



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN TIMBUNAN  
DAN PERENCANAAN PERKUATAN PADA JALAN  
TOL SURABAYA – MOJOKERTO STA 14+500 S.D.  
15+350**

**ROHMAHILLAH AVISKANASYA SEPTIANDRI**  
NRP. 0311164000035

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Dr. Trihanyndio Rendy S., ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
2020



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN TIMBUNAN  
DAN PERENCANAAN PERKUATAN PADA JALAN  
TOL SURABAYA – MOJOKERTO STA 14+500 S.D.  
15+350**

ROHMAHILLAH AVISKANASYA SEPTIANDRI  
NRP. 0311164000035

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Dr. Trihanyndio Rendy S., ST. MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
2020

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “



FINAL PROJECT (RC18-4803)

**ANALYSIS OF LANDSLIDE CAUSES IN  
EMBANKMENT AND DESIGN OF REINFORCEMENT  
ON SURABAYA – MOJOKERTO HIGHWAY STA 14+500  
TO 15+350**

ROHMAHILLAH AVISKANASYA SEPTIANDRI  
NRP. 03111640000035

Academic Supervisor I  
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. Ph.D

Academic Supervisor II  
Dr. Trihanyndio Rendy S., ST. MT

CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Civil, Planning and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
2020

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “



**ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN TIMBUNAN  
DAN PERENCANAAN PERKUATAN PADA JALAN  
TOL SURABAYA – MOJOKERTO STA 14+500 S.D.  
STA 15+350**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**pada**

**Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**ROHMAHILLAH AVISKANASYA SEPTIANDRI  
NRP. 0311164000035**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :**

**1. Prof. Ir. Noor Endah, MSc, Ph.D. .... (Pembimbing I)**

**2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST, MT ..... (Pembimbing II)**

**SURABAYA  
JANUARI, 2020**

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “



# **ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN TIMBUNAN DAN PERENCANAAN PERKUATAN PADA JALAN TOL SURABAYA – MOJOKERTO STA 14+500 S.D. 15+350**

Nama Mahasiswa : Rohmahillah Aviskanasya Septiandri  
NRP : 03111640000035  
Departemen : Teknik Sipil – FTSPK – ITS  
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Noor Endah, MSc. Ph.D  
2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST. MT

## **Abstrak**

*Jalan tol Surabaya - Mojokerto merupakan jalan tol yang menghubungkan Kota Surabaya dan Kota Mojokerto. Adanya jalan Tol tersebut diharapkan dapat memicu pertumbuhan ekonomi di sekitar kawasan yang dilaluinya. Selain kondisi topografi yang tidak rata, jalan tol Surabaya - Mojokerto juga dibangun di atas timbunan setinggi 10.0 meter. Pada STA 14+500 s.d STA 15+350 diketahui ketebalan lapisan tanah lunak mencapai 9.0 meter; hal ini kemungkinan menjadi penyebab terjadinya kelongsoran pada saat umur timbunan mencapai 3.0 bulan dengan ketinggian 8.0 meter dimana masih kurang dari tinggi timbunan rencana. Untuk itu perlu dilakukan evaluasi penyebab kelongsoran dan alternatif perbaikannya agar kelongsoran tidak terjadi lagi pada ruas jalan tol tersebut.*

*Dengan memperhatikan hasil observasi lapangan, data tanah, dan data teknis yang ada maka dapat dihitung angka keamanan dari stabilitas timbunan pada saat kelongsoran terjadi. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, kemudian dapat direncanakan sistem perkuatan timbunan dengan pemasangan geotextile, pemasangan spunpile pada tanah dasar dibawah timbunan, dan perencanaan slab on piles. Untuk perhitungannya, perlu diperhatikan kenaikan daya dukung akibat pemampatan yang telah terjadi selama 3.0 bulan oleh timbunan eksisting setinggi 8.0 meter. Hasil perencanaan 3 alternatif tersebut*

*kemudian dievaluasi untuk mendapatkan perencanaan yang paling efisien.*

*Dari hasil observasi lapangan diketahui bahwa tidak ada perkuatan dan PVD yang dipasang dibawah timbunan. Sedangkan hasil analisa stabilitas lereng yang dilakukan diperoleh bahwa harga SF 0.887 s/d 1.157. Angka keamanan ini menunjukkan bahwa timbunan tersebut tidak stabil, dengan kata lain daya dukung tanah dibawah timbunan tidak mencukupi untuk menahan beban setinggi 8.0 meter sehingga terjadi kelongsoran.*

*Apabila alternatif perkuatan yang dipakai adalah geotextile, maka diperlukan 26 lapis dan per lapisnya terdapat 2.0 lembar geotextile tipe UW-250 52/52; total biaya material yang diperlukan untuk sebelah kanan dan kiri timbunan adalah sebesar Rp 106,996,623,000. Apabila perkuatan tanahnya menggunakan spunpile dengan diameter 30.0 cm, maka setiap meter panjang jalan diperlukan 38.0 buah spun pile untuk perkuatan di kanan kiri timbunan; total biaya material adalah Rp 79,853,109,750. Apabila direncanakan slab on piles, jumlah pondasi tiang diameter 60 cm dan panjang 22 meter yang diperlukan adalah 4 buah per meter panjang jalan; dimensi balok poer adalah 1.2 x 1.5 x 65 meter; dan ketebalan slab beton adalah 0.5 m; total biaya material adalah Rp 107,394,876,050. Dari tiga alternatif yang telah direncanakan tersebut, spunpile merupakan perencanaan yang memiliki harga material paling rendah daripada 2 alternatif yang lain. Oleh sebab itu perkuatan timbunan dengan pemasangan spunpile pada tanah dasarnya merupakan alternatif yang terpilih.*

***Kata kunci: Kelongsoran Timbunan, Perkuatan Stabilitas Timbunan, Perbaikan Tanah Dasar, Geotextile, Spunpile, Slab on Piles, Tol Surabaya – Mojokerto***

# **ANALYSIS OF LANDSLIDE CAUSES IN EMBANKMENT AND DESIGN OF REINFORCEMENT ON SURABAYA – MOJOKERTO HIGHWAY STA 14+500 TO 15+350**

Student Name : Rohmahillah Aviskanasya Septiandri  
NRP : 03111640000035  
Department : Civil Engineering - FTSPK - ITS  
Advisor : 1. Prof. Ir. Noor Endah, MSc. Ph.D  
2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST. MT

## **Abstract**

*Surabaya - Mojokerto toll road is a toll road that connects the city of Surabaya and the city of Mojokerto. The existence of the toll road is expected to trigger economic growth around the area in its path. In addition to the uneven topography, the Surabaya - Mojokerto toll road was also built on a 10.0 meter heap. At STA 14 + 500 to STA 15 + 350 it is known that the thickness of the soft soil layer reaches 9.0 meters; this might be the cause of landslides when the embankment reaches 3.0 months with a height of 8.0 meters which is still less than the height of the planned heap. For this reason, it is necessary to evaluate the causes of landslides and their alternative repairs so that landslides do not occur again on the toll road section.*

*By observing the results of field observations, soil data, and technical data available, it can be calculated the safety number of the stability of the pile when the landslide occurs. Based on the results of these calculations, a pile reinforcement system can then be planned by geotextile installation, spunpile installation in subgrade under pile, and slab on piles planning. For the calculations, it is necessary to consider the increase in carrying capacity due to compression that has occurred for 3.0 months by the existing heap as high as 8.0 meters. The results of the 3*

*alternative plans are then evaluated to get the most efficient planning.*

*From the results of field observations note that there is no reinforcement and PVD is installed under the embankment. While the results of slope stability analysis carried out obtained that the price of SF 0.887 to 1.157. This security number indicates that the pile is unstable, in other words the carrying capacity of the soil under the pile is insufficient to withstand loads as high as 8.0 meters so that landslides occur.*

*If the alternative reinforcement used is geotextile, then it needs 26 layers and per layer there are 2.0 sheets of geotextile type UW-250 52/52; the total material cost required for the right and left of the pile is IDR 106,996,623,000. If the reinforcement of the land uses a spun pile with a diameter of 30.0 cm, then every meter of the length of the road is needed 38.0 pieces of spun pile for reinforcement on both sides of the pile; the total material cost is IDR 79,853,109,750. If slab on piles are planned, the number of pile foundations with a diameter of 60 cm and the required length of 22 meters is 4 pieces per meter of road length; the dimensions of the beam poer are 1.2 x 1.5 x 65 meters; and the thickness of the concrete slab is 0.5 m; the total material cost is IDR 107,394,876,050. Of the three alternatives that have been planned, spunpile is a plan that has the lowest material price compared to 2 other alternatives. Therefore strengthening the embankment by installing spunpile on the ground is the chosen alternative.*

***Keywords: Landslide in Embankment, Reinforcement for Slope Stability, Subgrade Improvement, Geotextile, Spunpile, Slab on Piles, Surabaya - Mojokerto Highway***

## KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan hidayah serta karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Pada kesempatan kali ini penulis bermaksud mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung dan membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Umar dan Ibu Sri Suyatmi selaku orang tua yang selalu memberikan doa, semangat dan dorongan sepenuhnya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Data Iranata, ST. MT. Ph.D selaku dosen wali yang telah banyak membimbing dan membantu selama proses perkuliahan di Departemen Teknik Sipil ITS ini.
3. Prof. Ir. Noor Endah, MSc. Ph.D selaku dosen pembimbing 1 yang telah membimbing dan membantu selama proses pembuatan proposal Tugas Akhir hingga penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST. MT selaku dosen pembimbing 2 yang telah membimbing dan membantu selama proses penyusunan Tugas Akhir.
5. Diaz sebagai teman hidup selama menempuh S-1 di Departemen Teknik Sipil yang banyak sekali membantu, memberi motivasi dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Itak, Eis sebagai sahabat selama menempuh S-1 di Departemen Teknik Sipil yang banyak sekali memberi motivasi dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Nela, Shalva, Alma, Bagos sebagai *partner* seperjuangan mulai dari pembuatan dan penyusunan proposal Tugas Akhir sampai Tugas Akhir ini.
8. Bilah, Qoni, Rida, Azmi, dan teman sepenanggungan geoteknik yang banyak sekali memberi motivasi dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
9. Keluarga Departemen Sosial Masyarakat yang memberi

- motivasi dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Civitas Akademika Departemen Teknik Sipil ITS terutama S59 yang telah memberikan bantuan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
  11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Tugas Akhir ini terdapat kelebihan dan kekurangan. Segala kelebihan pada Tugas Akhir ini diharapkan memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi rekan – rekan pembaca tentang ilmu Teknik Sipil khususnya bidang geoteknik. Penulis tidak lupa meminta kritik dan saran yang membangun terhadap Tugas Akhir ini, sehingga menjadikan penulis lebih baik lagi kedepannya. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>BAB I</b> .....	1
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Batasan Studi .....	5
1.5 Manfaat .....	6
1.6 Lokasi Studi .....	6
<b>BAB II</b> .....	9
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	9
2.1 Jenis Tanah dan Perilakunya.....	9
2.2 Analisa Parameter Tanah.....	10
2.2.1 Pembuatan Statigrafi .....	10
2.2.2 Korelasi Tanah Berdasarkan Data N-SPT.....	10
2.2.3 Pendekatan Statistik .....	14
2.3 Stabilitas Talud.....	16
2.4 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Stabilitas Timbunan.....	20
2.4.1 Pemampatan Tanah Dasar.....	20
2.4.2 Waktu Pemampatan Tanah Dasar .....	23
2.5 Upaya Peningkatan Daya Dukung Tanah Dasar .....	25
2.5.1 Metode Perkuatan dengan <i>Geotextile</i> pada Timbunan .....	27
2.5.2 Metode Perkuatan dengan <i>Spunpile</i> .....	29
2.5.3 Metode perkuatan dengan <i>Slab On Piles</i> .....	34
<b>BAB III</b> .....	41
<b>METODOLOGI</b> .....	41

3.1	Flowchart.....	41
3.2	Uraian Tahapan Perencanaan.....	42
<b>BAB IV</b> .....		45
<b>DATA DAN ANALISA DATA</b> .....		45
4.1.	Data Tanah.....	45
4.1.1	Data Tanah Dasar Sebelum Longsor .....	45
4.1.2	Data Tanah Dasar Setelah Longsor .....	52
4.1.3	Data Tanah Timbunan .....	55
4.1.4	Data Spesifikasi Bahan .....	55
<b>BAB V</b> .....		57
<b>ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN RATE OF SETTLEMENT</b> .....		57
5.1	Penyebab Kelongsoran.....	57
5.1.1	Analisa Stabilitas dengan tinggi Timbunan 8 meter.....	57
5.1.2	$H_{cr}$ Puncture.....	58
5.2	Rate of Settlement Akibat Timbunan 8 meter dan Timbunan Tambahan 2 meter .....	60
5.2.1	Besar Pemampatan Tanah Dasar Akibat Beban 8 meter.....	60
5.2.2	Besar Pemampatan Tanah Dasar Akibat Timbunan Tambahan 2 meter.....	63
5.2.3	Rate of Settlement Akibat Timbunan 8 meter dan Timbunan Tambahan 2 meter.....	65
<b>BAB VI</b> .....		71
<b>PERENCANAAN PERKUATAN STABILITAS TIMBUNAN</b> .....		71
6.1	Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Timbunan Bertahap.....	71
6.2	Hasil Analisa XSTABL.....	74
6.3	Perencanaan <i>Geotextile</i> sebagai Perkuatan Timbunan.....	75
6.4	Perencanaan <i>Spunpile</i> .....	80
6.5	Perencanaan <i>Slab On Piles</i> .....	85



6.5.1	Data Perencanaan .....	85
6.5.2	Data Tanah Dasar .....	86
6.5.3	Data Spesifikasi Tiang Pancang.....	86
6.5.4	<i>Preliminary Design</i> .....	87
6.5.5	Perhitungan Pembebanan Bangunan Atas .....	88
6.5.6	Perhitungan Pembebanan Bangunan Bawah..	90
6.5.7	Perhitungan Penulangan Plat <i>Slab on Piles</i> ....	97
6.5.8	Perhitungan Penulangan Balok Poer .....	101
6.5.9	Penentuan Kedalaman dan Kebutuhan Tiang Pancang.....	107
6.6	Perhitungan Volume dan Biaya Material .....	108
6.6.1	Volume dan Biaya Material <i>Geotextile</i> .....	109
6.6.2	Volume dan Biaya Material <i>Spunpile</i> .....	110
6.6.3	Volume dan Biaya Material <i>Slab on Piles</i> ...	110
<b>BAB VII</b> .....		111
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		111
7.1	Kesimpulan.....	111
7.2	Saran .....	112
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		113
<b>LAMPIRAN</b> .....		115

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Grafik Akumulasi Panjang Jalan Tol Baru (2015-2018) .....	2
<b>Gambar 1. 2</b> Kondisi Lereng Longsor Lokal (STA 15+350).....	3
<b>Gambar 1. 3</b> Potongan Melintang Timbunan Jalan Tol Surabaya – Mojokerto .....	3
<b>Gambar 1. 4</b> Potongan Memanjang Timbunan Jalan Tol Surabaya – Mojokerto.....	4
<b>Gambar 1. 5</b> Hasil Uji Lapangan Pada STA 14+500.....	4
<b>Gambar 1. 6</b> Lokasi Jalan Tol Surabaya Mojokerto .....	6
<b>Gambar 1. 7</b> Layout Jalan Tol Surabaya - Mojokerto STA 15+350 dan Sekitarnya .....	7
<b>Gambar 2. 1</b> CPT properties and strength changes for mechanical cones (Schmertmann, 1978) .....	10
<b>Gambar 2. 2</b> Kelongsoran Talud.....	16
<b>Gambar 2. 3</b> Visualisasi dan Notasi $\Delta\sigma'$ .....	22
<b>Gambar 2. 4</b> Rekayasa Kestabilan Timbunan.....	26
<b>Gambar 2. 5</b> Sketsa Peningkatan kekuatan Geser Tanah Akibat Pemasangan Cerucuk ( <i>Spunpile</i> ) .....	29
<b>Gambar 2. 6</b> Asumsi Gaya yang Diterima Cerucuk .....	30
<b>Gambar 2. 7</b> Kurva Untuk Mencari Harga $f$ dari Berbagai Jenis Tanah .....	31
<b>Gambar 2. 8</b> Grafik Untuk Menentukan Besarnya $F_m$ .....	32
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	42
<b>Gambar 4. 1</b> Hasil Stratigrafi Tanah Dasar Berdasarkan Nilai N SPT Jalan Tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 s.d STA 15+447 .....	46
<b>Gambar 5. 1</b> Hasil Analisa Stabilitas STA 15+350 untuk tinggi timbunan 8 m dengan Program Bantu XSTABL.....	57
<b>Gambar 5. 2</b> Penampang Timbunan 8 meter .....	60
<b>Gambar 5. 3</b> Penampang Timbunan H Final 10 meter .....	64

<b>Gambar 5. 4</b> Grafik Waktu VS Settlement Akibat Timbunan 8 m .....	68
<b>Gambar 5. 5</b> Grafik Waktu VS Settlement Akibat Timbunan Tambahan 2 meter .....	68
<b>Gambar 6. 1</b> Bidang Kelongsoran <i>Initiation - Termination 9</i> ...	76
<b>Gambar 6. 2</b> Sketsa Pemasangan <i>Geotextile</i> .....	80
<b>Gambar 6. 3</b> Bidang Kelongsoran <i>Initiation - Termination 2</i> ....	82
<b>Gambar 6. 4</b> Sketsa Pemasangan <i>Spunpile</i> .....	85
<b>Gambar 6. 5</b> Rencana Desain Slab on Piles .....	86
<b>Gambar 6. 6</b> Potongan Melintang Slab on Piles .....	98
<b>Gambar 6. 7</b> Layout Memanjang Slab on Piles .....	98
<b>Gambar 6. 8</b> Pemodelan Slab on Piles pada SAP 2000 V.14 ....	99
<b>Gambar 6. 9</b> Grafik Hubungan Kedalaman dan Q.....	108

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Konsistensi Tanah (Tanah Dominan Lanau dan Lempung) .....	11
<b>Tabel 2. 2</b> Korelasi N-SPT dengan Karakteristik Tanah .....	11
<b>Tabel 2. 3</b> Pedoman memprakirakan harga $\phi$ dari harga NSPT untuk tanah dominan pasir (dari Teng, 1962) .....	12
<b>Tabel 2. 4</b> Nilai Probabilitas ( $\lambda$ ).....	15
<b>Tabel 2. 5</b> Variasi Faktor Waktu terhadap Derajat Konsolidasi.....	24
<b>Tabel 2. 6</b> Fakor Keamanan Akibat Pengurangan Kekuatan <i>Geotextile</i> .....	28
<b>Tabel 2. 7</b> Faktor Keamanan <i>Bored Pile</i> .....	40
<b>Tabel 4. 1</b> Data Parameter Tanah STA 14+500.....	47
<b>Tabel 4. 2</b> Data Parameter Tanah STA 15+447.....	48
<b>Tabel 4. 3</b> Hasil Distribusi Statistik Parameter Data Tanah ....	50
<b>Tabel 4. 4</b> Data parameter tanah STA 15+350 sebelum longsor .....	52
<b>Tabel 4. 5</b> Perubahan Angka Pori ( $e_o$ ) .....	53
<b>Tabel 4. 6</b> Perubahan Berat Volume ( $\gamma$ ) .....	54
<b>Tabel 4. 7</b> Data parameter tanah STA 15+350 setelah longsor	55
<b>Tabel 5. 1</b> Hasil Analisa Stabilitas STA 15+350 untuk tinggi timbunan 8 m dengan Program Bantu XSTABL ...	58
<b>Tabel 5. 2</b> Hasil Perhitungan Angka Keamanan Berdasarkan Daya Dukung Tanah Dasar .....	59
<b>Tabel 5. 3</b> Perhitungan Nilai U% selama 3 bulan.....	62
<b>Tabel 5. 4</b> Perhitungan $S_c$ Kumulatif selama 3 bulan.....	63
<b>Tabel 5. 5</b> $S_c$ Akibat Timbunan 8 meter dan Timbunan Tambahan 2 meter .....	66
<b>Tabel 5. 6</b> Rate Of Settlement per 3 bulan.....	67
<b>Tabel 6. 1</b> Tahapan Penimbunan .....	72
<b>Tabel 6. 2</b> Derajat Konsolidasi $U < 100\%$ .....	73

<b>Tabel 6. 3</b>	Perubahan Nilai Cu.....	74
<b>Tabel 6. 4</b>	Hasil Analisa XSTABL STA 15+350 untuk Beberapa <i>Initiation-Termination</i> .....	75
<b>Tabel 6. 5</b>	Hasil Analisa XSTABL <i>Initiation - Termination</i> 9	76
<b>Tabel 6. 6</b>	Rekapitulasi Panjang <i>Geotextile</i> .....	79
<b>Tabel 6. 7</b>	Spesifikasi <i>Spunpile</i> .....	81
<b>Tabel 6. 8</b>	Hasil Analisa XSTABL <i>Initiation - Termination</i> 4	82
<b>Tabel 6. 9</b>	Hasil Analisa XSTABL <i>Initiation - Termination</i> 4 SF>1.2 .....	82
<b>Tabel 6. 10</b>	Rekapitulasi Total Pembebanan .....	97
<b>Tabel 6. 11</b>	Daya Dukung untuk Diameter Tiang 60 cm.....	107
<b>Tabel 6. 12</b>	Analisa Perhitungan Volume dan Biaya Material <i>Geotextile</i> .....	109
<b>Tabel 6. 13</b>	Analisa Perhitungan Volume dan Biaya Material <i>Spunpile</i> .....	110
<b>Tabel 6. 14</b>	Analisa Perhitungan Volume dan Biaya Material <i>Slab on Piles</i> .....	110

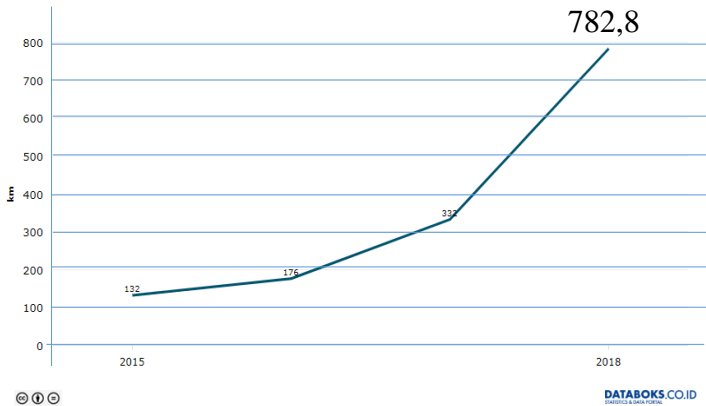
# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dalam rangka meningkatkan pelayanan kepada masyarakat, telah dicanangkan pembangunan jalan tol yang nantinya akan dijadikan alat vital transportasi jarak dekat maupun jauh. Selama Tahun 2015-2018 pemerintah telah membangun jalan tol sepanjang 782,8 km seperti terlihat pada **Gambar 1.1** . Dari total panjang jalan tol yang sudah terbangun sampai akhir Oktober 2018, jalan tol yang sudah beroperasi mencapai 423,17 km. Berdasarkan data Badan Pengatur Jalan Tol (BPJT), Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) menargetkan program pembangunan jalan tol sepanjang 1.070 km pada tahun 2019, sehingga sampai akhir tahun ini akan terbangun 1.852 km. Hanya saja, banyaknya target pembangunan jalan tol pada tahun 2019 berbanding terbalik dengan ketersediaan lahan di Indonesia yang dapat dijadikan sasaran dalam pembangunan jalan tol tersebut.

Berdasarkan peta persebaran tanah di Indonesia yang diterbitkan oleh *Soil Survey Staff* tahun 1998, sebagian besar jenis tanah di Indonesia adalah tanah kohesi dan humus yang memiliki daya dukung yang rendah. Hal ini dapat dilihat pada hasil pengujian tanah baik laboratorium maupun lapangan yang sebagian besar memiliki nilai N-SPT rata-rata dibawah 10. Tanah kohesi dengan nilai N-SPT 0 hingga 10 (tanah kohesi sangat lunak hingga medium) memiliki daya dukung yang rendah, yaitu sekitar 0 sampai 100 kPa (Terzaghi dan Peck, 1967).

