



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - VC 181819

EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB PADA TANAH DASAR LUNAK PADA PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG - GEMPOL PAKET 1 PORONG , SIDOARJO

EDO YOGA PRASETYA
NRP. 10111815000066

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
NIP. 19501011 198203 1 002

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



TUGAS AKHIR - VC 181819

**EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB PADA TANAH DASAR
LUNAK PADA PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG -
GEMPOL PAKET 1 PORONG , SIDOARJO**

**EDO YOGA PRASETYA
NRP. 10111815000066**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
NIP. 19501011 198203 1 002**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**



FINAL PROJECT - VC 181819

EVALUATE THE STRUCTURE OF PILE SLAB ON SOFT SOIL AT THE RELOCATION PROJECT OF PORONG-GEMPOL TOLL ROAD

**EDO YOGA PRASETYA
NRP. 10111815000066**

**SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
NIP. 19501011 198203 1 002**

**APPLICABLE GRADUATE PROGRAM
DEPARTMENT OF CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING
FACULTY OF VOCATIONAL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB PADA TANAH
DASAR LUNAK PADA PROYEK RELOKASI JALAN TOL
PORONG-GEMPOL PAKET 1 PORONG, SIDOARJO**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Terapan

Pada

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya, 10 Juli 2019

Disusun oleh:

Mahasiswa



Edo Yoga Prasetya

NRP. 1011181500066

Mengesahkan Dosen Pembimbing:

26 JUL 2019



PROF. DEWINDARTO, DEA

NIP. 19501011 198203 1 002



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN LANJUT JENJANG
TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
44852/ITZ.VI.8.1/PP.05.02/2019

Tanggal : 11 Juli 2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Evaluasi Struktur Pile Slab pada Tanah Dasar Lunak pada Proyek Relokasi Jalan Tol Porong - Gempol Paket 1 Porong, Sidoarjo		
Nama Mahasiswa	Edo Yoga Prasetya	NRP	10111815000066
Dosen Pembimbing 1	Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA. NIP 19501011 198203 1 002	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
01) Alasan evaluasi harus ditulis di T.A. 02) Perhitungan pile group gaya horizontal. 03) Pelates in-situ harus digelisir dan pengaruh skin friction negative.	 M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001
01) flow chart di perbaiki. 02) sumber karipati beda di tulis. 03) pengubahan parameter sumber air. 2 di Bal. 2.	 Aan Fauzi, ST. MT NPP 1986201911090
	NIP -
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI

Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
 M. Khoiri, ST. MT. PhD NIP 19740626 200312 1 001	 Aan Fauzi, ST. MT NIP 1986201911090	- NIP -	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA. NIP 19501011 198203 1 002	- NIP -

Scanned with
CamScanner





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.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Edo Yoga Prasetya 2
NRP : 1 1011815000066 2
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Indarto, DEA

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	22 Februari 2019	a. membuat keterasi parameter tanah dalam bentuk tabel, kemudian melakukan analisa parameter untuk kebutuhan permodelan.		B	C	K
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		b. Mencari keterasi parameter sesuai referensi yang ada				
		c. fix menggunakan software GEO5 atau PLAXIS.		B	C	K
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2.	01 Maret 2019	a. melakukan permodelan struktur pile dalam pile group dalam GEO5.		B	C	K
		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
		b. Mencari nilai dari pile group GEO5 berupa settlement dan Qu.				
		c. Mengoreksi permodelan dan parameter tanah. (jika 1 row maka menggunakan Spring)		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



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.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Eto Yoga Prasetya 2
 NRP : 1 101181500066 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Ir. Indarto, DEA

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
3.	08 Maret 2019.	a. Pembebanan sesuai dengan Statistik Atas menggunakan SNI Jembatan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		b. Permodelan Elinging dan Permodelan Alternatif sesuai dengan Parameter.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	15 Maret 2019	a. Mencari Pile bearing capacity 4 pile untuk dapat mencari jumlah pile yg dibutuhkan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		b. Mencari Alternatif Struktur dengan tumpuan atas tanpa free standing.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	22 Maret 2019.	a. pile group sesuai dengan parameter dan pembebanan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		b. pile sesuai dengan parameter dan pembebanan.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		c. Permodelan SAP 2000 untuk mengetahui pembebanan full 1 struktur		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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



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.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 2
NRP : 1 2
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
8	10 Mei 2019	a. Dalam perbaikan desain struktur diperoleh hasil akhir sf yg berbeda-beda. Ambil desain paling efektif dan efisien.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		b. SF memenuhi ketentuan memenuhi Qu memenuhi.		B	C	K
		Lanjutkan pada struktur Atas.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	17 Mei 2019	a. Mendapatkan hasil momen, geser, axial untuk mencari Model / brosur produk pile yg sesuai.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		b. Dimulai mencari tugas akhir penelitian dalam At.		B	C	K
		c. Jpun pile walaupun bertubang dianggap bored pile karena full wingnya.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

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



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.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 2
 NRP : 1 2
 Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
6.	29 Maret 2019.	a. Permodelan aktual dengan Per-segmen Struktur tidak I untuk semua.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		b. Perbaikan design. menggunakan timbunan padat selingsi 2,5m dan pembesaran diameter tiang pancang.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		c. Cekle SF. (Safety Factor) sesuai dengan referensi.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	12 April 2019.	a. Memodelkan Tiang pancang FIX		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		b. Mencari eteklifitar tiang kelompok		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		c. Kontrol pile bearing capacity dengan pile → pilepile atau PUN pile atau bored pile.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		d.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :

 S = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal




KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp. 031-5947837 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 2
NRP : 1 2
Judul Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing :

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
10	31 Mei 2014	a. Fix pemodelan single pile tanpa konsolidasi karena tidak ada pemadatan		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		b. Lanjutkan penulisan sampai selesai, siapkan power point untuk presentasi dan selesaikan penggambaran.		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
		c. Struktur atas dihitung dari SAP 2000, Pelat, pile cap dan PHT (Pier Head Treatment)		<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K
				<input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> K

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



**EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB PADA TANAH
DASAR LUNAK PADA PROYEK RELOKASI
JALAN TOL PORONG-GEMPOL PAKET 1
PORONG, SIDOARJO**

Nama Mahasiswa : Edo Yoga Prasetya
NRP : 10111815000066

Dosen Pembimbing 1 : Prof. Dr. INDARTO, DEA
NIP : 19501011 198203 1 002

ABSTRAK

Proyek Relokasi Jalan Tol Porong - Gempol Paket 1 merupakan salah satu bagian dari proyek tol Transjawa yang berlokasi di Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur. Total panjang ruas di paket 1 adalah 3 km, dengan jenis perkerasan yang digunakan adalah perkerasan kaku dan lapisan permukaan berupa aspal.

Tanah pada proyek relokasi jalan tol porong – gempol paket 1 merupakan tanah berjenis lempung lunak. Karakteristik tanah lempung lunak, dengan N-SPT <10 menyebabkan permasalahan stabilitas dan penurunan tanah. Desain yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan geoteknik tersebut adalah menggunakan struktur pile slab. Kedalaman pemancangan tiang pancang bervariasi disesuaikan dengan perhitungan tiang sesuai daya dukung rencana.

Tugas Akhir Terapan ini penulis merencanakan struktur pile slab menggunakan software Geo5 untuk

mengetahui daya dukung tanah dan SAP2000 untuk mendapatkan gaya dalam dalam menghitung struktur. Hasil analisa yang didapatkan tebal struktur pelat sebesar 350 mm, dimensi pile cap sebesar 12,7 m x 1 m x 0,6 m, jumlah tiang dalam 1 pilecap sebanyak 5 buah dengan diameter 600 mm dan tebal selimut 100 mm dan kedalaman 40 meter.

Kata Kunci : pile slab, settlement, daya dukung tiang, tanah lunak, displacement

EVALUATE THE STRUCTURE OF PILE SLAB ON SOFT SOIL AT THE RELOCATION PROJECT OF PORONG-GEMPOL TOLL ROAD

Student : Edo Yoga Prasetya
NRP : 10111815000066

Supervisor : Prof. Dr. INDARTO, DEA
NIP : 19501011 198203 1 002

ABSTRACT

The Porong - Gempol Toll Road Relocation Project Package 1 is one part of the Transjawa toll road project located in Sidoarjo, East Java Province. The total length of sections in package 1 is 3 km, with the type of pavement used is rigid pavement and the surface layer is asphalt.

Soil on the Porong-Gempol toll 1 package relocation project is soft clay type land. Characteristics of soft clay soils, with N-SPT <10 cause problems of stability and soil degradation. The design used to solve the geotechnical problem is to use a pile slab structure. The depth of pile erection varies according to the calculation of the pole according to the carrying capacity of the plan.

This Applied Final Project authors plan the structure of the pile slab using Geo5 software to determine the soil carrying capacity and SAP2000 to obtain internal forces in calculating the structure. The results of the analysis obtained plate thickness of 350 mm, the dimensions of the pile cap of 12.7 m x 1 m 0.6 m, the number of poles in 1 pilecap as many

as 5 pieces with a diameter of 600 mm and a blanket thickness of 100 mm and a depth of 40 meters.

Keywords : *pile slab, settlement, pile bearing capacity, soft soil, displacement*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya Tugas Akhir saya yang berjudul **“EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB PADA TANAH DASAR LUNAK PADA PROYEK RELOKASI JALAN TOL PORONG-GEMPOL PAKET 1 PORONG, SIDOARJO”** dapat tersusun dengan baik dan saya dapat mempresentasikan pada sidang Tugas Akhir.

Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat akademis pada program studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tersusunnya Proposal Tugas Akhir Terapan ini tidak lepas dari bantuan serta bimbingan orang sekitar. Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan Proposal Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Orang tua yang telah memberi dorongan baik moral maupun materil yang tak terhingga, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.
2. Prof. Dr. INDARTO, DEA selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.
3. Rekan-rekan mahasiswa DIV LJ Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS Surabaya yang telah banyak memberi dorongan dan masukan dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.

4. Seluruh pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung telah membantu kami dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan kami, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Surabaya, 10 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	i
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Ruang Lingkup	4
1.5. Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Jalan Tol.....	5
2.1.1. Pengertian Jalan Tol	5
2.1.2. Pembebanan Jalan Tol.....	5
2.2. Tanah Lunak	5
2.2.1. Ciri – Ciri Tanah Lunak	7
2.3 Kolerasi Parameter	9

2.3.1	Kolerasi N-SPT terhadap nilai konsistensi suatu tanah	9
2.3.2	Kolerasi N-SPT terhadap nilai Cu.....	11
2.3.3	Kolerasi N-SPT terhadap nilai ϕ	11
2.3.4	Kolerasi N-SPT terhadap nilai modulus elastisitas tanah	12
2.3.5	Kolerasi N-SPT terhadap nilai Adhesion Factor.....	13
2.3.6	Kolerasi N-SPT terhadap nilai Permeability	13
2.4	Pondasi Tiang Pancang.....	14
2.4.1	Metode Pemancangan Tiang Pondasi 14	
2.4.2	Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Meyerhof 1976.....	15
2.4.3	Kapasitas Daya Dukung Aksial.....	16
2.4.4	Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok.....	16
2.4.5	Efisiensi Tiang Group (Kelompok Tiang)	18
2.5	Penurunan (<i>Settlement</i>).....	19
2.5.1	Penurunan Tiang Kelompok.....	19
2.5.2	Penurunan Konsolidasi.....	20
2.6	Faktor Keamanan.....	24
2.7	Kekuatan Geser Tanah.....	26

2.7.1	Kriteria Keruntuhan Menurut <i>Mohr-Coulomb</i>	26
2.8	Struktur Pile Slab	28
2.8.1	Elemen Struktur Slab	28
2.8.2	Penulangan pada Slab	28
2.8.3	Elemen Struktur Pile Head	30
2.8.4	Penulangan pada Pile Head	30
2.8.5	Elemen Struktur Pile Head Treatment	31
2.9	Permodelan Software Geoteknik (<i>Geo5</i>)	32
2.9.1	Software Geoteknik (<i>Geo5</i>)	32
BAB III METODOLOGI		33
3.1.	Bagan Alir Metodologi	33
3.2.	Tinjauan Pustaka	35
3.3.	Pengumpulan Data	35
3.4.	Analisis Data Parameter Tanah	36
3.5.	Kolerasi Parameter Tanah	36
3.6.	Analisa Perencanaan Struktur	36
3.7.	Penggambaran Struktur	37
BAB IV ANALISA DATA		39
4.1	Data Tanah	39
4.2	Analisa Parameter	41
4.2.1	Parameter Tanah Bore Log	41

4.2.2	Parameter Timbunan Tanah Pasir	44
4.3	Data Spesifikasi Bahan.....	44
4.3.1	Data Beton	44
4.3.2	Data Tulangan	44
4.3.3	Data Spun Pile.....	45
4.4	Data Beban	45
4.4.1	Beban Hidup (BTR).....	46
4.4.2	Beban Hidup (BGT).....	46
4.4.3	Beban Gempa.....	47
4.4.4	Beban Lalu Lintas	53
4.4.5	Kombinasi Pembebanan.....	53
4.4.6	Rekapitulasi Pembebanan	53
BAB V PEMODELAN DAN PEMBAHASAN.....		55
5.1	Preliminary Desain Pile Slab.....	55
5.1.1	Konfigurasi Tiang Pancang.....	55
5.1.2	Struktur Pelat	55
5.2	Pemodelan Desain Eksisting <i>Single Pile</i> pada Geo5.....	56
5.2.1	Geometri tiang pancang	57
5.2.2	Input Parameter Tanah	58
5.2.3	Input Pembebanan.....	61
5.2.4	Analisa Hasil	62

5.3 Pemodelan Desain Eksisting <i>Pile Group</i> pada Geo5	66
5.3.1 Geometri tiang pancang	66
5.3.2 Input Parameter Tanah	68
5.3.3 Input Pembebanan	68
5.3.4 Analisa Hasil	69
5.4 Pemodelan Desain Alternatif <i>Single Pile</i> pada Geo5	71
5.4.1 Geometri tiang pancang	71
5.4.2 Input Parameter Tanah	72
5.4.3 Input Pembebanan	75
5.4.4 Analisa Hasil	76
5.5 Pemodelan Desain Alternatif <i>Pile Group</i> pada Geo5	81
5.5.1 Geometri tiang pancang	81
5.5.2 Input Parameter Tanah	82
5.5.3 Input Pembebanan	82
5.5.4 Analisa Hasil	83
5.6 Perencanaan Struktur Pile Slab pada SAP 2000	84
5.6.1 Pemodelan Struktur Pile Slab.....	85
5.6.2 Analisa Pembebanan	86
5.6.3 Perencanaan Penulangan Pelat Lantai	86

5.6.4 Perencanaan Pile Cap	92
5.6.5 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas untuk Tiang.....	95
BAB VI PENUTUP	101
6.1 Kesimpulan.....	101
6.2 Saran.....	102
DAFTAR PUSTAKA	103
BIODATA PENULIS	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Nilai-Nilai Batas Atterberg untuk Subkelompok Tanah.....	8
Gambar 2. 2 Load Combination beneath pile group in layered soil formation	20
Gambar 2. 3 Penurunan Konsolidasi	21
Gambar 2. 4 Sistem Koordinat untuk Menghitung dengan Cara Perpindahan	23
Gambar 2. 5 Garis Keruntuhan Menurut Mohr dan Hukum Keruntuhan dari Mohr-Coulomb.....	27
Gambar 2. 6 Lingkaran Mohr dan Garis Keruntuhan.....	27
Gambar 2. 7 Struktur Pile Slab Eksisting.....	28
Gambar 2. 8 Software Geo 5	32
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	34
Gambar 3. 2 Nilai Adhesion Factor, su	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1 Data SPT BH-01	41
Gambar 4. 2 Beban Terbagi Rata	46
Gambar 4. 3 Grafik Faktor Beban Dinamis.....	46
Gambar 4. 4 Peta Gambar 8 Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017	48
Gambar 4. 5 Peta Gambar 9 Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017	49
Gambar 4. 6 Grafik Respon Spektrum	52
Gambar 5. 1 Konfigurasi Tiang Pancang	55
Gambar 5. 2 Tampilan Geo5 Pile.....	57
Gambar 5. 3 Input Geometry pada Geo5 Pile	58
Gambar 5. 4 Input Pembebanan pada Geo5	61
Gambar 5. 5 Ouput Vertical Capacity pada Geo5 Single Pile	62
Gambar 5. 6 Detail Ouput Vertical Capacity pada Geo5 Single Pile	63

Gambar 5. 7 Output Settlement pada Geo5 Single Pile.....	64
Gambar 5. 8 Detail Output Settlement pada Geo5 Single Pile	64
Gambar 5. 9 Ouput Horizontal Capacity pada Geo5 Single Pile.....	65
Gambar 5. 10 Detail Ouput Horizontal Capacity pada Geo5 Single Pile	65
Gambar 5.11 Tampilan Geo5 Pile Group.....	66
Gambar 5.12 Input Structure pada Geo5 Pile Group.....	67
Gambar 5.13 Input Geometry pada Geo5 Pile Group	68
Gambar 5.14 Input Pembebanan (Load) pada Geo5 Pile Group.....	69
Gambar 5. 15 Ouput Analysis pada Geo5 Pile Group.....	70
Gambar 5. 16 Detail Ouput Analysis pada Geo5 Pile Group	70
Gambar 5. 17 Input Geometry.....	72
Gambar 5. 18 Input Load.....	76
Gambar 5. 19 Ouput Vertical Capacity pada Geo5 Single Pile.....	77
Gambar 5. 20 Detail Ouput Vertical Capacity pada Geo5 Single Pile	77
Gambar 5. 21 Output Settlement pada Geo5 Single Pile...78	
Gambar 5. 22 Detail Output Settlement pada Geo5 Single Pile.....	79
Gambar 5. 23 Ouput Horizontal Capacity pada Geo5 Single Pile.....	80
Gambar 5. 24 Detail Ouput Horizontal Capacity pada Geo5 Single Pile	80
Gambar 5. 25 Input Load pada Geo5 Pile Group	82
Gambar 5. 26 Output Bending Moment Geo5 Pile Group	83
Gambar 5. 27 Output Displacement Geo5 Pile Group	83
Gambar 5. 28 Detail Ouput Geo5 Pile Group.....	84
Gambar 5. 29 Pemodelan Struktur pada SAP 2000.....	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pembebanan Lalu Lintas	5
Tabel 2. 2 Efisiensi Kelompok Tiang.....	17
Tabel 3. 1 Kelas Situs.....	47
Tabel 4. 1 Kolerasi Parameter Tanah Titik BH-01	43
Tabel 5. 1 Profil tanah dan parameter tanah BH-01 pada Geo5	58

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

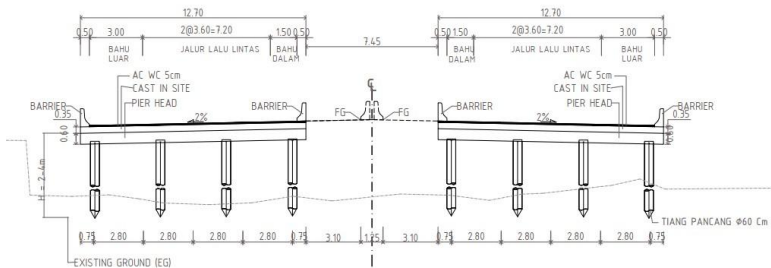
Sekitar 20 juta hektar atau lebih dari 10% dari luas daratan di Indonesia merupakan tanah lunak yang terdiri dari tanah lempung lunak (soft clay soil) dan tanah gambut (peat soil). Tanah lempung lunak di Indonesia tersebar di sepanjang pantai utara Pulau Jawa, pantai timur Pulau Sumatera, pantai barat, selatan, dan timur Pulau Kalimantan, pantai selatan Pulau Sulawesi serta pantai barat dan selatan Pulau Papua. Tanah lempung lunak ini memiliki karakteristik daya dukung relatif rendah dan pemampatannya relative besar serta lama. Peta lokasi tanah lempung lunak di Indonesia dapat dilihat pada **Gambar 1.1**



Gambar 1. 1 Peta Distribusi Tanah Lunak di Indonesia
Sumber : Panduan Geoteknik Indonesia RSNI 8460 –
Persyaratan Perancangan Geoteknik

Untuk menunjang prasarana dan perekonomian kota Surabaya, tidak menutup kemungkinan bahwa infrastruktur harus dibangun diatas tanah lempung lunak seperti jalan tol Surabaya – Gempol. Pembangunan Relokasi

Jalan Tol Surabaya – Gempol paket 1 yang dilaksanakan oleh PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. Tersebut mempunyai panjang jalan 3,815 km dengan lebar jalan 2 x 16,2 km. Desain pekerjaan kontruksi Jalan Tol Surabaya – Gempol menggunakan struktur *elevated pile slab*, dengan pengertian bahwa struktur *pile slab* terdiri atas slab (pelat), *pier head* dan tiang pancang yang dapat dilihat pada **Gambar 1.2**.



Gambar 1. 2 Tipikal Potongan Melintang Jalan Utama Struktur Pile Slab

Sumber : Laporan Akhir Proyek Relokasi Jalan Tol Porong-Gempol Paket 1

Pengujian Geoteknik di Lapangan berupa Standart Penetration Test (SPT) dapat mengetahui jenis tanah sesuai dengan titik ujinya. Terdapat 7 bore hole dengan hasil yang menunjukkan jenis tanah lempung lunak. Kedalaman tanah tersebut hasil stratifikasi tanah yang terdapat pada **Lampiran 1**.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar berdasarkan belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah diuraikan sebagai berikut :

1. Berapa nilai daya dukung berdasarkan data parameter yang telah diketahui ?
2. Bagaimana pemodelan perhitungan Pile Slab dalam Geo5 ?
3. Bagaimana penurunan (settlement), dan displacement struktur pile slab pada Proyek Jalan Tol Porong – Gempol?
4. Bagaimana desain alternatif Pile Slab pada Proyek Jalan Tol Porong – Gempol ?
5. Bagaimana perencanaan desain alternatif Pile Slab pada Proyek Jalan Tol Porong – Gempol ?

1.3. Tujuan

Tujuan dari pembahasan tugas akhir ini, sebagai berikut :

1. Mengetahui penurunan yang terjadi sesuai diisyaratkan menurut peraturan dalam Jalan Tol
2. Menghitung nilai daya dukung tanah data parameter tanah yang telah diketahui
3. Menghitung nilai daya dukung tiang berdasarkan data parameter yang telah diketahui
4. Mengetahui permodelan perhitungan Pile Slab dalam Plaxis 2D dan Geo5
5. Mengetahui analisa stabilitas, penurunan (settlement), dan displacement struktur pile slab

6. Mengetahui desain Pile Slab yang efektif pada Proyek Jalan Tol Porong – Gempol

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang akan dibahas pada tugas akhir, sebagai berikut :

1. Objek yang ditinjau adalah Relokasi Jalan Tol Surabaya-Gempol (Paket 1) STA 35+125 – STA 36+125.
2. Data parameter tanah merupakan data sekunder.
3. Korelasi dan pendekatan yang sesuai persyaratan dilakukan untuk memenuhi data parameter desain yang tidak ada pada data sekunder.
4. Tidak dilakukan analisis mengenai konstruksi perkerasan dan drainase jalan.
5. Tidak dilakukan desain geometrik jalan.

1.5. Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini, sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan sebagai pembelajaran mengenai perencanaan perbaikan dan perkuatan tanah yang didominasi tanah lempung lunak.
2. Dapat dijadikan sebagai acuan penanganan stabilisasi dan perbaikan tanah di Relokasi Jalan Tol Surabaya-Gempol (Paket 1) STA 35+125 – STA 36+125.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi laporan ilmiah dengan topik pembahasan yang sama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jalan Tol

2.1.1. Pengertian Jalan Tol

Pengertian jalan tol adalah suatu jalan yang dikhususkan untuk kendaraan bersumbu 2 atau lebih (mobil, bus, truk) dan bertujuan untuk mempersingkat jarak dan waktu tempuh dari suatu tempat ke tempat lain.

2.1.2. Pembebanan Jalan Tol

2.1.2.1. Beban Perkerasan

Beban perkerasan adalah beban-beban yang berada pada lapisan perkerasan sepanjang luas area yang ditentukan. Pada proyek Relokasi Jalan Tol Surabaya-Gempol (Paket 1), perkerasan yang digunakan adalah flexible pavement menggunakan aspal setebal 5 cm.

2.1.2.2. Beban Lalu Lintas

Menurut Panduan Geoteknik Pusat Litbang Prasarana Transportasi beban lalu lintas harus ditambahkan ketika melakukan analisis stabilitas dengan menggunakan angka-angka pada **Tabel 2.1** dibawah ini. Beban lalu lintas tersebut harus diperhitungkan pada seluruh lebar permukaan.

Tabel 2. 1 Pembebanan Lalu Lintas

Kelas Jalan	Beban Lalu Lintas (kPa)
I	15
II	12
III	12

(Sumber : SNI 8460-2017)

2.2. Tanah Lunak

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Tanah lunak dalam konstruksi seringkali menjadi permasalahan. Hal ini disebabkan oleh rendahnya daya dukung tanah tersebut. Daya dukung yang rendah dapat menyebabkan kerugian, mulai dari kerugian dari sisi biaya konstruksi yang semakin mahal, hingga terancamnya keselamatan konstruksi, yaitu struktur yang dibuat tidak mampu berdiri secara stabil dan bisa roboh. Permasalahan utama bila suatu pembangunan dibangun diatas tanah lunak adalah daya dukung dan penurunan (*Bowles, 1979*). Dalam menanggulangi permasalahan tersebut, maka diperlukan pekerjaan perbaikan tanah.

Tanah lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Menurut *Terzaghi (1967)* tanah lempung kohesif diklasifikasikan sebagai tanah lunak apabila mempunyai daya dukung lebih kecil dari 0,5 kg/cm² dan nilai *standard penetration test* lebih kecil dari 4 (*N 10 value < 4*). Berdasarkan uji lapangan, tanah lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah oleh jari-jari tangan. Menurut *Toha (1989)*, sifat umum tanah lunak adalah memiliki kadar air 80-100%, batas cair 80-110%, batas plastis 30-45%, saat dites *sieve analysis*, maka butiran yang lolos oleh saringan no 200 akan lebih besar dari 90% serta memiliki kuat geser 20-40 kN/m².

2.2.1. Ciri – Ciri Tanah Lunak

1. Lanau (*Silt*)

Tanah lanau memiliki kekuatan geser undrained yang rendah yaitu sekitar 10– 20 kPa untuk tanah lanau yang lunak dan 4 – 10 kPa untuk tanah lanau yang sangat lunak. Tingkat plastisitasnya rendah dan memiliki permeabilitas yang tinggi sehingga penurunan konsolidasi terjadi begitu cepat.

