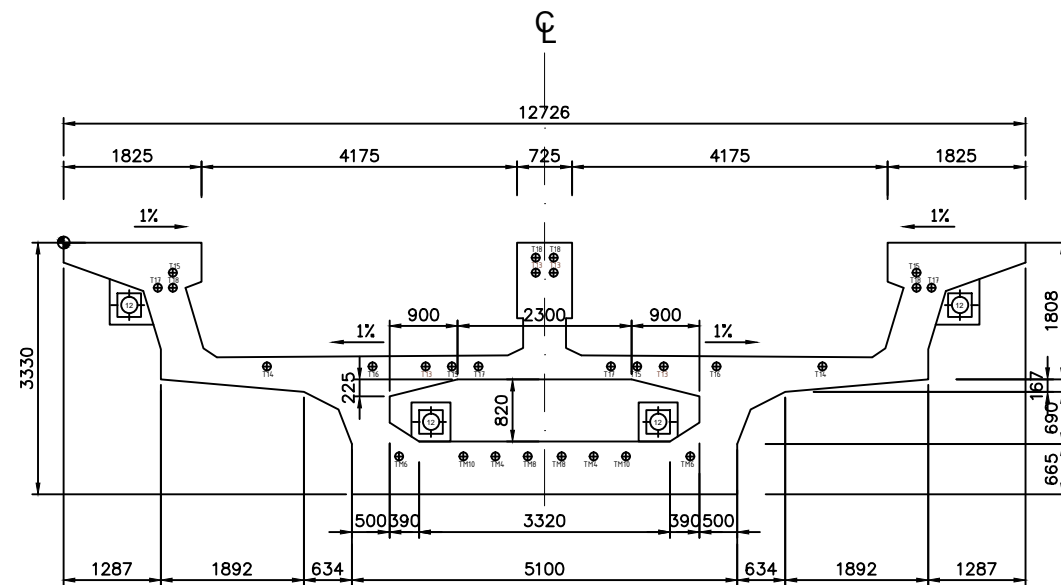
STR

**NO. GAMBAR**

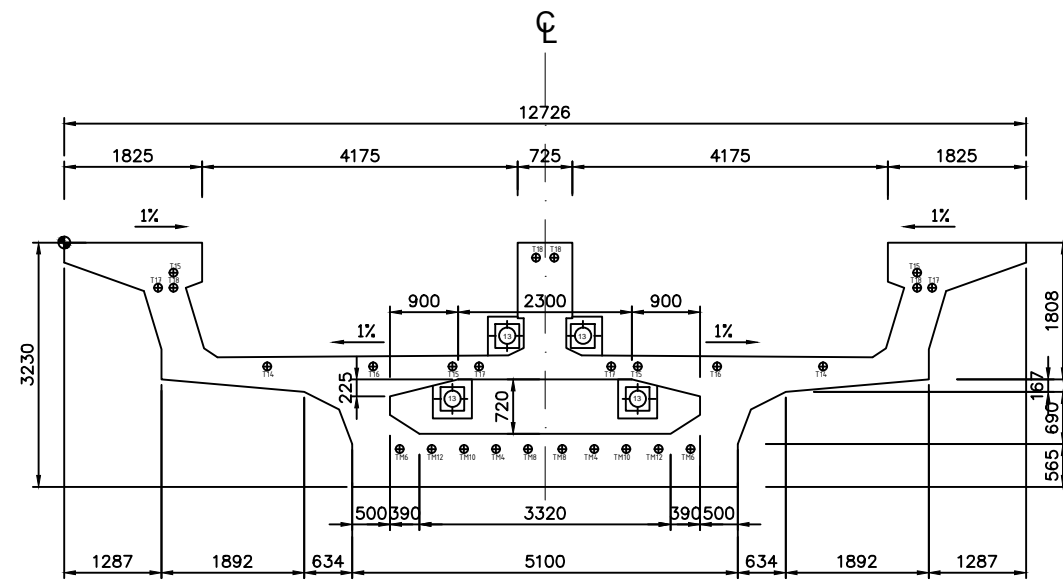
16

**JUMLAH GAMBAR**

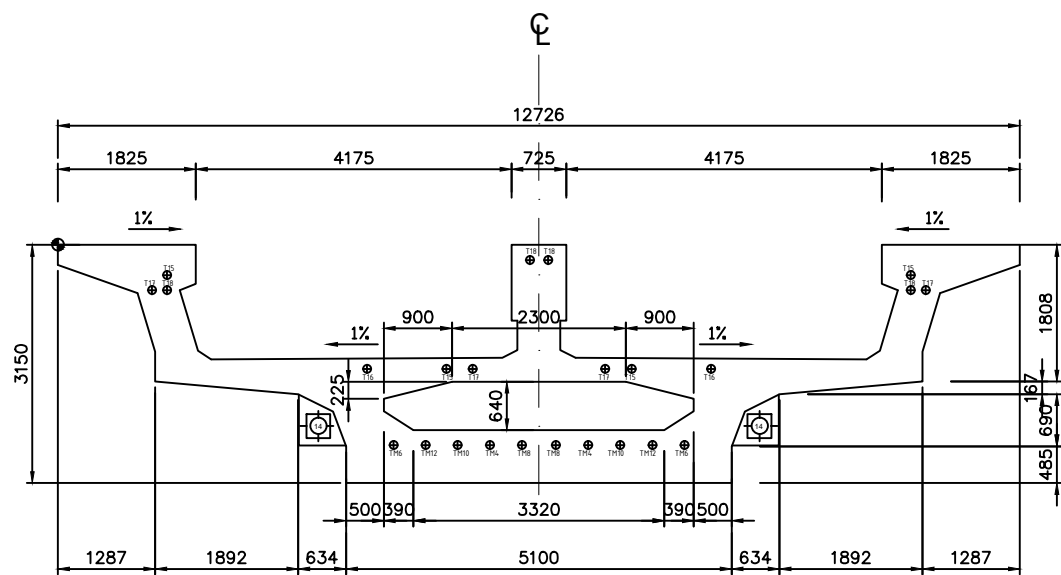
48



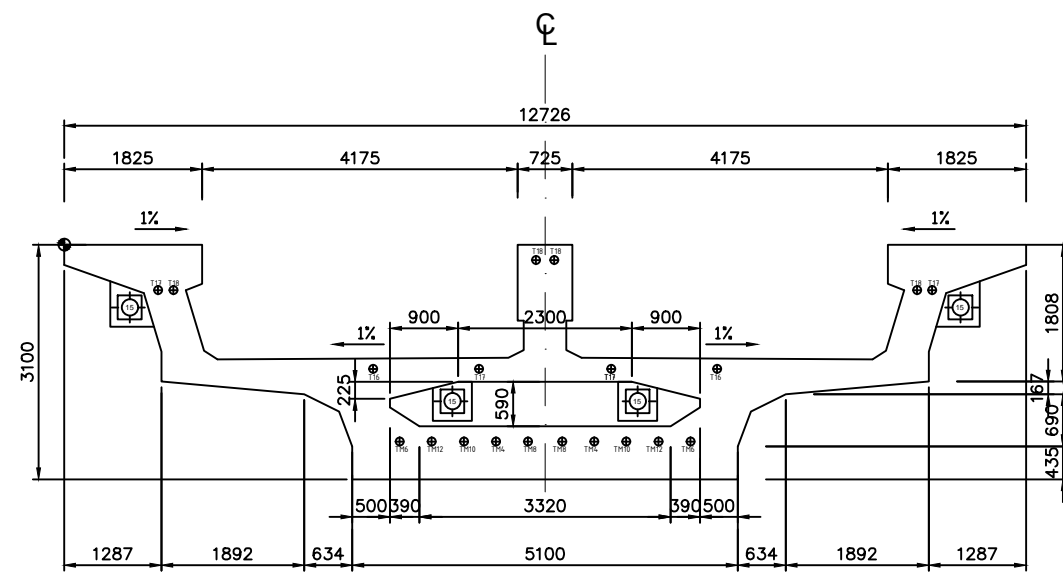
POTONGAN 33 - 33  
 SKALA 1:100



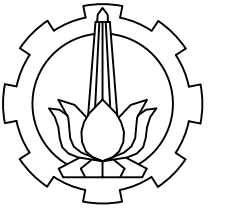
POTONGAN 34 - 34  
 SKALA 1:100



POTONGAN 35 - 35  
 SKALA 1:100



POTONGAN 36 - 36  
 SKALA 1:100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

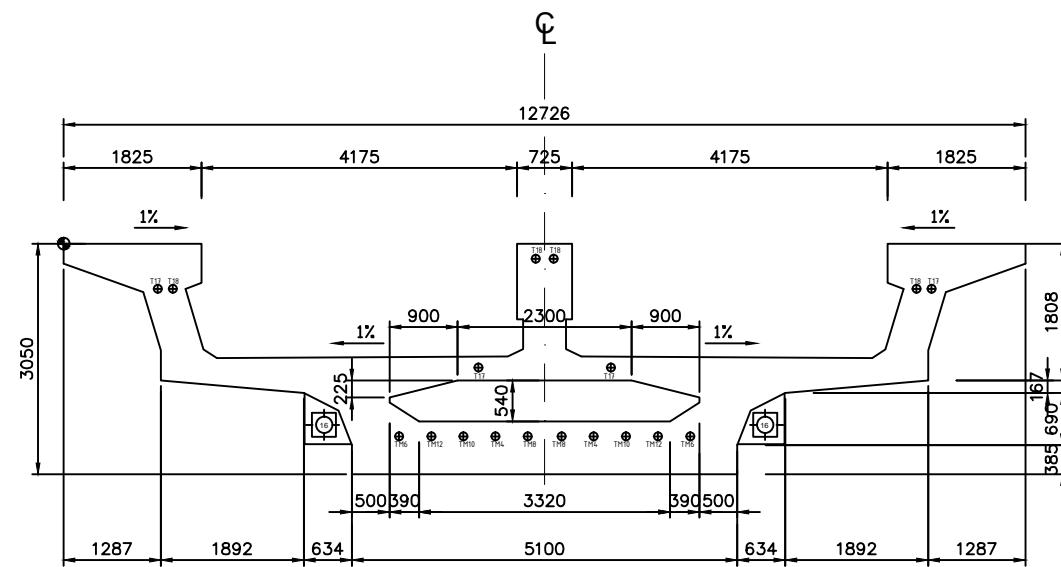
POTONGAN 37 - 39 TENDON  
 BENTANG MENERUS

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

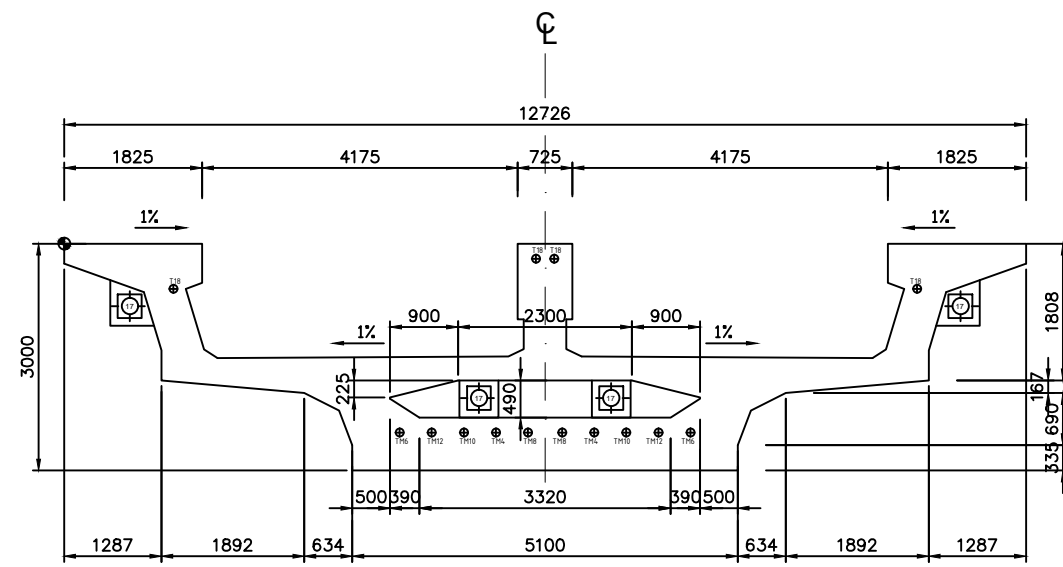
1 : 100	STR
---------	-----

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

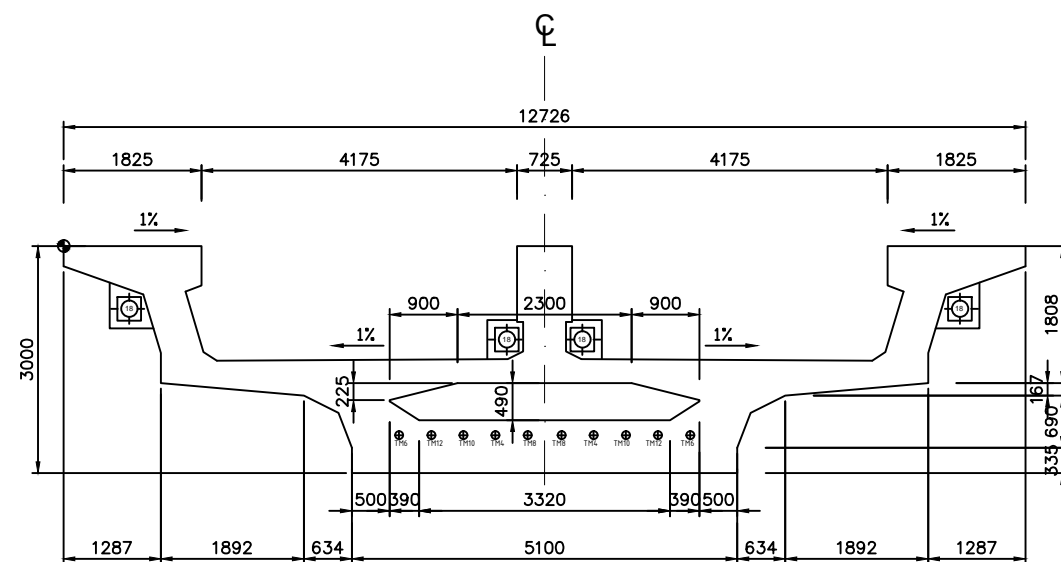
<b>17</b>	48
-----------	----



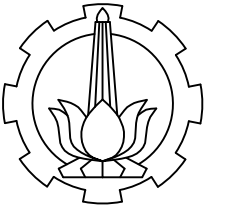
POTONGAN 37 - 37  
 SKALA 1:100



POTONGAN 38 - 38  
 SKALA 1:100



POTONGAN 39 - 39  
 SKALA 1:100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

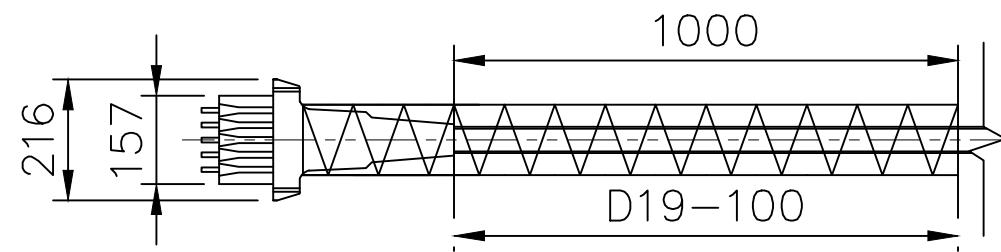
DETAIL *BURSTING STEEL*

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

1 : 15	STR
--------	-----

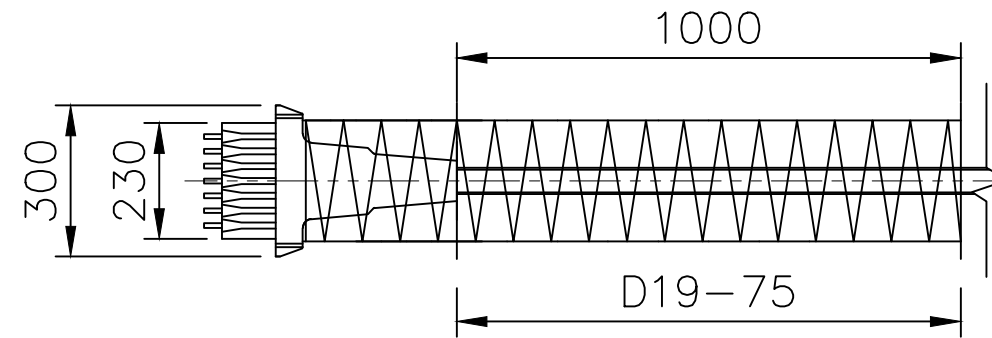
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
------------	---------------

18	48
----	----



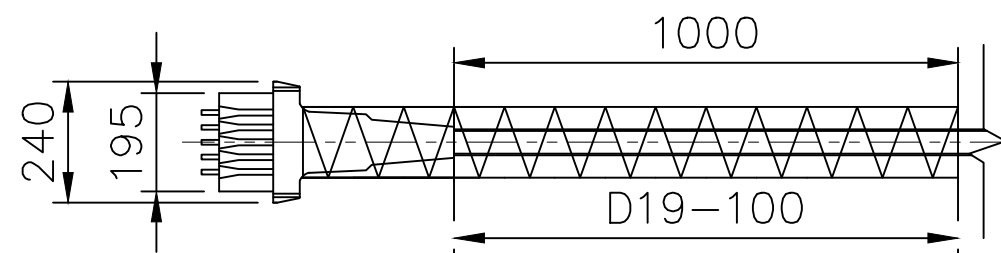
DETAIL ANC OVM.M13-10/11

SKALA 1:15



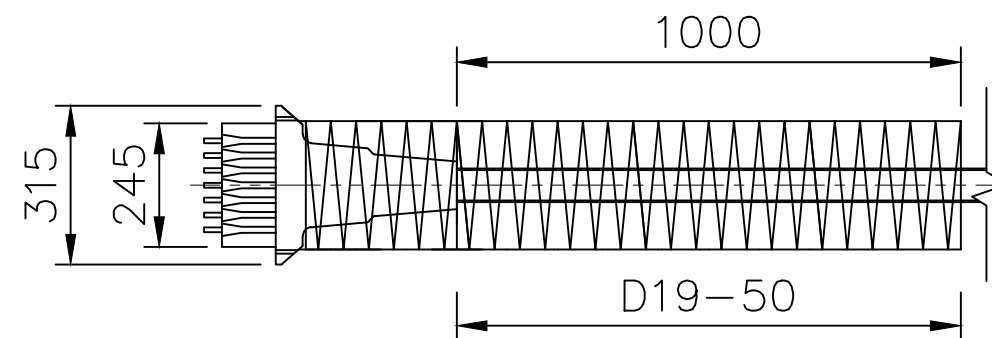
DETAIL ANC OVM.M13-25/26

SKALA 1:15



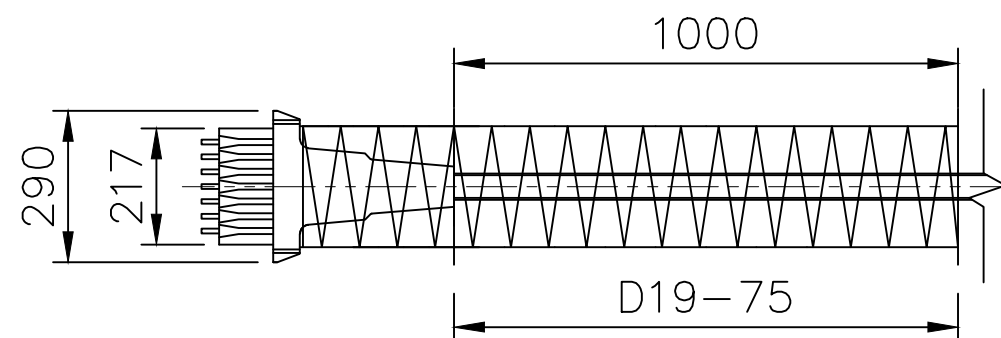
DETAIL ANC OVM.M13-15/16

SKALA 1:15



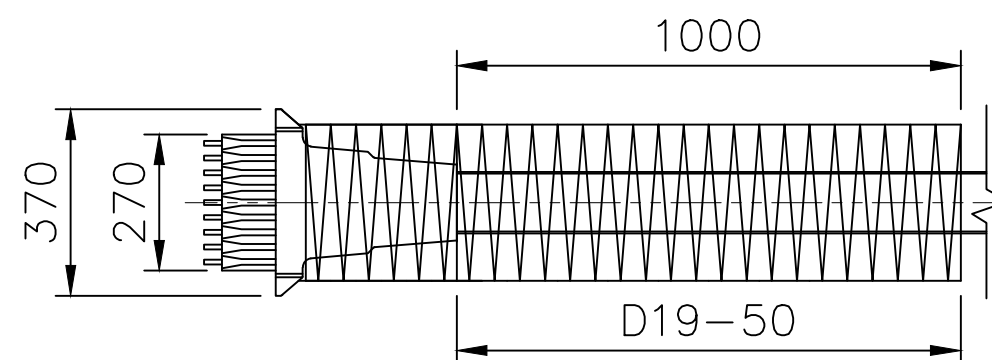
DETAIL ANC OVM.M13-30/31

SKALA 1:15



DETAIL ANC OVM.M13-20

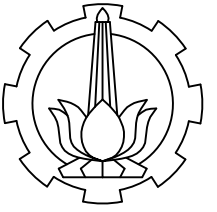
SKALA 1:15



DETAIL ANC OVM.M13-35/36

SKALA 1:15





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

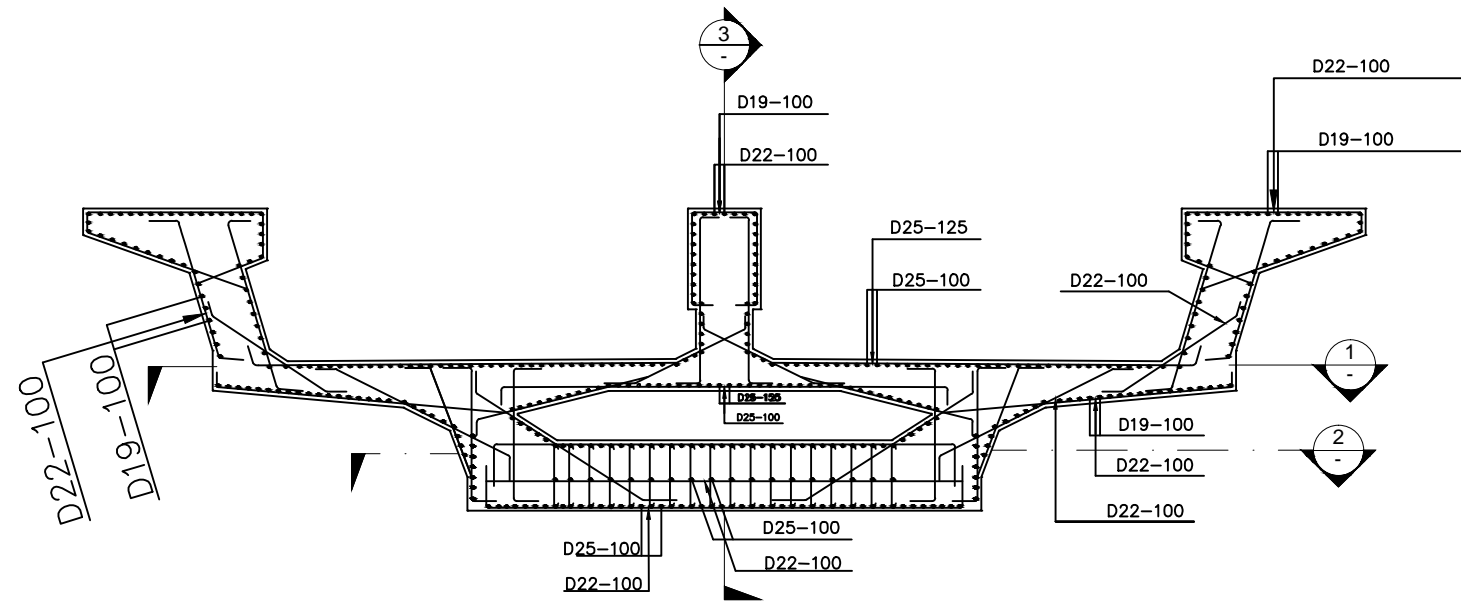
Penulangan U-Box Girder 1/20

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

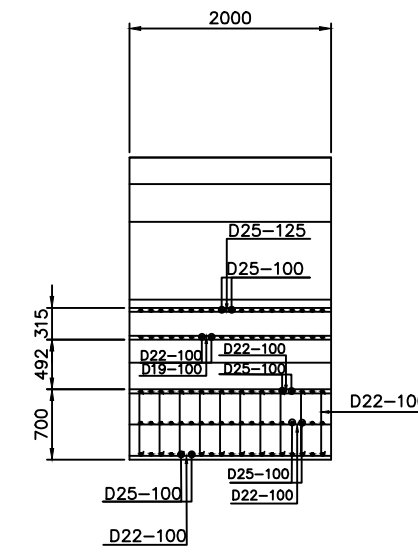
1 : 75	STR
--------	-----

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

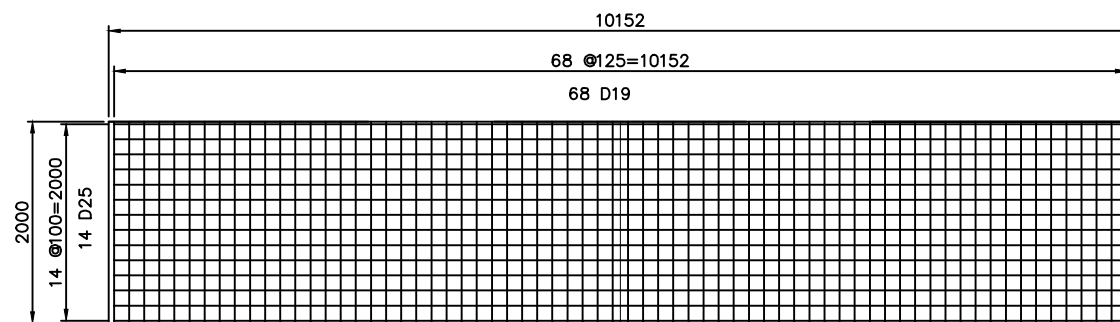
<b>19</b>	48
-----------	----



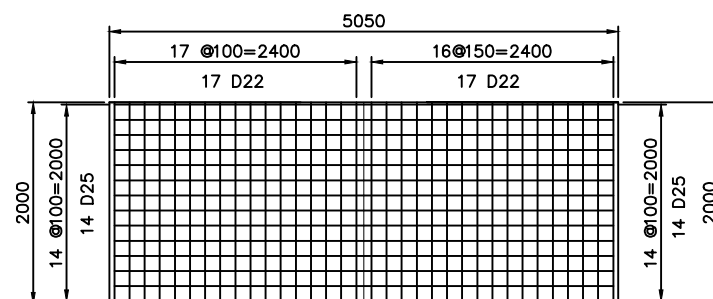
**POTONGAN 1 - 1**  
 SKALA 1:75



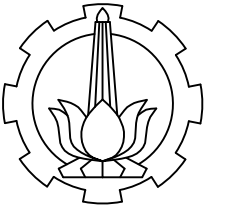
**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan U-Box Girder 2/20