Akumulasi Panjang Jalan Tol Baru (2015-2018)



**Gambar 1. 1** Grafik Akumulasi Panjang Jalan Tol Baru (2015-2018)

(sumber : *Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*)

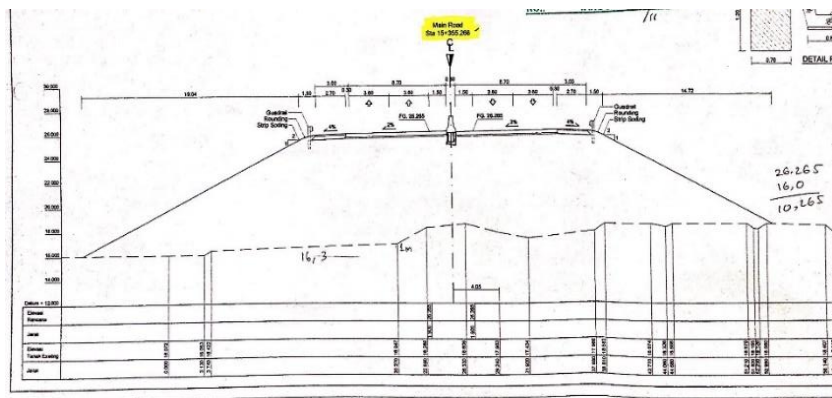
Kurangnya ketersediaan lahan memerlukan upaya peningkatan lahan yang ada tanpa harus memedulikan kondisi tanah yang bersangkutan. Apabila tanah yang tersedia adalah tanah lembek maka harus ditingkatkan daya dukungnya dan dihilangkan pemampatannya agar mampu memikul beban yang ada di atasnya. Peningkatan daya dukung dapat dilakukan dengan memasang perkuatan pada tanah dasar atau pada timbunannya, sedangkan pemampatan yang besar dapat dihilangkan dengan metode *preloading*. Bilamana hal tersebut tidak dilakukan maka kegagalan konstruksi dapat terjadi. Kasus seperti di atas telah terjadi pada timbunan badan jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 15+350 yang dibangun di atas tanah lunak dengan ketebalan mencapai 9 meter (**Gambar 1.5**). Kelongsoran terjadi pada saat timbunan berumur 3 bulan dan tinggi timbunan mencapai 8 meter (**Gambar 1.2**); tinggi timbunan rencana adalah 10 meter. Saat dilakukan pengamatan di lapangan tidak terdapat perkuatan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah dan tidak ditemukan PVD (*Prefabricated Vertical*



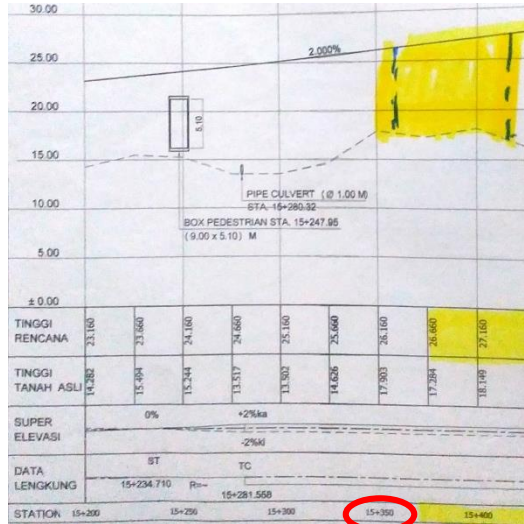
*Drain*) untuk mempercepat sisa pemampatan (**Gambar 1.3** dan **Gambar 1.4**)



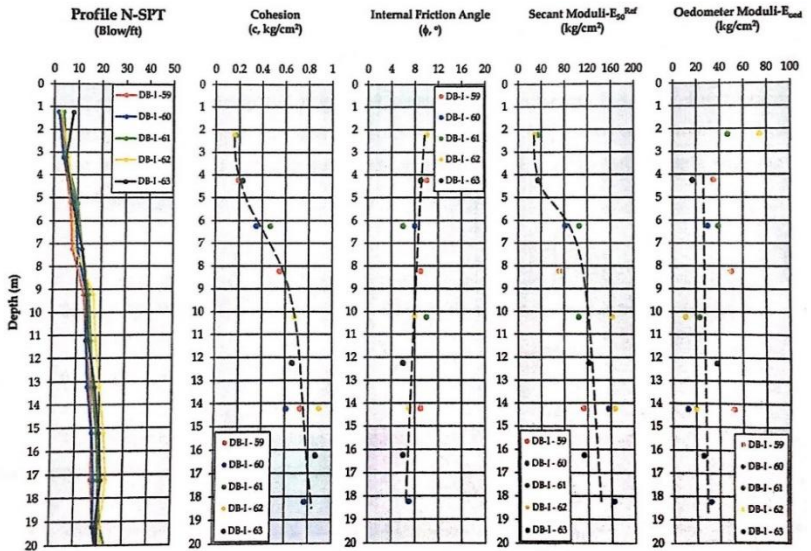
**Gambar 1. 2** Kondisi Lereng Longsor Lokal (STA 15+350)



**Gambar 1. 3** Potongan Melintang Timbunan Jalan Tol Surabaya – Mojokerto



Gambar 1. 4 Potongan Memanjang Timbunan Jalan Tol Surabaya – Mojokerto



Gambar 1. 5 Hasil Uji Lapangan Pada STA 14+500

Dalam rangka menangani kelongsoran yang telah terjadi dan menghilangkan sisa pemampatan maka perlu direncanakan perkuatan untuk meningkatkan daya dukung; dan dilakukan percepatan untuk menghilangkan sisa pemampatan. Perkuatan timbunan dapat dilakukan dengan pemasangan *geotextile*, *spunpile*, dan *slab on pile*. Dalam perencanaannya perlu diperhatikan dimana perkuatan harus diletakkan mengingat sudah ada tanah timbunan setinggi 8 meter di atasnya. Oleh sebab itu, pada Tugas Akhir ini akan direncanakan metode perbaikan dan perkuatan tanah yang efektif dengan memperhatikan kondisi eksisting di lapangan untuk mencegah terjadinya kelongsoran badan jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 – STA 15+350 di masa yang akan datang.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam analisa kelongsoran jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 – STA 15+350 ini didapatkan permasalahan – permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi tanah dasar “sifat fisik dan sifat teknis” pada kondisi inisial dan pada saat setelah terjadi pemampatan akibat timbunan setinggi 8 meter selama 3 bulan?
2. Apa penyebab kelongsoran timbunan badan jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 15+350?
3. Apa alternatif metode perbaikan timbunan badan jalan akibat kelongsoran yang sesuai dan efisien?

## **1.3 Tujuan**

Menganalisa penyebab kelongsoran timbunan badan jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 15+350 serta menentukan metode – metode perbaikan longsor yang sesuai dan efisien.

## **1.4 Batasan Studi**

Pembatasan studi diperlukan agar pembahasan dalam alternatif perencanaan perbaikan tanah dasar Jalan Tol Surabaya – Mojokerto tidak meluas. Adapun Batasan studi dalam Tugas Akhir

ini adalah :

1. Daerah studi adalah pembangunan Jalan Tol ruas Surabaya – Mojokerto STA 14+500 – STA 15+350.
2. Data yang digunakan adalah data sekunder.
3. Tidak memperhitungkan beban lalu lintas dan struktur di atasnya secara detail, hanya menggunakan data sekunder.
4. Metode perkuatan tanah yang digunakan hanya *geotextile*, *spunpile* dan *slab on piles*.
5. Alternatif yang dipilih hanya salah satu diantara ketiga alternatif dengan mempertimbangkan volume dan biaya material yang efisien.

## 1.5 Manfaat

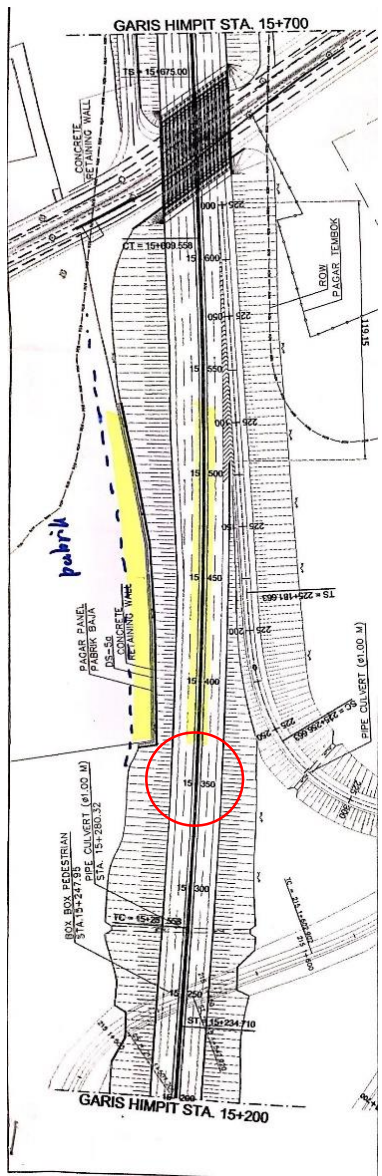
Dengan dituliskannya Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada penulis pribadi dan kepada pembaca sebagai salah satu referensi studi pustaka untuk merencanakan perkuatan tanah dasar khususnya pada proyek jalan tol.

## 1.6 Lokasi Studi

Lokasi studi pada Tugas Akhir ini berada pada ruas jalan Surabaya menuju Mojokerto pada STA 15+350 yang mana pada sebelah kiri ruas jalan terdapat beberapa bangunan pabrik.



**Gambar 1. 6** Lokasi Jalan Tol Surabaya Mojokerto



Gambar 1. 7 Layout Jalan Tol Surabaya - Mojokerto STA 15+350 dan Sekitarnya

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jenis Tanah dan Perilakunya**

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah memiliki ukuran partikel yang sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Berdasarkan ukuran partikelnya, tanah dibagi menjadi empat jenis yaitu; kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*).

Secara umum dari hasil survei lapangan dan tes laboratorium tanah memiliki sifat-sifat sebagai berikut (Braja M Das,1998):

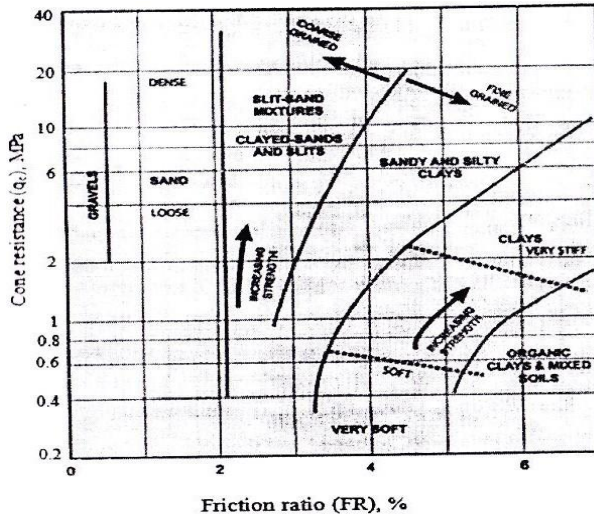
1. Permeabilitas tanah
2. Kemampuan dan konsoliditas tanah
3. Kekuatan tegangan geser tanah
4. Klasifikasi tanah

Struktur tanah didefinisikan sebagai susunan geometrik butiran tanah. Di antara faktor-faktor yang mempengaruhi struktur tanah adalah bentuk, ukuran, dan komposisi mineral dari butiran tanah serta sifat dan komposisi dari air tanah. Secara umum, tanah dapat dimasukkan ke dalam dua kelompok berdasarkan sifat lekatnya yaitu; tanah tak berkohesi (*Cohesionless Soil*) dan tanah kohesif (*Cohesive Soil*). Tanah tak berkohesi adalah tanah yang tidak memiliki atau sedikit sekali lekatan antar butirnya seperti pasir. Sedangkan tanah kohesif adalah tanah yang memiliki sifat lekatan antar butir-butirnya seperti tanah lempung.

## 2.2 Analisa Parameter Tanah

### 2.2.1 Pembuatan Statigrafi

Statigrafi tanah dibuat dengan tujuan mengetahui kondisi tanah dasar di lokasi pembangunan jalan tol Surabaya - Mojokerto. Dengan berlandaskan penelitian yang dilakukan oleh Schmertmann pada tahun 1978 yang berhasil mengelompokkan jenis tanah berdasarkan *Friction Ratio* (Fr) dan *Cone Resistance* (Cn). Pembagian *layer* berdasarkan pada korelasi N-SPT pada **Tabel 2.1** yang klasifikasi jenis tanahnya dapat ditentukan dengan menggunakan **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** CPT properties and strength changes for mechanical cones (Schmertmann, 1978)

(sumber : Daya Dukung Pondasi Dalam 2013)

### 2.2.2 Korelasi Tanah Berdasarkan Data N-SPT

Kesalahan dalam mengidentifikasi tanah yang ditinjau akan menyebabkan kesalahan hasil perencanaan. Oleh karena itu, parameter tanah yang digunakan harus sebisa mungkin



menggambarkan karakter tanah yang akan ditinjau. Parameter tanah dapat diperoleh dari hasil penyelidikan tanah di lapangan maupun pengujian laboratorium dan digunakan untuk mendeskripsikan sifat tanah dan jenis lapisan tanah yang divisualisasikan kedalam bentuk statigrafi. Statigrafi dapat dibuat berdasarkan nilai N-SPT atau perlawanan penetrasi konus ( $q_c$ ) dan konsistensi tanahnya.

Adapun tahapan yang perlu dilakukan sebelum menentukan nilai parameter tanah dari data N-SPT yaitu menentukan konsistensi tanah berdasarkan harga tahanan N-SPT menggunakan **Tabel 2.2**.

**Tabel 2. 1** Konsistensi Tanah (Tanah Dominan Lanau dan Lempung)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, $q_c$ (dari Sondir)	
	kPa	ton/ m <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	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.	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)

**Tabel 2. 2** Korelasi N-SPT dengan Karakteristik Tanah

<i>Cohesive soil</i>						
N (blows)	1 < 4	4 - 6	6 - 15	16 - 25	> 25	
ysat (kN/m <sup>3</sup> )	14 - 18	16 - 18	16 - 18	16 - 20	> 20	
qu (kPa)	< 25	20 - 50	30 - 60	40 - 200	> 100	
state	<i>very soft</i>	<i>soft</i>	<i>medium</i>	<i>stiff</i>	<i>hard</i>	

Sumber : J.E Bowles, 1984 dalam Wahyudi, 1999

**Tabel 2. 3** Pedoman memprakirakan harga  $\phi$  dari harga NSPT untuk tanah dominan pasir (dari Teng, 1962)

Kondisi kepadatan	Relative Density (kepadatan relatif) Rd	Perkiraan Harga NSPT	Perkiraan harga $\phi$ (°)	Perkiraan berat volume jenuh, $\gamma_{sat}$ (ton/m <sup>3</sup> )
<b>Very loose</b> (sangat gembur)	0 % s/d 15 %	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
<b>Loose</b> (gembur)	15 % s/d 35 %	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
<b>Medium</b> (menengah)	35% s/d 65 %	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
<b>Dense</b> (padat)	65% s/d 85 %	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
<b>Very dense</b> (sangat padat)	85% s/d 100 %	> 50	41*	

Sumber : Mochtar (2009)

Setelah didapatkan hasil deskripsi dan konsistensi jenis lapisan tanah, selanjutnya adalah melakukan pendekatan korelasi untuk mendapatkan nilai-nilai parameter tanah yang akan digunakan dalam perencanaan seperti berat isi tanah ( $\gamma$ ), kohesi (Cu), modulus elastis (E) dan *internal friction* ( $\phi$ ).

- Berat volume jenuh tanah ( $\gamma_{sat}$ ) didapatkan dari korelasi berdasarkan konsistensi tanah dan nilai N-SPT.
  - Untuk tanah kohesif dapat dilihat pada **Tabel 2.3** yang bersumber dari J.E Bowles, 1984 dalam Wahyudi, 1999.
  - Untuk tanah non-kohesif dapat dilihat pada **Tabel 2.4**
- Nilai kadar air ( $\omega_{sat}$ ), porositas (n), dan koefisien konsolidasi vertikal (Cv) didapatkan berdasarkan:
  - Untuk tanah kohesif, didapatkan dari korelasi berdasarkan nilai berat volume jenuh tanah ( $\gamma_{sat}$ ) yang bersumber dari Biarez.
- Berat jenis tanah (Gs) didapatkan dari korelasi berdasarkan nilai berat volume jenuh tanah ( $\gamma_{sat}$ ) dan angka pori (e) dengan menggunakan persamaan (Das B. M, 1988):

$$Gs = \frac{\gamma_{sat} \times (1+e)}{\gamma_w} - e \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

Gs = Berat Jenis Tanah

- $\gamma_{sat}$  = berat volume jenuh tanah (t/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_w$  = berat volume air = 1 (t/m<sup>3</sup>)
- e = angka pori

4. Berat volume tanah ( $\gamma_m$ ) didapatkan dari korelasi berdasarkan nilai kadar air (Wc), angka pori (e), dan berat jenis tanah (Gs) dengan menggunakan persamaan (Das B. M, 1988) :

$$\gamma_m = \frac{G_s \times \gamma_w \times (1+wc)}{(1+e)} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

- $\gamma_m$  = berat volume tanah (t/m<sup>3</sup>)
- Wc = kadar air (%)
- $\gamma_w$  = berat volume air = 1 (t/m<sup>3</sup>)
- e = angka pori

5. Indeks pemampatan (Cc)

Jika dalam data tanah tidak terdapat nilai Cc, maka nilai Cc diperkirakan dengan menggunakan rumus empiris dari Azzouz et al, 1976

$$C_c = 0.0046 \times (LL - 9) \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

- LL = Liquid Limit (%)

6. Indeks mengembang (Cs)

Jika dalam data tanah tidak terdapat nilai Cs, maka nilai Cs diperkirakan dengan menggunakan rumus empiris dari Kosasih dan Mochtar, 1997.

$$C_s = 0.002 \times LL + 0.00002 \times Wc^2 - 0.06 \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana :

- LL = Liquid Limit (%)
- Wc = kadar air (%)

7. Nilai koefisien konsolidasi (Cv)

Jika dalam data tanah tidak terdapat nilai Cv, maka nilai Cv diperkirakan dengan menggunakan rumus empiris dari Buggy dan Kissane, 2016.

$$C_v = 18000 \times LL^{-2.096} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana :

- LL = Liquid Limit (%)

### 2.2.3 Pendekatan Statistik

Sebelum membuat statigrafi tanah, perlu dilakukan pendekatan statistik sederhana terhadap data – data tanah yang dimiliki. Pendekatan statistik yang digunakan adalah dengan pengambilan keputusan berdasarkan koefisien varian (CV) dari suatu distribusi nilai parameter tanah.

Beberapa persamaan statistik antara lain (ITS, 1998) :

$$\text{Rata-rata (Mean) } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\text{Standar Deviasi, STD} = \sqrt{\frac{\sum(x-U)^2}{n}} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\text{Koefisien Varian, CV} = \frac{\text{STD}}{U} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana distribusi sebaran suatu nilai dapat diterima jika harga koefisien varian (CV) dari sebaran tersebut bernilai lebih kecil atau sama dengan 30%. Apabila nilai koefisien varian (CV) lebih besar dari pada 30%, maka perlu dilakukan pembagian *layer* tanah sampai nilai CV tersebut kurang dari atau sama dengan 30%. Pembagian *layer* tanah didasarkan atas korelasi nilai N-SPT pada

#### Tabel 2.1.

Analisa parameter tanah dilakukan untuk mendapatkan parameter yang akan digunakan untuk perencanaan perkuatan di daerah kelongsoran. Metode yang digunakan adalah cara statistik dengan selang kepercayaan yang baik, yaitu selang yang pendek dengan derajat kepercayaan yang tinggi, oleh karena itu digunakan selang kepercayaan 90%.

Bentuk umum selang kepercayaan adalah Batas Bawah < (Parameter tanah) < Batas Atas. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$\bar{X} - \frac{\text{STD}}{\sqrt{n}} \lambda < (\mu) < \bar{X} + \frac{\text{STD}}{\sqrt{n}} \lambda \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana :

$\bar{X}$  = rata – rata

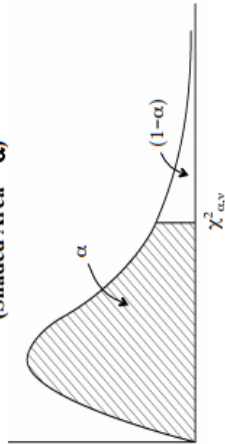
STD = standar deviasi

n = jumlah data

$\lambda$  = derajat kebebasan (pengali) yang didapatkan dari **Tabel**

( $\mu$ ) 2.4 dengan nilai  $\alpha = 0,1$  dan  $v = n - 1$ .  
 = nilai parameter tanah

Percentile Values ( $\chi^2_{\alpha, v}$ ) for the Chi-squared Distribution with  $v$  Degrees of Freedom  
 (Shaded Area =  $\alpha$ )



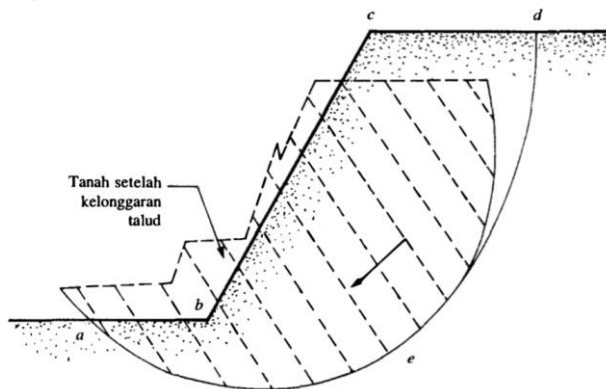
V	$\alpha$														
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005		
1	7.8794	6.6349	5.0239	3.8415	2.7055	1.3233	0.4549	0.1015	0.0158	0.0039	0.0010	0.0002	0.0000		
2	10.5966	9.2103	7.3778	5.9915	4.6052	2.7726	1.3863	0.5754	0.2107	0.1026	0.0506	0.0201	0.0100		
3	12.8382	11.3449	9.3484	7.8147	6.2514	4.1083	2.3660	1.2125	0.5844	0.3518	0.2158	0.1148	0.0717		
4	14.8603	13.2767	11.1433	9.4877	7.7794	5.3853	3.3567	1.9226	1.0636	0.7107	0.4844	0.2971	0.2070		
5	16.7496	15.0863	12.8325	11.0705	9.2364	6.6257	4.3515	2.6746	1.6103	1.1455	0.8312	0.5543	0.4117		
6	18.5476	16.8119	14.4494	12.5916	10.6446	7.8408	5.3481	3.4546	2.2041	1.6354	1.2373	0.8721	0.6757		
7	20.2777	18.4753	16.0128	14.0671	12.0170	9.0371	6.3458	4.2549	2.8331	2.1673	1.6899	1.2390	0.9893		
8	21.9550	20.0902	17.5345	15.5073	13.3616	10.2189	7.3441	5.0706	3.4895	2.7326	2.1797	1.6465	1.3444		
9	23.5894	21.6660	19.0228	16.9190	14.6837	11.3888	8.3428	5.8988	4.1682	3.3251	2.7004	2.0879	1.7349		

Tabel 2. 4 Nilai Probabilitas ( $\lambda$ )

### 2.3 Stabilitas Talud

Suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horisontal dan tidak dilindungi, kita namakan sebagai 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 kerniringan talud akan menyebabkan tanah bergerak ke arah bawah seperti ditunjukkan dalam **Gambar 2.2**. Bila komponen berat tanah tersebut cukup besar, kelongsoran talud dapat terjadi, yaitu tanah dalam zona a, b, c, d, dan e dapat menggelincir ke bawah. Dengan kata lain, gaya dorong (*driving force*) melampaui gaya berlawanan yang berasal dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor. Dalam banyak kasus, para insinyur sipil diharapkan mampu membuat perhitungan stabilitas talud guna memeriksa keamanan talud alamiah, talud galian, dan talud timbunan yang didapatkan. Faktor yang perlu dilakukan dalam pemeriksaan tersebut adalah menghitung dan membandingkan tegangan geser yang terbentuk sepanjang permukaan retak yang paling mungkin dengan kekuatan geser dari tanah yang bersangkutan. Proses ini dinamakan analisis stabilitas talud (*slope stability analysis*).



**Gambar 2. 2** Kelongsoran Talud

dengan :

$F_s$  = angka keamanan terhadap kekuatan tanah

$\tau_f$  = kekuatan geser rata – rata dari tanah  
 $\tau_d$  = tegangan geser rata – rata yang bekerja sepanjang bidang longsor

Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen, yaitu kohesi dan geseran, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan :

$c$  = kohesi  
 $\varphi$  = sudut geser tanah  
 $\sigma$  = tegangan normal rata – rata pada permukaan bidang longsor

Dengan cara yang sama juga dapat dituliskan :

$$\tau_d = c_d + \sigma \tan \varphi_d \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan  $c_d$  adalah kohesi dan  $\varphi_d$  sudut geser yang bekerja sepanjang bidang longsor. Maka didapatkan :

$$F_s = \frac{c + \sigma \tan \varphi}{c_d + \sigma \tan \varphi_d} \dots\dots\dots (2.12)$$

Terdapat tiga angka keamanan; yaitu angka keamanan terhadap kohesi  $F_c$ , dan angka keamanan terhadap sudut geser  $F_\varphi$ , Dengan demikian,  $F_c$  dan  $F_\varphi$  dapat didefinisikan sebagai :

$$F_c = \frac{c}{c_d} \dots\dots\dots (2.13)$$

dan

$$F_\varphi = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_d} \dots\dots\dots (2.14)$$

Sehingga, dapat dituliskan  $F_s = F_c = F_\varphi$

$F_s = 1$ , maka talud adalah dalam keadaan akan longsor. Umumnya, harga 1.5 untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser dapat diterima untuk merencanakan stabilitas talud.