2. Lempung (*Clay*)

Tanah lempung memiliki tegangan geser dan permeabilitas yang rendah sekitar, namun plastisitas tanah lempung tinggi karena koefisien permeabilitas tanah lempung yang rendah, penurunan konsolidasi tanah lempung yang terjadi sangat lama.

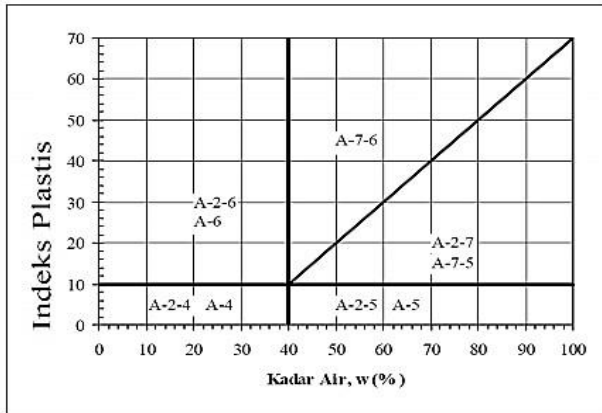
3. Tanah Organik (Tanah Gambut)

Tanah organik biasanya berbau tumbuhan atau kayu yang sudah membusuk. Tanah disebut tanah gambut bila tingkat organiknya mencapai lebih dari 75% dan memiliki kadar air alamiah yang sangat tinggi. Tanah gambut merupakan salah satu tanah yang sulit sekali untuk diperbaiki.

4. Tanah Berpasir

Pasir yang dalam keadaan lepas yang mempunyai nilai N-SPT kurang dari 10. Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-7 termasuk subsub kelompok. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya yang

dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batasbatas Atterberg. Sistem klasifikasi AASHTO, dapat dilihat dalam Grafik pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2. 1 Nilai-Nilai Batas Atterberg untuk Subkelompok Tanah

(Sumber : Braja M. Das 1985, Mekanika Tanah)

Pada sistem klasifikasi AASHTO ini bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1) Ukuran Butir

- Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).
- Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).

- Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.
- 2) Plastisitas
 Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitasnya 11 atau lebih.
 - 3) Batuan dengan ukuran lebih besar dari 75 mm di temukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

2.3 Kolerasi Parameter

Data tanah yang diperoleh dari proyek Redesign Jalan Tol Porong-Gempol Paket 1 terdapat data *Bore log*, *Sondir*, *Atterberg*, *Triaxial*, hanya saja yang digunakan dalam Tugas Akhir Terapan ini yaitu data tanah *Bore log*. Ada beberapa parameter yang belum ditentukan nilai kolerasi sesuai data N-SPT maka dari itu dicari nilai kolerasi untuk mengetahui nilai yang belum ditentukan sebagai penunjang input data tanah pada permodelan tersebut.

2.3.1 Kolerasi N-SPT terhadap nilai konsistensi suatu tanah

Nilai SPT dapat digunakan untuk menghitung sifat *friction angle* (ϕ), *relative density* (D_r), kapasitas dukung dan penurunan, kecepatan gelombang geser (v_s) tanah, maupun potensi likuifaksi. Di sisi lain, uji SPT yang sebenarnya dikembangkan untuk tanah berbutir kasar telah diaplikasikan untuk pada tanah berbutir kasar telah diaplikasikan pada tanah berbutir halus, untuk memperkirakan *undrained compressive strength* (q_u), *undrained*

shear strength (S_u) dan koefisien kompresibilitas volume (m_v).

Perkiraan nilai-nilai tersebut seperti pada

Tabel 2. 2 Kolerasi SPT

Uraian	Tanah Tidak Kohesif				
N	0-10	11-30	31-50	>50	
Berat isi (kN/m ³)	12-16	14-18	16-20	18-23	
Sudut geser	25-35	28-36	30-40	>35	
Keadaan	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat	
Uraian	Tanah Kohesif				
N	<4	4-6	6-15	16-25	>25
Berat isi (kN/m ³)	14-18	16-18	16-18	16-18	>20
qu (kPa)	>25	20-50	30-60	40-200	>100
Konsistensi	Sangat Lunak	Lunak	Sedang	Kenyal (Stiff)	Keras

(Sumber :Bowles & Hainim,2004)

2.3.2 Kolerasi N-SPT terhadap nilai Cu

Kolerasi nilai Cu dengan N-SPT dan sondir untuk tanah dominan lanau dan lempung menurut Mochtar, 2006 seperti pada Tabel 2. 3 Konsistensi Tanah untuk Tanah Dominan Lanau dan Lempung

Konsistensi Tanah	Taksiran Kekuatan geser <i>undrained</i> , Cu		Taksiran harga SPT, harga N
	kPa	ton/m ²	
Sangat Lunak	0-12.5	0-1.25	0-2.5
Lunak	12.5-25	1.25-2.5	2.5-5
Menengah	25-50	2.5-5.0	5-10
Kaku	50-100	5.0-10	10-20
Sangat Kaku	100-200	10-20	20-40
Keras	>200	>20	>40

(Sumber : Braja M.Das, 1985 Mekanika Tanah)

2.3.3 Kolerasi N-SPT terhadap nilai ϕ

Tabel 2. 4 Pedoman Memprakirakan Harga ϕ dari harga N-SPT

Kondisi Kepadatan	Kepadatan Relatif, Rd (%)	Perkiraan Harga N _{spt}	Perkiraan harga ϕ	Perkiraan berat volume jenuh, sat
Very loose (sangat renggang)	0 s/d 15	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1,60
Loose (renggang)	15 s/d 35	4 s/d 10	28 s/d 30	1,5 s/d 2,0

Medium (menengah)	35 s/d 65	10 s/d 30	30 s/d 36	1,75 s/d 2,10
Dense (rapat)	65 s/d 85	30 s/d 50	36 s/d 41	1,75 – 2,25
Very dense (sangat rapat)	85 s/d 100	>50	41*	

(Sumber : Braja M.Das, 1985 Mekanika Tanah)

2.3.4 Kolerasi N-SPT terhadap nilai modulus elastisitas tanah

Nilai modulus young menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari Triaxial Test. Nilai modulus elastisitas (Es) secara empiris dapat ditentukan dari jenis tanah dan data sondir seperti pada

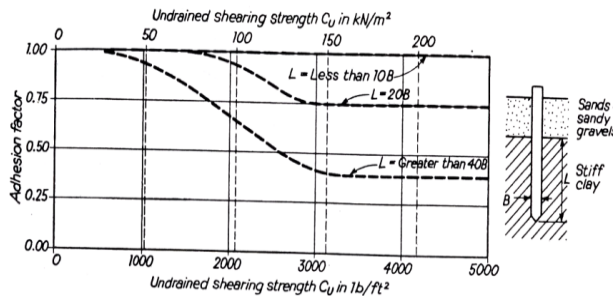
Tabel 2. 5 Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

Jenis Tanah		Es (Kg/cm ²)
Lempung		
	Sangat Lunak	3 – 30
	Lunak	20 – 40
	Sedang	45 – 90
	Keras	70 – 200
	Berpasir	300 – 425
Pasir		
	Berlanau	50 – 200
	Tidak Padat	100 – 250
	Padat	500 – 1000
Pasir & Kerikil		
	Padat	800 – 2000

Tidak Padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200
Loses	150 – 600
Cadas	1400 – 14000

(Sumber :Bowles, 1997)

2.3.5 Kolerasi N-SPT terhadap nilai Adhesion Factor



Gambar 2. 2 Nilai Adhesion Factor, su

(Sumber :Tomlinson, 1977)

2.3.6 Kolerasi N-SPT terhadap nilai Permeability

2.3.6.1. Metode Klasifikasi USDA

Pada tahun 1960, United State Departement of Agriculture (USDA) memperkenalkan sistem klasifikasi tanah yang baru yang disebut Comprehensive System atau Soil Taxonomy. Sistem klasifikasi tanah ini lebih banyak menekankan pada morfologi dan kurang menekankan pada pada faktor-faktor pembentuk tanah.

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur tanah, distribusi butir dan plastisitas tanah menurut USDA adalah

- Pasir : ukuran butiran 2,0 – 0,05 mm
- Lanau : ukuran butiran 0,05 – 0,002 mm

- c. Lempung : ukuran butiran $< 0,002$ mm

2.4 Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang terbuat dari kayu, beton, dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban ke kedalaman tanah (*Bowles, 1997*). Secara teoritis pondasi tiang dikategorikan sebagai pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman (H) dengan diameternya (d) adalah lebih besar atau sama dengan 10 ($H / d \geq 10$). Jarak optimal antara tiang adalah $2,5d - 3d$.

2.4.1 Metode Pemancangan Tiang Pondasi

Tiang pondasi dapat dimasukkan ke dalam tanah melalui sejumlah metode sebagai berikut (*Bowles, 1997*):

- a) Pemancangan dengan pukulan di atas tiang pondasi menggunakan *hamer pile*. Metode ini menghasilkan getaran dan suara yang cukup keras.
- b) Pemancangan menggunakan perangkat penggetar yang melekat pada bagian atas tiang pondasi. Metode ini biasanya relatif tenang dan getaran pemancangan mungkin tidak berlebihan. Metode ini lebih cocok untuk tanah sedikit kohesi.
- c) Pemancangan sistem injeksi.
Pengeboran lubang dan memasukkan tiang pondasi ke dalamnya atau lebih umum mengisi lubang dengan adukan beton yang menghasilkan tiang pondasi saat adukan beton tersebut mengeras.

2.4.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Berdasarkan Meyerhof 1976

Daya dukung tiang berdasarkan data SPT, dapat dihitung berdasarkan metode Meyerhof.

- a) Daya dukung ujung tanah pada tanah non-kohefif

$$Q_p = 40 \times N_{SPT} \times \frac{b}{D} \times A_p \leq 400 \times A_p \quad (2.1)$$

- b) Tahanan geser selimut tiang pancang pada tanah nonkohefif

$$Q_s = 2 \times N_{SPT} \times p \times Li \quad (2.2)$$

- c) Daya dukung ujung tiang pada tanah kohesif untuk tiang pancang dan tiang bor

$$Q_p = 9 \times C_u \times p \times Li \quad (2.3)$$

- d) Tahanan geser selimut tiang pada tanah kohesif

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times Li \quad (2.4)$$

Dengan :

Q_p = Tahanan ujung ultimate (kN)

A_p = Luas penampang tiang pancang (m^2)

N_{SPT} = Jumlah pukulan yang diperlukan dari percobaan SPT

= N_{SPT} memakai Norr = $(N_1 + N_2)/2$

= N_1 adalah nilai $N_{rata-rata}$ 10D

= N_2 adalah $N_{rata-rata}$ 4D

Lb = Tebal lapisan tanah kumulatif (m)

D = Diameter tiang pancang (m)

Li = Tebal lapisan tanah ke - i (m)

P = Keliling tiang (m)

α = Koefisien adhesi antara tanah dan tiang

C_u = Kohesi undrained (kN/m^2) = $\times 2/3 \times 10$

2.4.3 Kapasitas Daya Dukung Aksial

Kapasitas daya dukung dibedakan atas daya dukung ujung dan daya dukung gesek.

Apabila daya dukung keduanya dimobilisasikan akan didapatkan :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \quad (2.5)$$

Dari kapasitas daya dukung aksial ultimate maka kita bisa mendapatkan kapasitas daya dukung aksial izin sebagai berikut :

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF} \quad (2.6)$$

Dengan :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung maksimum atau ultimate

Q_s = Kapasitas daya dukung gesek (*skin friction*) yang didapat dari gaya geser atau gaya adhesi antara tiang dengan tanah

Q_p = Kapasitas daya dukung ujung (*end bearing*) yang didapat dari tanah dibawah ujung pondasi tiang Q_{all} = Kapasitas daya dukung izin tiang pancang

SF = Faktor keamanan (*safety factor*) yang digunakan

2.4.4 Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok

Pondasi tiang pancang yang umumnya dipasang secara berkelompok. Yang dimaksud berkelompok adalah sekumpulan tiang yang dipasang secara relative berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu bagian atasnya menggunakan pilecap. Untuk menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam 1 kelompok, jarak tiang. Idealnya, susunan atau penempatan tiang pancang dalam kelompok harus ditempatkan sedemikian

rupa sehingga kapasitas menahan beban kelompok dapat dimaksimalkan (Das, 2011) Kapasitas daya dukung tiang pancang kelompok dihitung berdasarkan faktor efisiensi. Adapun faktor efisiensi dapat dihitung dengan metode–metode berikut ini :

Tabel 2. 6 Efisiensi Kelompok Tiang

Name	Equation
Converse-Labarre equation	$\eta = 1 - \left[\frac{(n_1 - 1)n_2 + (n_2 - 1)n_1}{90n_1n_2} \right] \theta$ <p>where $\theta(\text{deg}) = \tan^{-1}(D/d)$</p>
Los Angeles Group Action equation	$\eta = 1 - \frac{D}{\pi d n_1 n_2} [n_1(n_2 - 1) + n_2(n_1 - 1) + \sqrt{2}(n_1 - 1)(n_2 - 1)]$
Seiler–Keeney equation (Seiler and Keeney, 1944)	$\eta = \left\{ 1 - \left[\frac{11d}{7(d^2 - 1)} \right] \left[\frac{n_1 + n_2 - 2}{n_1 + n_2 - 1} \right] \right\} + \frac{0.3}{n_1 + n_2}$ <p>where d is in ft</p>

(Sumber : Braja M. Das, 1985. *Mekanika Tanah*)

Berdasarkan **Tabel 2.2** dapat diketahui bahwa untuk menghitung efisiensi daya dukung tiang secara berkelompok terdapat tiga perumusan yang akan mengeluarkan hasil yang berbeda-beda. Nantinya, hasil dari efisiensi tersebut akan dikalikan dengan jumlah tiang yang digunakan dan kapasitas tiang tunggal sehingga menghasilkan perumusan perhitungan daya dukung tiang kelompok sebagai berikut (Terenggana, 2014) :

$$Q_g = n \times P_u \times E_g \quad (2.7)$$

Dimana :

Q_g = daya dukung tiang kelompok

n = jumlah tiang

P_u = daya dukung tiang tunggal

E_g = Efisiensi tiang kelompok

2.4.5 Efisiensi Tiang Group (Kelompok Tiang)

Efisiensi dari kapasitas tiang group dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_{g(u)}}{\Sigma Q_u} \quad (2.8)$$

Dengan :

η = efisiensi tiang group

$Q_{g(u)}$ = kapasitas ultimat tiang group

Q_u = kapasitas ultimat dari tiang tunggal.

Menurut Kisida dan Meyerhoff (1965) pada tanah loose dan medium sand besarnya 10 actor efisiensi tiang group lebih besar dari satu. Hal ini terjadi karena selama instalasi tiang terjadi proses pemadatan (*densification*).

Berdasarkan observasi eksperimental maka perilaku dari tiang group pada pasir dapat dinyatakan sebagai berikut (*Braja M.Das, 2004*):

- a. Untuk tiang group yang terdiri dari tiang pancang (*driven pile*) pada pasir jika $d > 3D$, $Q_{g(u)}$ sama dengan $\square Q_u$.
- b. Untuk tiang group yang terdiri dari tiang bor pada pasir dengan $d > 3D$, $Q_{g(u)}$ diambil $2/3$ - $3/4$ kali $\square Q_u$.

2.5 Penurunan (*Settlement*)

2.5.1 Penurunan Tiang Kelompok

1) Tanah Pasir

Beberapa metode dari penelitian dapat digunakan untuk menghitung penurunan kelompok tiang antara lain, yaitu :

a) Metode Vesic (1977)

$$Sg = S \sqrt{\frac{Bg}{d}} \quad (2.8)$$

Dengan :

S = Penurunan pondasi tiang tunggal

Sq = Penurunan pondasi kelompok tiang

Bg = Lebar Kelompok Tiang

d = Diameter tiang tunggal

b) Metode Meyerhoff (1976) - Berdasarkan N-SPT

$$Sg = 2q \sqrt{\frac{Bg \cdot I}{N}} \quad (2.9)$$

$$I = \left(1 - \frac{L}{8Bg} \right) > 0,5 \quad (2.10)$$

Dengan :

q = Tekanan pada dasar pondasi

Bg = Lebar kelompok tiang

N = Harga rata-rata NSPT pada kedalaman $\pm Bg$ dibawah uung pondasi tiang

2) Tanah Lempung

Penurunan pondasi yang terletak pada tanah lempung dapat dibagi menjadi tiga komponen, yaitu : penurunan segera (*immediate settlement*), penurunan konsolidasi primer dan penurunan konsolidasi sekunder. Penurunan total adalah jumlah dari komponen tersebut dan dinyatakan dalam rumus berikut :

$$S = Si + Sc + Ss \quad (2.11)$$

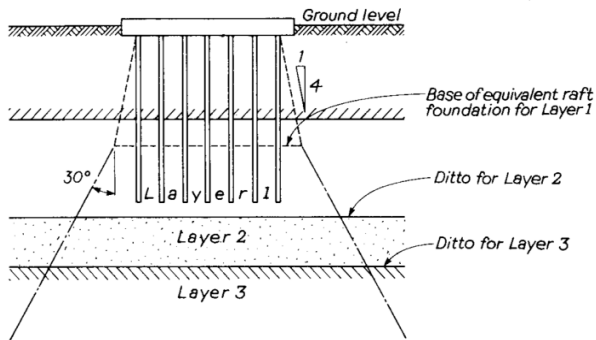
Dengan :

S = Penurunan Total

S_i = Penurunan Segera

S_c = Penurunan Konsolidasi Primer

S_s = Penurunan Konsolidasi Sekunder



Gambar 2. 3 Load Combination beneath pile group in layered soil formation

(Sumber : Buku Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, Ir. Suyono)

2.5.2 Penurunan Konsolidasi

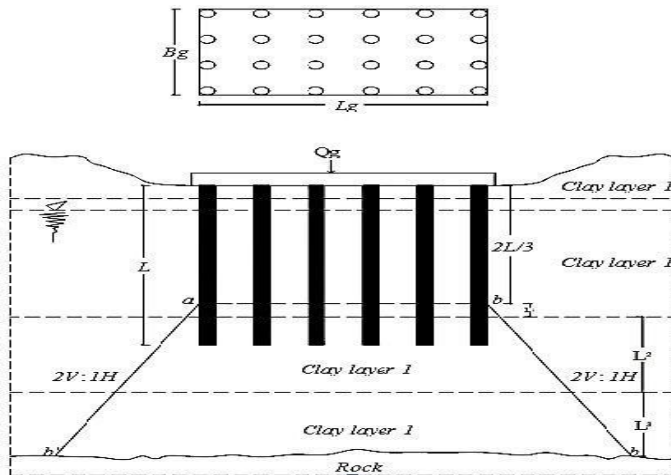
Peningkatan tegangan di tengah-tengah lapisan adalah:

$$\Delta p = \frac{Q_p}{(B_g + Z_i)(L_g + Z_i)} \quad (2.12)$$

Z_i = kedalaman $2/3 L$

Penurunan konsolidasi terjadi akibat keluarnya sebagian kandungan air dari lapisan tanah sehingga tanah menjadi lebih mampat. Penurunan konsolidasi ini terjadi dalam rentang waktu yang lebih lama dan jauh lebih besar dibanding penurunan segera. Penurunan Konsolidasi Primer atau konsolidasi hidrodinamis, yaitu

penurunan yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran air yang meninggalkan tanah akibat adanya tambahan tekanan.



Gambar 2. 4 Penurunan Konsolidasi

(Sumber : Buku Mekanika Tanah & Teknik Pondasi, Ir. Suyono)

Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanah, seperti: permeabilitas, kompresibilitas, angka pori, bentuk geometri tanah termasuk tebal lapisan mampat, pengembangan arah horisontal dari zona mampat, dan batas lapisan lolos air, di mana air keluar menuju lapisan yang lolos air ini.

$$S_c = C_c \frac{Hc}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \quad (2.13)$$

Dengan :

- P_0 = tegangan efektif tanah akibat berat sendiri
- ΔP = penambahan tegangan
- C_c = koefisien kompresibilitas, dan
- e_0 = adalah angka pori asli.

Untuk tanah *overconsolidated clay*, menghitung besarnya penurunan konsolidasi adalah sebagai berikut:

$$S_{c, ov} = C_s \frac{H_c}{1+e_0} \log \frac{P_c}{P_0} + C_c \frac{H_c}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \quad (2.14)$$

Dengan :

C_s = swelling index

P_c = tegangan pra konsolidasi

Perhitungan penurunan konsolidasi sekunder ditentukan dari grafik hubungan angka pori dan waktu. Persamaan untuk menghitung penurunan ini adalah :

$$S_{C2} = C_{2nd} \frac{H_c}{1+e_p} \log \frac{tp + \Delta t}{tp} \quad (2.15)$$

$$C_{2nd} = \frac{\Delta e}{\log(tp + \Delta t) - \log(tp)} \quad (2.16)$$

Dengan:

C_{2nd} = indek kemampatan sekunder

H_c = tebal lapisan tanah terkonsolidasi

t_p = waktu yang diperlukan untuk konsolidasi primer

Δt = tambahan waktu untuk proses konsolidasi sekunder

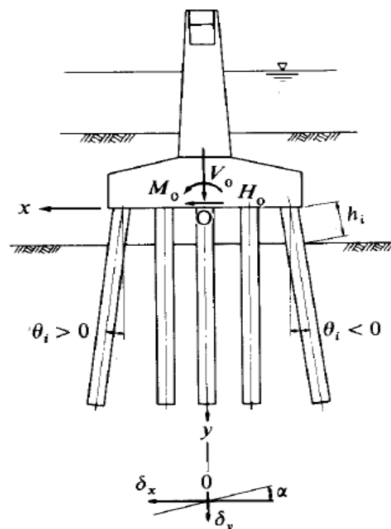
e_p = angka pori akhir pada konsolidasi primer

Displacement

Biasanya, pada pondasi tiang bekerja gaya vertikal V_o , gaya mendatar H_o dan momen putar M_o , dan gaya - gaya luar ini berada dalam keadaan setimbang dengan gaya - gaya yang menyebabkan perpindahan pada tumpuan yang kaku, misalnya perpindahan mendatar d , pada pusat gabungan tiang (titik pusat O pada **Gambar 2.4**), perpindahan dalam arah vertikal δy , perpindahan tempat dengan cara berputar (*rotary displacement*) α dengan

anggap sebagai pegas yang elastis. Cara ini disebut cara perpindahan (*displacement method*) di mana analisa dilakukan berdasarkan hubungan keseimbangan dan saat ini merupakan cara perhitungan yang paling ketat terhadap reaksi tiang. Anggapan - anggapan dalam perhitungan menurut cara perpindahan:

- Pondasi tiang dianggap sebagai bangunan dua dimensi.
- Tiang dianggap bersifat elastis-linier terhadap gaya tekan, gaya Tarik tiang lenturan dan konstanta pegas dalam arah vertikal, arah mendatar dan rotasi pada kepala tiang dianggap konstan.
- Tumpuan dianggap kaku (rigid) dan berputar ke pusat gabungan tiang.



Gambar 2. 5 Sistem Koordinat untuk Menghitung dengan Cara Perpindahan

(Sumber : Braja M. Das, 1985. Mekanika Tanah)

Perhitungan berdasarkan cara perpindahan, mula-mula dibuat system koordinat seperti yang terlihat pada **Gambar 2.4** dan titik 0 sebagai titik pusat dasar tumpuan. Kemudian gaya yang bekerja pada titik 0 ditetapkan seperti yang terlihat pada gambar, dan perpindahan titik 0 δx , dan δy kearah sumbu koordinat, juga rotasinya α diukur seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 2.4**. Kemudian perpindahan titik-titik pusat dapat ditentukan dengan menyelesaikan persamaan-persamaan tiga dimensi ini secara berurutan :

$$A_{xx} \cdot \delta x + A_{xy} \cdot \delta y + A_{xa} \cdot \alpha = H_0 \quad (2.17)$$

$$A_{yx} \cdot \delta x + A_{yy} \cdot \delta y + A_{ya} \cdot \alpha = V_0 \quad (2.18)$$

$$A_{\alpha x} \cdot \delta x + A_{\alpha y} \cdot \delta y + A_{\alpha a} \cdot \alpha = M_0 \quad (2.19)$$

Dimana :

H_0 = Beban mendatar yang bekerja diatas basement tumpuan (Ton)

V_0 = Beban vertikal yang bekerja diatas basement tumpuan (Ton)

M_0 = Momen Luar terhadap titik pusat dasar tumpuan (Ton.m)

δx = Perpindahan mendatar terhadap titik pusat dasar tumpuan 0 (cm)

δy = Perpindahan vertical terhadap titik pusat 0 (cm)

α = Sudut rotasi tumpuan (*radial*)

x_i = Koordinat x untuk kepala tiang ke-I (m)

2.6 Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimit dengan faktor aman tertentu. Faktor aman ini perlu diberikan dengan maksud :

- a. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.
- b. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah.
- c. Untuk menyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- d. Untuk menyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok masih tetap dalam batas-batas toleransi.
- e. Untuk menyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas toleransi.

Sehubungan dengan alasan butir (d), dari hasil banyak pengujian-pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban bekerja (*working load*) yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 (*Tomlison, 1977*).

Besarnya beban bekerja (*working load*) atau kapasitas tiang ijin (Q_a) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (SF) yang sesuai. Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk pemancangan pondasi tiang pancang, sebagai berikut:

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \quad (2.20)$$

2.7 Kekuatan Geser Tanah

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Untuk menganalisis masalah stabilitas tanah seperti daya dukung, stabilitas talud (lereng), dan tekanan tanah ke samping pada turap maupun tembok penahan tanah, mula-mula kita harus mengetahui sifat-sifat ketahanan penggesernya tanah tersebut.

