



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**ANALISA STABILITAS TIMBUNAN JALAN BERDASARKAN
DATA INSTRUMEN GEOTEKNIK PADA PROYEK
PEMBANGUNAN RELOKASI JALAN TOL SURABAYA -
GEMPOL, PAKET 3A STA 40+950 – 42+200: RUAS PORONG -
GEMPOL**

NURUL NISAQOLIFATUL UYUN
NRP. 3113 100 068

Dosen Pembimbing I:
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II:
Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

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



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**ANALISA STABILITAS TIMBUNAN JALAN
BERDASARKAN INSTRUMEN GEOTEKNIK PADA
PROYEK PEMBANGUNAN RELOKASI JALAN TOL
SURABAYA – GEMPOL, PAKET 3A STA 40+950 –
42+200: RUAS PORONG - GEMPOL**

NURUL NISAQOLIFATUL UYUN
NRP. 3113 100 068

Dosen Pembimbing I:
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II:
Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

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



FINAL PROJECT - RC14-1501

***STABILITY ANALYSIS OF THE GEOTECHNICAL
INSTRUMENT IN THE RELOCATION
DEVELOPMENT PROJECT OF SURABAYA -
GEMPOL TOLL ROAD, PAKET 3A STA 40 + 950 - 42 +
200: PORONG - GEMPOL***

NURUL NISAQOLIFATUL UYUN
NRP. 3113 100 068

First Advisor:

Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

Second Advisor:

Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.

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

**ANALISA STABILITAS TIMBUNAN JALAN
BERDASARKAN INSTRUMEN GEOTEKNIK PADA
PROYEK PEMBANGUNAN RELOKASI JALAN TOL
SURABAYA – GEMPOL, PAKET 3A STA 40+950 –
42+200: RUAS PORONG – GEMPOL**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NURUL NISAQOLIFATUL UYUN
NRP. 3113 100 068

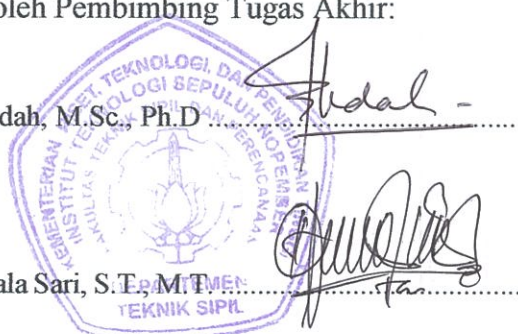
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Pembimbing I

1. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Pembimbing II

2. Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T.



SURABAYA

JULI, 2017

**ANALISA STABILITAS TIMBUNAN JALAN
BERDASARKAN INSTRUMEN GEOTEKNIK PADA
PROYEK PEMBANGUNAN RELOKASI JALAN TOL
SURABAYA – GEMPOL, PAKET 3A STA 40+950 –
42+200: RUAS PORONG – GEMPOL**

Nama Mahasiswa : Nurul Nisaqolifatul Uyun
NRP : 3113 100 068
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing I : Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
Dosen Pembimbing II : Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T

Abstrak

Pertumbuhan manusia dan barang yang semakin bertambah menyebabkan laju transportasi manusia dan barang meningkat. Pembangunan sebuah jalan tol adalah salah satu solusi yang dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi suatu daerah serta dapat membantu mobilitas antara barang dan manusia lebih cepat. Dalam rangka meningkatkan pertumbuhan ekonomi terutama di Jawa Timur maka perlu dibangun jalan tol yang menghubungkan kota-kota besar seperti Surabaya-Malang-Pasuruan. Salah satu jalan tol yang dapat mempercepat mobilitas antara kota Surabaya dan kota sekitarnya adalah jalan tol Porong-Gempol.

Terdapat 2 paket pekerjaan pada pembangunan jalan tol Porong-Gempol yaitu paket 3A dan 3B. Kelongsoran tanah timbunan yang terjadi pada paket 3B menyebabkan rumah warga sekitar area proyek rusak. Adanya kelongsoran tersebut, dikhawatirkan akan terjadi kelongsoran serupa pada tanah timbunan paket 3A mengingat tinggi timbunan pada pekerjaan paket 3A dan 3B hampir sama dan dibangun pada kondisi tanah dasar yang sama-sama lunak.

Adanya masalah tersebut diperlukan analisa penyebab kelongsoran dan perencanaan perkuatan pada pekerjaan tanah timbunan paket 3A untuk mencegah terjadinya kelongsoran seperti yang terjadi pada paket 3B. Untuk itu perlu dilakukan analisis stabilitas timbunan yang menggunakan program bantu, analisis kelongsoran menggunakan data instrumen geoteknik (inclinometer, pneumatic piezometer, dan settlement plate) dan perencanaan perkuatan menggunakan sheet pile dan micropile bila diperlukan..

Berdasarkan hasil analisis instrumen geoteknik yang dilakukan, pemampatan pada tanah dasar di bawah tanah timbunan paket 3A sudah dapat dikatakan selesai dengan derajat konsolidasi lebih dari 90%; jadi kondisi timbunan pada paket 3A dapat dikatakan stabil dan tidak ada bahaya longsor. Akan tetapi hasil analisa stabilitas timbunan dengan menggunakan program bantu menunjukkan nilai SF 0,898 yang berarti kurang dari SF rencana atau dalam kondisi tidak aman. Oleh karena itu timbunan pada paket 3A direncanakan untuk diberi perkuatan dengan menggunakan sheeppile tipe W-500-A-1000 sebanyak 5 buah sedalam 13 m atau micropile diameter 600 mm sebanyak 5 buah dengan kedalaman 13 m.

Kata kunci : Stabilitas timbunan, Instrumen Geoteknik, *Sheet Pile, Micropile*

**ROAD EMBANKMENT STABILITY ANALYSIS
BASED ON GEOTECHNICAL INSTRUMENT IN
THE CONSTRUCTION OF TOLL ROAD
RELOCATION OF SURABAYA-GEMPOL
HIGHWAY, SECTION 3A STA 40+950-42+200 :
PORONG-GEMPOL**

Name of Student : Nurul Nisaqolifatul Uyun
Student's Number : 3113 100 068
Derpartment : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor I : Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
Supervisor II : Putu Tantri Kumala Sari, S.T., M.T

Abstract

The growing of human and goods can lead to an increase in the rate of transport of human and goods. Construction of toll roads is one solution to facilitate the economic growth of a region. In addition, it can also help to accelerate the mobility between goods and people. In order to increase economic growth especially in east java it is necessary to build a toll road for connecting big cities like Surabaya, Malang and Pasuruan. One of the toll roads that can accelerate the mobility in Surabaya city with other cities around is the construction of Porong-Gempol toll road.

There are 2 section on the construction of the Porong-Gempol toll road, that is 3A and 3B section but in 2014 the Landslide has occurred only in the 3B section. The landslide in road embankmnet that occurred in 3B section caused the residents' houses on the side of embankment to suffer severe damage. The existence of landslide that happen in 3B section is feared also occurs in the 3A section. This location has the characteristics of embankment and soil subgrade that is relatively the same as the area that has been Sliding.

With the existence of these problems it is necessary to do an analysis to determine the cause of the landslide at 3B to prevent sliding in 3A. Thus, it is necessary to analyze the stability of the embankment by using an embankment stability support program. In addition, stability analysis of embankments through geotechnical instrument data in the field (inclinometer, pneumatic piezometer and settlement plate) is also required. Additional reinforcement planning using sheetpile and micropile is also required to anticipate the occurrence of sliding in the study area.

The result of the analysis based on the geotechnical instrument data shows that the soil subgrade settlement occurring in 3A has exceeded 90% of degree of consolidation. In addition, the embankment that has been built also shows stability and does not indicate the occurrence of landslides risk for the short term. However, the result of the stability analysis of the embankment for the long term obtains the safety factor value less than 1 ($SF = 0.898$; landslide will occurred) so that the sheetpile reinforcement is planned to anticipate the long-term landslide that may occur. The required reinforcement is a W-500-A-1000 sheetpile of 5 pieces / m 'or a 60 cm diameter pile of 5 pieces / m' installed along the landslide.

Keyword : *Embankment Stability, Geotechnical Instruments, Sheet Pile, Micropile*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisa Stabilitas Timbunan Jalan Berdasarkan Instrumen Geoteknik Pada Proyek Pembangunan Relokasi Jalan Tol Surabaya – Gempol, Paket 3A STA 40+950 – 42+200: Ruas Porong – Gempol” ini tepat pada waktunya.

Tugas Akhir ini diajukan sebagai persyaratan guna mendapatkan gelar kesarjanaan Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu segala saran dan masukan yang membangun tentang penulisan Tugas Akhir ini sangat diharapkan.

Adapun dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Totok Catur Prasetyo dan Ibu Kartini, selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan serta motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Nurfaizah Septania Prasetyo Ningrum, selaku adik penulis yang selalu memberikan semangat.
3. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan bimbingan dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.

5. Ibu Endah Wahyuni, ST., MT selaku dosen wali penulis yang telah memberikan semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Segenap dosen jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberikan ilmu pelajaran, kritik dan masukan selama perkuliahan penulis.
7. PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL yang telah mengizinkan dan memberikan data-data *soil monitoring* paket 3A proyek jalan tol Porong-Gempol.
8. Sahabat penulis Fira, Rika, Tika, Devi, dan Indah atas doa dan dukungan serta semangatnya serta seseorang yang jauh disana atas doa dan dukungannya selama ini.
9. Teman-teman Suku Tanah (Bidang Geoteknik) yang telah membantu dan *sharing* ilmunya kepada penulis.
10. Teman-teman jurusan Teknik Sipil angkatan 2013 (S-56) yang banyak mendukung dan memberikan semangat motivasi kepada penulis dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan dan penyelesaian Proposal Tugas Akhir ini.

Walaupun jauh dari kata sempurna, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi orang yang membacanya.. Penulis juga meminta maaf atas kekurangan yang ada pada Tugas Akhir ini.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Surabaya, Juli 2017

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Karakteristik Tanah Lunak	7
2.2 Lereng	8
2.2.1 Jenis-Jenis Lereng	9
2.2.2 Macam- macam kelongsoran lereng	10
2.2.3 Penyebab Kelongsoran pada Lereng	12
2.2.4 Tahanan Geser Tanah	13
2.2.5 Analisa Stabilitas Lereng	15
2.2.6 Teori bishop	16
2.3 Pemampatan	18
2.3.1 Persamaan Pemampatan	18
2.3.2 Distribusi tegangan akibat beban timbunan	20
2.3.3 Waktu konsolidasi	21
2.3.4 Rumus empiris kenaikan daya dukung tanah	24

2.3.5	Pemampatan konsolidasi dengan metode Asaoka	25
2.4	Instrumen Geoteknik	26
2.4.1	Inclinometer	26
2.4.2	Spesifikasi Inclinometer	26
2.4.3	Syarat Kestabilan Timbunan berdasarkan Inclinometer	26
2.4.4	Pneumatic Piezometer	28
2.4.5	Spesifikasi Monitoring Pneumatic Piezometer	28
2.4.6	Syarat Kestabilan Timbunan berdasarkan Pneumatic Piezometer	28
2.4.7	Settlement plate	29
2.4.8	Spesifikasi Settlement Plate	29
2.4.9	Menentukan Derajat Konsolidasi Aktual Berdasarkan Hasil Settlement Plate	29
2.4.10	Menentukan parameter λ dan α	30
2.5	Perencanaan Perkuatan	31
2.5.1	Perencanaan cerucuk	31
BAB III METODOLOGI		33
3.1	Bagan Alir	33
3.2	Studi Literatur	34
3.3	Pengumpulan dan Analisa Data	35
3.4	Analisa Karakteristik Tanah dan Statigrafi	35
3.5	Analisa Stabilitas Tanah	35
3.6	Perkuatan Tanah	35
BAB IV DATA TANAH DAN INSTRUMEN GEOTEKNIK		37
4.1	Data Tanah Lapangan	37
4.2	Statigrafi dan Konsistensi Tanah	39
4.2.1	Konsistensi tanah Potongan I	39
4.2.2	Konsistensi tanah Potongan II	42
4.2.3	Konsistensi tanah Potongan III	42

4.3	Parameter Tanah	45
4.4	Data Instrumen Geoteknik	46
	4.4.1 Settlement Plate	47
	4.4.2 Pneumatic Piezometer	50
	4.4.3 Inclinometer	52
4.5	Data Tanah Timbunan	54
BAB V ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN		55
5.1	Data Settlement Plate dan Analisis	55
	5.1.1 Analisa Pemampatan dengan Metode Asaoka	55
	5.1.2 Derajat Konsolidasi Aktual	59
5.2	Data Inclinometer dan Analisis	59
	5.2.1 Cek Kestabilan Inclinometer	59
5.3	Data Piezometer dan Analisis	65
5.4	Kondisi Safety Factor (SF) Tanah Timbunan	67
	5.4.1 Kondisi SF dengan Cu lama	67
	5.4.2 Kondisi SF dengan Cu baru	67
5.5	Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan	68
	5.5.1 Perencanaan Perkuatan Timbunan dengan <i>Micropile</i>	69
	5.5.2 Perencanaan Perkuatan Timbunan dengan <i>Sheetpile</i>	73
BAB VI KESIMPULAN		79
6.1	Kesimpulan	79
DAFTAR PUSTAKA		81

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Jalan Tol Prorong Gempol.....	2
Gambar 1. 2	Lokasi pekerjaan paket 3A dan 3B	2
Gambar 2. 1	Diagram Skematik Kelongsoran Talud	9
Gambar 2. 2	Rotation Slide	10
Gambar 2. 3	Translational Slide	11
Gambar 2. 4	Surface Slide.....	11
Gambar 2. 5	Deep Slice.....	11
Gambar 2. 6	Kriteria keruntuhan Mohr-Coulumb.....	13
Gambar 2. 7	Lingkaran Mohr (Das, 2010)	15
Gambar 2. 8	Metode Bishop.....	17
Gambar 2. 9	Gaya-gaya yang bekerja pada pias $-i$	17
Gambar 2. 10	Kurva pengaruh I.....	21
Gambar 2. 11	Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan.....	22
Gambar 2.12	Prediksi total pemampatan konsolidasi dengan Metode Asaoka.....	25
Gambar 2. 13	Grafik hubungan antara gerakan horizontal lapisan bawah permukaan dengan kedalaman	27
Gambar 2. 14	Grafik parameter λ dan α	30
Gambar 3. 1	Bagan Alir.....	34
Gambar 4. 1	Grafik hasil Sondir lapangan	38
Gambar 4. 2	Denah statigrafi.....	40
Gambar 4. 3	Statigrafi Potongan I Sta 40+950 - 41+250	41
Gambar 4. 4	Statigrafi Potongan II Sta 41+350 – 41+710	43
Gambar 4. 5	Statigrafi Potongan III Sta 41+750 - 42+200	44
Gambar 4. 6	Pemasangan Instrumen Geoteknik Settlement Plate	48
Gambar 4. 7	<i>Layout</i> lokasi titik Instrumentasi Geoteknik.....	49
Gambar 4.8	Pemasangan Instrumen Geoteknik Pneumatic Piezometer	51

Gambar 4. 9	Pemasangan Instrumen Geoteknik Inclinometer ..	53
Gambar 4. 10	Sketsa Rencana Penimbunan	54
Gambar 5. 1	Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-05	57
Gambar 5. 2	Lokasi titik IN-01.....	61
Gambar 5. 3	Grafik <i>displacement</i> IN – 01.....	62
Gambar 5. 4	Plot Koordinat IN – 01.....	63
Gambar 5. 5	Hasil SF minimum dari program XSTABL.....	69
Gambar 5. 6	Hasil Output program XSTABL.....	70
Gambar 5. 7	Grafik menentukan nilai f.....	71
Gambar 5. 8	Grafik menentukan nilai f.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Korelasi N-SPT dan Konsistensi Tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung).....	8
Tabel 4. 1	Rekap data tanah.....	37
Tabel 4. 2	Rekap Konsistensi Tanah Potongan I.....	42
Tabel 4. 3	Rekap Konsistensi Tanah Potongan II.....	42
Tabel 4. 4	Rekap Konsistensi Tanah Potongan III	45
Tabel 4. 5	Data tanah STA 41+570 (S7)	46
Tabel 4. 6	Rekap titik Instrumen Geoteknik.....	47
Tabel 5. 1	Sisa Settlement Seluruh Titik Settlement Plate .	58
Tabel 5. 2	Rekap nilai Final settlement dan derajat konsolidasi (U) aktual.....	59
Tabel 5. 3	Hasil cek kestabilan IN – 01	63
Tabel 5. 4	Hasil bacaan piezometer PP - 03	66
Tabel 5. 5	Hasil cek kestabilan PP - 03	66
Tabel 5. 6	Kondisi SF dengan Cu lama	67
Tabel 5. 7	Kondisi SF dengan Cu baru.....	68
Tabel 5. 8	Perhitungan jumlah micropile.....	77

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan manusia dan barang di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami kenaikan sebesar 6 % (Badan Pusat Statistik, 2016). Pertumbuhan manusia dan barang yang semakin bertambah menyebabkan laju transportasi manusia dan barang meningkat. Peningkatan laju transportasi ini ditandai dengan adanya kemacetan jalan sehingga diperlukan sebuah jalan baru untuk memperlancar mobilitas arus barang dan manusia. Pembangunan sebuah jalan tol adalah salah satu solusi yang dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi suatu daerah serta dapat membantu mobilitas antara barang dan manusia lebih cepat. Dalam rangka meningkatkan pertumbuhan ekonomi terutama di Jawa Timur maka perlu dibangun jalan tol yang menghubungkan kota-kota besar seperti Surabaya-Malang-Pasuruan. Salah satu jalan tol yang dapat mempercepat mobilitas antara kota Surabaya dan kota sekitarnya adalah jalan tol Porong-Gempol. (**Gambar 1.1**).

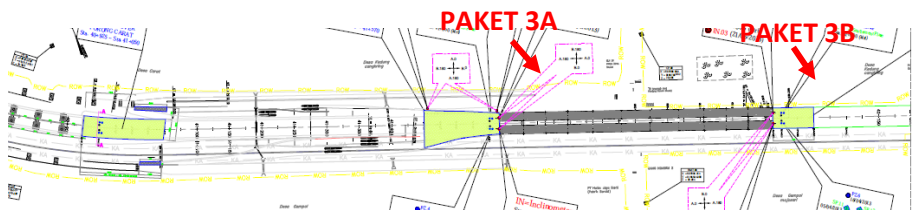
Jalan tol Porong-Gempol merupakan bagian dari jalan tol Trans-Jawa. Jalan tol Porong-Gempol dibangun sepanjang 10 km dan merupakan akses baru hasil relokasi akibat lumpur Lapindo. Pembangunan jalan tol Porong-Gempol ini dibagi menjadi 2 paket pekerjaan yaitu paket 3A dan 3B (**Gambar 1.2**). Pekerjaan paket 3A dimulai pada STA 39.250 - 46.650 dan pekerjaan paket 3B dimulai pada STA 46.650 - 48.366,50.

Pada tahun 2014 telah terjadi kelongsoran pada paket 3B yang menyebabkan rumah warga sekitar area proyek rusak dan bergesernya *retaining wall* ± 2.5 meter. Kelongsoran terjadi pada tanah timbunan sisi utara (pada jalur arah ke Gempol) di belakang *abutment* jembatan (**Gambar 1.3**). Kelongsoran tanah tidak terjadi pada sisi selatan timbunan, hanya mengalami pergerakan maju sebesar 10 s/d 20 cm.

Perkuatan yang berupa tembok penahan tanah (*retaining wall*) juga mengalami keretakan sehingga tidak bisa menahan terjadinya longsor pada paket 3B.

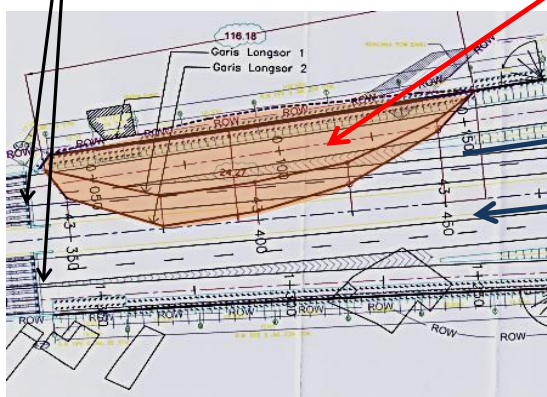


Gambar 1. 1 Jalan Tol Prorong Gempol
(Sumber : Google Earth)



Gambar 1. 2 Lokasi pekerjaan paket 3A dan 3B
(Sumber : PT. Jasa Marga (Persero) Tbk)

abutment jembatan



pergeseran dan penurunan tanah (kelongsoran), sisi Utara

arah ke Gempol (ke Timur)

arah ke Japanan (ke Barat)

Gambar 1.3 Lokasi kelongsoran pada paket 3B
(Sumber : PT. Jasa Marga (Persero) Tbk)

Kejadian kelongsoran pada tanah timbunan paket 3B ini dikhawatirkan juga akan terjadi pada tanah timbunan paket 3A mengingat tinggi timbunan pada pekerjaan paket 3A maupun 3B yang hampir sama yaitu sekitar 7 meter dan dibangun pada kondisi tanah dasar yang sama-sama lunak. Oleh karena itu perlu di analisa stabilitas tanah timbunan. Selain itu diperlukan alternatif perkuatan yang cocok agar tidak terjadi kelongsoran pada paket 3A.

Di lapangan telah dilakukan monitoring dan didapatkan data instrumen geoteknik. Data instrumen geoteknik berupa data *inclinometer*, *piezometer*, dan *settlement plate*. Berdasarkan data instrumen geoteknik tersebut, dapat dibandingkan antara hasil perhitungan rumusan empiris yang dilakukan dalam perencanaan terhadap kondisi sesungguhnya yang ada di lapangan. Selain itu dapat dicari penyebab kelongsoran pada paket 3B dan mengapa paket 3A belum longsor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi tanah dasar pada jalan tol Porong-Gempol paket 3A?
2. Bagaimana stabilitas timbunan pada jalan tol Porong-Gempol paket 3A?
3. Mengapa tidak terjadi kelongsoran pada paket 3A sedangkan paket 3B longsor?
4. Bagaimana alternatif perkuatan yang diperlukan supaya paket 3A tidak mengalami kelongsoran seperti yang terjadi pada paket 3B?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui stabilitas timbunan pada jalan tol Porong-Gempol paket 3A.
2. Mengetahui alternatif perkuatan yang diperlukan pada paket 3A supaya tidak terjadi kelongsoran seperti yang terjadi pada paket 3B.
3. Mengetahui perbandingan rumus empiris terhadap instrumen geoteknik yang ada di lapangan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah untuk Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak melihat kondisi geologis dari peta geologi tanah.
2. Data yang dipakai dalam tugas akhir ini adalah data sekunder dan data instrumen geoteknik (*inclinometer*, *piezometer*, dan *settlement plate*).
3. Tidak menghitung RAB.
4. Tidak menghitung metode pelaksanaan.

1.5 Manfaat

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan referensi atau evaluasi terkait permasalahan longsor pada pekerjaan timbunan dan desain perkuatan yang cocok pada pekerjaan jalan tol khususnya.
2. Mengetahui validitas rumusan empiris dengan data instrumen geoteknik yang ada di lapangan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Tanah Lunak

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersegmentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Menurut K. Terzaghi, tanah terdiri dari butiran-butiran material hasil pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran butirannya bisa sebesar bongkahan, berangka, pasir, lanau, lempung, dan kontak butirnya tidak tersegmentasi termasuk bahan organik.

Lapisan tanah yang disebut sebagai lapisan tanah lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*) yang mempunyai harga penetrasi standar (SPT) N yang lebih kecil dari 4. Selain itu terdapat korelasi antara N -SPT dengan jenis konsistensi tanah yang lain seperti dijelaskan pada **Tabel 2.1**.

Tanah lempung memiliki gaya geser yang kecil, pemampatan yang besar, dan koefisien permeabilitas yang kecil. Nilai kekuatan geser tanah lempung ditentukan dari ikatan butiran antar partikel tanah. Dari permasalahan tersebut, secara teknis tanah lempung bersifat kurang menguntungkan untuk suatu pekerjaan konstruksi. Oleh karena itu, diperlukanlah suatu perkuatan pada tanah lunak.

Tabel 2. 1 Korelasi N-SPT dan Konsistensi Tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung)

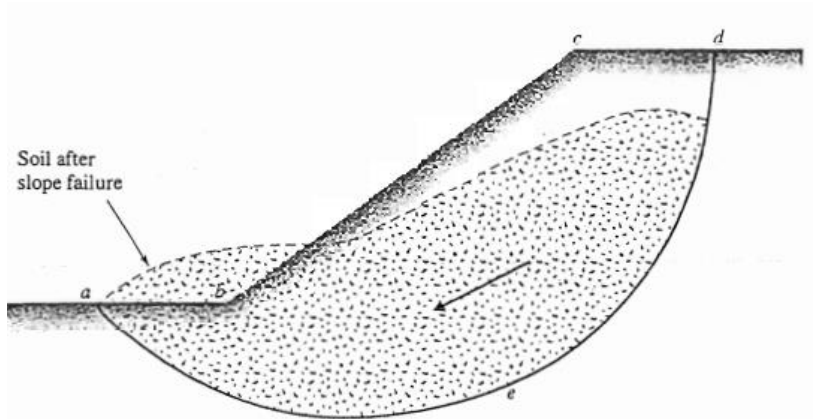
Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, Cu		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, qc (dari Sondir)	
	kPa	ton/m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.0	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10 – 20	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	>200	>20	>40	>150	>15000

(Sumber: Mochtar 2006: revised 2012)

2.2 Lereng

Suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal dan tidak dilindungi, disebut talud tak tertahan (*unrestrained slope*). Talud ini dapat terjadi secara alamiah atau buatan. Bila permukaan tanah tidak datar, maka komponen berat tanah yang sejajar dengan kemiringan talud akan menyebabkan tanah bergerak ke arah bawah seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 2.1**.

Bila komponen berat tanah tersebut cukup besar, kelongsoran talud dapat terjadi, yaitu tanah dalam zona a b c d e a dapat menggelincir ke bawah. Dengan kata lain, gaya dorong (*driving force*) melampaui gaya berlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor (Das, 1985).



Gambar 2. 1 Diagram Skematik Kelongsoran Talud
(Sumber: Das 2010)

2.2.1 Jenis-Jenis Lereng

Lereng dibedakan menjadi dua yaitu:

1. Infinite slope (tinggi tak terbatas)

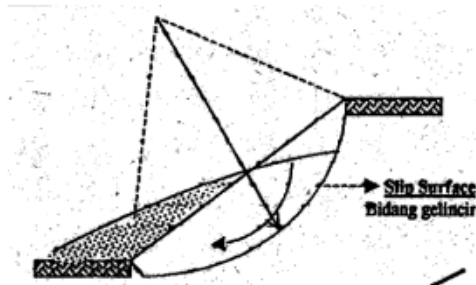
Lereng tinggi tak terbatas atau lereng menerus diasumsikan bahwa permukaan kelongsoran potensial adalah sejajar dengan permukaan lereng dengan kedalaman yang dangkal bila dibandingkan dengan panjang lereng. Lereng tersebut dianggap memiliki panjang tak terhingga dengan mengabaikan pengaruh ujungnya (Craig, 1987).

2. Finite slope (tinggi terbatas)

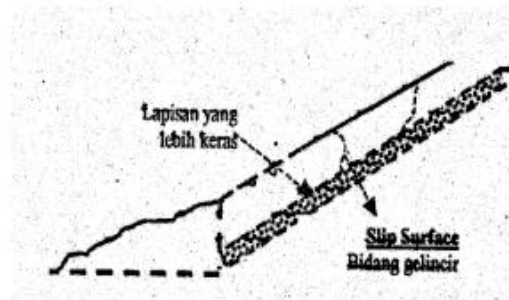
Lereng dengan tinggi terbatas adalah apabila harga Hcr mendekati tinggi lereng (Das, 1985). Analisis terhadap lereng dengan tinggi terbatas yang berada pada tanah yang homogen, dilakukan dengan asumsi bidang longsor terjadi pada bidang yang lengkung.