Stabilitas timbunan dihitung berdasarkan stabilitas *finite slope* karena tinggi dari timbunan terbatas, tidak seperti lereng alam yang memiliki lereng yang sangat tinggi. kemungkinan bentuk kelongsoran pun bermacam – macam. ada 3 macam bentuk keruntuhan, yaitu *planar failure surface*, *wedge failure surface*, dan *circular failure surface*. Stabilitas timbunan dapat dilihat dari nilai faktor keamanan timbunan. Stabilitas timbunan yang perlu

dicek faktor kemannya adalah stabilitas internal, *overall*, dan pondasi.

- **Stabilitas internal**

Nilai faktor keamanan dari stabilitas internal timbunan didapat dari perbandingan berat tanah pada lereng timbunan dengan gaya tekan aktif tanah pada badan timbunan dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$SF = \frac{W_{\text{lereng}} \times \tan \varphi}{P_a} \dots\dots\dots (2.15)$$

dimana :

SF = angka keamanan ,

SF<sub>min</sub> = 2 (Beban tetap)

SF<sub>min</sub> = 1.35 (Beban sementara)

W<sub>lereng</sub> = berat tanah pada lereng

φ = sudut geser tanah

P<sub>a</sub> = gaya horizontal aktif pada badan timbunan

- **Stabilitas Overall**

Nilai faktor keamanan dari stabilitas overall dapat dihitung dengan beberapa metode, antara lain:

1. Metode φ = 0

Dikembangkan oleh Morgenstern dan Price (1965) serta Janbu (1973). Metode ini mengasumsikan kelongsoran berbentuk busur lingkaran. gaya – gaya yang bekerja pada bidang longsor adalah berat tanah W, tegangan normal yang bekerja pada bidang longsor, dan kuat geser tanah yang bekerja pada bidang longsor pula. Nilai faktor keamanan dari metode ini didapat dari:

$$SF = \frac{\tau_{\text{max}} \times \Delta L_n \times R}{W \times d} \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana :

SF = nilai faktor keamanan

τ = kuat geser tanah maksimum

ΔL<sub>n</sub> = panjang busur

R = jari – jari lingkaran bidang longsor

W = berat tanah di dalam bidang longsor

d = jarak dari titik berat W terhadap titik pusat rotasi



## 2. Metode Fellenius

Metode pada kasus dimana kuat geser tanah berbeda – beda karena asumsi bidang longsor memotong lapisan tanah dengan jenis tanah yang beragam, perhitungan stabilitas lebih banyak dilakukan dengan cara memotong bidang longsor menjadi beberapa bagian. Nilai faktor keamanan dari metode ini didapat dari :

$$SF = \frac{\sum(c' \times \Delta L_n + [W \cos \alpha - U \times \Delta L_n] \tan \varphi)}{\sum W \sin \alpha} \dots\dots\dots (2.17)$$

dimana :

SF = angka keamanan ,

$SF_{\min} = 2$  (Beban tetap)

$SF_{\min} = 1.35$  (Beban sementara)

c = nilai kohesi tanah pada potongan yang ditinjau

$\Delta L_n$  = panjang busur pada potongan yang ditinjau

W = berat tanah pada potongan yang ditinjau

U = berat air potongan yang ditinjau

$\varphi$  = sudut geser tanah

$\alpha$  = sudut antar gaya normal (N) dengan berat tanah (W)

- **Stabilitas Pondasi**

Nilai faktor keamanan stabilitas pondasi adalah perbandingan gaya – gaya yang bekerja pada dasar timbunan, didefinisikan sebagai berikut:

$$SF = \frac{P_p + 2 C_u \times L}{P_a} \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana :

SF = angka keamanan ,

$SF_{\min} = 2$  (Beban tetap)

$SF_{\min} = 1,35$  (Beban sementara)

$P_p$  = gaya horizontal pasif tanah yang bekerja dibawah lereng timbunan

$C_u$  = *undrained shear strength* dari tanah didasar timbunan

$P_a$  = gaya horizontal aktif tanah yang bekerja dibawah badan timbunan

## 2.4 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Stabilitas Timbunan

### 2.4.1 Pemampatan Tanah Dasar

Pemampatan pada tanah dasar terjadi akibat diberikannya beban diatas tanah dasar tersebut yang akan menyebabkan deformasi partikel tanah serta mengecilnya pori – pori pada tanah tersebut akibat keluarnya air atau udara dari dalam pori. Dalam kasus ini pemampatan terjadi akibat diberikan timbunan diatas tanah dasar yang dapat disebut pemampatan konsolidasi (*Consolidation Settlement*).

Pemampatan konsolidasi Primer (*Primary Consolidation*) disebabkan oleh penimbunan timbunan setinggi H di atas tanah lunak yang akan menyebabkan terjadinya penambahan tegangan pada tanah dasar sehingga mengakibatkan adanya konsolidasi. Terdapat dua jenis konsolidasi berdasarkan tegangan yang diakibatkan, yaitu :

1. Tanah terkonsolidasi secara normal, *Normally Consolidated Soil* (NC – Soil), dimana tegangan overburden efektif pada saat ini adalah merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut.
2. Tanah terkonsolidasi lebih, *Over Consolidated Soil* (OC – Soil), di mana tegangan overburden efektif saat ini adalah lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan sebelumnya.

Tanah disebut sebagai NC-Soil atau OC-soil tergantung dari harga *Over Consolidation Ratio* (OCR), yang didefinisikan dengan persamaan berikut ini:

$$OCR = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana :

$\sigma'_c$  = *effective past overburden pressure*

$\sigma'_o$  = *effective overburden pressure*

NC – Soil mempunyai harga OCR = 1 dan OC – Soil mempunyai harga OCR >1.

Secara umum besar pemampatan konsolidasi pada lapisan

tanah lempung setebal H dapat dihitung dengan persamaan (Das, 1985):

1. Untuk tanah *Normally Consolidated* (NC-Soil) :

$$S_c = C_c \times \frac{H_o}{1+e_o} \times \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \dots\dots\dots (2.20)$$

2. Untuk tanah *Over Consolidated* (OC – Soil) :

• Bila  $(\sigma'_o + \Delta\sigma) \leq \sigma'_c$ , maka :

$$S_c = \frac{C_s \times H_o}{1+e_o} \times \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \dots\dots\dots (2.21)$$

• Bila  $(\sigma'_{vo} + \Delta\sigma) > \sigma'_c$ , maka :

$$S_c = \frac{C_s \times H_o}{1+e_o} \times \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} + \frac{C_c \times H_o}{1+e_o} \times \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \dots\dots (2.22)$$

dimana :

$S_c$  = besar pemampatan yang terjadi (m)

$C_c$  = indeks pemampatan (*compression index*)

$C_s$  = indeks pemuaiian (*swelling index*)

$e_o$  = angka pori

$\sigma'_o$  = tegangan overburden efektif

$\Delta\sigma$  = penambahan beban vertikal (beban luar)

$\sigma'_c$  = tegangan prakonsolidasi

Sehingga besar pemampatan total adalah :

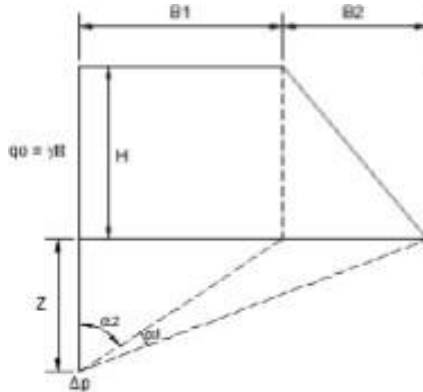
$$S_c = \sum_{i=1}^n S_{ci} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

$n$  = jumlah lapisan tanah yang akan dihitung besar pemampatan konsolidasi.

$S_{ci}$  = besar pemampatan konsolidasi untuk lapisan ke-i

$\Delta\sigma'$  merupakan tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah – tengah lapisan (**Gambar 2.3**). Menurut Braja M. Das (1985), dalam bukunya “Principles of Foundation Engineering, Second Edition” diagram tegangan tanah akibat timbunan adalah sebagai berikut



**Gambar 2.3** Visualisasi dan Notasi  $\Delta\sigma'$

(sumber : Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

Besarnya  $\Delta\sigma'$  adalah :

$$\Delta\sigma' = \frac{q_0}{n} \times \left( \left( \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) \times (\alpha_1 + \alpha_2) - \left( \frac{B_1}{B_2} \times \alpha_2 \right) \right) \dots\dots\dots (2.24)$$

dimana :

- $q_0$  = beban timbunan ( $t/m^2$ ) ( $q_0 = \gamma_{\text{timb}} \times h_{\text{timb}}$ )
- $\Delta\sigma'$  = besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah – tengah lapisan ( $t/m^2$ )
- $\alpha_1 = \tan^{-1} \left( \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \right)$  (radian)
- $\alpha_2 = \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \right)$  (radian)
- $B_1$  =  $\frac{1}{2}$  lebar timbunan
- $B_2$  = panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan.

Nilai  $\Delta\sigma'$  yang diperoleh adalah untuk  $\frac{1}{2}$  bentuk timbunan sehingga untuk bentuk timbunan yang simetris, nilai I yang diperoleh harus dikali 2, dan berubah menjadi:

$$\Delta\sigma' = 2 \times q_0 \dots\dots\dots (2.25)$$

- Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap

Perhitungan besar pemampatan konsolidasi perlu memperhatikan beban yang terjadi dan pemakaian nilai  $C_s$  dan  $C_c$ . Besar nilai konsolidasi  $S_c$ , akibat beban bertahap  $\Delta p$  dapat dihitung dengan persamaan berikut :

1. Apabila  $\sigma'_o + \Delta p_1 \leq \sigma_c$  :

$$S_c = \frac{C_s \times H}{1+e_o} \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta p_1}{\sigma'_o} \right) \dots \dots \dots (2.26)$$

2. Apabila  $\sigma'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2 > \sigma_c$  :

$$S_c = \frac{C_s \times H}{1+e_o} \log \left( \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o + \Delta p_1} \right) + \frac{C_c \times H}{1+e_o} \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2}{\sigma'_c} \right) \dots \dots \dots (2.27)$$

3. Apabila  $\sigma'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 > \sigma_c$  :

$$S_c = \frac{C_c \times H}{1+e_o} \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3}{\sigma'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2} \right) \dots \dots \dots (2.28)$$

dimana:

$S_c$  = pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau

$H$  = tebal lapisan tanah *compressible*

$e_o$  = angka pori awal (*initial void ratio*)

$C_c$  = indeks kompresi

$C_s$  = indeks mengembang

$\Delta p$  = beban *surchage*

$\sigma'_o$  = tekanan tanah vertikal efektif dari suatu titik di tengah-tengah lapisan ke- $i$  akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut di lapangan (*effective overburden pressure*)

## 2.4.2 Waktu Pemampatan Tanah Dasar

Proses konsolidasi tanah lempung yang tebal berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Perbandingan antara pemampatan tanah pada saat  $t$  dengan pemampatan total yang terjadi disebut derajat konsolidasi. Nilai derajat konsolidasi adalah antara 0% sampai 100%.

Derajat konsolidasi 0-60% dirumuskan dengan:

$$U = \left( 2 \sqrt{\frac{T}{\pi}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.29)$$

Derajat konsolidasi > 60% dirumuskan dengan:

$$U = (100 - a)\% \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

U = Derajat konsolidasi

T = faktor waktu

$$a = 10^{\frac{1.781-U}{0.933}}$$

Dengan menggunakan **Persamaan 2.14** dan **2.16**, variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi dapat ditunjukkan pada **Tabel 2.5**.

**Tabel 2. 5** Variasi Faktor Waktu terhadap Derajat Konsolidasi

Derajat Konsolidasi U%	Faktor Waktu (T)
0	0.000
10	0.008
20	0.031
30	0.071
40	0.126
50	0.196
60	0.283
70	0.403
80	0.567
90	0.848
100	-

Pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar yang terjadi karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous, yaitu ke atas atau ke bawah saja (*single drainage*) atau ke atas dan ke bawah (*double drainage*). Waktu konsolidasi untuk *single drainage* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$t = \left( \frac{T \times (Hdr)^2}{Cv} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.31)$$

Sedangkan untuk *double drainage* dihitung dengan:

$$t = \left( \frac{T \times \left( \frac{H_{dr}}{2} \right)^2}{C_v} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.32)$$

dimana:

t = waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan konsolidasi

T = faktor waktu

H<sub>dr</sub> = jarak air pori di lapisan tanah untuk mengalir keluar

C<sub>v</sub> = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal

Untuk tanah yang berlapis-lapis dengan ketebalan yang berbeda-beda, harga C<sub>v</sub> gabungan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_{v_{gabungan}} = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left( \frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v1}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}} \right)^2} \dots\dots\dots (2.33)$$

dimana:

H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, ..., H<sub>n</sub> = tebal lapisan tanah 1, 2, ..., n

C<sub>v1</sub>, C<sub>v2</sub>, ..., C<sub>vn</sub> = besar koefisien konsolidasi lapisan tanah 1, 2, 3, ..., n

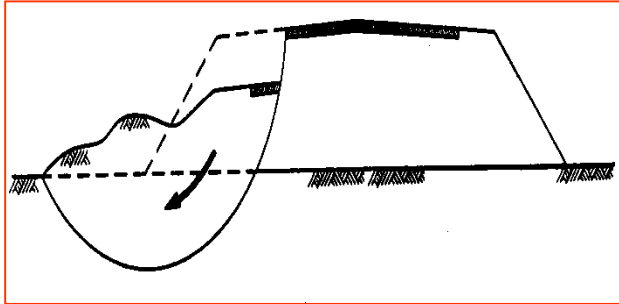
Derajat konsolidasi pada waktu t dapat dihitung dengan mencari besarnya faktor waktu T dengan menggunakan persamaan 2.16 maupun 2.17. Lalu nilai faktor waktu dimasukkan ke dalam persamaan 2.14 atau 2.15.

## 2.5 Upaya Peningkatan Daya Dukung Tanah Dasar

Kestabilan timbunan adalah hal yang penting dalam pembangunan jalan tol. Ketidakstabilan timbunan yang terjadi adalah berupa kelongsoran maupun kerusakan jalan (jalan menjadi bergelombang). Rekayasa stabilitas timbunan dapat dilihat **Gambar 2.4**. Stabilitas timbunan dapat dihitung menggunakan program bantu GEO5, GEOSLOPE, XSTABL dan yang lain sejenisnya.

Stabilitas timbunan dapat dilihat dari nilai faktor keamanan timbunan. Stabilitas timbunan yang perlu dicek faktor keamanannya adalah stabilitas internal, *overall*, dan pondasi. Masing masing stabilitas ini harus memenuhi persyaratan nilai faktor keamanan

yang telah ditentukan. Apabila stabilitas timbunan dengan nilai factor keamanan (SF) kurang dari yang direncanakan maka perlu dilakukan perkuatan stabilitas timbunan. Perkuatan timbunan tersebut dapat berupa *Bored Pile* dan *Geotextile*.



**Gambar 2. 4** Rekayasa Kestabilan Timbunan

(Sumber: *Power Point Timbunan dan Kontruksi Penahan Tanah ITS*)

- **Kenaikan Daya Dukung Tanah Akibat Timbunan Bertahap**

Daya dukung tanah dasar dapat meningkat jika beban timbunan diletakkan secara bertahap sampai mencapai tinggi timbunan kritis ( $H_{cr}$ ). Peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan dapat dihitung dengan persamaan menurut Ardana dan Mochtar:

Untuk harga Plasticity Index  $PI < 120\%$

$$C_u = 0.0737 + (0.1899 - 0.0016 PI) \times \sigma' \dots\dots\dots (2.34)$$

untuk  $PI > 120\%$

$$C_u = 0.0737 + (0.0454 - 0.00004 PI) \times \sigma' \dots\dots\dots (2.35)$$

dimana :

$C_{u\text{baru}}$  = daya dukung tanah baru ( $\text{kg/cm}^2$ )

PI = indeks plastisitas tanah

$\sigma'$  = tegangan yang terjadi pada lapisan tanah ( $\text{kg/cm}^2$ )



Dari perhitungan diatas didapat nilai Cu baru pada ketinggian timbunan yang ditinjau beserta angka keamanan setelah di cek di XSTABL.

### 2.5.1 Metode Perkuatan dengan *Geotextile* pada Timbunan

*Geotextile* berfungsi sebagai penyaring dan penahan partikel tanah halus supaya tidak terbawa oleh aliran rembesan tanah, pemisah dua lapisan (tanah dengan tanah atau tanah dengan cairan), serta mencegah erosi dan gerusan. Perencanaan *geotextile* sebagai perkuatan tergantung pada besar peningkatan momen perlawanan ( $\Delta M_R$ ) yang direncanakan. Perhitungan untuk mencari ( $\Delta M_R$ ) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta M_R = (M_D \times SF) - M_R \dots \dots \dots (2.36)$$

dimana :

$M_R$  = Momen *Resistance* (Momen Penahan)

$\Delta M_R$  = Momen penahan tambahan yang harus dipikul oleh *Geotextile*

$M_D$  = momen dorong ( $\frac{M_R}{SF}$ )

SF = Angkat Keamanan (didapatkan dengan bantuan program GEO5, GEOSLOPE, XSTABL atau program sejenis lainnya)

Untuk menghitung besarnya kekuatan *Geotextile* yang diizinkan digunakan persamaan berikut :

$$T_{allow} = \frac{T_{ult}}{FSid \times FScr \times FScd \times FSbd} \dots \dots \dots (2.37)$$

dimana :

$T_{allow}$  = kekuatan *Geotextile* yang diizinkan

$T_{ult}$  = kekuatan tarik maksimum *Geotextile* yang digunakan

FSid = faktor keamanan terhadap kerusakan pada pemasangan

FScr = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat rangkai

FScd = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat bahan-bahan kimia

FSbd = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat biologi dalam tanah

FSid, FScr, FScd, dan FSbd merupakan faktor keamanan

akibat pengurangan kekuatan *geotextile* yang besarnya dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

**Tabel 2. 6** Faktor Keamanan Akibat Pengurangan Kekuatan *Geotextile*

Penggunaan Geotekstile	Faktor Pemasangan FS <sub>id</sub>	Faktor Rangkak FS <sub>CR</sub>	Faktor Kimia FS <sub>CB</sub>	Faktor Biologi FS <sub>AB</sub>
Separation	1,1 – 2,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Cushioning	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,2
Unpaved roads	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Walls	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Embankments	1,1 – 2,0	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Bearing capacity	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Slope stablitation	1,1 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Pavement overlays	1,1 – 1,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Railroads	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
Flexible form	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Silt fences	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

Untuk menghitung kebutuhan panjang *geotextile* di belakang bidang longsor ( $L_e$ ), di depan bidang longsor ( $L_d$ ), dan panjang lipatan ( $L_o$ ) digunakan persamaan berikut :

1. 
$$L_e = \frac{T_{allow} \times SF}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \dots\dots\dots (2.38)$$

dimana :

$L_e$  = panjang *Geotextile* di belakang bidang longsor

$\tau_1$  = tegangan geser akibat tanah timbunan ( $C_{u1} + \sigma'_0 \tan \phi_1$ )

$\tau$  = tegangan geser akibat tanah dasar dengan *Geotextile* ( $C_{u2} + \sigma'_0 \tan \phi_2$ )

E = efisiensi, diambil E = 0,8

2. 
$$L_d = (H-Z) \times \tan (45-(\phi/2)) \dots\dots\dots (2.39)$$

dimana:

$L_d$  = panjang *Geotextile* di depan bidang longsor

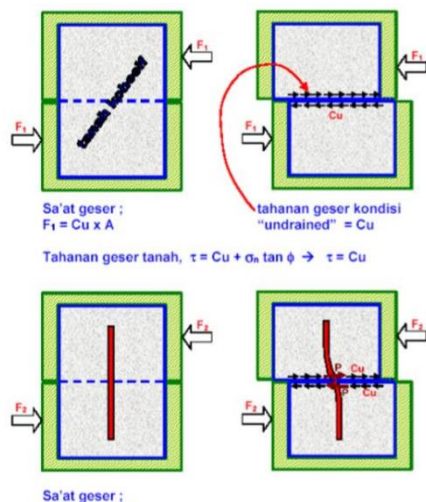
Untuk panjang lipatan ( $L_o$ ) menggunakan setengah dari nilai

$L_e$ .

3. 
$$L_o = \frac{1}{2} L_e \dots\dots\dots (2.40)$$

## 2.5.2 Metode Perkuatan dengan *Spunpile*

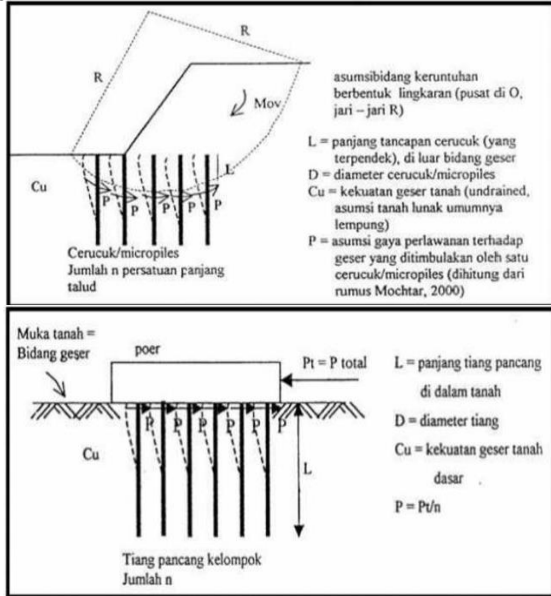
Penggunaan cerucuk (*spunpile*) adalah salah satu bentuk perkuatan lereng timbunan yang dimaksudkan untuk menahan gaya horizontal. Gaya horizontal tersebut merupakan tegangan geser yang terjadi di sepanjang bidang kelongsoran (Mochtar, 2000). Dengan memasang cerucuk pada tanah maka kekuatan untuk menahan gaya geser terhadap tanah juga meningkat. Apabila komponen tahanan tanah terhadap geser meningkat, maka daya dukung tanah dasar juga akan meningkat karena cerucuk dapat berfungsi menahan gaya geser lebih besar daripada tanah. Konstruksi cerucuk yang dapat dipakai yaitu cerucuk bambu, kayu, beton, dan lain – lain. Dalam **Gambar 2.5** dijelaskan bahwa dengan adanya cerucuk yang terpasang di dalam tanah maka kekuatan tahanan geser tanah lebih baik daripada pada kondisi tanpa cerucuk.



**Gambar 2.5** Sketsa Peningkatan kekuatan Geser Tanah Akibat Pemasangan Cerucuk (*Spunpile*)

Mochtar, I.B. (2000) mengembangkan teori untuk konstruksi cerucuk/*spunpile* dengan asumsi (**Gambar 2.6**) sebagai berikut :

1. Kelompok cerucuk dianggap sebagai kelompok tiang dengan “rigid cap” di muka tanah yang menerima gaya horizontal
2. Gaya hoisontal tersebut merupakan tegangan geser yang terjadi di sepanjang bidang gelincir



**Gambar 2. 6** Asumsi Gaya yang Diterima Cerucuk (Mochtar, I.B., 2000)

Untuk menghitung kebutuhan cerucuk/meter, terlebih dahulu menentukan kekuatan satu tiang/cerucuk yang akan dipakai untuk menahan gaya horizontal. Kemudian, berdasarkan perbandingan antara besarnya momen penggerak dengan momen penahan yang dibutuhkan, dapat ditentukan jumlah cerucuk yang diperlukan.