**SKALA**

1 : 75

**KODE GAMBAR**

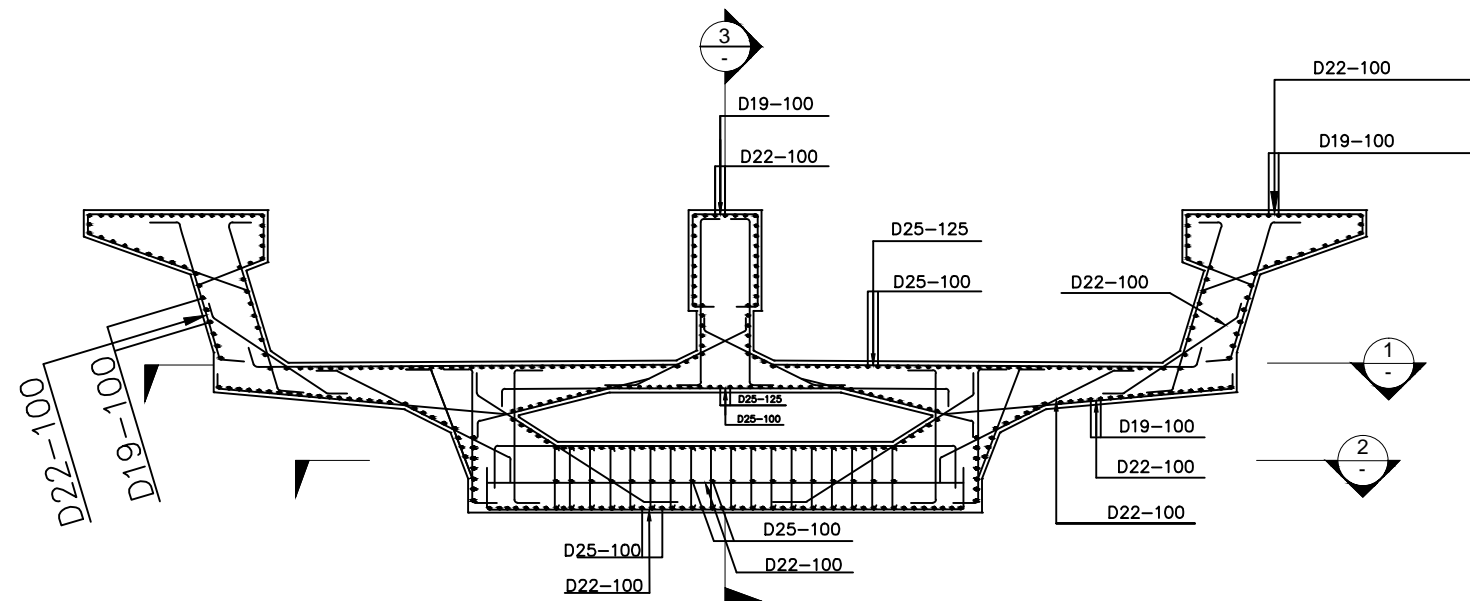
STR

**NO. GAMBAR**

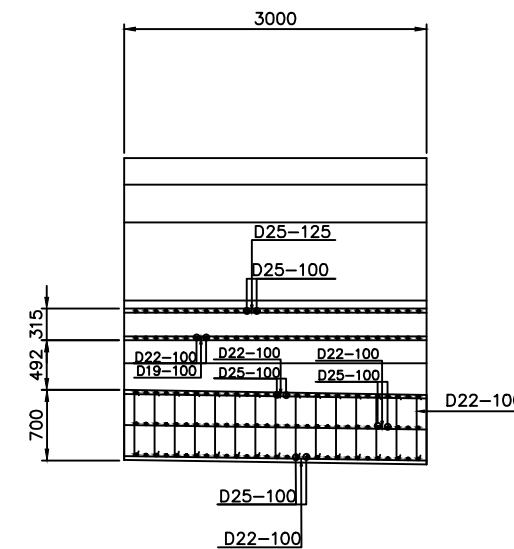
20

**JUMLAH GAMBAR**

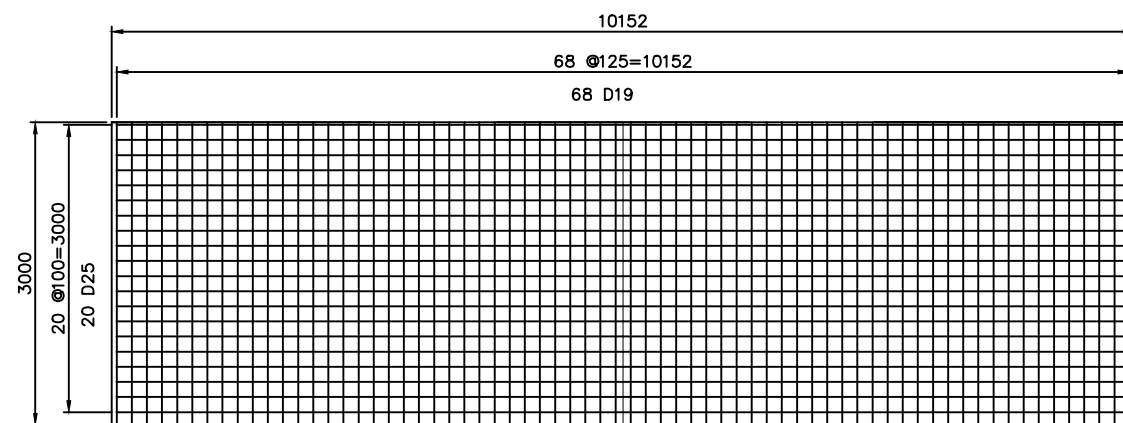
48



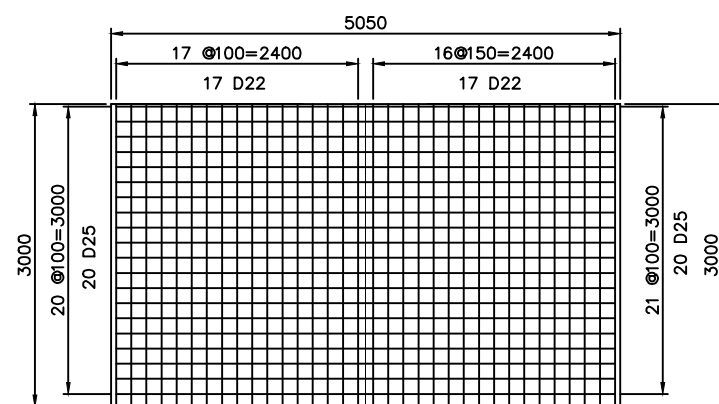
**POTONGAN 2 - 2**  
 SKALA 1:75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75

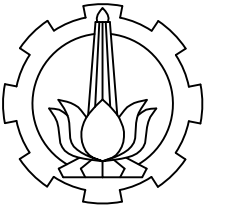


**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

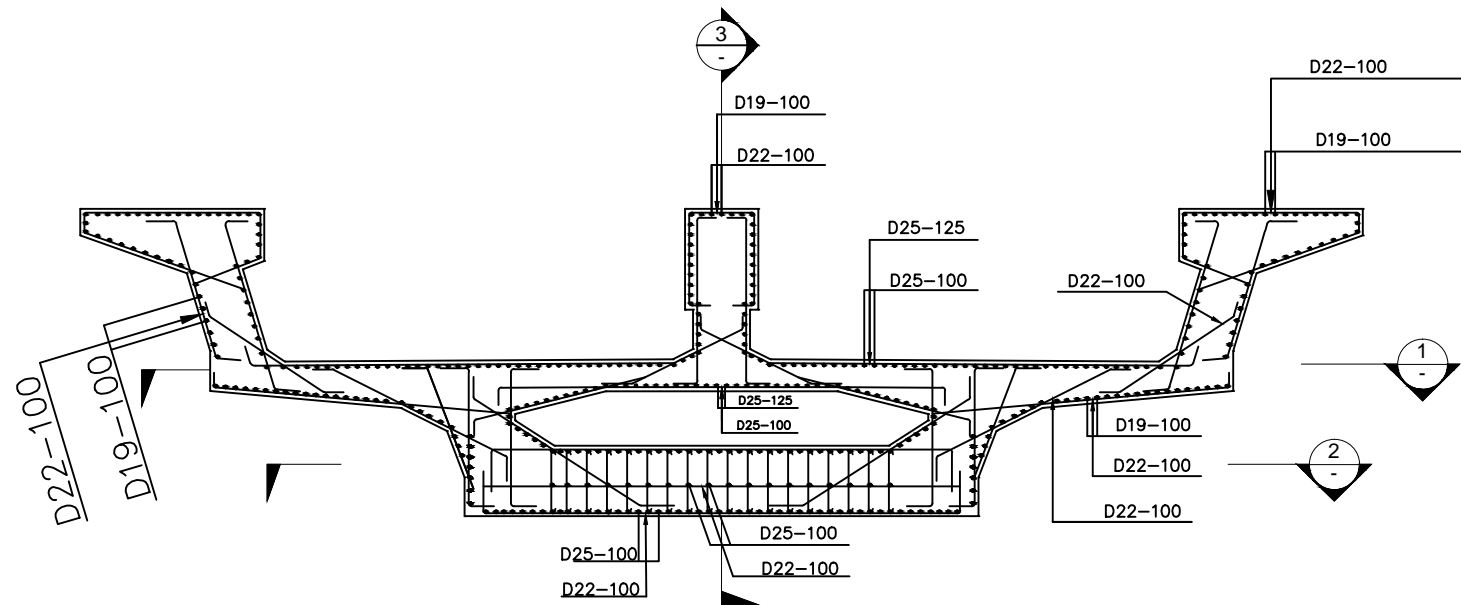
Penulangan U-Box Girder 3/20

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

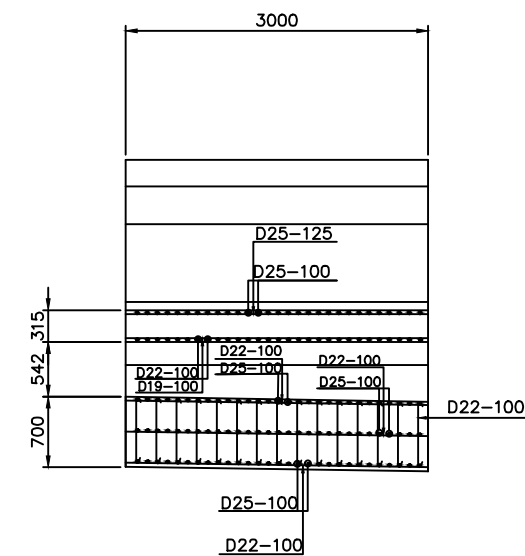
1 : 75	STR
--------	-----

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

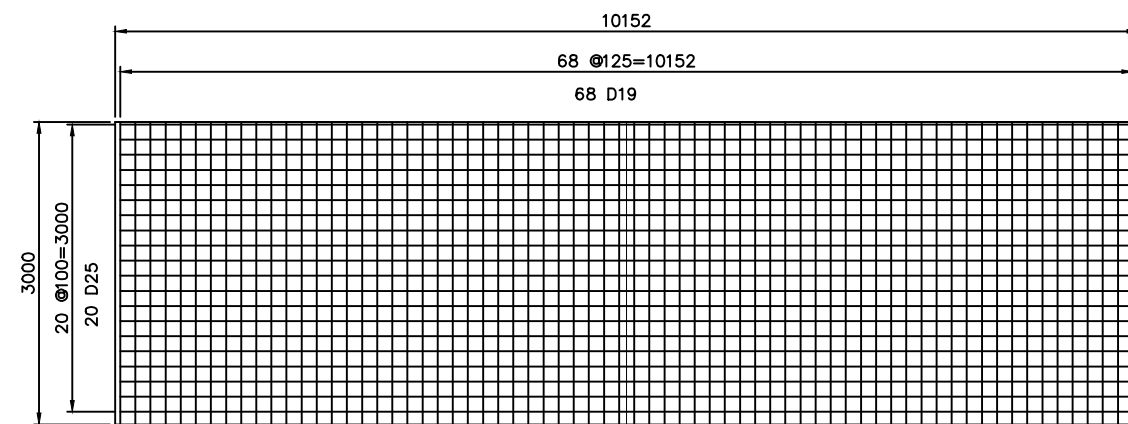
<b>21</b>	48
-----------	----



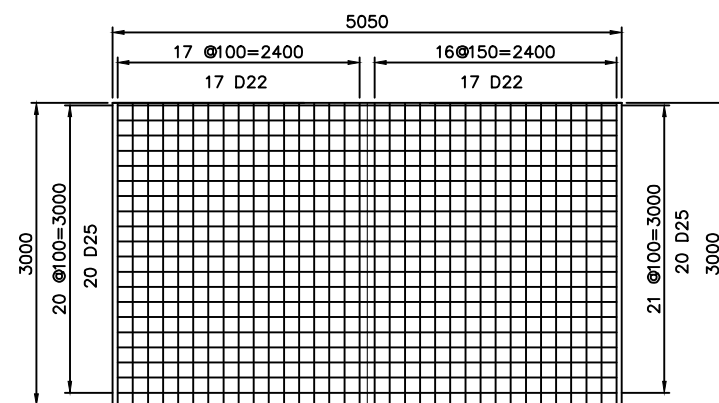
**POTONGAN 3 - 3**  
 SKALA 1:75



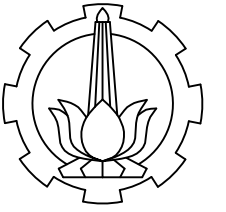
**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

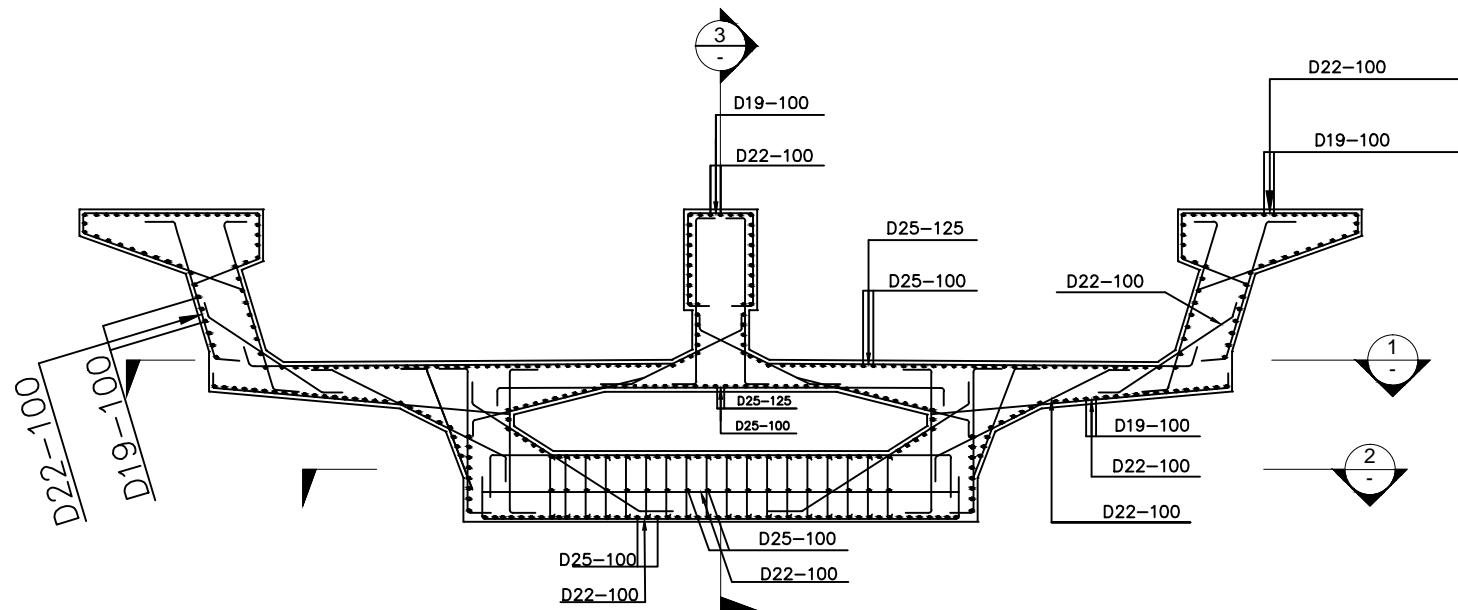
Penulangan U-Box Girder 4/20

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

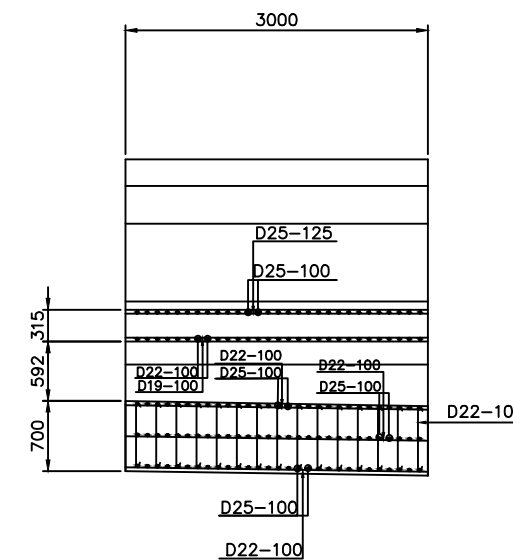
1 : 75	STR
--------	-----

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

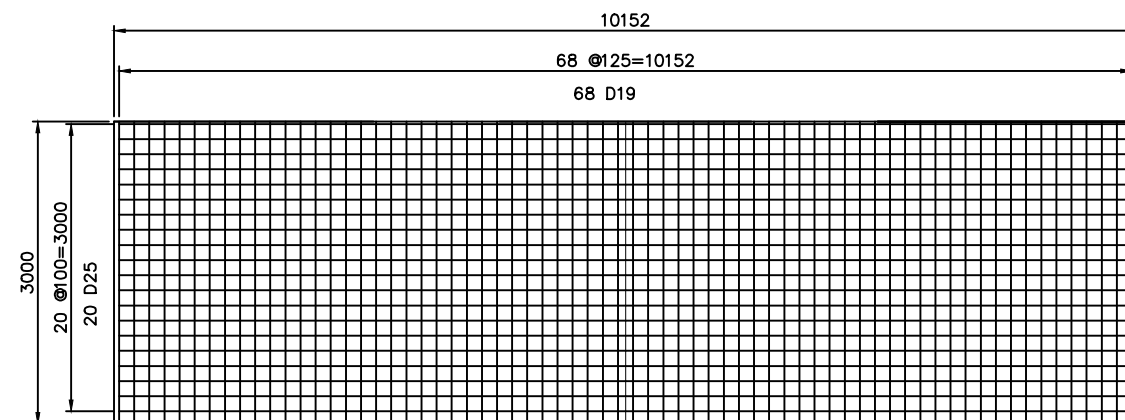
<b>22</b>	48
-----------	----



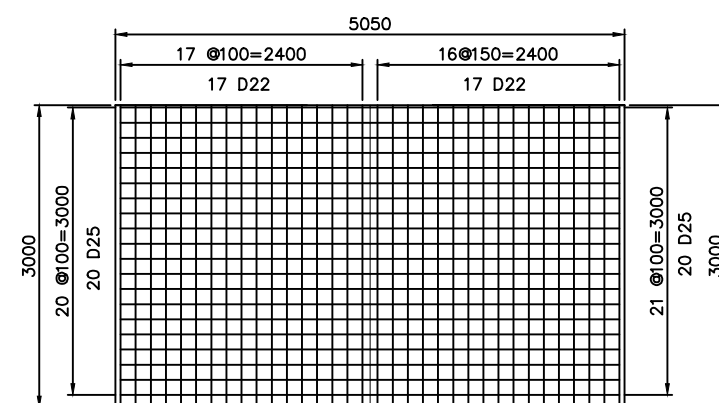
**POTONGAN 4 - 4**  
 SKALA 1:75



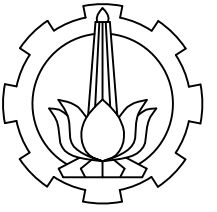
**SECTION-3**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION-1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION-2**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan U-Box Girder 5/20