2.2.2 Macam- macam kelongsoran lereng

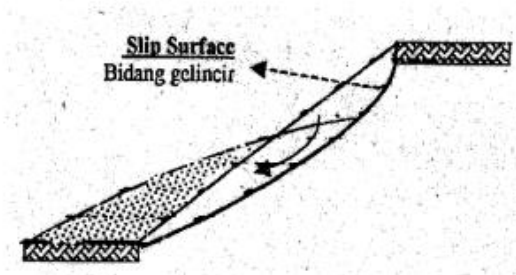
Terdapat beberapa tipe kelongsoran yang sering terjadi, berikut ini adalah tipe kelongsoran berdasarkan jenis bidang longsornya yang dibagi menjadi 4 (empat) yaitu *Rotational Slide*, *Translational Slide*, *Surface Slide*, *Deep slide*. *Rotational Slide* merupakan kelongsoran yang bidang longsornya serupa dengan busur derajat, log spiral dan bentuk lengkung yang tidak teratur seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.2**. Jenis kelongsoran tipe *Translational Slide* ini terjadi apabila ada dua tanah yang memiliki kekuatan geser yang berbeda dan bidang longsornya terjadi pada batas lapisan tanah yang berbeda tersebut (**Gambar 2.3**). Kelongsoran yang terjadi pada tipe *Surface Slide* yaitu bidang longsornya berbentuk dangkal dan masih dalam batas lereng seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.4**. *Deep slide* memiliki bidang longsor yang terletak jauh dibawah permukaan tanah dan dalam seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



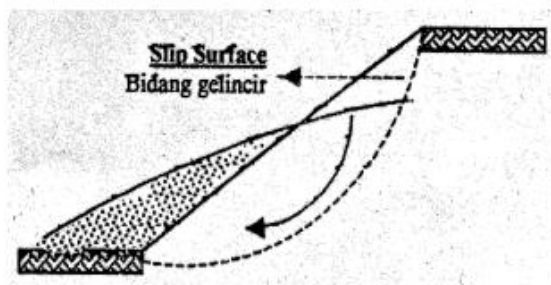
Gambar 2. 2 *Rotation Slide*



Gambar 2.3 *Translational Slide*



Gambar 2.4 *Surface Slide*



Gambar 2.5 *Deep Slice*

2.2.3 Penyebab Kelongsoran pada Lereng

Faktor-faktor penyebab ketidakstabilan talud yang dapat dibagi menjadi dua kelompok besar (Terzaghi, 1950) adalah:

a. Faktor Dari Luar

Faktor ini disebabkan karena meningkatnya tegangan geser yang terjadi pada tanah sehingga faktor keamanannya menjadi turun ($f_k < 1$). Hal ini dapat disebabkan oleh:

1. Turunnya tegangan horizontal tanah
2. Peningkatan tegangan vertikal tanah
3. Gempa bumi

b. Faktor Dari Dalam

Faktor ini disebabkan oleh penurunan kekuatan geser tanah yang disebabkan oleh:

1. Peningkatan kadar air yang terjadi pada tanah lempung
2. Struktur geologi dan keadaan geometri talud
3. Absorpsi oleh mineral lempung yang biasanya diikuti oleh penurunan harga kohesi tanah
4. Penyusutan tanah lempung
5. Perubahan berat volume dan tekanan air pori tanah

Sedangkan menurut Vames (1958) dalam Bismoseno (2006), faktor-faktor ketidakstabilan suatu lereng diuraikan menjadi 2 kelompok juga yaitu:

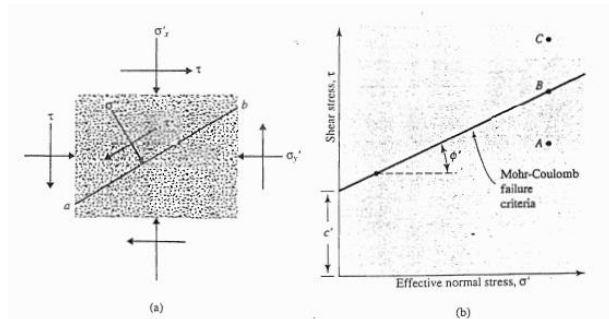
- a. Tegangan geser yang meningkat yang disebabkan oleh bertambahnya beban lereng (bangunan dan timbunan pada bagian atasnya), hilangnya dukungan lateral (pemotongan dan penggalian pada kaki lereng), perubahan muka air yang berbatasan dengan lereng dan berlangsung cepat (sudden draw down), meningkatnya tegangan lateral (celah-celah retakan terisi oleh air), dan akibat beban gempa yang terjadi.
- b. Terjadi pengurangan tahanan geser yang disebabkan oleh meningkatnya tekanan air pori yang mengurangi tegangan efektif (infiltrasi air hujan kedalam lereng, tidak terkontrolnya aliran air dalam drainase, gempa bumi yang menyebabkan

tekanan air murni), pengembangan pada tanah lempung, pelapukan dan degradasi sifat kimia serta keruntuhan progresif karena melemahnya tegangan geser.

2.2.4 Tahanan Geser Tanah

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut persatuan 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 (Das, 1985).

Teori tentang keruntuhan disuguhkan oleh Mohr (1980). Teori tersebut menyatakan bahwa keruntuhan terjadi pada suatu material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan tegangan geser, dan bukan hanya akibat tegangan normal maksimum atau tegangan geser maksimum saja seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6



Gambar 2. 6 Kriteria keruntuhan Mohr-Coulumb
(Sumber: Das 2010)

Teori keruntuhan Mohr-Coulomb menghasilkan persamaan yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$\tau_f = f(\sigma) \quad (2.1)$$

Garis keruntuhan yang dinyatakan pada Persamaan (2.1) berbentuk lingkaran seperti yang diperlihatkan oleh gambar 2.6 (b). Untuk sebagian besar masalah-masalah mekanika tanah, garis tersebut cukup didekati dengan sebuah garis lurus yang menunjukkan hubungan linier antara tegangan normal dan tegangan geser (Coulomb, 1776). Sehingga Persamaan (2.1) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi \quad (2.2)$$

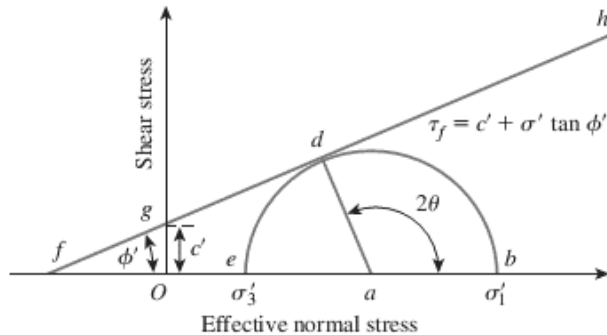
Keterangan :

c = kohesi

ϕ = sudut geser tanah

σ = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor

Nilai c dan ϕ merupakan komponen utama pada kuat geser tanah. Nilai c (kohesi) adalah nilai lekatan yang dimiliki suatu elemen tanah. Namun hanya tanah yang bersifat lempung saja yang memiliki nilai c , sedangkan pasir tidak memiliki nilai c . Kemudian untuk sudut geser dalam pada saat keruntuhan adalah sebesar $\theta = 45 + (\phi/2)$. Hubungan antara nilai c , ϕ , θ , tegangan geser, dan tegangan normal dapat dilihat pada Gambar 2.7. Gambar 2.7 disebut juga sebagai lingkaran Mohr yang mewakili tegangan pada saat runtuh. Garis keruntuhan dinyatakan dengan Persamaan (2.2) menyinggung lingkaran Mohr pada titik d. Jadi, keruntuhan geser yang terjadi pada bidang tertentu dapat dinyatakan dengan lingkaran berjari-jari d , dan bidang tersebut harus membentuk kemiringan sudut $\theta = 45 + (\phi/2)$ terhadap bidang utama.



Gambar 2. 7 Lingkaran Mohr (Das, 2010)

2.2.5 Analisa Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng merupakan suatu analisis guna memeriksa keamanan lereng alamiah, lereng galian maupun lereng timbunan. Sehingga faktor keamanan atau *safety factor* (SF) harus diperhitungkan. Untuk menentukan angka keamanan dari suatu lereng dapat menggunakan rumus sebagai berikut (Das 1985) :

$$F_s = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Dimana :

F_s = angka keamanan

τ_f = kekuatan tanah untuk menahan kelongsoran

τ_d = gaya dorong yang bekerja sepanjang bidang longsor

Suatu lereng dapat diketahui longsor atau tidak berdasarkan nilai SF nya. Apabila nilai $SF < 1$, maka lereng tersebut terjadi longsor. Jika $SF = 1$, maka kondisi lereng dapat dinyatakan kritis atau tepat akan mengalami longsor. Sedangkan apabila SF

> 1 maka lereng dapat dinyatakan stabil dan tidak mengalami longsor.

2.2.6 Teori bishop

Analisa kelongsoran dapat dihitung dengan menggunakan metode irisan yang telah disederhanakan (Bishop,1955). Metode bishop ini menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Metode ini digunakan untuk mencari jari-jari kelongsoran. Metode Bishop lebih banyak dipakai karena lintasan longsor kritis yang dihasilkan dari perhitungan lebih mendekati dengan hasil pengamatan di lapangan. Berikut adalah prinsip Metode Bishop:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^m [c' \cdot bi + (wi - ui \cdot bi) \operatorname{tg} \phi'] \frac{1}{\cos \alpha_i (1 + \operatorname{tg} \alpha_i \frac{\operatorname{tg} \phi'}{F}}}{\sum_{i=1}^m wi \cdot \sin \alpha_i} \geq 2$$

Dimana:

F = faktor keamanan

c' = kohesi tanah efektif

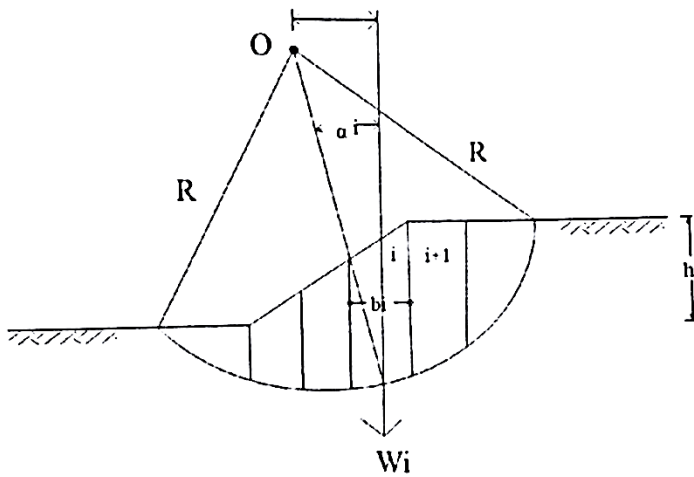
ϕ' = sudut geser dalam tanah

bi = lebar irisan ke-i

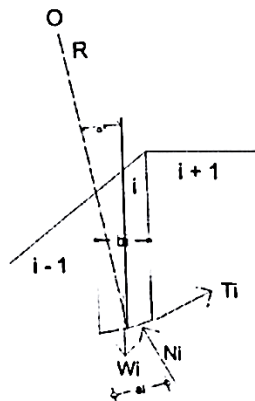
wi = berat tanah irisan ke-i

α_i = sudut yang didefinisikan

ui = tekanan air pori pada irisan ke-i



Gambar 2.8 Metode Bishop



Gambar 2.9 Gaya-gaya yang bekerja pada pias $-i$

2.3 Pemampatan

Secara umum, pemampatan (*settlement*) pada tanah dibagi menjadi 2 berdasarkan pembebanannya, yaitu :

1. Pemampatan Segera

Pemampatan segera disebabkan oleh deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Pemampatan segera ini terjadi pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus kering (tidak jenuh).

2. Pemampatan Konsolidasi

Pemampatan konsolidasi disebabkan oleh perubahan volume tanah jenuh air akibat proses konsolidasi. Pemampatan konsolidasi dibagi menjadi 2, yaitu pemampatan konsolidasi primer dan pemampatan konsolidasi sekunder. Pemampatan konsolidasi primer dipengaruhi oleh kecepatan aliran air pori meninggalkan rongga pori tanah akibat beban. Sedangkan pemampatan konsolidasi sekunder adalah pemampatan lanjutan dari pemampatan konsolidasi primer dan prosesnya berjalan sangat lambat.

2.3.1 Persamaan Pemampatan

Menurut Das (1985), besarnya pemampatan tanah total adalah sebagai berikut :

$$S = S_i + S_{cp} + S_{cs} + S_{lat}$$

Dimana:

S = pemampatan total

S_i = pemampatan segera

S_{cp} = pemampatan konsolidasi primer

S_{cs} = pemampatan konsolidasi sekunder

S_{lat} = pemampatan akibat pergerakan tanah arah lateral

Besarnya pemampatan tanah akibat konsolidasi primer menurut Wahyudi (1997) bergantung pada kondisi sejarah tanah tersebut. Kondisi tanah dibedakan menjadi 2 yaitu *normally consolidated* (NC) dan *overconsolidated* (OC). Sehingga untuk menghitung besarnya pemampatan akibat konsolidasi primer menggunakan rumus dibawah ini:

1. Tanah normally consolidated (NC-Soil)

$$S_c = \frac{C_c}{1+e_0} H \log \frac{p'_{0} + \Delta p}{p'_{0}}$$

2. Tanah overconsolidated (OC-Soil)

$$S_c = \frac{C_s}{1+e_0} H \log \frac{p'_{1c}}{p'_{10}} + \frac{C_c}{1+e_0} H \log \frac{p'_{0} + \Delta p}{p'_{1c}}$$

Dimana:

- S_c = pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau, lapisan ke i.
 H_i = tebal lapisan tanah ke-i.
 e_0 = angka pori awal dari lapisan tanah ke-i.
 C_c = *compression Index* dari lapisan tanah tersebut. (lapisan ke-i)
 C_s = *swelling Index* dari lapisan tanah tersebut. (lapisan ke-i)
 $P_{o'}$ = tekanan tanah *vertical effective* di suatu titik di tengah-tengah lapisan ke-i akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut di lapangan. (*effective overburden pressure*)
 P_c = *effective past overburden pressure*, tegangan konsolidasi *effective* dimasa lampau yang lebih besar dari pada $P_{o'}$.
 Δp = penambahan tegangan *vertical* di titik yang ditinjau (di tengah lapisan ke-i) akibat beban timbunan jalan yang baru.

2.3.2 Distribusi tegangan akibat beban timbunan

Besar beban yang ada di muka tanah akan didistribusikan ke dalam lapisan tanah dan bergantung pada:

- a. Besar beban persatuan luas yang diberikan di muka tanah
- b. Bentuk dan luas area yang dibebani di muka tanah
- c. Kedalaman lapisan tanah yang akan ditentukan besar penambahan bebannya
- d. Faktor-faktor lainnya

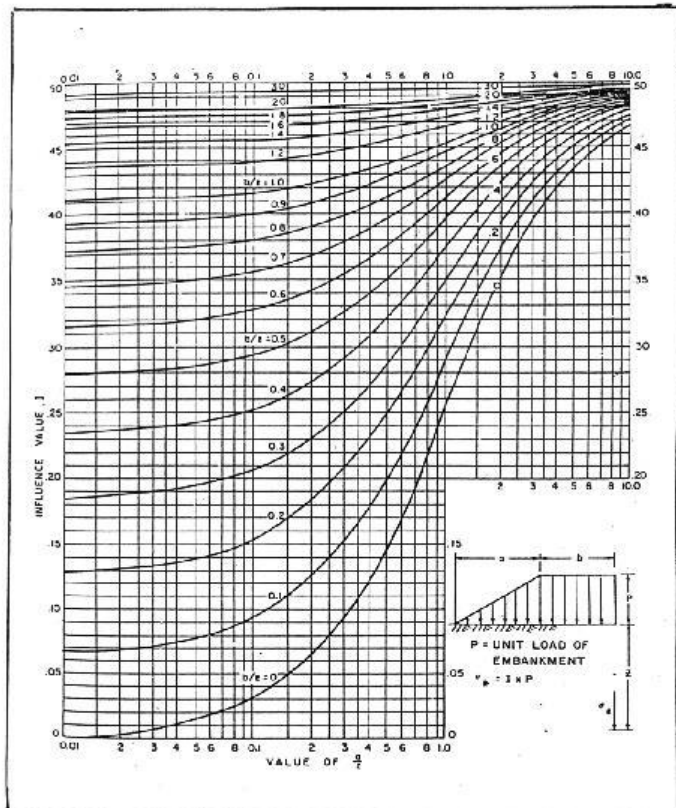
Besar penambahan beban (Δp) akibat beban *embankment* (timbunan bentuk trapesium) dapat dihitung dengan formula sebagai berikut (NAVFAC DM-7,1970):

$$\Delta p = \sigma z = 2 \times I \times q$$

Dimana:

q = tegangan vertikal efektif di muka tanah berupa timbunan

I = faktor pengaruh (influence factor) yang ditentukan dari kurva (NAVFAC DM-7,1970) yang diberikan pada **Gambar 2.10**.



Influence Value for Vertical Stress Under Embankment Load of Infinite Length

Gambar 2. 10 Kurva pengaruh I
(Sumber: NAVFAC DM-7,1970)

2.3.3 Waktu konsolidasi

Pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar yang terjadi karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous, yaitu: keatas atau kebawah saja (*single drainage*) atau keatas

dan kebawah (*double drainage*). Waktu konsolidasi dapat diasumsikan sebagai berikut:

$$t = \frac{T (Hdr)^2}{Cv}$$

Dimana:

t = waktu konsolidasi

T = time factor

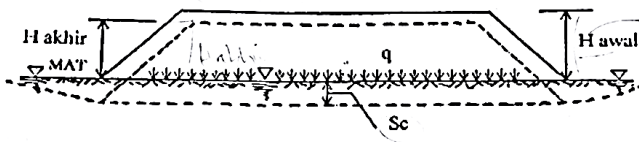
Hdr = jarak terjauh air pori di lapisan tanah untuk mengalir keluar

Cv = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori vertikal

Untuk tanah berlapis-lapis dengan ketebalan berbeda, harga Cv gabungan dapat dicari dengan formula sebagai berikut:

$$Cv \text{ gabungan} = \frac{(H1 + H2 + \dots + Hn)^2}{\left[\frac{H1}{\sqrt{Cv1}} + \frac{H2}{\sqrt{Cv2}} + \dots + \frac{Hn}{\sqrt{Cvn}} \right]^2}$$

Suatu timbunan setelah mengalami pemampatan akan mengalami perubahan “berat” karena selama terjadi pemampatan sebagian tanah timbunan “tenggelam” berada dibawah muka air tanah, seperti terlihat pada gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan (Mochtar,2000)

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} \times \gamma_{\text{timbunan}}$$

$$q_{\text{akhir}} = H_{\text{akhir}} \times \gamma_{\text{timbunan}} + S_c \times (\gamma_{\text{timbunan}} - \gamma_{\text{water}})$$

$$q_{\text{akhir}} = (H_{\text{awal}} - S_c) \gamma_{\text{timb}} + S_c (\gamma_{\text{sat}} - \gamma_{\text{timb}} - \gamma_w)$$

$$q = H_{\text{awal}} \cdot \gamma_{\text{timb}} - S_c (\gamma_{\text{timb}} - \gamma')$$

Untuk konsolidasi γ_{sat} tidak sama dengan γ_{timb} maka,

$$H_{\text{awal}(i)} = [\{ q(i) + S_{c(i)} (\gamma_{\text{timb}} - \gamma_{\text{timb}'}) \} / \gamma_{\text{timb}}]$$

Untuk kondisi γ_{sat} sama dengan γ_{timb} maka,

$$q = H_{\text{awal}} \cdot \gamma_{\text{timb}} - S_c \cdot \gamma_w$$

$$H_{\text{awal}(i)} = [\{ q(i) + S_{c(i)} (\gamma_w) \} / \gamma_{\text{timb}}]$$

Hubungan antara tinggi timbunan awal dan tinggi timbuna akhir:

$$H_{\text{akhir}(i)} = H_{\text{awal}(i)} - S_{c(i)}$$

Persamaan menghitung tinggi timbunan kritis (Hcr):

$$q_u = 2 \cdot C_u$$

$$q_u = \gamma_{\text{timb}} \cdot H_{cr}$$

Jadi,

$$H_{cr} = \frac{2 \times C_u}{\gamma_{\text{timb}}}$$

Dimana,

C_u = kohesi tanah dasar

γ_{timb} = berat volume tanah timbunan

H_{cr} = tinggi timbunan kritis

Apabila penimbunan dilakukan secara bertahap, maka terjadi kenaikan tegangan (Δp) per tahap lapisan tanah yang berpengaruh juga pada kenaikan harga C_u karena beban timbunan mengakibatkan tanah lebih padat.

2.3.4 Rumus empiris kenaikan daya dukung tanah

Sebagai akibat terjadinya konsolidasi pada suatu lapisan tanah, maka lapisan tanah yang bersangkutan menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah juga meningkat sebagai akibat kenaikan harga C_u (*undrained shear strength*).

Kenaikan daya dukung akibat beban timbunan sebesar ΔP , yaitu:

$$\Delta P_{U_1} = \left(\frac{\sigma'_{1'}}{p'_{o'}}\right)^{U_1} \times p'_{o'} - p'_{o'}$$

Dimana:

$p'_{o'}$ = tegangan tanah awal (tegangan *overburden*)

ΔP = penambahan beban

Apabila t_1 adalah periode pemberian beban dan U_1 derajat konsolidasi, maka tegangan tanah di lapisan yang ditinjau menjadi:

$$\sigma'_{(\text{baru})} = p'_{o'} + \left[\left(\frac{\sigma'_{1'}}{p'_{o'}}\right)^{U_1} \times p'_{o'} - p'_{o'}\right]$$

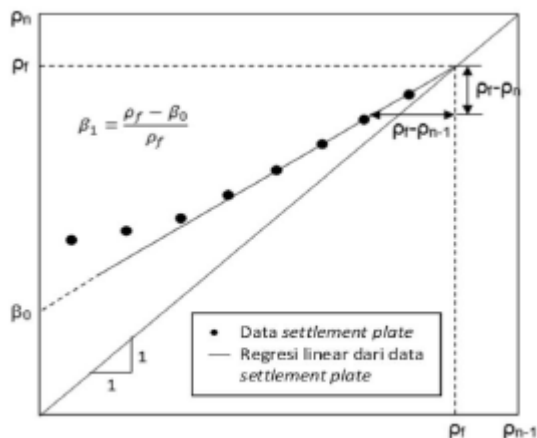
Harga C_u baru dari tanah pada saat $t = t_1$ adalah:

- Untuk harga plasticity index (PI) < 120%
 $C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [0,0737 + (0,1899 - 0,0016\text{PI})] \times \sigma'_{(\text{baru})}$
- Untuk harga plasticity index (PI) \geq 120%
 $C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = [0,0737 + (0,0454 - 0,00004\text{PI})] \times \sigma'_{(\text{baru})}$

2.3.5 Pemampatan konsolidasi dengan metode Asaoka

Total pemampatan konsolidasi menggunakan metode Asaoka dapat dilakukan dengan cara membuat kurva Asaoka dimana semua hasil bacaan dari satu settlement plate di plot ke dalam satu grafik. Sumbu-y pada grafik adalah bacaan hari ke- n (ρ_n) dan sumbu-x adalah bacaan hari ke $n-1$ (ρ_{n-1}). Total pemampatan konsolidasi ρ_r dapat diperoleh pada perpotongan antara *trendline* garis ρ_n vs ρ_{n-1} dengan garis $\rho_n = \rho_{n-1}$ (**Gambar 2.12**).

Dengan menggunakan kurva Asaoka tersebut, total pemampatan yang akan terjadi pada seluruh *settlement plate* dapat diketahui. Selanjutnya dengan menggunakan data *settlement plate* yang telah terjadi di lapangan, maka sisa *settlement plate* dapat diketahui juga, dimana sisa *settlement plate* = total *settlement plate* – *settlement* aktual.



Gambar 2. 12 Prediksi total pemampatan konsolidasi dengan Metode Asaoka.
(Asaoka, 1978)

2.4 Instrumen Geoteknik

2.4.1 Inclinometer

Inclinometer adalah salah satu instrumen geoteknik yang dipakai untuk mendeteksi apakah penurunan yang terjadi tidak membahayakan struktur disekitarnya. Inclinometer juga berfungsi untuk mengukur dan menghitung kuat geser tanah. Sehingga alat ini dapat memberikan “*early warning*” untuk tanah timbunan apakah kuat gesernya masih mampu menahan tanah timbunan diatasnya agar tidak mengalami kelongsoran.

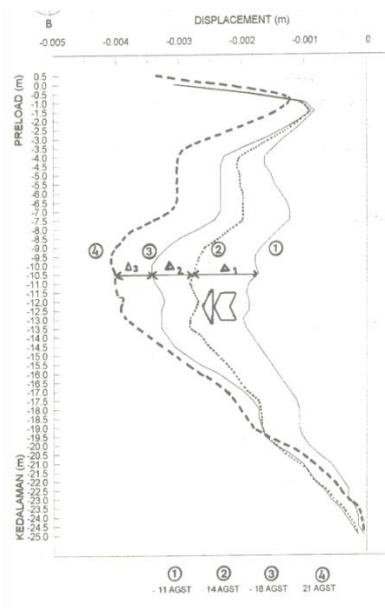
2.4.2 Spesifikasi Inclinometer

Pencatatan data pada saat monitoring inclinometer adalah pencatatan elevasi bagian atas pipa inclinometer dan pengukuran sebanyak 3 (tiga) kali pembacaan untuk memperoleh bacaan awal yang konstan. Pembacaan dilakukan dengan read out unit, paling sedikit 1 (satu) kali setiap hari terutama pada saat penambahan beban kerja yaitu saat penimbunan. Hasil monitoring inclinometer terdiri dari :

- a. Data pembacaan pergerakan horizontal
- b. Data timbunan
- c. Grafik hubungan antara gerakan horizontal lapisan bawah permukaan dengan kedalaman
- d. Deformasi horizontal terhadap waktu

2.4.3 Syarat Kestabilan Timbunan berdasarkan Inclinometer

Syarat kestabilan inclinometer dapat dilihat berdasarkan grafik hubungan antara gerakan horizontal lapisan bawah permukaan dengan kedalaman seperti dibawah ini :



Gambar 2. 13 Grafik hubungan antara gerakan horizontal lapisan bawah permukaan dengan kedalaman (Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Tanah timbunan dikatakan stabil apabila memenuhi syarat berikut ini:

1. $\Delta n < \dots < \Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$, dengan Δt konstan.
2. $Y = Y_{\text{aktual}} / Y_{z \text{ max}}$

Dimana :

$Y_{z \text{ max}} = 0,16 \times S_{\text{max}}$

S_{max} = settlement total di sumbu simetris vertical beban timbunan, diperoleh dari perhitungan teoritis

Safety factor untuk syarat keamanan inclinometer adalah $\geq 1,3$

2.4.4 Pneumatic Piezometer

Dalam mengantisipasi ketidakvalidan data oleh *settlement plate* maka salah satu instrumen geoteknik lain yang dapat digunakan untuk mengontrol data tersebut adalah dengan menggunakan Pneumatic Piezometer. Piezometer ini berfungsi untuk memonitor tekanan air pori pada tanah. Tekanan air pori ini sangat penting dengan penurunan tanah karena jika tekanan air pori tanah besar maka akan mengakibatkan tegangan efektif tanah sebagai daya dukung akan berkurang.