2.7.1 Kriteria Keruntuhan Menurut *Mohr-Coulomb*

Mohr (1980) menyajikan sebuah teori tentang keruntuhan pada material yang menyatakan bahwa keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja. Jadi, hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam bentuk berikut (**Gambar 2.5**).

$$\tau_f = (\sigma) \quad (2.21)$$

Garis keruntuhan (*failure envelope*) yang dinyatakan oleh Persamaan (2.21) di atas sebenarnya berbentuk garis lengkung seperti terlihat pada **Gambar 2.6** Untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linear antara tegangan normal dan geser (*Coulomb; 1776*). Persamaan itu dapat kita tulis sebagai berikut:

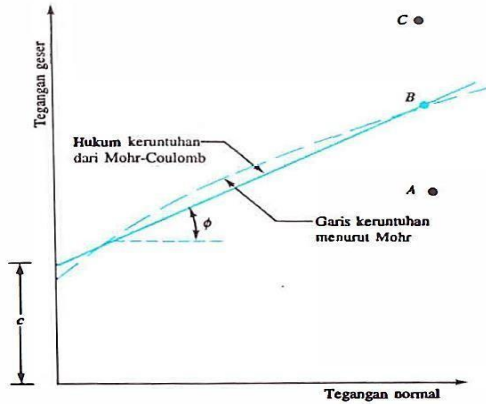
$$\tau_f = c + \sigma \tan \emptyset \quad (2.22)$$

Dengan :

c = Kohesi

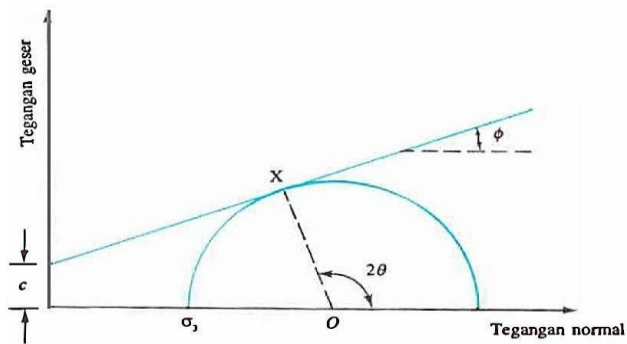
\emptyset = Sudut Geser Internal

Hubungan di atas disebut juga sebagai kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb.



Gambar 2. 6 Garis Keruntuhan Menurut Mohr dan Hukum Keruntuhan dari Mohr-Coulomb

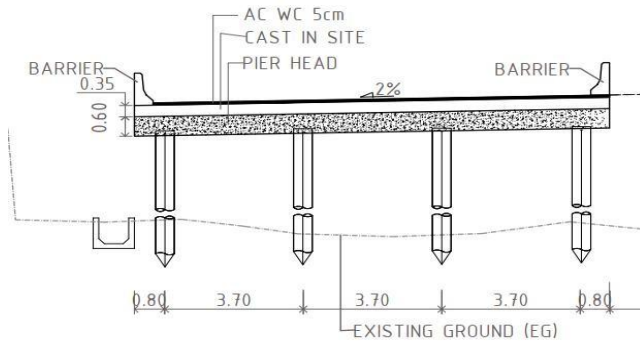
(Sumber : Braja M. Das, 1985. Mekanika Tanah)



Gambar 2. 7 Lingkaran Mohr dan Garis Keruntuhan

(Sumber : Braja M. Das, 1985. Mekanika Tanah)

2.8 Struktur Pile Slab



Gambar 2. 8 Struktur Pile Slab Eksisting

(Sumber : Laporan Akhir Proyek Relokasi Jalan Tol Porong-Gempol Paket 1)

2.8.1 Elemen Struktur Slab

Slab (pelat) adalah sebuah elemen struktur horizontal yang berfungsi menyalurkan beban mati maupun beban hidup menuju rangka pendukung vertical dari suatu sistem struktur.

2.8.2 Penulangan pada Slab

Perencanaan penulangan plat dihitung dengan metode momen ultimit yang didasarkan pada besar momen yang terjadi akibat beban – beban yang bekerja. Standar yang dipergunakan dalam perencanaan plat beton bertulang adalah **SNI T-12-2004**. Langkah-langkah perhitungan tulangan lentur plat lantai adalah sebagai berikut :

1. Menghitung momen terfaktor. Proses ini dilakukan dengan analisis struktur (M_u) menggunakan program bantu
2. Hitung momen nominal,

$$M_n = M_u / \phi \quad (2.23)$$

Di mana ϕ adalah faktor reduksi kekuatan lentur = 0,8 menurut (**SNI T-12-2004 pasal 4.5.2 halaman 20**)

3. Menghitung tahanan momen nominal

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \quad (2.24)$$

Dengan :

b = lebar pelat yang ditinjau (diambil 1 meter)

d = tebal efektif plat lantai

4. Menghitung tahanan momen minimum,

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y \quad (2.25)$$

5. Mencari tahanan momen maksimum,

$$\rho_b = \beta \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \quad (2.26)$$

Dengan :

$\beta = 0,85$ [untuk $f_c' \leq 30$ MPa]

$\beta = 0,85 - 0,008(f_c' - 30)$ [untuk $f_c' > 30$ MPa]

(SNI T-12-2004 persamaan 5.1-1 dan 5.1-2)

$$\rho_{\max} = 0,75 / f_y \quad (2.27)$$

6. Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) \quad (2.28)$$

7. Luas tulangan yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.29)$$

8. Jarak antar tulangan,

$$s = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot dt^2 \cdot b}{A_s} \quad (2.30)$$

Dengan :

dt = diameter tulangan

9. Cek kemampuan nominal :

$$T = A_{st} \cdot f_y \quad (2.31)$$

Di mana :

A_{st} = luas penampang tulangan dipakai

$$a = \frac{T}{(0,85 \cdot f_c \cdot b)} \varphi \quad (2.32)$$

$$M_n = \varphi \cdot T \cdot (d - a/2) \quad (2.33)$$

Nilai φM_n harus lebih besar dari M_u

2.8.3 Elemen Struktur Pile Head

Pile cap merupakan konstruksi penggabung antara tiang-tiang pancang sehingga menjadi tiang kelompok (*pile group*) dan penghubung antara tiang pancang dengan kolom/balok/slab.

2.8.4 Penulangan pada Pile Head

Perencanaan penulangan plat dihitung dengan metode momen ultimit yang didasarkan pada besar momen yang terjadi akibat beban – beban yang bekerja. Standar yang dipergunakan dalam perencanaan plat beton bertulang adalah **SNI T-12-2004**. Langkah-langkah perhitungan tulangan lentur plat lantai adalah sebagai berikut :

1. Menghitung momen terfaktor. Proses ini dilakukan dengan analisis struktur (M_u) menggunakan program bantu
2. Hitung momen nominal, sesuai persamaan (2.23)
Di mana ϕ adalah faktor reduksi kekuatan lentur = 0,8
(**SNI T-12-2004 pasal 4.5.2 halaman 20**)
3. Menghitung tahanan momen nominal (R_n), sesuai persamaan (2.24)
4. Menghitung tahanan momen minimum (ρ_{min}), sesuai persamaan (2.25)
5. Mencari tahanan momen maksimum (ρ_{maks}), sesuai persamaan (2.27)
6. Luas tulangan yang diperlukan (A_s), sesuai persamaan (2.29)
7. Jarak antar tulangan,(s), sesuai persamaan (2.30)
8. Cek kemampuan nominal :
 T = sesuai persamaan (2.31)
 a = sesuai persamaan (2.32)
 M_n = sesuai persamaan (2.33)
 Nilai ϕM_n harus lebih besar dari M_u

2.8.5 Elemen Struktur Pile Head Treatment

Sambungan tiang pancang spun pile dan pile cap didesain dengan memasang tulangan tusuk konde auxiliary steel bars yang dimasukkan ke dalam lubang spun pile dengan kedalaman tertentu.

Untuk menghitung panjang sambungan tiang pancang digunakan persamaan sebagai berikut:

$$I_d = \left[\frac{3}{40} \frac{F_y}{\sqrt{f_{ct}}} \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left(\frac{c + K_{tr}}{ab} \right)} \right] db \quad (2.34)$$

Dengan :

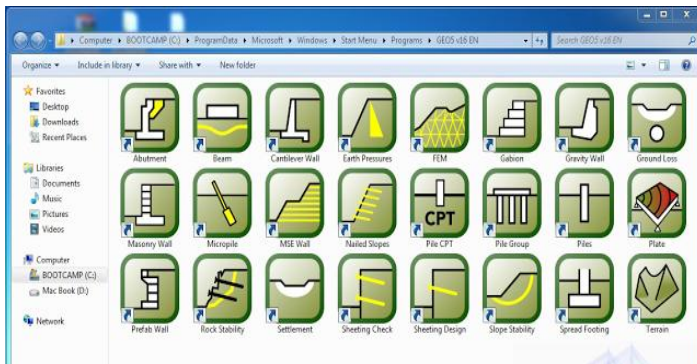
- α adalah faktor lokasi penulangan
Tulangan horizontal ditempatkan lebih dari 12 inci dari beton segar yang dicor dibawah penambahan panjang atau sambungan = 1,3
Penulangan lainnya = 1,0
- β adalah faktor selubung
Selubung batang epoksi atau tulangan dengan selimut kurang dari 3 db, atau jarak bersih kurang dari 6 db = 1,5
Seluruh selubung batang epoksi/tulangan = 1,2
Penulangan tidak berselubung = 1,0
- γ adalah faktor ukuran tulangan
- Diameter 19 mm dan batang lebih kecil dan kabel ulir = 0,8
- Diameter 22 mm dan batang lebih besar = 1,0
- λ adalah faktor beton agregat
- c adalah jarak atau dimensi selimut (inci)
- K_{tr} adalah indeks tulangan melintang
 $K_{tr} = 0$ dapat diizinkan dengan maksud penyederhanaan meskipun ada penulangan transversal.
- f_{ct} adalah rata-rata tegangan tarik-belah beton dengan agregat ringan bila digunakan agregat normal, maka $f_{ct} = 1,0$
- f_{gt} adalah tegangan leleh tulangan transversal (psi)

- Atr adalah luas total tulangan transversal (in^2)
- c adalah tebal selimut beton (in)
- db adalah diameter batang atau tulangan (in)
- n adalah jumlah tulangan
- s adalah jarak maksimum dari titik berat ke titik berat tulangan transversal (in)

2.9 Permodelan Software Geoteknik (*Geo5*)

2.9.1 Software Geoteknik (*Geo5*)

Geo 5 merupakan salah satu program aplikasi geoteknik yang cepat digunakan untuk membantu memecahkan permasalahan geoteknik. Geo 5 dapat membantu dalam mengerjakan perhitungan-perhitungan stabilitas terhadap guling, stabilitas terhadap geser, tekanan tanah, permodelan single pile, pile group hingga dinding penahan tanah. Dari program aplikasi geoteknik lainnya, Geo5 lebih mudah untuk digunakan karena dari tampilan yang disajikan oleh software ini lebih komunikatif dan mudah untuk dipahami.



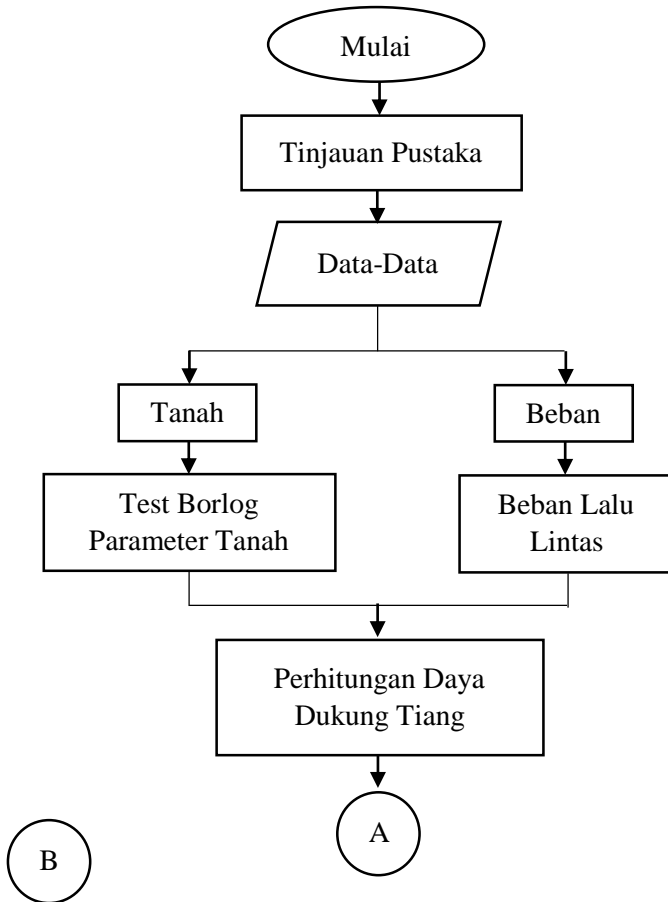
Gambar 2. 9 Software Geo 5

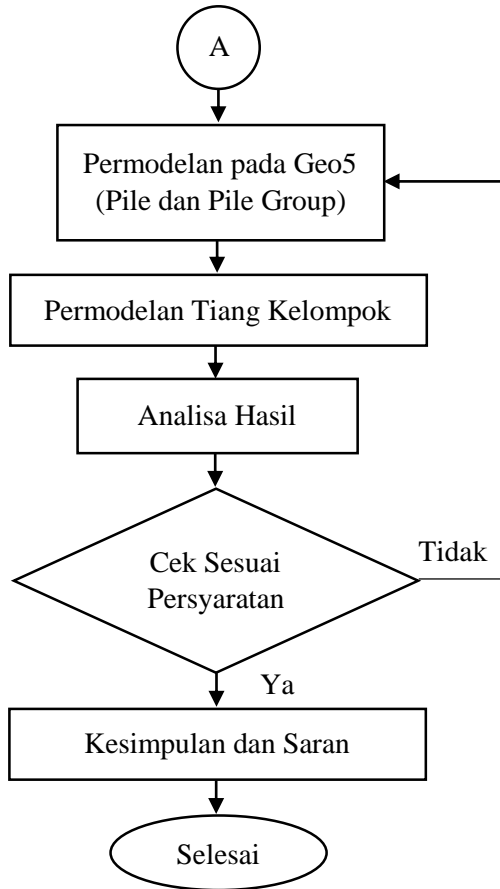
Sumber : Dokumen Pribadi

BAB III METODOLOGI

3.1. Bagan Alir Metodologi

Langkah-langkah utama yang dilakukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini dibuat menjadi suatu bagan alir seperti dijelaskan pada **Gambar 3.1** sebagai berikut :





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

3.2. Tinjauan Pustaka

Studi Literatur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan untuk merencanakan permodelan struktur pada Jalan Tol Porong-Gempol. Buku-buku referensi sangat diperlukan dalam pembuatan laporan tugas akhir terapan ini, karena dengan itu kita dapat dengan mudah menambahkan informasi lebih banyak tentang permodelan perbaikan tanah dari para penulis yang telah banyak pengalaman dalam dunia teknik sipil khususnya dunia proyek. Selain itu juga, buku-buku tersebut dapat juga digunakan sebagai acuan dalam permodelan struktur. Berikut merupakan beberapa teori yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian tugas akhir ini:

- 1) Teori *Settlement*
- 2) Teori *Displacement*
- 3) Teori Daya Dukung Tiang
- 4) Teori Struktur Pile Slab

3.3. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penyelesaian masalah dalam tugas akhir ini merupakan data sekunder yang didapatkan dari instansi terkait. Berikut merupakan data sekunder tersebut, antara lain:

- 1) Data Penyelidikan Tanah, meliputi:
 - a. *Boring log* dan SPT
 - b. Stratifikasi Tanah
 - c. Hasil Test Laboratorium
- 2) Data Gambar, meliputi :
 - a. *Layout Survey* Geoteknik
 - b. *Shop Drawing*

3.4. Analisis Data Parameter Tanah

Analisis data parameter tanah merupakan proses kolektif data dan interpretasi data yang dibutuhkan dalam pemodelan dan perhitungan geoteknik. Apabila data sekunder tidak memenuhi syarat data parameter tanah untuk desain dan pemodelan, maka dilakukan korelasi data. Korelasi data tersebut dapat berdasarkan grafik ataupun tabel yang memiliki hubungan dengan data sekunder yang telah ada. Sehingga seluruh data parameter tanah untuk pemodelan bisa diperoleh untuk kebutuhan desain geoteknik.

3.5. Korelasi Parameter Tanah

Data tanah yang diperoleh dari proyek Redesign Jalan Tol Porong-Gempol Paket 1 terdapat data *Bore log*, Sondir, *Atterberg*, *Triaxial*, hanya saja yang digunakan dalam Tugas Akhir Terapan ini yaitu data tanah *Bore log*. Ada beberapa parameter yang belum ditentukan nilai korelasi sesuai data N-SPT maka dari itu dicari nilai korelasi untuk mengetahui nilai yang belum ditentukan sebagai penunjang input data tanah pada permodelan tersebut.

3.6. Analisa Perencanaan Struktur

Analisa pembebanan struktur atas menggunakan program software computer yaitu SAP2000. Analisa pemodelan struktur atas sangat diperlukan untuk mengetahui beban yang diterima struktur bawah.

Untuk meneruskan beban struktur atas ke lapisan tanah dibawahnya harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum yang mungkin terjadi sehingga perlu adanya desain sistem pondasi yang tepat. Setelah melakukan

perencanaan maka dilakukan analisa mengenai kapasitas dari pondasi tiang terhadap beban yang bekerja. Setelah dinyatakan bahwa pondasi mampu menerima beban dari struktur atas maka dilakukan 37 ontrol penurunan yang terjadi pada tiang kelompok yang dirancang agar tidak terjadi kegagalan struktur.

3.7. Penggambaran Struktur

Penggambaran struktur merupakan gambar yang dijadikan media komunikasi seorang ahli teknik dalam membuat dan merancang sebuah desain atau produk. Untuk memvisualisasikan hasil perancangan struktur yang diinginkan. Penggambaran teknik yang akan dilakukan adalah penggambaran mengenai detail desain pileslab dengan menggunakan software bantuan yaitu AutoCAD.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir Terapan ini adalah data SPT dari proyek Relokasi Jalan Tol Porong-Gempol Paket 1. Data SPT yang tersedia berjumlah 2 titik data pengeboran, diantaranya BH1 (STA 35+060).

Depth	Deskripsi Tanah	N1	N2	N3	N total
0	[Soil Material]				
0.5	[Soil Material]				
1	[Soil Material]				
1.5	[Soil Material]				
2	[Soil Material]	3	4	4	8
2.5	[Soil Material]				
3	[Clay silt, medium stiff, brown]				
3.5	[Clay silt, medium stiff, brown]				
4	[Clay silt, medium stiff, brown]	2	2	2	4
4.5	[Clay silt, medium stiff, brown]				
5	[Clay silt, medium stiff, brown]				
5.5	[Clay silt, medium stiff, brown]				
6	[Clay silt, medium stiff, brown]	2	3	2	5
6.5	[Clay silt, medium stiff, brown]				
7	[Sandy silt, medium stiff, grey]				
7.5	[Sandy silt, medium stiff, grey]				
8	[Sandy silt, medium stiff, grey]	2	3	3	6
8.5	[Sandy silt, medium stiff, grey]				
9	[Sandy silt, medium stiff, grey]				
9.5	[Clay silt, very stiff, grey]				
10	[Clay silt, very stiff, grey]	1	1	1	2
10.5	[Clay silt, very stiff, grey]				
11	[Clay silt, very stiff, grey]				
11.5	[Clay silt, very stiff, grey]				
12	[Clay silt, very stiff, grey]	1	1	1	2
12.5	[Clay silt, very stiff, grey]				
13	[Clay silt, very stiff, grey]				
13.5	[Clay silt, very stiff, grey]				

14	[Clay silt, very stiff, grey]	2	2	4	6
14.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
15	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
15.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
16	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]	1	1	2	3
16.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
17	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
17.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
18	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]	1	2	2	4
18.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
19	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
19.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
20	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]	2	2	2	4
20.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
21	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
21.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
22	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]	2	3	2	5
22.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
23	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
23.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
24	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]	1	3	3	6
24.5	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
25	[Clay silt, shell froman, soft to medium, grey]				
25.5	[Clay silt, medium stiff, grey]				
26	[Clay silt, medium stiff, grey]	1	4	4	8
26.5	[Clay silt, medium stiff, grey]				
27	[Clay silt, medium stiff, grey]				
27.5	[Clay silt, medium stiff, grey]				
28	[Clay silt, medium stiff, grey]	1	2	3	5
28.5	[Clay silt, medium stiff, grey]				
29	[Clay silt, medium stiff, grey]				
29.5	[Clay silt, medium stiff, grey]				
30	[Clay silt, medium stiff, grey]	2	2	2	4
30.5	[Clay silt, medium stiff, grey]				
31	[Clay silt, medium stiff, grey]				
31.5	[Clay silt, medium stiff, grey]				
32	[Clay silt, medium stiff, grey]	3	3	3	6
32.5	[Clay silt, medium stiff, grey]				

33	[Clay silt, medium stiff, grey]					
33.5	[Clay silt, medium stiff, grey]					
34	[Clay silt, medium stiff, grey]	3	3	4	7	
34.5	[Clay silt, medium stiff, grey]					
35	[Clay silt, medium stiff, grey]					
35.5	[Clay silt, medium stiff, grey]					
36	[Clay silt, medium stiff, grey]	3	4	6	10	
36.5	[Clay silt, medium stiff, grey]					
37	[Clay silt, medium stiff, grey]					
37.5	[Clay silt, sandy, stiff to hard, grey]					
38	[Clay silt, sandy, stiff to hard, grey]	9	14	18	32	
38.5	[Clay silt, sandy, stiff to hard, grey]					
39	[Clay silt, sandy, stiff to hard, grey]					
39.5	[Clay silt, sandy, stiff to hard, grey]					
40	[Clay silt, sandy, stiff to hard, grey]	11	16	24	40	
40.5	[Clay silt, sandy, stiff to hard, grey]					
41	[Clay silt, sandy, stiff to hard, grey]					
41.5	[Clay silt, very stiff, grey]					
42	[Clay silt, very stiff, grey]	7	7	9	16	
42.5	[Clay silt, very stiff, grey]					
43	[Clay silt, very stiff, grey]					
43.5	[Clay silt, very stiff, grey]					
44	[Clay silt, very stiff, grey]	6	7	10	17	
44.5	[Clay silt, very stiff, grey]					
45	[Clay silt, very stiff, grey]					
45.5	[Clay silt, very stiff, grey]					
46	[Clay silt, very stiff, grey]	9	11	13	24	
46.5	[Clay silt, very stiff, grey]					

Gambar 4. 1 Data SPT BH-01

4.2 Analisa Parameter

4.2.1 Parameter Tanah Bore Log

Analisa penentuan parameter tanah yang dilakukan mendapatkan data tanah yang digunakan untuk perencanaan *pile slab*. Pada titik BH-01 terdapat data Bore Log oleh

sebab itu dilakukan analisa parameter kolerasi nilai SPT untuk mendapatkan nilai yang belum diketahui. Titik BH-01 dengan kedalaman 46,5 m yang terdiri dari 8 lapisan tanah dengan nilai SPT rata-rata berbeda. Nilai SPT rata-rata tersebut, dikaitkan dengan tabel korelasi parameter tanah yang sesuai dengan nilai yang akan dicari atau diketahui pada sub bab yang telah dibahas sebelumnya.

Dengan nilai SPT rata-rata tersebut, dalam mencari nilai kolerasi N-SPT terhadap γ_{unsat} dan γ_{sat} melalui **Tabel 3.1** pada kolom tanah kohesif. Kemudian mencari nilai E (modulus elastisitas tanah) melalui **Tabel 3.4** sesuai dengan jenis tanah yang diketahui. Selanjutnya nilai kuat geser undrained (S_u) dengan melihat **Gambar 3.2** Kemudian yang terakhir mencari nilai sudut geser (ϕ) untuk tanah lempung lanau, nilai sudut gesernya dianggap 0 karena kondisi tipe tanahnya bersifat undrained.

Dalam memasukkan nilai kolerasi parameter tanah pada program *Single Pile Geo5* dan *Pile Group Geo5*, perlu dilakukan kolerasi parameter sesuai nilai SPT dan jenis tanah pada lapisan tersebut

Dari hasil analisa kolerasi parameter tanah BH-01 dan BH-02. Hasil analisa parameter tanah BH-01 dilihat pada **Tabel 4.1**

NO	DEPTH	N-SPT RATA	JENIS TANAH	γ (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_{unsat} (kN/m ³)	C	ϕ	E	ν	Eoed
	m						kPa		kg/cm ²		Mpa
1	0 - 2,5	8.0	Material Tanah	16.68	16.68	13.68	50	30	52	0.1	2
2	2,5 - 7	4.5	Lempung Lanau I	16.09	16.09	13.09	30	28	60	0.3	5
3	7 - 9	6.0	Lanau Berpasir	16.34	16.34	13.34	40	28	100	0.35	10
4	9 - 14	3.3	Lempung Lanau II	17.64	17.64	14.64	50	28	70	0.3	5
5	14 - 25	4.4	Lempung Lanau III	16.09	16.09	13.09	30	28	40	0.3	5
6	25 - 37	6.7	Lempung Lanau IV	16.47	16.47	13.47	40	28	90	0.3	5
7	37 - 41	36.0	Lempung Lanau V	17.05	17.05	14.05	200	40	200	0.3	5
8	41-46,5	19.0	Lempung Lanau VI	18.67	18.67	15.67	100	30	150	0.3	5

Tabel 4. 1 Kolerasi Parameter Tanah Titik BH-01

i

4.2.2 Parameter Timbunan Tanah Pasir

Analisa penentuan parameter tanah pasir dilakukan untuk mendapatkan hasil analisa yang digunakan sebagai timbunan sebelum pengerjaan pile slab.

- Sifat fisik tanah pasir timbunan :
 - $E = 17.500 \text{ kN/m}^3$
 - $\nu (\text{nu}) = 0,55$
 - $C = 5 \text{ kN/m}^3$
 - $\emptyset = 30^\circ$
- Geometri Timbunan
 - Tinggi tanah timbunan (H final) direncanakan 2,5 m sebelum pemacangan dilakukan.