Gaya horizontal (P) yang mampu ditahan oleh satu tiang ditunjukkan dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{M_p}{F_m \times T} \dots\dots\dots (2.41)$$

dimana :

- $M_p$  = Momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat beban  $P$ , kg-cm  
 $F_m$  = Koefisien momen akibat gaya lateral  $P$   
 $P$  = Gaya horisontal yang diterima cerucuk, kg  
 $T$  = Faktor kekakuan relatif, cm

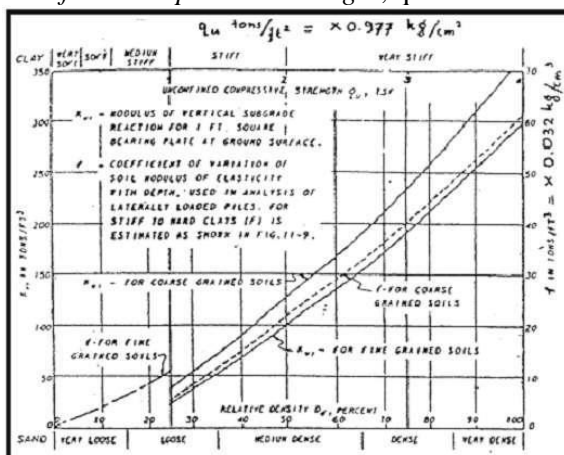
Variabel faktor kekakuan relatif ( $T$ ) dari cerucuk ditentukan terlebih dahulu seperti yang telah dijelaskan dalam NAVFAC DM-7, 1971. Variabel ini dicari dengan memakai rumus seperti berikut :

$$T = \left( \frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \dots \dots \dots (2.42)$$

dimana :

- $E$  = Modulus elastisitas tiang (cerucuk), kg/cm<sup>2</sup>  
 $I$  = Momen inersia tiang (cerucuk), cm<sup>4</sup>  
 $f$  = Koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm<sup>3</sup>

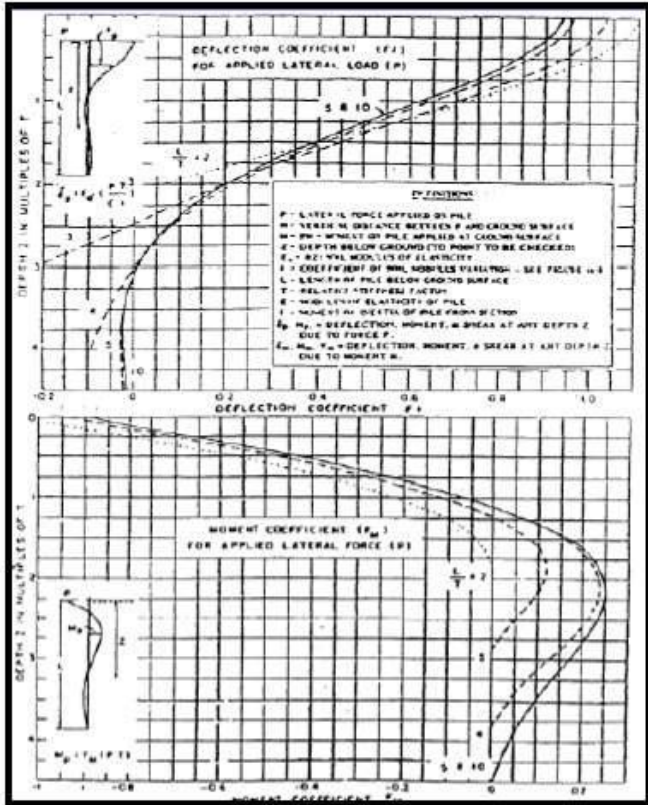
Harga  $f$  dari Persamaan (2.42) bisa ditentukan menggunakan kurva yang dijelaskan pada **Gambar 2.7** (Design Manual, NAVFAC DM-1971) yang merupakan grafik hubungan antara  $f$  dengan *unconfined compression strength*,  $q_u = 2 \times C_u$ .



**Gambar 2.7** Kurva Untuk Mencari Harga  $f$  dari Berbagai Jenis Tanah

(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)

Harga koefisien momen akibat gaya lateral  $P$  ( $F_m$ ) ditentukan dengan menggunakan kurva pada **Gambar 2.8** (Design Manual, NAVFAC DM-1971) dengan terlebih dahulu merencanakan panjang cerucuk yang tertahan di bawah bidang gelincir ( $L$ ). Kemudian, dari harga  $L/T$  dapat digunakan untuk menentukan harga  $F_m$  pada kedalaman  $Z$ .



**Gambar 2. 8** Grafik Untuk Menentukan Besarnya  $F_m$   
(Sumber : NAVFAC DM-7, 1971)

Momen lentur yang bekerja pada cerucuk ( $M_p$ ) ditentukan dengan terlebih dahulu mengetahui kekuatan bahan cerucuk ( $\sigma_{\max}$  bahan) dan dimensi cerucuk. Persamaan momen lentur yang

bekerja pada cerucuk ditunjukkan dalam **Persamaan (2.43)** sebagai berikut :

$$(Mp - \max) 1 \text{ Cerucuk} = \frac{\sigma_{\max} - \text{bahan} \times In}{C} \dots\dots\dots (2.43)$$

dimana :

$\sigma_{\max}$  = Tegangan tarik/tekan maksimum dari bahan cerucuk

In = Momen inersia penampang cerucuk terhadap garis netral penampang

C =  $\frac{1}{2}$  diameter cerucuk

Variabel gaya horizontal tambahan pada bidang gelincir (Pt) yang diperlukan harus ditentukan terlebih dahulu untuk menambah kekuatan geser tanah. Gaya ini yang kemudian direncanakan untuk dipikul oleh cerucuk. Oleh karena itu, Momen Dorong (MD) yang terjadi akibat beban timbunan dan beban lainnya perlu diperhitungkan dengan formula yaitu :

$$MD = \left[ \frac{MR}{SF_{\min}} \right] \dots\dots\dots (2.44)$$

dimana :

MD = Momen Dorong

SF = Safety Factor / Angka Keamanan

MR = Momen Resistance / Momen Penahan

Angka keamanan minimum (SF – minimum), momen penahan (MR), titik pusat bidang longsor, dan jari – jari kelongsoran dapat diperoleh dengan program bantu XSTABL. Setelah itu, bisa diperhitungkan Momen penahan tambahan ( $\Delta MR$ ) yang diperlukan untuk meningkatkan angka keamanan SF dengan persamaannya sebagai berikut :

$$(\Delta MR) = (SF_{ren} - SF_{min}) \times MD \dots\dots\dots (2.45)$$

Lalu dengan diperolehnya harga ( $\Delta MR$ ), besarnya tambahan gaya yang harus dipikul oleh cerucuk adalah sebagai berikut :

$$Pt = \left[ \frac{(\Delta MR)}{R} \right] \dots\dots\dots (2.46)$$

Setelah mendapatkan harga Pt, bisa ditentukan jumlah cerucuk yang harus dipasang tiap satuan panjang yaitu :

$$n = \left[ \frac{Pt}{P_{\max-1 \text{ cerucuk}}} \right] \dots\dots\dots (2.47)$$

atau :

$$n = \left[ \frac{(\Delta MR)}{R \times P_{max-1} \text{ cerucuk}} \right] \dots \dots \dots (2.49)$$

Kemudian untuk mendapatkan nilai jarak antar *spunpile*, Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{x}{n+2} \dots \dots \dots (2.49)$$

dimana :

S = Jarak antar *spunpile*

x = Panjang bidang longsor

n = Jumlah *spunpile* yang dibutuhkan perimeter.

### 2.5.3 Metode perkuatan dengan *Slab On Piles*

Perencanaan perkuatan dengan metode *slab on piles* meliputi beberapa bagian yaitu perencanaan slab beton beserta tulangan, perencanaan balok poer beserta tulangan, dan perencanaan tiang pancang sebagai pondasi *slab on piles* berdasarkan pembebanan dan analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000.

#### A. Pembebanan Bangunan Atas

Pada perencanaan slab beton yang perlu diperhatikan adalah beban – beban yang terjadi pada struktur tersebut. Beban – beban tersebut akan mempengaruhi besarnya dimensi dari struktur slab beton serta banyaknya tulangan yang digunakan. Dalam perencanaan pembebanan ini mengacu pada RSNI T02-2005 dan SNI 03 2833-2008. Berikut aksi – aksi beban yang dikelompokkan menurut sumber beban :

##### 1. Beban Tetap

- a. Berat Sendiri (MS), meliputi elemen struktural dan elemen non-struktural yang dipikul dan bersifat tetap
- b. Beban Mati Tambahan (MA), meliputi beban tambahan seperti lapisan perkerasan dan genangan air hujan

##### 2. Beban Lalu Lintas

- a. Beban Truk (Tt), meliputi :

- Beban Lajur Terbagi Rata (BTR), menurut RSNI T02-2005 adalah sebagai berikut :

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9 \text{ kPa} \dots \dots \dots (2.50)$$



$$L > 30 \text{ m} : q = 9 \left( 0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana :

$q$  = Intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang slab beton

$L$  = Panjang total slab beton yang dibebani (m)

- Beban Lajur Garis (BGT)

Beban yang diperhitungan adalah sebesar 49.0 kN dan harus dikalikan dengan faktor kejut (FBD)

### 3. Beban Lingkungan

#### a. Beban Angin ( $T_{EW}$ )

$$T_{EW} = 0.0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (kN)} \dots\dots\dots (2.52)$$

Dimana :

$V_w$  = Kcepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau

$C_w$  = Koefisien seret

$A_b$  = Luas koefisien bagian samping slab beton ( $\text{m}^2$ )

Jika terdapat beban gari stambahan arah horizontal maka :

$$T_{EW} = 0.0012 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (kN)} \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

$$C_w = 1.2$$

#### b. Beban Gempa ( $T_{EQ}$ )

Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus :

$$T_{EQ} = K_h \times I \times W_T \dots\dots\dots (2.54)$$

Dimana :

$$K_h = C \times S$$

$T_{EQ}$  = Gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (ton)

$K_h$  = Koefisien beban gempa horizontal

$I$  = Faktor kepentingan

$W_T$  = Berat total nominal bangunan (ton)

$C$  = Koefisien geser dasar

$S$  = Faktor tipe bangunan

Pada perhitungan ini juga akan dihitung elastisitas dari struktur seperti di bawah ini.

$$C_{\text{elastis}} = \frac{1.2 \times A \times S}{T^{2/3}} \leq 2.5 \times A \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

A = Akselerasi puncak di batuan dasar (g)

S = Koefisien tanah

T = Periode alami struktur (detik)

Pada perencanaan pada Tugas Akhir ini, pada struktur *slab on piles* yang digunakan metode spektral mode majemuk, sehingga periode alami struktur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{p_0 \times g \times \alpha}} \dots\dots\dots (2.56)$$

Dimana :

T = Periode alami struktur (detik)

$p_0$  = Satuan gaya seragam virtual (1kN/m)

g = Gaya gravitasi (9.8 m/det<sup>2</sup>)

$\alpha, \gamma$  = Perumusan ekspresi akibat satuan gaya virtual (m<sup>2</sup>)

$\alpha$  =  $\int V_s(x) dx$  (m<sup>2</sup>)

$\beta$  =  $\int W_T(x) V_s(x) dx$  (t.m)

$\gamma$  =  $\int W_T(x) V_s(x)^2 dx$  (t.m<sup>2</sup>)

Dimana :

$V_s(x)$  = Profil simpangan akibat  $p_0$   
=  $(p_0 \times L) / (n \times k)$

$p_0$  = Satuan gaya seragam virtual (1 kN/m)

$W(x)$  = Distribusi berat mati sistem per satuan panjang (kN/m)

## B. Penulangan pada Slab on Piles dan Balok Poer

Perhitungan penulangan pada *slab on piles* dan balok poer menggunakan rumus yang sama pada penulangan struktur beton bertulang seperti berikut :

$$\rho_b = \left( \frac{0.85 \times \beta \times f'c}{f_y} \right) \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.57)$$

Dengan nilai  $\beta = 0.85$  untuk  $f'c = 30$  MPa atau  $\leq 30$  Mpa, dan apabila nilai  $f'c > 30$  Mpa maka akan direduksi sebesar 0.05 setiap peningkatan sebesar 7 Mpa

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \times \rho_b \dots\dots\dots (2.58)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1/4}{f_y} \dots\dots\dots (2.59)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)} \right\} \dots\dots\dots (2.60)$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 \times f'c} \dots\dots\dots (2.61)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \dots\dots\dots (2.62)$$

$$A_s = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \dots\dots\dots (2.63)$$

$$n = \frac{A_s}{\text{diameter tulangan}} \dots\dots\dots (2.64)$$

## C. Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang

### Metode Berdasarkan Data SPT

Dalam perencanaan *slab on pile*, perhitungan daya dukung pile menggunakan daya dukung pondasi dalam atau *bored pile*. *Bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hary Christady Hardiyatmo, 2010). Pemasangan pondasi *bored pile* ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Sebagai struktur penahan tanah, *bored pile* dapat digunakan pada hampir semua jenis tanah dan segala jenis lapangan. *Bored pile* akan difungsikan sebagai penahan tanah dan akan diaplikasikan menerima/menahan gaya atau beban horizontal yang ditimbulkan dari tekanan tanah maupun air yang ditahannya serta bangunan yang ada di sebelahnya. Kedalaman dan diameter *soldier pile* tergantung dari perhitungan kekuatan, berdasarkan ketinggian lereng, jenis tanah dan perkiraan beban horizontal yang ada.

*Standard Penetration Test* (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukkan suatu alat yang dinamakan *split*

*spoon* ke dalam tanah. Data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang sebelum pembangunan dimulai. Data SPT (*Standard Penetration Test*) dilapangan tidak langsung dapat digunakan untuk perencanaan tiang pancang. harus dilakukan koreksi dahulu terhadap data SPT asli, sebagai berikut :

1. Koreksi Terhadap Muka Air Tanah

Kasus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila  $N > 15$  :

a)  $N = 15 + \frac{1}{2} (N - 15)$  (Terzaghi & Peck, 1960).. (2.65)

b)  $N = 0,6 N$  (Bazaraa, 1967)..... (2.66)

Pilih harga  $N_1$  yang terkecil dari a) dan b) tersebut.

Untuk jenis tanah lempung, lanau dan pasir kasar dan bila  $\leq 15$ , tidak ada koreksi. Jadi  $N_1 = N$

2. Koreksi Terhadap Overburden Pressure Dari Tanah

Hasil dari koreksi 1 ( $N_1$ ) dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah dimana harga  $N$  tersebut didapatkan (tekanan vertikal efektif = overburden pressure). Koreksi terhadap overburden pressure (Bazaraa, 1967) sebagai berikut :

$$N_2 = \frac{4 N_1}{1 + 0,4 p_0} ; \text{ bila } p_0 \leq 7,5 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots (2.67)$$

atau

$$N_2 = \frac{4 N_1}{3,25 + 0,1 p_0} ; \text{ bila } p_0 > 7,5 \text{ ton/m}^2 \dots\dots\dots (2.68)$$

dimana :

$p_0$  = tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan/kedalaman yang ditinjau

Bila  $p_0$  dalam kPa = kN/m<sup>2</sup>, maka :

$$N_2 = \frac{4 N_1}{1 + 0,04 p_0} ; \text{ bila } p_0 \leq 75 \text{ kPa} \dots\dots\dots (2.69)$$

atau

$$N_2 = \frac{4 N_1}{3,25 + 0,1 p_0} ; \text{ bila } p_0 > 75 \text{ kPa} \dots\dots\dots (2.70)$$

Catatan :

Harga  $N_2$  harus  $\leq 2 N_1$

Bila dari koreksi didapat  $N_2$  harus  $> 2 N_1$  dibuat  $N_2 = 2 N_1$

$$P_{ult} = C_n \times A_{ujung} + \sum C_{li} \times A_{si} \dots\dots\dots (2.71)$$

dimana :

$C_{li}$  = hambatan geser selimut tiang pada segmen i

$$C_{li} = f_{s_i}$$

$A_{si}$  = luas selimut tiang pada segmen i =  $O_i \times h_i$

$O_i$  = keliling tiang

$$C_{n_{ujung}} = 40\bar{N} \dots\dots\dots (2.72)$$

dimana :

$\bar{N}$  = harga rata – rata  $N_2$  4D dibawah ujung s/d 8D diatas ujung tiang

$C_{li} = f_{s_i} = N/2 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah lempung/lanau

$N/5 \text{ ton/m}^2$  untuk tanah pasir

Jadi,

$$P_{ult.tiang} = 40\bar{N} \cdot A_{ujung} + \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{2 \text{ atau } 5} \times A_{Si} \dots\dots\dots (2.73)$$

$$P_{ijin} = \frac{P_{ult}}{SF}, \text{ biasanya } SF = 3 \dots\dots\dots (2.74)$$

#### • **Faktor Keamanan**

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka diperlukan untuk membagi kapasitas ultimate tiang dengan faktor aman tertentu. Fungsi faktor aman adalah:

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian dari nilai kuat geser dan kompresibilitas yang mewakili kondisi lapisan tanah.
2. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam di antara tiang – tiang masih dalam batas – batas toleransi.
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
5. Untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian metode hitungan yang digunakan (Hardiyatmo, 2010).

Menurut Tomlinson (1977) dalam buku Analisis dan Perencanaan Pondasi 2 faktor aman dinyatakan:

Untuk dasar tiang yang dibesarkan dengan diameter  $< 2$  m:

$$Q_a = \frac{Q_u}{2.5} \dots \dots \dots (2.75)$$

Untuk tiang tanpa pembesaran di bagian bawahnya:

$$Q_a = \frac{Q_u}{2} \dots \dots \dots (2.76)$$

Bila diameter tiang lebih dari 2 m, kapasitas tiang ijin perlu dievaluasi dari pertimbangan penurunan tiang. Selanjutnya, penurunan struktur harus pula dicek terhadap persyaratan besar penurunan toleransi yang masih diijinkan.

Faktor aman (F) untuk tiang bor juga bergantung terutama pada informasi dari hasil uji beban statis, keseragaman kondisi tanah, dan ketelitian program penyelidikan tanah. Nilai – nilai tipikal faktor aman untuk tiang bor yang disarankan, ditunjukkan dalam **Tabel 2.7**. Nilai – nilai dalam tabel tersebut berlaku untuk bangunan-bangunan pada umumnya. Untuk bangunan – bangunan yang khusus, maka nilai – nilai faktor amannya dapat ditambah atau dikurangi.

**Tabel 2. 7** Faktor Keamanan *Bored Pile*

Informasi dalam perancangan			Faktor aman (F)	
Uji beban statis	Kondisi tanah	Program penyelidikan lokasi	Beban ke bawah (tiang tekan)	Beban ke atas (tiang tarik)
Ya	Seragam	Teliti	2,0*	3,0*
Ya	Tak teratur	Rata-rata	2,5	4,0
Tidak	Seragam	Teliti	2,5	5,0
Tidak	Seragam	Rata-rata	3,0	6,0
Tidak	Tak teratur	Teliti	3,0	6,0
Tidak	Tak teratur	Rata-rata	3,5	6,0

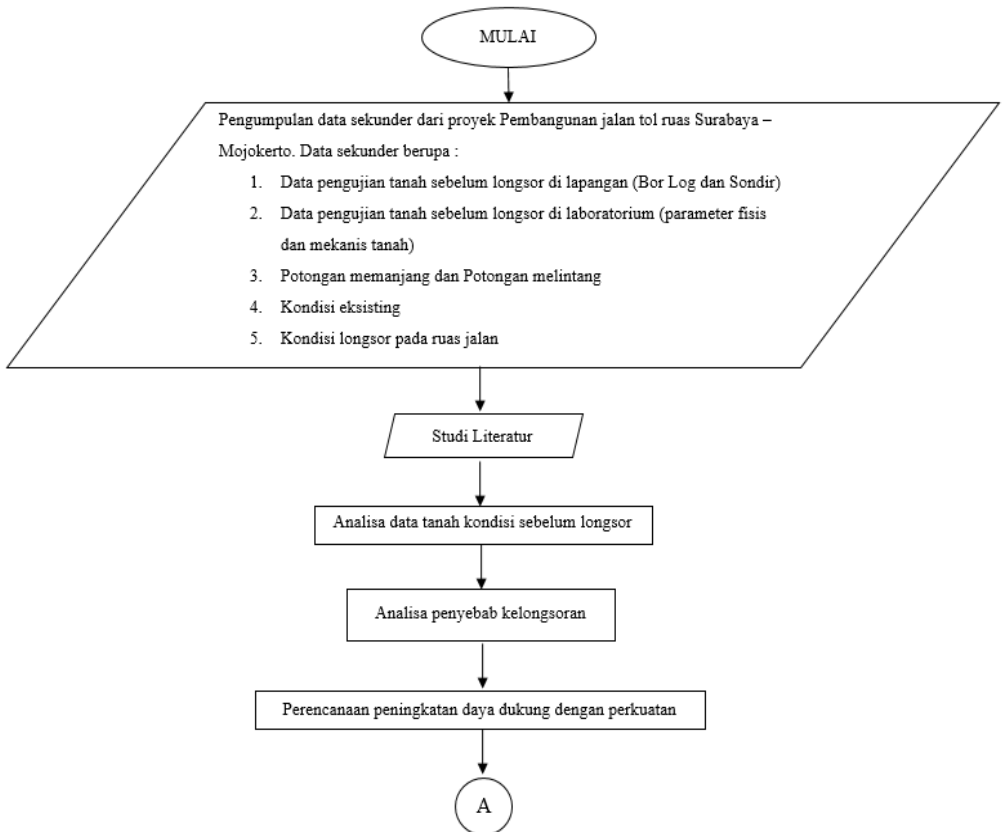
*Sumber : Hardiyatmo, 2010*

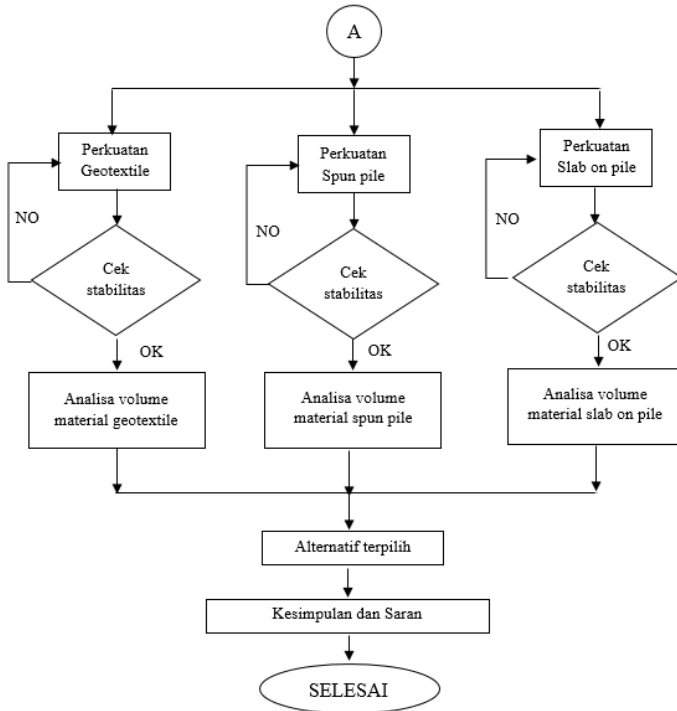
Pada umumnya, faktor aman untuk beban tarik lebih besar dari beban tekan. Hal ini, dikarenakan keruntuhan akibat beban tarik lebih bersifat segera dan merusakkan terutama pada saat gempa.

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Flowchart

Penyelesaian Tugas Akhir dengan judul “Analisa Penyebab Kelongsoran Timbunan dan Perencanaan Perkuatan pada Jalan Tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 s.d. STA 15+350” akan diselesaikan dalam beberapa tahapan seperti pada **Gambar 3.1** yang akan dijelaskan dalam poin – poin dibawah ini.





**Gambar 3. 1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

### 3.2 Uraian Tahapan Perencanaan

#### 1. Pengumpulan Data

Data – data yang akan digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir adalah data sekunder yang meliputi :

- a. Data umum proyek
- b. Data pengujian tanah sebelum longsor di lapangan (Bor Log dan Sondir)
- c. Data pengujian tanah sebelum longsor di laboratorium (parameter fisis dan mekanis tanah)
- d. Potongan memanjang dan potongan melintang
- e. Kondisi eksisting
- f. Kondisi longsor pada ruas jalan



g. Data perencanaan pekerjaan timbunan

## **2. Studi Literatur**

Dalam menganalisis dan menyelesaikan permasalahan tersebut perlu adanya tahapan studi literatur untuk mendukung pemahaman melalui bahan studi yang ada sehingga permasalahan dapat diselesaikan dengan tepat. Adapun bahan studi yang akan dipakai dalam analisis penyebab dan perencanaan perbaikan kelongsoran ini adalah :

- a. Analisa data tanah
- b. Studi literatur mengenai analisa data tanah sebelum dan sesudah pemampatan terjadi.
- c. Analisa stabilitas timbunan
- d. Studi literatur mengenai stabilitas timbunan sebelum dan sesudah adanya perbaikan.
- e. Metode perkuatan timbunan dan perbaikan tanah
- f. Studi literatur mengenai konsep dan perhitungan perkuatan timbunan dan perbaikan tanah yang akan dipakai dalam penyelesaian masalah tersebut (hasil perbandingan perkuatan *Geotextile*, *Spunpile*, dan *Slab on piles*).