2.4.5 Spesifikasi Monitoring Pneumatic Piezometer

Pengukuran awal dilakukan setiap hari sampai diperoleh hasil 3 (tiga) kali pengukuran terakhir sudah tetap. Pembacaan dilakukan dengan read out unit. Hasil monitoring pneumatic piezometer adalah sebagai berikut:

- a. Hasil pengukuran awal
- b. Elevasi ujung atas tiap piezometer
- c. Data timbunan
- d. Grafik hubungan antara besarnya tekanan air pori tanah terhadap waktu

2.4.6 Syarat Kestabilan Timbunan berdasarkan Pneumatic Piezometer

$$\Delta U \leq I \cdot \gamma \cdot \Delta H$$

Dimana :

ΔU = variasi tegangan air pori tanah, diperoleh dari bacaan piezometer

I = koefisien pengaruh = 1,0

γ = berat volume tanah timbunan,

ΔH = variasi beban yang diterapkan di permukaan tanah

2.4.7 Settlement plate

Settlement plate adalah alat instrumen geoteknik yang berfungsi untuk mengukur penurunan tanah yang terjadi selama waktu tertentu. Penurunan tanah yang ini akan menjadi dasar apakah kondisi tanah masih mengalami penurunan (*intermediate settlement*) atau sudah tidak mengalami penurunan akhir (*final settlement*).

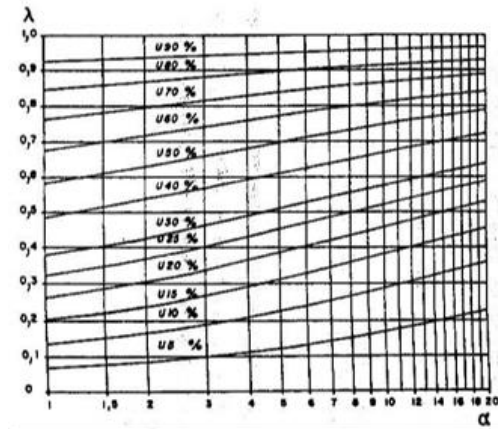
2.4.8 Spesifikasi Settlement Plate

Pencatatan elevasi awal settlement plate berdasarkan data awal yang diperoleh pada waktu pemasangan. Pengukuran sebanyak 4 (empat) kali pembacaan untuk memperoleh elevasi yaitu nilai rata-rata keempat bacaan tersebut. Hasil monitoring dari settlement plate adalah sebagai berikut:

- a. Data pembacaan pergerakan vertikal
- b. Data timbunan
- c. Grafik antara gerakan vertikal tanah terhadap waktu

2.4.9 Menentukan Derajat Konsolidasi Aktual Berdasarkan Hasil Settlement Plate

Besarnya derajat konsolidasi aktual, $U(\%)$ dapat dicari secara grafis dengan mempertemukan parameter λ dan α :



Gambar 2. 14 Grafik parameter λ dan α
(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

2.4.10 Menentukan parameter λ dan α

$$\lambda = \frac{Sct}{S\infty} \text{ dan } \alpha = \frac{\Delta\sigma}{\sigma'_{vo}}$$

dimana :

Sct = besarnya settlement pada waktu t

$S\infty$ = besarnya consolidation langsung di lapangan, diperoleh dari perhitungan teoritis atau metode Asaoka

$\Delta\sigma$ = besarnya surcharge γ timbunan x H timbunan pada waktu t
 γ timbunan = berat jenis timbunan

H timbunan = tinggi timbunan

σ'_{vo} = overburden pressure efektifive = $\frac{1}{2}$ H tanah x γ tanah'

H tanah = tebal lapisan tanah kompresibel

γ_{tanah} = berat jenis kompresibel

2.5 Perencanaan Perkuatan

2.5.1 Perencanaan cerucuk

Salah satu cara untuk meningkatkan tahanan geser adalah dengan menggunakan cerucuk. Tahanan geser tanah merupakan komponen utama daya dukung tanah.

Momen tambahan (ΔM_R) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta M_R = (SF_{\text{rencana}} \times M_p) - M_R$$

$$M_p = M_R / SF$$

Keterangan :

ΔM_R = momen penahan tambahan yang akan dipikul oleh cerucuk

M_R = momen penahan atau momen perlawanan

M_p = momen penggerak atau momen pendorong

SF = angka keamanan awal (tanpa cerucuk)

SF rencana = angka keamanan yang direncanakan

Besar momen lentur yang bekerja pada cerucuk dapat dihitung dengan rumus berikut (NAVFAC DM-7 1971)

$$M_{p\text{maks}} = \frac{\sigma_{\text{max bahan}} \times I_n}{c}$$

Keterangan :

σ_{max} = tegangan tarik/ tekan maksimum dari bahan cerucuk

I_n = momen inersia penampang cerucuk terhadap garis yang melewati penampang

$$c = \frac{1}{2} D$$

D = diameter cerucuk

Nilai dari gaya horizontal maksimal yang dapat ditahan oleh satu tiang dapat diperoleh dari persamaan berikut (NAVFAC DM-7 1971):

$$P_{maks} (1 \text{ cerucuk}) = \frac{M_{pmaks} \text{ 1 cerucuk}}{T \times F_m}$$

$$M_{pmaks} = \frac{\sigma_{all} \times I}{y}$$

Keterangan :

P_{maks} = gaya horizontal yang diterima cerucuk (kg)

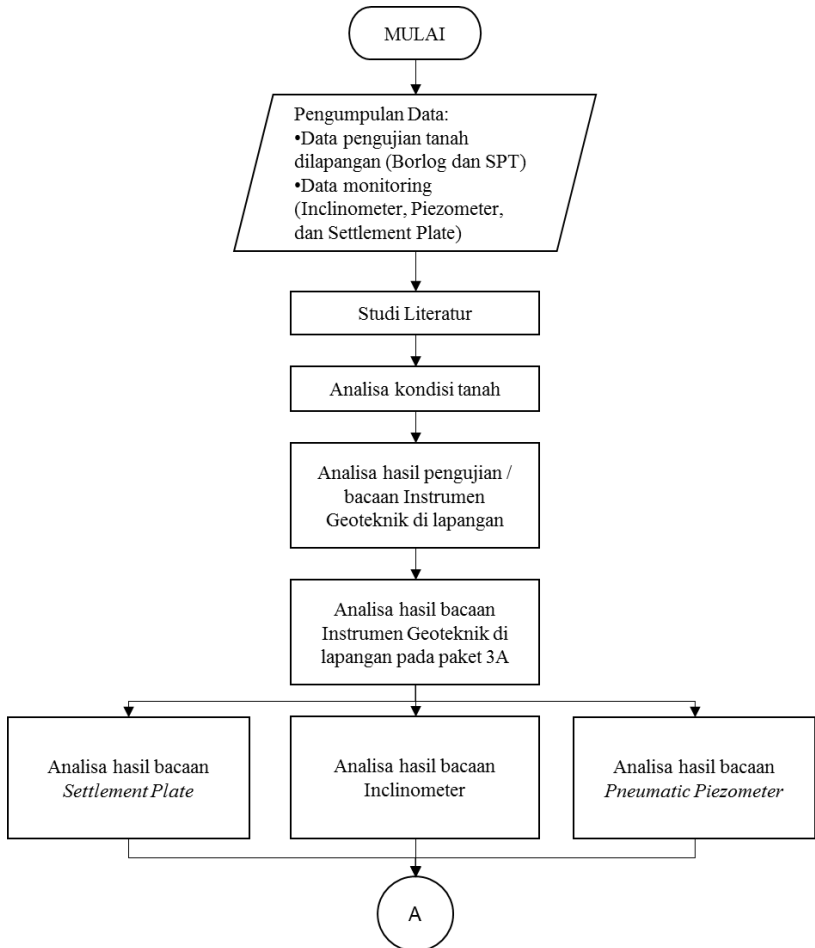
M_{pmaks} = momen lentur yang bekerja pada cerucuk(kgm)

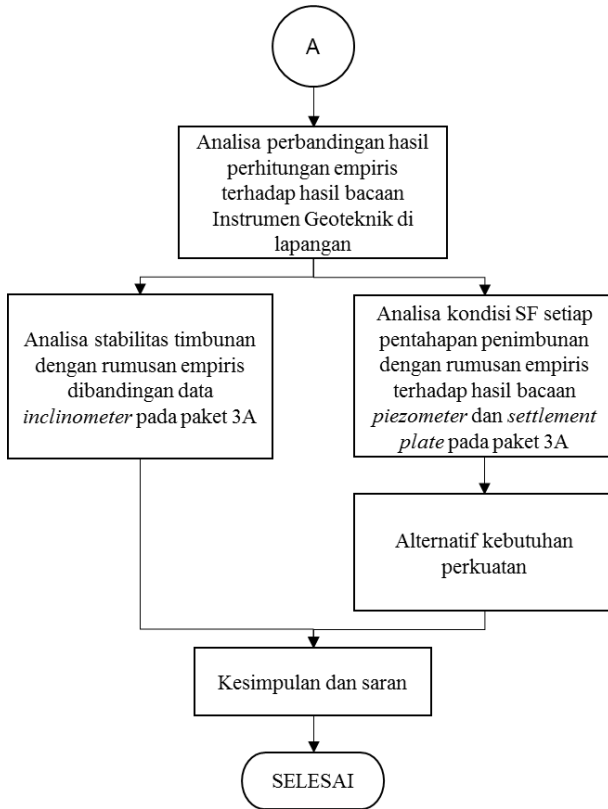
T = faktor keamanan relatif (cm)

BAB III METODOLOGI

3.1 Bagan Alir

Bagan alir pada proses pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada **Gambar3.1**





Gambar 3. 1 Bagan Alir

3.2 Studi Literatur

Studi literatur berupa pengumpulan materi-materi yang digunakan sebagai acuan dalam analisa stabilitas tanah timbunan. Adapun bahan studi yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Referensi mengenai analisa data sekunder
2. Referensi mengenai perhitungan perkuatan tanah
3. Referensi mengenai analisa stabilitas tanah

3.3 Pengumpulan dan Analisa Data

Data-data yang akan dipakai dalam tugas akhir ini adalah data sekunder yang meliputi :

- a. Data tanah yang berupa pengujian tanah dilapangan seperti *Bor log* dan SPT. Dibutuhkan data tanah *Bor log* dan SPT ini untuk mengetahui bagaimana jenis dan seperti apa kondisi tanah yang ada di lapangan.
- b. Data instrumen geoteknik yang terdiri dari data inclinometer, piezometer, dan settlement plate. Dengan adanya data instrumen geoteknik ini akan dilakukan analisa untuk mengetahui kemungkinan adanya kelongsoran atau tidak.

3.4 Analisa Karakteristik Tanah dan Statigrafi

Di dalam analisa karakteristik tanah, hasil data tanah dikorelasikan satu sama lain. Dari hasil analisa karakteristik tanah kemudian dapat digunakan untuk menganalisa stabilitas tanah dan perencanaan perkuatan tambahan di lapangan.

3.5 Analisa Stabilitas Tanah

Analisa stabilitas tanah dimodelkan dengan program bantu. Data-data yang diperlukan dalam permodelan ini berdasarkan dari pengujian tanah yang sudah dilakukan.

3.6 Perkuatan Tanah

Apabila dalam analisa stabilitas tanah menunjukkan angka keamanan yang belum stabil, maka perlu dilakukan perkuatan tanah. Perkuatan yang direncanakan dalam tugas akhir ini adalah dengan menggunakan *Sheet pile* dan *micropile*

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV DATA TANAH DAN INSTRUMEN GEOTEKNIK

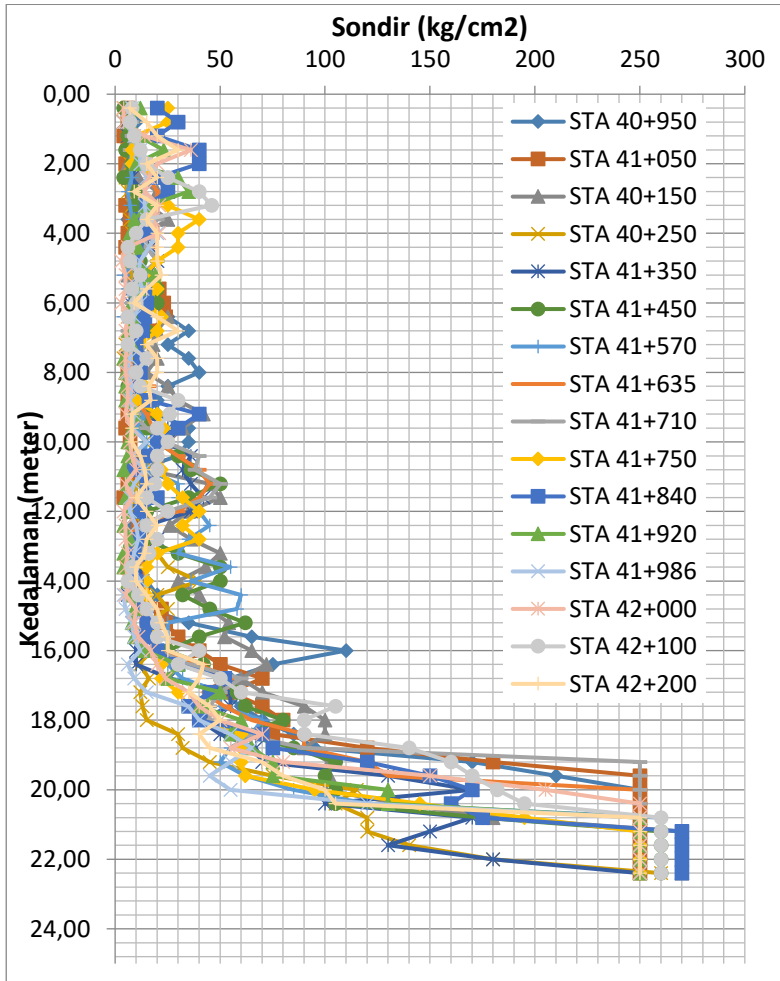
4.1 Data Tanah Lapangan

Data tanah yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data lapangan yaitu sondir dan N-SPT pada proyek pembangunan relokasi jalan Tol Porong-Gempol paket 3A STA 40+950 – 42+200. Data tersebut diperoleh dari PT. Teknindo Geosistem Unggul pada tahun 2014 dan terlampir pada **Lampiran 1**. Data tanah lapangan yang ada meliputi 16 data sondir dan 3 data N-SPT. Rekap data tanah lapangan pada proyek pembangunan relokasi jalan Tol Porong-Gempol paket 3A STA 40+950 – 42+200 dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4. 1 Rekap data tanah

No	STA	Jenis Data	Nama
1	STA 40+950	Sondir	S1
2	STA 41+050	Sondir	S2
3	STA 41+150	Sondir	S3
4	STA 41+250	Sondir	S4
5	STA 41+350	Sondir	S5
6	STA 41+450	Sondir	S6
7	STA 41+570	Sondir	S7
8	STA 41+635	Sondir	S8
9	STA 41+637	N-SPT	BH-2
10	STA 41+710	N-SPT	BH-3
11	STA 41+710	Sondir	S9
12	STA 41+750	N-SPT	BH-4
13	STA 41+750	Sondir	S10
14	STA 41+840	Sondir	S11
15	STA 41+920	Sondir	S12
16	STA 41+986	Sondir	S13
17	STA 42+000	Sondir	S14
18	STA 42+100	Sondir	S15
19	STA 42+200	Sondir	S16

Grafik hasil data titik sondir di lapangan STA 40+950 – 42+200 dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4. 1 Grafik hasil Sondir lapangan
(Sumber: hasil pengujian lapangan)

Grafik hasil data sondir lapangan pada **Gambar 4.1** menunjukkan besaran nilai data sondir lapangan titik pengujian mempunyai nilai sondir yang berbeda-beda, sehingga dilakukan statigrafi untuk mengetahui kondisi tanah dan konsistensi tanah pada lokasi proyek.

4.2 Statigrafi dan Konsistensi Tanah

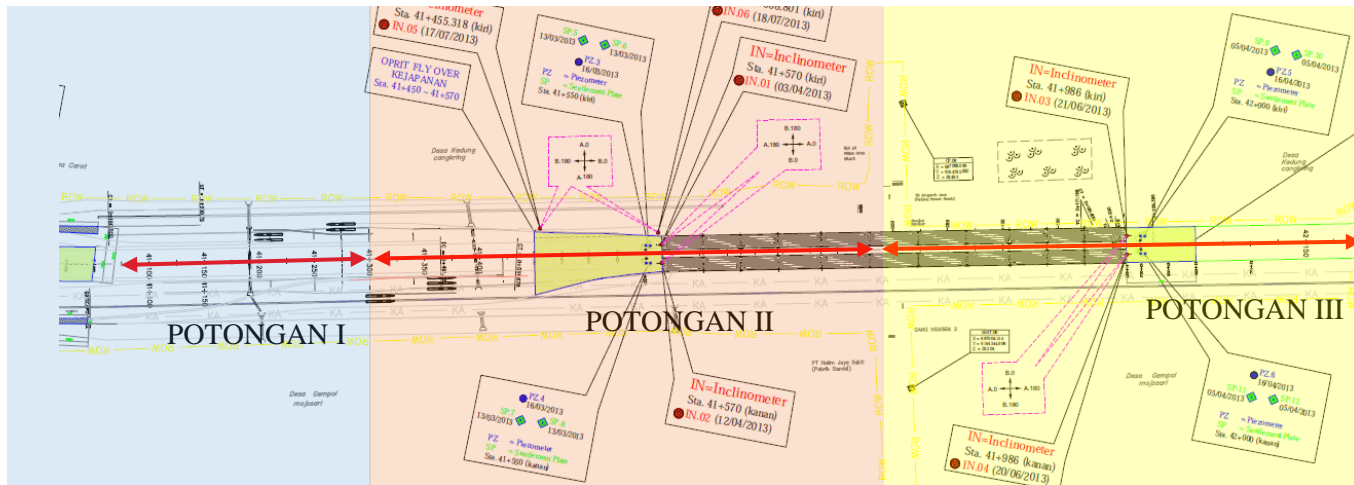
Data N-SPT dan Sondir dalam Tugas Akhir ini digunakan untuk mengetahui konsistensi tanah pada proyek pembangunan relokasi jalan Tol Porong-Gempol paket 3A STA 40+950 – 42+200. Konsistensi tanah dilakukan dengan mengkorelasi hasil N-SPT dan Sondir berdasarkan **Tabel 2.1**

Untuk mengetahui kondisi tanah di masing-masing titik sondir dan N-SPT, maka dibuat statigrafi sepanjang lokasi pekerjaan mulai dari STA 40 +950 s/d 42+200. Berikut ini merupakan pembagian potongan statigrafi di sepanjang lokasi pekerjaan (**Gambar 4.2**)

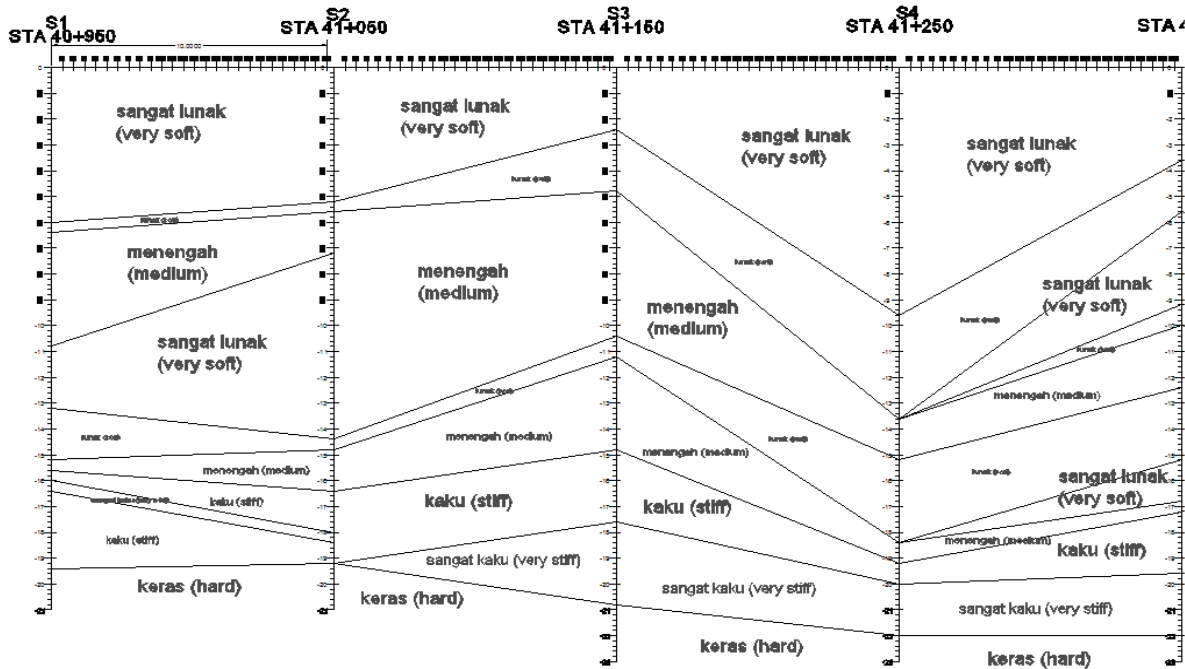
1. Potongan I yaitu mulai dari STA 40+950 - STA 41+250 (area biru) sepanjang 300 meter.
2. Potongan II STA 41+350 – STA 41+710 (area merah) sepanjang 360 meter.
3. Potongan III STA 41+750 – STA 42+200 (area kuning) sepanjang 450 meter.

4.2.1 Konsistensi tanah Potongan I

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat penampang dan jenis tanah setiap kedalaman lokasi STA 40+950 - STA 41+250 (area biru). Data tersebut adalah berdasarkan hasil analisa data sondir. Rekap hasil konsistensi tanah pada Gambar 4.2 dapat dilihat pada Tabel 4.3. Dari Tabel 4.3 diketahui bahwa tanah pada STA 40+950 - STA 41+250 memiliki rata-rata kedalaman tanah keras lebih dari 19 meter.



Gambar 4. 2 Denah statigrafi



Gambar 4.3 Statigrafi Potongan I Sta 40+950 - 41+250

Tabel 4. 2 Rekap Konsistensi Tanah Potongan I

STA	STA 40+950	STA 41+050	STA 41+150	STA 41+250
Karakteristik tanah	s1	s2	s3	s4
Sangat lunak (Very Soft)	0-6 m	0-5.2 m	0 -2.4 m	0 - 9.6 m
Lunak (Soft)	6-6.4 m	5.2- 5.6 m	2.4 - 4.8 m	9.6 - 13.6 m
Sedang (Medium)	6.4-10.8 m	5.6-16.4 m	4.8 - 14.8 m	13.6 - 19.2 m
Kaku (Stiff)	15.6-19.4 m	16.4-19 m	14.8 - 17.6 m	19.2 - 20 m
Sangat kaku (Very Stiff)			17.6 - 20.8 m	20 - 22 m
Keras (Hard)	>19,4 m	>19 m	>20.8 m	>22 m

4.2.2 Konsistensi tanah Potongan II

Lokasi STA 41+350 hingga STA 41+710 mempunyai karakteristik tanah sebagai berikut:

- Rata-rata memiliki tanah keras pada kedalaman lebih dari 20 meter.
- Tanah sangat lunak berada pada kedalaman \pm 10 meter.
- Tanah sedang berada pada kedalaman \pm 17 meter.

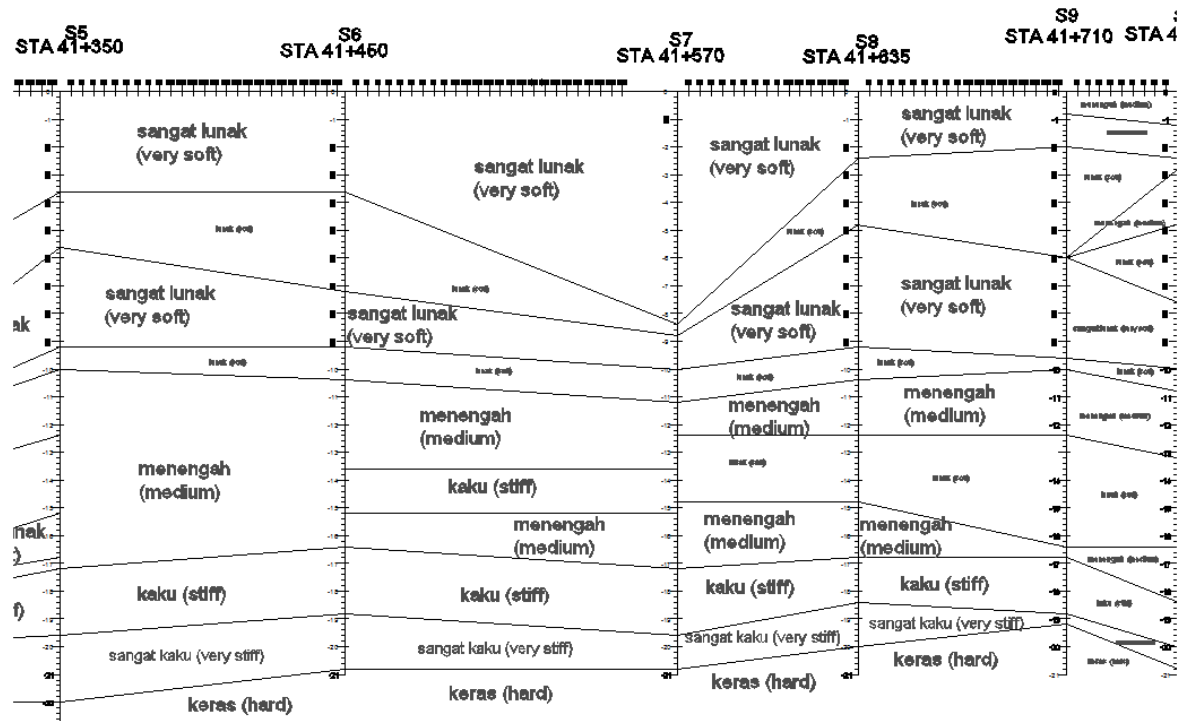
Tabel 4. 3 Rekap Konsistensi Tanah Potongan II

STA	STA 41+350	STA 41+450	STA 41+570	STA 41+635	STA 41+710
Karakteristik tanah	s5	s6	s7	s8	s9
Sangat lunak (Very Soft)	0 - 5.6 m	0 - 9.2 m	0 - 10 m	0 - 9.2 m	0 - 9.6 m
Lunak (Soft)	5.6 - 10 m	9.2 - 10.4 m	10 - 11.2 m	9.2 - 14.8 m	9.6 - 16.4 m
Sedang (Medium)	10 - 17.2 m	10.4 - 16.4 m	11.2 - 17.2 m	14.8 - 16.8 m	16.4 - 16.8 m
Kaku (Stiff)	17.2 - 19.6 m	16.4 - 18.8 m	17.2 - 19.6 m	16.8 - 18.4 m	16.8 - 18.8 m
Sangat kaku (Very Stiff)	19.6 - 22 m	18.8 - 20.8 m	19.6 - 20.8 m	18.4 - 20 m	18.8 - 19.2 m
Keras (Hard)	>22 m	>20.8 m	>20.8 m	>20 m	>19.2 m

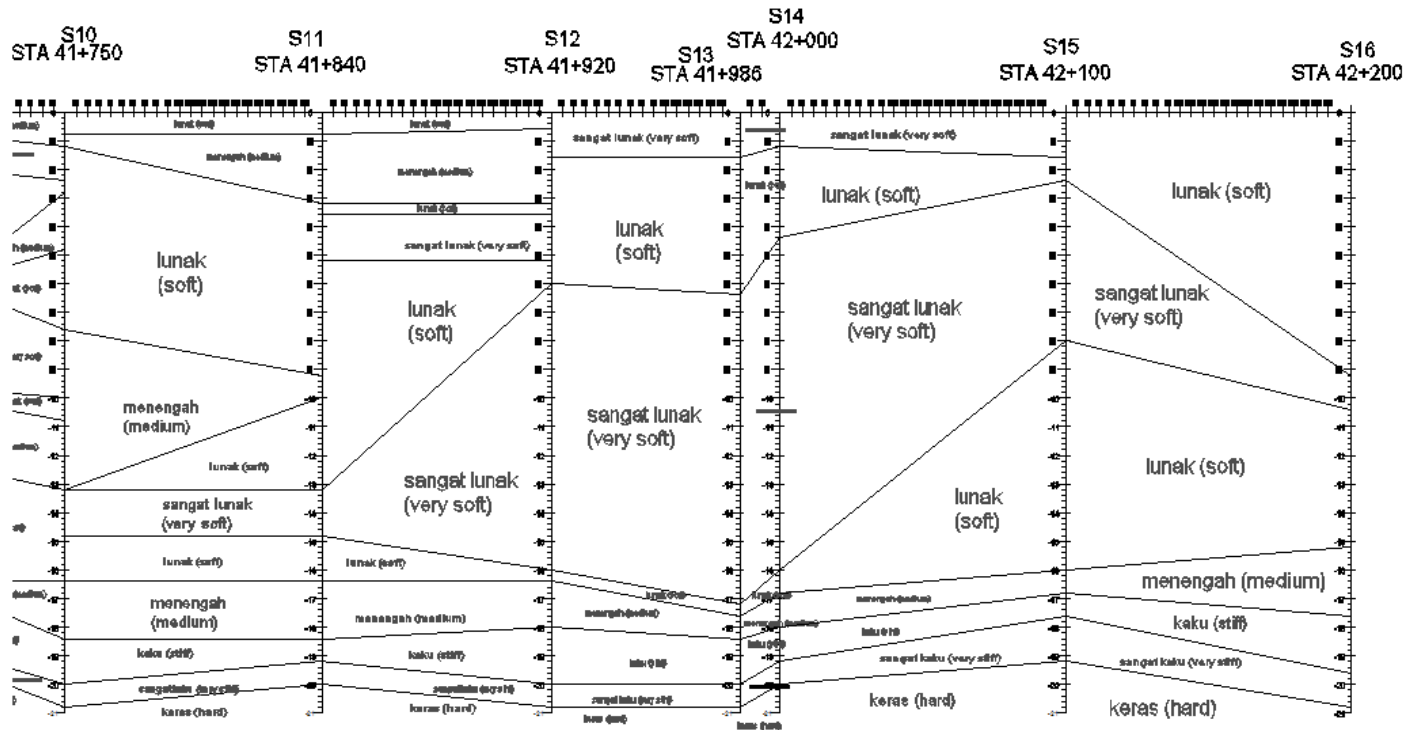
4.2.3 Konsistensi tanah Potongan III

Rekap konsistensi tanah pada potongan III adalah sebagai berikut:

- Rata-rata kedalaman tanah keras pada STA 41+750 hingga STA 42+200 adalah lebih dari 20 meter.
- STA 41+986 memiliki kedalaman tanah sangat lunak sampai 17.2 meter,
- Tebal tanah sangat lunak pada STA 41+920 dan STA 42+200 mencapai 16 meter.