4.3 Data Spesifikasi Bahan

4.3.1 Data Beton

Kualitas material beton yang digunakan untuk struktur adalah sebagai berikut :

- Mutu Beton (f_c') = 35 Mpa
- Modulus Elastisitas beton (E_c)
 - $E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'}$
 - $E_c = 4700 \times \sqrt{35}$
 - $E_c = 27805,575 \text{ Mpa}$

Kualitas material beton yang digunakan untuk tiang pancang spun pile, sebagai berikut :

- Mutu beton (f_c') = 52 Mpa / K - 600

4.3.2 Data Tulangan

Mutu baja tulangan yang digunakan untuk struktur adalah sebagai berikut :

- Mutu Baja Tulangan BJ TS 40 (SNI 2052-2014)
- Tegangan leleh (f_y) = 390 Mpa
- Tegangan putus (f_u) = 560 Mpa
- Modulus Elastisitas (E) = 200.000 Mpa

4.3.3 Data Spun Pile

Tiang pancang yang digunakan adalah jenis tiang dengan spesifikasi WIKA Beton Spun Pile sebagai berikut :

- Diameter Tiang : 500 milimeter
- Tebal tiang : 90 milimeter
- Kelas : A2
- Luas Beton : 1.159,25 cm²
- Weight : 290 kg/m
- Bending moment Crack : 12,50 ton.m
- Bending moment Ultimate : 18,75 ton.m
- P ijin bahan : 181,70 ton

Sedangkan, tiang pancang yang direncanakan dalam Alt.1 adalah menggunakan jenis tiang dengan spesifikasi WIKA Beton Spun Pile sebagai berikut :

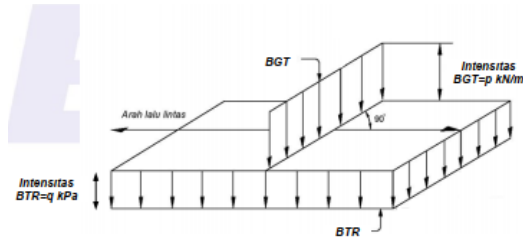
- Diameter Tiang : 600 milimeter
- Tebal tiang : 100 milimeter
- Kelas : A2
- Luas Beton : 1.570,80 cm²
- Weight : 393 kg/m
- Bending moment Crack : 19 ton.m
- Bending moment Ultimate : 28,5 ton.m
- P ijin bahan : 249 ton

4.4 Data Beban

Pile Slab direncanakan dengan beban sesuai persyaratan pembebanan jembatan yang terdapat dalam SNI 1728-2016. Berikut ini uraian pembebanan :

4.4.1 Beban Hidup (BTR)

Beban hidup dalam struktur terdiri dari beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT) seperti dalam Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Beban Terbagi Rata

(Sumber : SNI 1725-2016)

BTR tergantung pada panjang total L yang dibebani dan dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

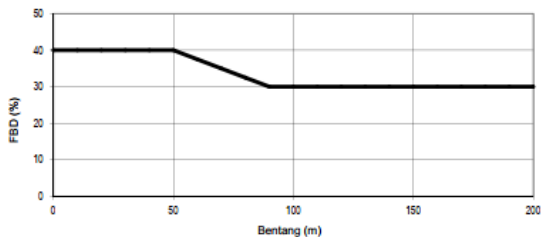
$$q = 9 \text{ kPa}$$

$$q = 0.9 \text{ t/m}^3 \quad \text{untuk } L < 30 \text{ meter}$$

$$q = 9 \times (1 \times 15/L) \text{ kPa} \quad \text{untuk } L > 30 \text{ meter}$$

4.4.2 Beban Hidup (BGT)

Besar beban BGT tergantung pada panjang total dan faktor beban dinamis (DLA). Menurut SNI 1725 2016, besarnya beban KEL adalah 4,9 kN dikali faktor dinamis



Gambar 4. 3 Grafik Faktor Beban Dinamis

(Sumber : SNI 1725-2016)

Sehingga nilai beban BGT sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L < 50 \text{ m} &= 4.9 \text{ kN} \times (1+0.4) \\ &= 6.86 \text{ kN} \approx 7 \text{ kN} \end{aligned}$$

4.4.3 Beban Gempa

Gempa pada struktur pile slab direncanakan menggunakan periode ulang 1000 tahun atau level gempa 7% dalam 75 tahun (SNI 2833-2013). Beban gempa akan direncanakan menggunakan respond spectrum. Berikut adalah perhitungan respond spectrum :

a. Penentuan Kelas Situs

Berdasarkan SNI 2833 2013 tabel 2 $N_{\text{rata-rata}} < 15$ sehingga tanah termasuk dalam situs tanah lunak (**SE**).

Tabel 3. 1 Kelas Situs

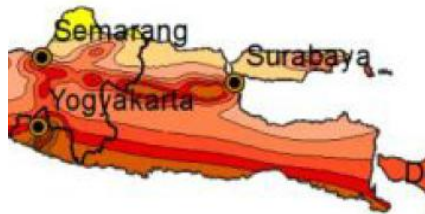
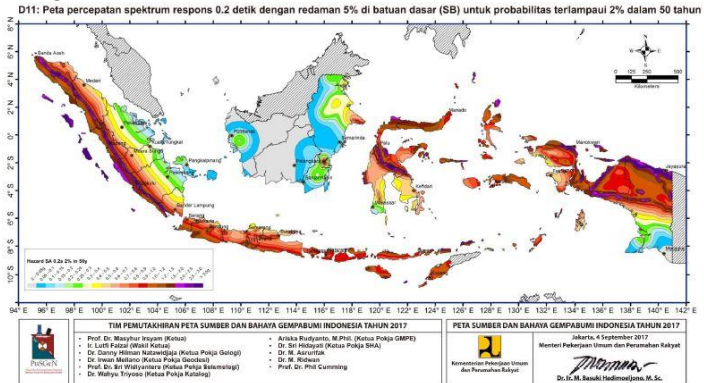
Kelas Situs	\bar{v}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{v}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{v}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{v}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{v}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan $> 3\text{m}$) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5\text{m}$ dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35\text{m}$		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

(Sumber : SNI 1729 2012)

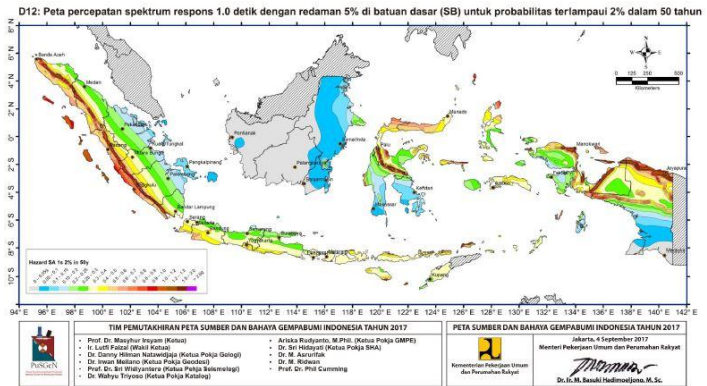
b. Penentuan Nilai S_s dan S_1

Nilai S_s dan S_1 ditentukan dengan melihat peta gempa untuk periode ulang 1000 tahun pada *Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017* yaitu peta gambar 8 untuk nilai S_s dan peta gambar 9 untuk nilai S_1 .



Gambar 4. 4 Peta Gambar 8 Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan nilai $S_s = 0,5$



Gambar 4. 5 Peta Gambar 9 Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia 2017

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan nilai

$$S_1 = 0,2$$

c. Penentuan Faktor Amplikasi (F_a)

Nilai Faktor Amplifikasi (F_a) dapat ditentukan dengan melihat tabel 4 SNI 1729 2012 atau tabel 3 SNI 2833 2013 seperti pada tabel berikut :

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

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

(Sumber : SNI 1729 2012)

Berdasarkan kelas situs **SE** dan nilai $S_s = 0,5$ maka diambil nilai $F_a = 1,7$.

d. Penentuan Nilai Koefisien Situs (F_v)

Nilai Faktor Amplifikasi (F_v) dapat ditentukan dengan melihat tabel 4 *SNI 2833 2013* seperti pada tabel berikut

Kelas situs	$S_I \leq 0.1$	$S_I = 0.2$	$S_I = 0.3$	$S_I = 0.4$	$S_I \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	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

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

(Sumber : *SNI 1729 2012*)

Berdasarkan kelas situs **SE** dan nilai $S_1 = 0,2$ maka diambil nilai $F_v = 3,2$

e. Parameter Percepatan Spektral

Parameter percepatan spectral desain untuk perioda pendek dan untuk perioda 1 detik menurut *SNI 2833 2013* pasal 5.4.1 ditentukan dengan persamaan berikut:

- $S_{DS} = F_a \times S_s = 1,7 \times 0,5 = 0,85$
- $S_{D1} = F_v \times S_1 = 3,2 \times 0,2 = 0,64$ (zona gempa 4)

f. Grafik Respon Spektrum

Sebelum membuat grafik respond spectrum terlebih dahulu menentukan nilai T_0 dan T_s dengan persamaan sebagai berikut :

- $T_0 = 0,2 \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right) = 0,151$
- $T_s = \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}} \right) = 0,753$

Sedangkan percepatan spectra dapat dihitung dengan memenuhi ketentuan *SNI 1726 2012 pasal 6.4* sebagai berikut :

- a. Untuk perioda lebih kecil dari T_0 , spectrum respond percepatan desain

$$S_a = S_{DS} \times \left(0,4 + 0,6 \left(\frac{T}{T_0} \right) \right)$$

- b. Untuk perioda lebih besar sama dengan T_0 dan lebih kecil dari T_s , spectrum respond percepatan desain

$$S_a = S_{DS}$$

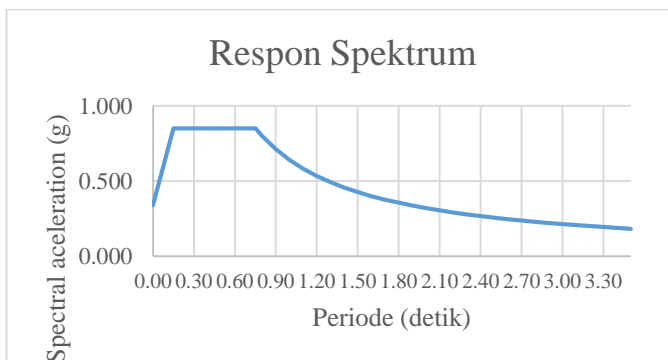
- c. Untuk perioda lebih besar sama dari T_s , spectrum respond percepatan desain

$$S_a = S_{D1}/T$$

Berikut adalah tabel perhitungan *Spectra Acceleration*

T	T (detik)	Sa (g)
$T < T_0$	0.000	0.340
T_0	0.151	0.850
$T < T_s$	0.200	0.850
	0.500	0.850
	0.700	0.850
T_s	0.753	0.850
$T_s + 0.1$	0.800	0.800
$T_s + 0.1$	0.900	0.711
$T_s + 0.1$	1.000	0.640
$T_s + 0.1$	1.100	0.582
$T_s + 0.1$	1.200	0.533
$T_s + 0.1$	1.300	0.492
$T_s + 0.1$	1.400	0.457
$T_s + 0.1$	1.500	0.427
$T_s + 0.1$	1.600	0.400
$T_s + 0.1$	1.700	0.376

Ts + 0.1	1.800	0.356
Ts + 0.1	1.900	0.337
Ts + 0.1	2.000	0.320
Ts + 0.1	2.100	0.305
Ts + 0.1	2.200	0.291
Ts + 0.1	2.300	0.278
Ts + 0.1	2.400	0.267
Ts + 0.1	2.500	0.256
Ts + 0.1	2.600	0.246
Ts + 0.1	2.700	0.237
Ts + 0.1	2.800	0.229
Ts + 0.1	2.900	0.221
Ts + 0.1	3.000	0.213
Ts + 0.1	3.100	0.206
Ts + 0.1	3.200	0.200
Ts + 0.1	3.300	0.194
Ts + 0.1	3.400	0.188
Ts + 0.1	3.500	0.183



Gambar 4. 6 Grafik Respon Spektrum

4.4.4 Beban Lalu Lintas

Menurut Panduan Geoteknik Pusat Litbang Prasarana Transportasi beban lalu lintas untuk Jalan kelas 1 sebesar 15 kPa

4.4.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi yang digunakan dalam tugas akhir ini berdasarkan SNI 1725-2016 :

- a. Kondisi Layan
 - 1.) 1DL + 1LL
- b. Kondisi Ultimit
 - 1.) 1,3DL + 1,88LL
- c. Kondisi Gempa
 - 1.) 1,3DL + 1LL + 1EQX + 0,3EQY
 - 2.) 1,3DL + 1LL + 0,3EQX + 1EQY

4.4.6 Rekapitulasi Pembebanan

Kesimpulan dari perhitungan pembebanan yang dimodelkan dalam software SAP2000 didapatkan hasil :

Beban untuk 1 tiang adalah

- H_x (F1) = 121.843 kN
- H_y (F2) = 96.927 kN
- P (F3) = 911.486 kN
- M_x (M1) = 38.7544 kN
- M_y (M2) = 18.3569 kN

Beban untuk tiang kelompok adalah

- H_x (F1) = 279.654 kN
- H_y (F2) = 212.843 kN
- P (F3) = 2708.832 kN
- M_x (M1) = 82.0261 kN
- M_y (M2) = 59.4372 kN

Beban diatas merupakan beban struktur atas yang harus diteruskan kepada struktur bawah / pondasi tiang pancang.

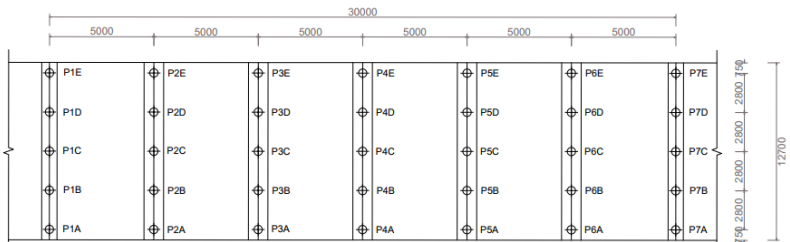
BAB V PEMODELAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Preliminary Desain Pile Slab

5.1.1 Konfigurasi Tiang Pancang

Konfigurasi jarak titik tiang pancang sesuai dengan **SNI 8460-2017 Pasal 9.7.1.2** Jarak antara tiang dari as ke as tidak boleh kurang dari keliling tiang atau untuk tiang berbentuk lingkaran tidak boleh kurang dari 2,5 kali diameter tiang. Perhitungan jarak tiang untuk kelompok tiang :

- Jarak > 2.5 x diameter
- Jarak > 2.5 x 600 mm
- Jarak > 1500 mm
- 2800 > 1500 (**OK**)



Gambar 5. 1 Konfigurasi Tiang Pancang

Dalam perencanaan ini diputuskan menggunakan pemasangan jarak as tiang ke as tiang sebesar 2800 mm dan Jarak tepi pile cap as tiang sebesar 750 mm.

5.1.2 Struktur Pelat

Tebal plat dermaga berdasarkan **SNI T 12 2004 pasal 5.5.2** harus mempunyai ketebalan minimum yang memenuhi ketentuan berikut:

- $D \geq 200$ mm, atau
- $D \geq 100$ mm + 40 (l) mm (l dalam m)
 $D \geq 100$ mm + 40 (5) mm
 $D \geq 300$ mm

Sedangkan menurut **SNI 2847 2013 pasal 9.5.2.2 tabel 9.5 (a)**, tebal minimum plat satu arah bila lendutan tidak dihitung dimana kedua ujung menerus harus memenuhi syarat berikut :

$$D \geq l / 28 \text{ mm}$$

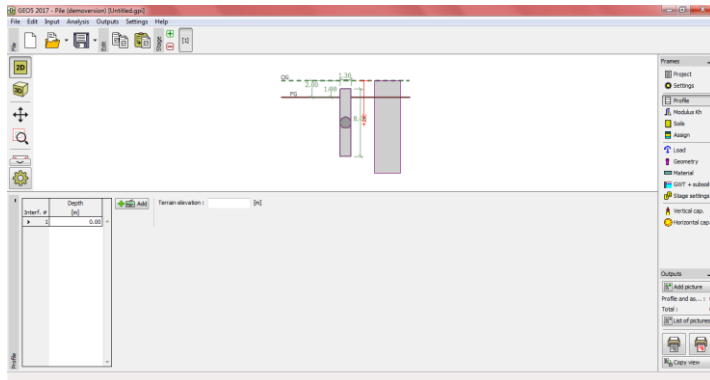
$$D \geq 6000 / 28 \text{ mm}$$

$$D \geq 178.574 \text{ mm}$$

Dengan mempertimbangkan beban beban yang bekerja diatas pelat maka direncanakan tebal pelat pile slab adalah **350 mm**.

5.2 Pemodelan Desain Eksisting *Single Pile* pada Geo5

Pemodelan tiang tunggal (*Single Pile*) menggunakan software Geo5 dengan pilihan *Pile*. Dalam pilihan *Pile*, harus memasukkan input yang diminta seperti *Profile*, *Soil*, *Assign*, *Load*, *Geometri*, *Material*, *GWT* untuk dapat menghasilkan hasil yang diinginkan.

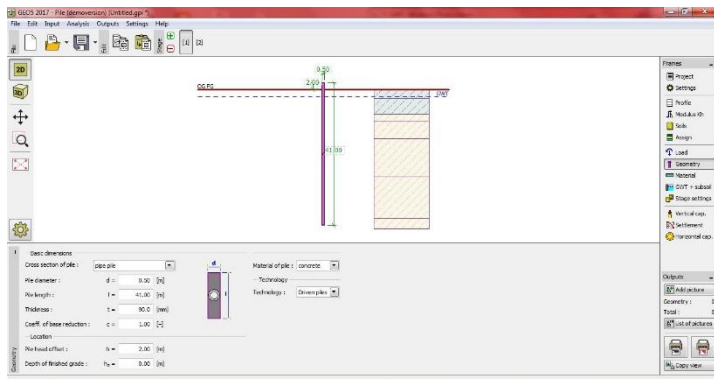


Gambar 5. 2 Tampilan Geo5 Pile

5.2.1 Geometri tiang pancang

Pemodelan ini dilakukan dengan memodelkan tiang tunggal berdasarkan data tanah BH01 pada **Tabel 4.1**. Input Geometri meliputi diameter, kedalaman tiang, teknologi ini mempengaruhi penurunan dan daya dukung tiang. Berikut ini input geometri:

- *Cross section of pile* : pipe pile
- Pile diameter (d) : Ø500 mm
- Pile Length (l) : 42 meter
- Thickness (t) : 90 mm
- *Coeff of base reduc* : 1
- Pile head offset (h) : 2 meter
- *Depth finished* (hz) : 0 mm
- *Material of Pile* : Concrete
- *Technology* : Piles without excavation of soil from a Bore Hole
- *Type of pile* : Driven



Gambar 5. 3 Input Geometry pada Geo5 Pile

5.2.2 Input Parameter Tanah

Pada proyek terdapat penyelidikan tanah diantaranya adalah uji Bor Log berdasarkan sample tanah yang diambil pada titik BH01. Parameter tanah yang belum diketahui ditentukan dengan kolerasi nilai SPT rata-rata dari uji bore log. Oleh karena itu data tanah pada tabel dipilih sebagai parameter tanah dalam pemodelan sub bab ini. Material profil tanah dapat dilihat pada **Tabel 5.1**

Tabel 5. 1 Profil tanah dan parameter tanah BH-01 pada Geo5

Jenis Tanah	Parameter Tanah
Material Tanah	<u>Profile</u> Depth : 2.5 meter N-SPT : 8 <u>Basic Data</u> γ : 16.68 kN/m ³ ϕ : 30 c : 50 kPa

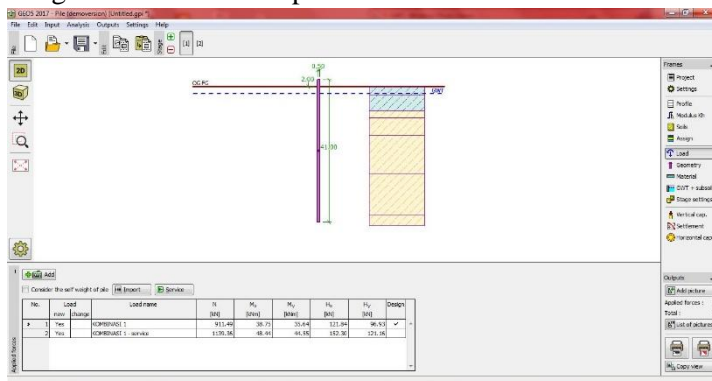
Jenis Tanah	Parameter Tanah
	$v : 0.1$ $E_{oed} : 2$ $\gamma_{sat} : 16.68 \text{ kN/m}^3$
Lempung Lanau I	<u>Profile</u> Depth : 4.5 meter N-SPT : 6 <u>Basic Data</u> $\gamma : 16.085 \text{ kN/m}^3$ $\phi : 28$ $c : 30$ $v : 0.3$ $E_{oed} : 5$ $\gamma_{sat} : 16.085 \text{ kN/m}^3$
Lanau Berpasir	<u>Profile</u> Depth : 2 meter N-SPT : 6 <u>Basic Data</u> $\gamma : 16.34 \text{ kN/m}^3$ $\phi : 28$ $c : 40$ $v : 0.35$ $E_{oed} : 10$ $\gamma_{sat} : 16.34 \text{ kN/m}^3$
Lempung Lanau II	<u>Profile</u> Depth : 5 meter N-SPT : 3.3 <u>Basic Data</u> $\gamma : 17.63 \text{ kN/m}^3$ $\phi : 28$

Jenis Tanah	Parameter Tanah
	c : 50 v : 0.3 Eoed : 5 γ_{sat} : 17.63 kN/m ³
Lempung Lanau III	<u>Profile</u> Depth : 11 meter N-SPT : 4.4 <u>Basic Data</u> γ : 16.085 kN/m ³ \emptyset : 28 c : 30 v : 0.3 Eoed : 5 γ_{sat} : 16.085 kN/m ³
Lempung Lanau IV	<u>Profile</u> Depth : 12 meter N-SPT : 6.67 <u>Basic Data</u> γ : 16.468 kN/m ³ \emptyset : 28 c : 40 v : 0.3 Eoed : 5 γ_{sat} : 16.648 kN/m ³
Lempung Lanau V	<u>Profile</u> Depth : 4 meter N-SPT : 36 <u>Basic Data</u> γ : 17.0526 kN/m ³

Jenis Tanah	Parameter Tanah
	\emptyset : 40 c : 200 v : 0.3 Eoed : 5 γ_{sat} : 17.0526 kN/m ³
Lempung Lanau VI	<u>Profile</u> Depth : 5.5 meter N-SPT : 19 <u>Basic Data</u> γ : 18.667 kN/m ³ \emptyset : 30 c : 100 v : 0.3 Eoed : 5 γ_{sat} : 18.667 kN/m ³

5.2.3 Input Pembebanan

Berdasarkan hasil perhitungan pembebanan pada 4.4.6 maka selanjutnya memasukkan dalam software Geo5 dengan fasilitas Load seperti **Gambar 5.4**



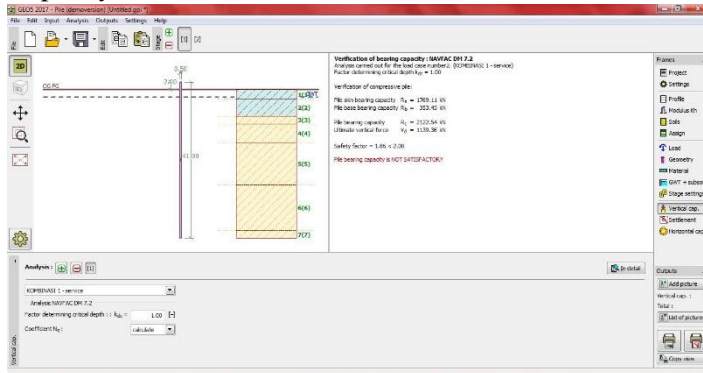
Gambar 5. 4 Input Pembebanan pada Geo5

Pembebanan pada single pile, seperti dibawah ini :

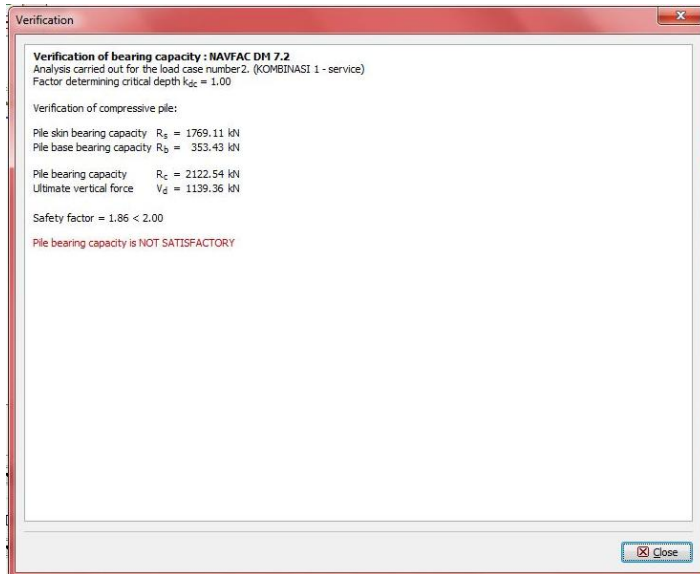
- H_x (F1) = 121.843 kN
- H_y (F2) = 96.927 kN
- P (F3) = 911.486 kN
- M_x (M1) = 38.7544 kN
- M_y (M2) = 18.3569 kN

5.2.4 Analisa Hasil

Setelah semua data input dimasukkan maka didapat hasil Vertical Capacity, Settlement, Horizontal Bearing Capacity.