**SKALA**

1 : 75

**KODE GAMBAR**

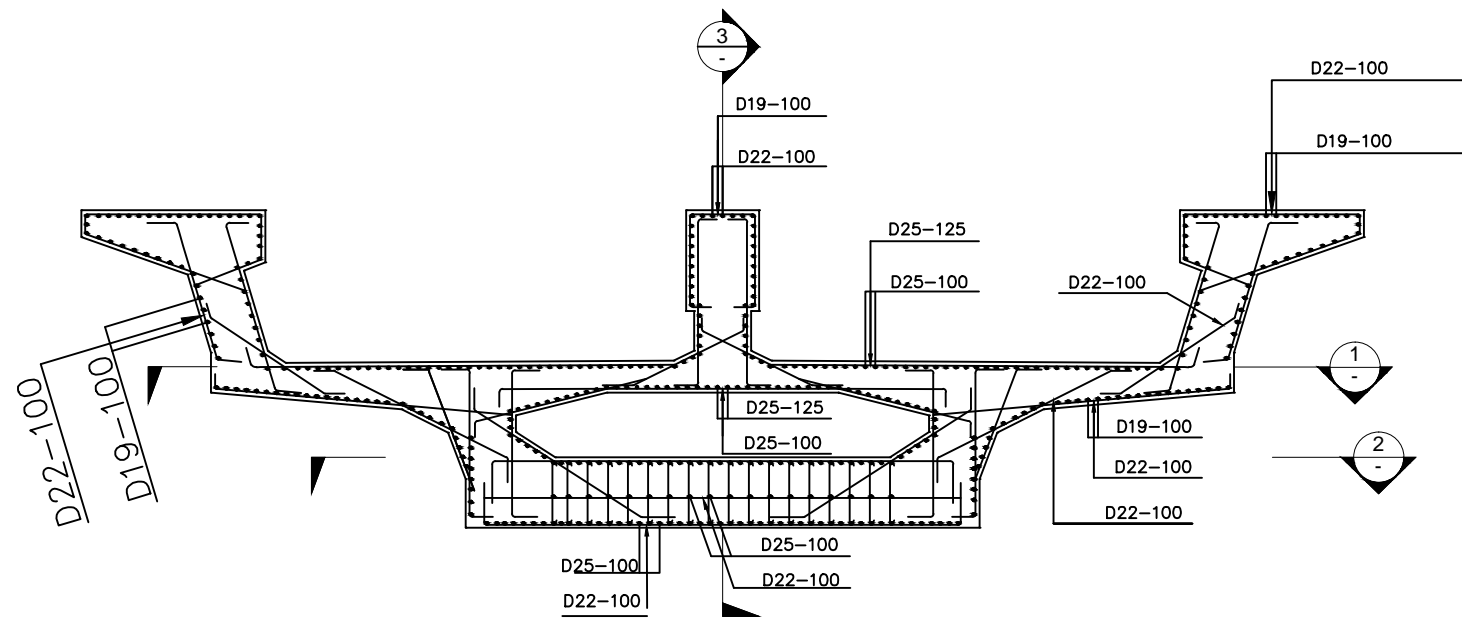
STR

**NO. GAMBAR**

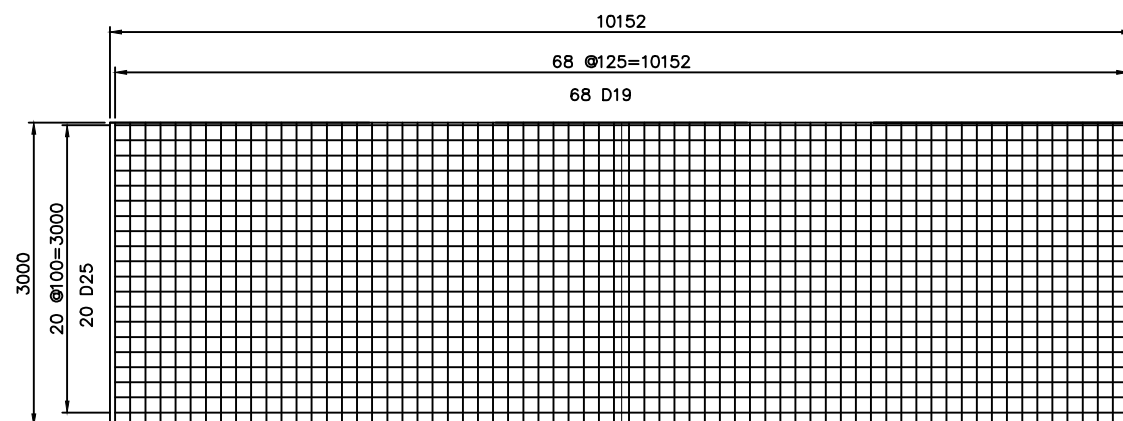
**23**

**JUMLAH GAMBAR**

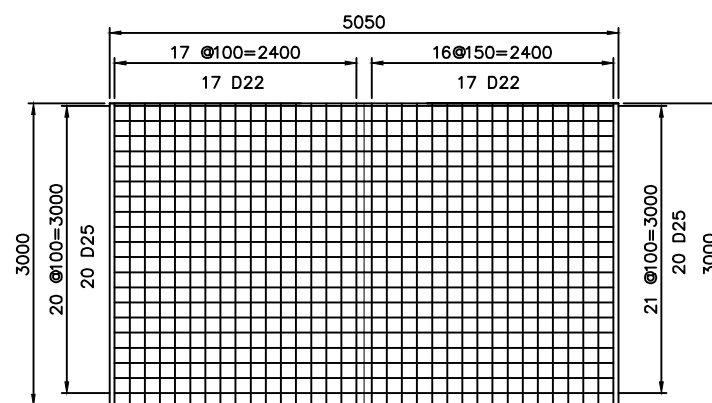
48



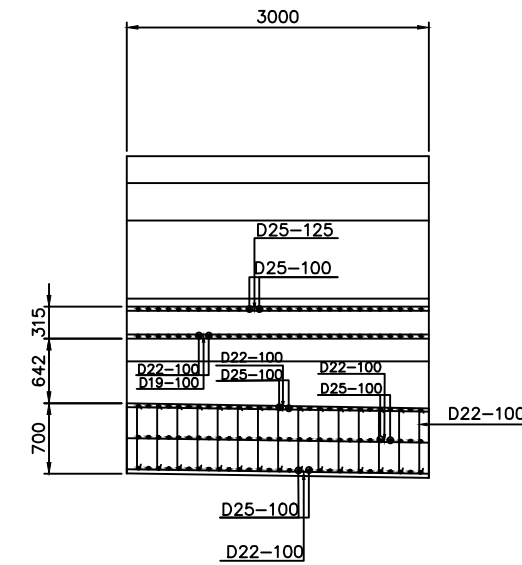
**POTONGAN 5 - 5**  
 SKALA 1:75



**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan U-Box Girder 6/20

**SKALA**

1 : 75

**KODE GAMBAR**

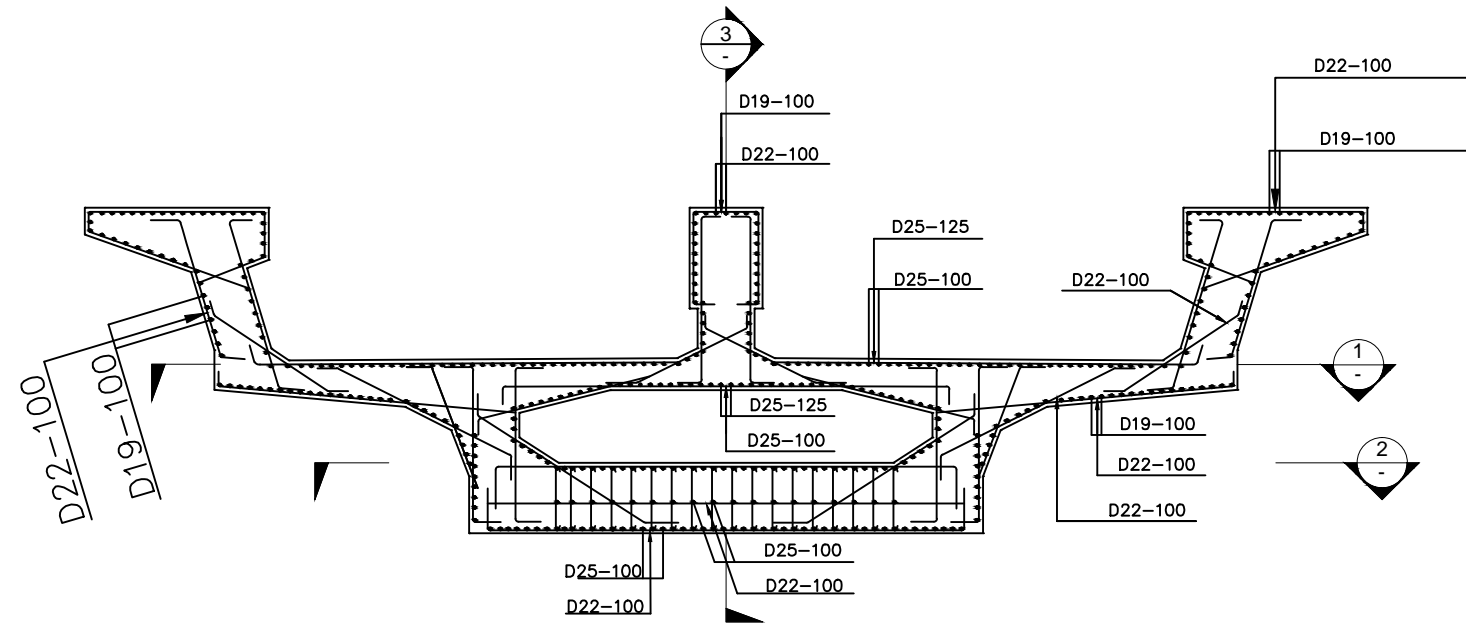
STR

**NO. GAMBAR**

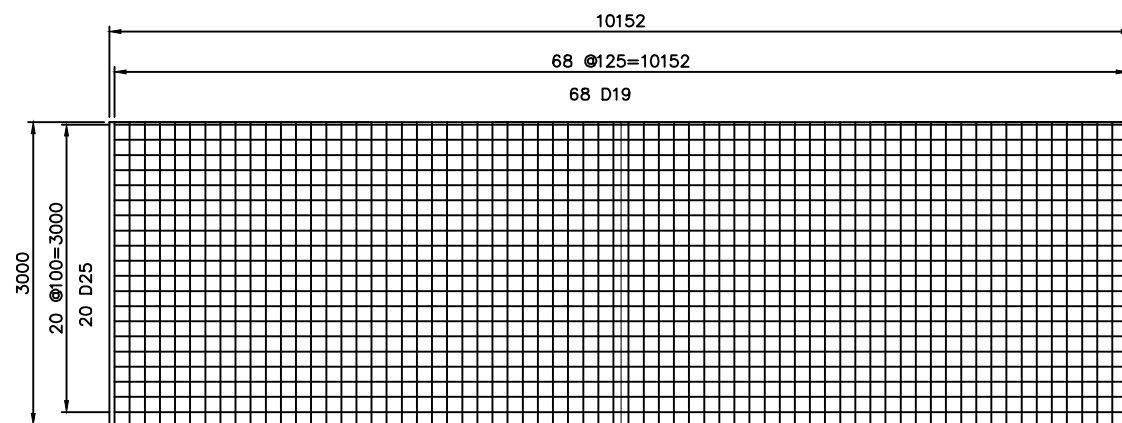
**24**

**JUMLAH GAMBAR**

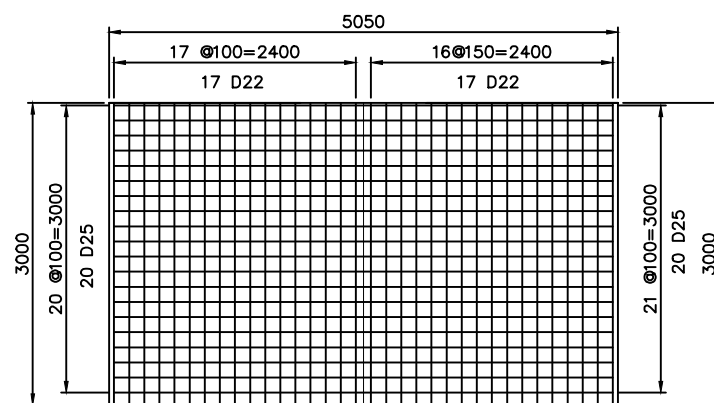
48



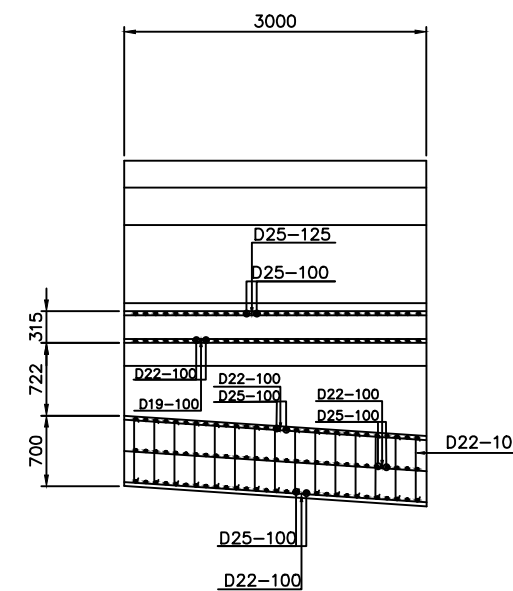
**POTONGAN 6 - 6**  
 SKALA 1:75



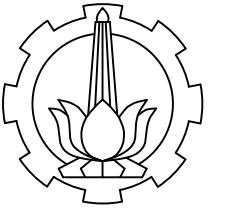
**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

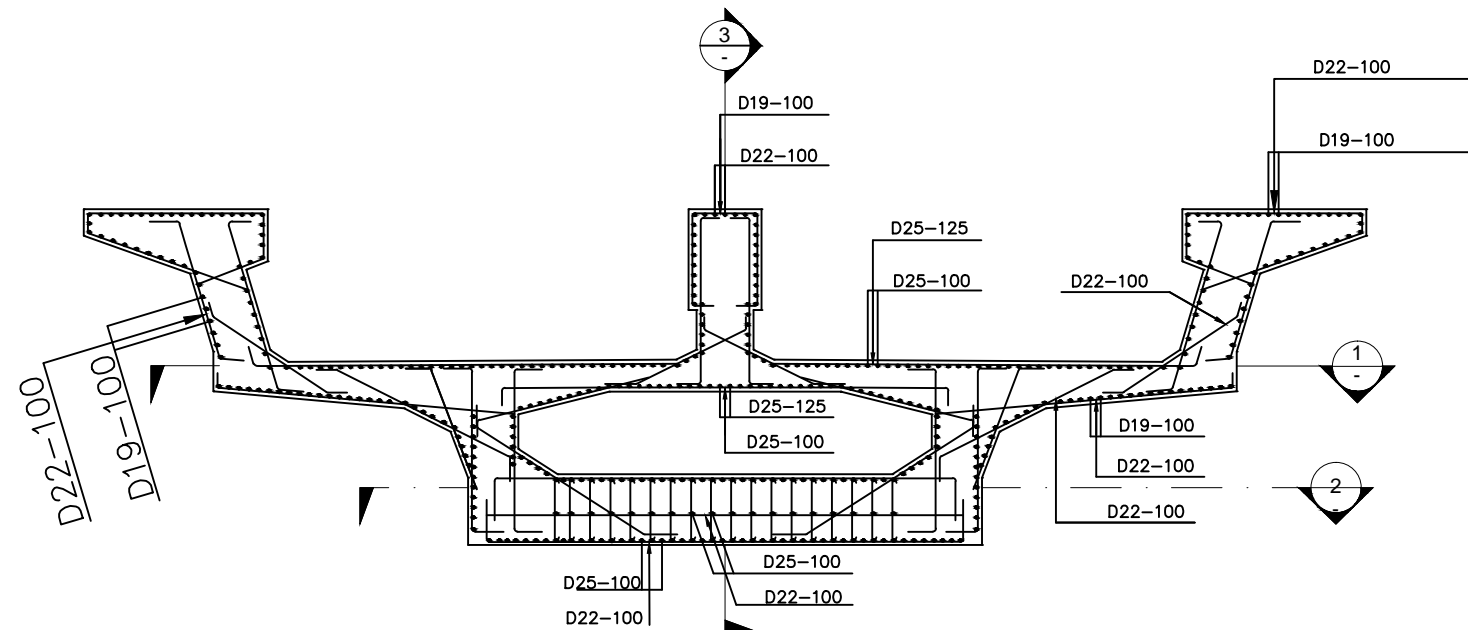
Penulangan U-Box Girder 7/20

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

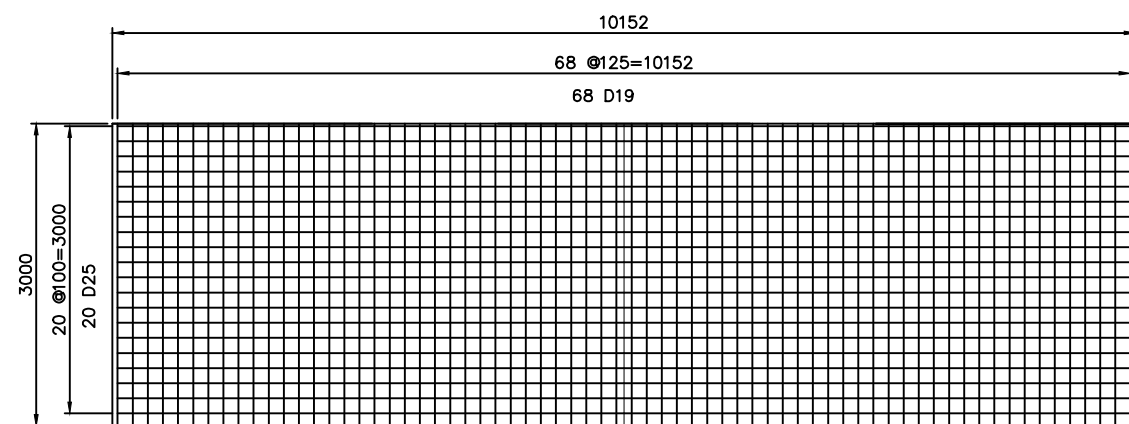
1 : 75	STR
--------	-----

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

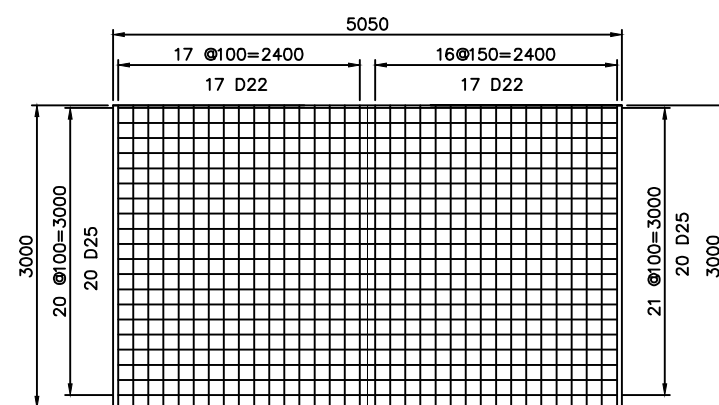
<b>25</b>	48
-----------	----



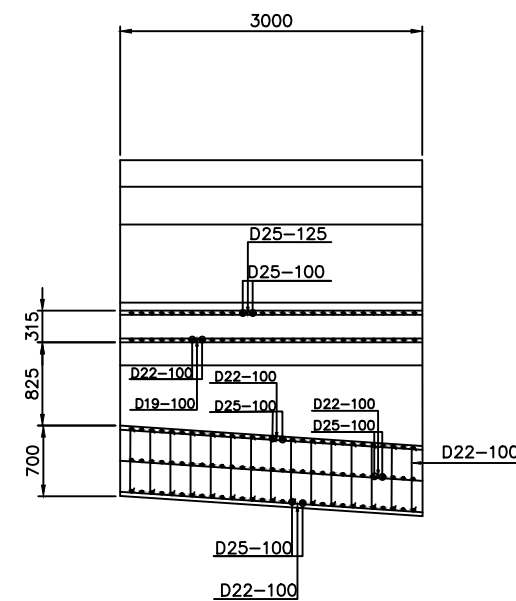
**POTONGAN 7 - 7**  
 SKALA 1:75



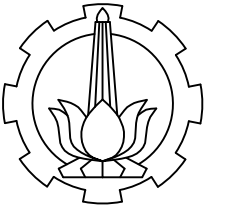
**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

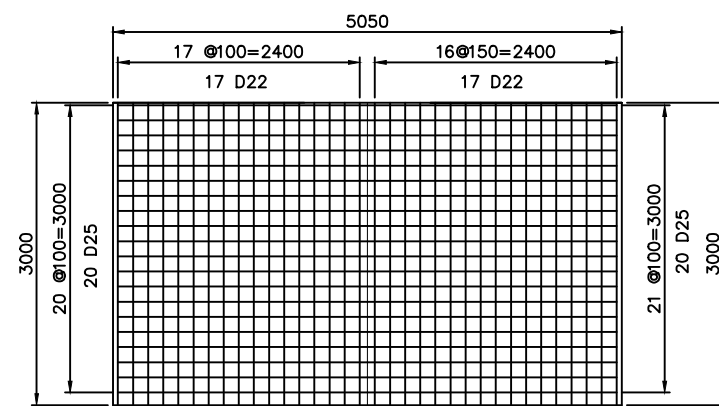
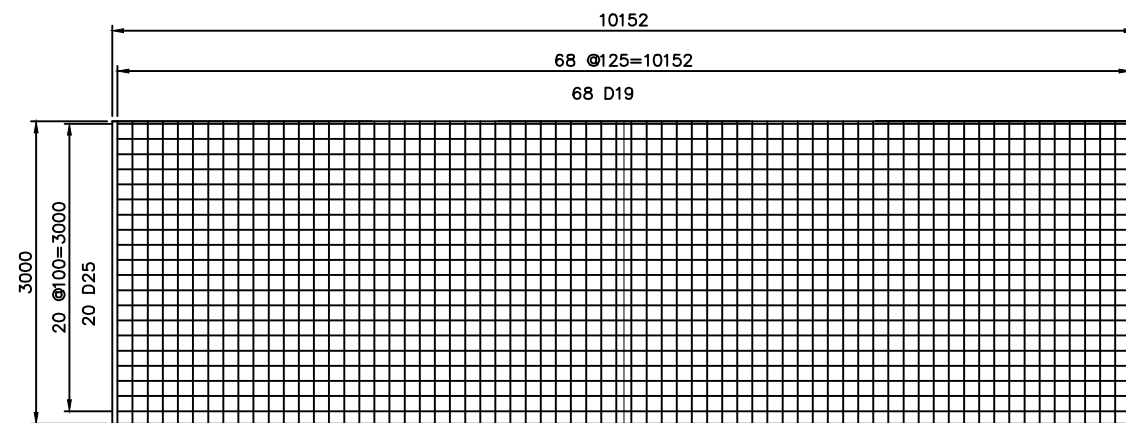
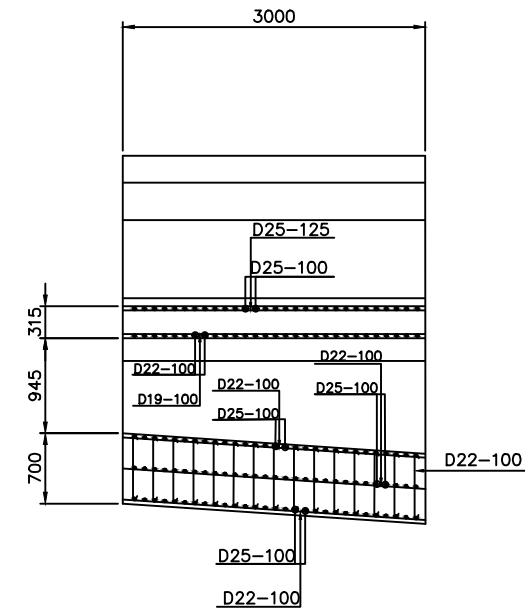
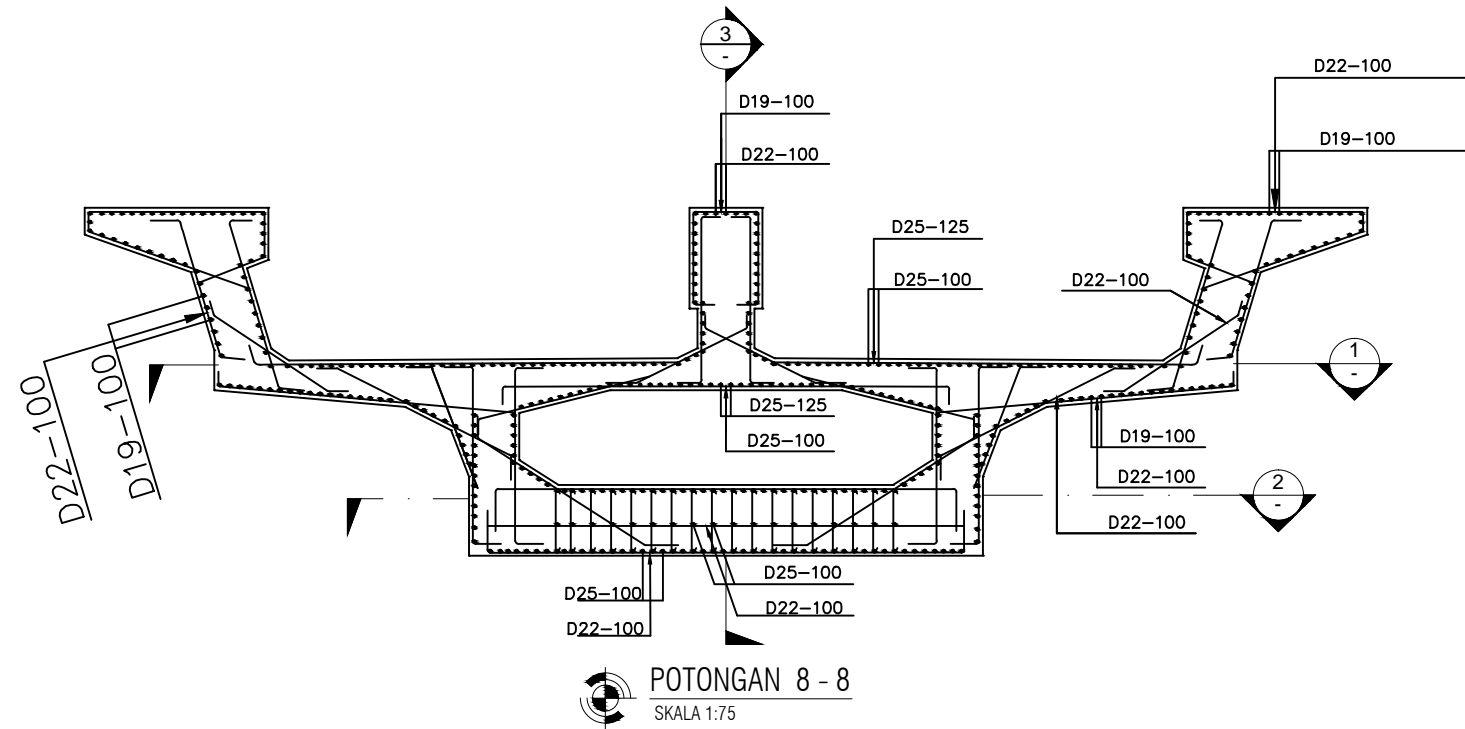
Penulangan U-Box Girder 8/20

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

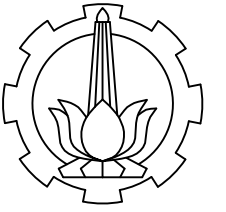
1 : 75                      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

**26**                      48



**3**  
 SECTION - 2  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan U-Box Girder 8/20

**SKALA**

1 : 75

**KODE GAMBAR**

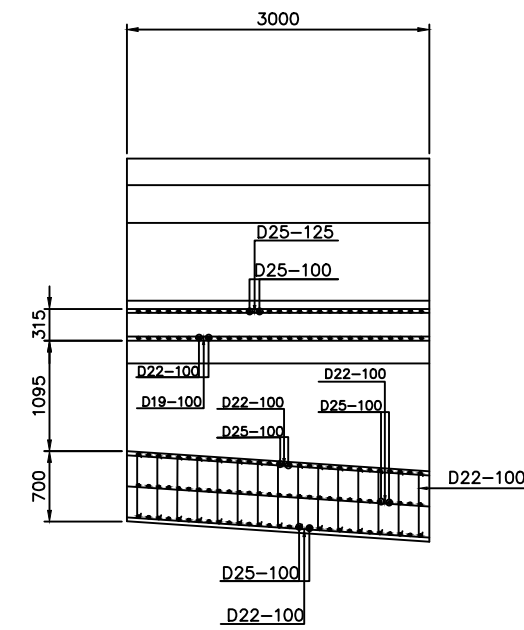
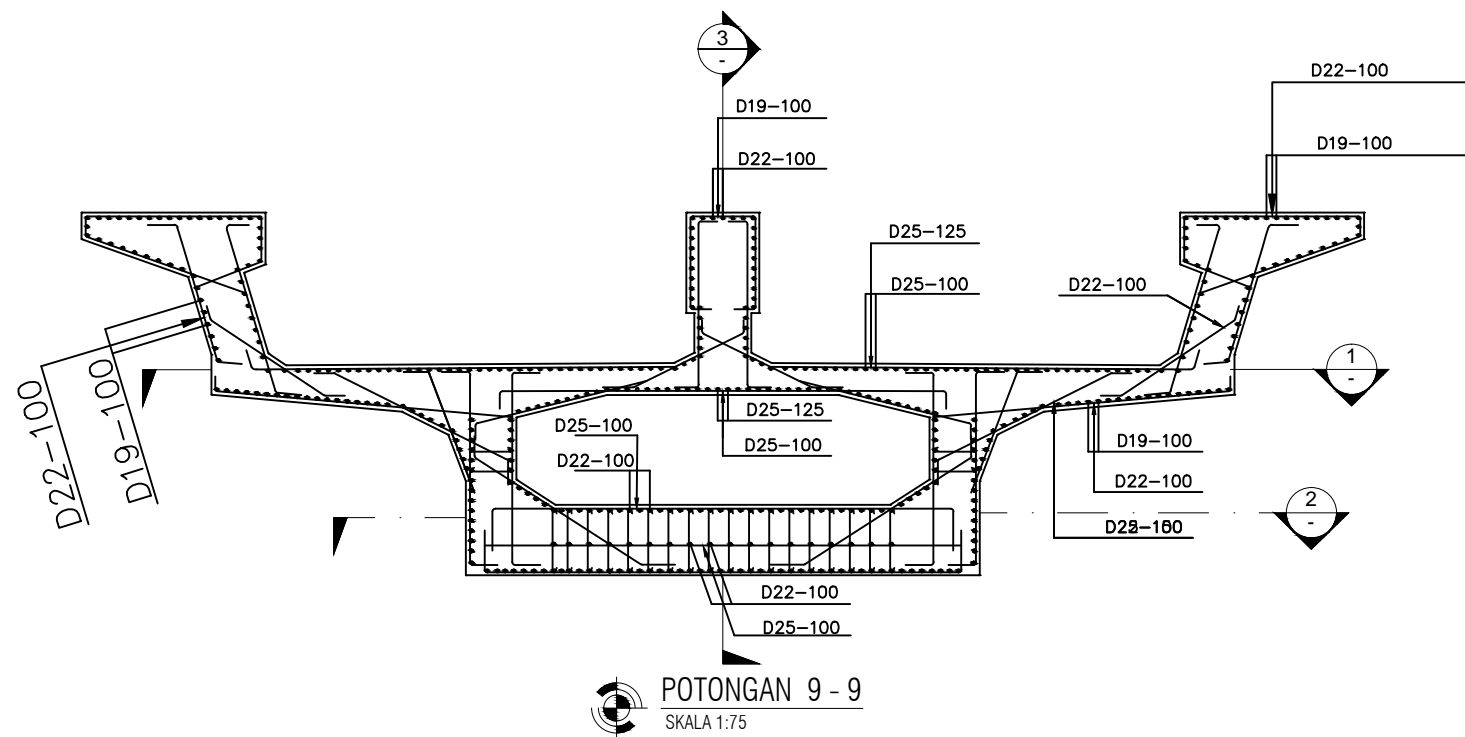
STR

**NO. GAMBAR**

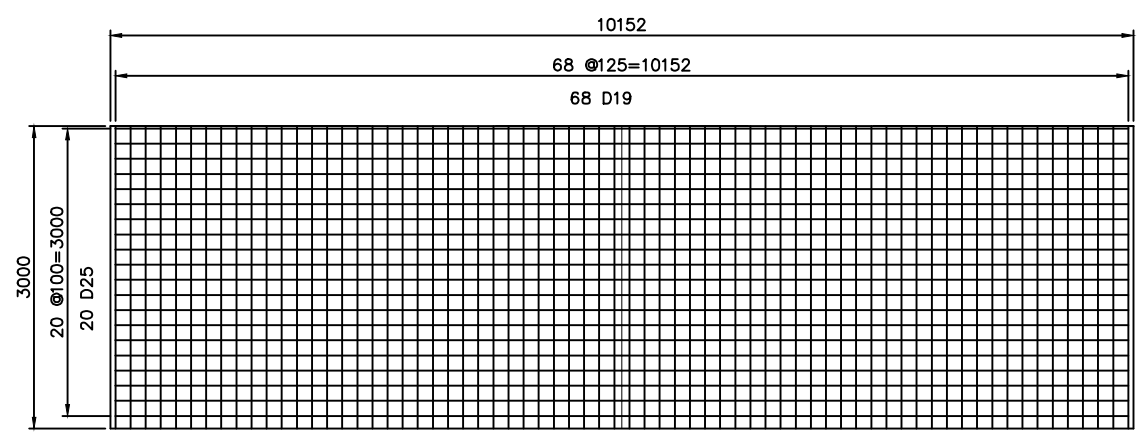
**27**

**JUMLAH GAMBAR**

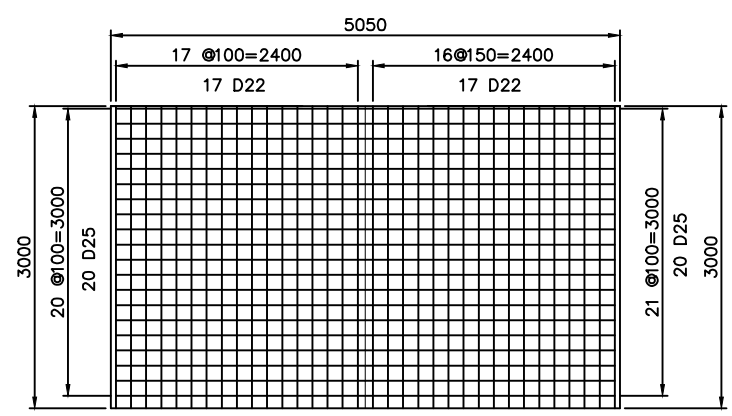
48



**4** SECTION - 3  
 SCALE 1 : 75



**2** SECTION - 1  
 SCALE 1 : 75



**3** SECTION - 2  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBRAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