Gambar 4. 4 Statigrafi Potongan II Sta 41+350 – 41+710



Gambar 4. 5 Statigrafi Potongan III Sta 41+750 - 42+200

Tabel 4. 4 Rekap Konsistensi Tanah Potongan III

STA	STA 41+750	STA 41+840	STA 41+920	STA 41+986	STA 42+000	STA 42+100	STA 42+200
Karakteristik tanah	s10	s11	s12	s13	s14	s15	s16
Sangat lunak (Very Soft)		0 - 5.2 m	0 - 16 m	0 - 17.2 m	0 - 16 m	2.4 - 8 m	
Lunak (Soft)	0 - 7.6 m	5.2 - 16.4 m	16 - 16.4 m	17.2 - 17.6 m	16 - 16.8 m	8 - 16 m	0 - 15.2 m
Sedang (Medium)	7.6 - 18.4 m	16.4 - 18.4 m	16.4 - 18 m	17.6 - 18.4 m	16.8 - 18 m	16 - 16.8 m	15.2 - 17.6 m
Kaku (Stiff)	18.4 - 20 m	18.4 - 19.2 m	18 - 20 m	18.4 - 20 m	18 - 19.2 m	16.8 - 17.6 m	17.6 - 19.6 m
Sangat kaku (Very Stiff)	20 - 20.8 m	19.2 - 20 m	20 - 20.8 m	20 - 20.8 m	19.2 - 20 m	17.6 - 19.2 m	19.6 - 20.8 m
Keras (Hard)	>20.8 m	>20 m	>20.8 m	>20.8 m	>20 m	>19.2 m	>20.8 m

Sehingga dari ketiga potongan statigrifi tersebut dapat diketahui kondisi tanah pada paket 3A. Lalu dari ketiga potongan tersebut, data tanah yang dipakai adalah tanah yang terpasang oleh Instrumen Geoteknik (**Tabel 4.6**). Data tanah yang dipakai adalah data tanah STA 41+570, dan STA 42+000.

4.3 Parameter Tanah

Parameter data tanah akan digunakan untuk input data pada program XSTABL. Parameter data tanah yang diperlukan adalah γ , C_u , dan Φ , namun tidak dilakukan pengujian laboratorium. Sehingga untuk memperoleh data tersebut dilakukan pendekatan dengan menggunakan korelasi dari hasil pengujian di lapangan. Korelasi untuk mendapatkan parameter data tanah adalah sebagai berikut:

- Nilai C_u didapat dari korelasi data Sondir dengan menggunakan taksiran harga tahanan conus (Q_c) dengan C_u (Mochtar,2006;revised 2012) pada **Tabel 2.1**
- Nilai sudut geser tanah (Φ) diasumsikan kecil karena tanah dasar dominan lanau dan lempung, sehingga nilai Φ dianggap 0 (nol).
- Nilai γ diambil sebesar 17 kN/m³ karena jenis tanah semua dianggap *cohesive soil*.
- Plasticity Index (PI) diasumsikan bahwa semua STA memiliki PI yang sama yaitu sebesar PI = 50

Parameter tanah ini hanya digunakan pada titik yang ditinjau saja berdasarkan letak intrumen geoteknik pada **Tabel 4.6**

Tabel 4. 5 (a) Data tanah STA 41+570 (S7)

STA 41+570					
Karakteristik tanah	Kedalaman	Qc	γ_{sat}	Strength	
		(kg/cm ²)	(kN/m ³)	Φ°	C (kPa)
Sangat lunak (Very Soft)	0 - 10 m	8	17	0	10
Lunak (Soft)	10 - 11.2 m	14	17	0	18
Sedang (Medium)	11.2 - 17.2 m	37	17	0	48
Kaku (Stiff)	17.2 - 19.6 m	57	17	0	75

Tabel 4. 5 (b) Data tanah STA 42+000(S16)

STA 41+986					
Karakteristik tanah	Kedalaman	Qc	γ_{sat}	Strength	
		(kg/cm ²)	(kN/m ³)	Φ°	C' (kPa)
Sangat lunak (Very Soft)	0 - 17.2 m	10	17	0	12
Lunak (Soft)	17.2 - 17.6 m	15	17	0	19
Sedang (Medium)	17.6 - 18.4 m	38	17	0	50
Kaku (Stiff)	18.4 - 20 m	55	17	0	72

4.4 Data Instrumen Geoteknik

Analisis Instrumen Geoteknik yang dilakukan pada Tugas Akhir ini yaitu berdasarkan data-data hasil monitoring lapangan yang didapat dari PT. Teknindo Geosistem Unggul. *Layout* titik dimana Instrumentasi Geoteknik dipasang pada jalan Tol Porong-Gempol dapat dilihat pada **Gambar 4.7**. Titik instrumentasi di lapangan STA 40+950 hingga STA 42+200 terdiri dari :

- 6 titik Inclinomometer (IN)
- 4 titik Pneumatic Piezometer (PP)
- 8 titik Settlement Plate (SP)

Titik Instrumen Geoteknik ini dipasang pada bagian kanan dan kiri timbunan jalan. Rekap pemasangan titik instrumen geoteknik pada STA 40+950 hingga STA 42+200 dapat dilihat pada **Tabel 4.6**

Tabel 4. 6 Rekap titik Instrumen Geoteknik

titik IN	STA	titik PP	STA	titik SP	STA
IN 01 kiri	41+570	PP 03 kiri	41+550	SP 05 kiri	41+550
IN 02 kanan	41+570	PP 04 kanan	41+550	SP 06 kiri	41+554
IN 03 kiri	41+986	PP 05 kiri	42+000	SP 07 kanan	41+550
IN 04 kanan	41+986	PP 06 kanan	42+000	SP 08 kanan	41+554
IN 05 kiri	41+455			SP 09 kiri	42+000
IN 06 kanan	41+586			SP 10 kiri	42+004
				SP 11 kanan	42+000
				SP 12 kanan	42+004

Seluruh data instrumen geoteknik ini akan digunakan untuk melakukan analisa dalam rangka mencari jawaban mengapa pada proyek relokasi jalan Tol Porong-Gempol paket 3A tidak mengalami longsor seperti paket 3B. Sehingga perlu dilakukan analisa secara detail mengenai seluruh hasil *Soil Monitoring* di lapangan.

4.4.1 Settlement Plate

4.4.1.1 Spesifikasi Settlement Plate

Settlement Plate yang digunakan adalah milik PT. Teknindo Geosistem Unggul yang mempunyai spesifikasi material seperti dibawah ini (**Gambar 4.6**):

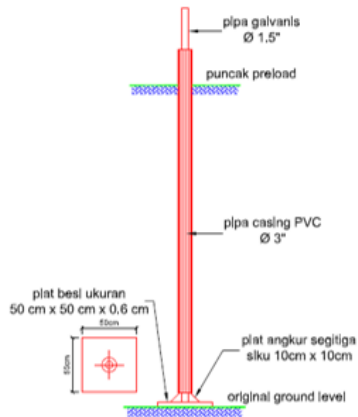
Plate besi : ukuran (50 x 50 x 0.6) cm

Pipa besi/Galvanis: ukuran diameter 3.81 cm (1,5”) diberi marking per 25 cm

Pipa paralon : PVC diameter 7.62 cm (3”)

Angkur : Plat segitiga siku

ukuran 10 cm x 10 cm pada 4 sisi



Gambar 4. 6 Pemasangan Instrumen Geoteknik Settlement Plate

(Sumber : PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Peralatan pembacaan grafik settlement plate harus layak pakai terkalibrasi dengan menggunakan alat statip/tripod, waterpass, dan bak ukur. Pemasangan Settlement Plate pada tanah timbunan di letakkan pada tengah-tengah area timbunan. Detail pemasangan Settlement Plate dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

4.4.1.2 Monitoring settlement plate

Pencatatan elevasi awal settlement plate adalah data awal yang diperoleh pada waktu pemasangan. Pengukuran dilakukan sebanyak 4 (empat) kali pembacaan untuk memperoleh elevasi dengan cara menghitung rata-rata keempat hasil bacaan. Pengukuran tersebut dilakukan minimal 1 (satu) kali setiap hari pada saat penambahan beban kerja atau saat penimbunan. Hasil monitoring settlement plate berupa data pembacaan pergerakan vertikal, data timbunan, dan grafik hubungan antara gerakan vertikal tanah terhadap waktu dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

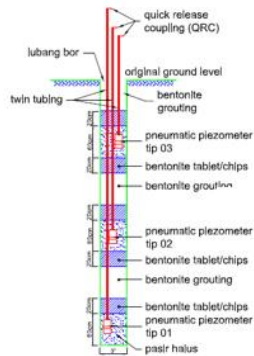
Hasil settlement plate ini akan digunakan dalam melakukan perbandingan dengan rumusan empiris. Hasil analisa perbandingan tersebut dapat dilihat di Sub. Bab 5.1

4.4.2 Pneumatic Piezometer

4.4.2.1 Spesifikasi Pneumatic Piezometer

Pneumatic Piezometer yang digunakan memiliki spesifikasi seperti berikut:

- Tip Piezometer tipe Roctest FPC-2
Jangkauan: 0-1000 kPa
Akurasi : ± 0.25 %
Suhu operasi: -20 s/d +60 derajat celsius
Ukuran : 45 x 30 x 18 cm



Gambar 4. 8 Pemasangan Instrumen Geoteknik Pneumatic Piezometer

(Sumber : PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Pemasangan Piezometer pada tanah timbunan di letakkan pada tengah-tengah area timbunan. Detail pemasangan Piezometer dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

4.4.2.2 Monitoring Pneumatic Piezometer

Pada monitoring menggunakan pneumatic piezometer, pengukuran dilakukan awal dilakukan setiap hari hingga memperoleh 3 (tiga) kali pengukuran terakhir dengan hasil sudah tetap. Pembacaan piezometer dilakukan dengan cara redout unit, yaitu secara berkala dengan interval waktu pembacaan sesuai kebutuhan 2 (dua) kali setiap hari pada saat penimbunan. Hasil monitoring piezometer terdiri dari hasil pengukuran awal, elevasi ujung bawah dan atas tip piezometer, data timbunan, dan grafik hubungan antara besar tekanan air pori tanah terhadap waktu dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

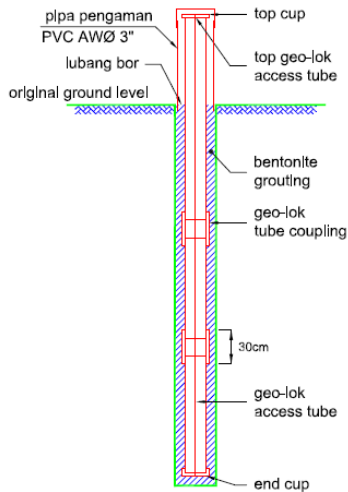
Hasil bacaan dari Piezometer ini nantinya akan digunakan untuk analisa seluruh titik Piezometer dapat dilihat pada Sub. Bab 5.3

4.4.3 Inclinometer

4.4.3.1 Spesifikasi Inclinometer

Peralatan monitoring inclinometer yang dipakai memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Torpedo (probe)
Sensor : MEMS x 2
Range kalibrasi: ± 30 derajat
Akurasi sensor: ± 0.3 %
Resolusi: 0.005 mm
Suhu operasi: -20 s/d +70 derajat celsius
Range bacaan : 500 mm
Material: stainless
- Kabel
Panjang : > 30 m
Penanda bacaan : berkode dan berwarna
Tipe bahan: Kevlar re-enforced Polyurethane coated 4 core cable
- Rel kabel
Kontrol : bluetooth
Umur baterai : 40 jam untuk pemakaian menerus
- PDA
OS : Android 4.0
Koneksi data: USB/kabel



Gambar 4. 9 Pemasangan Instrumen Geoteknik Inclinometer
(Sumber : PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Pemasangan Inclinometer pada tanah timbunan di letakkan pada sisi miring area timbunan sedalam 18 meter. Detail pemasangan Inclinometer dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

4.4.3.2 Monitoring Inclinometer

Monitoring dengan menggunakan alat Inclinometer dilakukan pencatatan elevasi awal dan pengukuran sebanyak 3 (tiga) kali pembacaan untuk memperoleh bacaan yang konstan. Pembacaan dilakukan dengan redout unit, yaitu dilakukan aling sedikit 1 (satu) kali setiap hari pada saat penambahan beban kerja atau penimbunan. Hasil monitoring terdiri dari data pembacaan pergerakan horisontal, data timbunan, grafik hubungan antara gerakan horisontal lapisan bawah permukaan dengan kedalaman, dan deformasi horisontal terhadap waktu. Grafik akan keluar

secara otomatis dari program software Profil Manager dapat dilihat pada **Lampiran 2**.

4.5 Data Tanah Timbunan

Pada Tugas Akhir ini menggunakan material timbunan dengan spesifikasi teknis sebagai berikut :

- Sifat fisik tanah timbunan :

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,75 \text{ t/m}^3$$

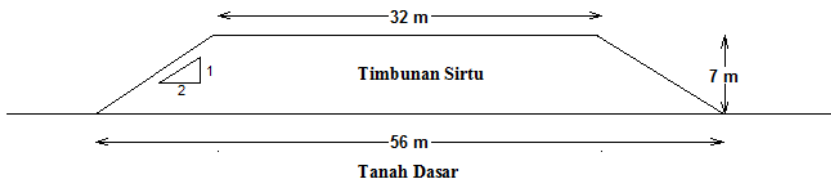
$$\gamma_{\text{timb}} = 1,75 \text{ t/m}^3$$

$$C = 0$$

$$\Phi = 30$$

- Geometri Timbunan :

Tinggi tanah timbunan (H_{final}) yang direncanakan yaitu sebesar 7 meter dengan lebar jalan adalah 56 meter pada **Gambar 4.10**



Gambar 4. 10 Sketsa Rencana Penimbunan
(Sumber : Hasil Pemodelan)

BAB V

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN

Dalam Bab V akan dijelaskan mengenai mengapa pada proyek relokasi jalan Tol Porong-Gempol paket 3A tidak mengalami longsor seperti pada paket 3B. Untuk menemukan jawaban tersebut maka akan dilakukan analisa secara detail mengenai seluruh hasil *soil monitoring* di lapangan. Pada Bab V akan diperoleh penjelasan mengenai alasan mengapa kelongsoran hanya terjadi pada paket 3B proyek relokasi jalan tol Porong-Gempol saja sedangkan 3A tidak atau belum mengalami kelongsoran. Untuk memperoleh jawabannya maka perlu dilakukan analisa yang lebih terperinci mengenai seluruh hasil *soil monitoring* di lapangan. Analisa data *soil monitoring* di lapangan tersebut kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan perumusan empiris dengan data-data tanah di lapangan yang ada. Pembahasan akan dijelaskan pada sub-bab berikut.

5.1 Data Settlement Plate dan Analisis

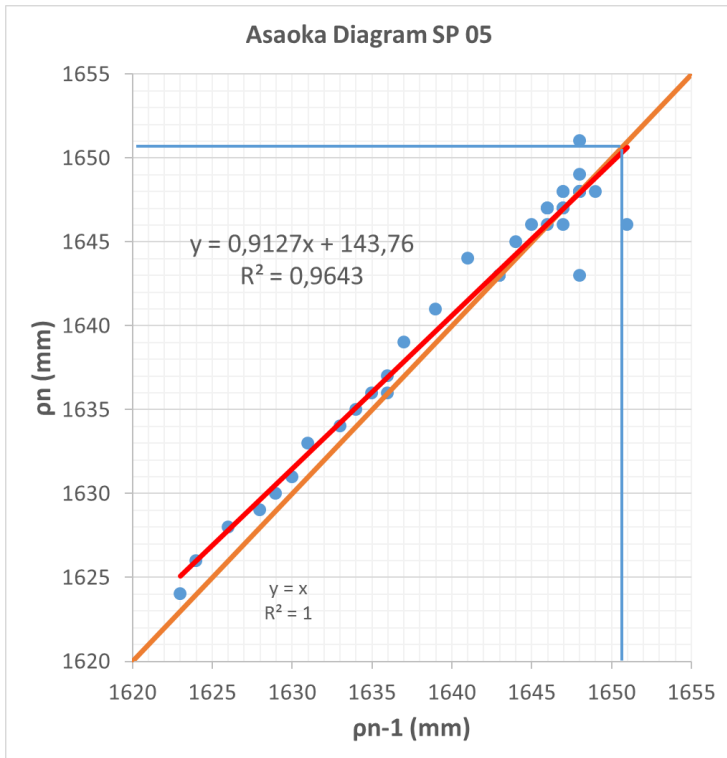
5.1.1 Analisa Pemampatan dengan Metode Asaoka

Data Settlement Plate lapangan ini akan digunakan untuk mengetahui prediksi pemampatan yang terjadi di lapangan sudah selesai atau masih akan mengalami penurunan. Prediksi total settlement dilakukan dengan menggunakan metode Asaoka. Metode Asaoka ini dilakukan dengan menggunakan data preloading yang konstan dan memiliki pemampatan yang stabil dari data monitoring settlement plate. Data monitoring settlement plate yang digunakan untuk analisa adalah seluruh settlement plate yang terpasang di lokasi pekerjaan yaitu settlement plate SP – 05 s/d SP – 12.

Langkah untuk membuat kurva penentuan settlement akhir dengan metode Asaoka adalah sebagai berikut:

1. Memplotkan sejumlah data hasil monitoring (data yang memiliki tinggi preloading konstan dan menghasilkan pemampatan tanah yang stabil) pada grafik.
2. Pada grafik penentuan settlement akhir, sumbu-y adalah bacaan settlement hari ke-n (ρ_n) dan sumbu-x adalah bacaan settlement pada hari sebelumnya n-1 (ρ_{n-1}).
3. Data pengamatan settlement diambil dengan interval yang sama yaitu interval harian.
4. Setelah memplotkan data ke grafik, kemudian membuat trendline garis ρ_n vs ρ_{n-1} berdasarkan data tersebut dan garis lurus $\rho_n = \rho_{n-1}$ dari koordinat (0,0) yang membentuk sudut 45° .
5. Total settlement akan diperoleh dengan cara hasil perpotongan antara trendline garis ρ_n vs ρ_{n-1} dengan garis $\rho_n = \rho_{n-1}$.

Berikut ini adalah kurva penentuan settlement akhir pada settlement plate SP – 05 s/d SP – 12.



Gambar 5. 1 Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-05
(Sumber : Hasil Analisa)

Perhitungan penentuan total pemampatan akhir di ambil sebagai contoh adalah pada SP-05. Pada kurva penentuan settlement akhir SP-05 diperoleh sebuah persamaan dari grafik yang telah dibuat. Dari persamaan tersebut dapat ditentukan nilai dari total settlement sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 y &= 0,9127x + 143,76 \\
 y - 0,9127x &= 143,76 \\
 y - x &= 0 \\
 0,0873x &= 143,76 \\
 X &= 1647
 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai total settlement akhir pada SP-05 adalah sebesar 1647 mm. Setelah didapatkan prediksi total settlement akhir, maka sisa settlement di lapangan dapat diketahui dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Sc bacaan akhir settlement plate} &= 1643 \text{ mm} \\
 \text{Final settlement} &= 1647 \text{ mm} \\
 \text{Sisa settlement} &= \text{final settlement} - \text{bacaan} \\
 &\quad \text{settlement} \\
 &= 1647 - 1643 \\
 &= 4 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka sisa settlement yang terjadi adalah sebesar 4 mm. Sisa pemampatan pada Settlement Plate lainnya dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

Tabel 5. 1 Sisa Settlement Seluruh Titik Settlement Plate

No	Settlement Plate	kumulatif settlement lapangan	prediksi settlement final	sisa settlement
		Sct (mm)	S _∞ (mm)	(mm)
1	SP 05	1643	1647	4
2	SP 06	1513	1518	5
3	SP 07	1474	1477	3
4	SP 08	1433	1445	12
5	SP 09	1436	1445	9
6	SP 10	1437	1460	23
7	SP 11	1254	1266	12
8	SP 12	1280	1359	79

(Sumber: Hasil Analisa)

Sehingga dari hasil diatas dapat dilihat besar sisa penurunan pada masing-masing Settlement Plate diperkirakan berkisar 3 mm – 79 mm.

5.1.2 Derajat Konsolidasi Aktual

Setelah mendapatkan nilai total settlement akhir, maka dapat diketahui derajat konsolidasi aktual pada akhir bacaan dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U \text{ aktual} &= S_c \text{ bacaan terakhir} / S_c \text{ final} \\ &= 1643 \text{ mm} / 1647 \text{ mm} \\ &= 99,76 \% \end{aligned}$$

Hasil analisa pemampatan akhir pada seluruh settlement plate dapat dilihat pada **Tabel 5.2**.

Tabel 5. 2 Rekap nilai Final settlement dan derajat konsolidasi (U) aktual

No	Settlement Plate	kumulatif settlement lapangan	prediksi settlement final	derajat konsolidasi aktual
		S _c (mm)	S _∞ (mm)	U %
1	SP 05	1643	1647	99,76%
2	SP 06	1513	1518	99,67%
3	SP 07	1474	1477	99,80%
4	SP 08	1433	1445	99,17%
5	SP 09	1436	1445	99,38%
6	SP 10	1437	1460	98,42%
7	SP 11	1254	1266	99,05%
8	SP 12	1280	1359	94,19%

(Sumber: Hasil Analisa)

Sehingga hasil analisa derajat konsolidasi aktual pada pemampatan akhir setiap Settlement Plate rata-rata 98,64%.

$$\begin{aligned} \text{Derajat konsolidasi} &> 90\% \\ 98,64 \% &> 90 \% \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

5.2 Data Inclinometer dan Analisis

5.2.1 Cek Kestabilan Inclinometer

Dari data hasil inclinometer dan grafik pemantauan deformasi lateral tersebut, maka dapat dilakukan cek kestabilan

tanah timbunan di lapangan. Syarat kestabilan tanah timbunan inclinometer ada 2 yaitu :

1. $\Delta n < \dots < \Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$ dengan Δt konstan (**Gambar 2.13**)
2. $Y_{aktual} / Y_{maz} \leq 1.3$ dengan $Y_z \max = 0.16 \times S_{max}$

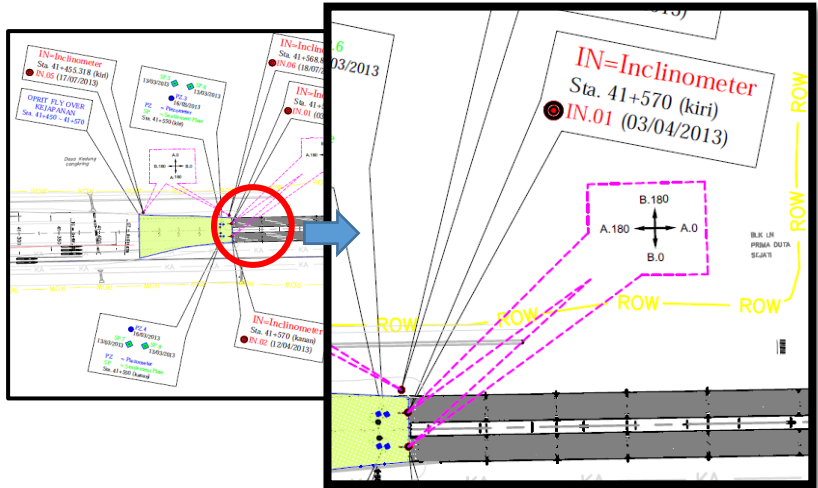
Dimana:

Y_{zmax} = Total displacement (diperoleh dari hasil bacaan inclinometer)

S_{max} = Settlement total di sumbu simetris vertikal beban timbunan (diperoleh dari perhitungan teoritis)

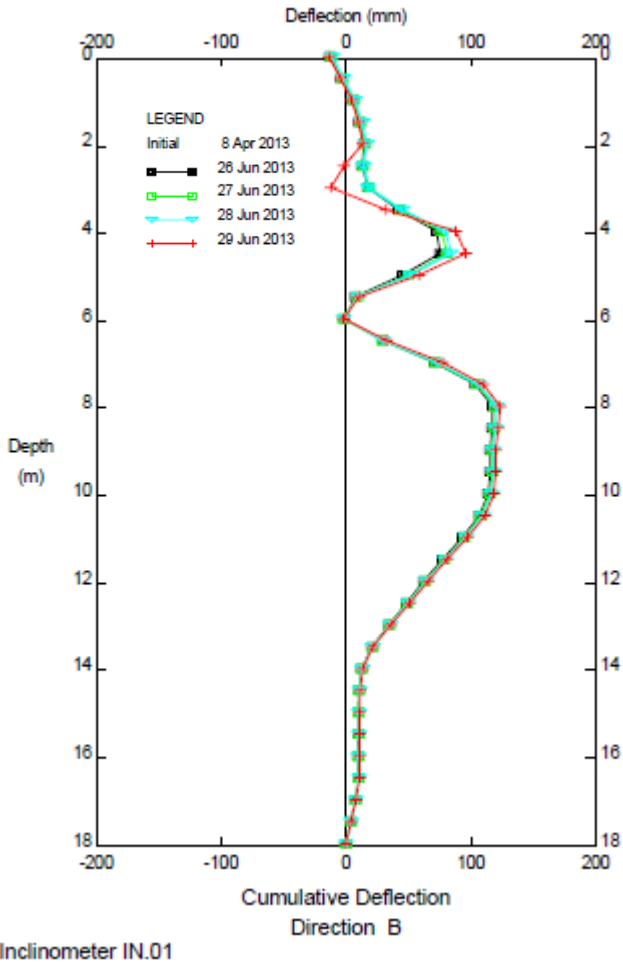
Safety factor korelasi di atas ≥ 1.3

Titik inclinometer yang terpasang pada lokasi pekerjaan terdapat 6 buah titik (**Tabel 4.6**). Berikut ini adalah contoh cek kestabilan tanah timbunan berdasarkan hasil data inclinometer pada IN - 01 STA 41 + 570 (Kiri). Hasil data inclinometer akan diperoleh 2 hasil bacaan yaitu arah A (searah tanah timbunan) dan B (tegak lurus tanah timbunan) dapat dilihat pada **Gambar 5.2**. Bacaan inclinometer yang digunakan dalam analisis ini adalah bacaan arah B karena tegak lurus timbunan sehingga dapat diketahui pergerakan lateral pada sisi miring tanah timbunan. Grafik *displcement* IN-01 pada **Gambar 5.3** adalah hasil data inclinometer bacaan tanggal 26 Juni 2013 hingga 29 Juni 2013 dengan interval satu harian.