## **3. Analisa Data Tanah Sebelum kelongsoran.**

Analisa data tanah meliputi penggambaran profil melintang masing – masing lapisan tanah berdasarkan data tanah (statigrafi) yang telah diperoleh serta perubahan parameter tanah setelah longsor terjadi. Hasil analisa data tanah ini merupakan parameter yang akan digunakan dalam proses perencanaan.

## **4. Analisa Penyebab Kelongsoran**

Berdasarkan data sekunder dan pengamatan di lapangan dapat dilakukan analisa dengan literatur yang ada untuk menentukan penyebab kelongsoran yang terjadi. Data tanah yang digunakan dalam tahapan ini adalah data tanah (statigrafi) yang telah diperoleh serta perubahan parameter tanah setelah longsor terjadi.

## **5. Perencanaan Peningkatan Daya Dukung Tanah dengan Perkuatan**

Berdasarkan hasil analisis penyebab kelongsoran, serta melihat kondisi di lapangan maka alternatif yang memungkinkan untuk diterapkan adalah :

Alternatif 1 (Perkuatan timbunan dengan *Geotextile*)

- Merencanakan jumlah lembar *geotextile*
  - Menghitung panjang *geotextile* yang dibutuhkan
- Alternatif 2 (Perkuatan tanah dasar dengan *Spunpile*)

- Merencanakan kedalaman tiang
  - Merencanakan diameter tiang
  - Menghitung banyaknya tiang
- Alternatif 3 (Perkuatan tanah dasar dengan *Slab On Pile*)

- Merencanakan tebal slab
- Merencanakan dimensi balok poer
- Merencanakan kedalaman tiang
- Merencanakan diameter tiang
- Menghitung banyaknya tiang

Ketiga alternatif tersebut direncanakan dan kemudian harus dicek stabilitasnya. Ketika tidak memenuhi, maka direncanakan ulang sampai pada akhirnya memenuhi syarat stabilitas.

## **6. Membandingkan alternatif – alternatif yang ada dan menentukan alternatif yang tepat**

Membandingkan volume dan biaya material dari output masing – masing alternatif sehingga didapat alternatif yang paling eifisien untuk perbaikan jangka pendek maupun jangka panjang berdasarkan analisa yang telah dilakukan.

## **7. Kesimpulan dan Saran**

Setelah menganalisa penyebab kelongsoran, maka dapat disimpulkan penyebab dari kelongsoran di lokasi Tugas Akhir dan mendapatkan alternatif perbaikan yang paling efektif untuk mencegah terjadinya kelongsoran badan jalan di masa yang akan datang dengan memperhatikan sisa waktu yang tersedia.

## **BAB IV**

### **DATA DAN ANALISA DATA**

#### **4.1. Data Tanah**

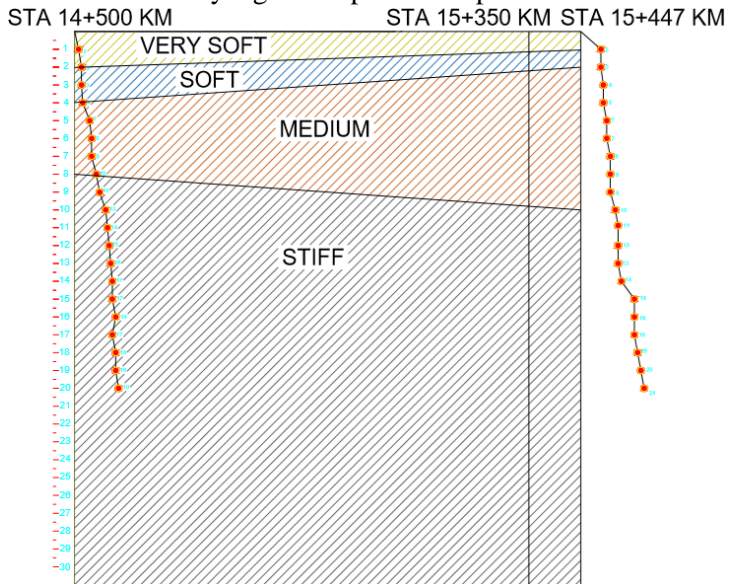
##### **4.1.1 Data Tanah Dasar Sebelum Longsor**

Dalam Tugas Akhir ini data yang digunakan adalah data SPT dan data laboratorium hasil penyelidikan tanah Proyek Pembangunan Jalan Tol Surabaya – Mojokerto yang dilakukan oleh Testana Engineering, Inc pada tahun 2016. Data SPT yang tersedia berjumlah lima titik data pengeboran, dua diantaranya berada didalam lokasi pembangunan jalan Tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 s.d STA 15+447.

Data pengujian laboratorium yang berada dalam lokasi pembangunan Jalan Tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 s.d 15+447 berjumlah dua titik data pengeboran yaitu DB-1-59 dan DB-1-68. Dimana setiap STA memiliki N-SPT dan kedalaman tanah lunak yang bervariasi. Tiap STA mewakili tanah dasar yang berada di sekitarnya. Dikarenakan data yang terbatas dan hanya memiliki nilai N-SPT, maka untuk mendapatkan data yang diperlukan lainnya dilakukan pencarian data tanah yang memiliki nilai N-SPT dan kedalaman tanah lunak yang similar, kedalaman tanah lunak pada masing – masing STA dapat dilihat Stratigrafi pada **Gambar 4.1**.

Pada pencarian tersebut didapatkan diantara dua STA yaitu STA 14+500 dan STA 15+447 dimana memiliki nilai parameter yang dibutuhkan dalam perencanaan. Parameter yang dibutuhkan yaitu berupa nilai berat volume tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ),  $G_s$ , Water Content ( $W_c$ ), Liquid Limit (LL), Plasticity Index (PI),  $C_u$ ,  $C_c$ ,  $C_s$ , dan  $C_v$  seperti pada **Tabel 4.1** dan **Tabel 4.2**. Untuk STA yang tidak memiliki parameter tanah yaitu STA 15+350 dimana kelongsoran terjadi maka dilakukan metode korelasi N-SPT, dan hasil korelasi N-SPT tersebut akan dibandingkan dengan parameter tanah yang sudah ada pada STA 14+500 dan STA 15+447 kemudian diolah menggunakan statistik distribusi dengan derajat kepercayaan 90%.

Sebaran dan pengelompokan data parameter tanah dari kedua data tanah yang ada dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



**Gambar 4. 1** Hasil Stratigrafi Tanah Dasar Berdasarkan Nilai N SPT Jalan Tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 s.d STA 15+447





Dari setiap parameter tanah yang ada, data-data akan dikelompokkan pada kedalaman data yang ditentukan seperti pada **Lampiran 4.1**, selanjutnya akan dijadikan satu nilai dengan menggunakan metode statistik distribusi sesuai dengan N-SPT pada STA 15+350 yang didapat dari statigrafi tanah. Berikut merupakan pengelompokan berdasarkan nilai karakteristik  $\gamma_{\text{sat}}$  pada STA 14+500 dan STA 15+447 :

Penentuan nilai berat volume *saturated* tanah didapatkan dari beberapa data yang karakteristiknya seragam. Untuk penentuan parameter tanah tersebut menggunakan cara sebagai berikut :

Pada kedalaman 0.00 s.d 2 meter

Jumlah data : 2

V : Jumlah data - 1 = 2-1 = 1

Pengali ( $\lambda$ ) : 0.0158

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata (mean)} &= \frac{\gamma_{\text{sat STA 14+500}} + \gamma_{\text{sat STA 15+447}}}{\text{jumlah data}} \\ &= \frac{1.58+1.68}{2} \\ &= 1.63 \text{ g/cm}^3 = 1.63 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

St. Deviasi =

$$\begin{aligned} &\frac{(\gamma_{\text{sat STA 14+500}} - \text{rata-rata})^2 + (\gamma_{\text{sat STA 15+447}} - \text{rata-rata})^2}{\text{jumlah data}} \\ &= \frac{(1.58-1.63)^2 + (1.68-1.63)^2}{2} \\ &= 0.05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas atas} &= \bar{X} + \frac{\text{STD}}{\sqrt{n}} \lambda \\ &= 1.63 + \frac{0.05}{\sqrt{2}} 0.0158 \\ &= 1.631 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas bawah} &= \bar{X} - \frac{\text{STD}}{\sqrt{n}} \lambda \\ &= 1.63 - \frac{0.05}{\sqrt{2}} 0.0158 \\ &= 1.629 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{sat}} &= \text{Batas bawah} + 0.1(\text{Batas atas} - \text{Batas bawah}) \\ &= 1.629 + 0.1(1.631-1.629) \\ &= 1.63 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

Untuk parameter lainnya pada kedalaman tertentu dihitung dengan cara yang sama. Sehingga, didapatkan rekapitulasi parameter data tanah untuk STA 15+350 pada **Tabel 4.3**

**Tabel 4.3** Hasil Distribusi Statistik Parameter Data Tanah

$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	$\lambda$	Mean t/m <sup>3</sup>	Standart Deviasi	Batas Atas t/m <sup>3</sup>	Batas Bawah t/m <sup>3</sup>	$\gamma_{sat}$ t/m <sup>3</sup>
2	2	1	0.0158	1.63	0.05	1.63056	1.62944	1.63
4	2	1	0.0158	1.67	0.04	1.67045	1.66955	1.67
10	1							1.69
eo								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	$\lambda$	Mean	Standart Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	eo
2	2	1	0.0158	1.425	0.225	1.427	1.423	1.42
4	2	1	0.0158	1.245	0.175	1.246	1.244	1.24
10	1							1.28
Gs								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	$\lambda$	Mean	Standart Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Gs
2	4	3	0.5844	2.553	0.019	2.55811	2.54689	2.55
9	1							2.54
Wc (%)								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	$\lambda$	Mean %	Standart Deviasi	Batas Atas %	Batas Bawah %	Wc %
2	2	1	0.0158	54	11	54.1229	53.8771	53.90
4	2	1	0.0158	47	9	47.1006	46.8994	46.92
10	1							50
LL								
Range of Depth m	Jumlah Data (n)	v n-1	$\lambda$	Mean	Standart Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	LL
2	2	1	0.0158	69.5	15.5	69.6732	69.3268	69.36
4	2	1	0.0158	74	7	74.0782	73.9218	73.94
10	1							90





Rekapitulasi hasil parameter tanah yang berhasil didapatkan pada STA 15+350 dimana terjadi kelongsoran setelah dilakukan statigrafi tanah serta metode statistik distribusi dapat dilihat pada **Tabel 4.4** atau **Lampiran 4.2**

**Tabel 4. 4** Data parameter tanah STA 15+350 sebelum longsor

Kedalaman (meter)	Borlog N-SPT	Konsistensi Tanah	$\gamma$	e <sub>o</sub>	G <sub>s</sub>	W <sub>c</sub>	LL	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	IP	c	$\phi$
			g/cm <sup>3</sup>			%					kg/cm <sup>2</sup>	
0	0	Soft	1.63	1.42	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
0.5	2.5	Soft	1.63	1.42	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
1	2.5	Soft	1.63	1.42	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
1.5	2.5	Soft	1.63	1.42	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
2	3	Soft	1.63	1.42	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
2.5	3	Soft	1.63	1.42	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
3	4	Soft	1.63	1.42	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
3.5	5	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
4	5	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
4.5	6	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
5	7	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
5.5	7	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
6	7	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
6.5	8	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
7	8	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
7.5	8	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
8	9	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
8.5	9	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
9	9	Medium	1.67	1.24	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
9.5	11	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
10	11	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
10.5	12	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
11	12	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
11.5	13	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
12	14	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
12.5	14	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
13	14	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
13.5	14	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
14	15	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
14.5	16	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
15	17	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
15.5	17	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
16	18	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
16.5	18	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
17	18	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
17.5	18	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
18	19	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
18.5	19	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
19	19	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
19.5	20	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
20	20	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9

#### 4.1.2 Data Tanah Dasar Setelah Longsor

Data tanah setelah longsor didapatkan dari perubahan parameter akibat timbunan 8 meter selama 3 bulan.

- Perhitungan perubahan angka pori (e<sub>o</sub>)  
Perubahan angka pori diperoleh dari besaran *settlement* yang dialami pada setiap lapisan tanah dapat dilihat pada **BAB V**.

Contoh perhitungan untuk kedalaman 0-1 m :

$$\begin{aligned}
 e_o &= 1.42 \\
 S_c &= \Delta H = 0.028 \text{ m} \\
 H &= 1 \text{ meter} \\
 \Delta H/H &= 0.028 \\
 \Delta e &= (1+e) \times (\Delta H/H) \\
 &= (1+1.42) \times (0.028) \\
 &= 0.07 \\
 e_{\text{baru}} &= e_o - \Delta e \\
 &= 1.42 - 0.07 \\
 &= 1.36
 \end{aligned}$$

Hasil perubahan angka pori ( $e_o$ ) tiap kedalaman ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 4.5** Perubahan Angka Pori ( $e_o$ )

No	Kedalaman	Z	$e_o$	$S_c$	$\Delta H/H$	$\Delta e$	$e_o$ baru
	(m)	(m)		m	m		
1	0-1	0.5	1.42	0.028	0.028	0.07	1.36
2	1-2	1.5	1.42	0.023	0.023	0.06	1.37
3	2-3	2.5	1.42	0.020	0.020	0.05	1.38
4	3-4	3.5	1.24	0.016	0.016	0.04	1.21
5	4-5	4.5	1.24	0.015	0.015	0.03	1.21
6	5-6	5.5	1.24	0.014	0.014	0.03	1.21
7	6-7	6.5	1.24	0.013	0.013	0.03	1.22
8	7-8	7.5	1.24	0.012	0.012	0.03	1.22
9	8-9	8.5	1.24	0.011	0.011	0.02	1.22

$$\overline{e_{o\text{lama}}} = \frac{\text{jumlah total } e_o \text{ lama}}{\text{banyaknya data}} = \frac{11.74}{9} = 1.3$$

$$\overline{e_{o\text{baru}}} = \frac{\text{jumlah total } e_o \text{ baru}}{\text{banyaknya data}} = \frac{11.39}{9} = 1.26$$

$$\begin{aligned}
 \% &= \frac{|\overline{e_{o\text{baru}}} - \overline{e_{o\text{lama}}}|}{\overline{e_{o\text{lama}}}} \times 100\% \\
 &= \frac{|1.26 - 1.3|}{1.3} \times 100\% \\
 &= 3\%
 \end{aligned}$$

Maka, perubahan rata-rata parameter  $e_o$  untuk tanah *compressible* cenderung mengalami penurunan sebesar 3%.

- Perhitungan perubahan berat volume ( $\gamma$ )

Perubahan berat volume diperoleh dari besaran settlement yang dialami pada setiap lapisan tanah dapat dilihat pada **BAB V**. Contoh perhitungan untuk kedalaman 0-1 m :

$$e_o = 1.63 \text{ t/m}^3$$

$$Wc = 53.9\%$$

$$Gs = 2.55$$

$$e_{\text{baru}} = 1.36$$

$$\begin{aligned} Wc_{\text{baru}} &= e_{\text{baru}} / Gs \\ &= 1.36/2.55 \\ &= 53.21\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{baru}} &= ((Gs(1+Wc))/(1+e_{\text{baru}})) \times \gamma_w \\ &= ((2.55(1+53.21))/(1+1.36)) \times 1 \\ &= 1.657 \text{ (t/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

Hasil perubahan berat volume ( $\gamma$ ) tiap kedalaman ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 4. 6** Perubahan Berat Volume ( $\gamma$ )

No	Kedalaman	Z	$\gamma$	Wc	Gs	eo baru	Wc baru	$\gamma$ baru
	(m)	(m)	(t/m <sup>3</sup> )	%			%	(t/m <sup>3</sup> )
1	0-1	0.5	1.63	53.90	2.55	1.36	53.21%	1.66
2	1-2	1.5	1.63	53.90	2.55	1.37	53.70%	1.65
3	2-3	2.5	1.63	53.90	2.55	1.38	53.97%	1.65
4	3-4	3.5	1.67	46.92	2.55	1.21	47.38%	1.70
5	4-5	4.5	1.67	46.92	2.55	1.21	47.51%	1.70
6	5-6	5.5	1.67	46.92	2.55	1.21	47.61%	1.70
7	6-7	6.5	1.67	46.92	2.55	1.22	47.70%	1.70
8	7-8	7.5	1.67	46.92	2.55	1.22	47.77%	1.70
9	8-9	8.5	1.67	46.92	2.55	1.22	47.84%	1.70

$$\bar{\gamma}_{\text{lama}} = \frac{\text{jumlah total } \gamma \text{ lama}}{\text{banyaknya data}} = \frac{14.91}{9} = 1.66$$

$$\bar{\gamma}_{\text{baru}} = \frac{\text{jumlah total } \gamma \text{ baru}}{\text{banyaknya data}} = \frac{15.17}{9} = 1.68$$

$$\begin{aligned} \% &= \frac{|\bar{\gamma}_{\text{baru}} - \bar{\gamma}_{\text{lama}}|}{\bar{\gamma}_{\text{lama}}} \times 100\% \\ &= \frac{|1.68 - 1.66|}{1.66} \times 100\% \\ &= 2\% \end{aligned}$$

Maka, perubahan rata -rata paramater  $\gamma$  untuk tanah *compressible* cenderung mengalami kenaikan sebesar 2%.

Rekapitulasi data tanah pada STA 15+350 dengan kondisi setelah longsor yaitu mengalami perubahan parameter akibat beban timbunan setinggi 8 meter adalah sebagai berikut.

**Tabel 4. 7** Data parameter tanah STA 15+350 setelah longsor

No	Kedalaman	Z	$\gamma$	eo	Gs	Wc	LL	Cc	Cs	IP	c	$\phi$
	(m)	(m)	$\text{g/cm}^3$			%					$\text{kg/cm}^2$	
1	0-1	0.5	1.657	1.36	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
2	1-2	1.5	1.654	1.37	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
3	2-3	2.5	1.652	1.38	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
4	3-4	3.5	1.701	1.21	2.55	53.90	69.36	0.37	0.12	38.94	0.23	9.50
5	4-5	4.5	1.700	1.21	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
6	5-6	5.5	1.699	1.21	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
7	6-7	6.5	1.699	1.22	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
8	7-8	7.5	1.698	1.22	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50
9	8-9	8.5	1.698	1.22	2.55	46.92	73.94	0.32	0.11	45.47	0.55	8.50

#### 4.1.3 Data Tanah Timbunan

Sifat fisik tanah timbunan :

$$c = 0$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 2.155 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 38.29^\circ$$

Potongan melintang dari timbunan dapat dilihat pada **Gambar 1.3**.

Timbunan rencana pada STA yang ditinjau yaitu STA 15+350 adalah 8 meter, sedangkan kelongsoran terjadi pada ketinggian 8 meter setelah 3 bulan penimbunan dilaksanakan.

#### 4.1.4 Data Spesifikasi Bahan

- **Geotextile**

Pada perencanaan ini digunakan *geotextile* dengan spesifikasi *Geotextile Unwoven 250 (UW-250)* yang memiliki nilai *tensile strength* sebesar 52/52 kNm.

- **Spunpile**

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini direncanakan perkuatan *spunpile Prestressed Concrete Piles* dengan  $f'_c = 52 \text{ MPa}$ .

- Untuk perencanaan perkuatan *spunpile* digunakan diameter 300 mm (class C) dengan momen crack sebesar 4 tm.
- Untuk perencanaan perkuatan *slab on piles* digunakan diameter 600 mm (class A1) dengan momen crack sebesar 17 tm.

Dari **Subbab 4.1.1** dan **4.1.2** didapatkan bahwa kondisi tanah dasar “sifat fisik” pada kondisi inisial dan pada saat setelah terjadi pemampatan akibat timbunan setinggi 8 meter selama 3 bulan adalah tanah berbutir halus (lempung) yang bersifat lunak dengan kedalaman 9 meter sedangkan untuk kondisi tanah dasar “sifat teknis” pada kondisi inisial berbeda dengan saat setelah terjadi pemampatan akibat timbunan setinggi 8 meter selama 3 bulan dimana ketika setelah terjadi pemampatan terdapat perubahan parameter yaitu angka pori ( $e_o$ ) dan berat volume ( $\gamma$ ). Dimana untuk angka pori ( $e_o$ ) mengalami penurunan sebesar 3% dan berat volume ( $\gamma$ ) mengalami kenaikan sebesar 2%.

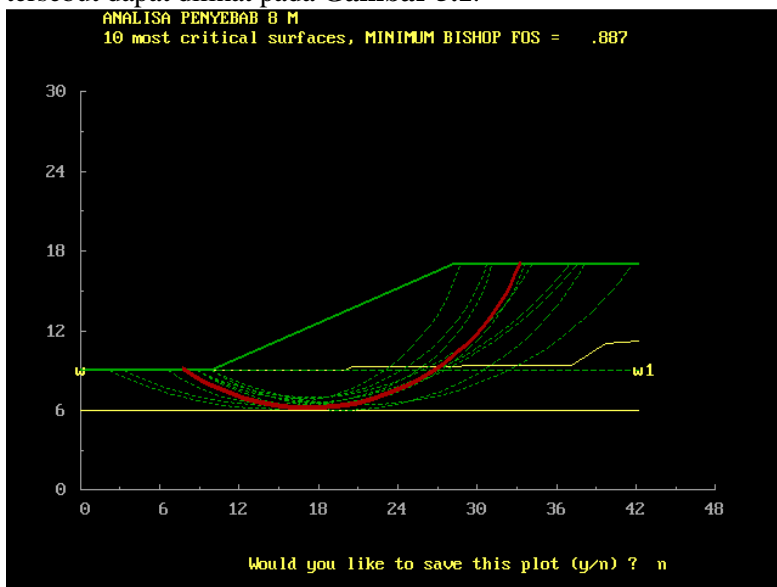
## BAB V

### ANALISA PENYEBAB KELONGSORAN DAN RATE OF SETTLEMENT

#### 5.1 Penyebab Kelongsoran

##### 5.1.1 Analisa Stabilitas dengan tinggi Timbunan 8 meter

Cek *overall stability* dengan menggunakan program bantu XSTBL. Pengecekan tersebut menggunakan parameter tanah lama dan ketinggian timbunan 8 meter untuk mengetahui SF dan garis kelongsoran. Dari garis kelongsoran dapat dianalisa penyebab kelongsoran, selain dari pemampatan tanah dasar yg cukup besar atau akibat timbunan jika terjadi kelongsoran internal. Hasil analisa tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.



**Gambar 5. 1** Hasil Analisa Stabilitas STA 15+350 untuk tinggi timbunan 8 m dengan Program Bantu XSTABL

**Tabel 5. 1** Hasil Analisa Stabilitas STA 15+350 untuk tinggi timbunan 8 m dengan Program Bantu XSTABL

No	SF	Pusat		R	Initial x	Terminal x	M
		x	y	m	m	m	kN.m
1	0.887	17.32	23	16.94	7.78	33.16	1.144.E+04
2	0.91	19.66	26.96	20.94	8.89	38.07	1.634.E+04
3	0.93	18.6	22.41	15.93	10	33.57	1.049.E+04
4	0.947	17.72	20.5	13.86	10	31.12	8.148.E+03
5	1.008	14.8	20.92	14.43	6.67	28.68	8.112.E+03
6	1.016	16.57	21.84	14.96	8.89	30.72	9.239.E+03
7	1.066	21.14	31.78	25.36	10	41.74	2.307.E+04
8	1.099	17.36	26.08	19.07	8.89	34.12	1.471.E+04
9	1.135	14.85	35.39	29.25	2.22	37.6	2.947.E+04
10	1.157	15.11	34.14	27.76	3.33	36.95	2.724.E+04

Dari hasil analisa stabilitas lereng yang dilakukan diperoleh bahwa harga SF 0.887 s/d 1.157. Angka keamanan ini menunjukkan bahwa timbunan tersebut tidak stabil, dengan kata lain daya dukung tanah dibawah timbunan tidak mencukupi untuk menahan beban setinggi 8 meter sehingga terjadi kelongsoran.

### 5.1.2 $H_{cr}$ Puncture

Dengan menganalisa daya dukung tanah dasar terhadap beban timbunan diatasnya yang nantinya akan didapatkan nilai SF tanah dasar untuk timbunan 8 meter dan  $H_{cr}$  timbunan yang dapat didukung oleh tanah dasar.