Gambar 5. 5 Ouput Vertical Capacity pada Geo5 Single Pile

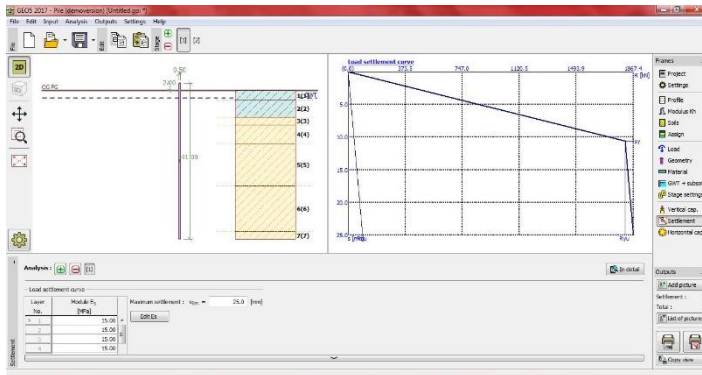


Gambar 5. 6 Detail Ouput Vertical Capacity pada Geo5 Single Pile

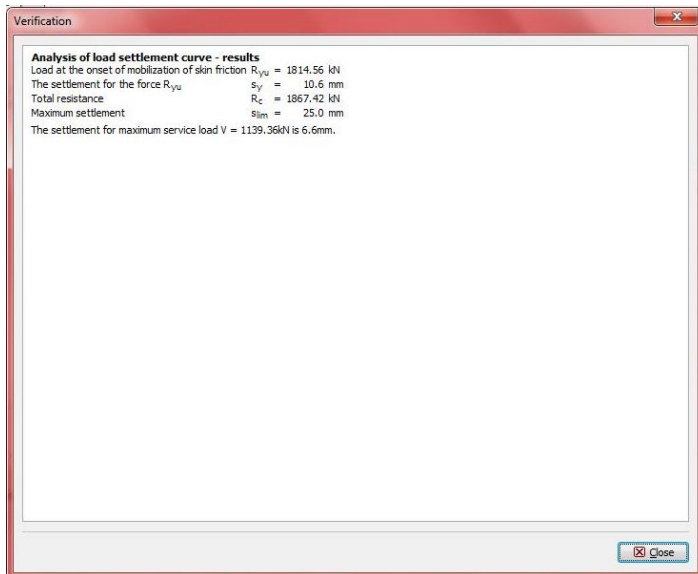
Hasil Vertical Capacity, Q_p sebesar 353,43 kN dan Q_s sebesar 1769,11 kN

$$\begin{aligned}
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 353,43 \text{ kN} + 1769,11 \text{ kN} \\
 &= 2122,54 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SF &= Q_u / V_d \\
 &= 2122,54 \text{ kN} / 1139,36 \text{ kN} \\
 &= 1,86 < 2,00 \text{ (TIDAK OK)}
 \end{aligned}$$

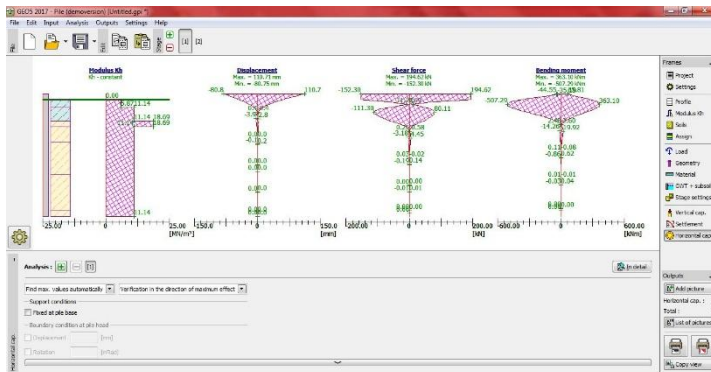


Gambar 5. 7 Output Settlement pada Geo5 Single Pile

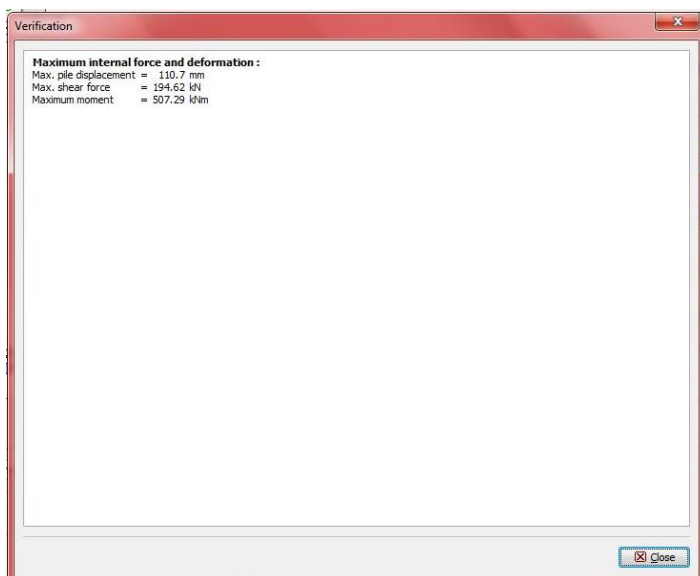


Gambar 5. 8 Detail Output Settlement pada Geo5 Single Pile

Dari **Gambar 5.8**, Hasil Settlement sebesar 10,6 mm



Gambar 5. 9 Ouput Horizontal Capacity pada Geo5 Single Pile



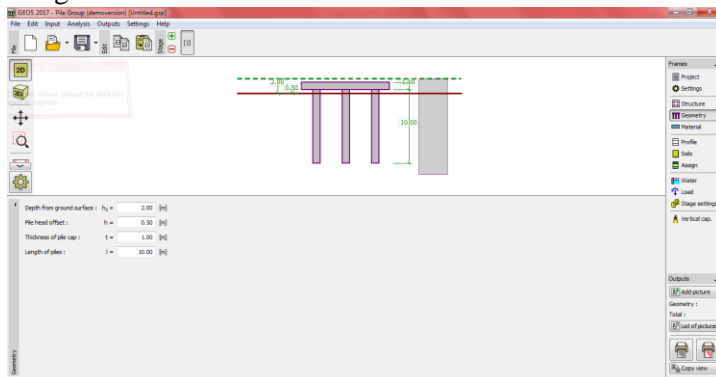
Gambar 5. 10 Detail Ouput Horizontal Capacity pada Geo5 Single Pile

Hasil Horizontal Bearing Capacity terdiri dari Maximum pile displacement, Maximum shear force, dan Maximum moment.

- Max Displacement = 110,7 mm
- Max Shear Force = 194,62 kN
- Max Moment = 507,29 kN

5.3 Pemodelan Desain Eksisting *Pile Group* pada Geo5

Pemodelan tiang kelompok (*Pile Group*) menggunakan software Geo5 dengan pilihan *Pile Group*. Dalam pilihan *Pile Group*, harus memasukkan input yang diminta seperti *Profile*, *Soil*, *Assign*, *Load*, *Structure*, *Geometri*, *Material*, *GWT* untuk mendapat hasil yang diinginkan.

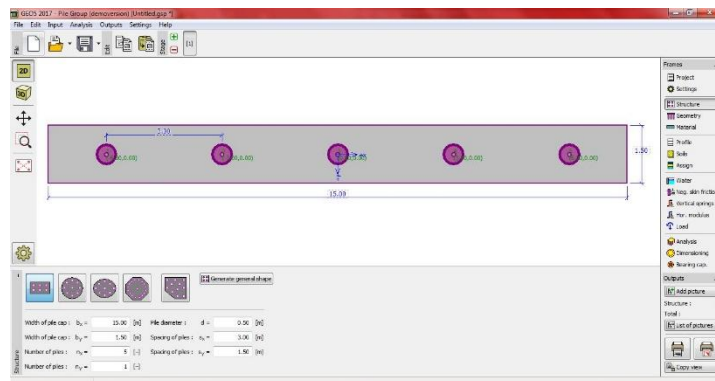


Gambar 5.11 Tampilan Geo5 *Pile Group*

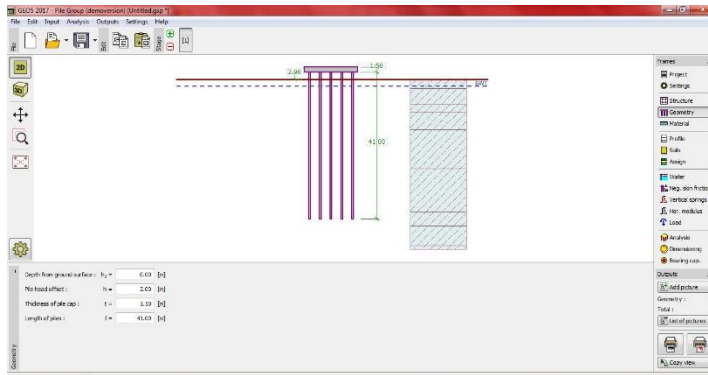
5.3.1 Geometri tiang pancang

Pemodelan ini dilakukan dengan memodelkan tiang tunggal berdasarkan data tanah BH01. Input Geometri meliputi diameter, kedalaman tiang, teknologi ini mempengaruhi penurunan dan daya dukung tiang. Berikut ini input geometri :

- Width of pile cap (b_x) : 15 m
- Width of pile cap (b_y) : 1.5 m
- Number of piles (n_x) : 5
- Number of piles (n_y) : 1
- Pile Diameter d : 0.5 m
- Spacing of piles (s_x) : 3.2 m
- Spacing of piles (s_y) : 1.5
- Depth from ground surface : 0
- Pile head offset (h) : 0
- Thickness of pile cap (t) : 1.5
- Length of piles (l) : 41 m



Gambar 5.12 Input Structure pada Geo5 Pile Group



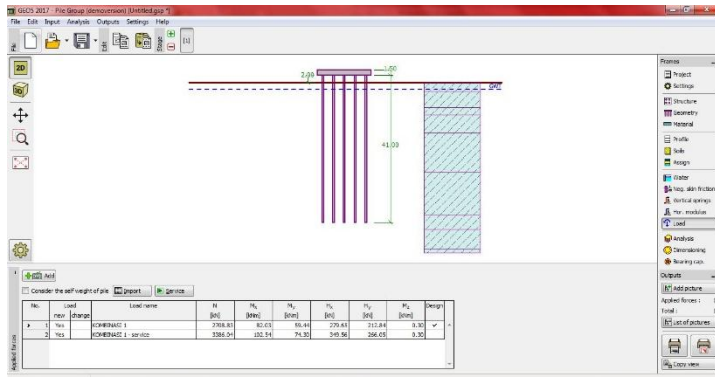
Gambar 5.13 Input Geometry pada Geo5 Pile Group

5.3.2 Input Parameter Tanah

Material profil tanah yang diinput dalam Pile Group dapat dilihat 5.2.2 dan Tabel 5.1

5.3.3 Input Pembebanan

Berdasarkan hasil perhitungan pembebanan pada 4.4. maka selanjutnya memasukkan dalam software Geo5 dengan fasilitas Loads seperti Gambar 5.14



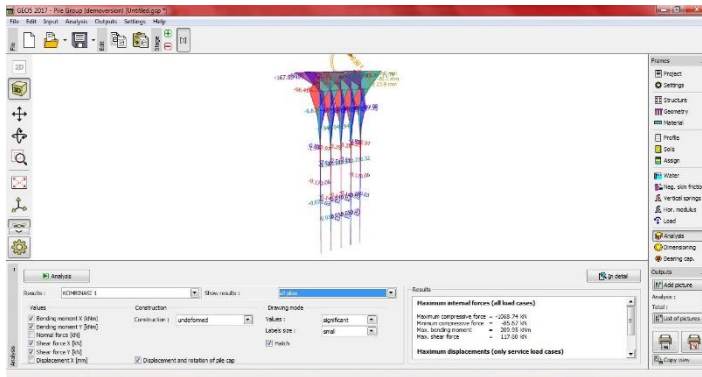
Gambar 5.14 Input Pembebanan (Load) pada Geo5 Pile Group

Pembebanan pada *pile group*, seperti dibawah ini :

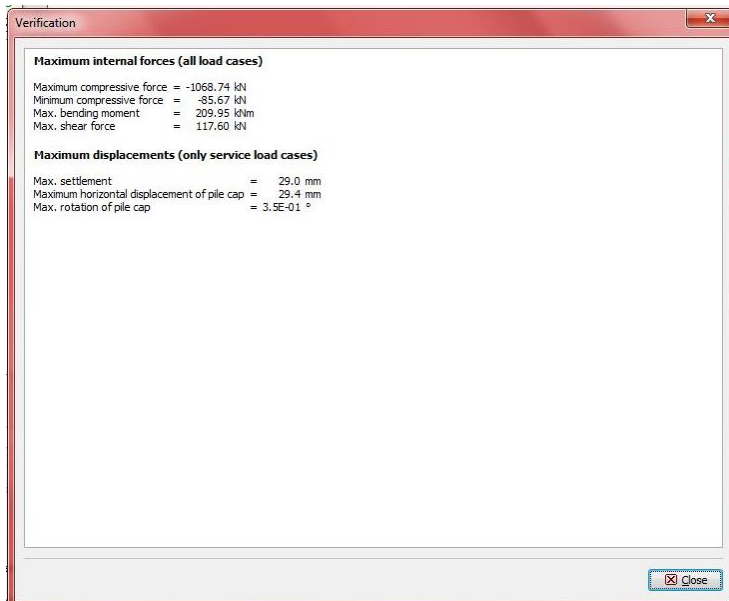
- Hx (F1) = 279.654 kN
- Hy (F2) = 212.843 kN
- P (F3) = 2708.832 kN
- Mx (M1) = 82.0261 kN
- My (M2) = 59.4372 kN

5.3.4 Analisa Hasil

Setelah semua data input dimasukkan maka didapatkan hasil Vertical Capacity, Settlement, Horizontal Bearing Capacity.



Gambar 5. 15 Ouput Analysis pada Geo5 Pile Group



Gambar 5. 16 Detail Ouput Analysis pada Geo5 Pile Group

Dari Gambar 5.16 menjelaskan maximum compressive force sebesar 1068,74 kN, maximum bending

moment 209,95 kN, maximum shear force sebesar 117,60 kN. Sedangkan maximum settlement sebesar 29 mm dan maximum displacement sebesar 29,4 mm.

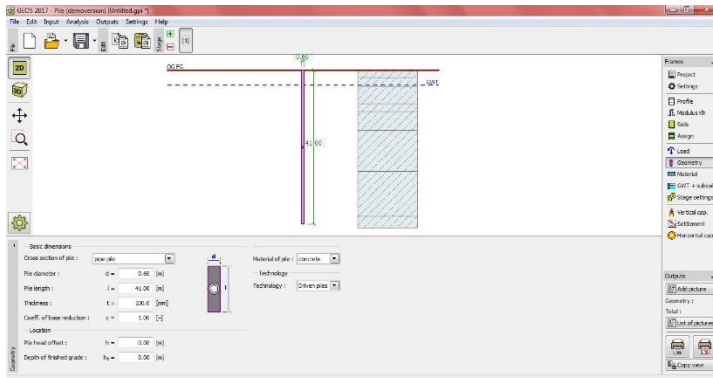
5.4 Pemodelan Desain Alternatif *Single Pile* pada Geo5

Pemodelan tiang tunggal (*Single Pile*) sama seperti sub bab 5.2 menggunakan software Geo5 dengan pilihan Pile. Dalam pilihan Pile, harus memasukkan input yang diminta seperti *Profile, Soil, Assign, Load, Geometri, Material, GWT* untuk dapat menghasilkan hasil yang diinginkan. Dalam pemodelan desain alternatif, desain perbaikan berupa membesarkan diameter tiang pancang menjadi Ø600 mm dan menimbun tanah pasir padat setinggi 2 meter sehingga tidak ada *free standing pile*.

5.4.1 Geometri tiang pancang

Pemodelan ini dilakukan dengan memodelkan tiang tunggal berdasarkan data tanah BH01. Input Geometri meliputi diameter, kedalaman tiang, teknologi ini mempengaruhi penurunan dan daya dukung tiang. Berikut ini input geometri:

- Cross section of pile : pipe pile
- Pile diameter (d) : Ø600 mm
- Pile Length (l) : 42 meter
- Thickness (t) : 90 mm
- Coeff of base reduc : 1
- Pile head offset (h) : 0 meter
- Depth finished (hz) : 0 meter
- Material of Pile : Concrete
- Technology : Piles without excavation
of soil from a Bore Hole
- Type of pile : Driven



Gambar 5. 17 Input Geometry

5.4.2 Input Parameter Tanah

Pada proyek terdapat penyelidikan tanah diantaranya adalah uji Bor Log berdasarkan sample tanah yang diambil pada titik BH01. Parameter tanah yang belum diketahui ditentukan dengan kolerasi nilai SPT rata-rata dari uji bore log. Oleh karena itu data tanah pada tabel dipilih sebagai parameter tanah dalam pemodelan sub bab ini. Material profil tanah dapat dilihat pada **Tabel 5.1**

Jenis Tanah	Parameter Tanah
Timbunan Pasir Padat	<u>Profile</u> Depth : 2.5 meter N-SPT : 8 <u>Basic Data</u> γ : 16.68 kN/m ³ ϕ : 30 c : 50 kPa v : 0.1 Eoed : 2

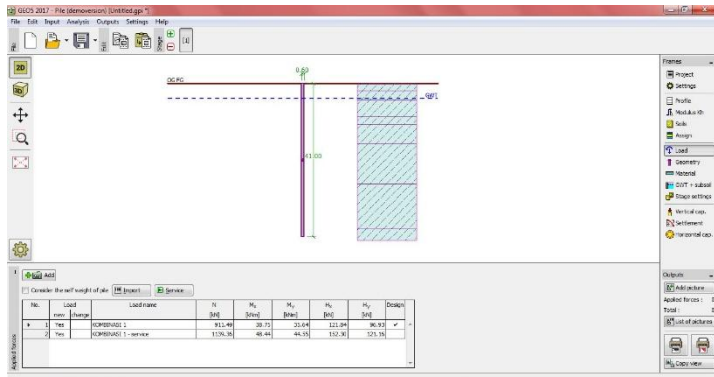
Jenis Tanah	Parameter Tanah
	γ_{sat} : 16.68 kN/m ³
Material Tanah	<u>Profile</u> Depth : 2.5 meter N-SPT : 8 <u>Basic Data</u> γ : 16.68 kN/m ³ \emptyset : 30 c : 50 kPa v : 0.1 Eoed : 2 γ_{sat} : 16.68 kN/m ³
Lempung Lanau I	<u>Profile</u> Depth : 4.5 meter N-SPT : 6 <u>Basic Data</u> γ : 16.085 kN/m ³ \emptyset : 28 c : 30 v : 0.3 Eoed : 5 γ_{sat} : 16.085 kN/m ³
Lanau Berpasir	<u>Profile</u> Depth : 2 meter N-SPT : 6 <u>Basic Data</u> γ : 16.34 kN/m ³ \emptyset : 28 c : 40 v : 0.35

Jenis Tanah	Parameter Tanah
	Eoed : 10 γ_{sat} : 16.34 kN/m ³
Lempung Lanau II	<u>Profile</u> Depth : 5 meter N-SPT : 3.3 <u>Basic Data</u> γ : 17.63 kN/m ³ ϕ : 28 c : 50 v : 0.3 Eoed : 5 γ_{sat} : 17.63 kN/m ³
Lempung Lanau III	<u>Profile</u> Depth : 11 meter N-SPT : 4.4 <u>Basic Data</u> γ : 16.085 kN/m ³ ϕ : 28 c : 30 v : 0.3 Eoed : 5 γ_{sat} : 16.085 kN/m ³
Lempung Lanau IV	<u>Profile</u> Depth : 12 meter N-SPT : 6.67 <u>Basic Data</u> γ : 16.468 kN/m ³ ϕ : 28 c : 40

Jenis Tanah	Parameter Tanah
	$v : 0.3$ $E_{oed} : 5$ $\gamma_{sat} : 16.648 \text{ kN/m}^3$
Lempung Lanau V	<u>Profile</u> Depth : 4 meter N-SPT : 36 <u>Basic Data</u> $\gamma : 17.0526 \text{ kN/m}^3$ $\phi : 40$ $c : 200$ $v : 0.3$ $E_{oed} : 5$ $\gamma_{sat} : 17.0526 \text{ kN/m}^3$
Lempung Lanau VI	<u>Profile</u> Depth : 5.5 meter N-SPT : 19 <u>Basic Data</u> $\gamma : 18.667 \text{ kN/m}^3$ $\phi : 30$ $c : 100$ $v : 0.3$ $E_{oed} : 5$ $\gamma_{sat} : 18.667 \text{ kN/m}^3$

5.4.3 Input Pembebanan

Berdasarkan hasil perhitungan pembebanan pada 4.4. maka selanjutnya memasukkan dalam software Geo5 dengan fasilitas Loads seperti Gambar ..



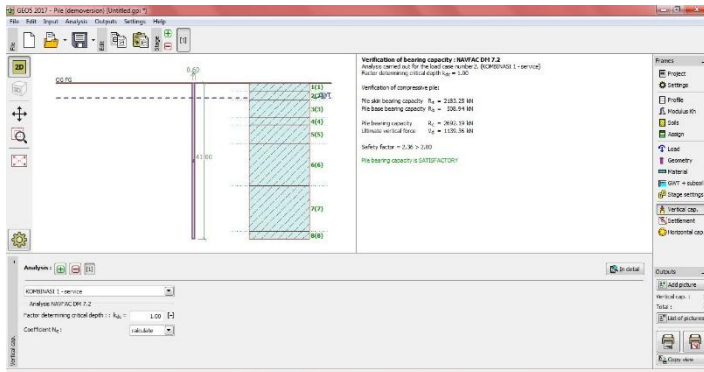
Gambar 5. 18 Input Load

Pembebanan pada pile , seperti dibawah ini :

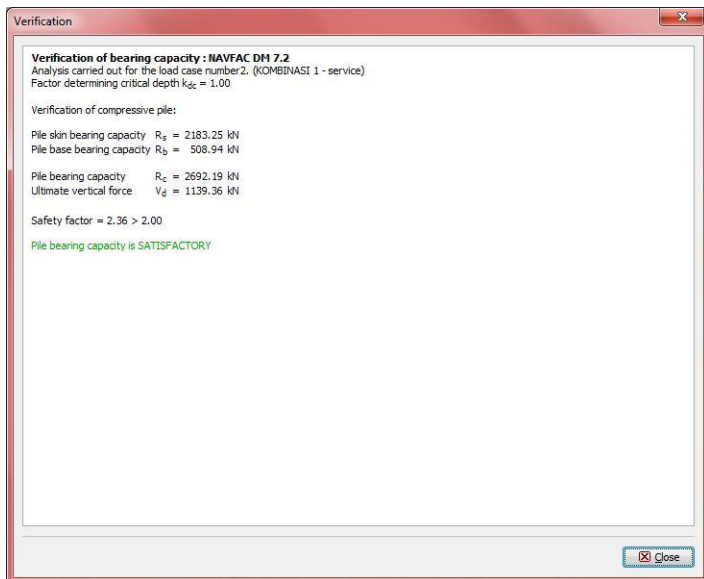
- H_x (F1) = 121.843 kN
- H_y (F2) = 96.927 kN
- P (F3) = 911.486 kN
- M_x (M1) = 38.7544 kN
- M_y (M2) = 18.3569 kN

5.4.4 Analisa Hasil

Setelah semua data input dimasukkan maka didapat hasil Vertical Capacity, Settlement, Horizontal Bearing Capacity.



Gambar 5. 19 Ouput Vertical Capacity pada Geo5 Single Pile

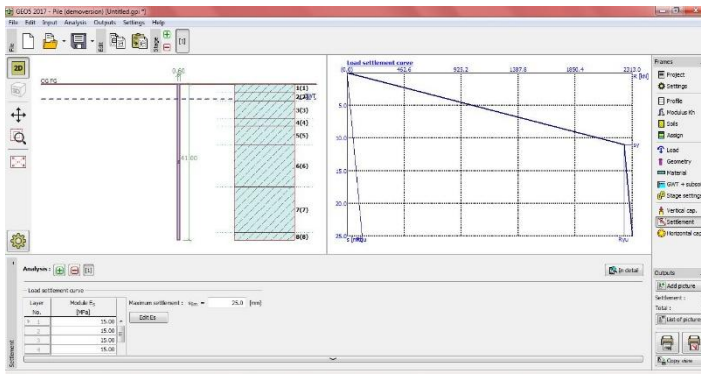


Gambar 5. 20 Detail Ouput Vertical Capacity pada Geo5 Single Pile

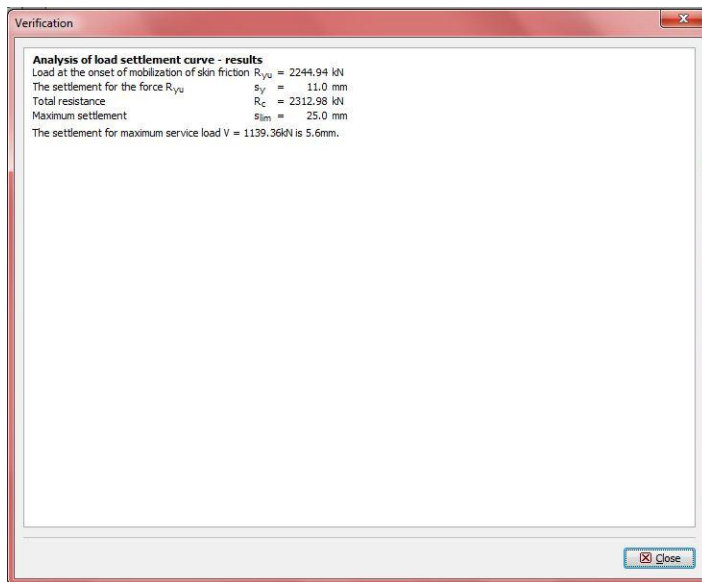
Hasil Vertical Capacity, Q_p sebesar 508,94 kN dan Q_s sebesar 2183,25 kN

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 508,94 \text{ kN} + 2183,25 \text{ kN} \\ &= 2692,19 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SF &= Q_u / V_d \\ &= 2692,19 \text{ kN} / 1139,36 \text{ kN} \\ &= 2,36 > 2,00 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

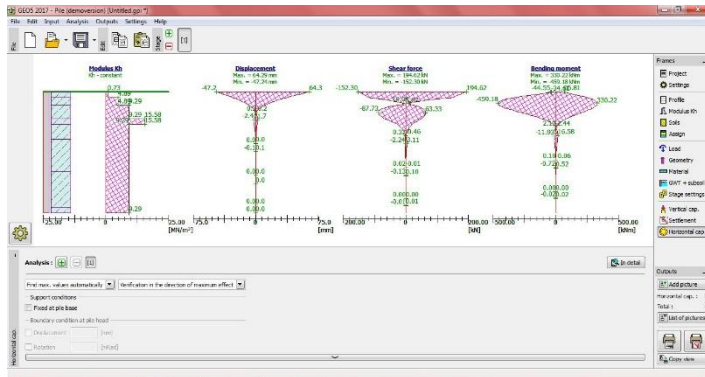


Gambar 5. 21 Output Settlement pada Geo5 Single Pile

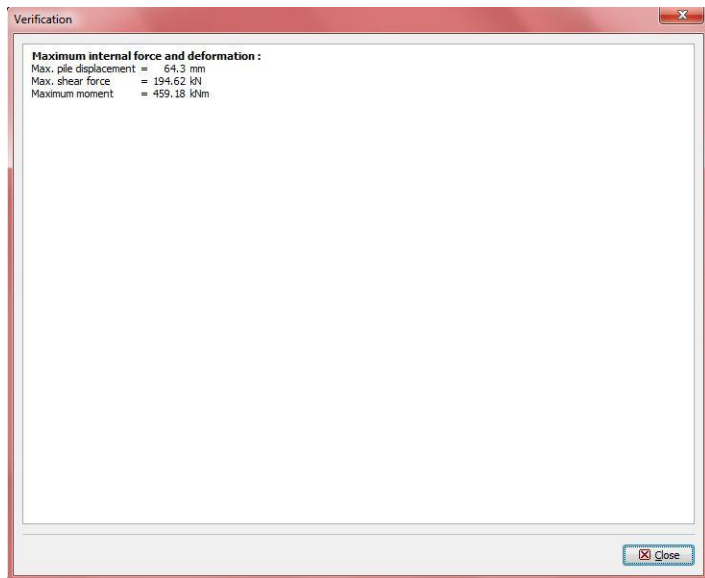


Gambar 5. 22 Detail Output Settlement pada Geo5 Single Pile

Hasil Settlement sebesar 11 mm



Gambar 5. 23 Ouput Horizontal Capacity pada Geo5 Single Pile



Gambar 5. 24 Detail Ouput Horizontal Capacity pada Geo5 Single Pile

Hasil Horizontal Bearing Capacity terdiri dari Maximum pile displacement, Maximum shear force, dan Maximum moment.