Gambar 5. 2 Lokasi titik IN-01
(Sumber : PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Besarnya *displacement* pada Grafik IN-01 dapat dilihat berdasarkan plot koordinat IN-01 pada **Gambar 5.4**. *Displacement* terbesar terjadi pada kedalaman 8 meter dengan maksimal *displacement* sebesar 123,400 mm pada tanggal 29 Juni 2013. Salah satu syarat kestabilan tanah timbunan dengan inclinometer adalah delta (Δ) *displacement* yang terjadi tiap interval yang sama adalah $\Delta 3 < \Delta 2 < \Delta 1$. Oleh karena itu data *displacement* yang dianalisa adalah mulai tanggal 26 Juni hingga 29 Juni 2013.



Gambar 5.3 Grafik displacement IN – 01
 (Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Plot Coordinates for Inclinometer IN.01
Relative to initial reading on 8 Apr 2013 at 0354

PT. Teknindo Geosistem Unggul

Printed 07-17-2013 at 10:39:53

Depth	26 Jun 2013		27 Jun 2013		28 Jun 2013		29 Jun 2013	
	Cum A	Cum B	Cum A	Cum B	Cum A	Cum B	Cum A	Cum B
-0.1	139.390	-13.160	138.820	-11.625	141.030	-10.990	141.455	-13.630
0.5	97.705	-4.095	97.165	-2.575	99.150	-1.905	98.895	-4.510
1.0	61.555	5.270	60.235	6.415	62.025	7.145	61.190	4.585
1.5	43.835	10.655	42.295	12.035	43.900	12.780	42.485	10.245
2.0	34.915	14.305	33.550	15.710	34.980	16.495	32.785	13.470
2.5	27.125	13.200	25.665	14.115	27.180	13.995	30.575	-1.630
3.0	19.735	17.650	18.950	18.495	21.775	17.620	50.880	-12.125
3.5	-0.070	42.035	1.405	43.795	5.195	45.050	58.000	32.125
4.0	-31.165	72.605	-27.375	76.425	-24.415	79.970	20.670	88.195
4.5	-56.975	75.605	-53.820	81.190	-52.990	83.915	-35.135	96.230
5.0	-66.150	45.330	-66.130	50.345	-66.620	52.180	-67.905	58.270
5.5	-61.845	7.465	-64.980	9.620	-66.575	10.150	-73.270	10.565
6.0	-48.415	-1.240	-52.215	-2.310	-54.285	-2.225	-60.375	-2.005
6.5	-27.900	29.525	-29.865	28.935	-30.890	30.005	-33.865	32.740
7.0	-12.460	71.030	-13.075	71.865	-13.360	73.650	-14.865	77.705
7.5	-2.815	117.635	-3.685	119.485	-3.835	120.905	-4.885	123.400
8.0	-11.615	117.635	-12.085	119.485	-13.280	120.905	-16.535	123.400
8.5	-20.955	113.990	-20.875	117.065	-23.225	118.130	-36.800	119.750
9.0	-31.640	115.505	-31.860	117.065	-33.215	118.130	-53.720	120.090
9.5	-48.215	115.715	-48.530	117.275	-50.010	118.345	-72.615	118.505
10.0	-66.845	113.980	-67.265	115.665	-68.805	116.770	-89.300	111.330
10.5	-83.345	106.805	-84.030	108.635	-85.575	109.760	-94.345	97.730
11.0	-88.840	93.635	-89.815	95.505	-91.205	96.535	-94.345	81.170
11.5	-82.170	77.620	-83.215	79.345	-84.365	80.220	-86.840	65.800
12.0	-68.440	62.720	-69.535	64.240	-70.400	64.995	-72.330	50.805
12.5	-48.620	48.390	-49.595	49.645	-50.085	50.230	-51.295	35.975
13.0	-26.170	34.390	-26.760	35.250	-26.925	35.615	-27.590	21.375
13.5	-7.895	20.905	-8.115	21.345	-8.140	21.425	-8.495	13.430
14.0	-2.685	12.735	-2.645	12.995	-2.855	13.170	-3.660	11.395
14.5	-5.285	10.425	-5.270	10.680	-5.580	10.940	-6.570	11.095
15.0	-7.405	10.060	-7.485	10.240	-7.800	10.560	-8.530	11.190
15.5	-9.320	10.085	-9.465	10.290	-9.815	10.655	-10.755	10.760
16.0	-11.300	9.625	-11.500	9.855	-11.915	10.210	-12.900	10.880
16.5	-13.015	9.795	-13.300	10.025	-13.770	10.410	-14.760	8.090
17.0	-11.570	7.440	-11.870	7.660	-12.270	7.840	-12.960	3.985
17.5	-6.450	3.770	-6.600	3.870	-6.765	3.920	-7.050	0.000
18.0	-0.000	0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000

Gambar 5. 4 Plot Koordinat IN – 01
(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Berikut ini adalah hasil perhitungan analisa delta (Δ) displacement yang terjadi pada kedalaman 8 meter dengan waktu 1 harian dapat dilihat pada **Tabel 5.3**.

Tabel 5. 3 Hasil cek kestabilan IN – 01

Tanggal	Depth (m)	Max deflex (mm)	Δ (delta) (mm)
26 Juni 2013	8	117,635	
27 Juni 2013	8	119,485	1,850
28 Juni 2013	8	120,905	1,420
29 Juni 2013	8	123,400	2,495

(Sumber : Hasil Analisa)

Dari tabel tersebut diperoleh besarnya $\Delta 3$ sebesar 1,85 mm, $\Delta 2$ sebesar 1,42 mm dan $\Delta 1$ sebesar 2,495.

Sehingga,

$$\begin{aligned}\Delta 3 &< \Delta 2 < \Delta 1 \\ 1,85 &< 1,42 < 2,495 \quad (\mathbf{OK})\end{aligned}$$

Selanjutnya adalah melakukan cek kestabilan tanah timbunan berdasarkan inclinometer syarat kedua yaitu $Y = Y_{\text{aktual}}/Y_{\text{zmax}} \leq 1.3$ dimana $Y_{\text{max}} = 0.16 \times S_{\text{max}}$. Yaktual pada IN- 01 diperoleh dari bacaan inclinometer yang mempunyai *displacement* maksimal yaitu pada tanggal 29 Juni 2013 pada kedalaman 8 meter sebesar 123,400 meter. Kemudian untuk memperoleh Y_{max} maka perlu diketahui S_{max} (total pemampatan secara teoritis). Setelah dilakukan perhitungan pemampatan (S_c) secara teoritis diperoleh total pemampatan (S_c) sebesar 1,35 meter. dapat dilihat ada **Lampiran 4** dengan tinggi timbunan (H_{timbunan}) 7 m.

$$\begin{aligned}Y_{\text{zmax}} &= 0.16 \times S_{\text{max}} \\ &= 0.16 \times 1350 \\ &= 216 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga nilai } Y &= Y_{\text{aktual}} / Y_{\text{max}} \\ &= 123,400 / 216 \\ &= 0.6 \leq 1.3 \quad (\mathbf{OK})\end{aligned}$$

Dari cek kestabilan tanah timbunan berdasarkan iclinomoter pada IN – 01 diketahui memenuhi kedua syarat kestabilan, sehingga tanah di titik tersebut dapat dikatakan dalam kondisi yang stabil. Perhitungan analisa cek kestabilan tanah timbunan pada titik inclinometer lainnya menunjukkan kondisi tanah timbunan dalam kondisi yang stabil dapat dilihat pada **Lampiran**.

5.3 Data Piezometer dan Analisis

Titik lokasi Piezometer dalam proyek ini terdapat 4 (empat) titik, yaitu PP 03 Sta 41 + 550 (Kiri), PP 04 Sta 41 + 550 (Kanan), PP 05 Sta 42 + 000 (Kiri), dan PP 06 Sta 42 + 000 (Kanan). Dikarenakan pada titik Sta 41 + 550 tidak dilakukan Sondir maupun N-SPT, maka pada analisa PP 03 dan PP 04 menggunakan data tanah yang paling dekat yaitu pada Sta 41+570.

Untuk mengetahui lokasi proyek aman atau tidak pada saat proses penimbunan dapat dilakukan cek kestabilan pada hasil monitoring harian piezometer berdasarkan syarat kestabilan piezometer (bab 2).

Berikut adalah contoh cek kestabilan pada PP-03. Laporan hasil monitoring Piezometer dapat dilihat dalam **Lampiran 4** . **Gambar 5.4** dapat dilihat pada **Lampiran 2** merupakan grafik tekanan air pori yang didapat dari hasil pembacaan. Berdasarkan grafik pada **Gambar 5.4** maka dapat diketahui ΔH (variasi beban yang diterapkan dipermukaan) yaitu sebesar 7,199 m. Terdapat dua hasil bacaan piezometer yaitu *morning reading* dan *afternoon reading*. *Morning reading* adalah hasil bacaan yang dilakukan pada pagi hari, sedangkan *afternoon reading* adalah hasil bacaan akhir piezometer. Dikarenakan hasil bacaan antara *morning reading* dan *afternoon reading* hampir sama maka yang digunakan untuk analisa adalah bacaan *afternoon reading*. Terdapat tiga Tip (alat untuk membaca tekanan air pori) dalam piezometer dan dipasang pada kedalaman 4 m, 8 m, dan 12 m. Dalam analisa ini diambil hasil bacaan tekanan air pori maksimal dan minimal untuk memperoleh delta (ΔU) tekanan air pori. Hasil bacaan tekanan air pori pada Piezometer PP- 03 adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 4 Hasil bacaan piezometer PP - 03

Bacaan PP - 03	Tip 1 (-12m) (kpa)	Tip 2 (-8m) (kpa)	Tip 3 (-4m) (kpa)
U _{max}	117,30	82,80	55,20
U _{min}	24,15	20,70	27,60
ΔU	93,15	62,10	27,60

(Sumber : Hasil Analisa)

Dari **Tabel 5.9** diperoleh ΔU pada kedalaman 4 m sebesar 93,15 kpa, 8 m sebesar 61,10 kpa, dan 12 m sebesar 27,60 kpa. Selanjutnya untuk mengecek kestabilan pizometer PP – 03 perlu adanya koefisien pengaruh yaitu sebesar 1.0 dan berat volume tanah timbunan yaitu 1.75 t/m³. Satuan pada hasil bacaan Piezometer adalah kpa, maka perlu diubah menjadi t/m² dengan cara dikalikan 0,102 t/m² (1 kpa = 0,102 tm²). Hasil cek kestabilan PP – 03 dapat dilihat pada **Tabel 5.10**

Tabel 5. 5 Hasil cek kestabilan PP - 03

PP-03			
	ΔU (t/m ²)	$l.y.\Delta H$	$\Delta U < l.y.\Delta H$
ΔU_1	2,4633	12,59825	OK
ΔU_2	2,1114	12,59825	OK
ΔU_3	2,8152	12,59825	OK

(Sumber : Hasil Analisa)

Sehingga dapat diketahui bahwa cek kestabilan tanah timbunan berdasarkan piezometer memenuhi syarat kestabilan. Untuk perhitungan cek kestabilan PP – 04, PP – 05, dan PP – 06 dilakukan dengan cara yang sama dan rekap hasilnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

5.4 Kondisi Safety Factor (SF) Tanah Timbunan

Pada proses penimbunan, akan dilakukan perhitungan SF dengan program bantu XSTABL untuk mengetahui SF pada setiap penimbunan. Akan dilakukan perhitungan SF dengan kondisi asumsi belum adanya PVD menggunakan Cu lama dan kondisi setelah adanya PVD dengan menggunakan Cu baru.

5.4.1 Kondisi SF dengan Cu lama

Analisa stabilitas menggunakan Cu lama dilakukan untuk mengetahui nilai Safety Factor tanah timbunan sebelum adanya perbaikan tanah menggunakan PVD. Analisa SF ini dilakukan di seluruh titik Settlement Plate SP-05 hingga SP-12. Pemampatan atau Sc dalam analisa ini diperoleh dari hasil Settlement Plate di lapangan. Hasil analisa dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Tabel 5. 6 Kondisi SF dengan Cu lama

STA	SP	Final Settlement	Final Settlement	SF	IN
41+550	SP 05	7,2	1,6	0,608	IN 01
	SP 06	7,2	1,5	0,608	IN 01
	SP 07	7,2	1,47	0,608	IN 02
	SP 08	7,2	1,4	0,608	IN 02
42+000	SP 09	7,1	1,4	0,619	IN 03
	SP 10	7	1,4	0,606	IN 03
	SP 11	7	1,2	0,613	IN 04
	SP 12	7	1,2	0,626	IN 04

(Sumber : Hasil Analisa)

5.4.2 Kondisi SF dengan Cu baru

Analisa stabilitas menggunakan Cu baru dilakukan untuk mengetahui nilai Safety Factor tanah timbunan setelah adanya perbaikan tanah menggunakan PVD. Analisa SF ini dilakukan di seluruh titik Settlement Plate SP-05 hingga SP-12. Pemampatan atau Sc dalam analisa ini diperoleh dari hasil Settlement Plate di lapangan.

Tabel 5. 7 Kondisi SF dengan Cu baru

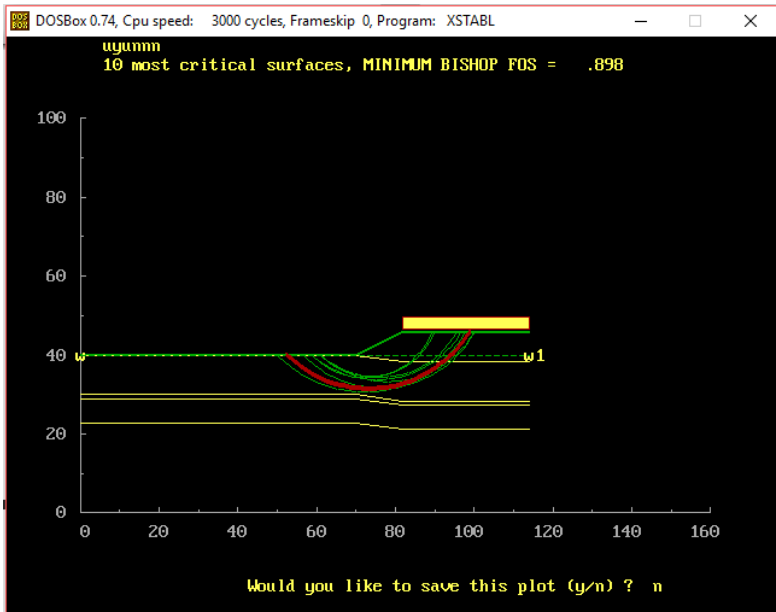
STA	SP	inisial tim	Settlement	SF	IN
41+550	SP 05	7,2	1,6	0,894	IN 01
	SP 06	7,2	1,5	0,894	IN 01
	SP 07	7,2	1,47	0,882	IN 02
	SP 08	7,2	1,4	0,882	IN 02
42+000	SP 09	7,1	1,4	0,927	IN 03
	SP 10	7	1,4	0,941	IN 03
	SP 11	7	1,2	0,909	IN 04
	SP 12	7	1,2	0,909	IN 04

(Sumber : Hasil Analisa)

Berdasarkan Tabel 5.12 dan 5.13 diketahui adanya peningkatan SF dari kondisi belum adanya PVD (Cu lama) dan kondisi setelah pakai PVD (Cu baru). Meskipun perhitungan sudah dilakukan dengan menggunakan Cu baru, nilai SF masih kurang dari SF rencana = 1,5. Sehingga diperlukan perencanaan perkuatan lereng timbunan.

5.5 Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan

Pada sub-bab 5.4 telah dilakukan analisa angka keamanan (SF) pada tanah timbunan dan didapat angka keamanan (SF) terkecil sebesar 0,898 (**Gambar 5.5**). Dengan SF tanah timbunan sebesar $0,898 < 1$, maka perlu dilakukan perencanaan perkuatan pada sisi miring timbunan. Pada Tugas Akhir ini, perencanaan perkuatan lereng timbunan berada pada luar timbunan dikarenakan adanya jalan di atas timbunan. Maka dari itu alternatif perkuatan yang akan direncanakan adalah perkuatan dengan menggunakan micropile dan sheetpile.



Gambar 5. 5 Hasil SF minimum dari program XSTABL
(Sumber : Hasil Analisa)

5.5.1 Perencanaan Perkuatan Timbunan dengan *Micropile*

Perkuatan timbunan dengan Micropile ini direncanakan menggunakan *Presstressed Concrete Circle Spun Pile* milik PT. WIKA Beton.

Data spesifikasi micropile:

- Jenis micropile = *Concrete Circle Spun Pile*
- Tipe micropile = D-500 Kelas C
- Produksi = PT. WIKA Beton
- Diameter (D) = 300 mm
- Mutu beton (f_c') = 52 Mpa
- Selimut beton (t) = 60 mm
- Momen crack (M_{cr}) = 17 ton-m
- Momen ultimate (M_u) = 8 ton-m

- Panjang tiang (L)= 13 m

Data geometri:

- Ordinat tanah dasar (yz) = 40

Hasil *out put* program XSTABL (**Gambar 5.5**)

- *Safety Factor* (SF) = 0.898
- Koordinat titik pusat O
 $x_o = 73.31$
 $y_o = 60.42$
- Radius bidang longsor (Ro) = 29.35 m

```

DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: XSTABL
Line: 420 File: TAUYNUNZ.OPT ESC=QUIT MOVE: ↑↓ PgDn PgUp END HOME

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : uyunnm

      FOS      Circle Center      Radius  Initial  Terminal  Resisting
(BISHOP)  x-coord  y-coord  (m)      x-coord  x-coord  Moment
              (m)      (m)      (m)      (m)      (m)      (kN-m)

1.   .898      73.31    60.42    29.35    52.22    98.65    2.725E+04
2.   .899      72.83    59.90    28.65    52.22    97.65    2.589E+04
3.   .899      72.23    61.73    31.08    50.00    98.79    2.976E+04
4.   .921      76.25    58.88    27.21    56.67    100.00   2.485E+04
5.   .933      73.07    62.12    30.40    52.22    98.59    2.825E+04
6.   .953      73.66    51.85    17.26    61.11    89.75    1.054E+04
7.   .966      72.22    52.72    18.43    58.89    89.21    1.148E+04
8.   .992      75.37    58.77    24.98    58.89    96.58    2.031E+04
9.   1.009      76.00    56.90    22.53    61.11    95.49    1.719E+04
10.  1.014      78.23    58.44    25.16    61.11    99.86    2.187E+04

*** END OF FILE ***

```

Gambar 5.6 Hasil Output program XSTABL
 (Sumber : Hasil Analisa)

Data perencanaan

- SF rencana (SF) = 1.50
- Jarak spasi micropile (S)= 3.3D
 = 1.0 m

Urutan perhitungan perencanaan micropile sebagai perkuatan timbunan adalah seperti berikut:

1. Diameter dalam micropile (dl)

$$\begin{aligned} dl &= D - (2 \times t) \\ &= 300 - (2 \times 60) \\ &= 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

2. Radius dalam micropile (Rdl)

$$\begin{aligned} Rdl &= dl / 2 \\ &= 180 / 2 \\ &= 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

3. Inersia penampang (I)

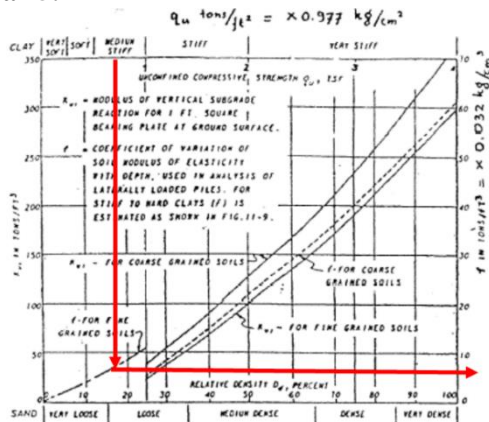
$$\begin{aligned} I &= \pi (D^4 - dl^4) / 64 \\ &= \pi (30^4 - 18^4) / 64 \\ &= 34607.78 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

4. Modulus elastisitas beton (E)

$$\begin{aligned} E &= 4700 \times \sqrt{f'c'} \\ &= 4700 \times \sqrt{52} \\ &= 33892.2 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

5. Faktor kekuatan relatif (T)

Faktor kekakuan relatif (T) dihitung menggunakan persamaan 2.10 dan dihitung berdasarkan harga f yang terdapat dalam grafik pada **Gambar 5.7**



Gambar 5.7 Grafik menentukan nilai f

(Sumber : NAVFAC DM-7 1971)

Dari grafik tersebut didapat nilai f sebesar 5 ton/ft³ atau 0.16 kg/cm³ dengan konsistensi tanah dimana tiang ditanam adalah berada pada tanah lempung medium. Sehingga faktor kekuatan relatif (T) adalah:

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \\ &= \left(\frac{338921.8 \times 34607.78}{0.16} \right)^{\frac{1}{5}} \\ &= 148.95 \text{ cm} \end{aligned}$$

6. Kebutuhan panjang micropile di atas bidang longsor (L_a)

$$\begin{aligned} L_a &= yz - (y_o - R_o) \\ &= 40 - (60.42 - 29.35) \\ &= 8.9 \text{ m} \end{aligned}$$

7. Kebutuhan panjang micropile di bawah bidang longsor (L_b)

$$\begin{aligned} L_b &= L - L_a \\ &= 13 - 8.9 \\ &= 3.1 \text{ m} \end{aligned}$$

8. Koefisien momen akibat gaya lateral P (F_M)

Koefisien momen akibat gaya lateral (F_M) didapatkan dari grafik pada Gambar 2.11 (NAVFAC DM-7 1971). Pada grafik tersebut dibandingkan antara panjang cerucuk yang tertahan dbawah bidang longsor (L_b) dan faktor kekakuan relatif (T) pada kedalaman gaya lateral yang bekerja (z). Diasumsikan nilai $z = 0$ karena micropile yang dipakai direncanakan bersifat kaku dan gaya lateral yang bekerja berada pada bagian teratas tiang. Maka didapatkan harga koefisien momen akibat gaya lateral (F_M) sebesar 1.0

9. Gaya maksimum yang dapat ditahan 1 micropile (P_{max})

Gaya maksimum yang dapat ditahan oleh satu buah micropile adalah sebagai berikut:

$$P = M_p / (F_m \times T) \times F_k$$

$$= 17 / (1 \times 14.89) \times 1$$

$$= 12,129 \text{ ton}$$

10. Jumlah kebutuhan micropile hitung (n)

Jumlah kebutuhan micropile adalah sebagai berikut:

$$n = \Delta Mr / (P \text{ maks} \times R)$$

$$= 18267.82 / (12129 \times 29.35)$$

$$= 5,13 \text{ buah}$$

Dengan cara yang sama dilakukan pada micropile diameter 600 mm dengan hasil perhitungan pada **Tabel 5.14**

5.5.2 Perencanaan Perkuatan Timbunan dengan *Sheetpile*

Perkuatan timbunan dengan *sheetpile* ini direncanakan menggunakan *Corrugated Concrete Sheet Pile (CCSP) Prestressed* milik PT. Waskita Beton Precast.

Data spesifikasi *Sheet pile*:

- Jenis *Sheet pile* = *Concrete Circle Spun Pile*
- Tipe *Sheet pile* = W-500-A-1000
- Produksi = PT. Waskita Beton Precast.
- Diameter (D) = 500 mm
- Mutu beton (f_c') = 40 Mpa
- Momen crack (M_{cr}) = 35.2 ton-m
- Panjang tiang (L) = 13 m

Data geometri:

- Ordinat tanah dasar (yz) = 40

Hasil *out put* program XSTABL

- *Safety Factor* (SF) = 0.898
- Koordinat titik pusat O
 - $x_o = 73.31$
 - $y_o = 60.42$
- Radius bidang longsor (R_o) = 29.35 m

Data perencanaan

- SF rencana (SF) = 1.50
- Jarak spasi *Sheet Pile* (S) = 3.3D

$$= 1.0 \text{ m}$$

Urutan perhitungan perencanaan *Sheet Pile* sebagai perkuatan timbunan adalah seperti berikut:

11. Diameter dalam *Sheet Pile* (dl)

$$\begin{aligned} dl &= D - (2 \times t) \\ &= 300 - (2 \times 60) \\ &= 180 \text{ mm} \end{aligned}$$

12. Radius dalam *Sheet Pile* (Rdl)

$$\begin{aligned} Rdl &= dl / 2 \\ &= 180 / 2 \\ &= 90 \text{ mm} \end{aligned}$$

13. Inersia penampang (I)

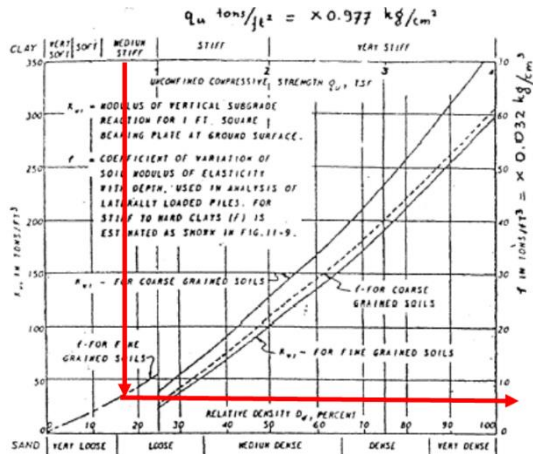
$$I = 462362 \text{ cm}^4$$

14. Modulus elastisitas beton (E)

$$\begin{aligned} E &= 4700 \times \sqrt{f'c'} \\ &= 4700 \times \sqrt{40} \\ &= 29725,41 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

15. Faktor kekuatan relatif (T)

Faktor kekakuan relatif (T) dihitung menggunakan persamaan 2.10 dan dihitung berdasarkan harga f yang terdapat dalam grafik pada **Gambar 5.8**



Gambar 5. 8 Grafik menentukan nilai f
(Sumber : NAVFAC DM-7 1971)

Dari grafik tersebut didapat nilai f sebesar 5 ton/ft³ atau 0.16 kg/cm³ dengan konsistensi tanah dimana tiang ditanam adalah berada pada tanah lempung medium. Sehingga faktor kekuatan relatif (T) adalah:

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= \left(\frac{29725,41 \times 462362}{0.16} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 153,74 \text{ cm}$$

16. Kebutuhan panjang *Sheet Pile* di atas bidang longsor (L_a)

$$L_a = yz - (y_o - R_o)$$

$$= 40 - (60.42 - 29.35)$$

$$= 8.9 \text{ m}$$

17. Kebutuhan panjang *Sheet Pile* di bawah bidang longsor (L_b)

$$L_b = L - L_a$$

$$= 13 - 8.9$$

$$= 3.1 \text{ m}$$

18. Koefisien momen akibat gaya lateral P (F_M)

Koefisien momen akibat gaya lateral (F_M) didapatkan dari grafik pada Gambar 2.11 (NAVFAC DM-7 1971). Pada grafik tersebut dibandingkan antara panjang cerucuk yang tertahan dbawah bidang longsor (L_b) dan faktor kekakuan relatif (T) pada kedalaman gaya lateral yang bekerja (z). Diasumsikan nilai $z = 0$ karena *Sheet Pile* yang dipakai direncanakan bersifat kaku dan gaya lateral yang bekerja berada pada bagian teratas tiang. Maka didapatkan harga koefisien momen akibat gaya lateral (F_M) sebesar 1.0

19. Gaya maksimum yang dapat ditahan 1 micropile (P_{max})

Gaya maksimum yang dapat ditahan oleh satu buah *Sheet Pile* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P &= M_p / (F_m \times T) \times F_k \\ &= 17 / (1 \times 14.89) \times 1 \\ &= 22,89 \text{ ton} \end{aligned}$$

20. Jumlah kebutuhan *Sheet Pile* hitung (n)

Jumlah kebutuhan micropile adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} n &= \Delta M_r / (P \text{ maks} \times R) \\ &= 18267.82 / (12129 \times 29.35) \\ &= 3,12 \text{ buah} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan pada *sheepile* diameter 600 mm dengan hasil perhitungan pada **Tabel 5.14**

Tabel 5. 8 Perhitungan jumlah micropile

KETERANGAN	SF min	SF rencana	JUMLAH PERKUATAN			
			SHEETPILE BETON CORUGATED		MICROPILE	
			W-500-A-1000	W-600-A-1000	D 500 mm	D 600 mm
MAT RENDAH	0,898	1,5	4,0552	3,1206	5,1315	3,4552
	0,894		4,3128	3,3189	4,7874	3,2236
	0,921		3,9837	3,0656	5,1964	3,4989
	0,956		2,9111	2,2402	6,2698	4,2217
	0,948		2,7419	2,1100	7,2036	4,8504
	0,905		3,7287	2,8694	5,4848	3,6932
	0,920		4,8767	3,7528	4,1054	2,7643
	1,015		4,2106	3,2402	4,0222	2,7083
	0,927		4,4091	3,3930	4,5397	3,0568
	0,897		4,2966	3,3064	4,6413	3,1252
MAT TINGGI	0,758		2,1393	1,6463	4,0382	2,7191
	0,767		1,9414	1,4940	3,6646	2,4675
	0,759		2,2159	1,7052	4,1826	2,8163
	0,772		3,2065	2,4675	6,0525	4,0754
	0,763		2,6144	2,0119	4,9350	3,3229
perkuatan paling banyak			4,8767	3,7528	7,2036	4,8504
pembulatan			5	4	8	5

(Sumber : Hasil Analisa)

Berdasarkan **Gambar 5.8** maka didapatkan jumlah micropile yang dipakai (npakai) adalah sebanyak 8 buah dengan jarak pemasangan (spasi) 1 m dan diameter 500 mm dan 5 buah dengan jarak pemasangan (spasi) 1 m dengan diameter 600 mm.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi tanah pada jalan tol Porong-Gempol paket 3A adalah sebagai berikut:
 - a. Kedalaman tanah lunak bervariasi yaitu 5 meter sampai dengan 17 meter
 - b. Kedalaman tanah keras berada pada kedalaman lebih dari 18-20 meter.
2. Stabilitas tanah timbunan yang dihitung dengan program bantu diketahui bahwa nilai SF terkecil adalah 0,898; jadi angka keamanan di lapangan kurang dari SF rencana (1,5) yang berarti timbunan dalam kondisi tidak aman atau kondisi kritis.
3. Paket 3A tidak mengalami kelongsoran seperti paket 3B (berdasarkan analisa instrumen geoteknik) karena :
 - a. Semua titik *settlement plate* menunjukkan derajat konsolidasi lebih dari 90%, yang berarti pemampatan tanah dasar di bawah timbunan sudah selesai.
 - b. Pengukuran muka air dalam piezometer mendukung hasil pembacaan dari *settlement plate* yang menunjukkan pemampatan tanah dasar sudah selesai.
 - c. Inclinometer tidak menunjukkan adanya bahaya longsor (tetap tegak) sehingga tanah timbunan dapat dikatakan aman.
4. Perkuatan lereng direncanakan dengan menggunakan *sheetpile* tipe W-500-A-1000 sebanyak 5 buah sedalam 13 meter atau *micropile* diameter 600 mm sebanyak 5 buah dengan kedalaman 13 meter.