**Tabel 5. 2** Hasil Perhitungan Angka Keamanan Berdasarkan Daya Dukung Tanah Dasar

Tinggi Timbunan	Qult (kPa)	Beban Timbunan (kPa)	SF	Keterangan	
				SF>1	SF>1.5
1	131.1	21.55	6.084	OK	OK
2	131.1	43.1	3.042	OK	OK
3	131.1	64.65	2.028	OK	OK
4	131.1	86.2	1.521	OK	OK
5	131.1	107.75	1.217	OK	NOT OK
6	131.1	129.3	1.014	OK	NOT OK
7	131.1	150.85	0.869	NOT OK	NOT OK
8	131.1	172.4	0.760	NOT OK	NOT OK
9	131.1	193.95	0.676	NOT OK	NOT OK
10	131.1	215.5	0.608	NOT OK	NOT OK

Contoh perhitungan untuk  $H_{\text{timbunan}} = 8$  meter

Diketahui :

- Data tanah timbunan :

$$H_{\text{timbunan}} = 8 \text{ meter}$$

$$\gamma_{\text{timbunan}} = 2.155 \text{ t/m}^3 = 21.55 \text{ kN/m}^3$$

- Data tanah dasar :

$$\gamma_{\text{tanah dasar}} = 1.657 \text{ t/m}^3 = 16.57 \text{ kN/m}^3$$

$$c = 23$$

$$\phi = 0, \quad N_c = 5.7$$

$$N_\gamma = 0$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{ult}} &= c \cdot N_c + 0.5 \cdot \gamma_{\text{tanah dasar}} \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= 23 \times 5.7 + 0.5 \times 16.57 \times 34.93 \times 0 \\ &= 131.1 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban Timbunan} &= H_{\text{timbunan}} \times \gamma_{\text{timbunan}} \\ &= 8 \text{ m} \times 21.55 \text{ kN/m}^3 \\ &= 172.4 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, SF} &= \frac{Q_{\text{ult}}}{\text{Beban Timbunan}} \\ &= \frac{131.1}{172.4} \\ &= 0.76 < 1.5 \end{aligned}$$

Untuk mencari SF pada masing – masing tinggi timbunan dilakukan dengan cara yang sama.

Pada ketinggian timbunan 8 meter menghasilkan  $SF < 1.5$  dimana menunjukkan bahwa tanah dasar tidak mampu menahan beban timbunan setinggi 8 meter. Dapat dilihat juga  $H_{Cr}$  puncture kritis yang didapatkan adalah 6 meter dengan  $SF = 1.014 > 1$  dimana menunjukkan bahwa tanah dasar dalam kondisi kritis hanya mampu menahan beban timbunan setinggi 6 meter.

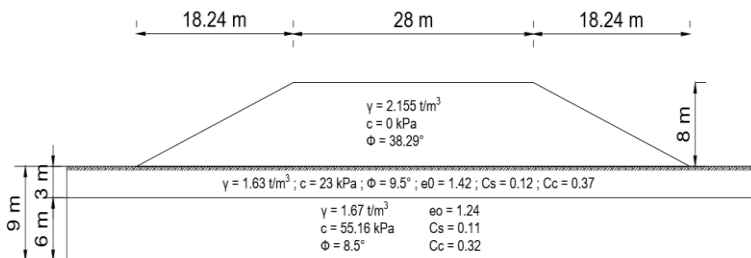
## 5.2 Rate of Settlement Akibat Timbunan 8 meter dan Timbunan Tambahan 2 meter

### 5.2.1 Besar Pemampatan Tanah Dasar Akibat Beban 8 meter

Mencari besar pemampatan tanah dasar akibat beban 8 meter dimaksudkan untuk nantinya mendapatkan besar sisa pemampatan yang akan terjadi setelah terjadinya kelongsoran, dimana kondisi eksistingnya sudah terdapat tanah timbunan setinggi 8 meter (**Gambar 5.2**) selama 3 bulan penimbunan.

Data kondisi eksisting :

$\gamma_{\text{timbunan}}$	= 2.155 t/m <sup>3</sup>
$H_{\text{timbunan}}$	= 8 meter
B1	= 14 m
B2	= 18.24 m



**Gambar 5. 2** Penampang Timbunan 8 meter

Contoh perhitungan tegangan untuk kedalaman 0-1 m dengan tinggi timbunan awal sebesar 8 m :

$$H = 8 \text{ m}$$

$$z = 0.5$$

$$q_0 = 17.24 \text{ t/m}^2$$

Tegangan overburden ( $\sigma_o'$ ):

$$\begin{aligned}\sigma_o' &= \gamma' \times z \\ &= (1.63-1) \times 0.5 = 0.315 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Tegangan prakonsolidasi ( $\sigma_c'$ ):

$$\sigma_c' = \sigma_o' + h_{\text{fluktuasi}} \times \gamma_{\text{air laut}} (\gamma_w)$$

$h_{\text{fluktuasi}}$  diasumsikan sebesar 1.5 m

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\sigma_c' = 0.315 + (1.5 \times 1) = 1.815 \text{ t/m}^2$$

Distribusi tegangan ( $\Delta\sigma$ ):

Menghitung distribusi tegangan dengan menggunakan **Persamaan 2.24**:

$$B_1 = 16 \text{ m}$$

$$B_2 = 16 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \tan^{-1}\left(\frac{14+18.24}{0.5}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{14}{18.24}\right) \\ &= 1.157\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \tan^{-1}\left(\frac{14}{0.5}\right) \\ &= 87.955\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_{1/2\text{timb}} &= \frac{17.24}{\pi} \left[ \left( \frac{14+18.24}{18.24} \right) (0.157 + 87.955) - \left( \frac{14}{18.24 \times 88.210} \right) \right] \\ &= 8.620 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\sigma &= 2 \times \Delta\sigma_{1/2\text{timb}} \\ &= 2 \times 8.620 \\ &= 17.240 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan tegangan pada tanah dihitung pemampatan konsolidasi primer (*primary settlement*) yang terjadi menggunakan **Persamaan 2.27**. Karena tanah pada kondisi *overconsolidated soil* (OC-Soil) serta jumlah tegangan overburden efektif dan distribusi tegangan lebih besar dari tegangan prakonsolidasi maka :

$$S_c = \left[ \frac{H_i}{1+e_o} \left[ C_s \log \left( \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \right) + C_c \log \left( \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_c'} \right) \right] \right]$$

$$= \left[ \frac{1}{1+1.42} \left[ 0.12 \log \left( \frac{1.815}{0.315} \right) + 0.37 \log \left( \frac{0.315+17.240}{1.815} \right) \right] \right]$$

$$= 0.190 \text{ m}$$

Hasil pemampatan tiap kedalaman diakumulasikan sehingga didapatkan hasil pemampatan akibat timbunan 8 meter adalah 1.029 m seperti pada **Lampiran 5.1**

Besarnya pemampatan akibat 8 meter timbunan selama 3 bulan didapatkan dengan mengalikan  $S_c$  tak hingga dengan  $U\%$  selama 3 bulan pada tanah yang *compressible* yaitu sampai kedalaman 9 meter.

$U\%$  selama tiga bulan ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 3** Perhitungan Nilai  $U\%$  selama 3 bulan

Tebal Kumulatif (m)	Konsistensi Tanah	Tebal Lapisan H (m)	Cv sta 15+350	Cv rata -rata	Tv	Hdr	t(minggu)	U(%)
1	Soft	1	0.00175	0.11468	0.01699	9	12.00	14.708
2	Soft	1	0.00175					
3	Soft	1	0.00175					
4	Soft	1	0.00175					
5	Soft	1	0.00175					
6	Medium	1	0.00175					
7	Medium	1	0.00175					
8	Medium	1	0.00175					
9	Medium	1	0.0017					

- Mencari  $U\%$  dengan langkah sebagai berikut :

$$Cv_{\text{rata-rata}} = \frac{(\sum h)^2}{\left( \left( \frac{h_1}{\sqrt{Cv_1}} \right) + \left( \frac{h_2}{\sqrt{Cv_2}} \right) \right)^2}$$

$$= \frac{(9)^2}{\left( \left( \frac{8}{\sqrt{0.0018}} \right) + \left( \frac{1}{\sqrt{0.0017}} \right) \right)^2}$$

$$= 0.00174434 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$= 5.5047219 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

$$= 0.11468171 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$t = 3 \text{ bulan} = 12 \text{ minggu}$$

$$\text{Hdr} = 9 \text{ meter}$$

$$Tv = \frac{t}{Cv_{\text{rata-rata}} \times (\text{Hdr})^2}$$

$$= \frac{12}{0.11468171 \times (9)^2}$$

$$= 0.01699$$

Maka,

$$\begin{aligned}
 U &= 2 \times \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \times 100\% \\
 &= 2 \times \sqrt{\frac{0.01699}{\pi}} \times 100\% \\
 &= 14.708\%
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan U% untuk t = 3 bulan maka pemampatan akibat timbunan 8 meter selama 3 bulan adalah :

$$\begin{aligned}
 S_{C_{3\text{bulan}}} &= S_{C_{8\text{ meter timbunan}}} \times U\% \\
 &= 0.190 \times 14.708\% \\
 &= 0.028
 \end{aligned}$$

Hasil pemampatan akibat 3 bulan penimbunan selama 8 meter tiap kedalaman dihitung dengan cara yang sama seperti berikut :

**Tabel 5. 4** Perhitungan Sc Kumulatif selama 3 bulan

No	Kedalaman	Sc timbunan 8 m	U%	Sc 3 bulan timbunan 8 m	Sc kum 3 bulan timbunan 8 m
	(m)	(m)		(m)	(m)
1	0-1	0.190	14.708	0.028	0.028
2	1-2	0.155		0.023	0.051
3	2-3	0.136		0.020	0.071
4	3-4	0.111		0.016	0.087
5	4-5	0.101		0.015	0.102
6	5-6	0.093		0.014	0.116
7	6-7	0.087		0.013	0.128
8	7-8	0.081		0.012	0.140
9	8-9	0.076		0.011	0.151

Sehingga didapatkan hasil pemampatan yang telah terjadi selama 3 bulan adalah 0.151 m.

### 5.2.2 Besar Pemampatan Tanah Dasar Akibat Timbunan Tambahan 2 meter

Perencanaan tinggi timbunan Jalan Tol Surabaya-Mojokerto pada STA 15+350 adalah 10 meter. Sampai terjadinya kelongsoran penimbunan yang telah dilakukan adalah 8 meter. Sisa penimbunan yang belum dilakukan untuk mencapai H final adalah 2 meter.

Perhitungan pemampatan akibat penimbunan 2 meter ditujukan untuk mengetahui besar pemampatan tanah dasar akibat H final 10 meter setelah terjadinya kelongsoran (penimbunan 8 meter selama 3 bulan) dengan menggunakan parameter tanah baru setelah terjadi pemampatan selama 3 bulan seperti pada **Gambar 5.3**.

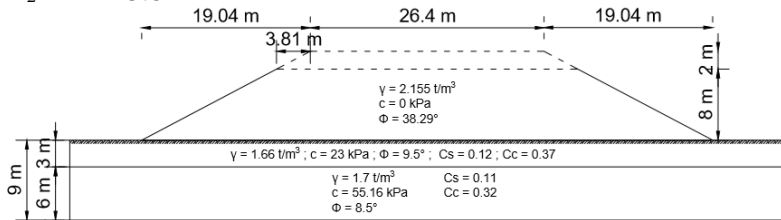
Data kondisi eksisting :

$$\gamma_{\text{timbunan}} = 2.155 \text{ t/m}^3$$

$$H_{\text{timbunan}} = 2 \text{ meter}$$

$$B_1 = 13.2 \text{ m}$$

$$B_2 = 3.81 \text{ m}$$



**Gambar 5. 3** Penampang Timbunan H Final 10 meter

Contoh perhitungan tegangan untuk kedalaman 0-1 m :

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

$$z = 8 + 0.5 = 8.5 \text{ meter}$$

$$q_0 = 4.32 \text{ t/m}^2$$

Tegangan overburden ( $\sigma_o'$ ):

$$\begin{aligned} \sigma_o' &= \gamma' \times z \\ &= (1.657-1) \times 8.5 = 5.585 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Tegangan prakonsolidasi ( $\sigma_c'$ ):

$$\sigma_c' = \sigma_o' + h_{\text{fluktuasi}} \times \gamma_{\text{air laut}}(\gamma_w)$$

$h_{\text{fluktuasi}}$  diasumsikan sebesar 1.5 m

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$\sigma_c' = 5.585 + (1.5 \times 1) = 7.085 \text{ t/m}^2$$

Distribusi tegangan ( $\Delta\sigma$ ):

Menghitung distribusi tegangan dengan menggunakan **Persamaan 2.24**:

$$B_1 = 13.2 \text{ m}$$

$$B_2 = 3.81 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{13.2+3.81}{8.5}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{13.2}{8.5}\right)$$

$$= 6.228$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{13.2}{8.5}\right)$$

$$= 57.221$$

$$\Delta\sigma_{1/2\text{timb}} = \frac{4.32}{\pi} \left[ \left( \frac{13.2+3.81}{3.81} \right) (6.228 + 57.221) - \left( \frac{13.2}{3.81 \times 57.221} \right) \right]$$

$$= 2.036 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta\sigma = 2 \times \Delta\sigma_{1/2\text{timb}}$$

$$= 2 \times 2.036$$

$$= 4.072$$

Setelah mendapatkan tegangan pada tanah dihitung pemampatan konsolidasi primer (*primary settlement*) yang terjadi menggunakan **Persamaan 2.27**. Karena tanah pada kondisi overconsolidated soil (OC-Soil) serta jumlah tegangan overburden efektif dan distribusi tegangan lebih besar dari tegangan prakonsolidasi maka :

$$S_c = \left[ \frac{H_i}{1+e_o} \left[ C_s \log \left( \frac{\sigma_{c'}}{\sigma_{o'}} \right) + C_c \log \left( \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_{c'}} \right) \right] \right]$$

$$= \left[ \frac{1}{1+1.36} \left[ 0.12 \log \left( \frac{7.098}{5.598} \right) + 0.37 \log \left( \frac{5.598+4.072}{7.098} \right) \right] \right]$$

$$= 0.027 \text{ m}$$

Hasil pemampatan tiap kedalaman diakumulasikan sehingga didapatkan hasil pemampatan akibat timbunan 2 meter adalah 0.184 m seperti pada **Lampiran 5.2**

### 5.2.3 Rate of Settlement Akibat Timbunan 8 meter dan Timbunan Tambahan 2 meter

Contoh perhitungan untuk kedalaman 0-1 m :

$S_c$  sisa pemampatan akibat timbunan 8 meter setelah kelongsoran didapatkan sebagai berikut :

$$S_c \text{ sisa} = S_c \text{ 8 meter timbunan} - S_c \text{ 8 meter selama 3 bulan}$$

$$= 0.190 \text{ meter} - 0.028 \text{ meter}$$

$$= 0.162 \text{ meter}$$

Hasil sisa pemampatan tiap kedalaman dilakukan dengan cara yang sama dan diakumulasikan untuk mendapatkan  $S_c$  kumulatif yang terjadi setelah kelongsoran ditabelkan sebagai berikut :

**Tabel 5. 5**  $S_c$  Akibat Timbunan 8 meter dan Timbunan Tambahan 2 meter

Sisa Pemampatan				
No	Kedalaman	Tebal Lapisan	$S_c$	
	(m)	(m)	H = 8 m (sisa dari 3 bln)	H = 2 m
1	0-1	1	0.162	0.027
2	1-2	1	0.132	0.025
3	2-3	1	0.116	0.024
4	3-4	1	0.095	0.020
5	4-5	1	0.086	0.019
6	5-6	1	0.080	0.018
7	6-7	1	0.074	0.017
8	7-8	1	0.069	0.017
9	8-9	1	0.065	0.016
Sc kumulatif setelah terjadi kelongsoran (m)			0.878	0.184

- Menentukan *Rate Of Settlement Per Tahun*

Dalam menentukan *rate of settlement* per tahun perlu dicari terlebih dahulu  $U\%$  per tahunnya. Disini perhitungan *rate of settlement* dihitung per 3 bulan sampai 5 tahun kedepan. Setelah didapatkan  $U\%$ ,  $S_c$  pada  $t=n$  akan diperoleh dengan mengalikan  $U\%$  dan  $S_c$  kumulatif setelah terjadi kelongsoran akibat timbunan 8 meter dan timbunan tambahan 2 meter. Contoh perhitungan untuk kedalaman  $S_c$  3 bulan setelah terjadi kelongsoran

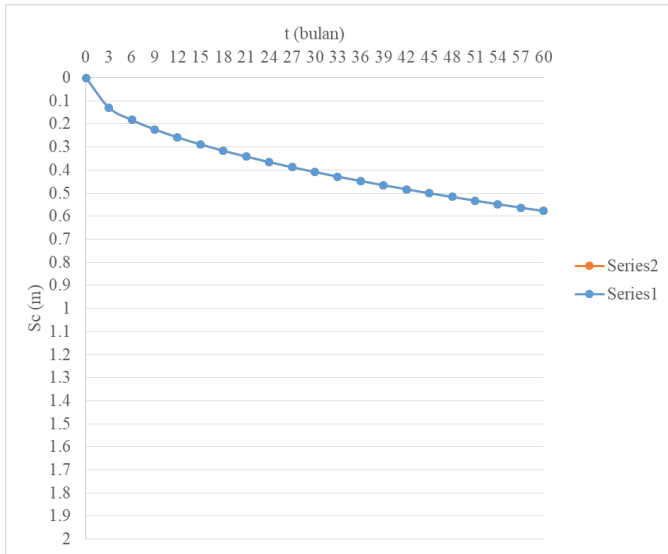
$$\begin{aligned}
 SC_{3\text{bulan}} &= U\%_{3\text{bulan}} \times SC_{\text{kumulatif setelah terjadi kelongsoran}} \\
 &= 14.708\% \times 0.878 \\
 &= 0.129 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Untuk memperoleh  $S_c$  6 bulan sampai dengan 5 tahun dilakukan dengan cara yang sama sehingga didapatkan sebagai berikut :

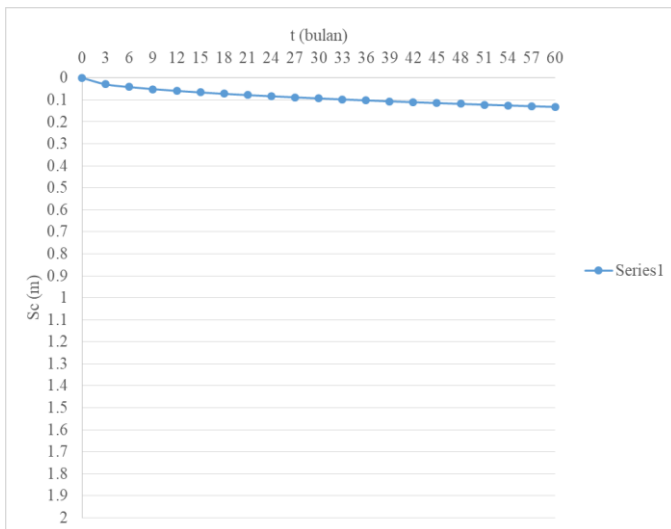


**Tabel 5. 6** *Rate Of Settlement per 3 bulan*

<b>t (bulan)</b>	<b>U%</b>	<b>Sc akibat timbunan 8 m (m)</b>	<b>Sc akibat tambahan timbunan 2 m (m)</b>	<b><math>\Delta H</math> (m)</b>	<b><math>\Delta H</math> (cm)</b>	<b>Rate of settlement (cm/tahun)</b>
0	0	0	0	0	0	
3	14.708	0.129	0.027	0.156	15.611	
6	20.800	0.183	0.038	0.221	22.077	
9	25.475	0.224	0.047	0.270	27.039	
12	29.416	0.258	0.054	0.312	31.222	31.222
15	32.888	0.289	0.060	0.349	34.908	
18	36.027	0.316	0.066	0.382	38.239	
21	38.913	0.342	0.071	0.413	41.303	
24	41.600	0.365	0.076	0.442	44.155	12.933
27	44.124	0.387	0.081	0.468	46.833	
30	46.510	0.408	0.085	0.494	49.367	
33	48.781	0.428	0.090	0.518	51.776	
36	50.950	0.447	0.094	0.541	54.079	9.924
39	53.030	0.466	0.097	0.563	56.287	
42	55.032	0.483	0.101	0.584	58.411	
45	56.963	0.500	0.105	0.605	60.462	
48	58.832	0.516	0.108	0.624	62.445	8.366
51	60.642	0.532	0.111	0.644	64.366	
54	62.400	0.548	0.115	0.662	66.232	
57	64.110	0.563	0.118	0.680	68.047	
60	65.776	0.577	0.121	0.698	69.815	7.371



**Gambar 5. 4** Grafik Waktu VS Settlement Akibat Timbunan 8 m



**Gambar 5. 5** Grafik Waktu VS Settlement Akibat Timbunan Tambahan 2 meter

Maka :

- *Rate of settlement* antara tahun ke-0 sampai tahun ke-1 = 31.222 cm/tahun
- *Rate of settlement* antara tahun ke-1 sampai tahun ke-2 =  $44.897 - 31.747 = 12.933$  cm/tahun
- *Rate of settlement* antara tahun ke-2 sampai tahun ke-3 =  $54.987 - 44.897 = 9.924$  cm/tahun
- *Rate of settlement* antara tahun ke-3 sampai tahun ke-4 =  $63.493 - 54.987 = 8.366$  cm/tahun
- *Rate of settlement* antara tahun ke-4 sampai tahun ke-5 =  $70.998 - 63.493 = 7.371$  cm/tahun

*Rate Of Settlement* terbesar terjadi pada tahun ke=0 sampai tahun ke-1.

*Rate of settlement* yang terjadi sampai tahun ke 5 > *rate settlement* ijin yaitu 1 cm/tahun (Manual Desain Perkerajaan Jalan (MDPJ) 2017).

Setelah mengetahui penyebab kelongsoran dan didapatkan *rate of settlement* per tahunnya sehingga dapat direncanakan perkuatan perkuatan terhadap tanah dasar dan tanah timbunan, mengingat sudah ada timbunan yang telah dipadatkan setinggi 8 meter maka perencanaan PVD tidak dapat dilakukan.

Dari **Subbab 5.1.1**, berdasarkan analisa stabilitas lereng diperoleh bahwa harga SF 0.887 s/d 1.157. Angka keamanan ini menunjukkan bahwa timbunan tersebut tidak stabil, dengan kata lain daya dukung tanah dibawah timbunan tidak mencukupi untuk menahan beban setinggi 8 meter sehingga terjadi kelongsoran.  $H_{cr}$  puncture yang didapatkan adalah 6 meter dengan SF = 1.014 > 1 dimana menunjukkan bahwa tanah dasar dalam kondisi kritis hanya mampu menahan beban timbunan setinggi 6 meter.

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN PERKUATAN STABILITAS TIMBUNAN**

#### **6.1 Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar akibat Timbunan Bertahap**

Dalam merencanakan perkuatan stabilitas timbunan terutama *geotextile* maupun *spunpile* yang membutuhkan penggalian terlebih dahulu mengingat sudah terdapat timbunan setinggi 8 meter. Ketika peletakan *geotextile* dan *spunpile* dilaksanakan maka timbunan bertahap pun dilaksanakan. Dalam hal ini perencanaan timbunan bertahap difokuskan untuk mencari perubahan parameter tanah dasar yaitu  $C_u$ . Perhitungan kenaikan daya dukung tanah dasar ( $C_u$ ) perlu dilakukan karena dengan adanya kenaikan tegangan yang diterima oleh tanah dasar akan menyebabkan terjadi kenaikan daya dukung tanah dasar. Untuk menghitung kenaikan tanah dasar perlu menghitung tegangan yang diterima oleh tanah dasar akibat timbunan per tahapnya. Perencanaan penimbunan bertahap yang dilakukan untuk mempermudah pelaksanaan metode pelaksanaan di lapangan, timbunan diletakan secara bertahap dengan kecepatan penimbunan sesuai yang direncanakan. Pada Tugas Akhir ini, penahapan timbunan dilakukan dengan menggunakan perencanaan kecepatan 0,5 m/minggu.