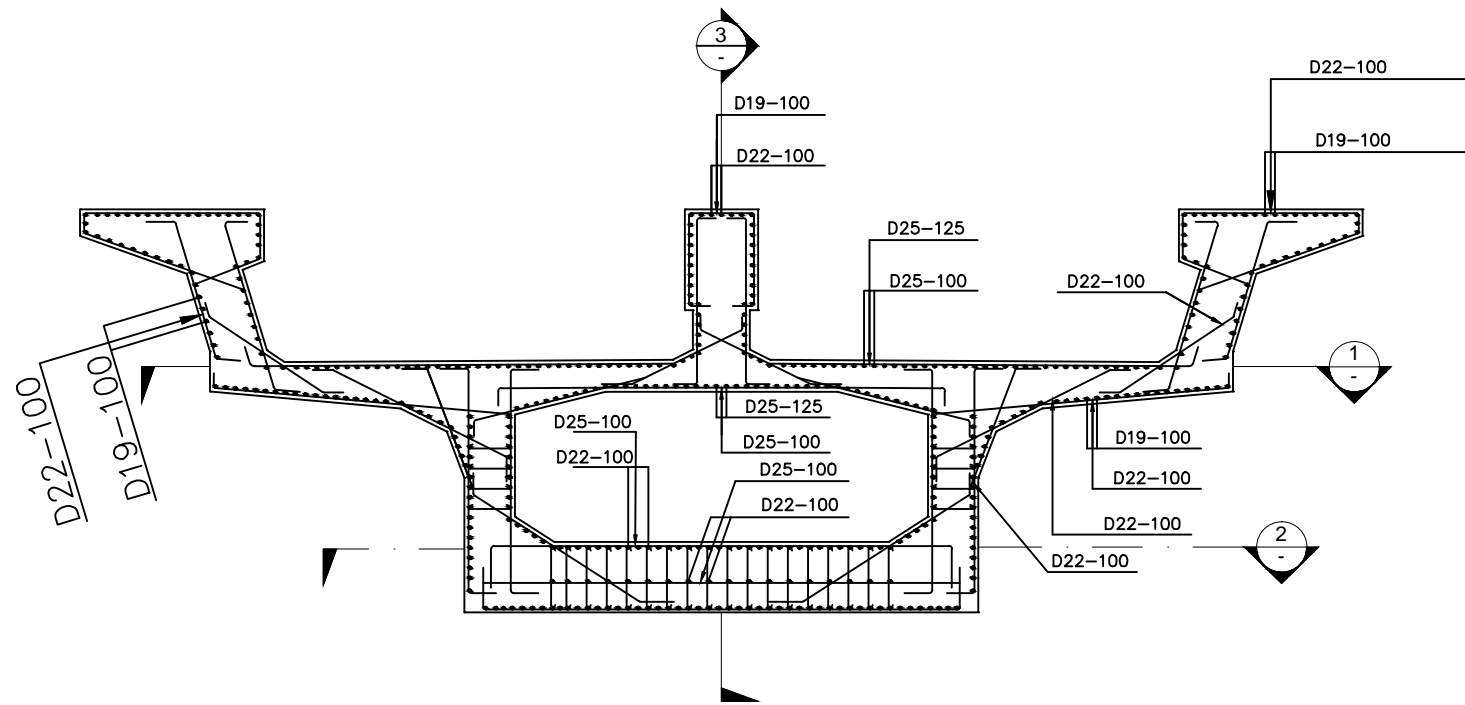
Penulangan U-Box Girder (10/20)

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

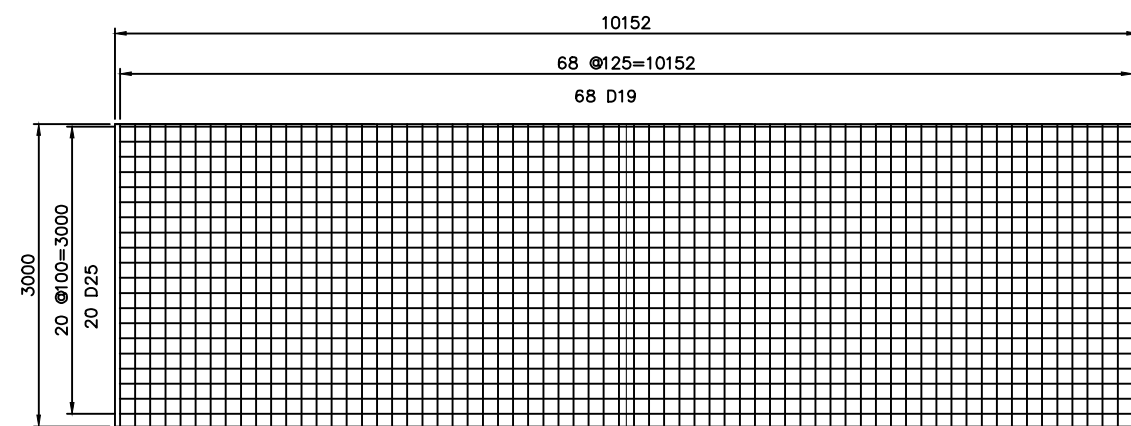
1 : 75      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

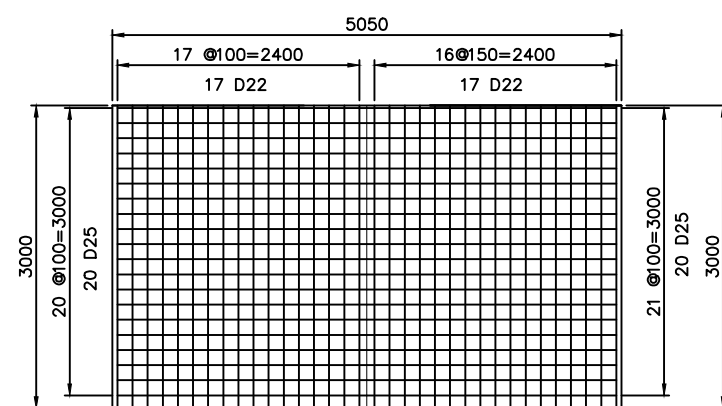
**28**      48



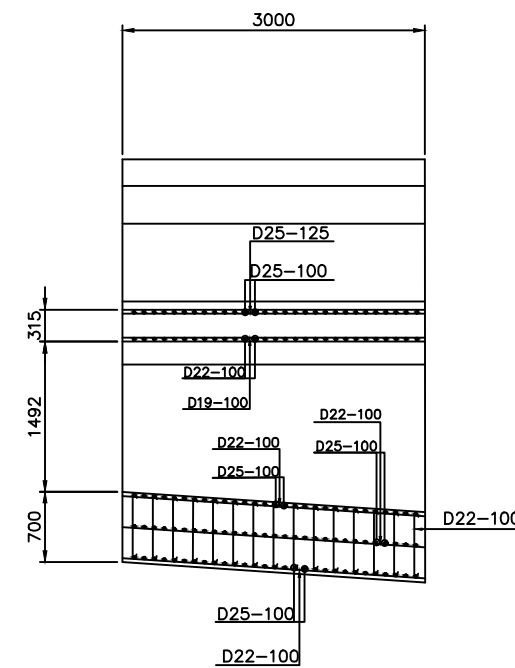
**POTONGAN 10 - 10**  
 SKALA 1:75



**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75

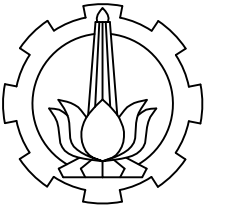


**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan U-Box Girder (11/20)

**SKALA**

1 : 75

**KODE GAMBAR**

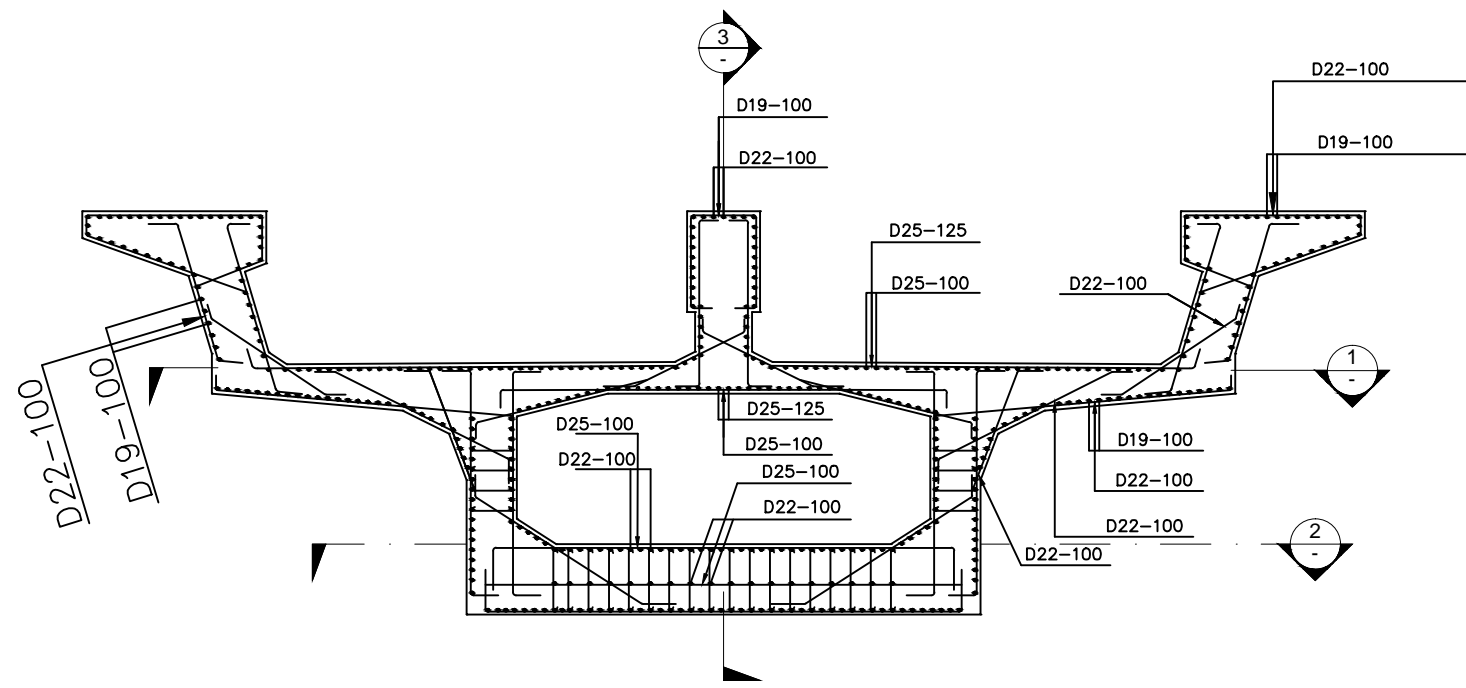
STR

**NO. GAMBAR**

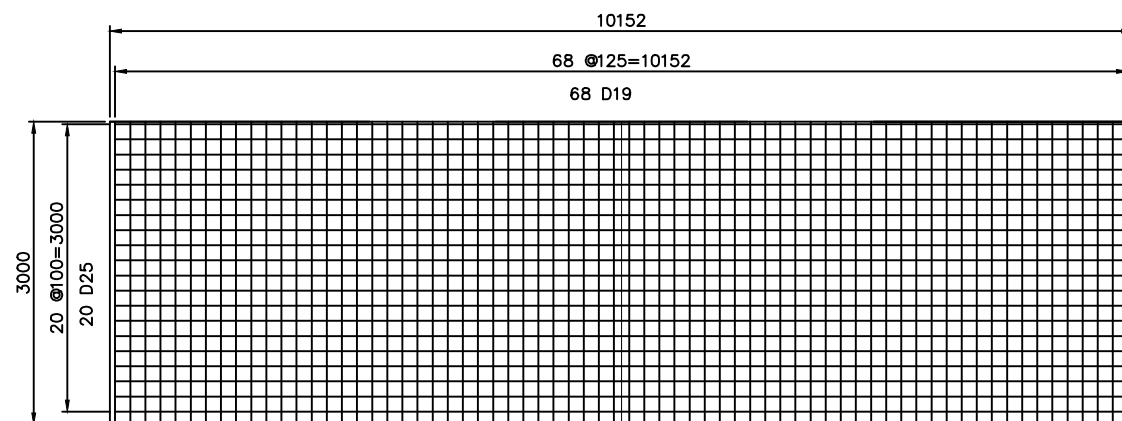
**29**

**JUMLAH GAMBAR**

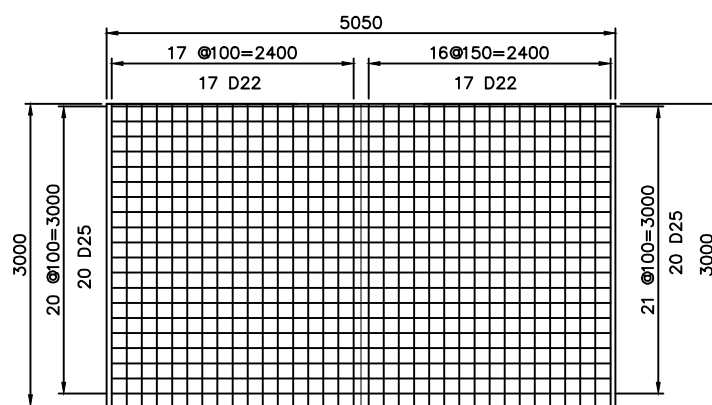
48



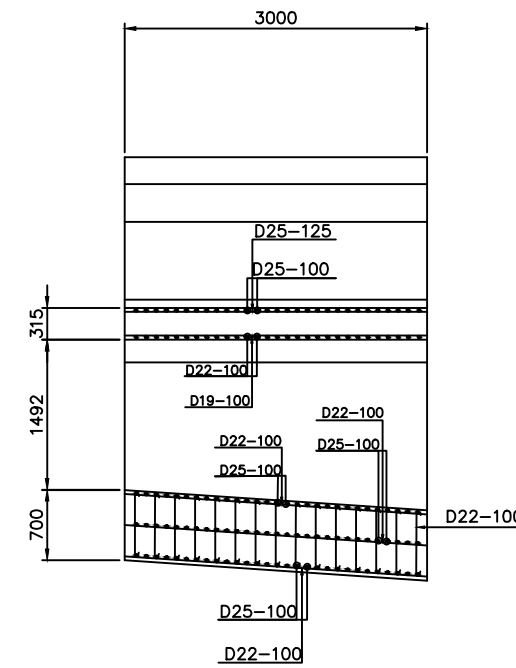
**POTONGAN 11 - 11**  
 SKALA 1:75



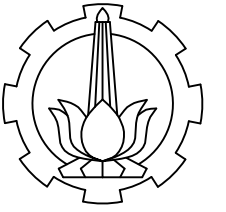
**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

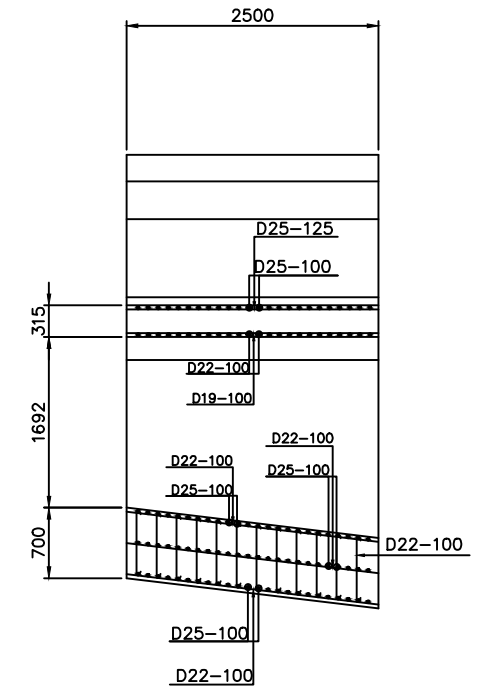
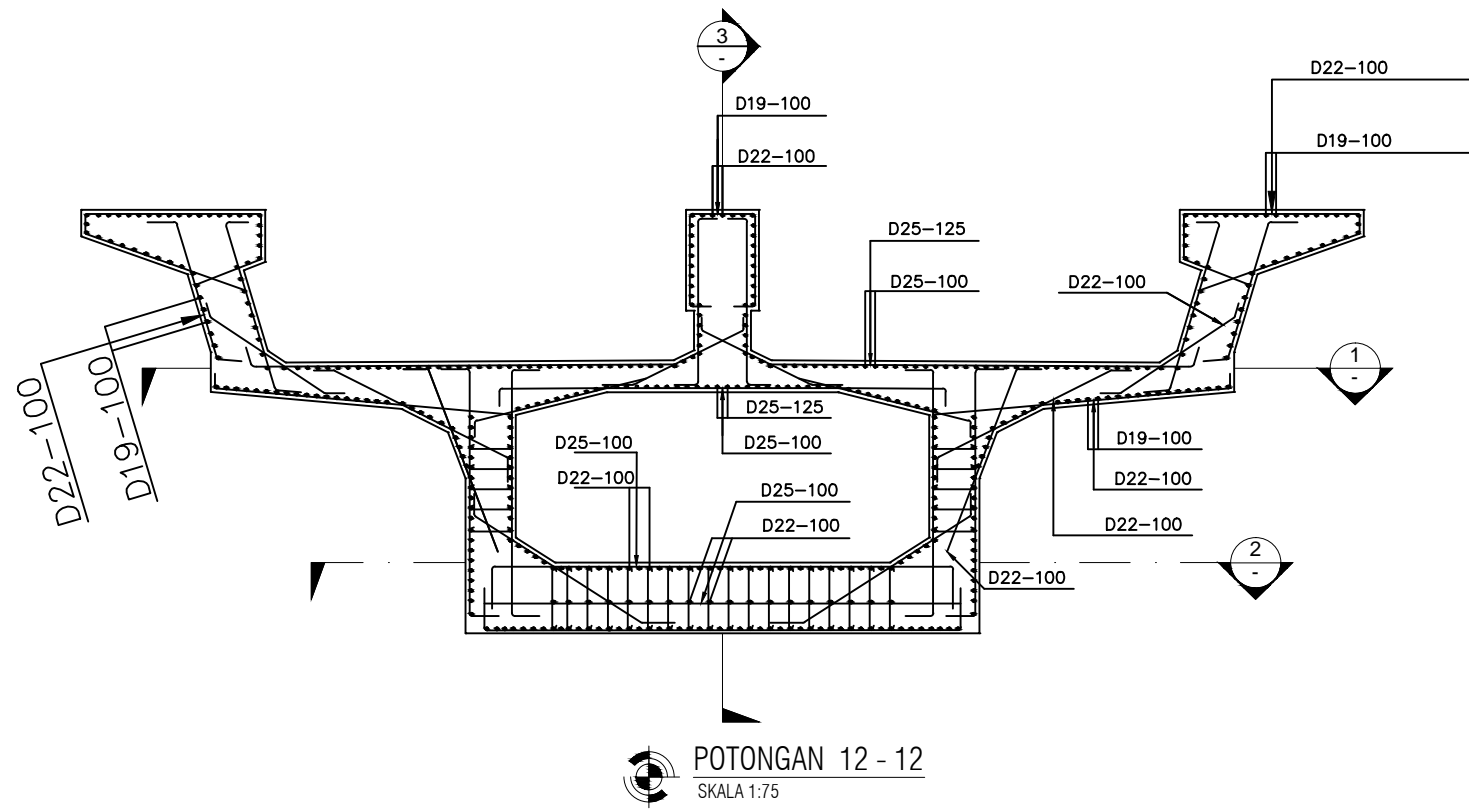
Penulangan U-Box Girder  
 12/20

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

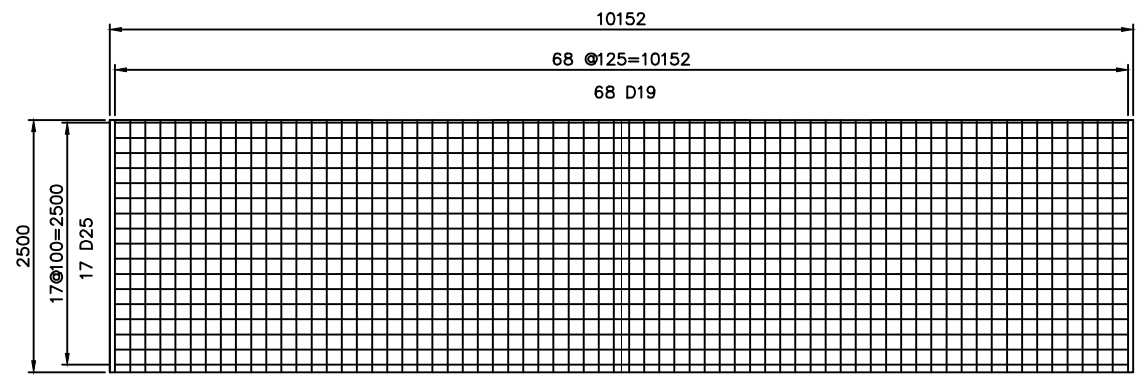
1 : 75                      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

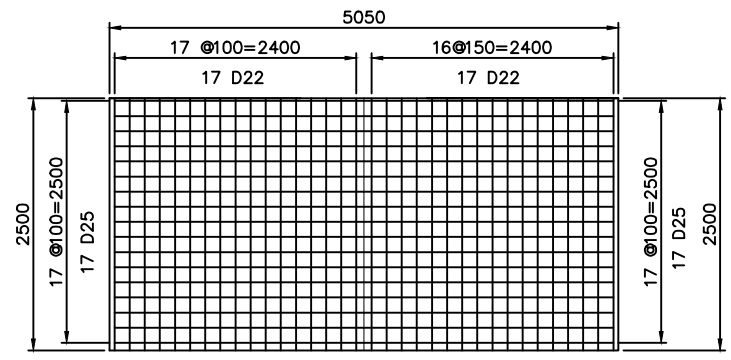
**30**                      48



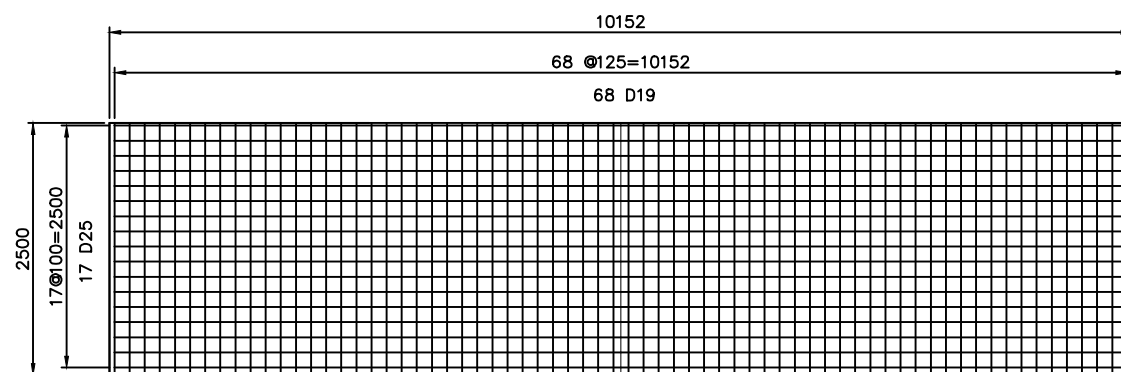
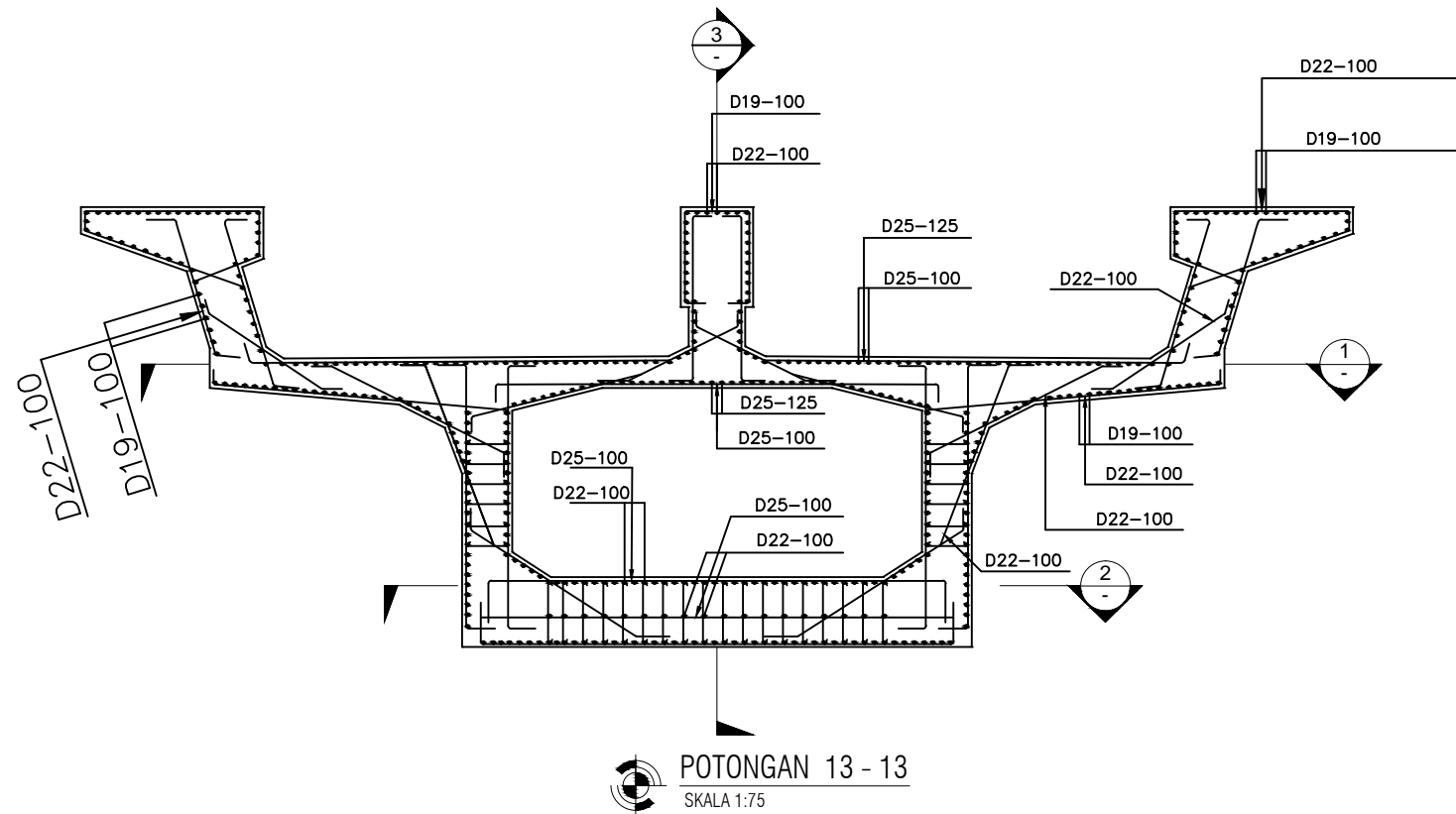
4 SECTION-3  
 SCALE 1 : 75