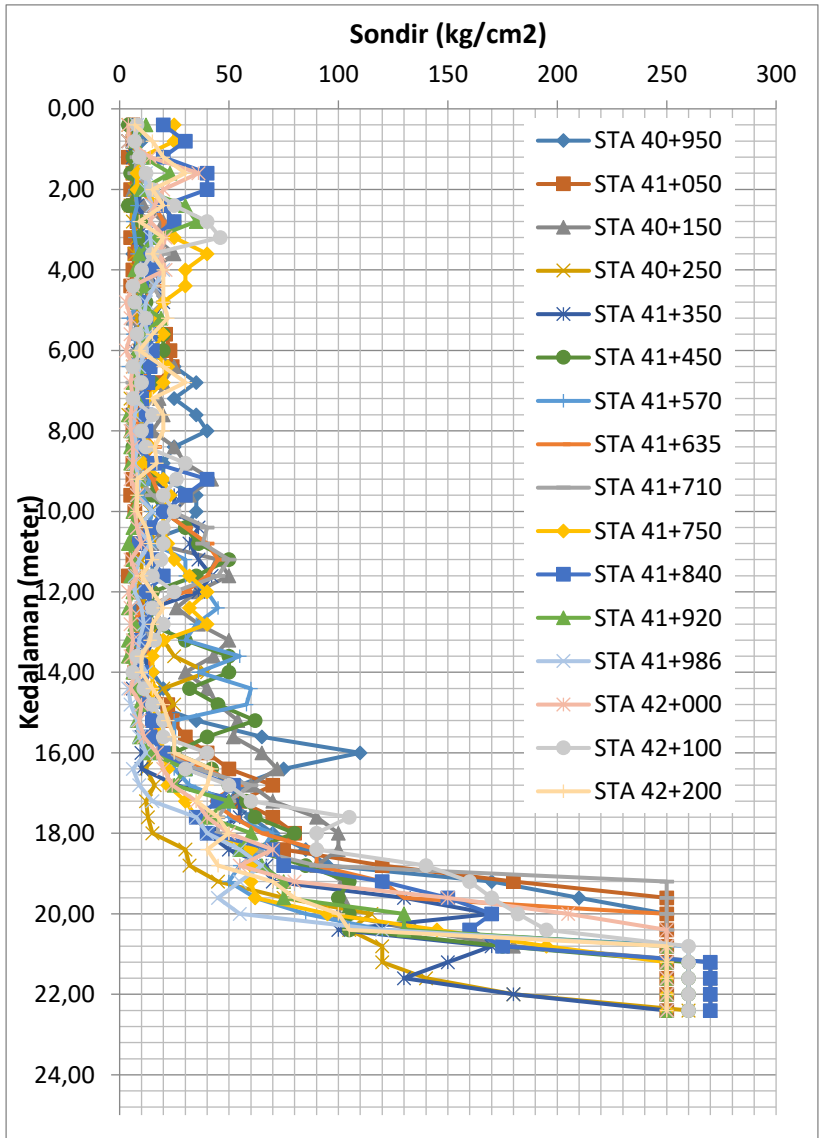
Halaman ini sengaja dikosongkan

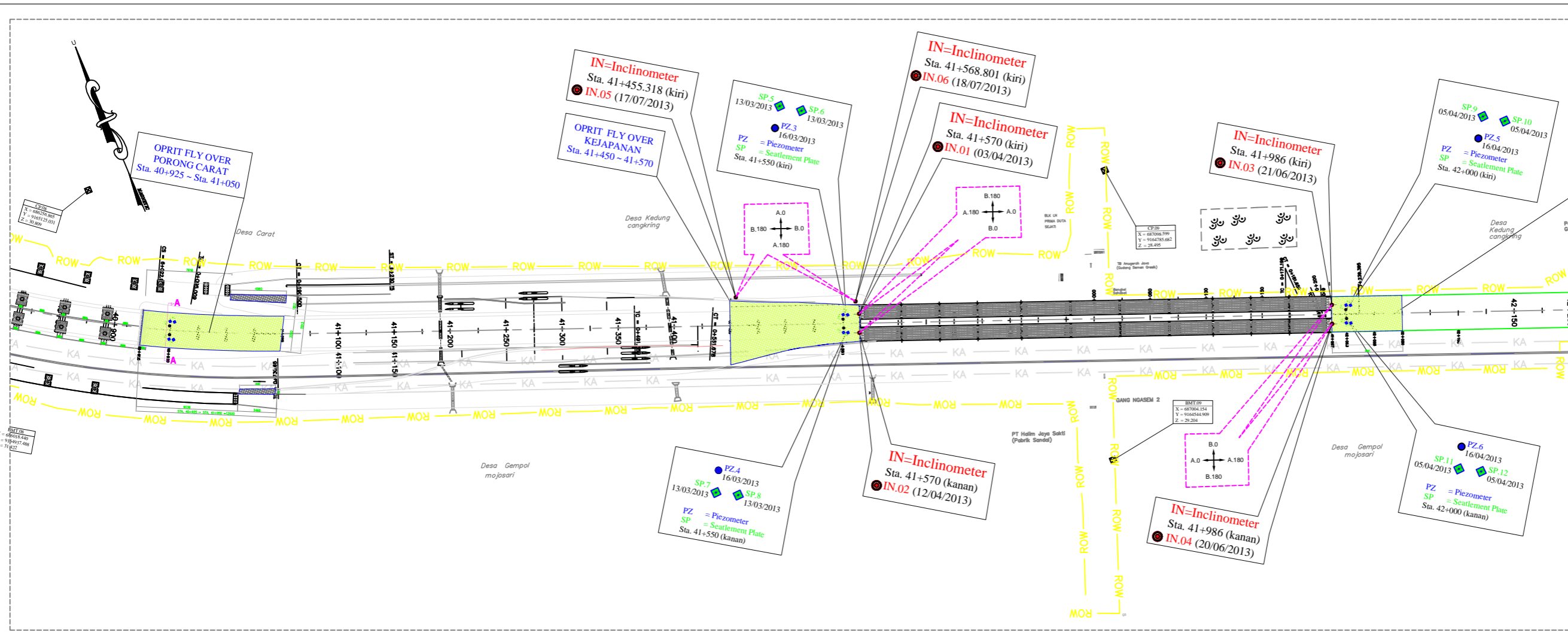
DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah 1: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah 1: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah 2: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1990. **Principle of Foundation Engineering**. Boston: PWS-KENT.
- Das, B. M. 2010. **Principles of Geotechnical Engineering**. 7th edition. Boston:PWS Publishing
- Mochtar, Noor Endah. 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya: ITS Press.
- Bishop, A. W. 1995. **The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes Geotechnique**, Vol 5. London.
- Naval Facilities. 1971. **Design Manual: Foundations, and Earth Structures (NAVFAC DM-7)**. Alexandria: US Department of Navy
- Craig, R. F. 1987. **Soil Mechanic 4th Edition. Van Nostroad Reinhol Co. Ltd**. Diterjemahkan oleh Budi Susilo Supandji, 1989. Mekanika Tanah Edisi Keempat. Erlangga. Jakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan

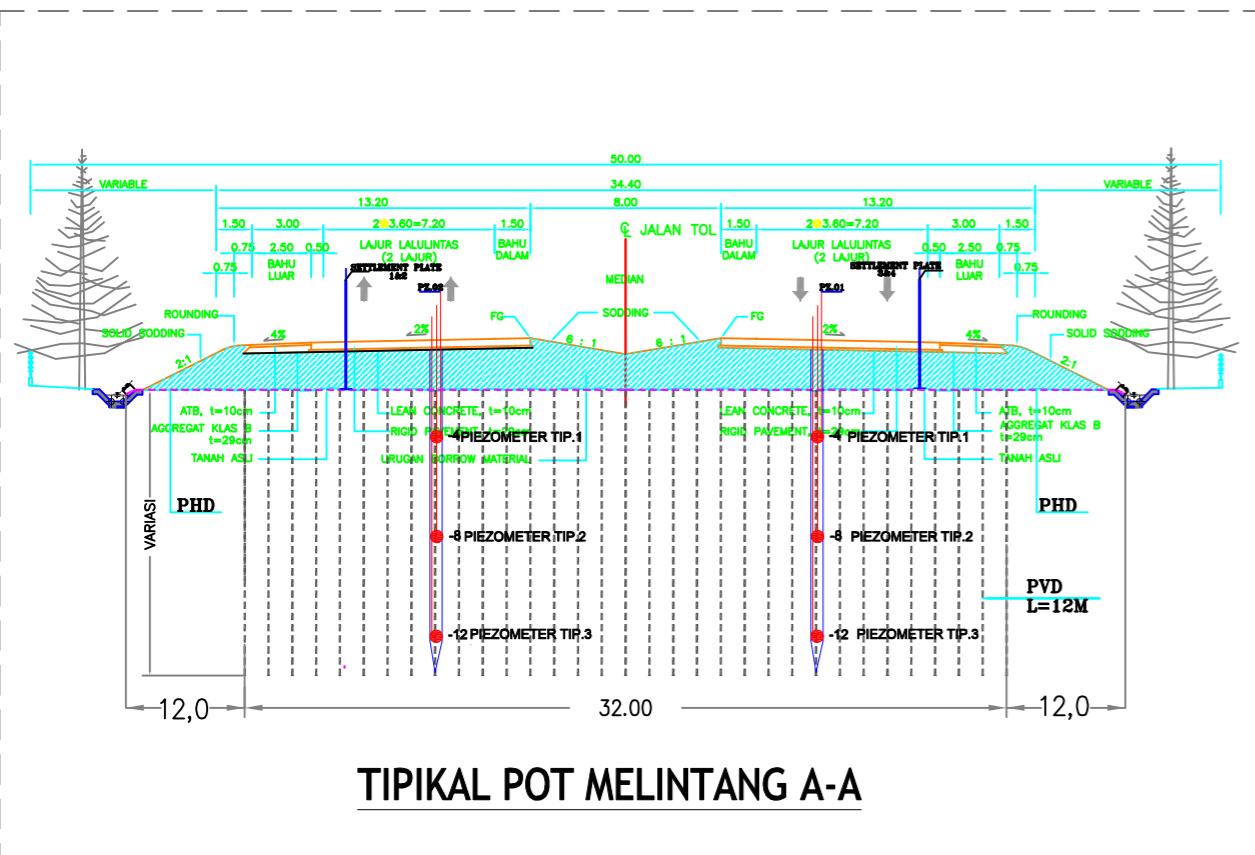
Lampiran 1. Data Tanah



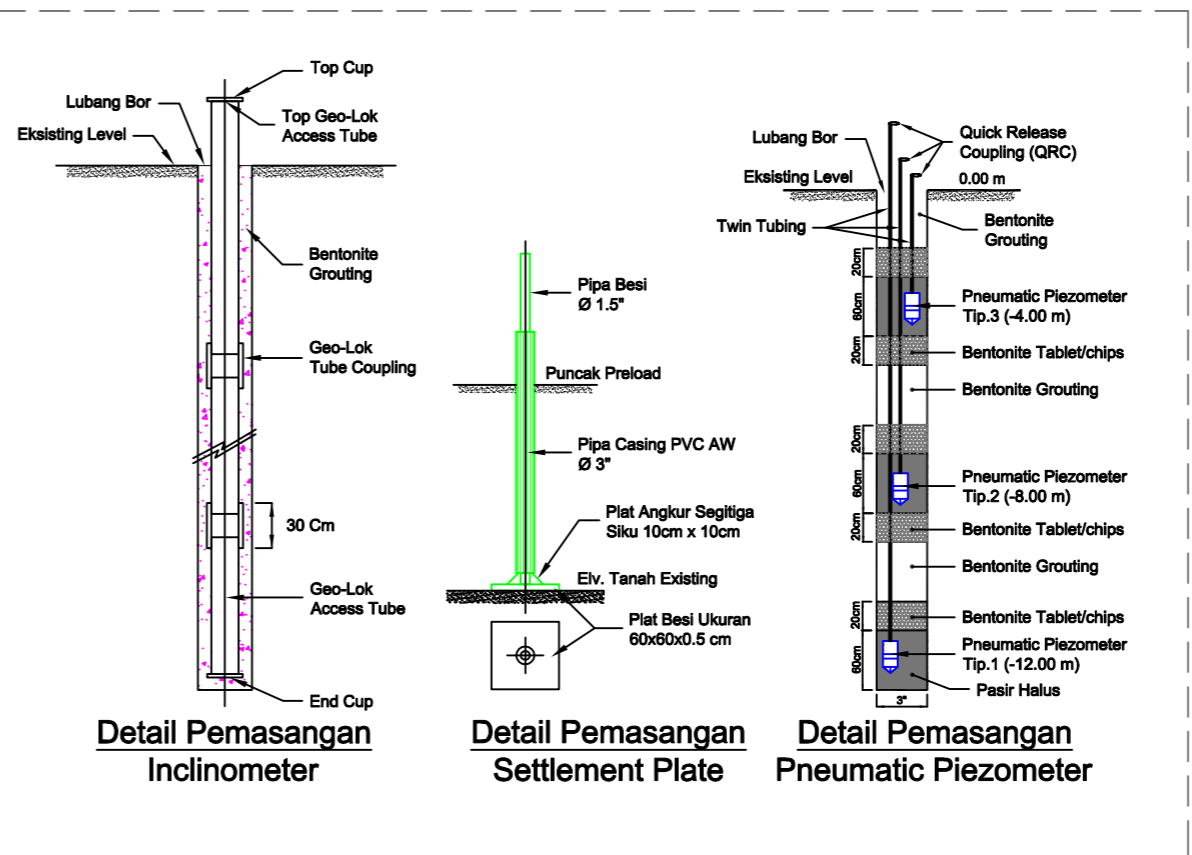


PLAN INSTRUMENT GEOTEKNIK

sta.40+930 s/d 42+087



TIPIKAL POT MELINTANG A-A



Detail Pemasangan Inclinometer

Detail Pemasangan Settlement Plate

Detail Pemasangan Pneumatic Piezometer

PEMILIK PROYEK

PT. JASA MARGA (PERSERO) Tbk.
 PLAZA TOL TAMAN MINI INDONESIA INDAH
 JAKARTA 13550-INDONESIA
 TELP. (021) 8413300, 8413300
 FAX. (021) 8413333, 8413340

PROYEK RELOKASI SUROBOYO-GEMPOL (RUAS-PORONG GEMPOL) PAKET 3A

PEKERJAAN :
INSTRUMENT GEOTEKNIK

LOKASI : **PORONG KAB.SIDOARJO JAWA TIMUR**

NO	TGL	REVISI
01	28-Apr-13	Update Points Installed
02	28-Jul-13	Update Points Installed

Keterangan :

- Pneumatic Piezometer = 4 Buah
- Settlement Plate = 8 Buah
- INCLINOMETER = 6 Buah

AS BUILT DRAWING

JUDUL GAMBAR :
LAY OUT PEKERJAAN PEMASANGAN INSTRUMENT GEOTEKNIK

KONSULTAN

PT. ESKAPINDO MATRA

KONTRAKTOR UTAMA

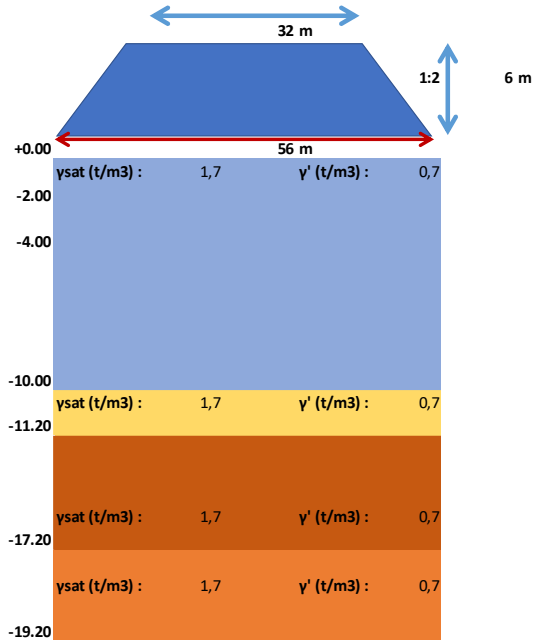
PT. PP (Persero) Tbk.

SUBKONTRAKTOR SPESIALIS :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL
 Gedung Wisma SIER lantai 1
 Jl. Rungkut Industri Raya No. 10
 Surabaya - 60293

DIBUAT OLEH :	DIPERIKSA OLEH :	DIJUKAN OLEH :
DANANG ARIFIYANTO Drafter	DIDING SUTARDI Engineer	USIN B. HIDAYAT Manajer Konstruksi
NO. GAMBAR		NO. LEMBAR
TS/TGU/ABD/P02-13/-01		1 DARI 1

Lampiran 3. Perhitungan Empiris



Data Timbunan	
γ_{sat} (t/m ³) :	1,75
γ_{timb} (t/m ³) :	1,75
H-final (m) :	6
L Timb (m) :	56

1. Tegangan Overburden	
Kedalaman (m)	σ_o (t/m ²)
1	0,35
2	1,05
3	1,75
4	2,45
5	3,15
6	3,85
7	4,55
8	5,25
9	5,95
10	6,65
11	7,35
12	8,05
13	8,75
14	9,45
15	10,15
16	10,85
17	11,55
18	12,25
19	12,95
20	13,65

tegangan akibat beban timbunan			
H timbunan (m)	a(m)	b(m)	q(t/m ²)
3,0	6	56	6,75
5,0	10	56	10,25
7,0	14	56	13,75
9,0	18	56	17,25

2. Diatribusi Tegangan Akibat Timbunan										
H timbunan (m)	3									
q (t/m ²)	6,75									
Kedalaman (m)	z (m)	B1 (m)	B2 (m)	(B1+B2)/Z	B1/Z	α_1	α_2	qo (t/m ²)	$2 \Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
1	0,5	28	6	68,000	56,000	0,181	88,98	6,750	3,375	6,750
2	1,5	28	6	22,667	18,667	0,540	86,93	6,750	3,375	6,750
3	2,5	28	6	13,600	11,200	0,897	84,90	6,750	3,374	6,748
4	3,5	28	6	9,714	8,000	1,248	82,87	6,750	3,373	6,746
5	4,5	28	6	7,556	6,222	1,591	80,87	6,750	3,371	6,741
6	5,5	28	6	6,182	5,091	1,924	78,89	6,750	3,367	6,734
7	6,5	28	6	5,231	4,308	2,246	76,93	6,750	3,362	6,724
8	7,5	28	6	4,533	3,733	2,556	75,00	6,750	3,356	6,711
9	8,5	28	6	4,000	3,294	2,851	73,11	6,750	3,347	6,695
10	9,5	28	6	3,579	2,947	3,130	71,26	6,750	3,337	6,675
11	10,5	28	6	3,238	2,667	3,394	69,44	6,750	3,325	6,651
12	11,5	28	6	2,957	2,435	3,641	67,67	6,750	3,311	6,623
13	12,5	28	6	2,720	2,240	3,872	65,94	6,750	3,296	6,591
14	13,5	28	6	2,519	2,074	4,085	64,26	6,750	3,278	6,555
15	14,5	28	6	2,345	1,931	4,281	62,62	6,750	3,258	6,516
16	15,5	28	6	2,194	1,806	4,460	61,03	6,750	3,237	6,473
17	16,5	28	6	2,061	1,697	4,623	59,49	6,750	3,213	6,427
18	17,5	28	6	1,943	1,600	4,770	57,99	6,750	3,188	6,377
19	18,5	28	6	1,838	1,514	4,902	56,55	6,750	3,162	6,324
20	19,5	28	6	1,744	1,436	5,019	55,15	6,750	3,134	6,269

2. Diatribusi Tegangan Akibat Timbunan											
H timbunan (m)	5										
q (t/m ²)	10,25										
Kedalaman (m)	z (m)	B1 (m)	B2 (m)	(B1+B2)/Z	B1/Z	α_1	α_2	q ₀ (t/m ²)	$2 \Delta \sigma'$ (t/m ²)	$\Delta \sigma'$ (t/m ²)	
1	0,5	28	10	76,000	56,000	0,269	88,98	10,250	5,125	10,250	
2	1,5	28	10	25,333	18,667	0,806	86,93	10,250	5,125	10,250	
3	2,5	28	10	15,200	11,200	1,338	84,90	10,250	5,124	10,248	
4	3,5	28	10	10,857	8,000	1,863	82,87	10,250	5,122	10,245	
5	4,5	28	10	8,444	6,222	2,377	80,87	10,250	5,119	10,239	
6	5,5	28	10	6,909	5,091	2,877	78,89	10,250	5,115	10,230	
7	6,5	28	10	5,846	4,308	3,363	76,93	10,250	5,108	10,217	
8	7,5	28	10	5,067	3,733	3,830	75,00	10,250	5,100	10,200	
9	8,5	28	10	4,471	3,294	4,278	73,11	10,250	5,089	10,178	
10	9,5	28	10	4,000	2,947	4,705	71,26	10,250	5,076	10,152	
11	10,5	28	10	3,619	2,667	5,110	69,44	10,250	5,060	10,120	
12	11,5	28	10	3,304	2,435	5,491	67,67	10,250	5,042	10,083	
13	12,5	28	10	3,040	2,240	5,849	65,94	10,250	5,021	10,041	
14	13,5	28	10	2,815	2,074	6,182	64,26	10,250	4,997	9,994	
15	14,5	28	10	2,621	1,931	6,492	62,62	10,250	4,971	9,942	
16	15,5	28	10	2,452	1,806	6,777	61,03	10,250	4,942	9,884	
17	16,5	28	10	2,303	1,697	7,039	59,49	10,250	4,911	9,822	
18	17,5	28	10	2,171	1,600	7,278	57,99	10,250	4,877	9,755	
19	18,5	28	10	2,054	1,514	7,495	56,55	10,250	4,842	9,684	
20	19,5	28	10	1,949	1,436	7,689	55,15	10,250	4,804	9,608	

2. Diatribusi Tegangan Akibat Timbunan										
H timbunan (m)	7									
q (t/m ²)	13,75									
Kedalaman (m)	z (m)	B1 (m)	B2 (m)	(B1+B2)/Z	B1/Z	α_1	α_2	q ₀ (t/m ²)	1/2 $\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
1	0,5	28	14	84,000	56,000	0,341	88,98	13,750	6,875	13,750
2	1,5	28	14	28,000	18,667	1,021	86,93	13,750	6,875	13,750
3	2,5	28	14	16,800	11,200	1,696	84,90	13,750	6,874	13,748
4	3,5	28	14	12,000	8,000	2,361	82,87	13,750	6,872	13,744
5	4,5	28	14	9,333	6,222	3,015	80,87	13,750	6,868	13,737
6	5,5	28	14	7,636	5,091	3,652	78,89	13,750	6,863	13,726
7	6,5	28	14	6,462	4,308	4,272	76,93	13,750	6,856	13,711
8	7,5	28	14	5,600	3,733	4,870	75,00	13,750	6,846	13,691
9	8,5	28	14	4,941	3,294	5,446	73,11	13,750	6,833	13,666
10	9,5	28	14	4,421	2,947	5,996	71,26	13,750	6,817	13,635
11	10,5	28	14	4,000	2,667	6,520	69,44	13,750	6,799	13,598
12	11,5	28	14	3,652	2,435	7,016	67,67	13,750	6,777	13,554
13	12,5	28	14	3,360	2,240	7,483	65,94	13,750	6,752	13,504
14	13,5	28	14	3,111	2,074	7,922	64,26	13,750	6,724	13,448
15	14,5	28	14	2,897	1,931	8,331	62,62	13,750	6,693	13,386
16	15,5	28	14	2,710	1,806	8,711	61,03	13,750	6,659	13,317
17	16,5	28	14	2,545	1,697	9,063	59,49	13,750	6,621	13,242
18	17,5	28	14	2,400	1,600	9,386	57,99	13,750	6,581	13,162
19	18,5	28	14	2,270	1,514	9,681	56,55	13,750	6,538	13,076
20	19,5	28	14	2,154	1,436	9,950	55,15	13,750	6,493	12,985