Jika,  $H_{\text{inisial}} = 10 \text{ m}$

Kecepatan tahapan penimbunan = 50 cm/minggu

Maka tahapan penimbunan yang dibutuhkan sebanyak

$$n = 10/0.5 = 20 \text{ tahap}$$

**Tabel 6. 1** Tahapan Penimbunan

Tahapan Penimbunan	Tahapan Penimbunan																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	0																			
	1																			
	2	1																		
	3	2	1																	
	4	3	2	1																
	5	4	3	2	1															
	6	5	4	3	2	1														
	7	6	5	4	3	2	1													
	8	7	6	5	4	3	2	1												
	9	8	7	6	5	4	3	2	1											
Minggu Ke -	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1										
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1									
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1								
	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1							
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1						
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1					
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Berikut adalah contoh perhitungan tegangan untuk kedalaman 0-1 m untuk timbunan tahap 1.

$$\text{Tinggi timbunan/tahap} = 0.5 \text{ m}$$

$$z = 0.5 \text{ m}$$

$$q = 0.5 \times 2.155$$

$$= 1.0775 \text{ t/m}^2$$

Tegangan overburden ( $\sigma_o'$ ) :

$$\sigma_o' = 0.329 \text{ m}$$

Distribusi tegangan akibat tahap 1 ( $\Delta\sigma_1$ ) ketika U= 100%

$$B_1 = 34.05 \text{ m}$$

$$B_2 = 0.95 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{34.05+0.95}{0.5}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{34.05}{0.95}\right)$$

$$= 0.023$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{34.05}{0.5}\right)$$

$$= 89.159$$

$$\Delta\sigma_{1/2\text{timb}} = \frac{1.0775}{\pi} \left[ \left( \frac{34.05+0.95}{0.95} \right) (0.023 + 89.159) - \left( \frac{34.05}{0.95 \times 89.159} \right) \right]$$

$$= 0.539 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta\sigma = 2 \times \Delta\sigma_{1/2\text{timb}}$$

$$= 2 \times 0.539$$

$$= 1.077 \text{ t/m}^2$$

Perubahan tegangan akibat tahap 1 ( $\sigma_1'$ ) ketika U = 100 % :

$$\begin{aligned}\sigma_n' &= \sigma_{n-1}' + \Delta\sigma_n' \\ \sigma_1' &= \sigma_0' + \Delta\sigma_1' \\ &= 0.329 + 1.077 = 1.406 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Harga  $\sigma_0'$ ,  $\sigma_1'$ ,  $\sigma_2'$ , dan seterusnya berbeda – beda untuk setiap kedalaman tanah. Hasil perhitungan perubahan tegangan ketika  $U = 100\%$  dapat dilihat pada **Lampiran 6.1**.

Perubahan tegangan akibat tahap 1 ( $\sigma_1'$ ) ketika  $U < 100\%$  dapat dilihat pada **Lampiran 6.2**

**Tabel 6. 2** Derajat Konsolidasi  $U < 100\%$

Tahapan Penimbunan	Umur Timbunan	Derajat Konsolidasi ( $U < 100\%$ )
0-0.5	20	18.988
0.5-1	19	18.507
1-1.5	18	18.013
1.5-2	17	17.506
2-2.5	16	16.983
2.5-3	15	16.444
3-3.5	14	15.886
3.5-4	13	15.308
4-4.5	12	14.708
4.5-5	11	14.082
5-5.5	10	13.426
5.5-6	9	12.737
6-6.5	8	12.009
6.5-7	7	11.233
7-7.5	6	10.400
7.5-8	5	9.494
8-8.5	4	8.492
8.5-9	3	7.354
9-9.5	2	6.004
9.5-10	1	4.246

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_1 &= \left[ \left( \frac{\sigma_1'}{\sigma_0'} \right)^{U_1} \times \sigma_0' \right] - \sigma_0' \\ &= \left[ \left( \frac{1.406}{0.329} \right)^{0.18988} \times 0.329 \right] - 0.329 \\ &= 0.104 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\sigma_1' = \sigma_0' + \Delta\sigma_1 = 0.329 + 0.104 = 0.433 \text{ t/m}^2$$

Setelah menghitung perubahan tegangan per minggu dapat dihitung kenaikan daya dukung tanah dasar ( $C_u$ ). Perhitungan

menggunakan **persamaan 2.34** karena nilai *Plasticity Index* (PI) pada tanah kurang dari 120%. Berikut adalah contoh perhitungan Cu baru di lapisan 1 pada STA 15+350.

$$\text{Cu baru} = 0.737 + [0.1899 - 0.0016 \text{ PI}] \sigma_p'$$

Tegangan menggunakan tegangan total yaitu  $0.287 \text{ kg/cm}^2$

$$\text{PI} = 39\%$$

$$\sigma_p' = 0.286 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cu baru} = 0.737 + [0.1899 - 0.0016 (39)] 0.286$$

$$= 0.110 \text{ kg/cm}^2 = 11.026 \text{ kN/m}^2$$

Hasil perhitungan Cu baru pada setiap kedalaman dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 6. 3** Perubahan Nilai Cu

Kedalaman	PI	Cu lama (kPa)	Cu baru (kg/cm <sup>2</sup> )	Cu baru (kN/m <sup>2</sup> )	Cu transisi (kN/m <sup>2</sup> )
0-1	39	22.97	0.110	11.026	17.000
1-2	39	22.97	0.119	11.945	17.460
2-3	39	22.97	0.128	12.816	17.895
3-4	39	22.97	0.139	13.904	18.439
4-5	45.5	55.50	0.142	14.203	34.850
5-6	45.5	55.50	0.150	15.033	35.265
6-7	45.5	55.50	0.159	15.859	35.678
7-8	45.5	55.50	0.167	16.682	36.089
8-9	45.5	55.50	0.175	17.502	36.500

Nilai Cu yang didapatkan digunakan untuk merencanakan *geotextile* dan *spunpile* dalam pemodelan pada XSTABL.

## 6.2 Hasil Analisa XSTABL

Setelah mendapatkan perubahan parameter tanah akibat timbunan 8 meter selama 3 bulan dan parameter Cu baru, akan dilakukan analisa dengan menggunakan program bantu XSTABL untuk mengetahui nilai SF (*Safety Factor*) pada STA 15+350. Nilai SF nantinya digunakan sebagai parameter untuk menghitung kebutuhan perkuatan timbunan. Dalam melakukan analisa pada XSTABL digunakan beberapa *initiaon - termination* untuk



mendapatkan SF terkecil dan R terdalam dimana nantinya akan didapatkan kondisi paling kritis untuk direncanakan perkuatan. Hasil analisa XSTABL yang telah direkapitulasi dapat dilihat pada **Tabel 6.4** dan **Lampiran 6.1**

**Tabel 6. 4** Hasil Analisa XSTABL STA 15+350 untuk Beberapa Initiation-Termination

Tanpa Beban									
No	Initiation	Termination	SF	x	y	R	Initial x	Terminal x	M
				m	m	m	m	m	kN.m
1	0-10	29-42	1.173	17.59	19.71	14.53	7.78	32.1	1.633.E+04
			1.218	13.7	27.17	22.1	1.11	34.23	3.032.E+04
2	2-10	29-40	1.182	17.93	19.59	14.37	8.22	32.28	1.623.E+04
			1.184	16.86	26.41	21.26	4.67	36.78	3.111.E+04
3	4-10	29-38	1.176	18.95	22.26	17.19	8	35.82	2.314.E+04
			1.204	17.99	26.63	21.32	6	37.89	3.202.E+04
4	6-10	29-36	1.162	18.09	22.96	17.9	6.89	35.53	2.411.E+04
			1.217	17.95	24.51	18.8	7.33	35.92	2.558.E+04
5	5-10	29-34	1.16	16.87	22.38	17.17	6.11	33.69	2.137.E+04
6	6-8	31-36	1.164	18.16	22.1	16.99	7.33	34.86	2.208.E+04
7	4-8	31-38	1.16	17.2	19.86	14.82	7.11	31.98	1.674.E+04
			1.188	16.97	25.58	20.25	5.33	36.11	2.854.E+04
8	2-8	31-40	1.166	15.93	22.13	16.87	5.33	32.5	1.988.E+04
			1.2	14.83	26.52	21.33	2.67	34.78	2.938.E+04
9	0-8	31-42	1.162	15.51	22.76	17.66	4.44	32.76	2.142.E+04
			1.242	18.3	31.14	26.12	4.44	41.42	4.561.E+04
10	3-7	33-37	1.148	16.51	21.75	16.74	5.67	33.01	2.031.E+04
			1.196	16.63	27.11	21.89	4.33	36.96	3.244.E+04

### 6.3 Perencanaan Geotextile sebagai Perkuatan Timbunan

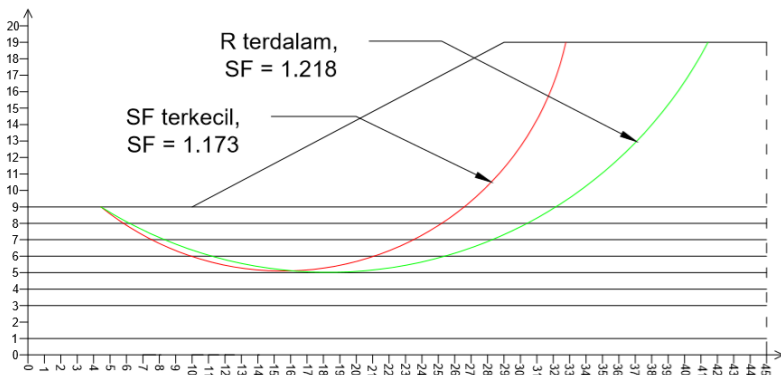
*Geotextile* digunakan sebagai material perkuatan stabilitas timbunan untuk mencegah terjadinya longsor. Dari hasil analisa dengan menggunakan program bantu XSTABL akan didapatkan nilai *Safety Factor* (SF) dari masing-masing *initiation – termination* pada STA 15+350. Pada perencanaan *geotextile* kali ini menggunakan *initiation – termination* 9 pada kondisi R terdalam dimana kondisi tersebut adalah kondisi paling kritis. Sebelum menentukan perencanaan menggunakan *initiation – termination* 9, perencanaan pada semua *initiation – termination* baik SF terkecil dan R terdalam juga harus dilakukan. Rekapitulasi

hasil perhitungan panjang *geotextile* untuk semua *initiation - termination* dapat dilihat pada **Lampiran 6.7**

**Tabel 6. 5** Hasil Analisa XSTABL *Initiation - Termination 9*

Initiation - Termination 9								
Initiation	Termination	FOS	Circle	Center	Radius	Initial	Terminal	Resisting
		BISHOP	x-cord	y-coord		x-coord	x-coord	Moment
				m	m	m	m	m
0-8	31-42	1.162	15.51	22.76	17.66	4.44	32.76	21420
		1.242	18.3	31.14	26.12	4.44	41.42	45610

### Initiation - Termination 9



**Gambar 6. 1** Bidang Kelongsoran *Initiation - Termination 9*

- Koordinat dasar timbunan :  
 $x_z = 10$   
 $y_z = 9$
- Koordinat pusat bidang longsor :  
 $x_o = 18.3$   
 $y_o = 31.14$
- Koordinat dasar bidang longsor :  
 $x_C = 18.3$   
 $y_C = 5.02$
- Koordinat batas longsor :  
 $x_A = 4.44$   
 $y_A = 9$   
 $x_B = 32.16$   
 $y_B = 9$

Langkah pertama yaitu mencari nilai besar keperluan peningkatan momen perlawanan ( $\Delta M_R$ ) untuk mencapai SF yang direncanakan.  $M_{\text{dorong}}$  yang terjadi dari analisa program XSTABL digunakan dalam perhitungan ini. Perhitungan ( $\Delta M_R$ ) menggunakan **persamaan 2.36**.

$$\begin{aligned} \text{SF bishop} &= 1.242 \\ M_{\text{dorong}} &= M_{\text{resisting}} / \text{SF bishop} \\ &= 45610 \text{ kN.m} / 1.242 \\ &= 36723.027 \text{ kN.m} \\ M_{\text{rencana}} &= \text{SF}_{\text{rencana}} \times M_{\text{dorong}} \\ &= 1.5 \times 36723.027 \text{ kN.m} \\ &= 55084.5 \text{ kN.m} \\ \Delta M_R &= M_{\text{rencana}} - M_{\text{resisting}} \\ &= 55084.5 \text{ kN.m} - 45610 \text{ kN.m} \\ &= 9474.54 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai  $\Delta M_R$  dilakukan perhitungan besar kekuatan *geotextile* yang diizinkan ( $T_{\text{allow}}$ ) dengan menggunakan **Persamaan 2.37**. Setelah menghitung kuat izin dilanjutkan perhitungan kebutuhan jumlah *geotextile* dengan menghitung momen penahan tambahan yang diberikan oleh *geotextile* hingga nilai momen penahan kumulatif lebih dari nilai  $\Delta M_R$  dan dilanjutkan dengan menghitung kebutuhan panjang *geotextile* dibelakang bidang longsor ( $L_e$ ), panjang *geotextile* didepan bidang longsor ( $L_d$ ), dan panjang lipatan *geotextile* ( $L_o$ ) menggunakan **Persamaan 2.38, 2.39 dan 2.40**. Pada perencanaan Tugas Akhir ini direncanakan jarak pemasangan *geotextile* ( $S_v$ ) sebesar 25 cm.

$$T = 52 \text{ kNm (Geotextile UW-250)}$$

$$\text{FSid} = 1.5$$

$$\text{FScr} = 2.45$$

$$\text{FScd} = 1.25$$

$$\text{FSbd} = 1.15$$

Didapatkan,

$$T_{\text{all}} = \frac{T}{\text{FSid} \times \text{FScr} \times \text{FScd} \times \text{FSbd}}$$

$$= \frac{52 \times 2}{1.5 \times 2.45 \times 1.25 \times 1.15}, \text{ direncanakan 2 lapis}$$

$$= 19.687 \text{ kN}$$

Data perencanaan :

$$\gamma_{\text{timbunan}} = 21.55 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi_{\text{timbunan}} = 38.29^\circ$$

$$C_{u_{\text{timbunan}}} = 0 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{\text{tanah dasar}} = 16.57 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi_{\text{tanah dasar}} = 9.5^\circ$$

$$C_{u_{\text{tanah dasar}}} = 22.97 \text{ kN/m}^2$$

$$E \text{ (efisiensi)} = 0.8$$

Dari data – data diatas panjang *geotextile* di belakang bidang longsor untuk lapis pertama dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \tau_1 &= C_{u_{\text{timbunan}}} + \sigma_v \tan \phi \\ &= C_{u_{\text{timbunan}}} + (\gamma_{\text{tanah dasar}} \times H_i) \tan \phi \\ &= 0 + (21.55 \times 10) \tan 38.29^\circ \\ &= 170.131 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_2 &= C_{u_{\text{tanah dasar}}} + \sigma_v \tan \phi \\ &= C_{u_{\text{tanah dasar}}} + (\gamma_{\text{tanah dasar}} \times H_i) \tan \phi \\ &= 0 + (16.57 \times 10) \tan 9.5^\circ \\ &= 50.695 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka, panjang *geotextile* dibelakang bidang longsor :

$$\begin{aligned} L_e &= \frac{T_{\text{all}} \times F_s}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \\ &= \frac{19.687 \times 1.5}{(170.131 + 50.695) \times 0.8} \\ &= 0.167 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_e \text{ pakai} = 1 \text{ m}$$

Sedangkan kebutuhan *geotextile* dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} T_i &= y_o - y_z \\ &= 31.14 - 9 \\ &= 22.14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{geotextile}} &= T_{\text{allow}} \times T_i \\ &= 16.077 \times 22.14 \\ &= 435.859 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

dengan bantuan tabel pada **Lampiran 6.4** diperoleh :

jumlah *geotextile* = 26 lapis x 2, untuk dapat menghasilkan

$$\Sigma M > \Delta M_R$$

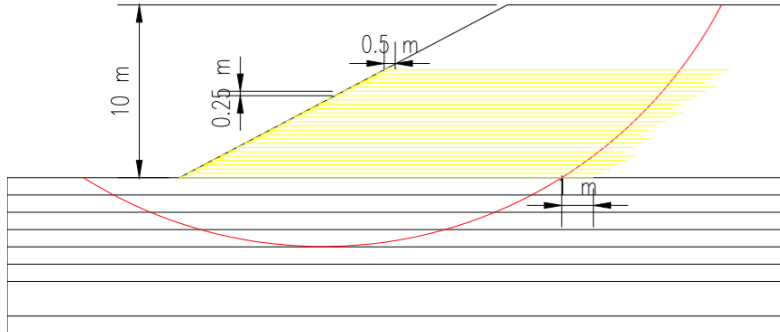
$$9732.8 \text{ kNm} > 9474.54 \text{ kN m} \rightarrow \text{OK}$$

Setelah mendapatkan panjang *geotextile* dibelakang bidang longsor dan kebutuhan *geotextile*, selanjutnya menghitung panjang *geotextile* didepan bidang longsor ( $L_d$ ) dan panjang lipatan ( $L_o$ )

**Tabel 6. 6** Rekapitulasi Panjang *Geotextile*

Panjang Total Geotextile					
Jumlah	1 sisi				
n	Le (m)	Ld (m)	Lo (m)	Ltotal (m)	Lpakai (m)
1	1	22.16	0.5	23.66	24
2	1	21.685	0.5	23.185	24
3	1	22.21	0.5	23.71	24
4	1	21.685	0.5	23.185	24
5	1	22.21	0.5	23.71	24
6	1	21.685	0.5	23.185	24
7	1	21.21	0.5	22.71	23
8	1	20.685	0.5	22.185	23
9	1	21.21	0.5	22.71	23
10	1	20.685	0.5	22.185	23
11	1	20.21	0.5	21.71	22
12	1	19.685	0.5	21.185	22
13	1	20.21	0.5	21.71	22
14	1	19.685	0.5	21.185	22
15	1	20.21	0.5	21.71	22
16	1	19.685	0.5	21.185	22
17	1	19.21	0.5	20.71	21
18	1	18.685	0.5	20.185	21
19	1	19.21	0.5	20.71	21
20	1	18.685	0.5	20.185	21
21	1	19.21	0.5	20.71	21
22	1	18.685	0.5	20.185	21
23	1	18.21	0.5	19.71	20
24	1	17.685	0.5	19.185	20
25	1	18.21	0.5	19.71	20
26	1	17.685	0.5	19.185	20

Perhitungan  $L_d$  dan  $L_o$  secara detail dapat dilihat pada **Lampiran 6.5** dan **Lampiran 6.6** dapat digambarkan pemasangan *geotextile* sebagai berikut.



**Gambar 6. 2** Sketsa Pemasangan *Geotextile*

#### 6.4 Perencanaan *Spunpile*

Perencanaan penggunaan *spunpile* dimaksudkan untuk menaikkan tahanan geser tanah. Bila tahanan geser tanah meningkat, maka daya dukung tanah akan meningkat, jadi penggunaan *spunpile* bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Dalam Tugas Akhir ini direncanakan perkuatan *spunpile* menggunakan *spunpile* diameter 300 mm jenis *class C* dengan spesifikasi yang terdapat pada **Tabel 6.7**.

**Tabel 6. 7 Spesifikasi Spunpile**  
(sumber : Wijaya Karya Prestressed Concrete Standard)

**PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES**

**PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION**  
Concrete Compressive Strength  $f_c' = 52 \text{ MPa}$  (Cube  $800 \text{ kg/cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack* (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
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	41.56	6-14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6-15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6-13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6-14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6-15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6-16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6-14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6-15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6-16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6-17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6-14
					A2	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
500	90	1,159.25	255,324.30	290	C	12.50	25.00	134.90	100.45	6-18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6-15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6-16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6-17
600	100	1,570.80	510,508.81	393	B	15.00	27.00	174.90	94.13	6-18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6-19
					A1	17.00	25.50	252.20	70.52	6-16
					A2	19.00	28.50	249.20	77.68	6-17
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6-18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6-19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6-20
					A1	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
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6-24
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	75.00	112.00	613.52	169.81	6-22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6-23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6-24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6-24
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	C	120.00	240.00	555.23	385.70	6-24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6-24
					A2	130.00	195.00	794.50	232.10	6-24
					A3	145.00	217.50	778.80	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 5325-1987 (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

Dari hasil analisa dengan menggunakan program bantu XSTABL akan didapatkan nilai *Safety Factor* (SF) dari masing-masing initiation-termination pada STA 15+350. Pada perencanaan *spunpile* kali ini menggunakan *initiation – termination* 2 pada kondisi R terdalam dimana kondisi tersebut

adalah kondisi paling kritis. Sebelum menentukan perencanaan menggunakan *initiation – termination 2*, perencanaan pada semua *initiation – termination* baik SF terkecil dan R terdalam juga harus dilakukan. Rekapitulasi hasil perhitungan panjang *spunpile* untuk semua *initiation – termination* dapat dilihat pada **Lampiran 6.8**

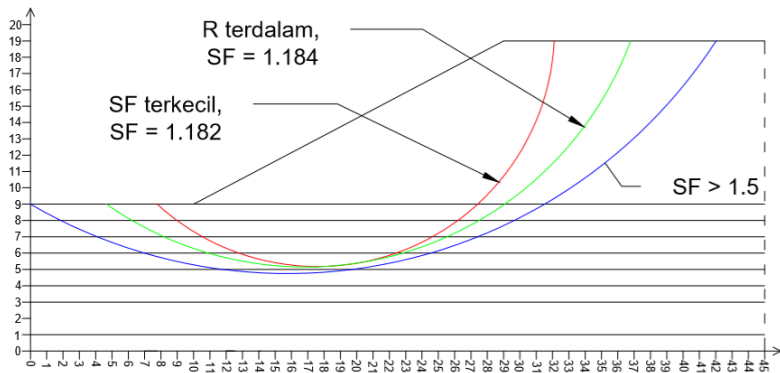
**Tabel 6. 8** Hasil Analisa XSTABL Initiation - Termination 4

Initiation	Termination	FOS	Circle	Center	Radius	Initial	Terminal	Resisting
		BISHOP	x-coord	y-coord		x-coord	x-coord	Moment
		m	m	m	m	m	kNm	
2-10	29-40	1.182	17.59	19.71	14.53	7.78	32.1	16330
		1.184	16.86	26.41	21.26	4.67	36.78	31110

**Tabel 6. 9** Hasil Analisa XSTABL Initiation - Termination 4  
SF>1.2

untuk SF > 1.5								
Initiation	Termination	FOS	Circle	Center	Radius	Initial	Terminal	Resisting
		BISHOP	x-coord	y-coord		x-coord	x-coord	Moment
		m	m	m	m	m	kNm	
0-0	42-42	1.58	15.75	36.08	31.33	0	42	7.325.E+04

### Initiation - Termination 2



**Gambar 6. 3** Bidang Kelongsoran *Initiation - Termination 2*

Untuk SF > 1.5

- Koordinat dasar timbunan :  
 $x_z = 10$   
 $y_z = 9$
- Koordinat pusat bidang longsor :  
 $x_{o'} = 15.75$   
 $y_{o'} = 36.08$



- Koordinat dasar bidang longsor :

$$x_D = 15.75$$

$$y_D = 4.75$$

Direncanakan perkuatan *spunpile* dengan spesifikasi :

$$d_{\text{luar}} = 300 \text{ mm}$$

$$d_{\text{dalam}} = 180 \text{ mm}$$

$$M_{\text{crack}} = 4 \text{ t.m} = 40 \text{ kN.m}$$

$$T_{\text{allow}} = 654 \text{ kN}$$

$$f'_c = 52 \text{ Mpa}$$

$$E = 4700 \sqrt{f'_c}$$

$$= 4700 \sqrt{52}$$

$$= 33892 \text{ Mpa}$$

$$= 332482 \text{ kg/cm}^2$$

Langkah pertama adalah menentukan momen inersia dari spesifikasi *spunpile*

$$I = \frac{\pi}{64} \times (d_{\text{luar}}^2 - d_{\text{dalam}}^2)$$

$$= \frac{\pi}{64} \times (300^2 - 180^2)$$

$$= 346077847 \text{ mm}^4$$

$$= 34607.7847 \text{ cm}^4$$

Dalam penentuan panjang *spunpile* (L) menggunakan koordinat yang sudah diketahui :

$$L_a \text{ diatas bidang longsor} = \text{Koordinat } (y_z - y_c)$$

$$= 9 - 5.15$$

$$= 3.85 \text{ meter}$$

$$L_b \text{ diatas bidang longsor} = \text{Koordinat } (y_c - y_D)$$

$$= 5.15 - 4.75$$

$$= 0.4 \text{ meter}$$

$$\text{Didapatkan, L total} = L_a + L_b$$

$$= 3.85 + 0.4$$

$$= 4.25 \text{ m}$$

Sedangkan produksi *spunpile* dengan spesifikasi tersebut memiliki panjang minimal 6 meter. Sehingga, digunakan L = 6 meter.

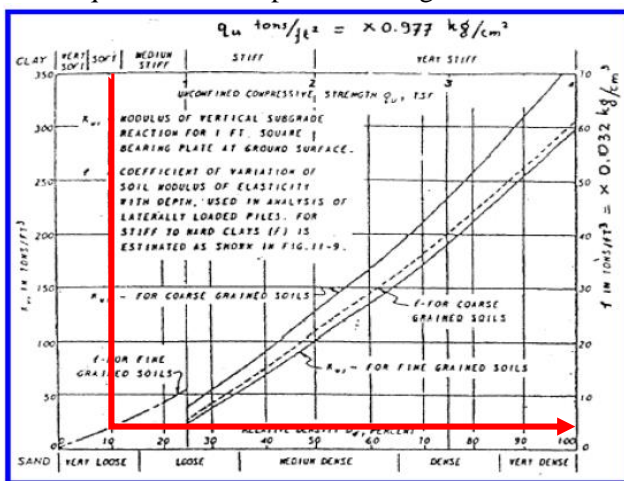
Untuk menentukan banyaknya *spunpile* yang dibutuhkan hal yang pertama dilakukan adalah menghitung faktor kekuatan relatif dengan **Persamaan 2.42**, setelah mendapatkan nilai T dilanjutkan dengan menghitung gaya horizontal yang dapat ditahan oleh satu tiang dengan menggunakan **Persamaan 2.41**.