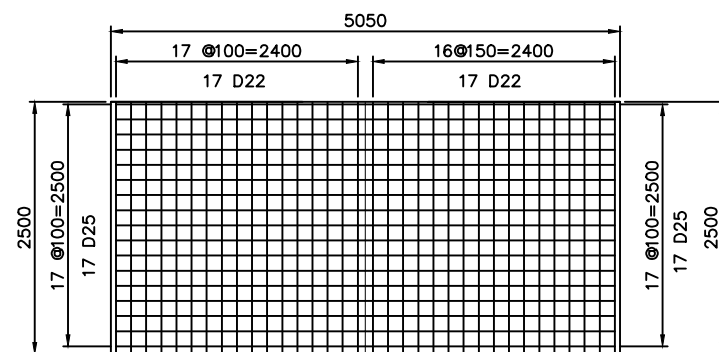
2 SECTION-1  
 SCALE 1 : 75



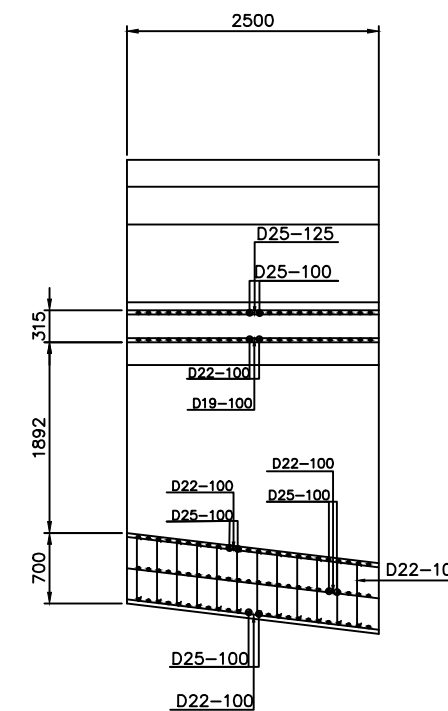
3 SECTION-2  
 SCALE 1 : 75



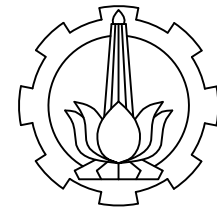
2 SECTION - 1  
SCALE 1 : 75



3 SECTION - 2  
SCALE 1 : 75



4 SECTION - 3  
SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
CIKUNIR BENTANG 105 METER  
MENGUNAKAN U-BOX GIRDER  
PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
NRP. 10111410000035

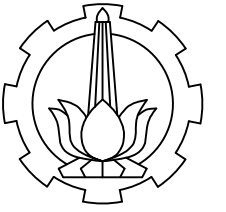
**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
fc' 40 MPa (Pilar)  
fc' 30 MPa (Bore Pile)  
Mutu Baja Tulangan :  
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan U-Box Girder  
13/20

SKALA	KODE GAMBAR
1 : 75	STR
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>31</b>	48



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

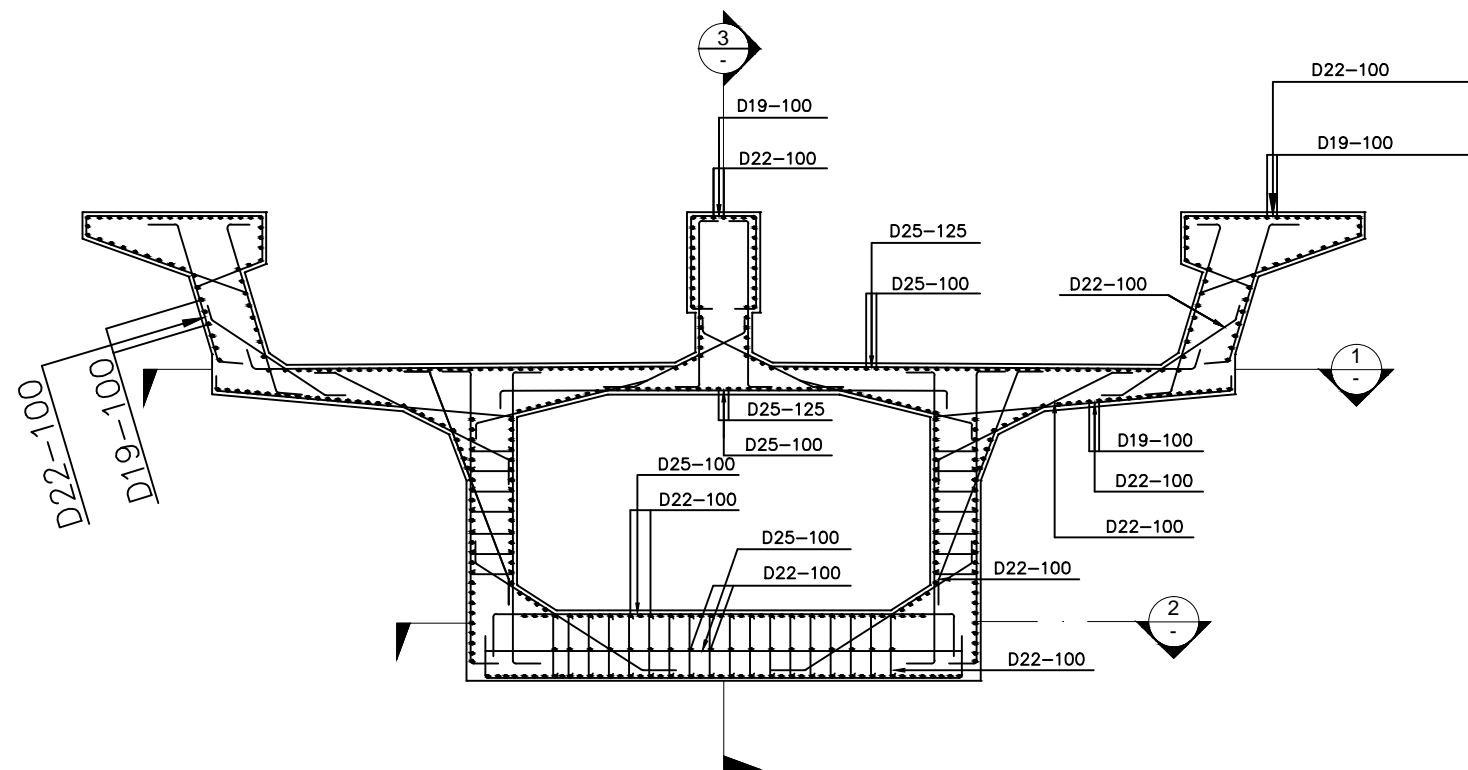
Penulangan U-Box Girder  
 (14/20)

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

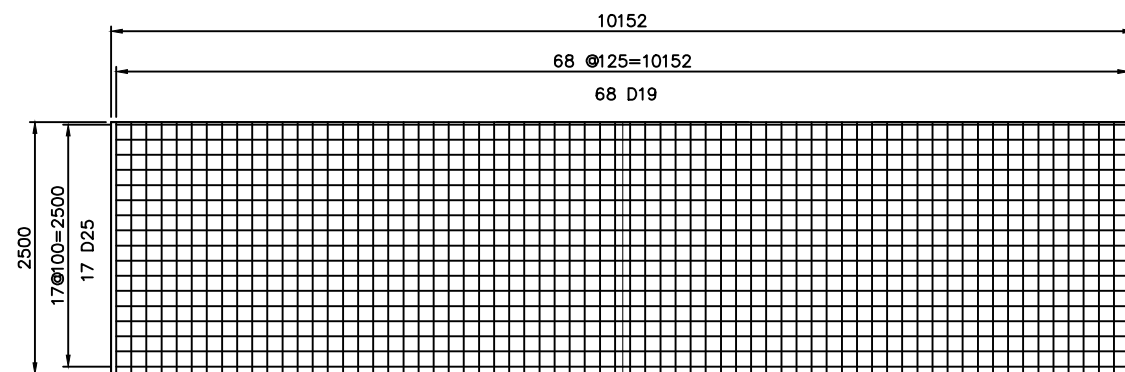
1 : 75      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

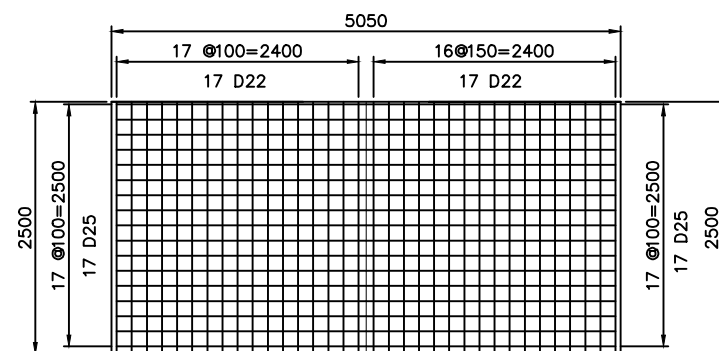
**32**      48



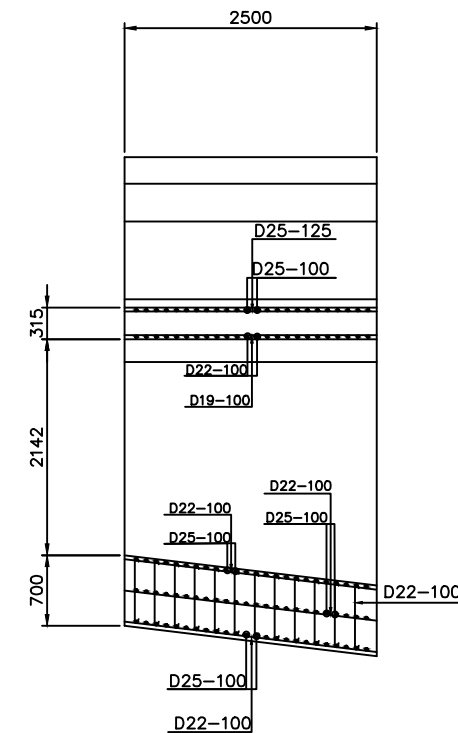
**POTONGAN 14 - 14**  
 SKALA 1:75



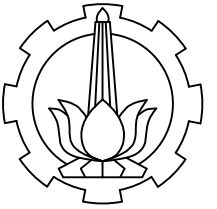
**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

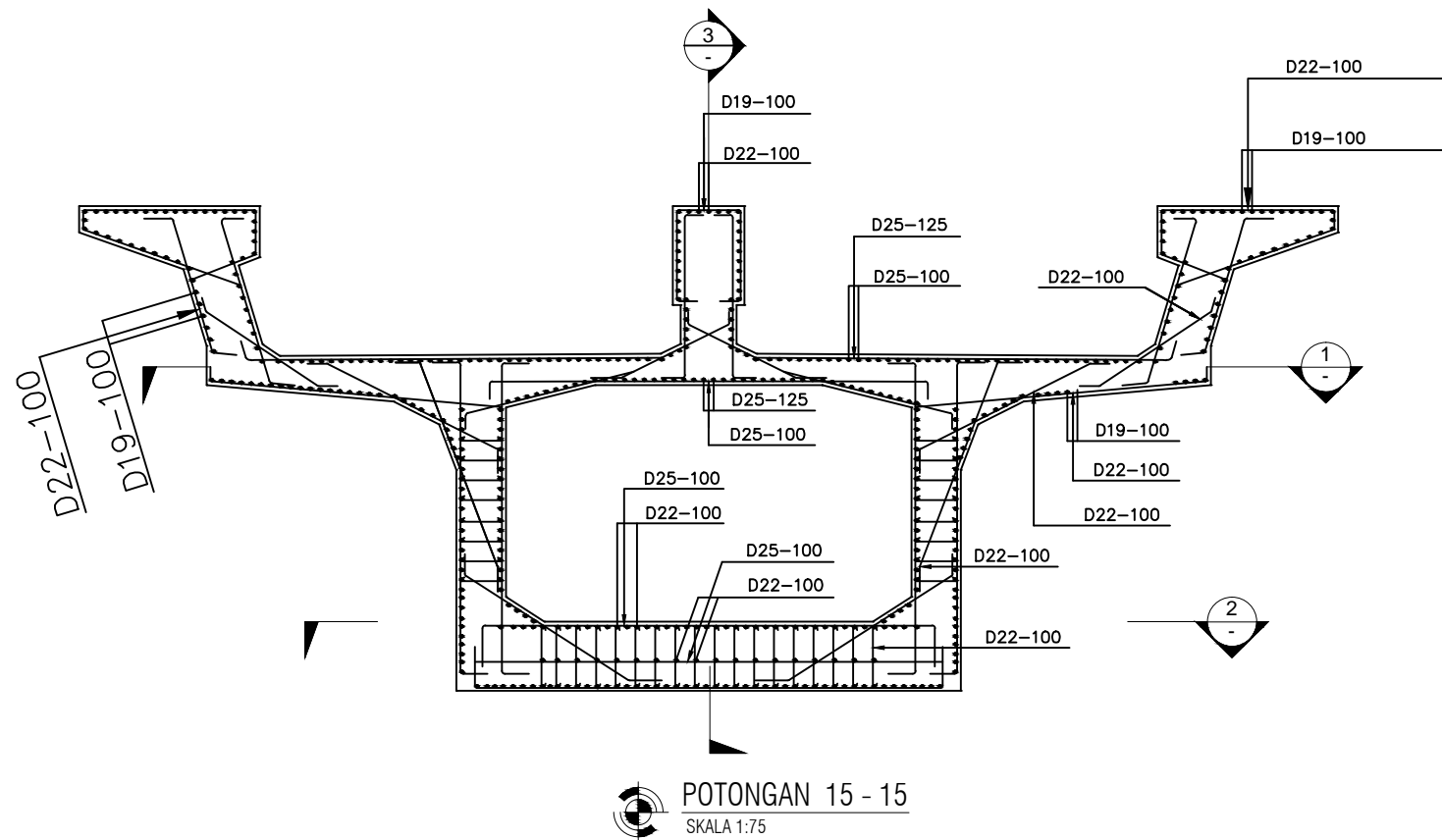
Penulangan U-Box Girder  
 (15/20)

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

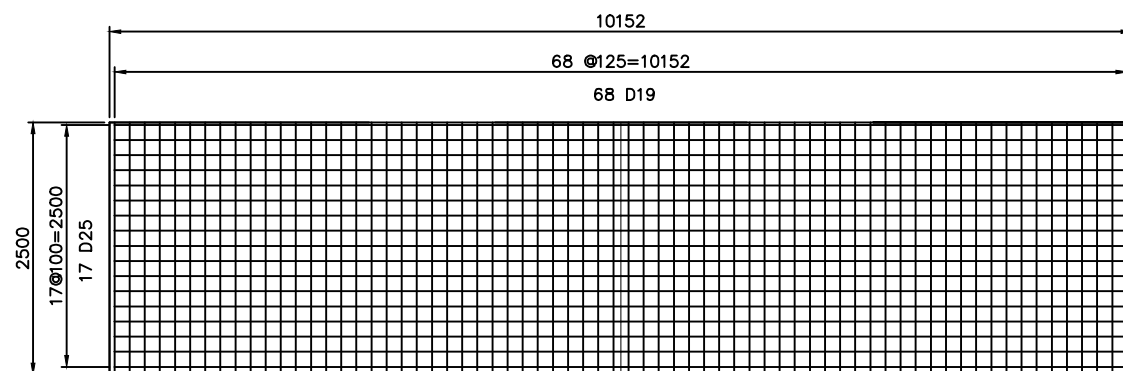
1 : 75      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

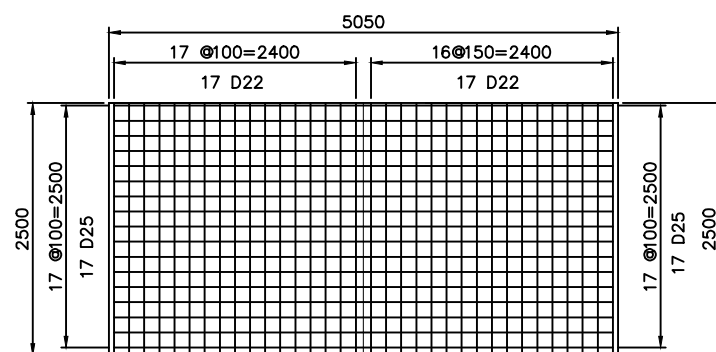
**33**      48



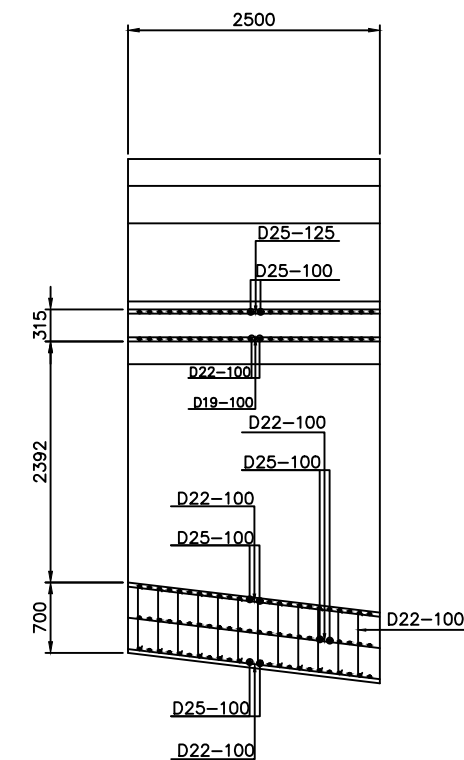
**POTONGAN 15 - 15**  
 SKALA 1:75



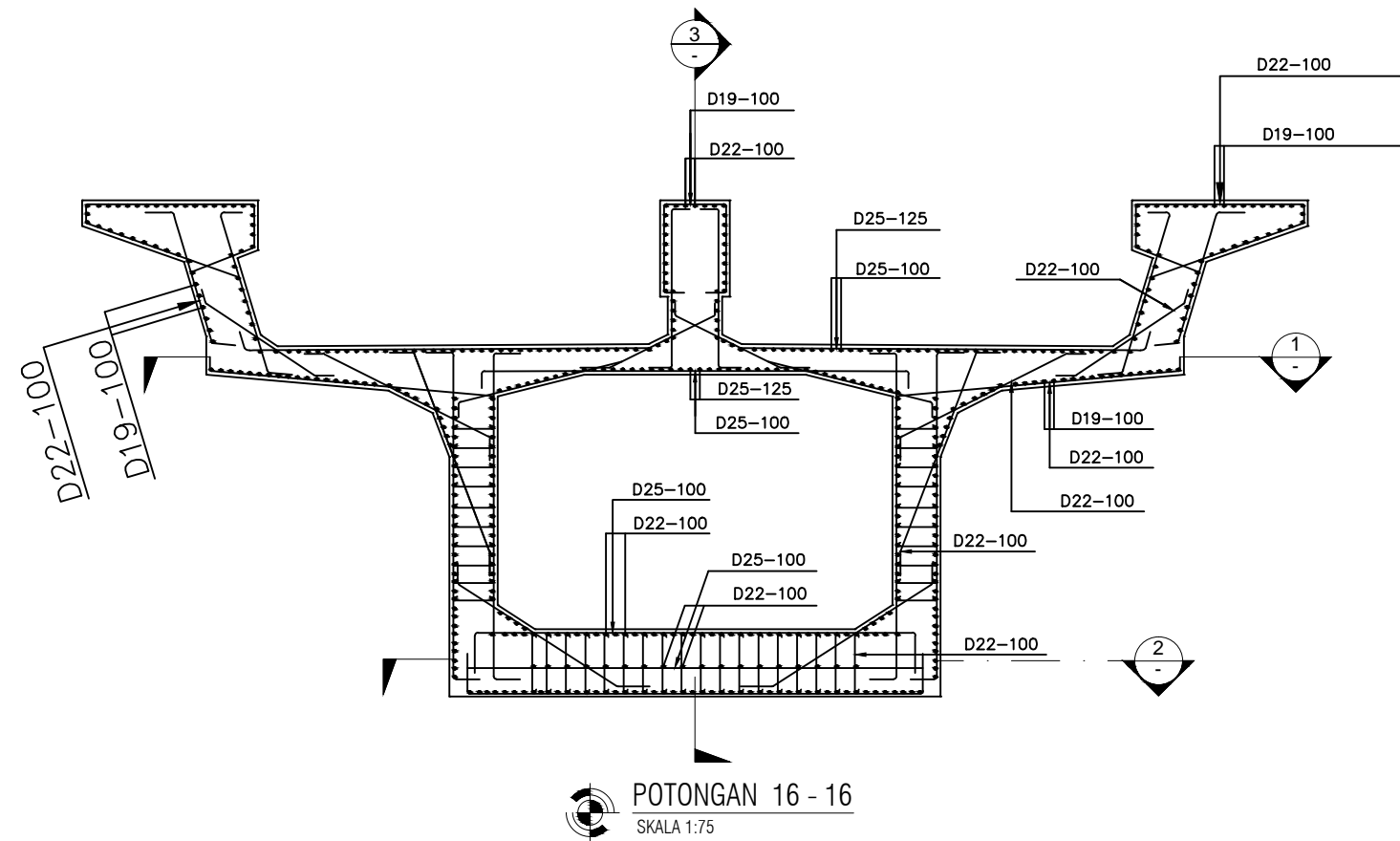
**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



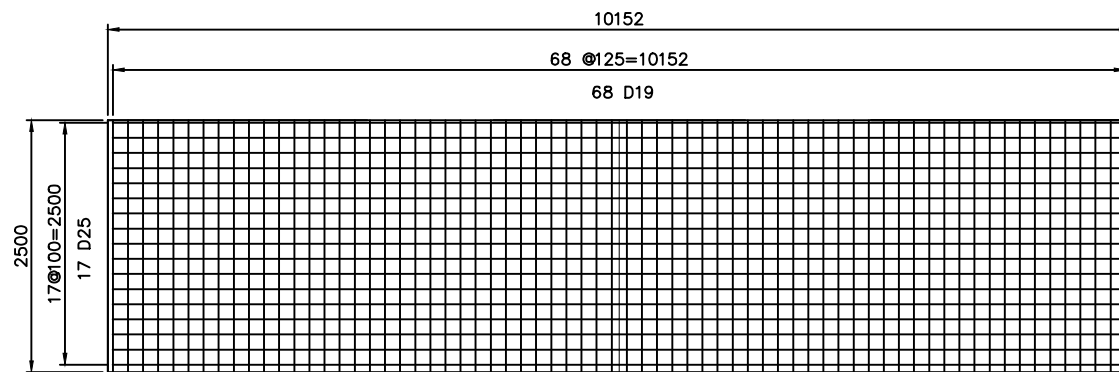
**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



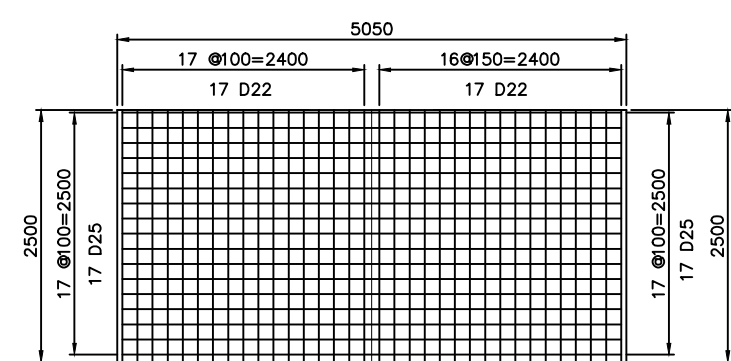
**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



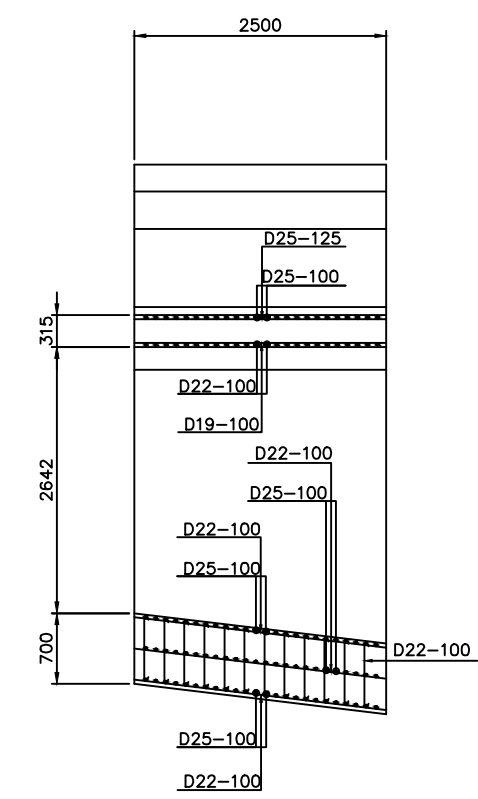
**POTONGAN 16 - 16**  
SKALA 1:75



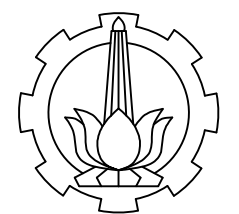
**SECTION - 1**  
SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
CIKUNIR BENTANG 105 METER  
MENGUNAKAN U-BOX GIRDER  
PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
NRP. 10111410000035

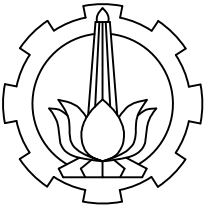
**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
fc' 40 MPa (Pilar)  
fc' 30 MPa (Bore Pile)  
Mutu Baja Tulangan :  
fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan U-Box Girder  
(16/20)

SKALA	KODE GAMBAR
1 : 75	STR
NO. GAMBAR	JUMLAH GAMBAR
<b>34</b>	48



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

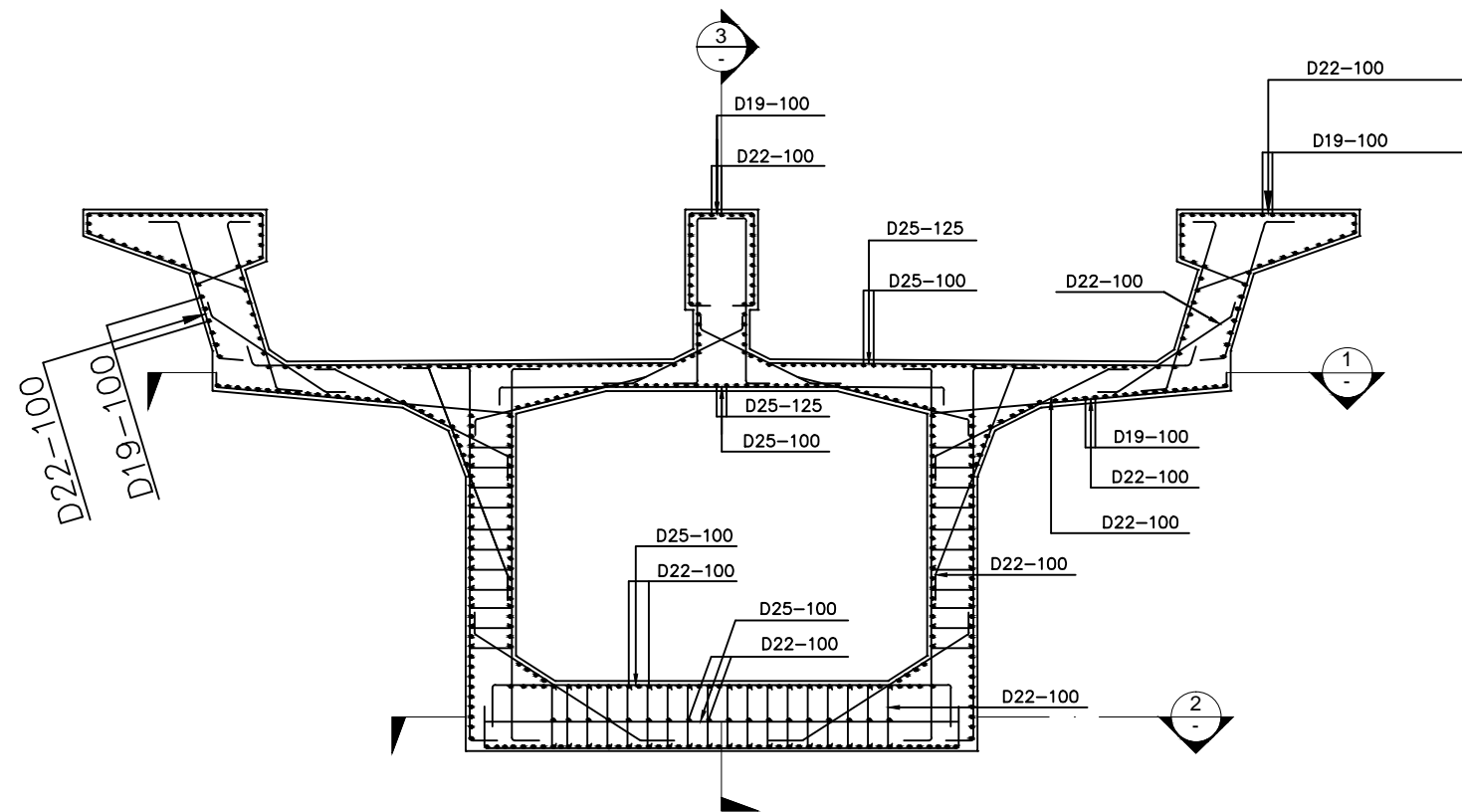
Penulangan U-Box Girder  
 (17/20)