2. Diatribusi Tegangan Akibat Timbunan										
H timbunan	9									
q (t/m ²)	17,25									
edalaman (n)	z (m)	B1 (m)	B2 (m)	(B1+B2)/Z	B1/Z	α_1	α_2	q ₀ (t/m ²)	$2 \Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
1	0,5	28	18	92,000	56,000	0,400	88,98	17,250	8,625	17,250
2	1,5	28	18	30,667	18,667	1,199	86,93	17,250	8,625	17,249
3	2,5	28	18	18,400	11,200	1,991	84,90	17,250	8,624	17,247
4	3,5	28	18	13,143	8,000	2,774	82,87	17,250	8,622	17,243
5	4,5	28	18	10,222	6,222	3,543	80,87	17,250	8,618	17,235
6	5,5	28	18	8,364	5,091	4,295	78,89	17,250	8,612	17,224
7	6,5	28	18	7,077	4,308	5,026	76,93	17,250	8,604	17,207
8	7,5	28	18	6,133	3,733	5,735	75,00	17,250	8,592	17,185
9	8,5	28	18	5,412	3,294	6,418	73,11	17,250	8,578	17,157
10	9,5	28	18	4,842	2,947	7,073	71,26	17,250	8,561	17,122
11	10,5	28	18	4,381	2,667	7,698	69,44	17,250	8,540	17,081
12	11,5	28	18	4,000	2,435	8,292	67,67	17,250	8,516	17,032
13	12,5	28	18	3,680	2,240	8,855	65,94	17,250	8,488	16,976
14	13,5	28	18	3,407	2,074	9,385	64,26	17,250	8,457	16,913
15	14,5	28	18	3,172	1,931	9,882	62,62	17,250	8,421	16,843
16	15,5	28	18	2,968	1,806	10,346	61,03	17,250	8,383	16,766
17	16,5	28	18	2,788	1,697	10,778	59,49	17,250	8,341	16,681
18	17,5	28	18	2,629	1,600	11,177	57,99	17,250	8,295	16,590
19	18,5	28	18	2,486	1,514	11,545	56,55	17,250	8,246	16,493
20	19,5	28	18	2,359	1,436	11,882	55,15	17,250	8,195	16,389

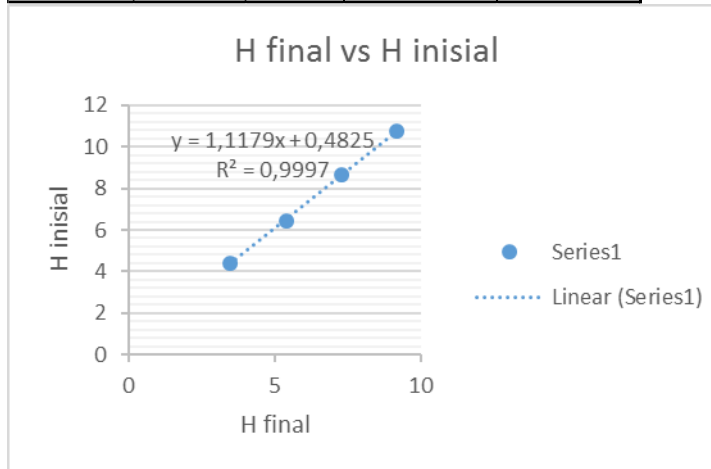
3. Pemampatan yang terjadi												
H timbuna		3										
dalam (asumsi										
Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$+\Delta\sigma'$ (t/m ²)	σ'_c (t/m ²)	fluktuasi	σ'_c (t/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	0,33	0,12	1,03	0,35	6,750	7,100	3	3,35	9,571428571	Rumus 2	0,179384
2	1	0,33	0,12	1,03	1,05	6,750	7,800	3	4,05	3,857142857	Rumus 2	0,11268
3	1	0,38	0,17	1,62	1,75	6,748	8,498	3	4,75	2,714285714	Rumus 2	0,079201
4	1	0,38	0,17	1,62	2,45	6,746	9,196	3	5,45	2,224489796	Rumus 2	0,065023
5	1	0,33	0,12	1,13	3,15	6,741	9,891	3	6,15	1,952380952	Rumus 2	0,057025
6	1	0,33	0,12	1,13	3,85	6,734	10,584	3	6,85	1,779220779	Rumus 2	0,049763
7	1	0,33	0,12	1,13	4,55	6,724	11,274	3	7,55	1,659340659	Rumus 2	0,043886
8	1	0,33	0,12	1,13	5,25	6,711	11,961	3	8,25	1,571428571	Rumus 2	0,039501
9	1	0,33	0,12	1,13	5,95	6,695	12,645	3	8,95	1,504201681	Rumus 2	0,036203
10	1	0,33	0,12	1,13	6,65	6,675	13,325	3	9,65	1,45112782	Rumus 2	0,033206
11	1	0,33	0,12	1,13	7,35	6,651	14,001	3	10,35	1,408163265	Rumus 2	0,030423
12	1	0,33	0,12	1,13	8,05	6,623	14,673	3	11,05	1,372670807	Rumus 2	0,028251
13	1	0,33	0,12	1,13	8,75	6,591	15,341	3	11,75	1,342857143	Rumus 2	0,026574
14	1	0,33	0,12	1,13	9,45	6,555	16,005	3	12,45	1,317460317	Rumus 2	0,024899
15	1	0,33	0,12	1,13	10,15	6,516	16,666	3	13,15	1,295566502	Rumus 2	0,023221
16	1	0,33	0,12	1,13	10,85	6,473	17,323	3	13,85	1,276497696	Rumus 2	0,0219
17	1	0,33	0,12	1,13	11,55	6,427	17,977	3	14,55	1,25974026	Rumus 2	0,02088
18	1	0,33	0,12	1,13	12,25	6,377	18,627	3	15,25	1,244897959	Rumus 2	0,019794
19	1	0,33	0,12	1,13	12,95	6,324	19,274	3	15,95	1,231660232	Rumus 2	0,018652
20	1	0,33	0,12	1,13	13,65	6,269	19,919	3	16,65	1,21978022	Rumus 2	0,017754
												0,92822

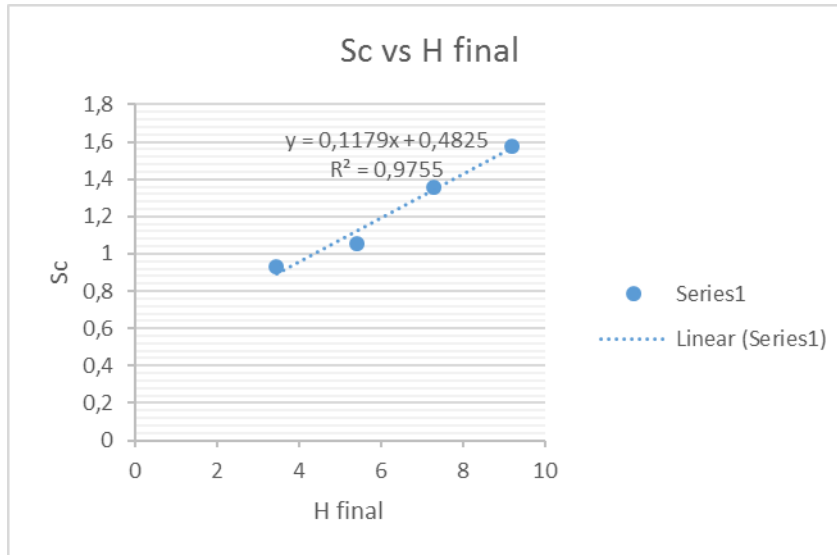
3. Pemampatan yang terjadi												
H timbuna		5										
											asumsi	
dalaman (Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m ²)	P fluktuasi	σ'_c (t/m ²)	OCR	Sc (m)	
1	1	0,33	0,12	1,03	0,35	10,250	10,600	3	3,35	9,571429	Rumus 2	0,19001
2	1	0,33	0,12	1,03	1,05	10,250	11,300	3	4,05	3,857143	Rumus 2	0,122508
3	1	0,38	0,17	1,62	1,75	10,248	11,998	3	4,75	2,714286	Rumus 2	0,088866
4	1	0,38	0,17	1,62	2,45	10,245	12,695	3	5,45	2,22449	Rumus 2	0,07406
5	1	0,33	0,12	1,13	3,15	10,239	13,389	3	6,15	1,952381	Rumus 2	0,064675
6	1	0,33	0,12	1,13	3,85	10,230	14,080	3	6,85	1,779221	Rumus 2	0,056974
7	1	0,33	0,12	1,13	4,55	10,217	14,767	3	7,55	1,659341	Rumus 2	0,050488
8	1	0,33	0,12	1,13	5,25	10,200	15,450	3	8,25	1,571429	Rumus 2	0,045762
9	1	0,33	0,12	1,13	5,95	10,178	16,128	3	8,95	1,504202	Rumus 2	0,042351
10	1	0,33	0,12	1,13	6,65	10,152	16,802	3	9,65	1,451128	Rumus 2	0,039065
11	1	0,33	0,12	1,13	7,35	10,120	17,470	3	10,35	1,408163	Rumus 2	0,03584
12	1	0,33	0,12	1,13	8,05	10,083	18,133	3	11,05	1,372671	Rumus 2	0,033432
13	1	0,33	0,12	1,13	8,75	10,041	18,791	3	11,75	1,342857	Rumus 2	0,0317
14	1	0,33	0,12	1,13	9,45	9,994	19,444	3	12,45	1,31746	Rumus 2	0,029816
15	1	0,33	0,12	1,13	10,15	9,942	20,092	3	13,15	1,295567	Rumus 2	0,027794
16	1	0,33	0,12	1,13	10,85	9,884	20,734	3	13,85	1,276498	Rumus 2	0,026298
17	1	0,33	0,12	1,13	11,55	9,822	21,372	3	14,55	1,25974	Rumus 2	0,025252
18	1	0,33	0,12	1,13	12,25	9,755	22,005	3	15,25	1,244898	Rumus 2	0,024004
19	1	0,33	0,12	1,13	12,95	9,684	22,634	3	15,95	1,23166	Rumus 2	0,022583
20	1	0,33	0,12	1,13	13,65	9,608	23,258	3	16,65	1,21978	Rumus 2	0,021546
												1,053024

3. Pemampatan yang terjadi												
H timbunan (7												
kedalaman (m)	Hi (m)	Cc	Cs	eo	σ'_o (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\sigma'_o + \Delta\sigma'$ (t/m ²)	P fluktuasi	σ'_c (t/m ²)	OCR		Sc (m)
1	1	0,33	0,12	1,03	0,35	13,750	14,100	3	3,35	9,571428571	Rumus 2	0,16135469
2	1	0,33	0,12	1,03	1,05	13,750	14,800	3	4,05	3,857142857	Rumus 2	0,12727953
3	1	0,38	0,17	1,62	1,75	13,748	15,498	3	4,75	2,714285714	Rumus 2	0,102472826
4	1	0,38	0,17	1,62	2,45	13,744	16,194	3	5,45	2,224489796	Rumus 2	0,091003701
5	1	0,33	0,12	1,13	3,15	13,737	16,887	3	6,15	1,952380952	Rumus 2	0,084869432
6	1	0,33	0,12	1,13	3,85	13,726	17,576	3	6,85	1,779220779	Rumus 2	0,077961787
7	1	0,33	0,12	1,13	4,55	13,711	18,261	3	7,55	1,659340659	Rumus 2	0,071819195
8	1	0,33	0,12	1,13	5,25	13,691	18,941	3	8,25	1,571428571	Rumus 2	0,066981784
9	1	0,33	0,12	1,13	5,95	13,666	19,616	3	8,95	1,504201681	Rumus 2	0,063114428
10	1	0,33	0,12	1,13	6,65	13,635	20,285	3	9,65	1,45112782	Rumus 2	0,059395994
11	1	0,33	0,12	1,13	7,35	13,598	20,948	3	10,35	1,408163265	Rumus 2	0,055813748
12	1	0,33	0,12	1,13	8,05	13,554	21,604	3	11,05	1,372670807	Rumus 2	0,052862198
13	1	0,33	0,12	1,13	8,75	13,504	22,254	3	11,75	1,342857143	Rumus 2	0,050423356
14	1	0,33	0,12	1,13	9,45	13,448	22,898	3	12,45	1,317460317	Rumus 2	0,047966113
15	1	0,33	0,12	1,13	10,15	13,386	23,536	3	13,15	1,295566502	Rumus 2	0,045502186
16	1	0,33	0,12	1,13	10,85	13,317	24,167	3	13,85	1,276497696	Rumus 2	0,043430793
17	1	0,33	0,12	1,13	11,55	13,242	24,792	3	14,55	1,25974026	Rumus 2	0,041693878
18	1	0,33	0,12	1,13	12,25	13,162	25,412	3	15,25	1,244897959	Rumus 2	0,039893724
19	1	0,33	0,12	1,13	12,95	13,076	26,026	3	15,95	1,231660232	Rumus 2	0,038043827
20	1	0,33	0,12	1,13	13,65	12,985	26,635	3	16,65	1,21978022	Rumus 2	0,036473252
											Sc	1,358356444

4. Rekap

H timbunan (m)	q timbunan (t/m ²)	Sc (m)	H initial (m)	H final (m)
3	6,75	0,92822	4,387554145	3,459334392
5	10,25	1,053024	6,458871105	5,405846671
7	13,75	1,358356	8,633346539	7,274990095
9	17,25	1,575365	10,7573517	9,181986227





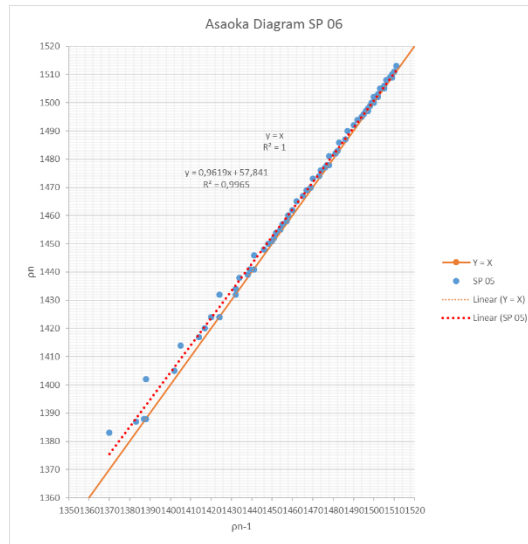
H final	=	7
Sc	=	1,3078

Perhitungan Cu baru

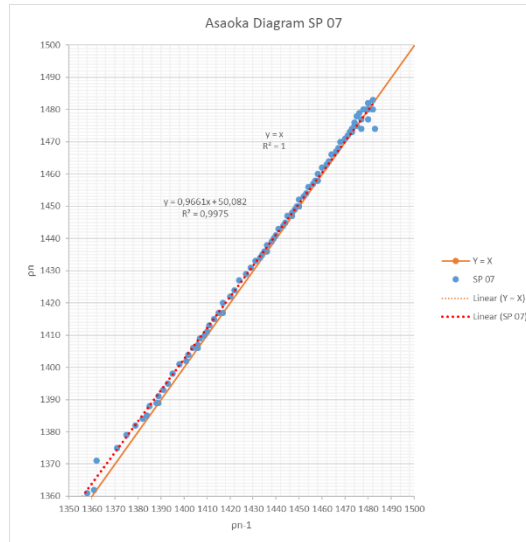
sta 41+550																
h (meter)	z (meter)	y (t/m3)	PI	po' (t/m2)	po' (kg/cm2)	Cu (kpa)	Cu (kg/cm2)	l	q (t/m2)	q (kg/cm2)	Δσ' (kg/cm2)	σ' baru (kg/cm2)	Cu baru (kg/cm2)	Cu baru (t/m2)		
1	0,5	1,7	50	0,35	0,035	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	0	0,0737	7,37		
2	1,5	1,7	50	1,05	0,105	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	1,26	0,212174	21,2174		
3	2,5	1,7	50	1,75	0,175	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	1,33	0,219867	21,9867		
4	3,5	1,7	50	2,45	0,245	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	1,4	0,22756	22,756		
5	4,5	1,7	50	3,15	0,315	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	1,47	0,235253	23,5253		
6	5,5	1,7	50	3,85	0,385	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	1,54	0,242946	24,2946		
7	6,5	1,7	50	4,55	0,455	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	1,61	0,250639	25,0639		
8	7,5	1,7	50	5,25	0,525	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	1,68	0,258332	25,8332		
9	8,5	1,7	50	5,95	0,595	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	1,75	0,266025	26,6025		
10	9,5	1,7	50	6,65	0,665	10	0,1	0,5	12,25	1,225	1,225	1,82	0,273718	27,3718		
11	10,5	1,7	50	7,35	0,735	18	0,18	0,5	12,25	1,225	1,225	1,89	0,281411	28,1411		
12	11,5	1,7	50	8,05	0,805	48	0,48	0,5	12,25	1,225	1,225	1,96	0,289104	28,9104		
13	12,5	1,7	50	8,75	0,875	48	0,48	0,5	12,25	1,225	1,225	2,03	0,296797	29,6797		
14	13,5	1,7	50	9,45	0,945	48	0,48	0,5	12,25	1,225	1,225	2,1	0,30449	30,449		
15	14,5	1,7	50	10,15	1,015	48	0,48	0,5	12,25	1,225	1,225	2,17	0,312183	31,2183		
16	15,5	1,7	50	10,85	1,085	48	0,48	0,5	12,25	1,225	1,225	2,24	0,319876	31,9876		
17	16,5	1,7	50	11,55	1,155	48	0,48	0,5	12,25	1,225	1,225	2,31	0,327569	32,7569		
18	17,5	1,7	50	12,25	1,225	75	0,75	0,5	12,25	1,225	1,225	2,38	0,335262	33,5262		
19	18,5	1,7	50	12,95	1,295	75	0,75	0,5	12,25	1,225	1,225	2,45	0,342955	34,2955		
20	19,5	1,7	50	13,65	1,365	75	0,75	0,5	12,25	1,225	1,225	2,52	0,350648	35,0648		

cu lama	cu baru	cu transisi
10	23	16
18	28	23
48	31	39
75	34	55

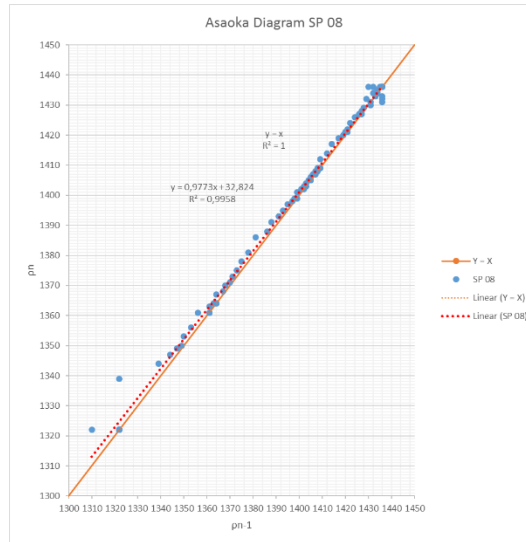
Lampiran 4. Hasil Grafik Settlement Plate



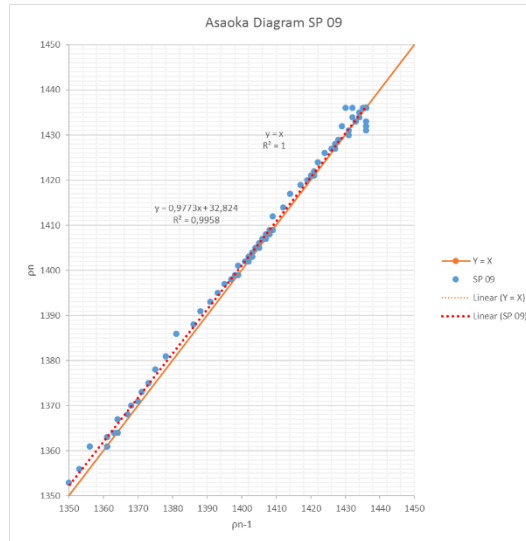
Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-06



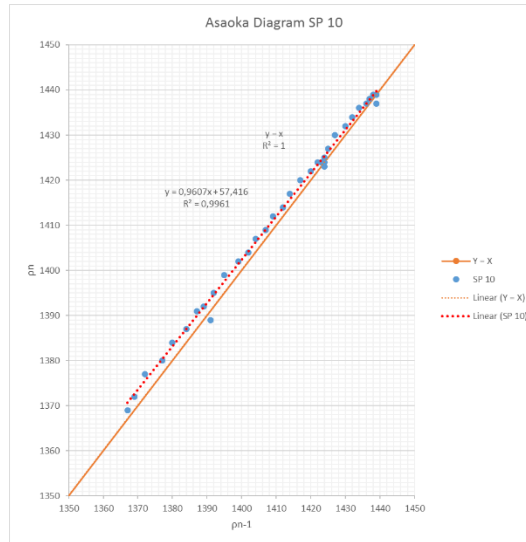
Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-07



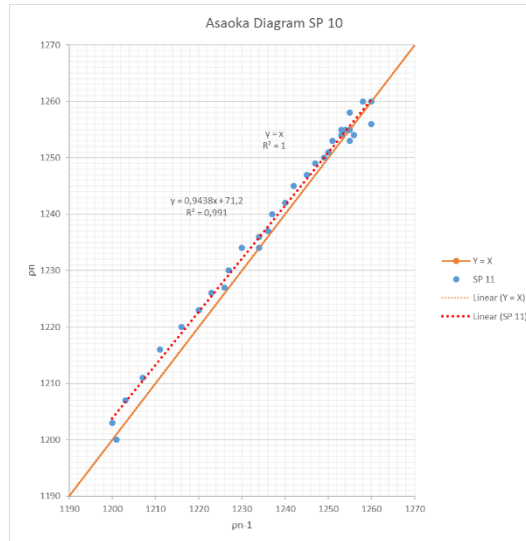
Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-08



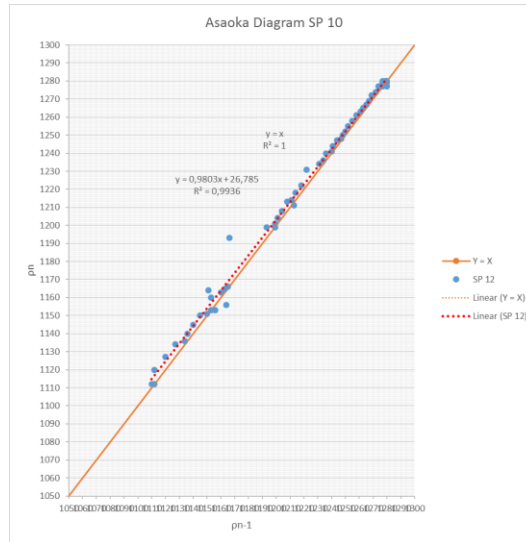
Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-09



Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-10



Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-11



Kurva Penentuan Settlement Akhir SP-12



PT . PP (Persero) Tbk.

PROYEK
RELOKASI TOL SURABAYA - GEMPOL
(RUAS PORONG - GEMPOL) PAKET 3A
PEKERJAAN
MONITORING SETTLEMENT PLATE



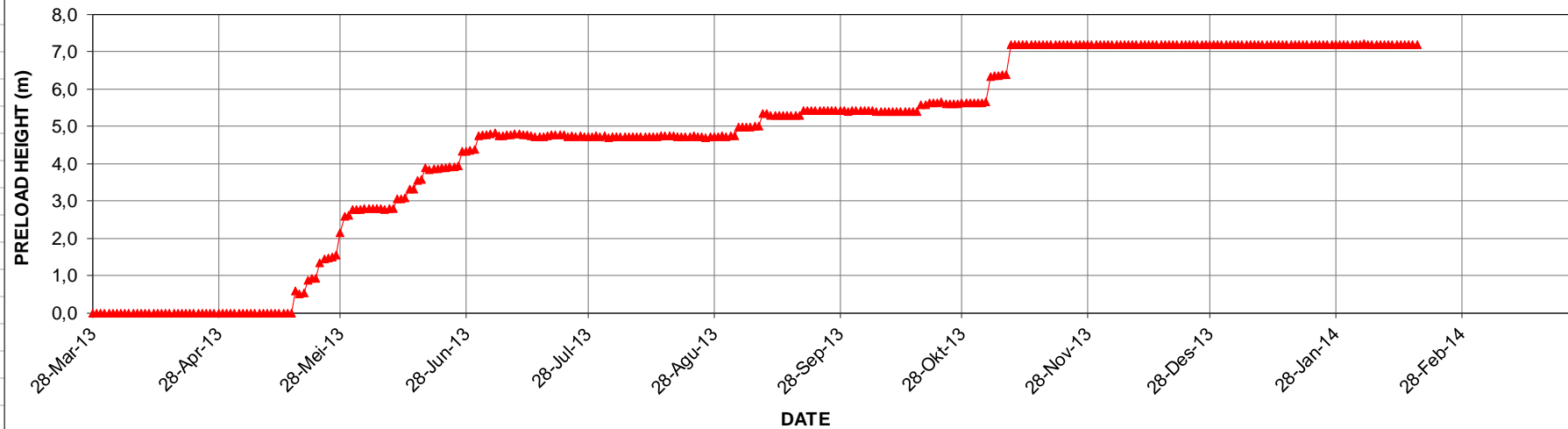
GEOSISTEM

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

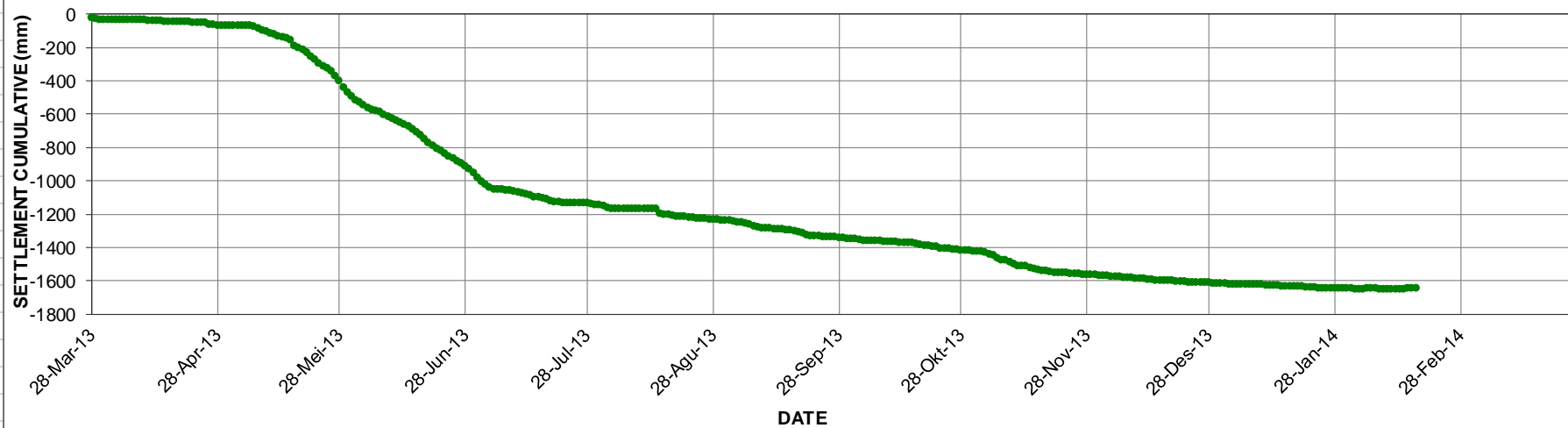
GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 05)

GRAPHIC OF PRELOAD HEIGHT (SP - 05)



GRAPHIC OF SETTLEMENT CUMULATIVE (SP - 05)



Lampiran 5. Hasil Inclinometer

$$Y_{zmax} = 0.16 \times S_{max}$$

$$271.360 \text{ mm} = 0.16 \times 1350$$

$$271.360 \text{ mm} = 216 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga SF} = Y_{aktual} / Y_{max}$$

$$= 217.360 / 216$$

$$= 1.3 \geq 1.3$$

Hasil cek kestabilan IN – 02

Depth (m)	Max deflex (mm)	Δ (delta)	Cek Kestabilan
0,1	74,060		
0,1	79,42	5,360	
0,1	80,635	1,215	Stabil
0,1	79,230	-1,405	Stabil
0,1	80,900	1,670	Tidak Stabil
0,1	83,580	2,680	Tidak Stabil
0,1	271,360	187,780	Tidak Stabil

$$\begin{aligned}
 Y_{zmax} &= 0.16 \times S_{max} \\
 &= 0.16 \times 1350 \\
 &= 216 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga SF} &= Y_{aktual} / Y_{max} \\
 &= 118.400 / 216 \\
 &= 0.6 \leq 1.3
 \end{aligned}$$