- Max Displacement = 64,3 mm
- Max Shear Force = 194,62 kN
- Max Moment = 459,18 kN

5.5 Pemodelan Desain Alternatif *Pile Group* pada Geo5

Pemodelan tiang kelompok (*Pile Group*) menggunakan software Geo5 dengan pilihan *Pile Group*. Dalam pilihan *Pile Group*, harus memasukkan input yang diminta seperti *Profile, Soil, Assign, Load, Geometri, Material, GWT* untuk mendapat hasil yang diinginkan. Dalam pemodelan desain alternatif, desain perbaikan berupa membesarkan diameter tiang pancang menjadi $\text{Ø}600$ mm dan menimbun tanah pasir padat setinggi 2 meter sehingga tidak ada *free standing pile*.

5.5.1 Geometri tiang pancang

Pemodelan ini dilakukan dengan memodelkan tiang tunggal berdasarkan data tanah BH01. Input Geometri meliputi diameter, kedalaman tiang, teknologi ini mempengaruhi penurunan dan daya dukung tiang. Berikut ini input geometri:

- Cross section of pile : pipe pile
- Pile diameter (d) : $\text{Ø}600$ mm
- Pile Length (l) : 42 meter
- Thickness (t) : 100 mm
- Coeff of base reduc : 1
- Pile head offset (h) : 2 meter
- Depth finished (hz) : 2 meter

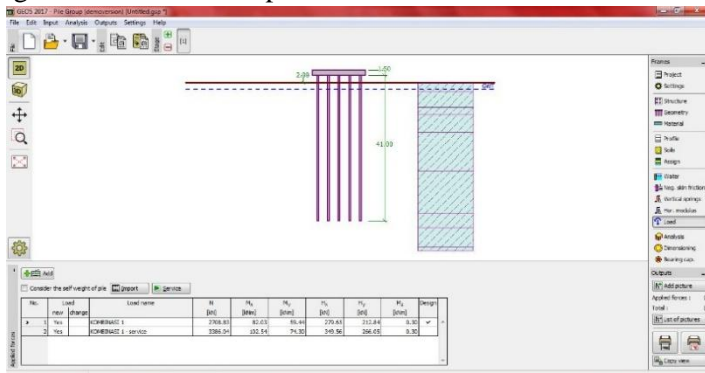
- Material of Pile : Concrete
- Technology : Piles without excavation of soil from a Bore Hole
- Type of pile : Driven

5.5.2 Input Parameter Tanah

Material profil tanah yang diinput dalam Pile Group dapat dilihat 5.4.2 sesuai dengan input parameter tanah pada desain alternatif single pile.

5.5.3 Input Pembebanan

Berdasarkan hasil perhitungan pembebanan pada 4.4.5 maka selanjutnya memasukkan dalam software Geo5 dengan fasilitas Loads seperti Gambar



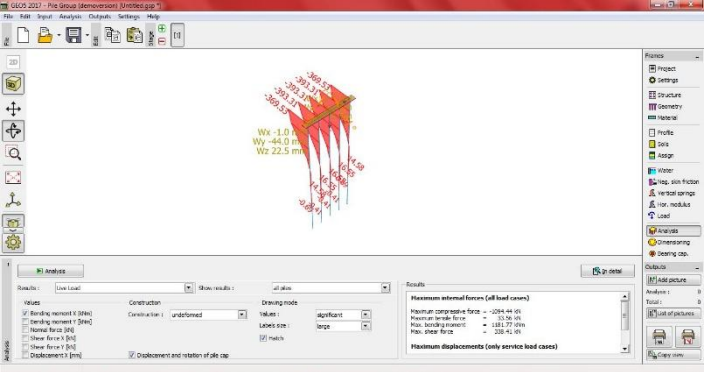
Gambar 5. 25 Input Load pada Geo5 Pile Group

Pembebanan pada pile group, seperti dibawah ini :

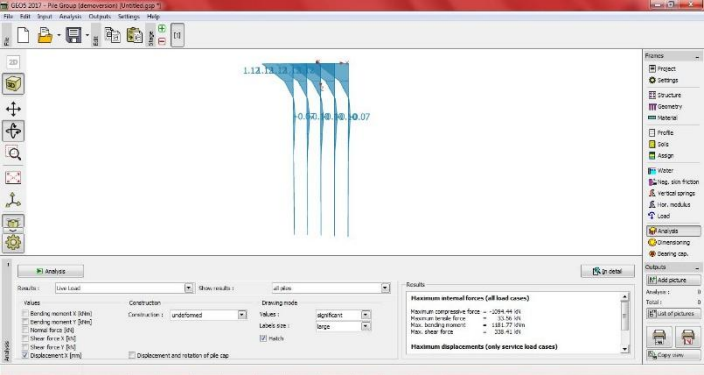
- H_x (F1) = 279.654 kN
- H_y (F2) = 212.843 kN
- P (F3) = 2708.832 kN
- M_x (M1) = 82.0261 kN
- M_y (M2) = 59.4372 kN

5.5.4 Analisa Hasil

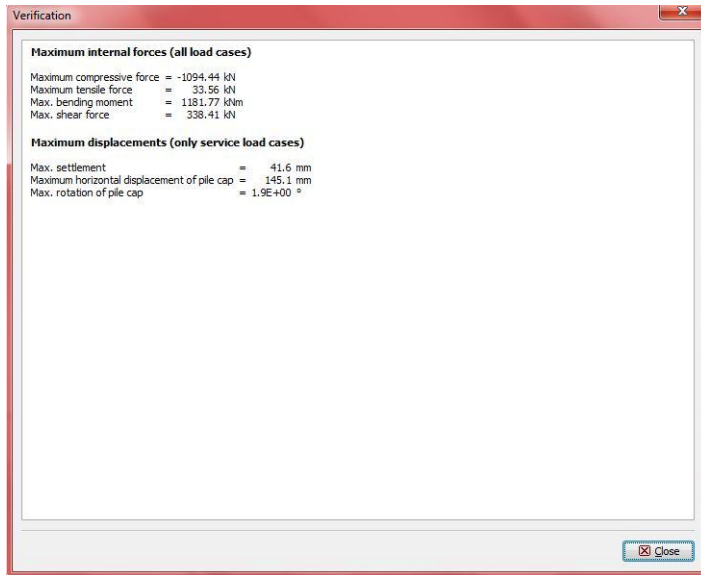
Setelah semua data input dimasukkan maka didapatkan hasil Vertical Capacity, Settlement, Horizontal Bearing Capacity.



Gambar 5. 26 Output Bending Moment Geo5 Pile Group



Gambar 5. 27 Output Displacement Geo5 Pile Group



Gambar 5. 28 Detail Ouput Geo5 Pile Group

Dari **Gambar 5.28** menjelaskan maximum compressive force sebesar 1094,44 kN, maximum bending moment 1181,77 kN, maximum shear force sebesar 338,41 kN. Sedangkan maximum settlement sebesar 41,6 mm dan maximum displacement sebesar 29,4 mm.

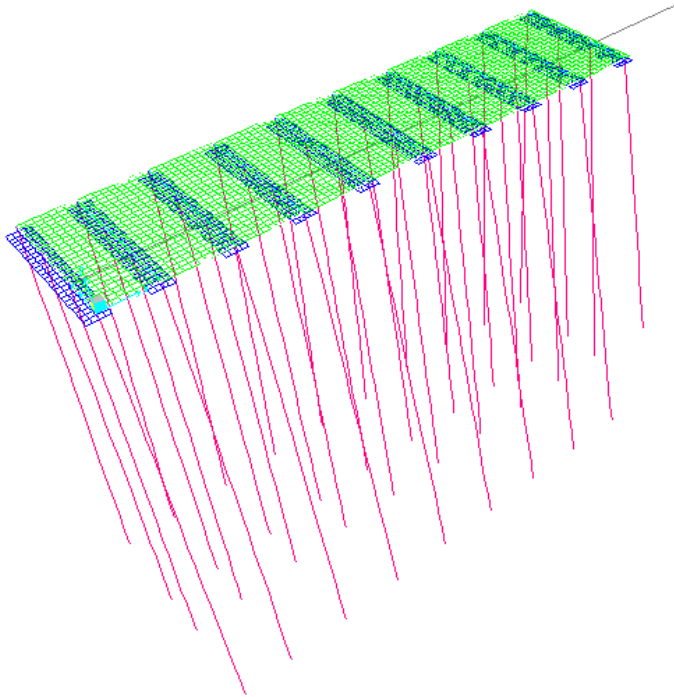
5.6 Perencanaan Struktur Pile Slab pada SAP 2000

Perencanaan struktur pile slab yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi analisa pelat lantai dan pilecap. Struktur tersebut dianalisa dengan menggunakan software SAP2000 untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja. Selain itu, hasil dari software SAP2000 juga digunakan untuk membandingkan kebutuhan tulangan elemen struktur.

5.6.1 Pemodelan Struktur Pile Slab

Struktur pile slab terdiri dari pelat lantai (slab), pile cap, dan pile. Dalam tugas akhir ini melakukan analisis pelat lantai (slab) dan pile cap dengan SAP 2000.

Bentuk pemodelan struktur pile slab seperti tampak pada **Gambar 5.29** berikut.



Gambar 5. 29 Pemodelan Struktur pada SAP 2000

5.6.2 Analisa Pembebanan

Beban yang bekerja dalam analisa struktur pelat lantai/slab antara lain beban sendiri pelat, beban hidup merata (UDL), beban lalu lintas dan beban KEL.

5.6.3 Perencanaan Penulangan Pelat Lantai

Perhitungan tulangan struktur pelat dengan mengambil momen terbesar dari kombinasi beban yang didapat dari hasil analisa menggunakan program SAP2000. Adapun rekapitulasi momen pada pelat lantai dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Momen	ton.m	Nominal (Nmm)
Mlx	5.796154	57961540
Mly	5.796154	57961540
Mtx	6.930133	69301330
Mty	7.917833	79178330

5.6.3.1 Perencanaan Tulangan

Berikut dibawah ini perhitungan detail penulangan pelat *cast in situ*.

Data perencanaan :

Panjang 5000 m

Lebar plat ditinjau b = 1000 mm

Tebal plat h = 350 mm

Tebal selimut beton p = 40 mm

Diameter tulangan lentur = 22 mm

Tebal efektif :

$$dx = h - p - \frac{D}{2} = 252 \text{ mm}$$

$$dy = h - p - \frac{D}{2} - D = 236 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 29,05} = 16,199$$

Mutu beton :

$$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85 - (0,007(29,05 \text{ MPa} - 28 \text{ MPa})) \\ = 0,8425$$

Mutu baja :

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

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

5.6.3.2 Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah X

$$M_u = 69301330 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{69301330 \text{ Nmm}}{0,8}$$

$$= 86626662,5 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{86626662,5}{1000 \cdot 252^2} = 1,364$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ = 0,85 \cdot 0,8425 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ = 0,0312$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0312 = 0,0238$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{16,19} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 1,346}{400}} \right) \\ = 0,00351$$

$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min}$

Maka digunakan $\rho = 0,00351$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \\ = 0,00351 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 252 \text{ mm} \\ = 884,53 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan diameter D22 – 125

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b/s \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22^2 \cdot \frac{1000}{200} = 1005,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat, $A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 1005,3 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} = 402123,85 \text{ N} \end{aligned}$$

$$a = \frac{T}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{402123,85 \text{ N}}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000} = 16,28 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \emptyset \cdot M_n &= \phi \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 402123,85 \text{ N} \left(252 \text{ mm} - \frac{16,28 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 78448692,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat, $\emptyset M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$

5.6.3.3 Perhitungan Tulangan Lapangan Arah X

$$M_u = 57961540 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{57961540 \text{ Nmm}}{0,8} = 72451925 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{72451925}{1000 \cdot 252^2} = 1,14$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,8425 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0312 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0312 = 0,0234$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,19} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 1,14}{400}} \right) = \\ &0,0029 \end{aligned}$$

$\rho_{maks} > \rho < \rho_{min}$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 252 \text{ mm} \\ &= 882 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan diameter D22 – 125

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b/s \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{200} = 1005,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat, **$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$**

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned} T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 1005,3 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} = 402123,85 \text{ N} \\ a &= \frac{T}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{402123,85 \text{ N}}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000} = \\ &16,28 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot M_n &= \phi \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 402123,85 \text{ N} \left(252 \text{ mm} - \frac{16,28 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 78448692,96 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Syarat, **$\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$**

5.6.3.4 Perhitungan Tulangan Tumpuan Arah Y

$$\begin{aligned} M_u &= 79178330 \text{ Nmm} \\ M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{79178330 \text{ Nmm}}{0,8} \\ &= 98972912,5 \text{ Nmm} \\ R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{98972912,5}{1000 \cdot 236^2} = 1,77 \\ \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\ \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= 0,85 \cdot 0,8425 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0,0312 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{maks}} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0317 = 0,0234 \\ \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,19} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 1,77}{400}} \right) \\ &= 0,0046\end{aligned}$$

$\rho_{\text{maks}} > \rho > \rho_{\text{min}}$

Maka digunakan $\rho = 0,0046$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= 0,0046 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 236 \text{ mm} = 1089,15 \text{ mm}^2$$

Direncanakan tulangan diameter D16 – 125

$$\begin{aligned}A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b/s \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{150} = 1340,41 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Syarat, **$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$**

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}T &= A_{st} \cdot f_y \\ &= 1340,41 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \\ &= 536165,14 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{T}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{536165,14 \text{ N}}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000} \\ &= 21,71 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\emptyset \cdot M_n &= \phi \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,8 \cdot 536165,14 \text{ N} \left(236 \text{ mm} - \frac{21,71 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 96571131,35 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Syarat, **$\emptyset M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$**

5.6.3.5 Perhitungan Tulangan Lapangan Arah Y

$$M_u = 57961540 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{57961540 \text{ Nmm}}{0,8} = 72451925 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{72451925}{1000 \cdot 236^2} = 1,3$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8425 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) \\
 &= 0,0312 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0317 = 0,0234 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,19} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 1,346}{400}} \right) \\
 &= 0,0033
 \end{aligned}$$

$\rho_{\max} > \rho > \rho_{\min}$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot 236 \text{ mm} \\
 &= 826 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan diameter D16 – 125

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b/s \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1000}{200} = 1005,3 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat, **$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$**

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 1005,3 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} = 402123,85 \text{ N} \\
 a &= \frac{T}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{402123,85 \text{ N}}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 1000} \\
 &= 16,28 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset M_n &= \varphi \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,8 \cdot 402123,85 \text{ N} \left(236 \text{ mm} - \frac{16,28 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 73301507,56 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Syarat, **$\emptyset M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$**

5.6.4 Perencanaan Pile Cap

Perhitungan tulangan struktur pilecap dengan mengambil momen terbesar dari kombinasi beban yang didapat dari hasil analisa menggunakan program SAP2000.

5.6.4.1 Perhitungan Tulangan Pile Cap

Data perencanaan :

Panjang pile cap	$b_x = 12700$ mm
Lebar pile cap	$b_y = 1300$ mm
Tinggi pile cap	$h = 1000$ mm
Tebal selimut beton	$p = 100$ mm
Diameter tulangan lentur	$= 25$ mm

Tebal efektif :

$$d_x = h - p - \frac{D}{2} = 1387,5 \text{ mm}$$

$$d_y = h - p - \frac{D}{2} - D = 1362,5 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,8$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,85 \cdot 29,05} = 16,199$$

Mutu beton :

$$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$$

$$\beta = 0,85 - (0,007(29,05 \text{ MPa} - 28 \text{ MPa})) = 0,8425$$

Mutu baja :

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

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

Dari analisa struktur yang telah dilaksanakan dengan menggunakan program SAP 2000, di dapatkan momen seperti yang disajikan dalam tabel :

Momen	ton.m	Nominal (Nmm)
M11	0.791576	7915762
M22	0.275471	2754714.7

5.6.4.2 Perhitungan Tulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 M_u &= 7915762 \text{ Nmm} \\
 M_n &= \frac{M_u}{\phi} = \frac{7915762 \text{ Nmm}}{0,8} = 9894702,5 \text{ Nmm} \\
 R_n &= \frac{M_n}{b \cdot d^2} = \frac{9894702,5}{1300 \cdot 1387,5^2} = 0,00395 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8425 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = \\
 &0,0312 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0317 = 0,0234 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,19} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,00395}{400}} \right) \\
 &= 9,8 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$\rho_{\max} > \rho < \rho_{\min}$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1300 \text{ mm} \cdot 1387,5 \text{ mm} = \\
 &6313,125 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan diameter D16 – 125

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b/s \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{1300}{100} = 6381,36 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat, **$A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$**

Cek kemampuan nominal :

$$\begin{aligned}
 T &= A_{st} \cdot f_y \\
 &= 6381,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} \\
 &= 2552544,03 \text{ N} \\
 a &= \frac{T}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2552544,03 \text{ N}}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 1300} \\
 &= 79,51 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \emptyset.Mn &= \varphi \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,8 \cdot 2552544,03 \text{ N} \left(1387,5 \text{ mm} - \frac{79,51 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 2752134712 \text{ Nmm} \\
 \text{Syarat, } \emptyset Mn &> Mu \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

5.6.4.3 Perhitungan Tulangan Arah Y

$$\begin{aligned}
 Mu &= 2754714,7 \text{ Nmm} \\
 Mn &= \frac{Mu}{\varphi} = \frac{2754714,7 \text{ Nmm}}{0,8} = 3443393,37 \text{ Nmm} \\
 Rn &= \frac{Mn}{b \cdot d^2} = \frac{3443393,37}{1300 \cdot 1362,5^2} = 0,0014 \\
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \\
 \rho_b &= 0,85 \cdot \beta \cdot \frac{f_c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 0,8425 \cdot \frac{29,05}{400} \cdot \left(\frac{600}{600 + 400} \right) = 0,0312 \\
 \rho_{\max} &= 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,0317 = 0,0234 \\
 \rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{16,19} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,199 \cdot 0,0014}{400}} \right) \\
 &= 3,5 \times 10^{-6}
 \end{aligned}$$

$\rho_{\max} > \rho < \rho_{\min}$

Maka digunakan $\rho = 0,0035$

$$\begin{aligned}
 A_s &= \rho \cdot b \cdot d \\
 &= 0,0035 \cdot 1300 \text{ mm} \cdot 1362,5 \text{ mm} = 6199,37 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan tulangan diameter D19 – 100

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot b/s \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25^2 \cdot \frac{1300}{100} = 6381,36 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Syarat, $A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$

Cek kemampuan nominal :

$$T = A_{st} \cdot f_y = 6381,36 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ MPa} = 2552544,03 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0,85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{2552544,03 \text{ N}}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 1300} = 79,51 \text{ mm}$$

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) = 0,8 \cdot 2552544,03 \text{ N} \left(1362,5 \text{ mm} - \frac{79,51 \text{ mm}}{2} \right) = 2752134712 \text{ Nmm}$$

Syarat, $\phi M_n > M_u \rightarrow \text{OK}$

5.6.5 Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas untuk Tiang

Data perencanaan :

Lebar pile cap	= 1000 mm
Tinggi pile cap (h)	= 600 mm
Tebal selimut (p)	= 100 mm
Tebal efektif (d)	= 400 mm
D tiang	= 600 mm
Tebal tiang	= 100 mm
D dalam tiang	= 500 mm
ϕ	= 0,7
f_c'	= 29,05 Mpa
f_y	= 400 Mpa
D. tul pile cap	= 25 mm
D. tul geser	= 13 mm
σ_e	= 460 MPa
tebal las	= 5 mm
P_{kerja} 2000)	= 551427 N (out put SAP

5.6.5.1 Kontrol kekuatan beton dalam tiang

$$P_{\text{beton dalam tiang}} \geq P_{\text{kerja}}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{beton dalam tiang}} &= A_{\text{beton}} \cdot 0,85 \cdot \varphi \cdot f_c' \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 812,8^2 \cdot 0,85 \cdot 0,7 \cdot 29,05 \text{ MPa} \\ &= 8968511,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_{\text{beton dalam tiang}} > P_{\text{kerja}} \rightarrow \text{OK}$$

5.6.5.2 Kontrol retak pile cap

$$\begin{aligned} V_c &= 1/6 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \\ &= 1/6 \cdot 29,05 \cdot 1300 \cdot 780,8 \\ &= 4914485,33 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } P_{\text{kerja}} &\leq \varphi \cdot 2V_c \\ 551427 \text{ N} &< 0,7 \cdot 2 \cdot 4914485,33 \text{ N} \\ 551427 \text{ N} &< 6880279,5 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

5.6.5.3 Kontrol kekuatan las

Direncanakan menggunakan las E 60 XX dengan tegangan izin tarik las (σ) = 460 MPa. Ketebalan las rencana adalah 5 mm. Maka kekuatan las dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan las} &= \text{keliling las} \times \text{tebal las} \times \sigma \\ &= \pi \cdot 812,8 \text{ mm} \cdot 5 \cdot 460 \text{ MPa} \\ &= 5873018,97 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} &\text{Kekuatan las} > P_{\text{kerja}} \\ 5873018,97 \text{ N} &> 551427 \text{ N} \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

5.6.5.4 Jarak shear ring

$$\begin{aligned} s \cdot \sqrt{f_c'} \cdot 1/6 &< 0,85 \cdot f_c' \cdot D \\ s &< \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot D}{\sqrt{f_c'} \cdot 1/6} \end{aligned}$$

$$s < \frac{0,85 \cdot 29,05 \text{ MPa} \cdot 25}{\sqrt{29,05} \cdot 1/6}$$

$$s < 687,2 \text{ mm}$$

Jarak maksimum shear ring adalah 200 mm, maka dipasang tulangan shear ring D13 – 200 mm.

5.6.5.5 Perhitungan tulangan dari tiang ke struktur atas

Perhitungan tulangan dari tiang ke struktur atas diambil nilai yang terbesar antara cara berikut :

$$\begin{aligned} - \quad A_{S\text{perlu}} \cdot f_{y\text{tulangan}} &= P / \phi \\ A_{S\text{perlu}} &= P / (\phi \cdot f_{y\text{tulangan}}) \\ &= 551427 \text{ N} / (0,7 \cdot 400) = 1969,38 \\ &\quad \text{mm}^2 \end{aligned}$$

– 1% luas penampang beton:

$$\begin{aligned} A_{S\text{perlu}} &= 0,01 \cdot L_{\text{beton dalam tiang}} \\ &= 0,01 \cdot 0,25 \pi \cdot 780,8^2 = 4788,169 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka diambil $A_{S\text{perlu}}$ terbesar yaitu 4788,169 mm²

Di gunakan tulangan **10 – D25**

$$A_{st} = \frac{1}{4} \pi 25^2 \cdot 10 = 4908,739 \text{ mm}^2 \quad A_{st} > A_s \rightarrow \text{OK}$$

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung sesuai dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} S &= db \cdot \frac{f_y}{4\sqrt{f_c'}} \\ &= 25 \text{ mm} \cdot \frac{400 \text{ MPa}}{4\sqrt{29,05 \text{ MPa}}} = 463,83 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dan tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} S_{\text{min}} &= 0,5 \times \text{tinggi pile cap} \\ &= 0,5 \times 1500 \text{ mm} = 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipakai panjang penyaluran terbesar yaitu 750 mm, dipasang panjang penyaluran tekan = 800 mm

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut **SNI – 2847 2013 pasal 14.2** dengan metode sebagai berikut :

$$Ldh = \frac{3 \cdot fy \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \cdot \sqrt{fc'}} db$$

Dengan :

$$\alpha = 1$$

$$\beta = 1$$

$$\lambda = 1$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Ldh &= \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \cdot \sqrt{29,05}} \\ &= 1113,21 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dipakai panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik adalah 1200 mm

5.6.5.6 Perhitungan base plate

Base plate merupakan penahan beton segar saat proses pengisian beton tiang pancang. Base plate direncanakan dengan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm. Sedangkan untuk menahan base plate pada tiang pancang, digunakan tulangan pengait.

Berat yang harus dipikul oleh base plate adalah :

$$\begin{aligned} P &= A_{\text{dalam tiang}} (tp \cdot BJ_{\text{baja}} + BJ_{\text{beton}} \cdot L) \\ &= \frac{1}{4} \pi (0,7808)^2 (0,01 \cdot 7850 + 2400 \cdot 1,2) \\ &= 1525,031 \text{ kg} \end{aligned}$$

Perhitungan pengait base plate :

$$\begin{aligned} A &= P / \sigma \\ &= (1525,031 \text{ kg}) / (1600 \text{ kg/cm}^2) \\ &= 0,953 \text{ cm}^2 = 95,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

($\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$ adalah tegangan izin pengait A307 dengan mutu normal.)

Direncanakan digunakan 4 pengait maka, A_s tiap pengait adalah :

$$A_s = 95,31 / 4 = 23,82 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai pengait **4 D10** ($A_{st} = 78,5 \text{ mm}^2$)

Syarat, $A_{st} > A_s \rightarrow \mathbf{OK}$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dalam tugas akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai daya dukung yang didapatkan sebagai berikut:

	Ekisting	Alternatif
Pile Skin Bearing (Qs)	1769,11 kN	2183,25 kN
Pile Base (Qp)	353,43 kN	508,94 kN
Pile Bearing (Qu)	2122,54 kN	2692,19 kN

2. Pemodelan perhitungan pile slab dalam Geo5 dengan Single Pile didapatkan hasil daya dukung 1 tiang, penurunan (settlement), displacement, max shear force dan max bending moment sedangkan dengan Pile Group didapatkan hasil daya dukung tiang kelompok, penurunan (settlement), displacement.
3. Perhitungan settlement dan displacement pile slab ekisting dalam Geo5 dengan Single Pile didapatkan hasil penurunan (settlement) sebesar 10,6 mm dan displacement sebesar 110,7 mm sedangkan dengan Pile Group didapatkan hasil penurunan sebesar 29 mm dan displacement sebesar 29,4 mm
4. Desain alternatif pada jalan tol Porong-Gempol yang memiliki karakteristik tanah lunak dan free standing tiang setinggi 0-2 m dengan menimbun tanah pasir padat setinggi 0-2 m atau diujung pile cap dan menggunakan diameter tiang 600 mm, kedalaman tiang 40 meter.