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

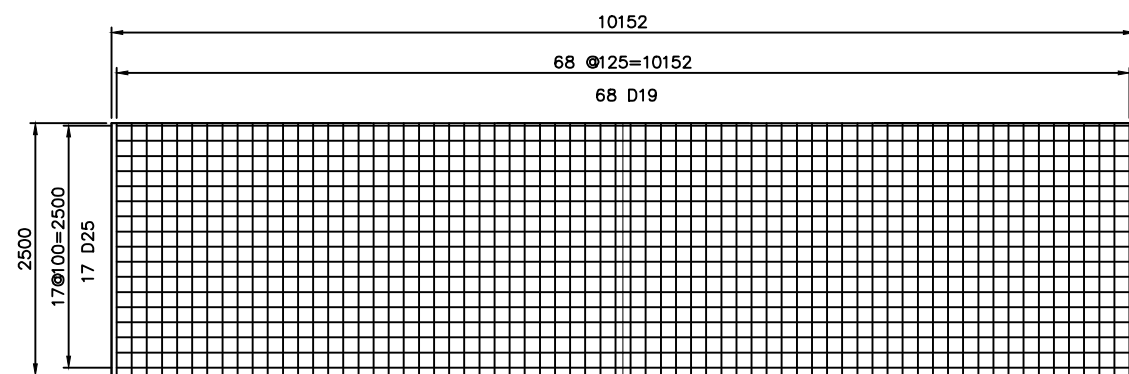
1 : 75	STR
--------	-----

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

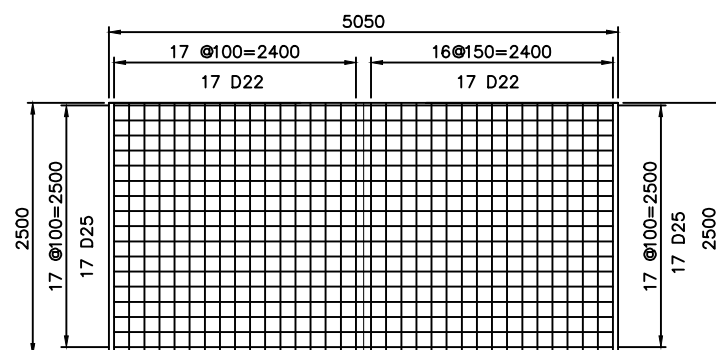
<b>35</b>	48
-----------	----



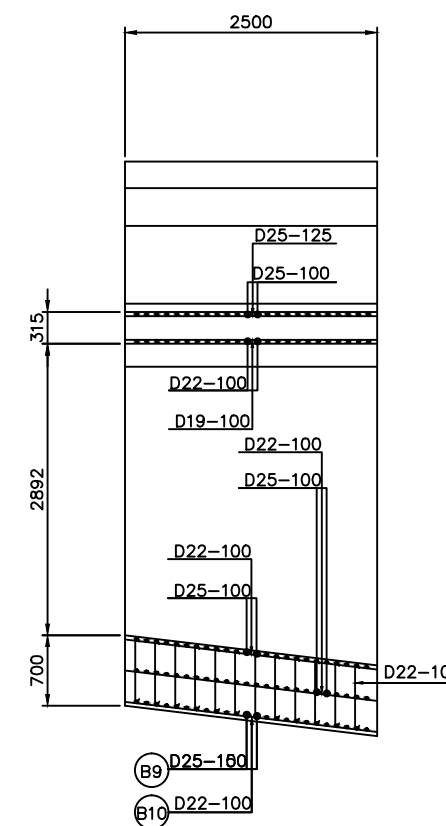
**POTONGAN 17 - 17**  
 SKALA 1:75



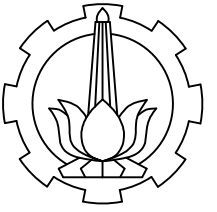
**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

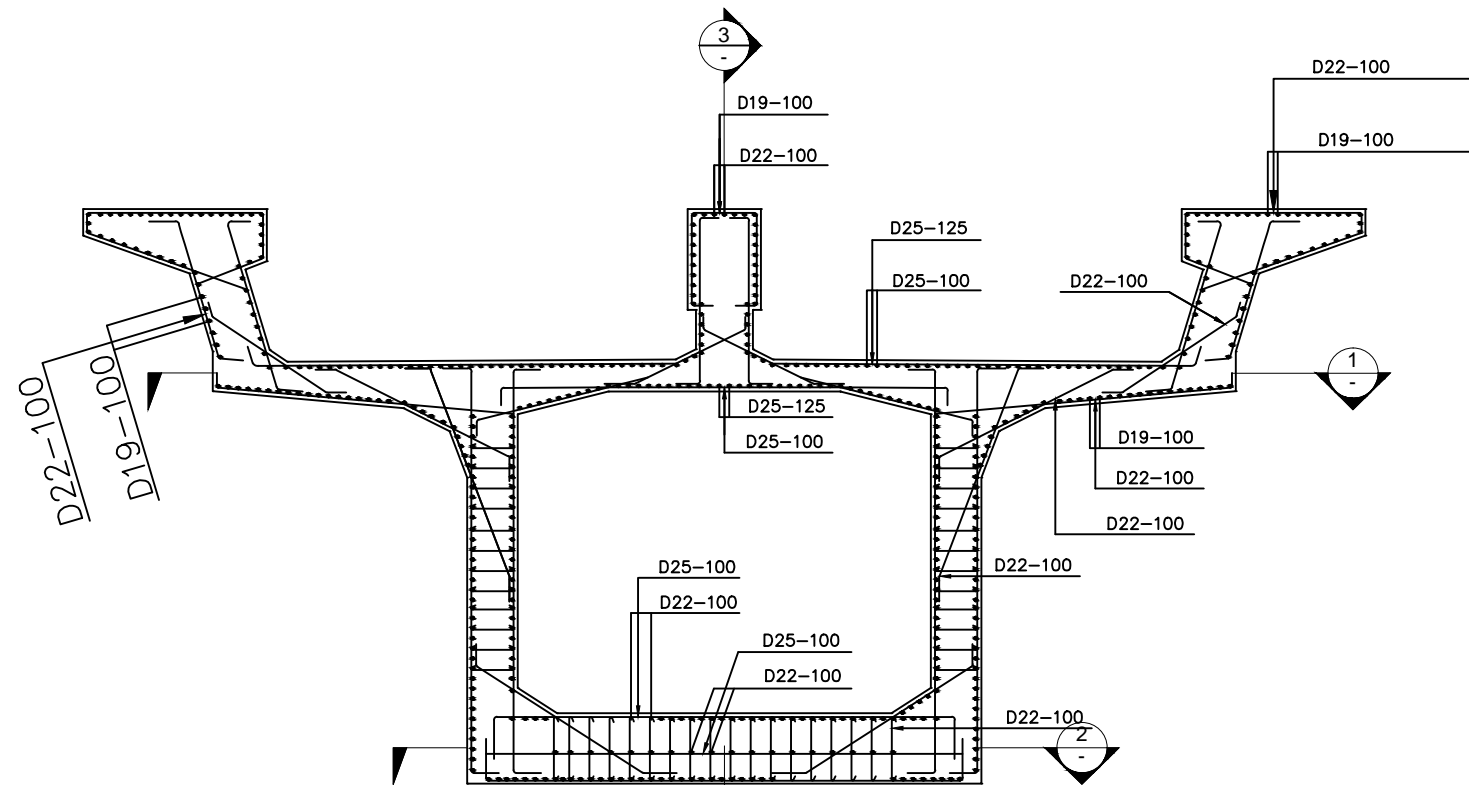
Penulangan U-Box Girder  
 (18/20)

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

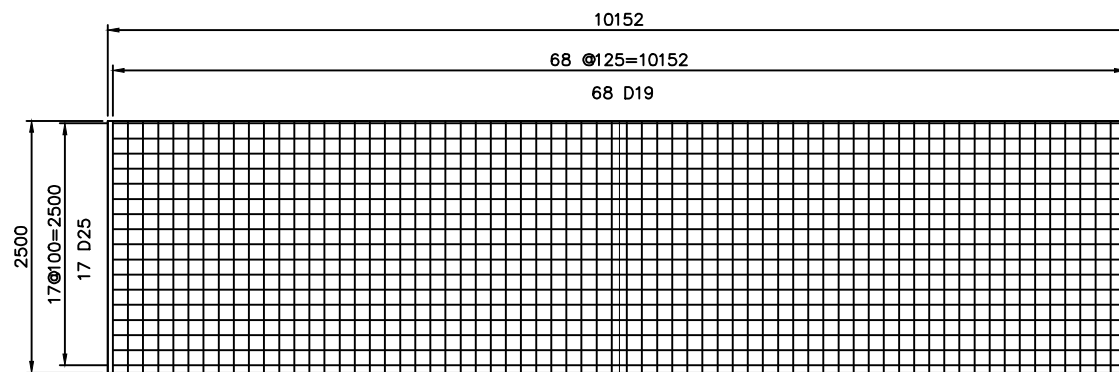
1 : 75      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

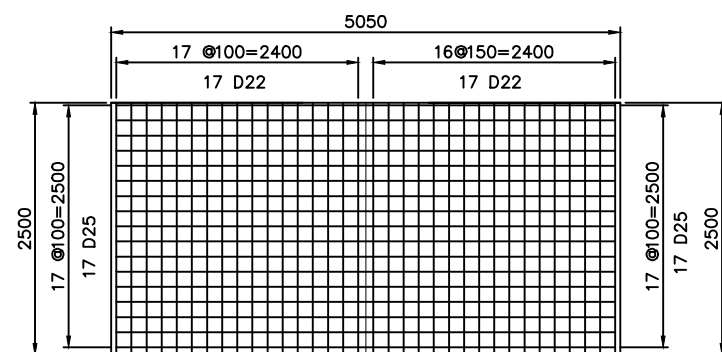
**36**      48



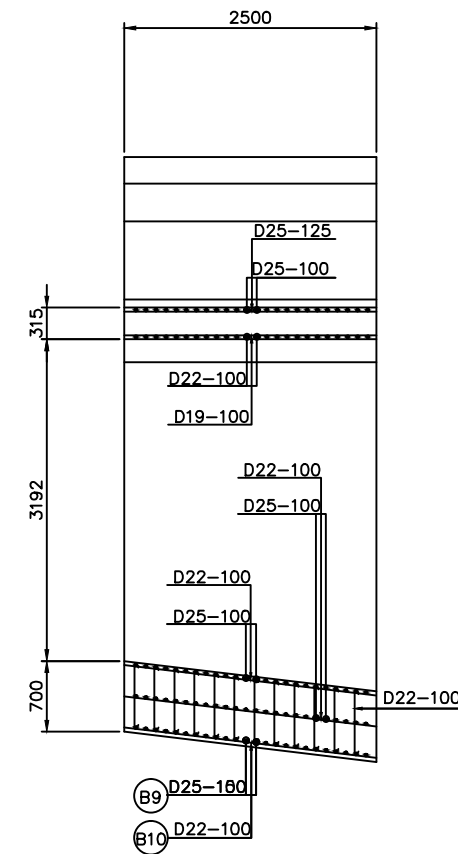
**POTONGAN 18 - 18**  
 SKALA 1:75



**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75

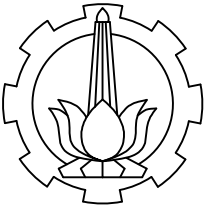


**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

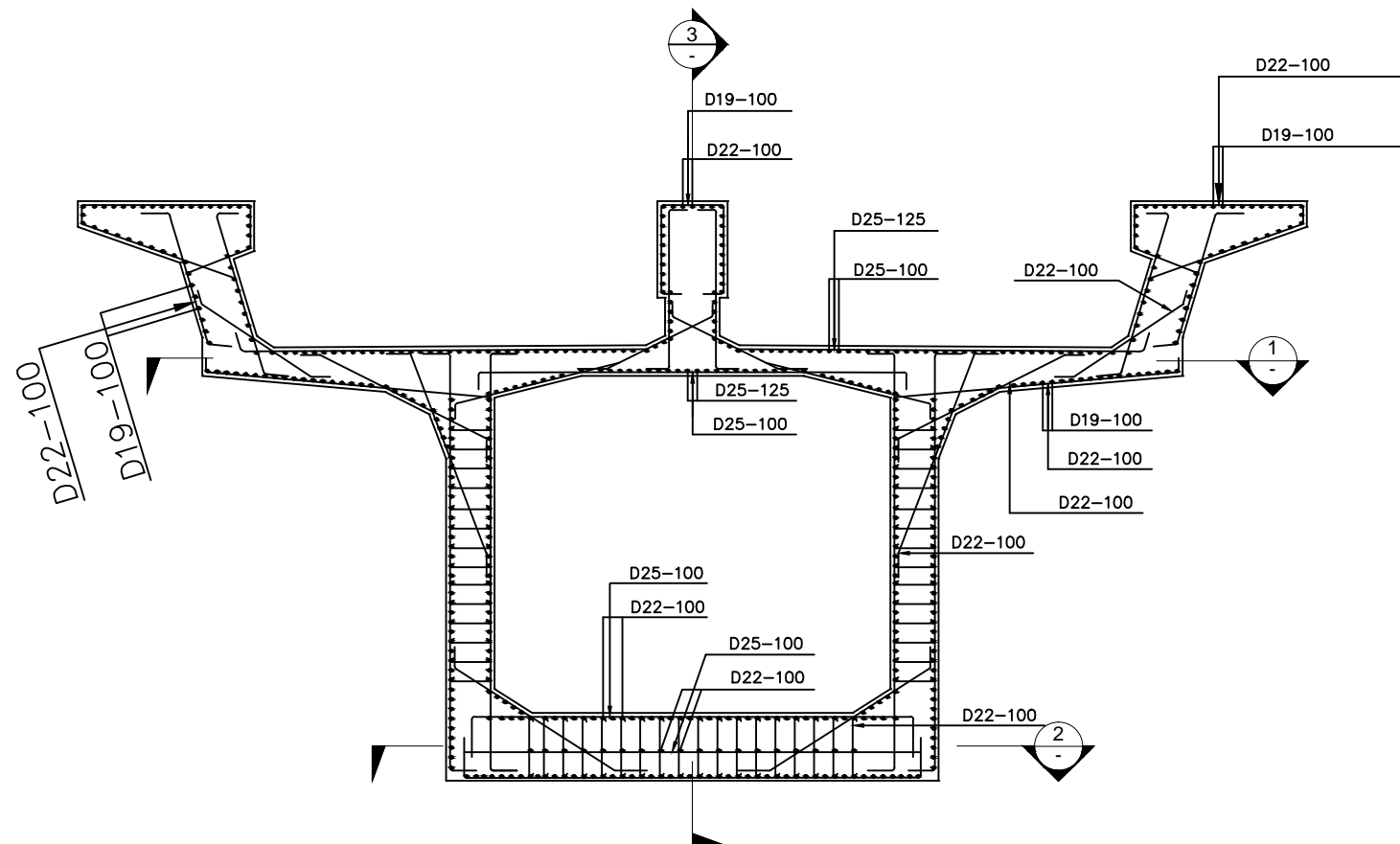
Penulangan U-Box Girder  
 (19/20)

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

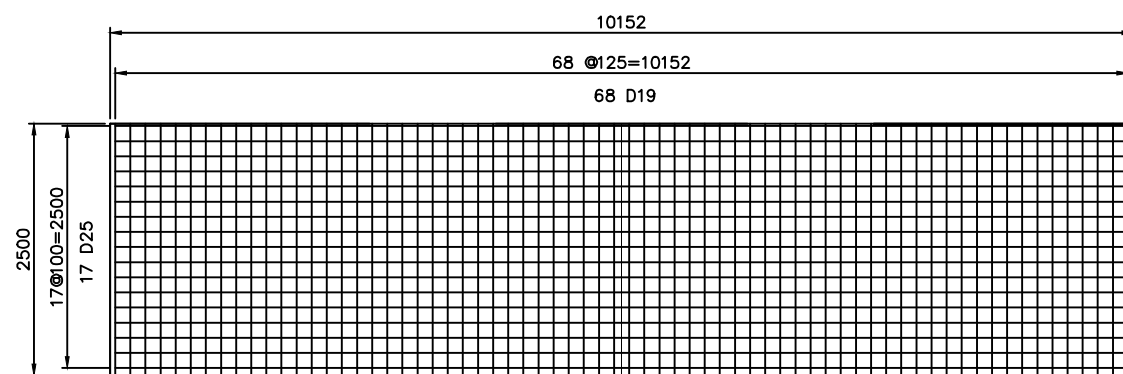
1 : 75      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

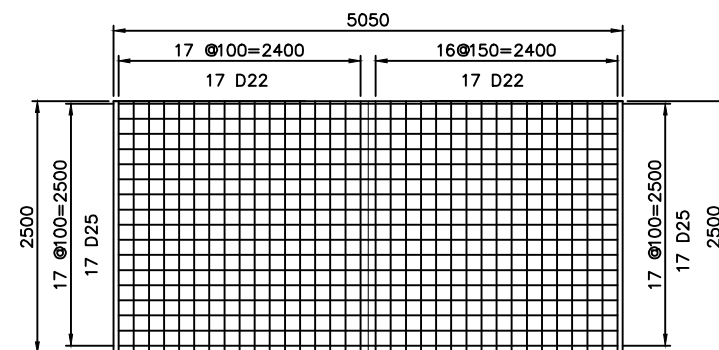
**37**      48



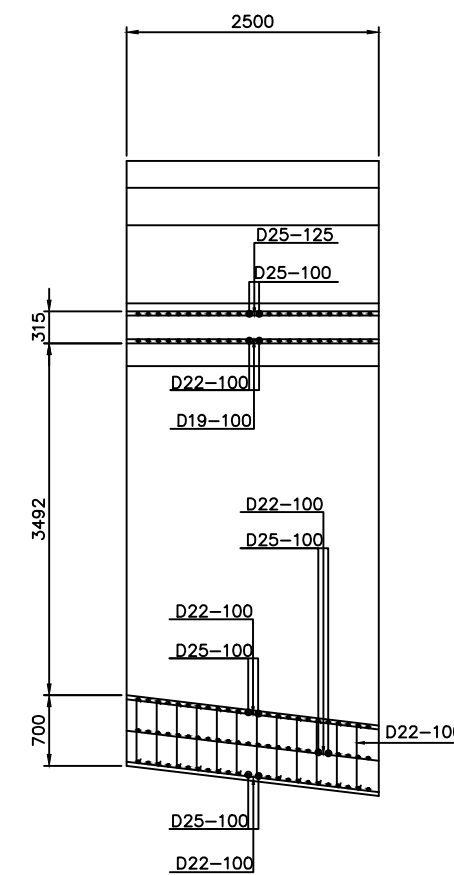
**POTONGAN 19 - 19**  
 SKALA 1:75



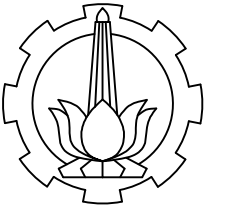
**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

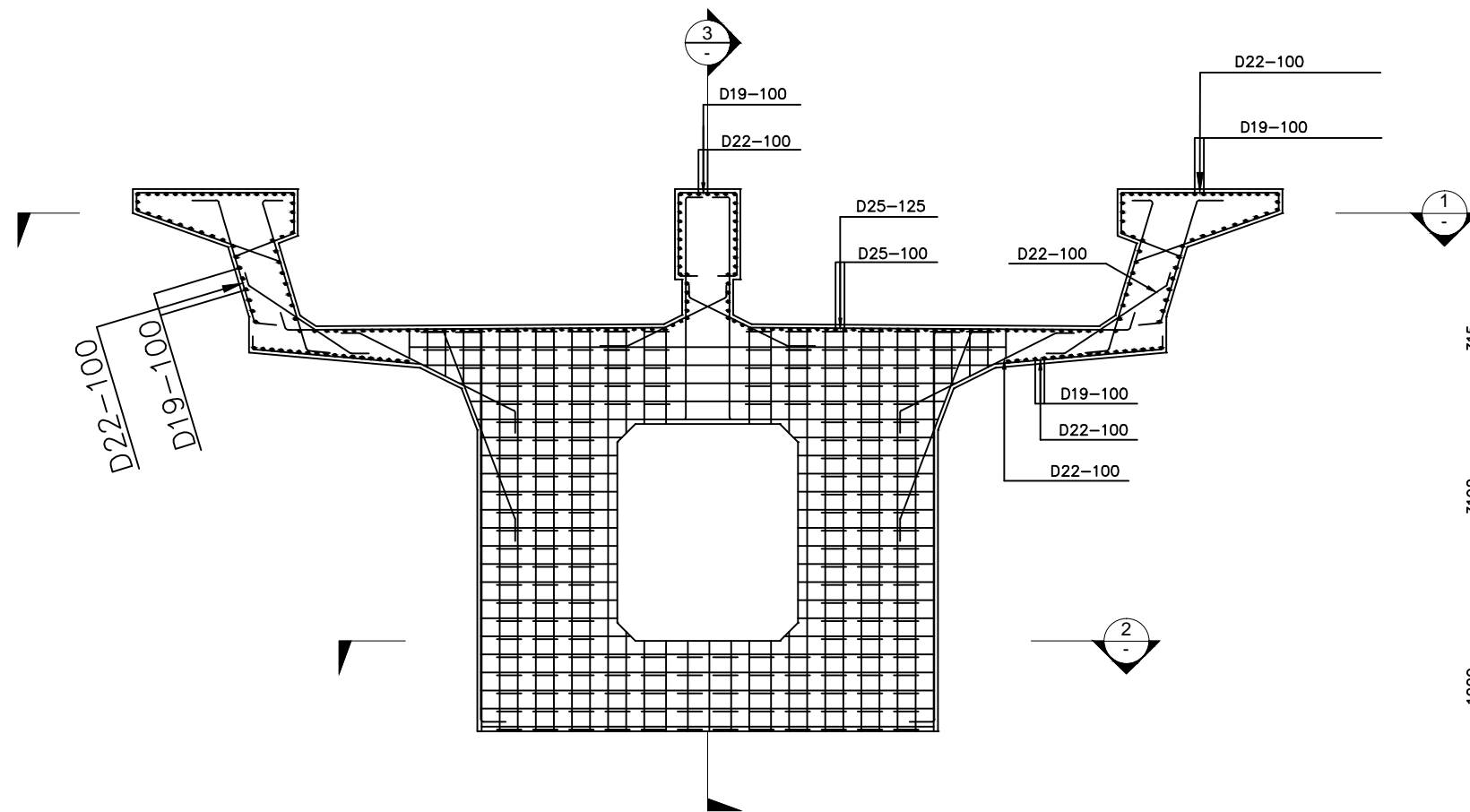
Penulangan U-Box Girder  
 (20/20)

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

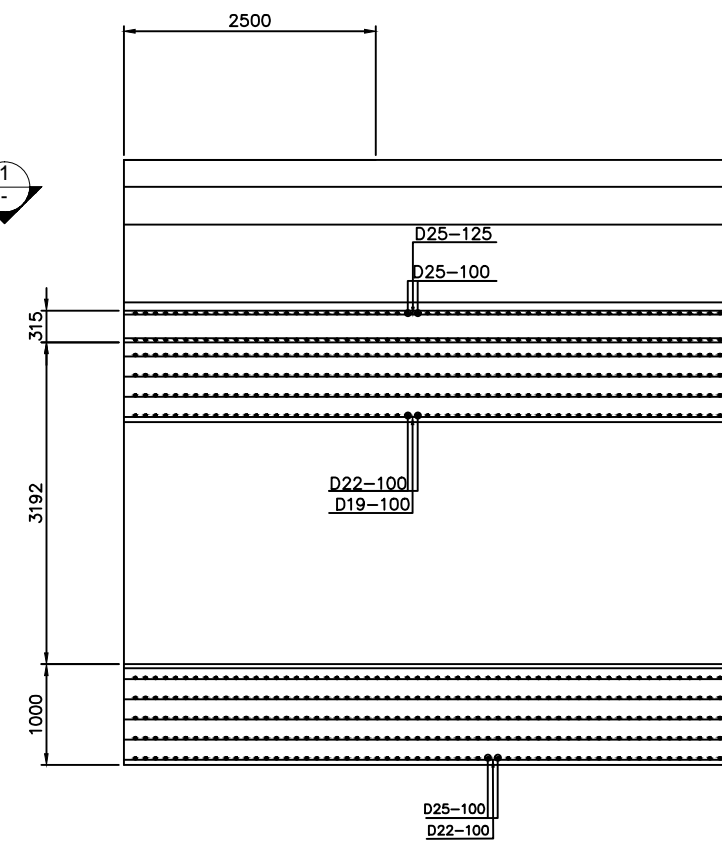
1 : 75      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