Hasil cek kestabilan IN – 05

Depth (m)	Max deflex (mm)	Δ (delta)	Cek Kestabilan
9,5	-117,535		
9,5	-117,785	-0,250	
9,5	-117,880	-0,095	Tidak Stabil
9,5	-117,985	-0,105	Stabil
9,5	-118,080	-0,095	Tidak Stabil
9,5	-118,400	-0,320	Stabil

(Sumber : Hasil Analisa)

$$\begin{aligned}
 Y_{zmax} &= 0.16 \times S_{max} \\
 &= 0.16 \times 1350 \\
 &= 216 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Sehingga SF} &= Y_{aktual} / Y_{max} \\
 &= 94.940 / 216 \\
 &= 0.5 \leq 1.3
 \end{aligned}$$

Hasil cek kestabilan IN – 06

Depth (m)	Max deflex (mm)	Δ (delta)	Cek Kestabilan
10	-94,24		
10	-93,14	1,1	
10	-94,73	-1,59	Stabil
10	-94,585	0,145	Tidak Stabil
10	-94,44	0,145	Stabil
10	-94,94	-0,5	Stabil

(Sumber : Hasil Analisa)

$$Y_{zmax} = 0.16 \times S_{max}$$

$$84.030 \text{ mm} = 0.16 \times 1350$$

$$84.030 \text{ mm} = 216 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga SF} = Y_{max} / 0.16 \times S_{max}$$

$$= 84.030 / 216$$

$$= 0.4 \leq 1.3$$

Hasil cek kestabilan IN – 07

Depth (m)	Max deflex (mm)	Δ (delta)	Cek Kestabilan
0,1	-72,260		
0,1	-71,560	0,700	
0,1	-74,040	-2,480	Stabil
0,1	-83,210	-9,170	Stabil
0,1	-83,735	0,525	Tidak Stabil
0,1	-84,030	-0,295	Stabil

(Sumber : Hasil Analisa)

$$Y_{zmax} = 0.16 \times S_{max}$$

$$126.390 \text{ mm} = 0.16 \times 1350$$

$$126.390 \text{ mm} = 216 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga SF} = Y_{max} / 0.16 \times S_{max}$$

$$= 126.390 / 216$$

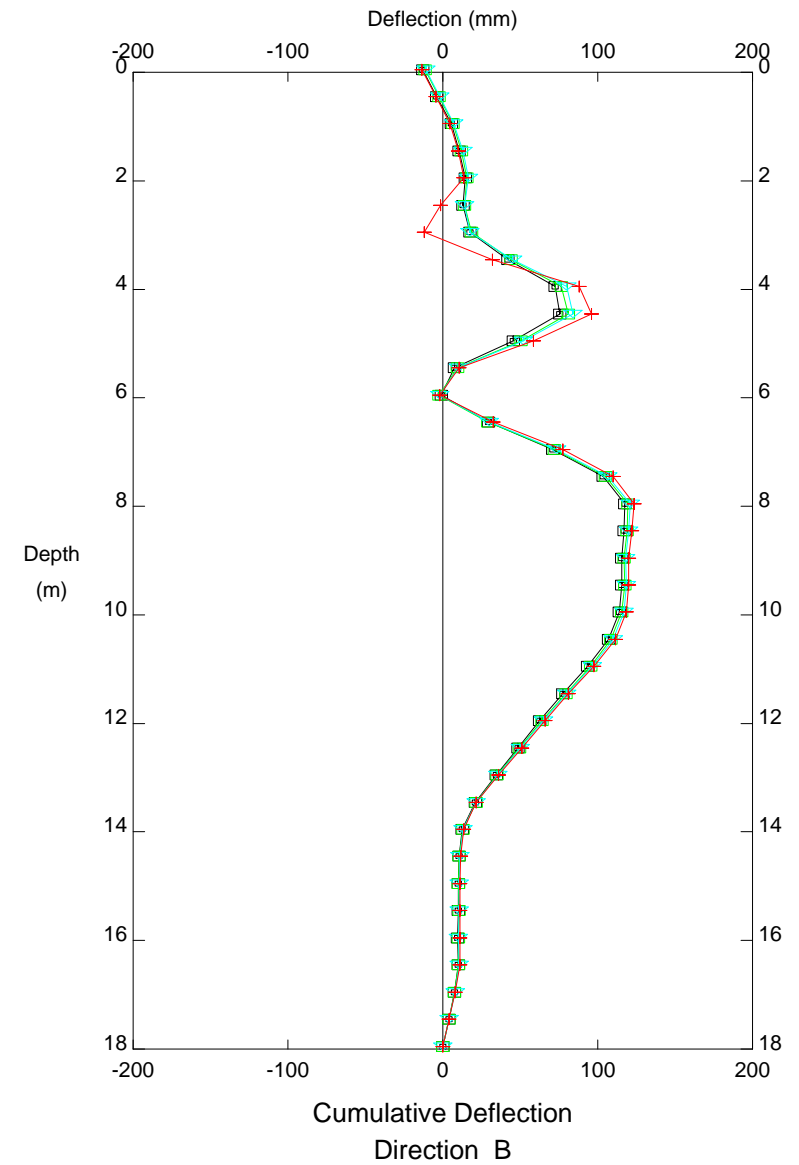
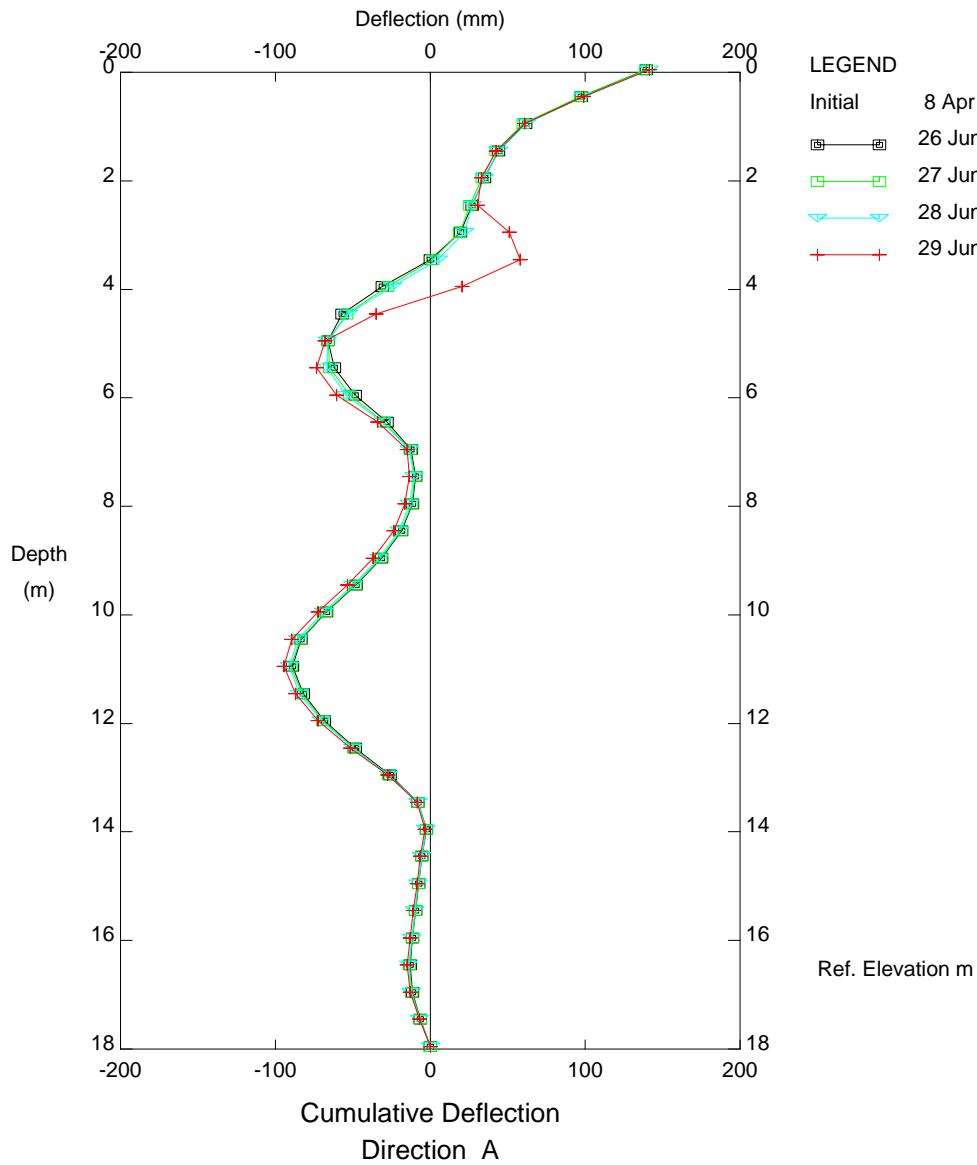
$$= 0.6 \leq 1.3$$

Tabel 5.8 Hasil cek kestabilan IN - 08

Depth (m)	Max deflex (mm)	Δ (delta)	Cek Kestabilan
0,1	-87,340		
0,1	-97,190	-9,850	Stabil
0,1	-106,945	-9,755	Tidak Stabil
0,1	-116,660	-9,715	Tidak Stabil
0,1	-126,390	-9,730	Stabil

(Sumber : Hasil Analisa)

PT. Teknindo Geosistem Unggul



Relokasi Tol Surabaya Gempol - Paket 3A, Inclinometer IN.01

PT. PP (Persero) Tbk.

Sidoarjo, Jawa Timur

Plot Coordinates for Inclinator IN.01
 Relative to initial reading on 8 Apr 2013 at 0354

PT. Teknindo Geosistem Unggul

Printed 07-17-2013 at 10:39:53

Depth	26 Jun 2013		27 Jun 2013		28 Jun 2013		29 Jun 2013	
	Cum A	Cum B	Cum A	Cum B	Cum A	Cum B	Cum A	Cum B
-0.1	139.390	-13.160	138.820	-11.625	141.030	-10.990	141.455	-13.630
0.5	97.705	-4.095	97.165	-2.575	99.150	-1.905	98.895	-4.510
1.0	61.555	5.270	60.235	6.415	62.025	7.145	61.190	4.585
1.5	43.835	10.655	42.295	12.035	43.900	12.780	42.485	10.245
2.0	34.915	14.305	33.550	15.710	34.980	16.495	32.785	13.470
2.5	27.125	13.200	25.665	14.115	27.180	13.995	30.575	-1.630
3.0	19.735	17.650	18.950	18.495	21.775	17.620	50.880	-12.125
3.5	-0.070	42.035	1.405	43.795	5.195	45.050	58.000	32.125
4.0	-31.165	72.605	-27.375	76.425	-24.415	79.970	20.670	88.195
4.5	-56.975	75.605	-53.820	81.190	-52.990	83.915	-35.135	96.230
5.0	-66.150	45.330	-66.130	50.345	-66.620	52.180	-67.905	58.270
5.5	-61.845	7.465	-64.980	9.620	-66.575	10.150	-73.270	10.565
6.0	-48.415	-1.240	-52.215	-2.310	-54.285	-2.225	-60.375	-2.005
6.5	-27.900	29.525	-29.865	28.935	-30.890	30.005	-33.865	32.740
7.0	-12.460	71.030	-13.075	71.865	-13.360	73.650	-14.865	77.705
7.5	-9.540	103.520	-9.855	105.025	-10.680	106.710	-13.270	110.195
8.0	-11.615	117.635	-12.085	119.485	-13.280	120.905	-16.535	123.400
8.5	-18.535	116.960	-18.875	118.875	-20.105	120.065	-23.445	121.845
9.0	-31.640	115.505	-31.860	117.065	-33.215	118.130	-36.800	119.750
9.5	-48.215	115.715	-48.530	117.275	-50.010	118.345	-53.720	120.090
10.0	-66.845	113.980	-67.265	115.665	-68.805	116.770	-72.615	118.505
10.5	-83.345	106.805	-84.030	108.635	-85.575	109.760	-89.300	111.330
11.0	-88.840	93.635	-89.815	95.505	-91.205	96.535	-94.345	97.730
11.5	-82.170	77.620	-83.215	79.345	-84.365	80.220	-86.840	81.170
12.0	-68.440	62.720	-69.535	64.240	-70.400	64.995	-72.330	65.800
12.5	-48.620	48.390	-49.595	49.645	-50.085	50.230	-51.295	50.905
13.0	-26.170	34.390	-26.760	35.250	-26.925	35.615	-27.590	35.975
13.5	-7.895	20.905	-8.115	21.345	-8.140	21.425	-8.495	21.375
14.0	-2.685	12.735	-2.645	12.995	-2.855	13.170	-3.660	13.430
14.5	-5.285	10.425	-5.270	10.680	-5.580	10.940	-6.570	11.395
15.0	-7.405	10.060	-7.485	10.240	-7.800	10.560	-8.530	11.095
15.5	-9.320	10.085	-9.465	10.290	-9.815	10.655	-10.755	11.190
16.0	-11.300	9.625	-11.500	9.855	-11.915	10.210	-12.900	10.760
16.5	-13.015	9.795	-13.300	10.025	-13.770	10.410	-14.760	10.880
17.0	-11.570	7.440	-11.870	7.660	-12.270	7.840	-12.960	8.090
17.5	-6.450	3.770	-6.600	3.870	-6.765	3.920	-7.050	3.985
18.0	-0.000	0.000	-0.000	0.000	0.000	-0.000	-0.000	-0.000

Lampiran 6. Hasil Analisa Piezometer

Rekap hasil cek kestabilan PP-04, PP-5, dan PP-06

PP - 04	ΔU	ΔH	$I_y \cdot \Delta H$	CEK KESTABILAN
$\Delta U1$	2,8152	7,217	12,62975	OK
$\Delta U2$	2,1114	7,217	12,62975	OK
$\Delta U3$	1,7595	7,217	12,62975	OK
PP - 05	ΔU	ΔH	$I_y \cdot \Delta H$	CEK KESTABILAN
$\Delta U1$	4,2738	6,283	10,99525	OK
$\Delta U2$	4,8246	6,283	10,99525	OK
$\Delta U3$	7,1451	6,283	10,99525	OK
PP - 06	ΔU	ΔH	$I_y \cdot \Delta H$	CEK KESTABILAN
$\Delta U1$	4,1004	5,758	10,0765	OK
$\Delta U2$	4,4778	5,758	10,0765	OK
$\Delta U3$	4,7889	5,758	10,0765	OK



PT . PP (Persero) Tbk.

PROYEK
RELOKASI TOL SURABAYA - GEMPOL
(RUAS PORONG - GEMPOL) PAKET 3A
PEKERJAAN
MONITORING PNEUMATIC PIEZOMETER



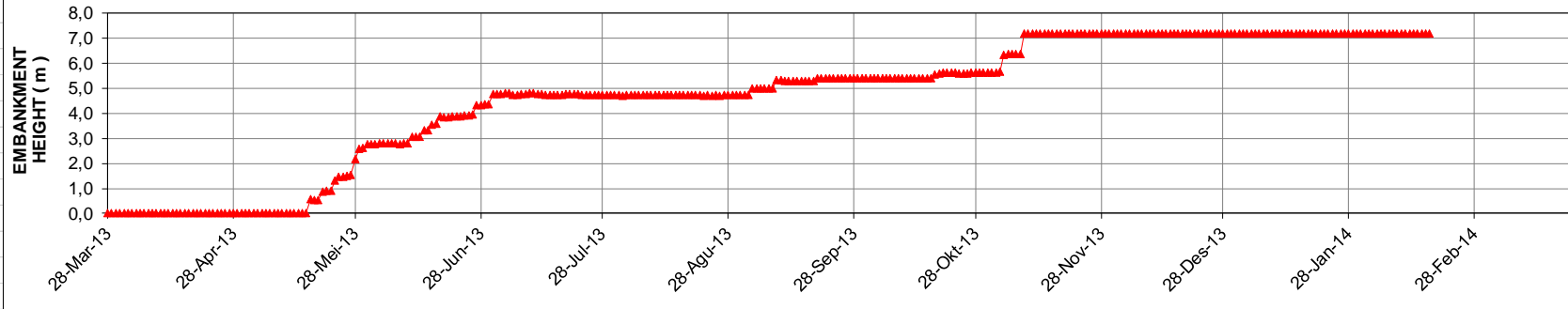
GEOSISTEM

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

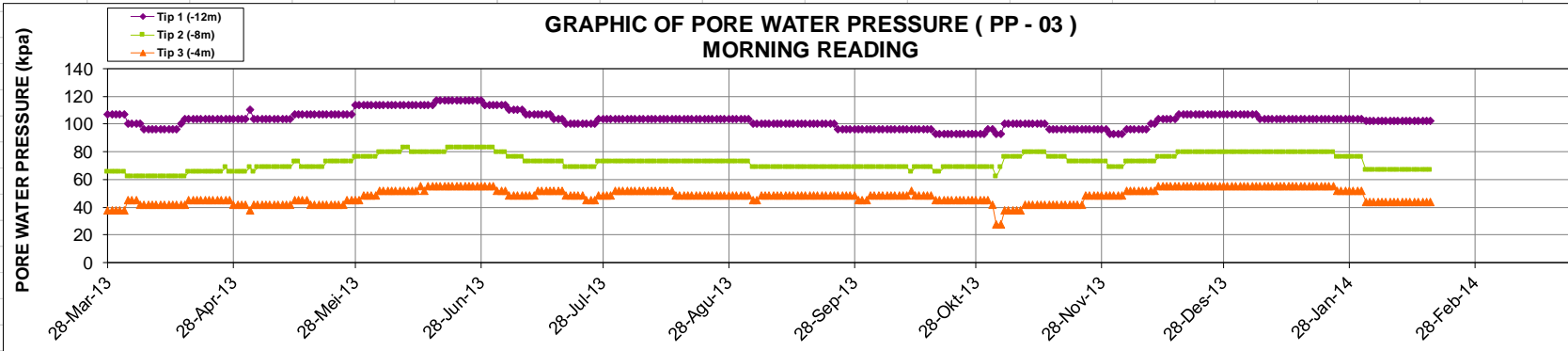
GRAFIK TINGGI TIMBUNAN DAN TEKANAN AIR PORI TANAH- GABUNGAN

SUBJECT : PNEUMATIC PIEZOMETER (PP-03)

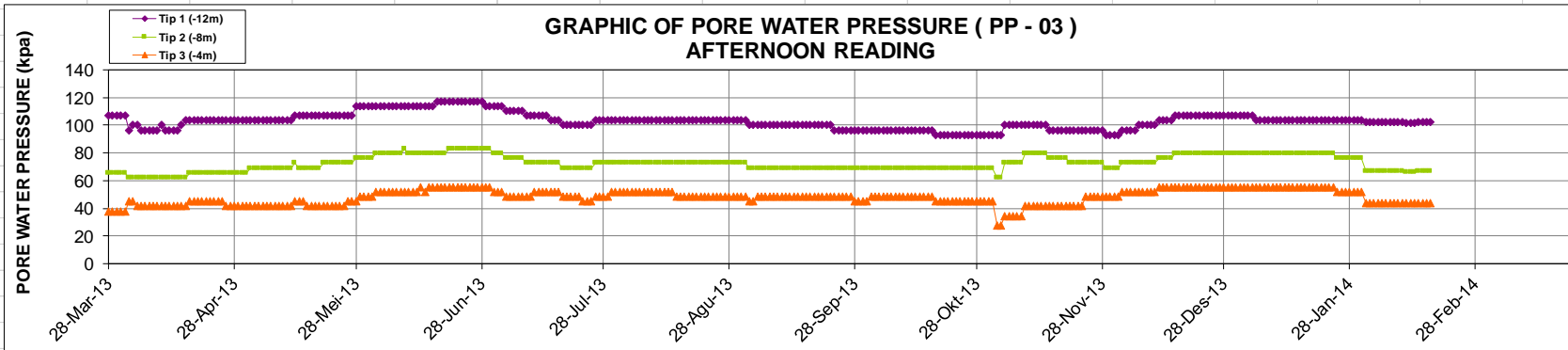
GRAPHIC OF EMBANKMENT HEIGHT (PP - 03)



**GRAPHIC OF PORE WATER PRESSURE (PP - 03)
MORNING READING**

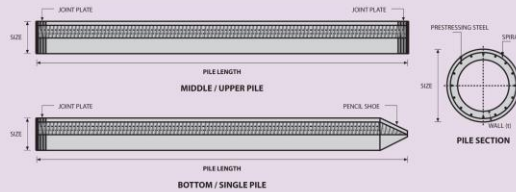


**GRAPHIC OF PORE WATER PRESSURE (PP - 03)
AFTERNOON READING**



Spesifikasi *Micro Pile* PT. Wijaya Karya Beton

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES

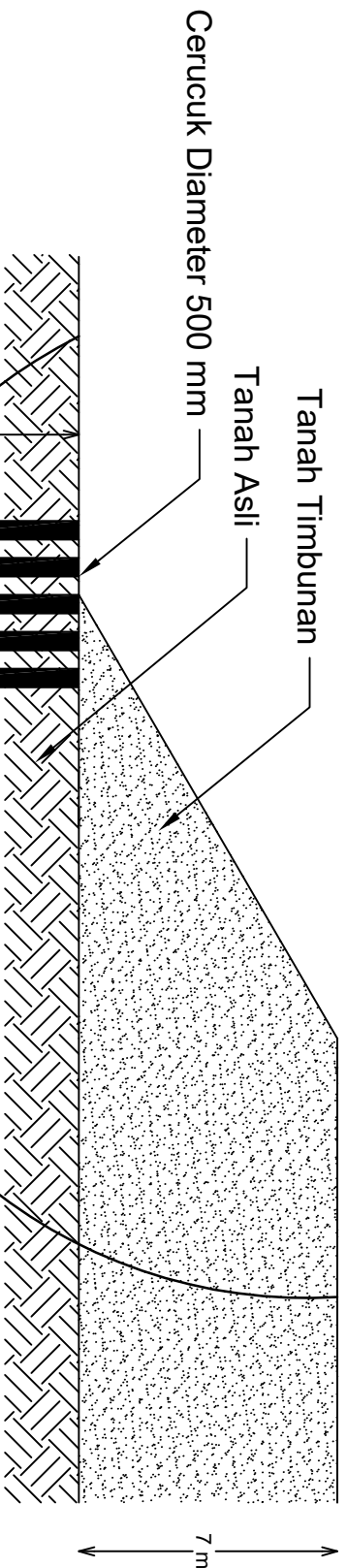


PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION

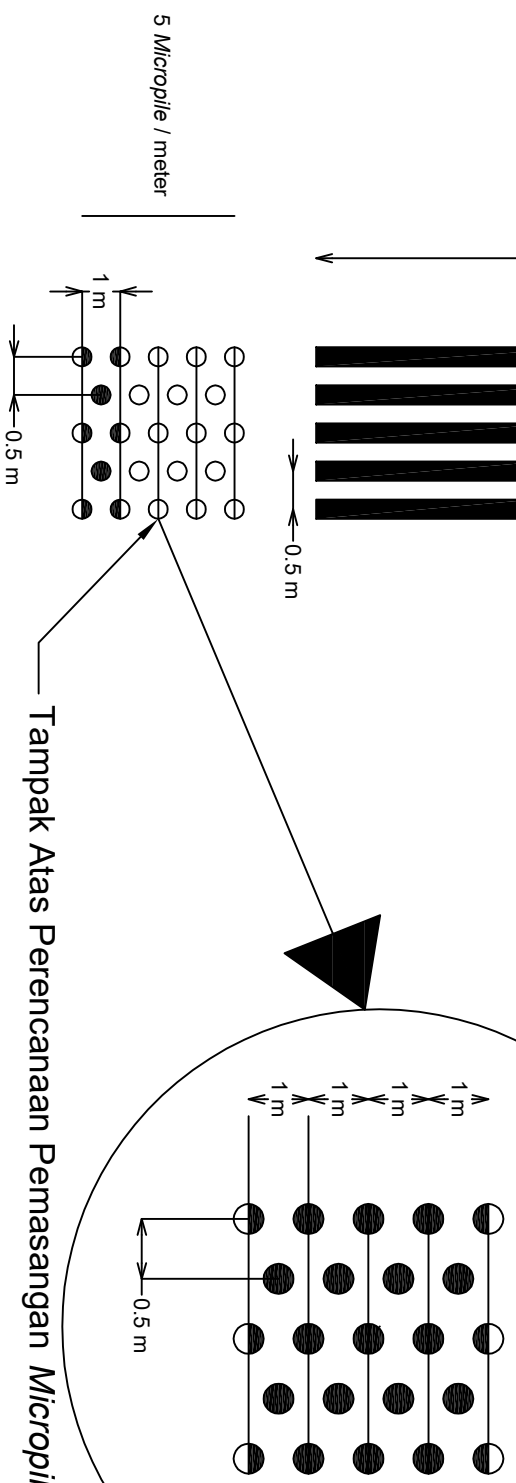
Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^2)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm ²)	Section Inertia (cm ⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile** (m)
						Crack *	Ultimate			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6-12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6-13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6-14
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	4.00	8.00	65.40	49.66	6-15
					A3	3.50	5.25	93.10	30.74	6-13
					B	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.00	9.00	86.40	49.93	6-15
					A3	6.00	12.00	85.00	60.87	6-16
					B	5.50	8.25	121.10	38.62	6-14
450	80	929.91	166,570.38	232	A2	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
					A3	7.50	13.50	114.40	70.27	6-16
					B	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	8.50	12.75	145.80	53.39	6-15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6-16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6-17
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	12.50	25.00	134.90	100.45	6-18
					A2	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
					A3	12.50	18.75	181.70	68.49	6-16
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
					A2	15.00	27.00	174.90	94.13	6-18
					A3	17.00	34.00	169.00	122.04	6-19
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6-16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6-17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	25.00	45.00	238.30	131.10	6-19
					A2	29.00	58.00	229.50	163.67	6-20
					A3	40.00	60.00	415.00	119.34	6-20
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6-21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6-22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6-23
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	65.00	130.00	368.17	290.82	6-24
					A2	75.00	112.50	613.52	169.81	6-22
					A3	82.00	123.00	601.27	215.16	6-23
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6-24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6-24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6-24
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6-24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6-24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6-24
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	B	170.00	306.00	751.90	409.60	6-24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6-24

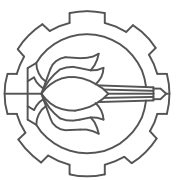
Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)
 **) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position
 ***) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe



DETAIL TAMPAK ATAS PEMASANGAN MICROPILE



Tampak Atas Perencanaan Pemasangan Micropile

	JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	NOMOR GAMBAR
		TUGAS AKHIR	PRO. IR. NOOR ENDAH, M.Sc,Ph.D PUTU TANTRI KUMALASARI, ST.,MT	NURUL NISAQOLIFATUL UYUN 3113100068	POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN PERKUATAN SKALA 1 : 100	1 JUMLAH GAMBAR 1

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Nurul Nisaqolifatul Uyun. Lahir di Blora, 28 Juni 1995 dan merupakan anak pertama dari 2 (dua) bersaudara.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kemala Bhayangkari Cepu, SD Negeri 4 Cepu, SMP Negeri 2 Cepu, dan SMA Negeri 1 Cepu. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Cepu, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur SNMPTN pada tahun 2013.

Di jurusan Teknik Sipil, penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang Geoteknik. Selama masa perkuliahan, penulis aktif di organisasi jurusan yaitu Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS). Pada tahun kedua kuliah, penulis menjadi staff pada Departemen Dana dan Kewirausahaan HMS. Kemudian pada tahun ketiga penulis menjabat sebagai Ketua Departemen Dana dan Kewirausahaan HMS. Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat berkomunikasi via *email* nurulnisa66@gmail.com