5. Hasil perencanaan pile slab yang didapat adalah
 - Tebal pelat = 0,35 m
 - Dimensi pilecap = 12,7 m x 1 m
 - Tebal pilecap = 0,6 m
 - Jumlah tiang dalam 1 pile cap = 5 buah
 - Tiang pancang = diameter 600 tebal 100
 - Kedalaman tiang = 40 meter
 - Jarak antar pileslab = 5 meter

6.2 Saran

Berdasarkan tugas akhir ini, terdapat beberapa saran sebagai berikut :

1. Data parameter tanah untuk desain harus lengkap untuk menghindari kesalahan kolerasi parameter tanah. Dengan mengurangi jumlah pendekatan kolerasi, maka hasil desain akan menunjukkan sesuai dengan kondisi lapangan yang sebenarnya.
2. Diperlukan memperhatikan keefektifan desain, sehingga diperlukan beberapa alternatif desain. Desain tidak boleh hanya memiliki 1 alternatif desain sehingga dapat dibandingkan secara teknis.

DAFTAR PUSTAKA

Das, M. Braja., 1985, **Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**, Erlangga, Jakarta.

Das, M. Braja., 1985, **Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**, Erlangga, Jakarta.

Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah I : Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.

Das, M. Braja., 1990, "**Principles of Foundation Engineering, second edition**", Brooks Cole.

Departemen Pekerjaan Umum.,1988, **Modul Pengantar dan Prinsip-Prinsip Perencanaan Bangunan Bawah/Pondasi Jembatan**, Indonesia.

Muntohar, Agus S., 2007, **Jembatan, cetakan edisi-IV**, Beta offset, Yogyakarta.

NAVFAC DM-7., 1970, "**Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structure**", Dept of the Navy Naval Facilities Engineering Command, Virginia, USA.

Terzaghi, K and Peck, R.B.(1967) "**Soil Mechanics in Engineering Practice**". John Willey, New York.

SNI 1725-2016: **Standar Pembebanan Untuk Jembatan**, BSNI, Jakarta.

SNI 2847 2013: *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, BSNI, Jakarta.

SNI T-12-2004: *Struktur Beton Untuk Jembatan*, BSNI, Jakarta.

BIODATA PENULIS



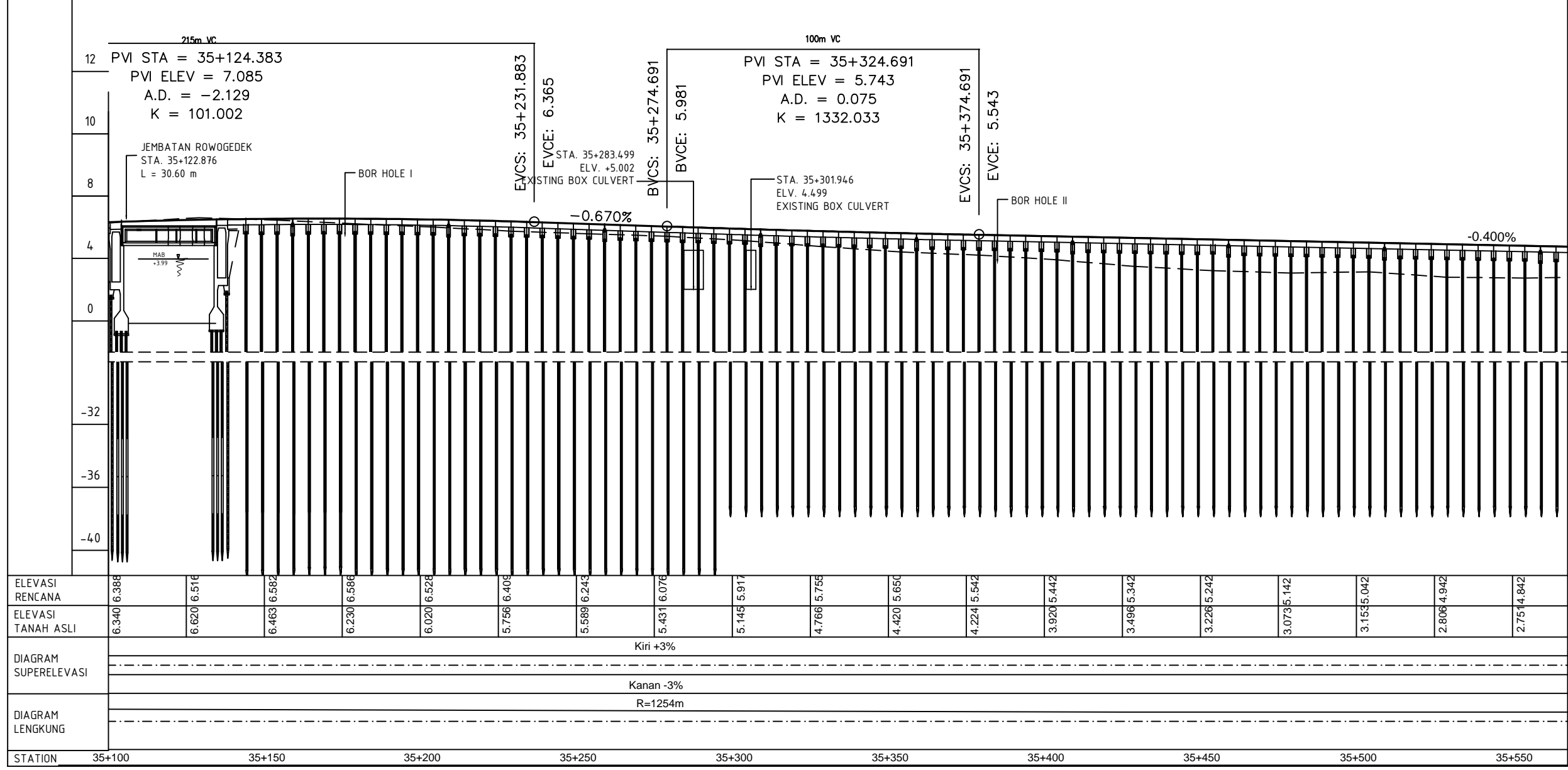
Edo Yoga Prasetya

Penulis dilahirkan di Klaten, 15 Juni 1997. Penulis telah menempuh Pendidikan formal yaitu SD Negeri Wage 2, SMP Negeri 1 Taman Sidoarjo, SMA Negeri 1 Gedangan Sidoarjo. Pada tahun 2015, penulis mengikuti seleksi masuk ITS, dan diterima di Departemen Teknik Infarstruktur Sipil,

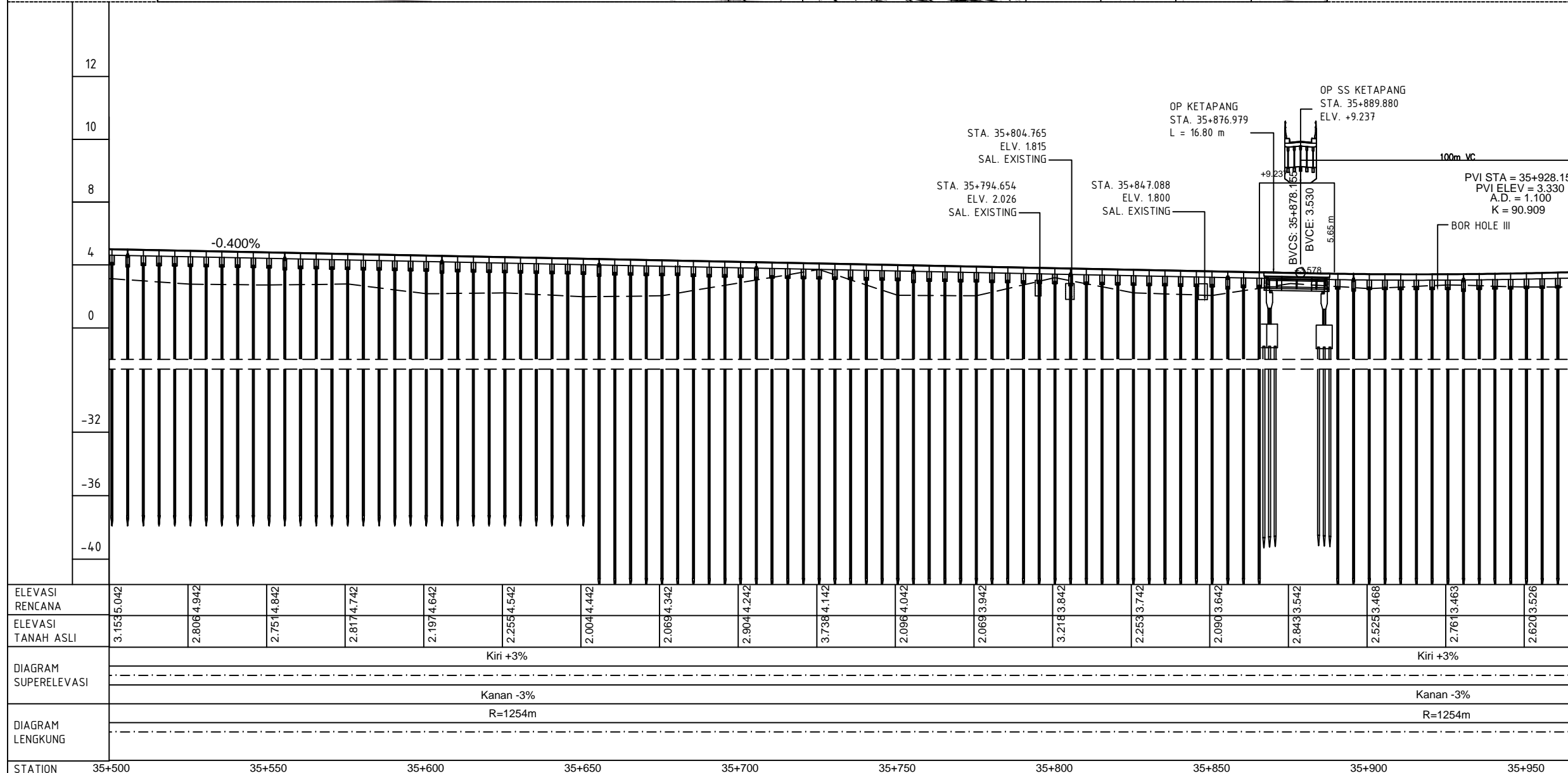
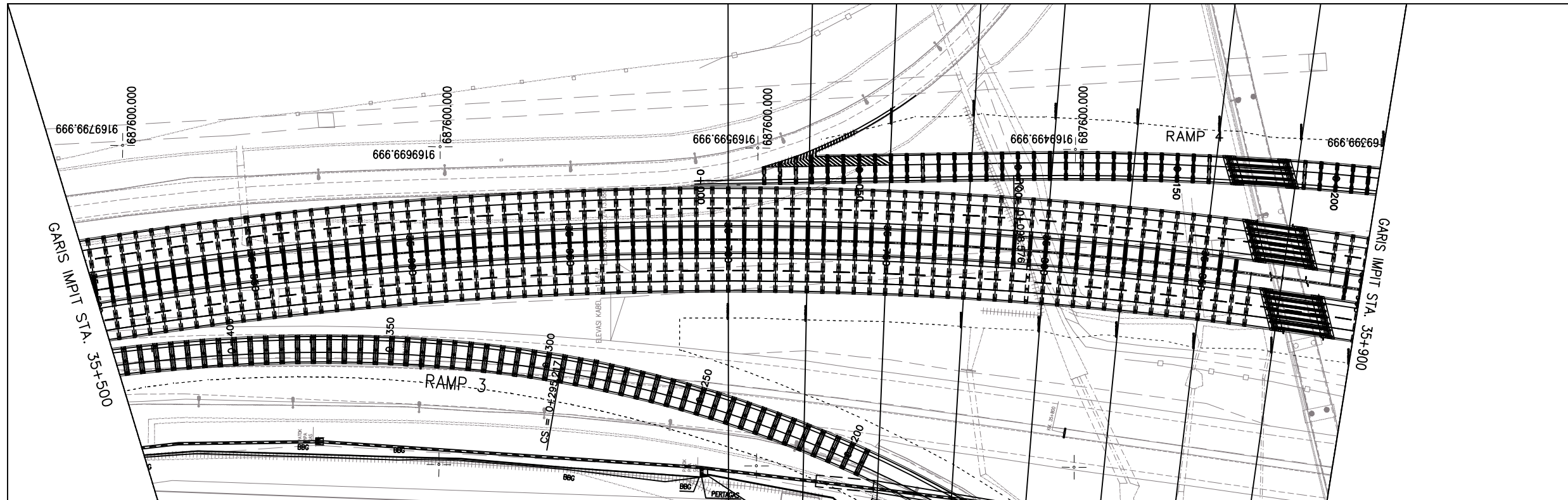
Fakultas Vokasi, ITS dan terdaftar dengan NRP 10111500000053. Penulis melanjutkan kuliah di Departemen Teknik Infrastrukur Sipil, Prodi Diploma IV Lanjut Jenjang Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Pada jenjang Diploma-IV ini penulis memilih konsentrasi bidang studi Geoteknik. Penulis dapat dihubungi via email : edoyogapras@gmail.com

DAFTAR GAMBAR

- 1 PLAN PROFIL STA 35+100 - STA 35+500
- 2 PLAN PROFIL STA 35+500 - STA 35+900
- 3 PLAN PROFIL STA 35+900 - STA 36+300
- 4 TIPIKAL POTONGAN MELINTANG JALAN
- 5 TIPIKAL POTONGAN MEMANJANG JALAN
- 6 DENAH TIANG PANCANG
- 7 RENCANA DESAIN POTONGAN MELINTANG JALAN
- 8 RENCANA DESAIN POTONGAN MEMANJANG JALAN
- 9 DENAH PILE SLAB
- 10 POTONGAN MEMANJANG PENULANGAN PILE SLAB




CATATAN			
LEGENDA			
Pemilik Proyek: JASAMARGA Indonesia Highway Corp			
Nama Proyek: PEKERJAAN RELOKASI JALAN TOL SURABAYA-GEMPOL RUAS PORONG-GEMPOL PAKET 1 PORONG-KEJAPANAN			
Diketahui oleh: Ir. Hidayatullah Project Manager Konsultan Pengawas			
MOB PT. MULTI PHI BETA CONSULTING ENGINEERS			
Diperiksa dan diketahui oleh: Ir. Ketut Merta, MMT Resident Engineer			
Kontraktor: WIKI PT. WIJAYA KARTI (Persero) Tbk. Konsultan Perencana: ESKAPINDO MATRA CONSULTANT ENGINEERING			
Diajukan oleh: Eka Santoso Project Manager			
Kontraktor	Perencana		
Drafter	Teknik	Engineer	Pemeriksa
REVISI			
Distribusi Kepada:			
Status	Tanggal		
Judul Gambar: PLAN PROFIL STA 35+100 ~ STA. 35+500			
Status Gambar:			
Skala	No. Gbr	Lbr. Ke	Jumlah
H=1:1500 V=1:200	D.I-02	2	10



ELEVASI RENCANA	3.155	4.042	2.806	4.942	2.75	4.842	2.817	4.742	2.19	4.642	2.255	4.542	2.004	4.442	2.069	4.342	2.904	4.242	3.738	4.142	2.096	4.042	2.069	3.942	3.218	3.842	2.253	3.742	2.090	3.642	2.843	3.542	2.525	3.468	2.76	3.463	2.620	3.356
ELEVASI TANAH ASLI	3.155	4.042	2.806	4.942	2.75	4.842	2.817	4.742	2.19	4.642	2.255	4.542	2.004	4.442	2.069	4.342	2.904	4.242	3.738	4.142	2.096	4.042	2.069	3.942	3.218	3.842	2.253	3.742	2.090	3.642	2.843	3.542	2.525	3.468	2.76	3.463	2.620	3.356
DIAGRAM SUPERELEVASI	Kiri +3%																		Kiri +3%																			
DIAGRAM LENGKUNG	Kanan -3%																		Kanan -3%																			
	R=1254m																		R=1254m																			
STATION	35+500	35+550	35+600	35+650	35+700	35+750	35+800	35+850	35+900	35+950																												


CATATAN

LEGENDA


Pemilik Proyek:

 Indonesia Highway Corp


Nama Proyek:
 PEKERJAAN RELOKASI
 JALAN TOL SURABAYA-GEMPOL
 RUAS PORONG-GEMPOL
 PAKET 1 PORONG-KEJAPANAN

Diketahui oleh:
Ir. Hidayatullah
 Project Manager
 Konsultan Pengawas

 **PT. MULTI PHI BETA**
 CONSULTING ENGINEERS

Diperiksa dan diketahui oleh:
Ir. Ketut Merta, MMT
 Resident Engineer

Kontraktor:

 PT WIJAYA KARTI (Persero) Tbk.

Konsultan Perencana:

 CONSULTANT ENGINEERING

Diajukan oleh:
Eka Santoso
 Project Manager

Kontraktor	Perencana
Drafter	Teknik
Engineer	Pemeriksa

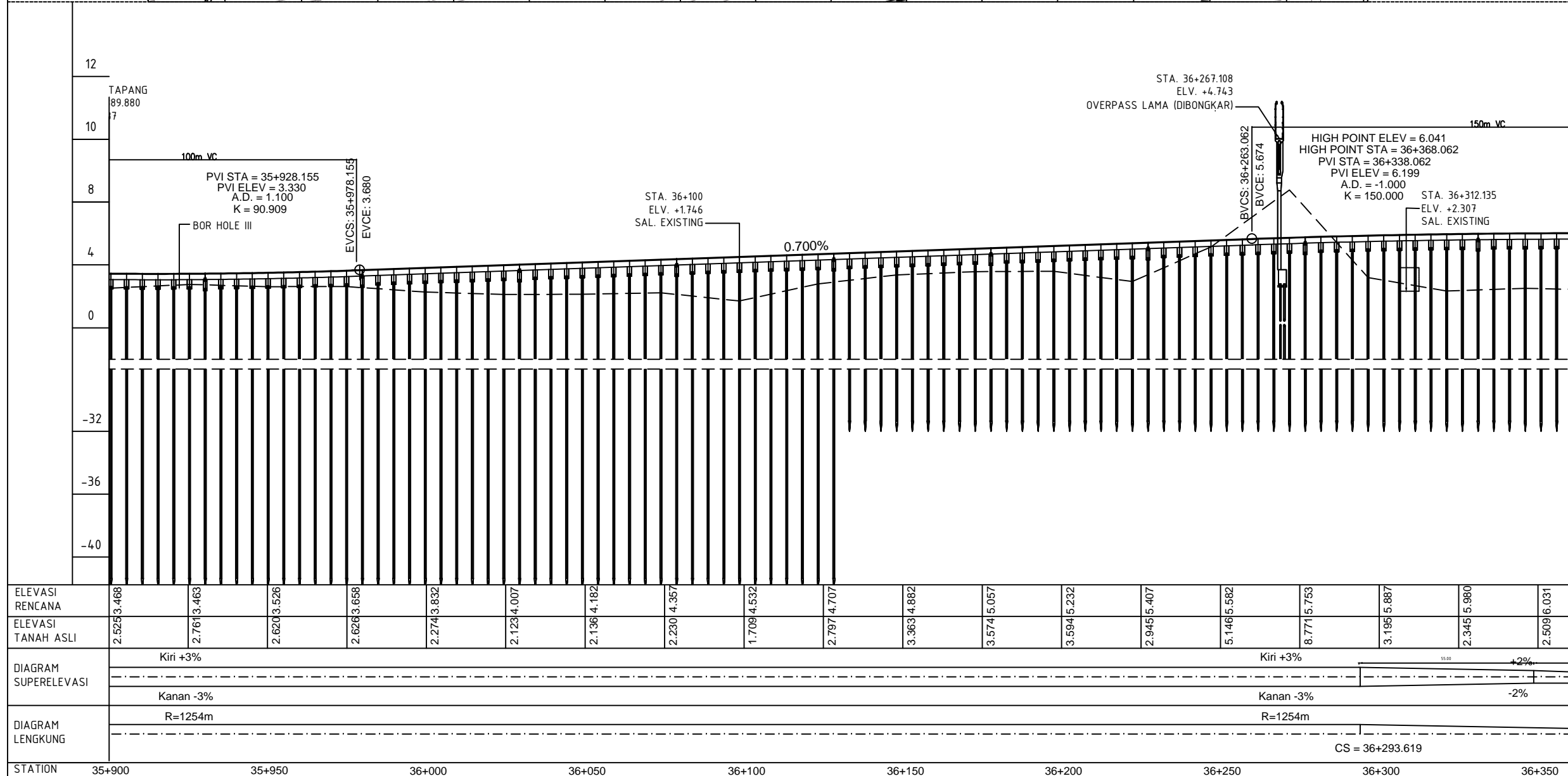
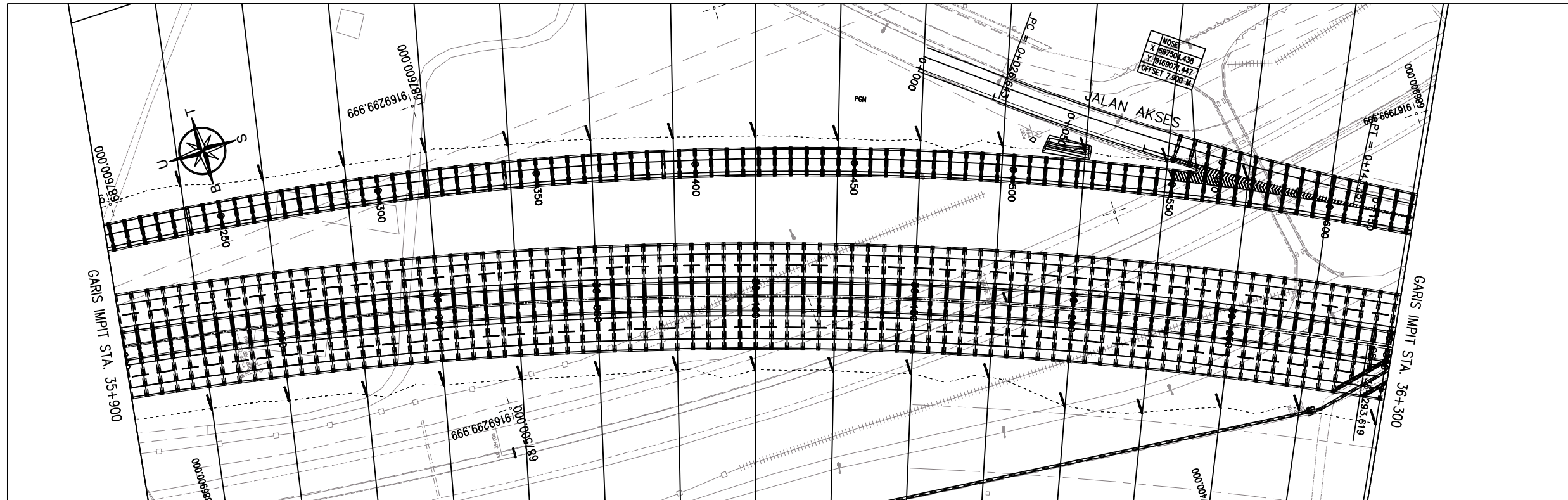
REVISI

Distribusi Kepada:	Status	Tanggal

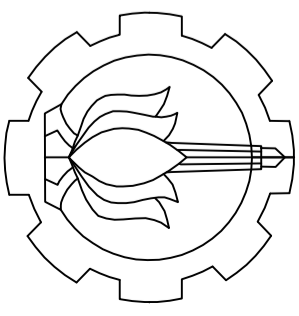
Judul Gambar:
 PLAN PROFIL
 STA 35+500 ~ STA. 35+900

Status Gambar:

Skala	No. Gbr	Lbr. Ke	Jumlah
H=1:1500 V=1:200	D.I-03	3	10



CATATAN			
LEGENDA			
Pemilik Proyek: JASAMARGA Indonesia Highway Corp			
Nama Proyek: PEKERJAAN RELOKASI JALAN TOL SURABAYA-GEMPOL RUAS PORONG-GEMPOL PAKET 1 PORONG-KEJAPANAN			
Diketahui oleh: Ir. Hidayatullah Project Manager Konsultan Pengawas			
MOB PT. MULTI PHI BETA CONSULTING ENGINEERS			
Diperiksa dan diketahui oleh: Ir. Ketut Merta, MMT Resident Engineer			
Kontraktor: WIKA PT WIJAYA KARTHA (Persero) Tbk. Konsultan Perencana: ESKAPINDO MATRA CONSULTANT ENGINEERING			
Diajukan oleh: Eka Santoso Project Manager			
Kontraktor	Perencana		
Drafter	Teknik	Engineer	Pemeriksa
REVISI			
Distribusi Kepada: Status Tanggal			
Judul Gambar: PLAN PROFIL STA 35+900 ~ STA. 36+300			
Status Gambar:			
Skala	No. Gbr	Lbr. Ke	Jumlah
H=1:1500 V=1:200	D.I-04	4	10



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM D-IV TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB
 PADA TANAH DASAR LUNAK
 PROYEK RELOKASI JALAN TOL
 PORONG-GEMPOL PAKET 1

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
 NIP. 19501011 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

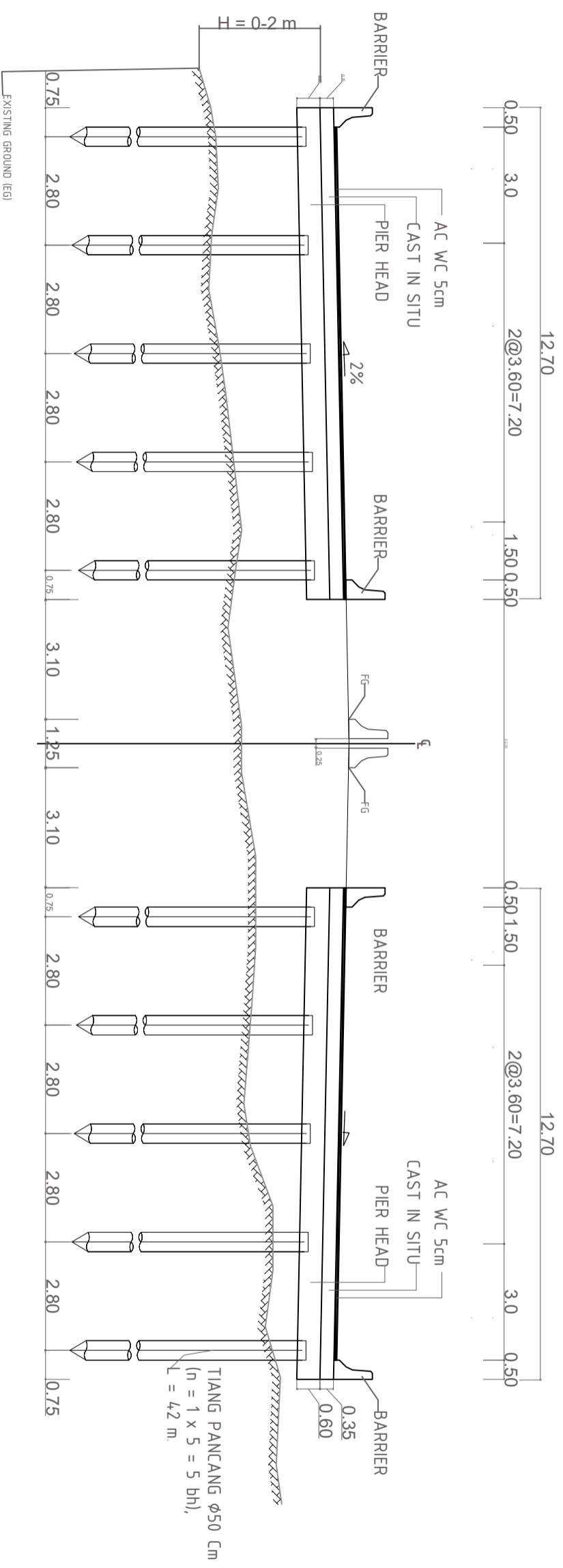
EDO YOGA PRASETYA
 NRP. 10111815000066

JUDUL GAMBAR

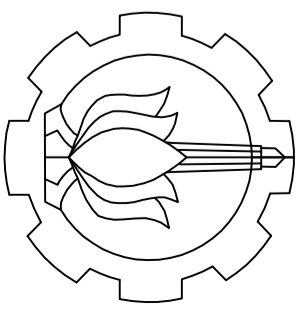
POTONGAN MELINTANG
 PILE SLAB

KETERANGAN

KODE GAMBAR	SKALA
STR	
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
4	10