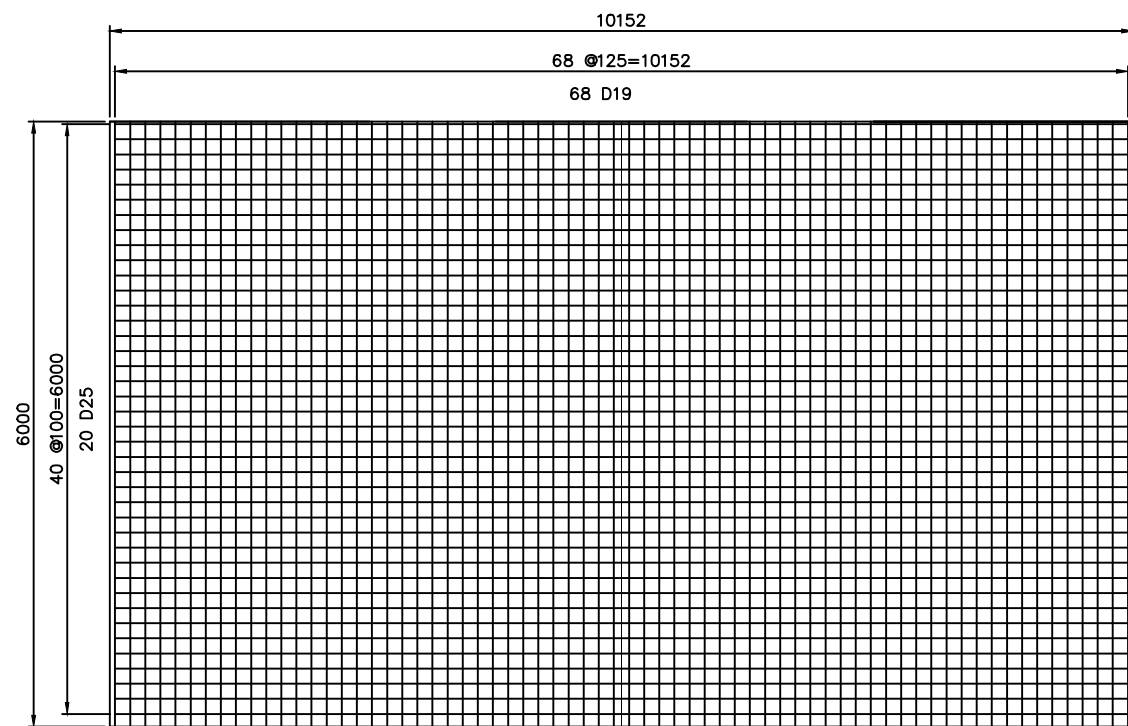
**38**      48



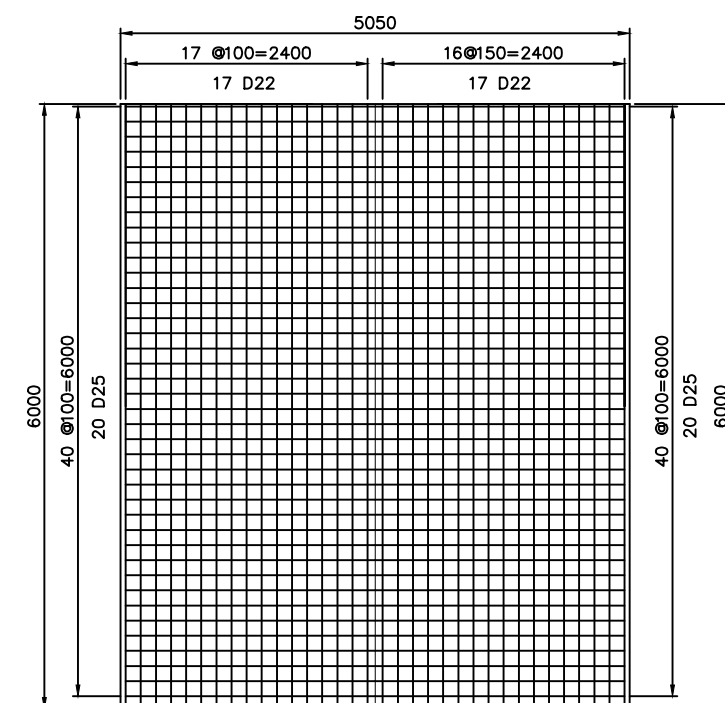
**POTONGAN 20 - 20**  
 SKALA 1:75



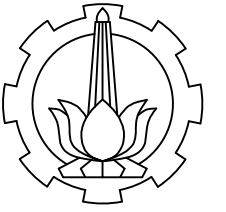
**SECTION - 3**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 1**  
 SCALE 1 : 75



**SECTION - 2**  
 SCALE 1 : 75



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Pier P1

**SKALA**

1 : 125

**KODE GAMBAR**

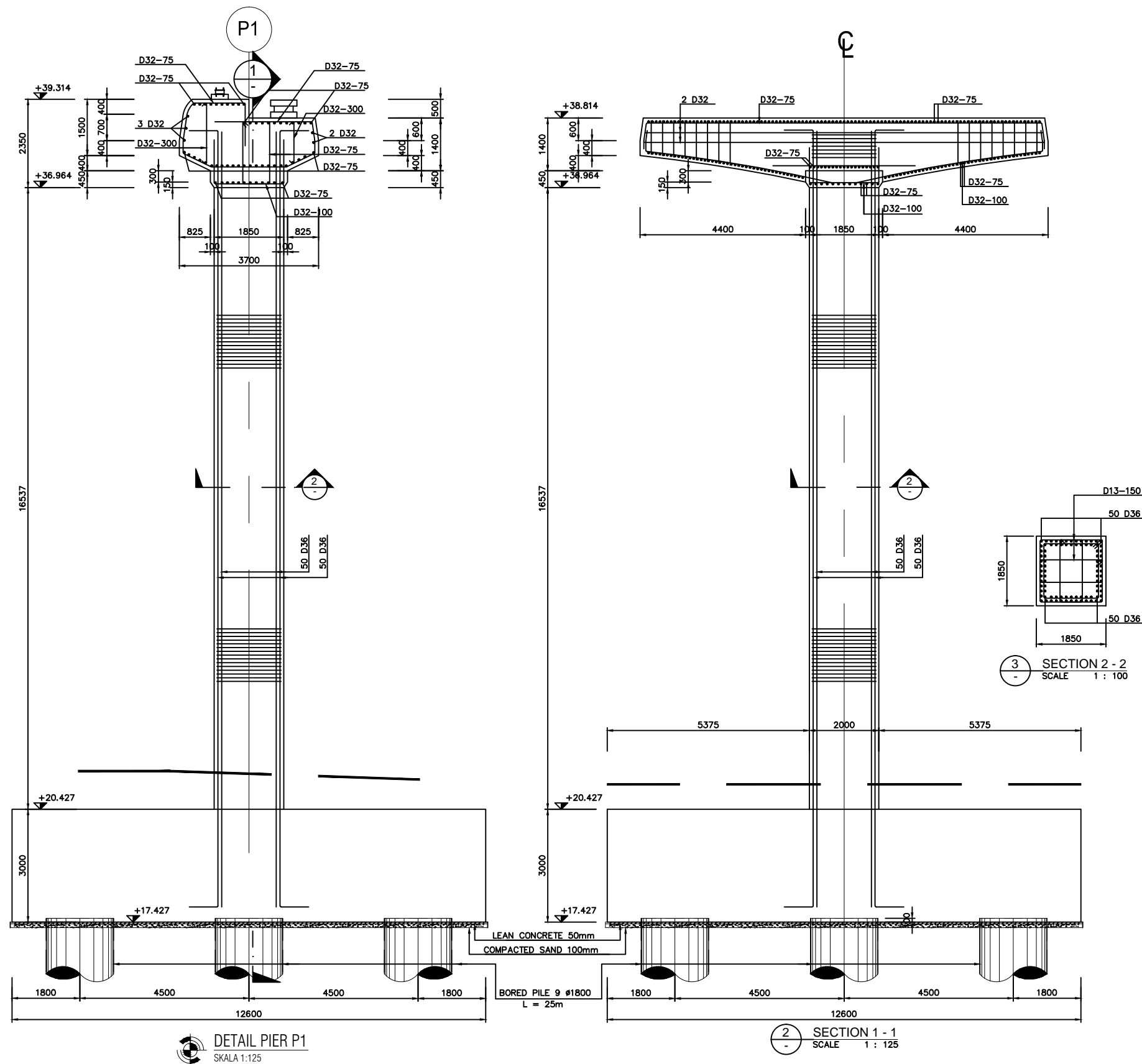
STR

**NO. GAMBAR**

39

**JUMLAH GAMBAR**

48



DETAIL PIER P1  
 SKALA 1:125

SECTION 1 - 1  
 SCALE 1 : 125

SECTION 2 - 2  
 SCALE 1 : 100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Pier P4

**SKALA**

1 : 125

**KODE GAMBAR**

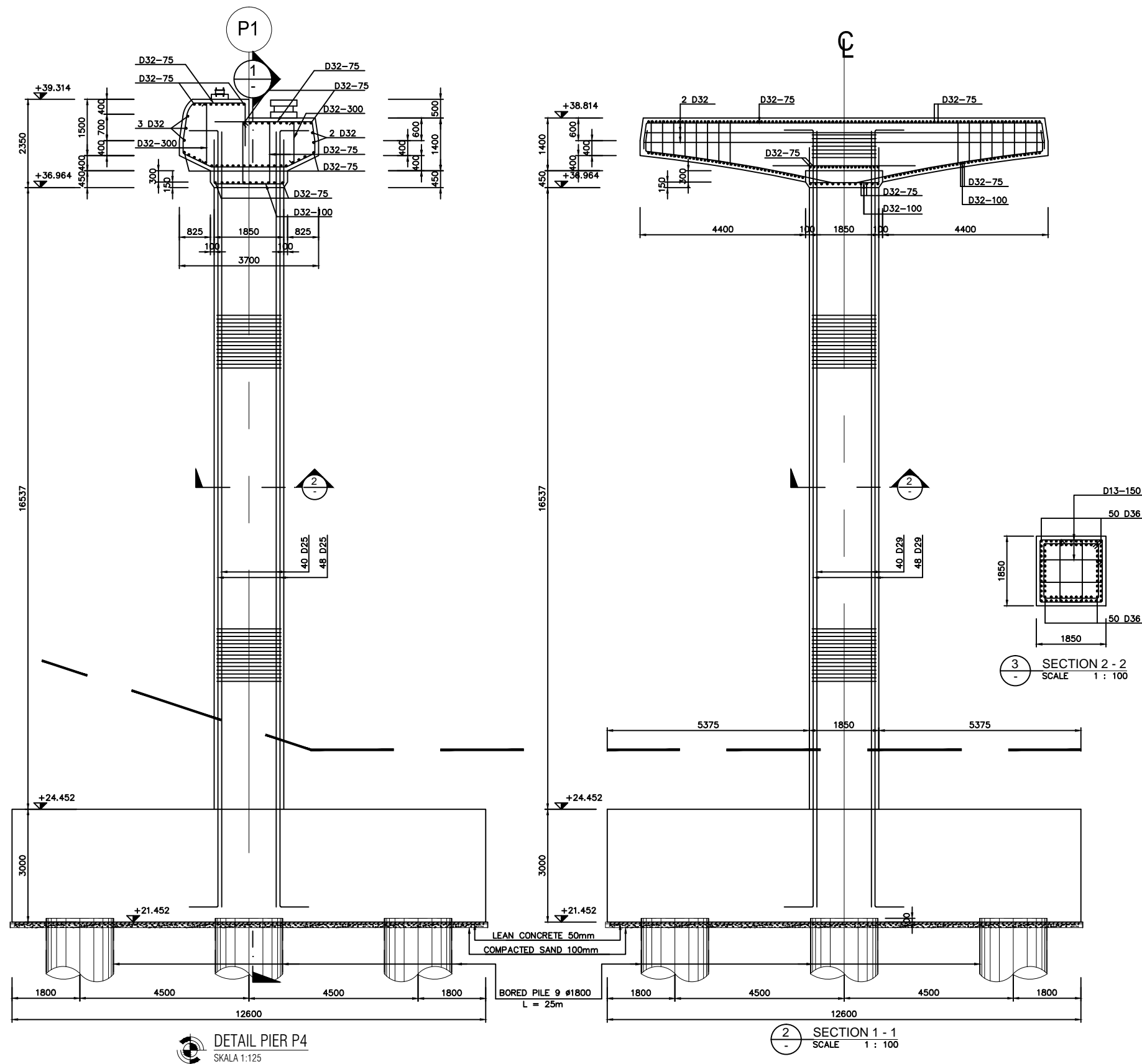
STR

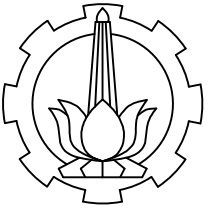
**NO. GAMBAR**

40

**JUMLAH GAMBAR**

48





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBRAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

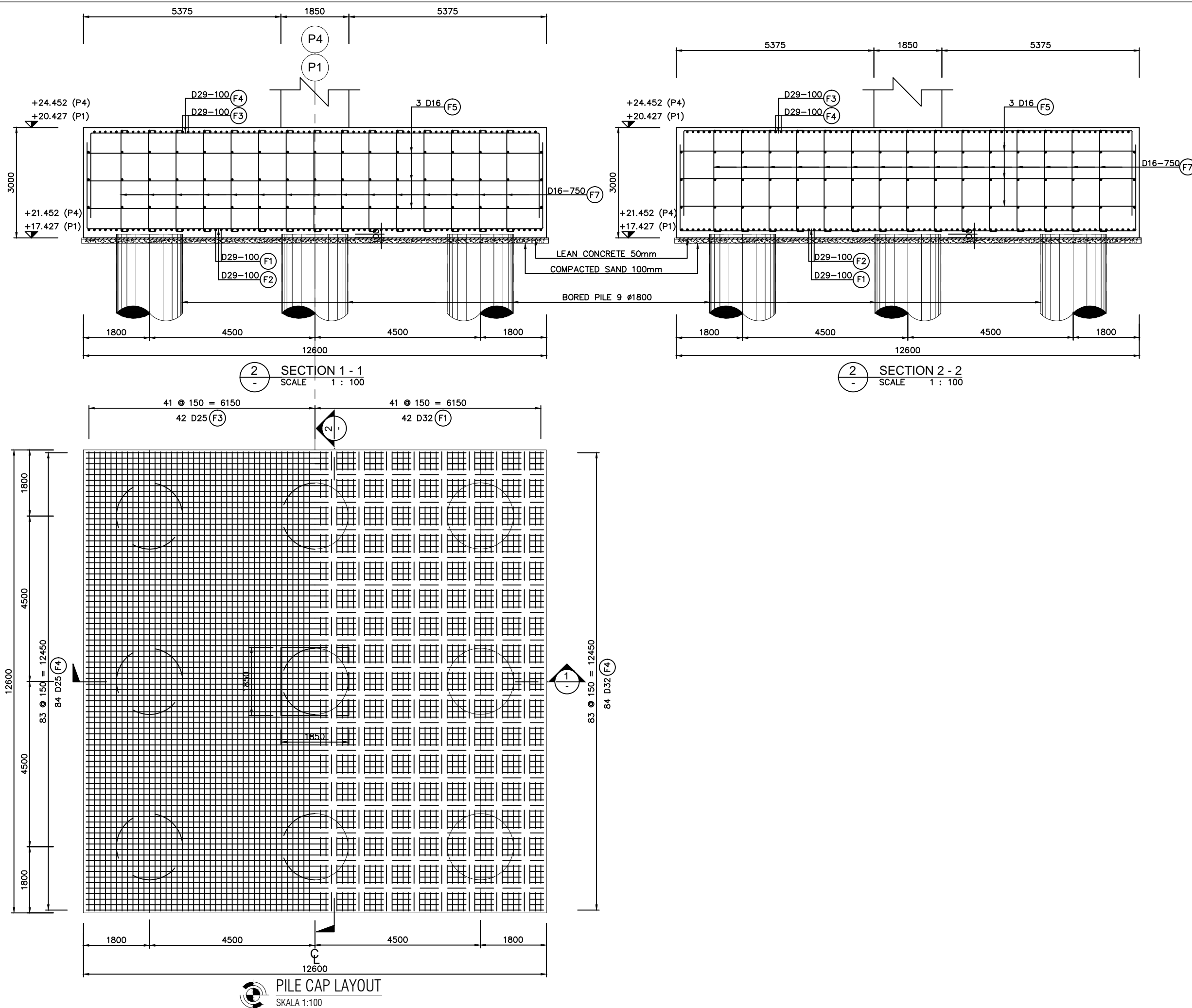
Penulangan Pile Cap P1 dan P4

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

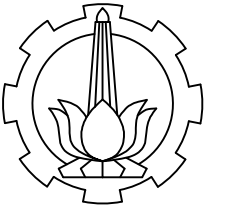
1 : 100      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

**41**      48



**PILE CAP LAYOUT**  
 SKALA 1:100



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

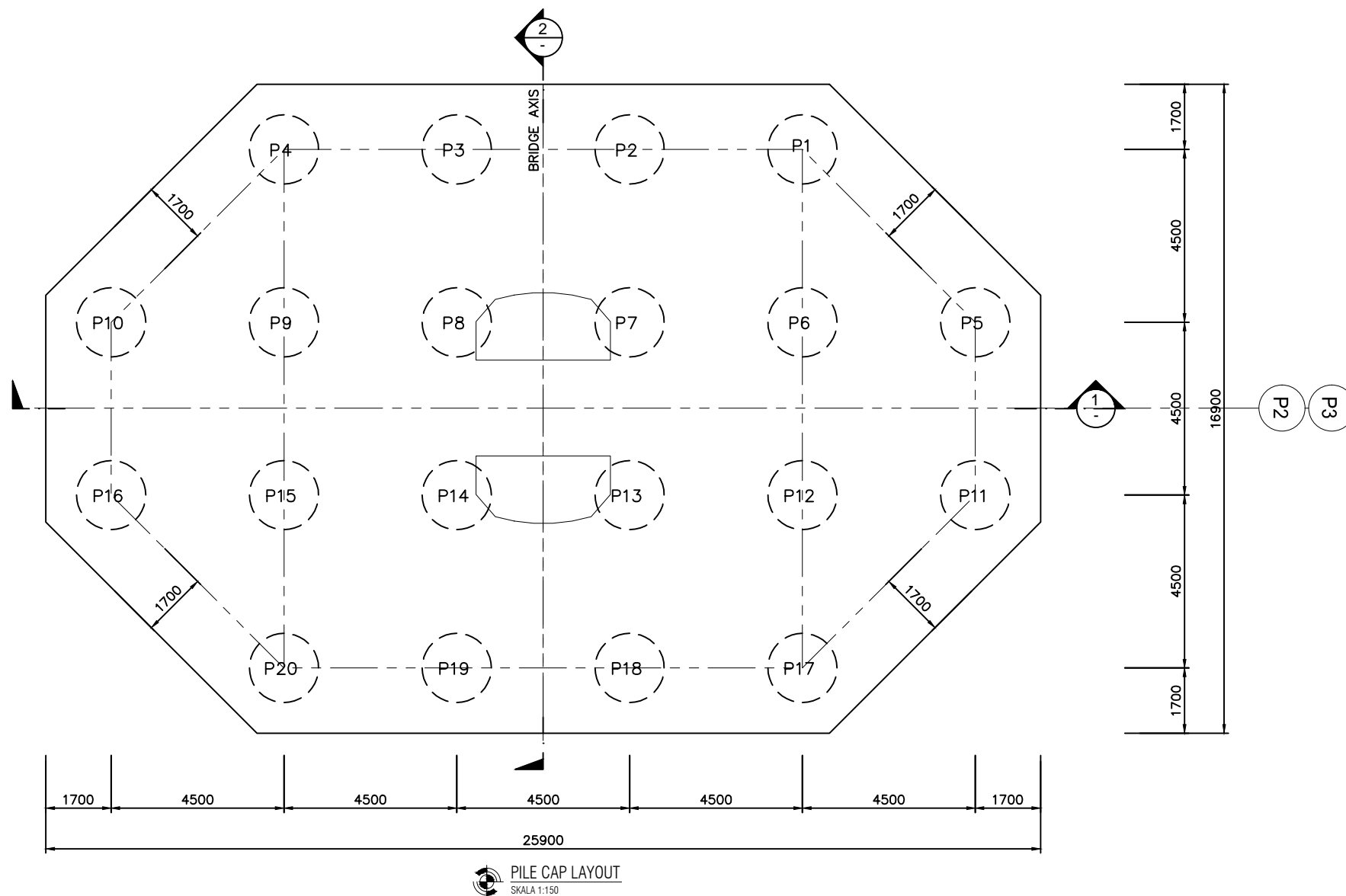
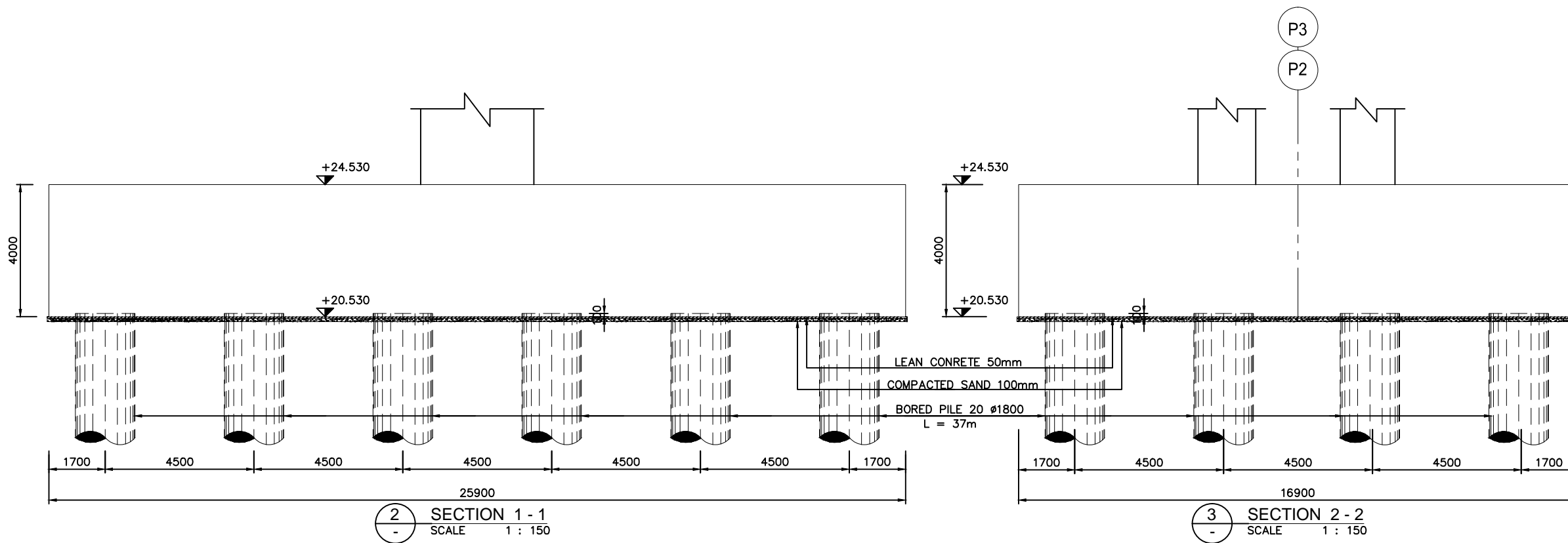
Dimensi Pile cap P2 dan P3

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

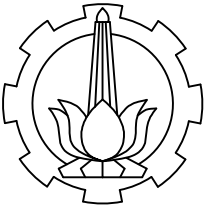
1 : 150	STR
---------	-----

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

42	48
----	----



PILE CAP LAYOUT  
 SKALA 1:150



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Pier P 2

**SKALA**

1 : 175

**KODE GAMBAR**

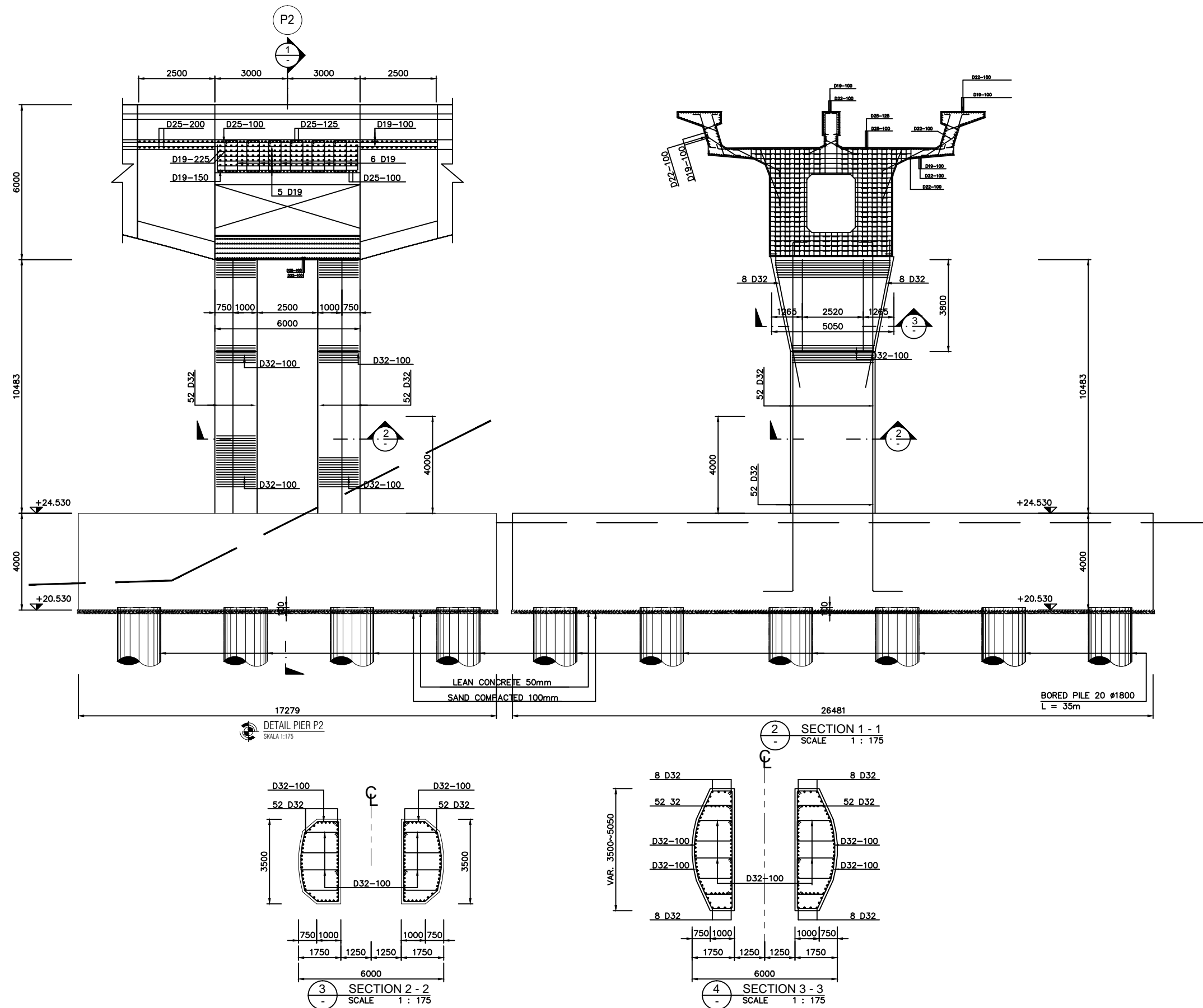
STR

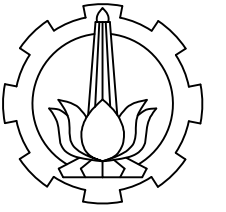
**NO. GAMBAR**

**43**

**JUMLAH GAMBAR**

48





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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Pier P 3