TIPIKAL POTONGAN MELINTANG PILE SLAB
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM D-IV TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB
 PADA TANAH DASAR LUNAK
 PROYEK RELOKASI JALAN TOL
 PORONG-GEMPOL PAKET 1

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
 NIP. 19501011 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

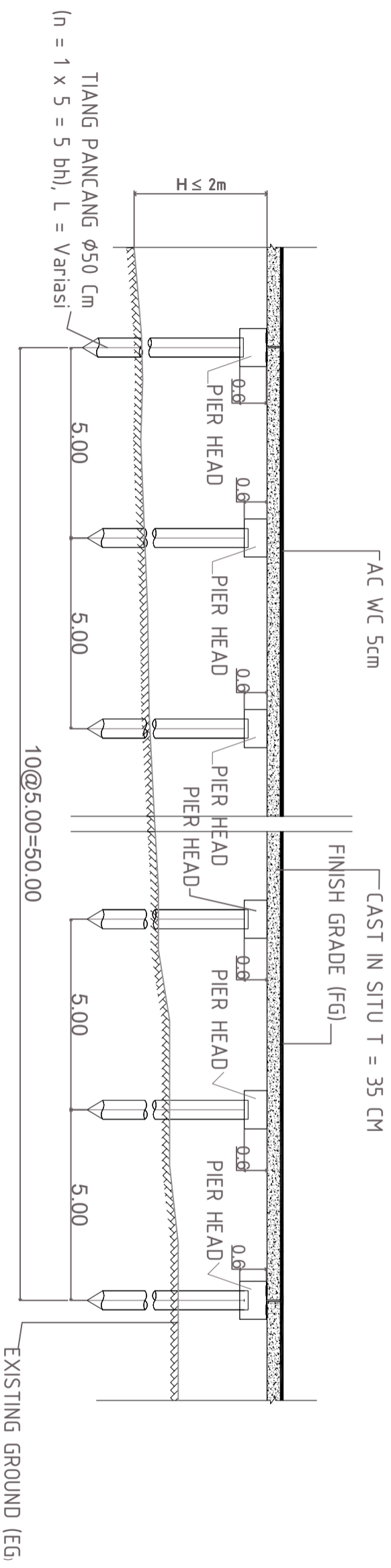
EDO YOGA PRASETYA
 NRP. 10111815000066

JUDUL GAMBAR

**POTONGAN
 MEMANJANG PILE SLAB**

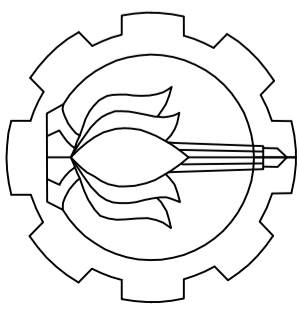
KETERANGAN

KODE GAMBAR	SKALA
STR	
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
5	10



TIPIKAL POTONGAN MEMANJANG PILE SLAB (CAST IN SITU)

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM D-IV TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB
 PADA TANAH DASAR LUNAK
 PROYEK RELOKASI JALAN TOL
 PORONG-GEMPOL PAKET 1

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
 NIP. 19501011 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

EDO YOGA PRASETYA
 NRP. 10111815000066

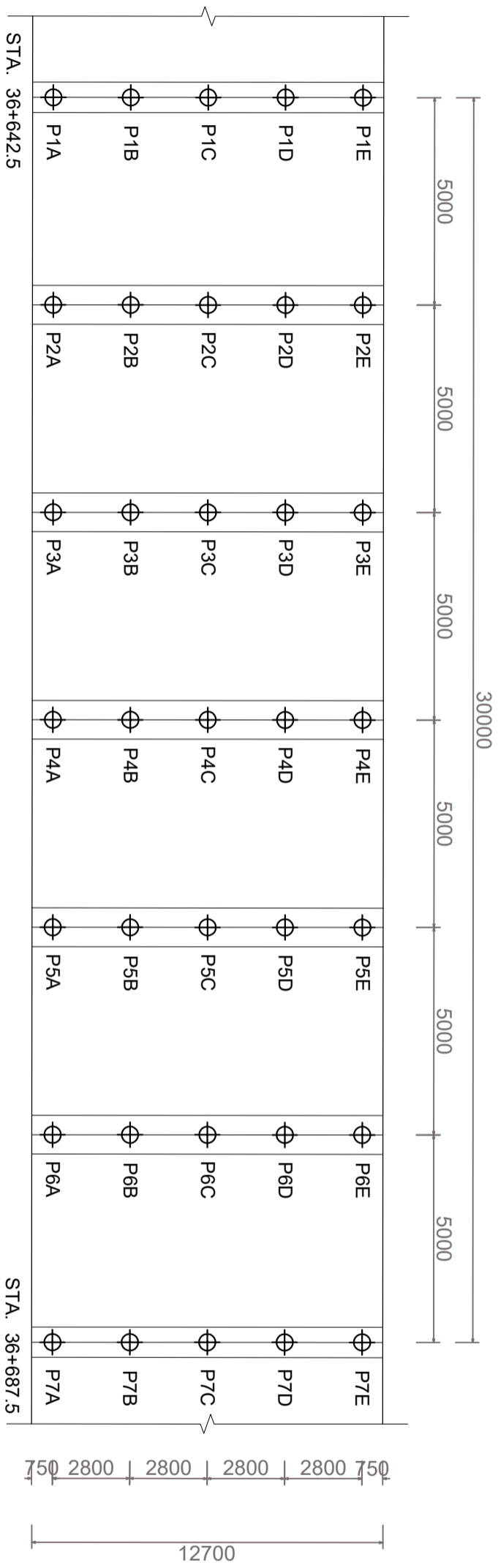
JUDUL GAMBAR

DENAH TIANG
 PANCANG

KETERANGAN

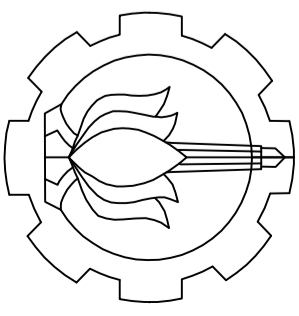
KODE GAMBAR	SKALA
STR	
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR

6 10



DENAH TIANG PANCANG

SKALA 1 : 500



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM D-IV TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

**EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB
 PADA TANAH DASAR LUNAK
 PROYEK RELOKASI JALAN TOL
 PORONG-GEMPOL PAKET 1**

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
 NIP. 19501011 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

EDO YOGA PRASETYA
 NRP. 10111815000066

JUDUL GAMBAR

**RENCANA DESAIN
 POTONGAN MELINTANG
 PILE SLAB**

KETERANGAN

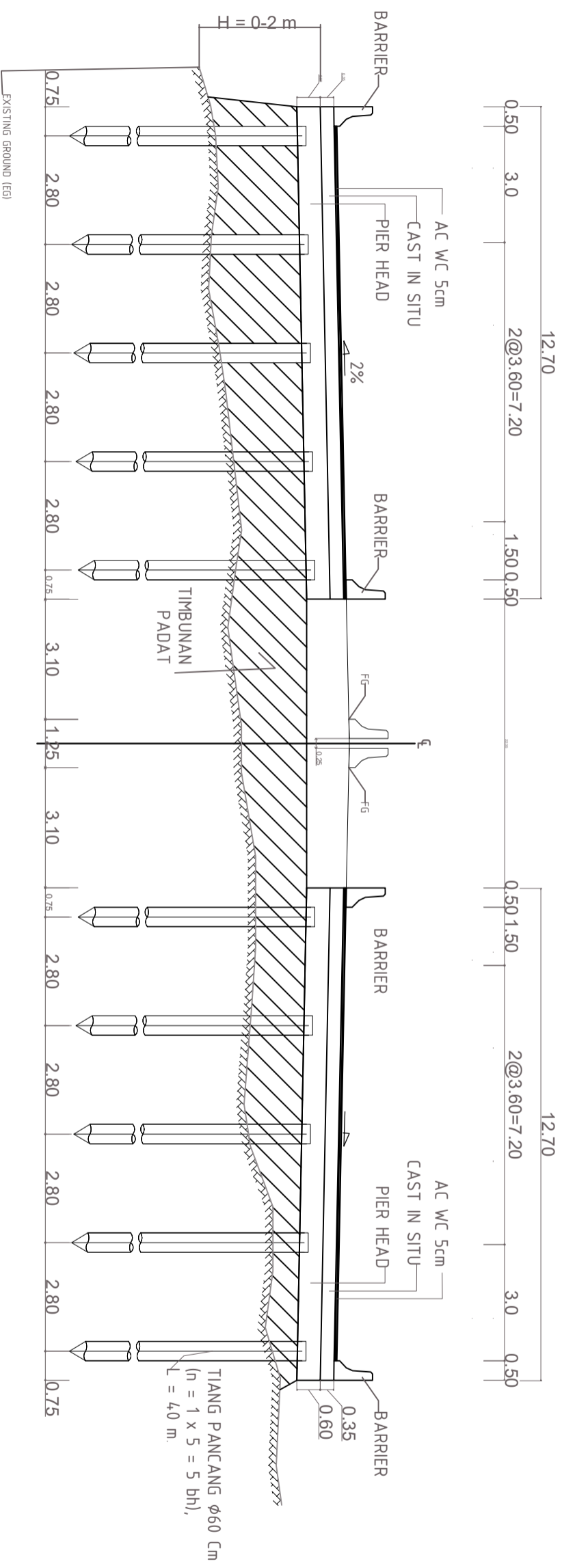
KODE GAMBAR	SKALA
-------------	-------

STR

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
-----------	---------------

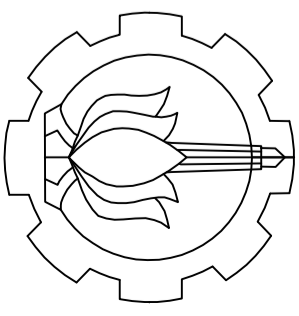
7

10



RENCANA DESAIN POTONGAN MELINTANG PILE SLAB

SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM D-IV TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB
 PADA TANAH DASAR LUNAK
 PROYEK RELOKASI JALAN TOL
 PORONG-GEMPOL PAKET 1

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
 NIP. 19501011 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

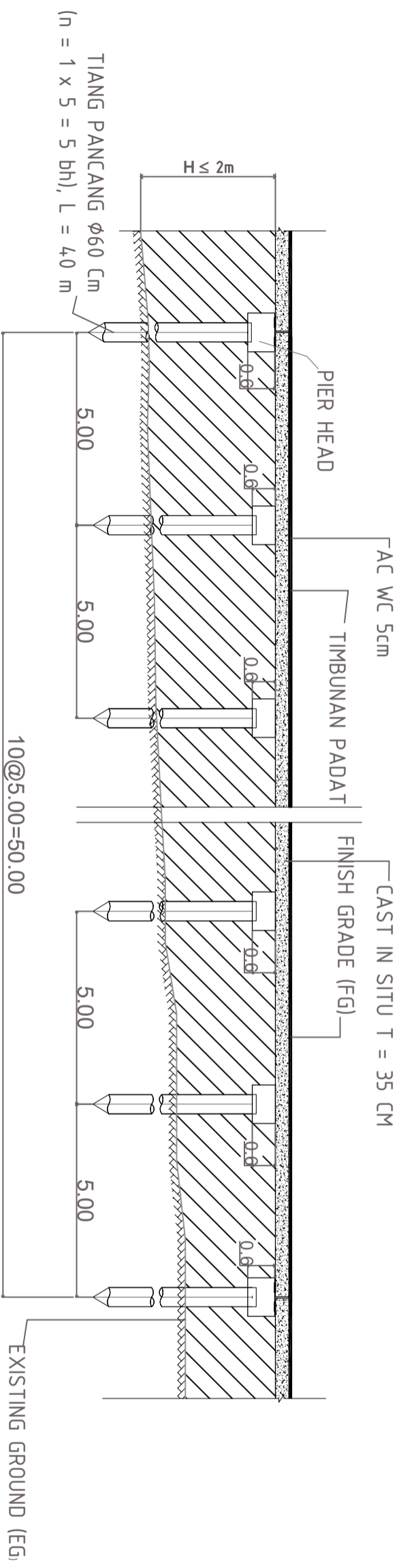
EDO YOGA PRASETYA
 NRP. 10111815000066

JUDUL GAMBAR

RENCANA DESAIN
 POTONGAN
 MEMANJANG PILE SLAB

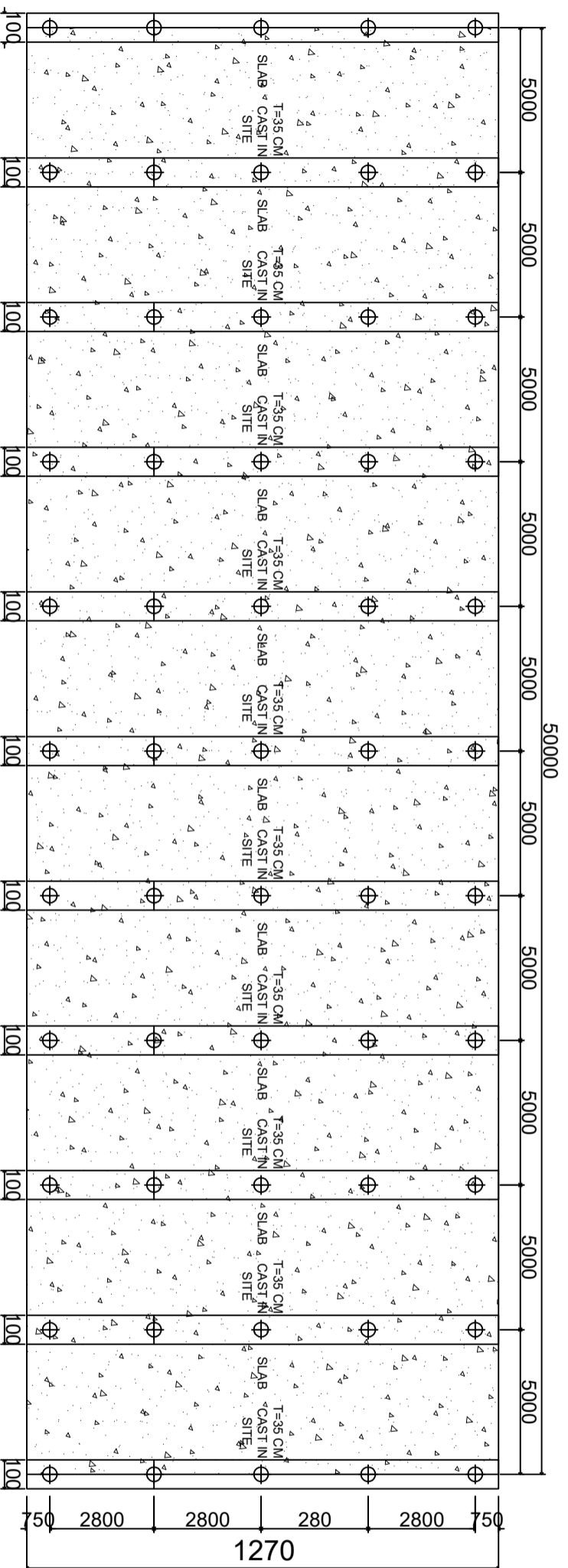
KETERANGAN

KODE GAMBAR	SKALA
STR	
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
8	10



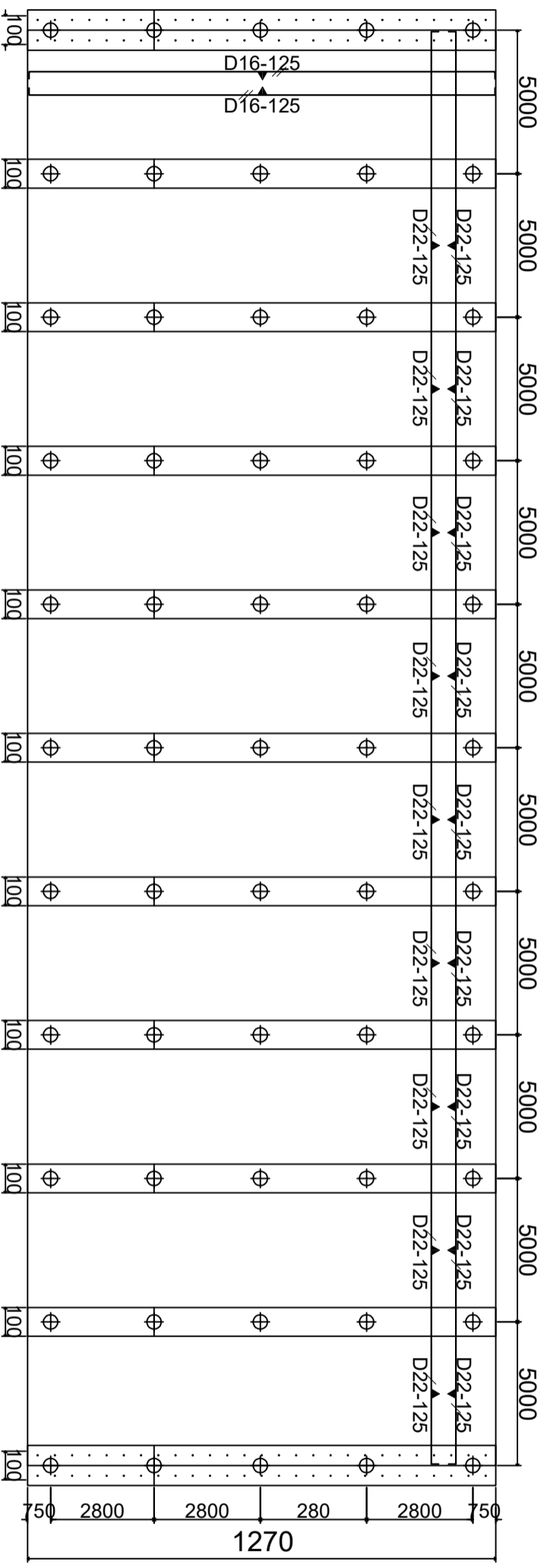
TIPIKAL POTONGAN MEMANJANG PILE SLAB (CAST IN SITU)

SKALA 1 : 200



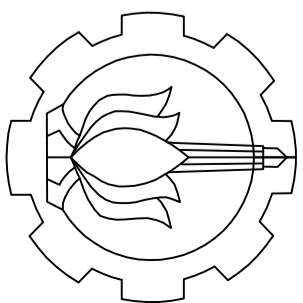
DENAH PILE SLAB

SKALA 1 : 250



PENULANGAN PELAT LANTAI

SKALA 1 : 250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 PROGRAM D-IV TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB
 PADA TANAH DASAR LUNAK
 PROYEK RELOKASI JALAN TOL
 PORONG-GEMPOL PAKET 1

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
 NIP. 19501011 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

EDO YOGA PRASETYA
 NRP. 10111815000066

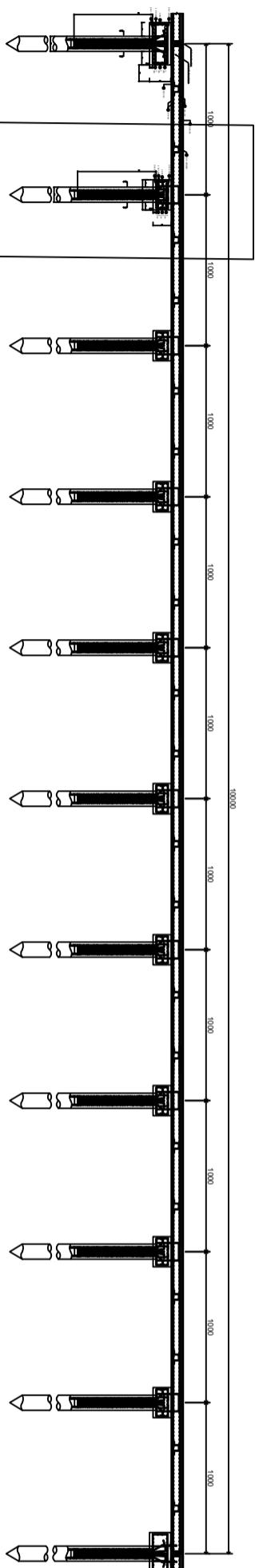
JUDUL GAMBAR

DENAH PILE SLAB
 PENULANGAN PELAT
 LANTAI

KETERANGAN

KODE GAMBAR	SKALA
STR	

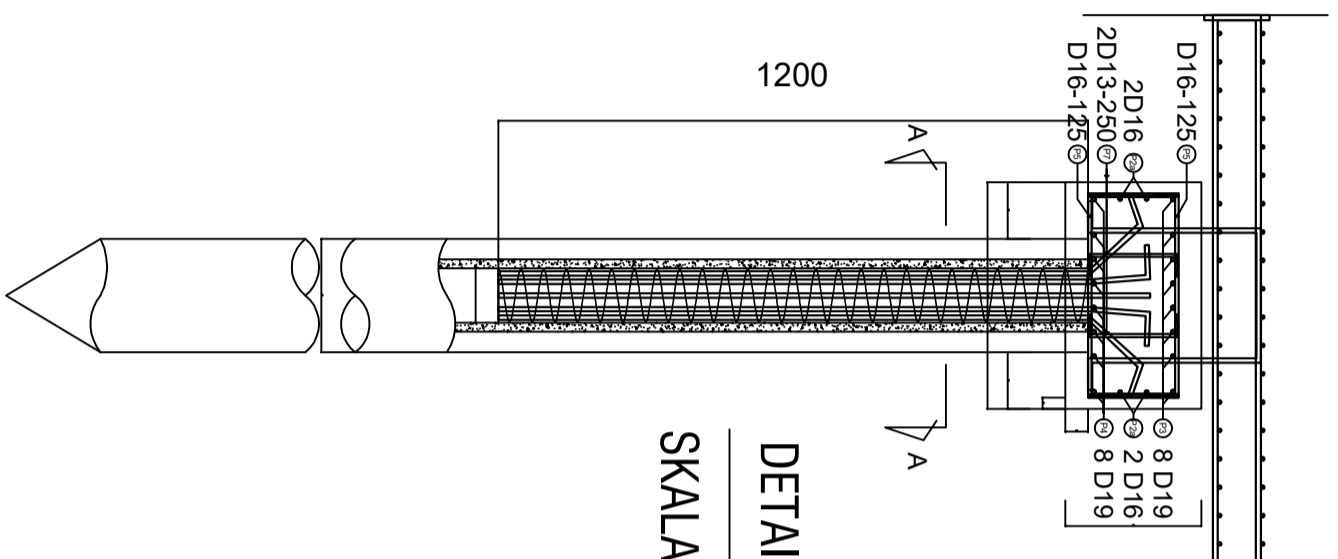
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
9	10



DETAIL A

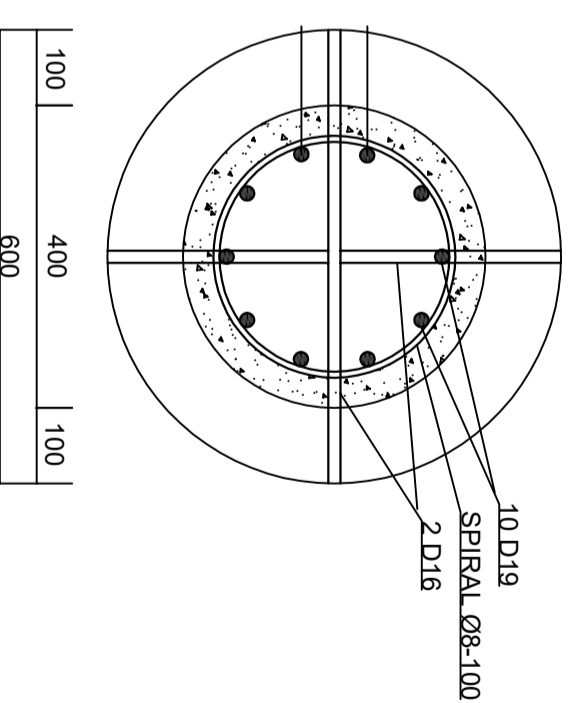
POTONGAN MEMANJANG PENULANGAN PILE SLAB

SKALA 1 : 200



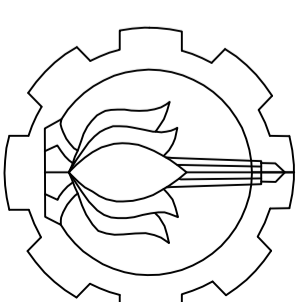
DETAIL A

SKALA 1 : 120



POTONGAN A-A

SKALA 1 : 40



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
PROGRAM D-IV TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS AKHIR

EVALUASI STRUKTUR PILE SLAB
PADA TANAH DASAR LUNAK
PROYEK RELOKASI JALAN TOL
PORONG-GEMPOL PAKET 1

DOSEN PEMBIMBING I

Prof. Dr. Ir. INDARTO, DEA
NIP. 19501011 198203 1 002

NAMA MAHASISWA

EDO YOGA PRASETYA
NRP. 10111815000066

JUDUL GAMBAR

POTONGAN
MEMANJANG
PENULANGAN PILE
SLAB

KETERANGAN

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

STR

NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
-----------	---------------

10

10