**SKALA**

1 : 175

**KODE GAMBAR**

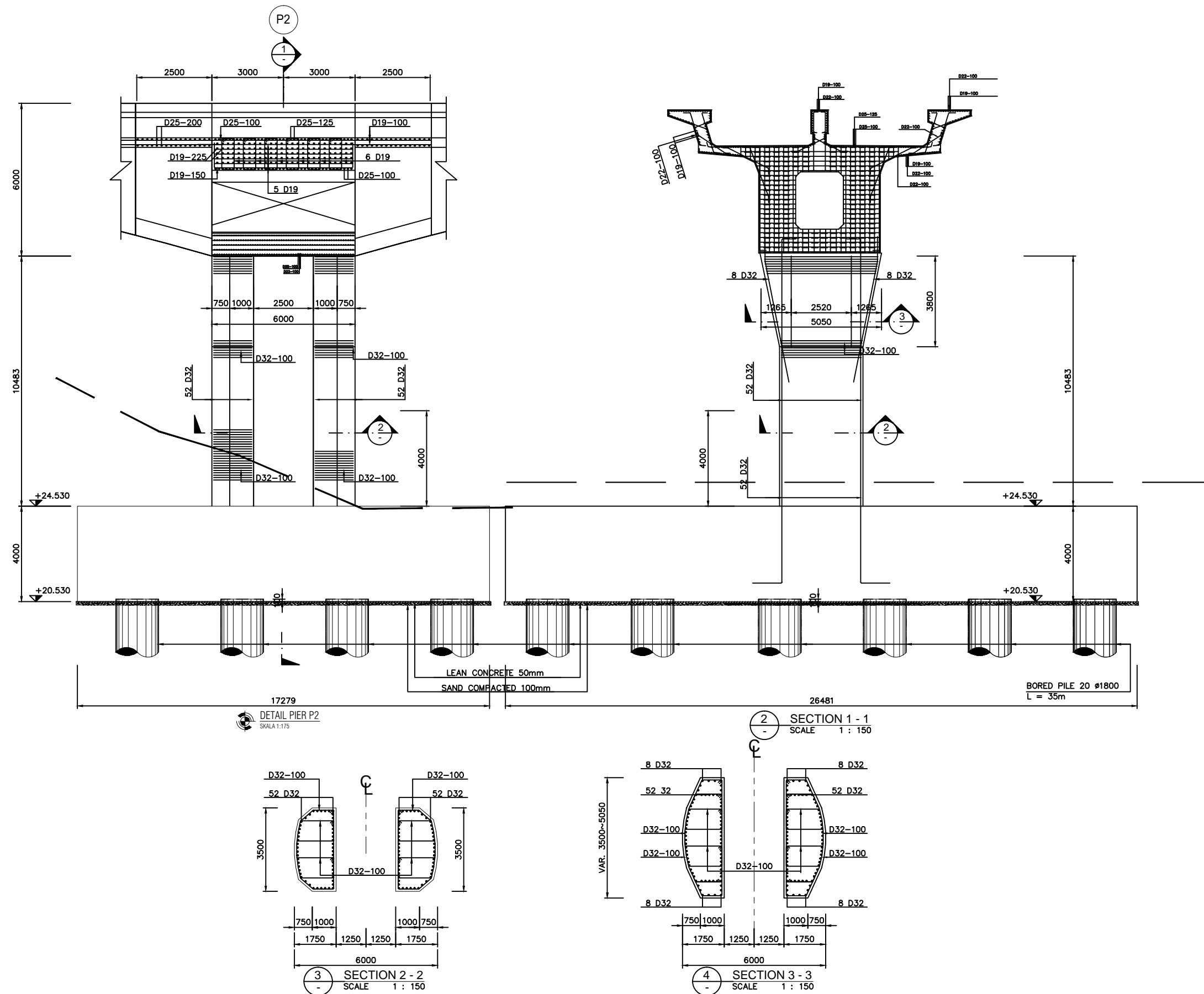
STR

**NO. GAMBAR**

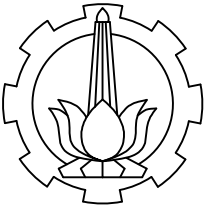
**44**

**JUMLAH GAMBAR**

48







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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Pile Cap P2 dan P3

**SKALA**

1 : 150

**KODE GAMBAR**

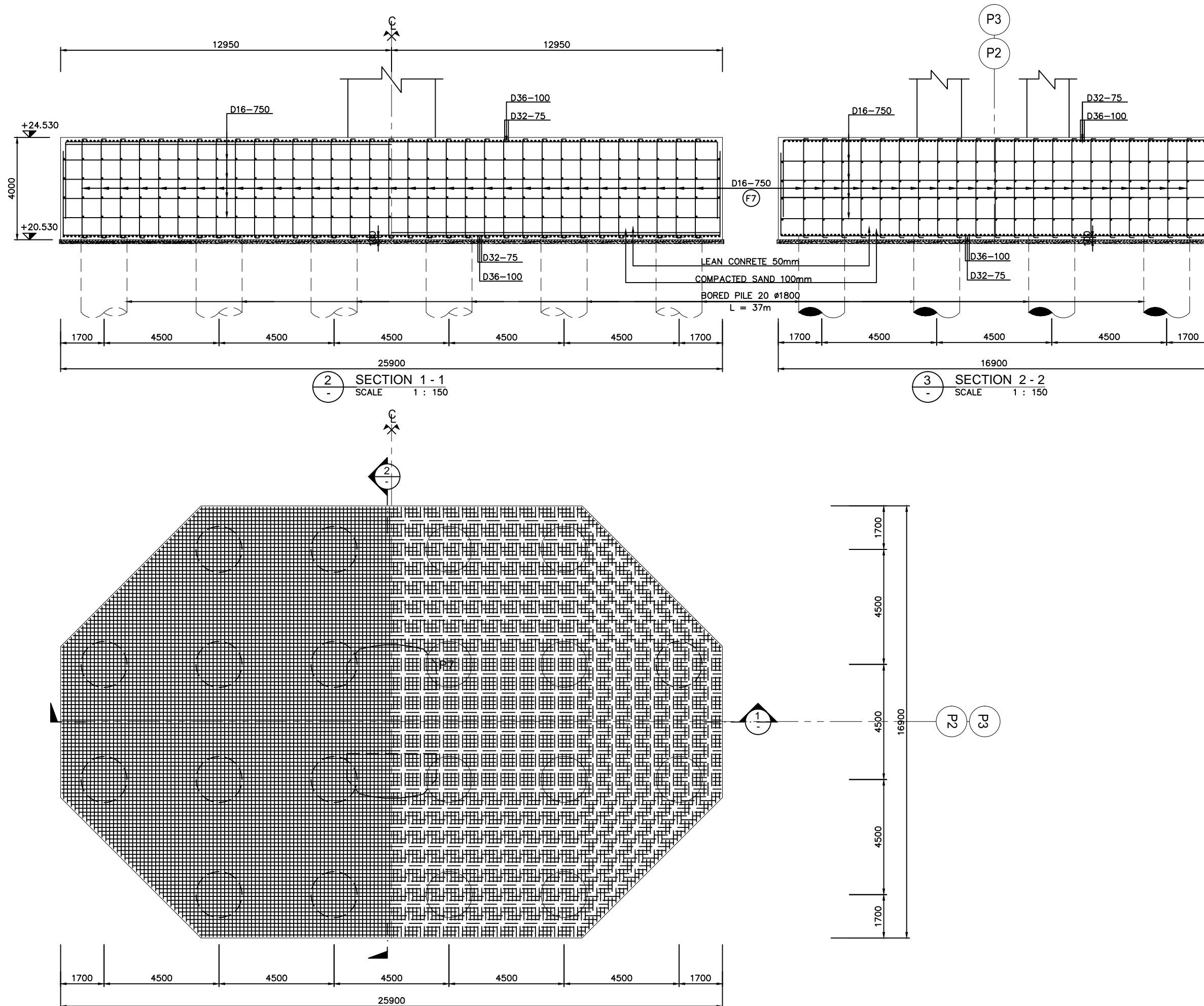
STR

**NO. GAMBAR**

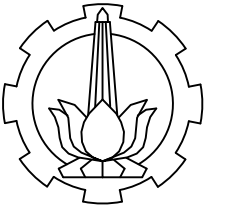
45

**JUMLAH GAMBAR**

48



PILE CAP LAYOUT  
 SKALA 1:150



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

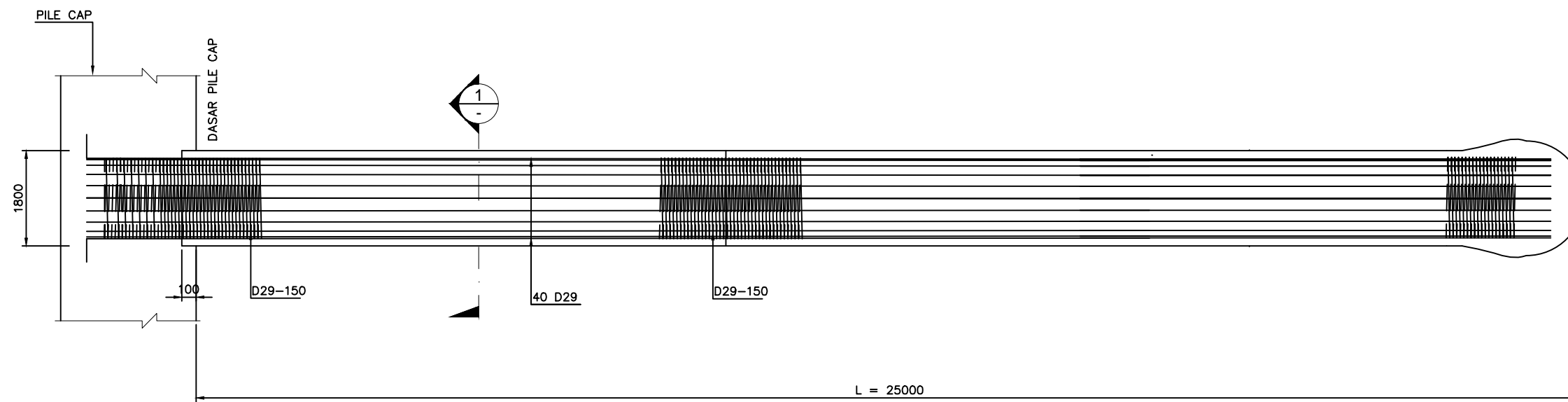
Penulangan Bore Pile P1 dan  
 P4

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

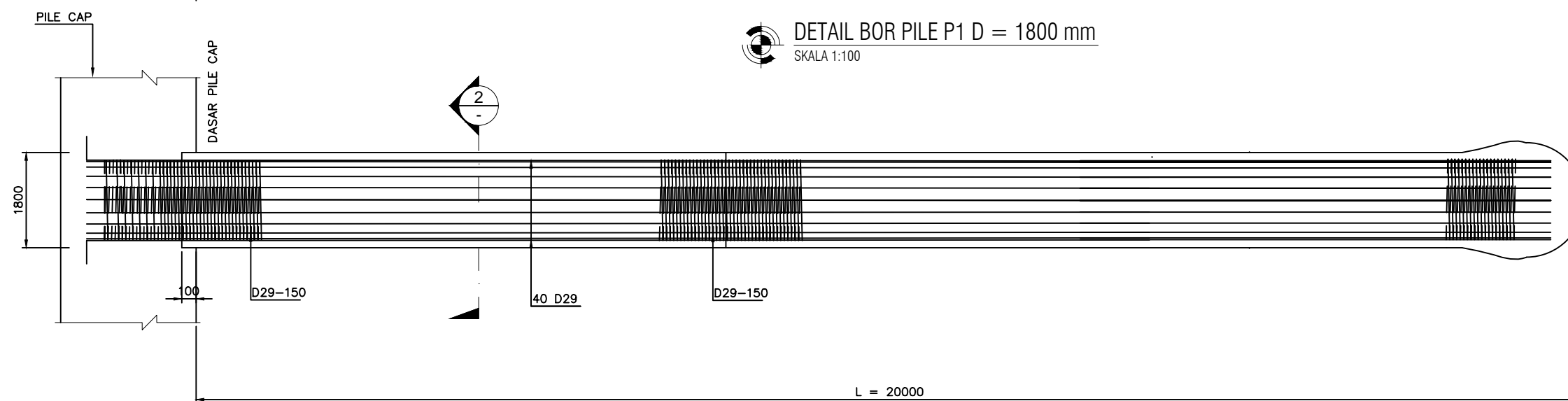
1 : 100      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

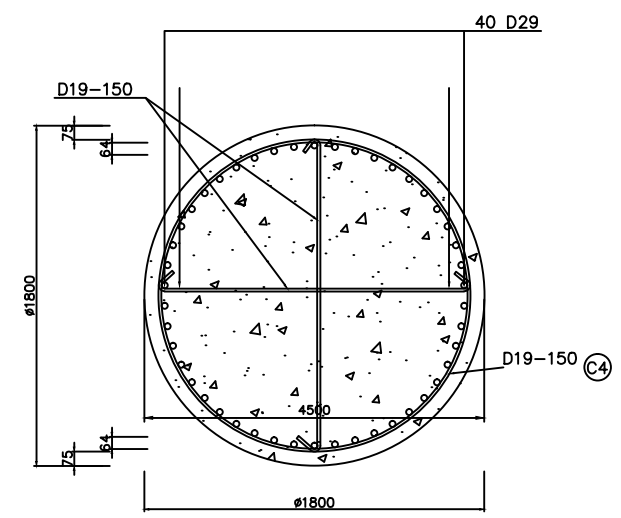
**46**      48



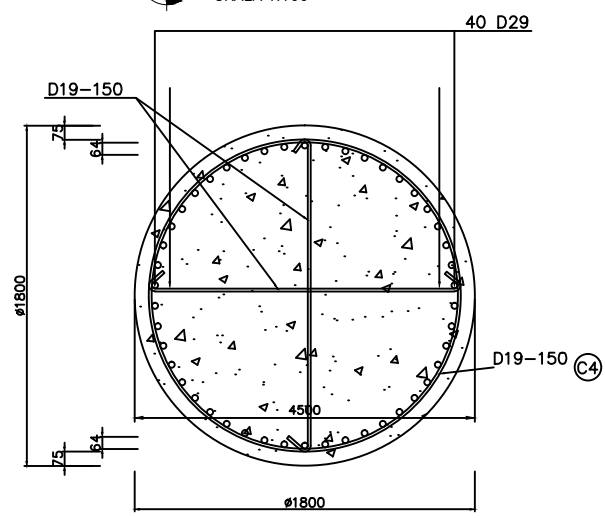
DETAIL BOR PILE P1 D = 1800 mm  
 SKALA 1:100



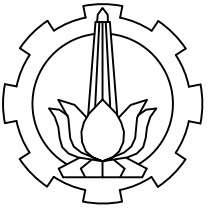
DETAIL BOR PILE P4 D = 1800 mm  
 SKALA 1:100



POTONGAN 1-1  
 SKALA 1 : 40



POTONGAN 2-2  
 SKALA 1 : 40



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Bore Pile P2

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

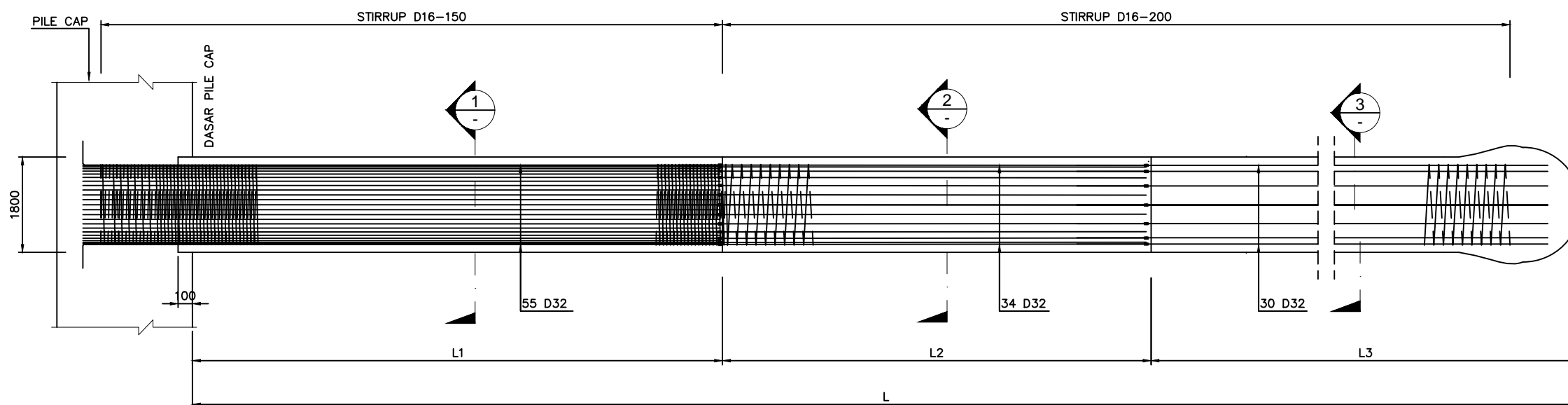
1 : 100      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

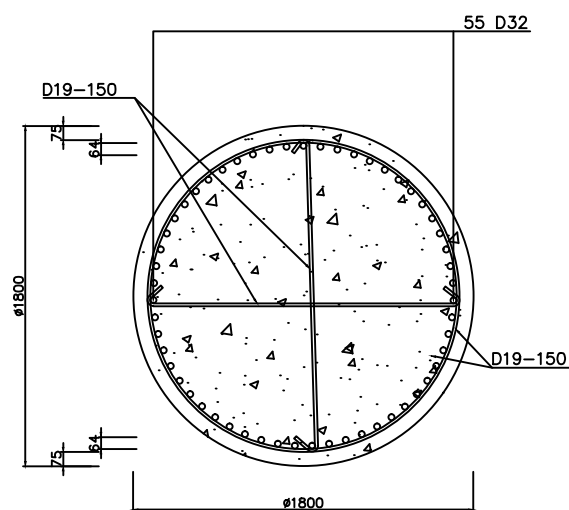
**47**      48

TABEL BORE PILE

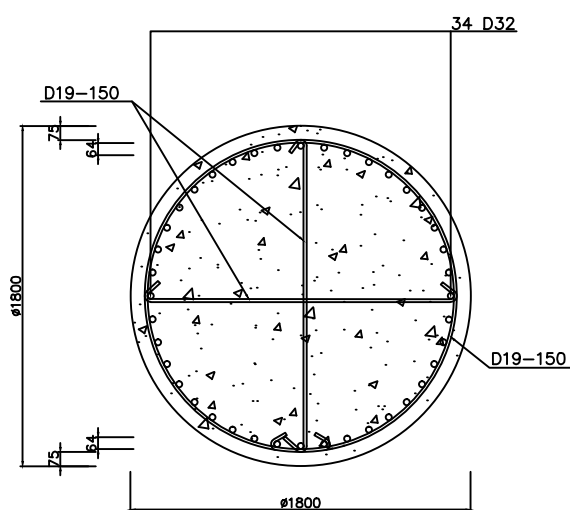
PIER	PANJANG (mm)				TOTAL PANJANG
	Ø	L1	L2	L3	L
P2	1800	25000	7000	5000	37000



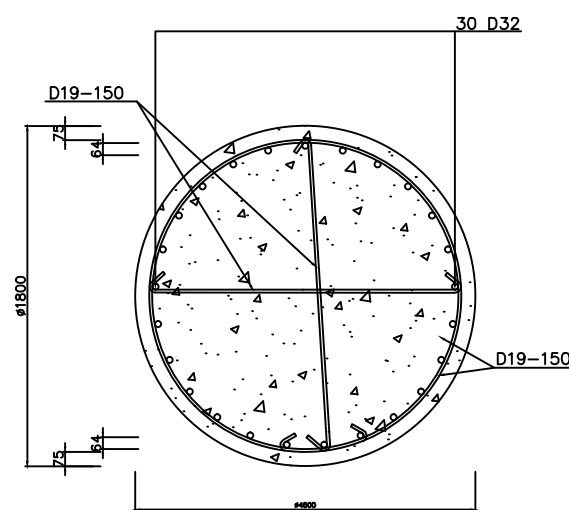
DETAIL BOR PILE 2 Ø 1800  
 SKALA 1:100



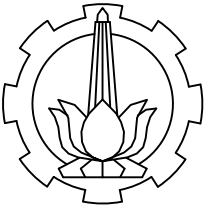
2 POTONGAN 1-1  
 SKALA 1 : 40



3 POTONGAN 2-2  
 SKALA 1 : 40



4 POTONGAN 3-3  
 SKALA 1 : 40



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

**JUDUL TUGAS AKHIR**

MODIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN  
 CIKUNIR BENTANG 105 METER  
 MENGGUNAKAN U-BOX GIRDER  
 PRESTRESSED CONCRETE SEGMENTAL  
 BALANCED CANTILEVER

**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**

Aisyah  
 NRP. 10111410000035

**KETERANGAN**

Mutu Beton :  
 fc' 50 MPa (U-Box Girder)  
 fc' 40 MPa (Pilar)  
 fc' 30 MPa (Bore Pile)  
 Mutu Baja Tulangan :  
 fy = 240 MPa (Tulangan < D13 mm)  
 fy = 400 MPa (Tulangan > D13 mm)

**JUDUL GAMBAR**

Penulangan Bore Pile P3

**SKALA**      **KODE GAMBAR**

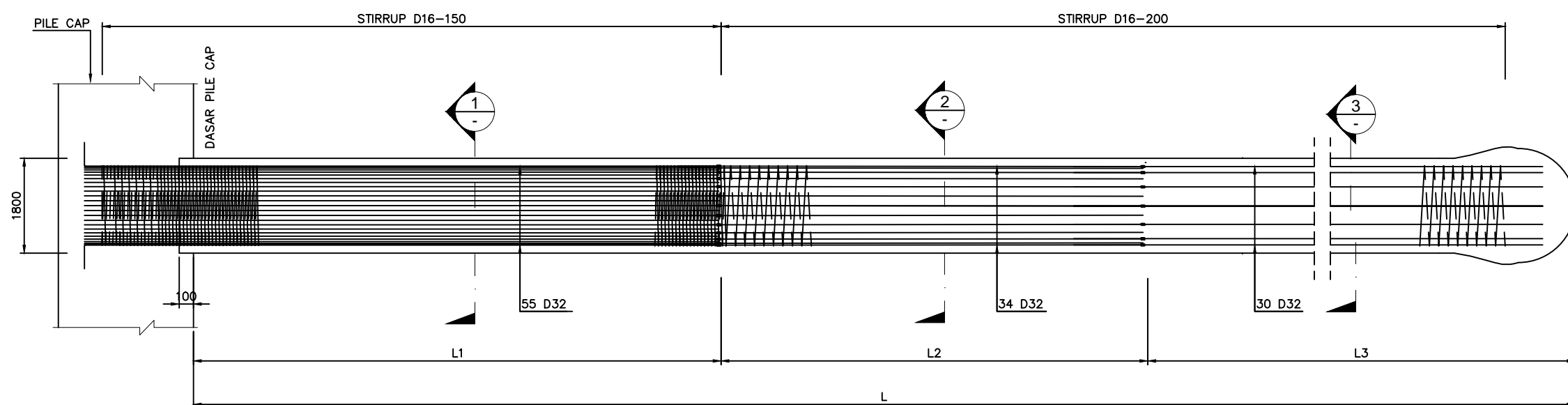
1 : 100      STR

**NO. GAMBAR**      **JUMLAH GAMBAR**

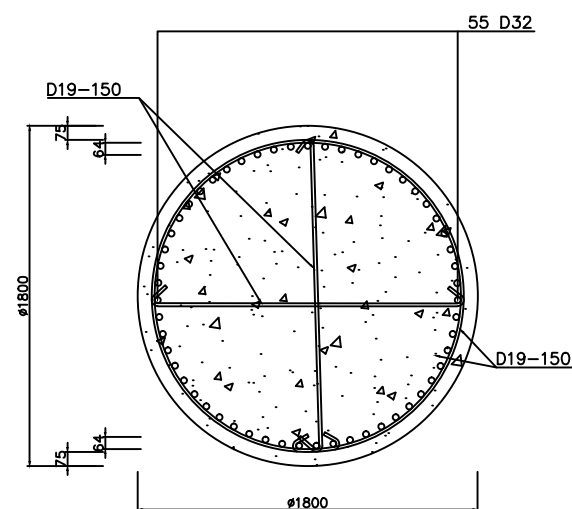
**48**      48

TABEL BORE PILE

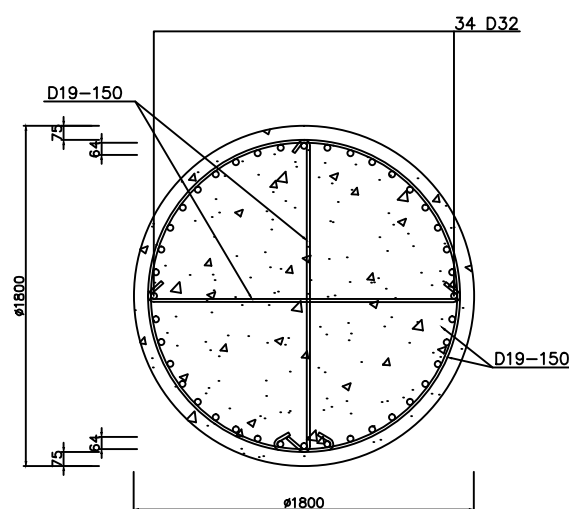
PIER	PANJANG (mm)				TOTAL PANJANG
	Ø	L1	L2	L3	L
P3	1800	19000	6000	8000	33000



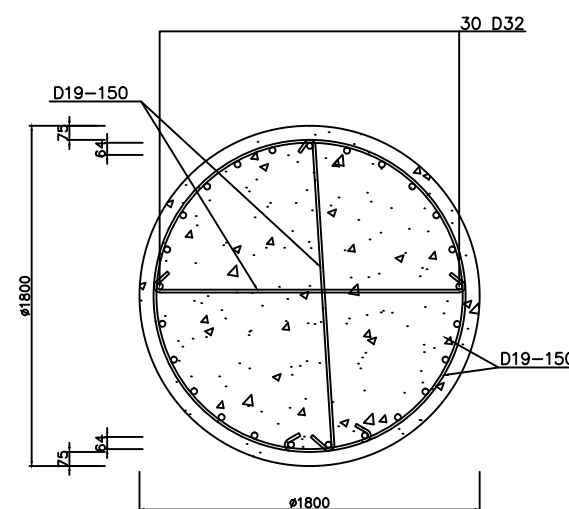
DETAIL BOR PILE 3 Ø 1800  
 SKALA 1:100



2 POTONGAN 1-1  
 SKALA 1 : 40



3 POTONGAN 2-2  
 SKALA 1 : 40



4 POTONGAN 3-3  
 SKALA 1 : 40

## BIODATA PENULIS



### **Aisyah,**

Penulis dilahirkan di kota Surabaya, 21 April 1996. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Aisyiyah Bustanul Athfal 1 Surabaya tahun 2002, SDN Ketabang Kawasan Surabaya tahun 2008, SMPN 3 Surabaya tahun 2011, dan SMAN 9 Surabaya tahun 2014. Setelah menempuh pendidikan SMA, penulis melanjutkan pendidikan pada program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur

Sipil Fakultas Vokasi ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 10111410000035. Total 8 semester ditempuh penulis hingga lulus dengan konsentrasi studi Bangunan Transportasi. Penulis juga aktif dalam Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil (HMDS) sebagai bendahara umum pada periode 2015-2017. Penulis juga sempat mengikuti Kerja Praktek di PT. Virama Karya pada proyek pembangunan Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo pada tahun 2017. *E-mail* penulis : [ica.aisyah07@gmail.com](mailto:ica.aisyah07@gmail.com)