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

f didapatkan dengan langkah berikut :

$$\begin{aligned} q_u &= 2 \times C_{u \text{ tanah dasar}} \\ &= 2 \times 23 \text{ kN/m}^2 \\ &= 46 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0.46 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

dengan nilai  $q_u$  maka  $f$  bisa diperoleh dari grafik berikut.



Sehingga didapatkan nilai  $f = 4.5 \times 0.033 = 0.144 \text{ kg/cm}^3$

$$\begin{aligned} T &= \left( \frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \\ &= \left( \frac{332482 \times 34607.785}{0.144} \right)^{\frac{1}{5}} \\ &= 151.536 \text{ cm} \\ &= 0.152 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{M_u}{F_m \times T} = \frac{\varphi M_n}{F_m \times T} \\
 &= \frac{0.8 \times 40 \text{ kN.m}}{1 \times 0.152 \text{ m}} \\
 &= 21.117 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

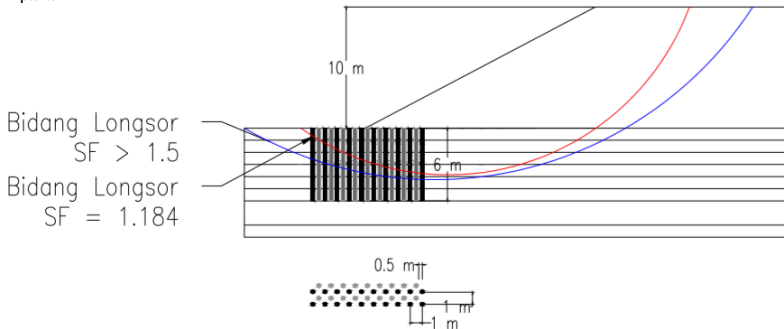
Setelah mendapatkan nilai faktor kekuatan relatif dan gaya horizontal yang dapat ditahan oleh satu *spunpile*, langkah selanjutnya yaitu menghitung jumlah *spunpile* yang dibutuhkan dengan menggunakan **Persamaan 2.49**.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{SF rencana} - \text{SF resisting}}{P \times R} \times \text{Mdorong} \\
 &= \frac{1.5 - 1.184}{21.117 \times 21.26} \times 26275.338 \text{ kNm} \\
 &= 18.494 \text{ buah} \\
 &= 19 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan jarak antar *spunpile* :

$$\begin{aligned}
 s &= \frac{x_B - x_A}{\frac{n+2}{29.06 - 4.67}} \\
 &= \frac{19+2}{29.06 - 4.67} \\
 &= 1.161 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$s_{\text{pakai}} = 1 \text{ m}$$



**Gambar 6. 4** Sketsa Pemasangan *Spunpile*

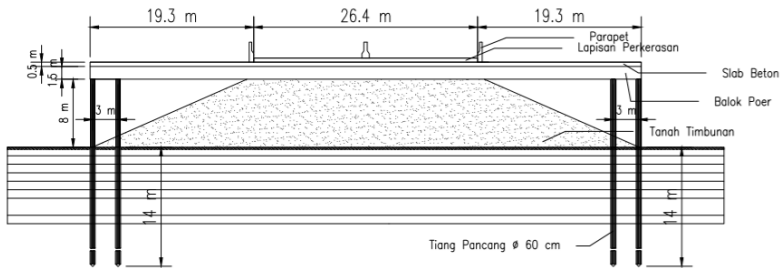
## 6.5 Perencanaan *Slab On Piles*

### 6.5.1 Data Perencanaan

Dalam perencanaan *slab on piles* pada jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 – STA 15+350, direncanakan spesifikasi jalan sebagai berikut :

- Panjang jalan total = 850 m
- Lebar jalan total = 26.4 m
- Lebar perencanaan jalan tol = 65 m
- Lebar jalan yang terbagi dua arah = 13.2 m
- Tebal lapisan perkerasan yang direncanakan = 0.5 m
- Tinggi genangan air hujan = 0.03 m
- Tinggi parapet = 1.1 m
- Berat jenis beton = 2.4 t/m<sup>3</sup>
- Berat jenis perkerasan *rigid* = 2.4 t/m<sup>3</sup>
- Berat jenis air = 1 ton/m<sup>3</sup>

Berikut ini potongan melintang rencana *slab on piles* STA 14+500 – STA 15+350.



**Gambar 6. 5** Rencana Desain *Slab on Piles*

### 6.5.2 Data Tanah Dasar

Dalam perencanaan *slab on piles* pada jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 – STA 15+350 menggunakan data dasar setelah terjadi kelongsoran dimana kondisinya telah mengalami perubahan parameter tanah akibat 8 meter timbunan setelah 3 bulan dapat dilihat pada **BAB IV**.

### 6.5.3 Data Spesifikasi Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan dalam perencanaan *slab on piles* pada jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 – STA 15+350 ini adalah tiang pancang bulat berongga *concrete prestressed* produksi milik PT. Wijaya Karya KELAS A1 mengikuti standar JIS A 5335-1985. Direncanakan diameter tiang

pancang yaitu diameter 60 cm dengan kuat tekan beton  $f'c$  52 MPa. Adapun spesifikasi dari tiang pancang beton ini adalah sebagai berikut :

- Diameter Tiang Pancang = 600 mm
- Tebal = 100 mm
- Momen Inersia = 3293763548 mm<sup>4</sup>
- *Area of concrete* = 1571 cm<sup>2</sup>
- *Allowable axial* = 252.7 ton
- *Bending moment crack* = 17 tm
- *Bending moment ultimate* = 25.5 tm

### 6.5.4 Preliminary Design

- **Penentuan Jarak Antar Tiang Pancang**

Pada perencanaan jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 – STA 15+350 digunakan alternatif *slab on piles* akan tetapi dalam perencanaan ini ditinjau perencanaan yang aman, kuat tetapi ekonomis dan efisien. Maka untuk perencanaan struktur *slab on piles* ini ditentukan jarak antar tiang pancangnya sehingga akan didapatkan jarak yang paling cocok, ekonomis, dan efisien serta sesuai dengan perencanaan jalan tol Surabaya – Mojokerto STA 14+500 – STA 15+350 yaitu dengan jarak memanjang adalah 4 meter dan jarak melintang adalah 3 meter seperti pada **Gambar 6.6** dan **Gambar 6.7**.

- **Panjang Jepitan Kritis Tanah**

Untuk tanah yang berkoheesi seperti kondisi tanah dasar pada perencanaan konstruksi *slab on piles* ini, maka diperhitungkan panjang jepitan kritis tanah dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 D_{\min} &= 3 \times \text{diameter tiang} \\
 &= 3 \times 0.6 \text{ m} \\
 &= 1.8 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

- **Penentuan Letak Titik Jepit Terhadap Tiang Pondasi**

Adapun perhitungan letak titik jepit tiang seperti di bawah ini :

$$\begin{aligned}
 E_c &= 4700 \sqrt{f'_c} \\
 &= 4700 \sqrt{52} \\
 &= 33892.182 \text{ MPa} \\
 &= 33892182 \text{ kPa} \\
 Z_f &= 1.8 \text{ T} \\
 T &= \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}, \text{ untuk tanah } \textit{normally consolidated clay} \text{ dan } \\
 &\textit{granular soil} \text{ maka nilai } n_h \text{ diambil } 350 \text{ s/d } 700 \text{ kN/m}^3 \\
 T &= \sqrt[5]{\frac{3.389218 \times 10^5 \times 3293763548 \times 10^{-4}}{0.35}} \\
 &= 199.869 \text{ cm} \\
 \text{maka, } Z_f &= 1.8 \text{ T} \\
 &= 1.8 \times 199.869 \\
 &= 359.764 \text{ cm} \\
 &= 3.598 \text{ m} \\
 &= 4 \text{ m} > D_{\min} = 1.8 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- **Penentuan Tebal Pelat Lantai Kendaraan**

Dalam menentukan tebal pelat yang dipakai maka harus direncanakan dan dihitung dahulu seperti dibawah ini :

- Jarak melintang =  $5D = 5 \times 0.6 \text{ m} = 3 \text{ meter}$
- Jarak memanjang =  $4 \text{ meter}$

Maka,

$$t_s > 200 \text{ mm}$$

$$t_s \geq 100 + 0.04 L$$

$$t_s \geq 100 + (0.04 \times 3000)$$

$$t_s \geq 220$$

Sehingga, direncanakan tebal pelat lantai kendaraan yaitu 500 mm.

### 6.5.5 Perhitungan Pembebanan Bangunan Atas

Pada perhitungan pembebanan bangunan atas *slab on piles* yang direncanakan beban yang digunakan yaitu beban mati, beban mati tambahan, dan beban hidup "T". Adapun faktor beban yang

digunakan dalam perhitungan pembebanan mengacu pada RSNI T 03-2005.

**a. Beban Mati (MS)**

Beban mati terdiri dari beban pelat kendaraan, beban parapet.

1. Beban pelat lantai kendaraan

Pelat lantai kendaraan direncanakan dengan tebal 0.5 m, lebar 65 m, dan panjang 850 m. Mutu beton yang digunakan yaitu  $f'c$  35 MPa. Perhitungan berat pelat lantai kendaraan yang dipikul yaitu :

$$\begin{aligned} A &= \text{tebal} \times \text{lebar} \\ &= 0.5 \text{ m} \times 65 \text{ m} \\ &= 32.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{pelat lantai}} &= K_{MS}^U \times \gamma_{\text{beton}} \times A \\ &= 1.3 \times 2.4 \text{ t/m}^3 \times 32.5 \text{ m}^2 \\ &= 101.4 \text{ t/m} \end{aligned}$$

2. Berat parapet

Parapet yang digunakan tipe *precast* yang langsung dipasang dengan tebal 1.1 m, lebar 0.45 m, dan panjang 1 m. Untuk pemasangannya diletakkan dikedua sisi kiri kanan jalan. Perhitungan berat 1 parapet yang dipikul yaitu :

$$\begin{aligned} A &= \text{tebal} \times \text{lebar} \\ &= 1.1 \text{ m} \times 0.45 \text{ m} \\ &= 0.495 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{parapet}} &= K_{MS}^U \times \gamma_{\text{beton}} \times A \\ &= 1.3 \times 2.4 \text{ t/m}^3 \times 0.495 \text{ m}^2 \\ &= 1.426 \text{ t/m} \end{aligned}$$

**b. Beban Mati Tambahan (MA)**

Beban mati tambahan terdiri dari beban lapisan perkerasan, beban air hujan.

1. Beban lapisan perkerasan

Lapisan perkerasan adalah *rigid pavement* dengan tebal 0.5 m, lebar 26.4 m, dan panjang 850 m. Berat jenis *rigid pavement* yang digunakan yaitu 2.4 t/m<sup>3</sup>. Perhitungan berat lapisan perkerasan yang dipikul yaitu :

$$\begin{aligned}
 A &= \text{tebal} \times \text{lebar} \\
 &= 0.5 \text{ m} \times 26.4 \text{ m} \\
 &= 13.2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{lapisan perkerasan}} &= K_{\text{MS}}^U \times \gamma_{\text{beton}} \times A \\
 &= 1.3 \times 2.4 \text{ t/m}^3 \times 13.2 \text{ m}^2 \\
 &= 41.184 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

## 2. Beban air hujan

Beban genangan air hujan dengan tinggi 0.03 m yang apabila saluran drainase tidak berfungsi dengan baik. Berat jenis air hujan ini senilai 1 t/m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned}
 A &= \text{tebal} \times \text{lebar} \\
 &= 0.03 \text{ m} \times 65 \text{ m} \\
 &= 1.95 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{air hujan}} &= K_{\text{MS}}^U \times \gamma_{\text{hujan}} \times A \\
 &= 1.3 \times 1 \text{ t/m}^3 \times 1.95 \text{ m}^2 \\
 &= 2.535 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

### c. **Beban Hidup (T)**

Beban Hidup yang direncanakan untuk pelat lantai kendaraan hanya menerima beban truk "T" sesuai dengan RSNI T 02 – 2005 pasal 6.1

$$T = 112.5 \text{ kN} = 11.25 \text{ ton}$$

$$\text{FBD} = 0.3$$

$$\begin{aligned}
 T_u &= T \times (1 + \text{FBD}) \times K_{\text{TT}}^U \\
 &= 11.25 \text{ ton} \times (1 + 0.3) \times 1.8 \\
 &= 26.325 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

## 6.5.6 Perhitungan Pembebanan Bangunan Bawah

Pada perhitungan pembebanan bangunan bawah *slab on piles* yang direncanakan beban yang digunakan yaitu beban mati, beban angin, dan beban gempa. Adapun faktor beban yang digunakan dalam perhitungan pembebanan mengacu pada RSNI T 03-2005.

### a. **Beban Mati**

Beban Mati terdiri dari beban poer dan beban tiang pancang.

#### 1. Beban poer



Poer yang direncanakan dengan tebal 1.5 m, lebar 1.2 m, dan panjang 65 m. Mutu beton yang digunakan yaitu  $f'c$  35 MPa. Perhitungan berat poer yang dipikul yaitu :

$$\begin{aligned} A &= \text{tebal} \times \text{lebar} \\ &= 1.5 \text{ m} \times 1.2 \text{ m} \\ &= 1.8 \text{ m}^2 \\ W_{\text{poer}} &= K_{MS}^U \times \gamma_{\text{beton}} \times A \\ &= 1.3 \times 1 \text{ t/m}^3 \times 1.8 \text{ m}^2 \\ &= 5.616 \text{ t/m} \end{aligned}$$

## 2. Beban tiang pancang

Tiang pancang yang digunakan tipe tiang pancang bulat berongga produksi milik PT. Wijaya Karya dengan tebal diameter tiang pancang yang digunakan 0.6 m dan panjang tiang 9.5 m. Mutu beton yang dipakai yaitu  $f'c$  52 MPa. Perhitungan berat 1 tiang pancang yang dipikul yaitu :

$$\begin{aligned} A &= \pi r^2 \\ &= \pi (0.3 \text{ m})^2 \\ &= 0.283 \text{ m}^2 \\ W_{\text{tiang pancang}} &= K_{MS}^U \times \gamma_{\text{beton}} \times A \\ &= 1.3 \times 1 \text{ t/m}^3 \times 0.283 \text{ m}^2 \\ &= 0.882 \text{ t/m} \end{aligned}$$

### b. Beban Angin ( $T_{EW}$ )

#### 1. Beban angin arah (x) memanjang *slab on piles*

Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai akibat angin yang meniup kendaraan di atasnya. Koefisien seret ( $C_w$ ) didapat 1.2 dan kecepatan angin rencana didapat 35 m/dt.

$$\begin{aligned} \text{Panjang bentang (L)} &= 4 \text{ m} \\ \text{Tinggi bidang samping atas (H}_a\text{)} &= 1.4 \text{ m} \\ \text{Tinggi bidang samping kendaraan (H}_k\text{)} &= 2 \text{ m} \\ \text{Luas bidang samping struktur atas (A}_{b1}\text{)} \\ A_{b1} &= L \times (H_a + H_k) \\ &= 4 \text{ m} \times (1.4 \text{ m} + 2 \text{ m}) \\ &= 13.6 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Beban angin pada struktur atas ( $T_{EW1}$ )

$$\begin{aligned}
 T_{EW1} &= 0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_{b1} \\
 &= 0.0012 \times 1.2 \times (35 \text{ m/dt})^2 \times 13.6 \text{ m}^2 \\
 &= 23.99 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Beban angin yang meniup pada struktur bawah akan dihitung dengan rumus yang berbeda seperti dibawah ini.

$$T_{EW} = 0.0006 C_w (V_w)^2 A_b$$

Koefisien seret ( $C_w$ ) didapat 1.2 dan kecepatan angin rencana didapat 35 m/dt.

Luas bidang samping struktur atas ( $A_{b1}$ )

$$\begin{aligned}
 A_{b2} &= ((b_{poer} \times h_{poer}) \times 2) \\
 &= ((65 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}) \times 2) \\
 &= 195 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{b2} &= ((D_{tiang} \times h_{tiang}) \times 2) \\
 &= ((0.6 \text{ m} \times 9.5 \text{ m}) \times 2) \\
 &= 11.4 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{b \text{ total}} = 195 + 11.4 = 206.4 \text{ m}^2$$

Beban angin pada struktur bawah ( $T_{EW2}$ )

$$\begin{aligned}
 T_{EW2} &= 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_{b2} \\
 &= 0.0006 \times 1.2 \times (35 \text{ m/dt})^2 \times 206.4 \text{ m}^2 \\
 &= 182.045 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Total gaya akibat beban angin ( $T_{EW}$ )

$$\begin{aligned}
 T_{EW} &= T_{EW1} + T_{EW2} \\
 &= 23.99 \text{ kN} + 182.045 \text{ kN} \\
 &= 206.035 \text{ kN} \\
 &= 20.603 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

## 2. Beban angin arah (y) melintang *slab on piles*

Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai akibat angin yang meniup kendaraan diatasnya. Koefisien seret ( $C_w$ ) didapat 1.2 dan kecepatan angin rencana didapat 35 m/dt.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bentang (L)} &= 65 \text{ m} \\
 \text{Tinggi bidang samping atas (H}_a\text{)} &= 0.38 \text{ m} \\
 \text{Tinggi bidang samping kendaraan (H}_k\text{)} &= 2 \text{ m} \\
 \text{Luas bidang samping struktur atas (A}_{b1}\text{)} \\
 A_{b1} &= L \times (H_a + H_k)
 \end{aligned}$$

$$= 65 \text{ m} \times (0.38 \text{ m} + 2 \text{ m})$$

$$= 154.7 \text{ m}^2$$

Beban angin pada struktur atas ( $T_{EW1}$ )

$$T_{EW1} = 0.0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_{b1}$$

$$= 0.0012 \times 1.2 \times (35 \text{ m/dt})^2 \times 154.7 \text{ m}^2$$

$$= 272.891 \text{ kN}$$

Beban angin yang meniup pada struktur bawah akan dihitung dengan rumus yang berbeda seperti dibawah ini.

$$T_{EW} = 0.0006 C_w (V_w)^2 A_b$$

Koefisien seret ( $C_w$ ) didapat 1.2 dan kecepatan angin rencana didapat 35 m/dt.

Luas bidang samping struktur atas ( $A_{b1}$ )

$$A_{b2} = ((b_{poer} \times h_{poer}) \times 1)$$

$$= ((65 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}) \times 1)$$

$$= 97.4 \text{ m}^2$$

$$A_{b2} = ((D_{tiang} \times h_{tiang}) \times 4)$$

$$= ((0.6 \text{ m} \times 9.5 \text{ m}) \times 4)$$

$$= 22.8 \text{ m}^2$$

$$A_b \text{ total} = 97.5 + 22.8 = 120.3 \text{ m}^2$$

Beban angin pada struktur bawah ( $T_{EW2}$ )

$$T_{EW2} = 0.0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_{b2}$$

$$= 0.0006 \times 1.2 \times (35 \text{ m/dt})^2 \times 120.3 \text{ m}^2$$

$$= 106.105 \text{ kN}$$

Total gaya akibat beban angin ( $T_{EW}$ )

$$T_{EW} = T_{EW1} + T_{EW2}$$

$$= 272.891 \text{ kN} + 106.105 \text{ kN}$$

$$= 378.995 \text{ kN}$$

$$= 37.9 \text{ ton}$$

### c. Beban Gempa

1. Beban gempa arah (x) memanjang

- Inersia penampang tiang pancang ( $I_{tiang}$ )

$$I_{tiang} = 1/64 \times \pi \times (d^4)$$

$$= 1/64 \times \pi \times ((0.6)^4)$$

$$= 0.00636 \text{ m}^4$$

- Modulus elastisitas ( $E_c$ )

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{52} \\ &= 33892.182 \text{ MPa} \\ &= 33892182 \text{ kPa} \end{aligned}$$

- Nilai kekuatan tiang pancang ( $K_p$ )

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{3 \times E_c \times I_c}{L_c^3} \\ &= \frac{3 \times 33892182 \times 0.00636}{9.5^3} \\ &= 7167.183 \text{ kN/m} \\ &= 71.672 \text{ t/m} \end{aligned}$$

- Berat total struktur ( $W_T$ )

$$\begin{aligned} W_T &= W \text{ struktur atas} + W \text{ struktur bawah} \\ &= (W \text{ beban mati} + W \text{ beban mati tambahan}) + (W_{\text{poer}} + \\ &\quad W \text{ } \frac{1}{2} \text{ tiang pancang}) \\ &= 178.927 \text{ t/m} \end{aligned}$$

- Mencari nilai  $T$  :

$$\begin{aligned} V_s(x) &= (p_0 \times L) / (n \times k) \\ &= (0.1 \text{ t/m} \times 4) / (2 \times 71.672 \text{ t/m}) \\ &= 0.0028 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \int V_s(x) dx = V_s \times L \\ &= 0.0028 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\ &= 0.0112 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \beta &= \int W_T(x) V_s(x) dx = W_T \times V_s \times L \\ &= 178.927 \text{ t/m} \times 0.0028 \text{ m} \times 4 \text{ m} \\ &= 1.997 \text{ t/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= \int W_T(x) V_s(x)^2 dx = W_T \times V_s^2 \times L \\ &= 178.927 \text{ t/m} \times 0.0028^2 \times 4 \text{ m} \\ &= 0.0056 \text{ tm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{p_0 \times g \times \alpha}} \\ &= 2\pi \sqrt{\frac{0.0056}{0.1 \times 9.8 \times 0.0112}} \\ &= 2.078 \text{ detik} \end{aligned}$$

Untuk wilayah gempa 4 diperoleh nilai akselerasi puncak di batuan dasar  $A = 0.2$  dan koefisien profil tanah untuk tanah lembek  $S = 1.5$

$$\begin{aligned} C_{\text{elastis}} &= \frac{1.2 \times A \times S}{T^{2/3}} \leq 2.5 \times A \\ &= \frac{1.2 \times 0.2 \times 1.5}{2.078^{2/3}} \leq 2.5 \times 0.2 \\ &= 0.221 \leq 0.5 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Faktor jenis bangunan dihitung dengan persamaan :

$$S = 1 \times F$$

$$\text{Dengan } F = 1.25 - 0.025n \geq 1$$

Untuk  $n = 1$ , maka :

$$\begin{aligned} F &= 1.25 - 0.025 \times 1 \\ &= 1.225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= 1 \times F \\ &= 1 \times 1.225 \\ &= 1.225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_h &= C \times S \\ &= 0.221 \times 1.225 \\ &= 0.271 \end{aligned}$$

Maka,

$$\begin{aligned} T_{EQx} &= K_h \times I \times W_T \\ &= 0.271 \times 1 \times 178.927 \text{ t/m} \\ &= 48.455 \text{ t/m} \end{aligned}$$

## 2. Beban gempa arah (y) melintang

- Inersia penampang tiang pancang ( $I_{\text{tiang}}$ )

$$\begin{aligned} I_{\text{tiang}} &= 1/64 \times \pi \times (d^4) \\ &= 1/64 \times \pi \times ((0.6)^4) \\ &= 0.00636 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

- Modulus elastisitas ( $E_c$ )

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \sqrt{52} \\ &= 33892.182 \text{ MPa} \\ &= 33892182 \text{ kPa} \end{aligned}$$

- Nilai kekuatan tiang pancang ( $K_p$ )

$$\begin{aligned}
 K_p &= \frac{3 \times E_c \times I_c}{L_c^3} \\
 &= \frac{3 \times 33892182 \times 0.00636}{9.5^3} \\
 &= 7167.183 \text{ kN/m} \\
 &= 71.672 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

- Berat total struktur ( $W_T$ )

$$\begin{aligned}
 W_T &= W \text{ struktur atas} + W \text{ struktur bawah} \\
 &= (W \text{ beban mati} + W \text{ beban mati tambahan}) + (W_{\text{poer}} + \\
 &\quad W \text{ } \frac{1}{2} \text{ tiang pancang}) \\
 &= 178.927 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

- Mencari nilai  $T$  :

$$\begin{aligned}
 V_s(x) &= (p_0 \times L) / (n \times k) \\
 &= (0.1 \text{ t/m} \times 65) / (2 \times 71.672 \text{ t/m}) \\
 &= 0.045 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \int V_s(x) dx = V_s \times L \\
 &= 0.045 \text{ m} \times 65 \text{ m} \\
 &= 2.947 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta &= \int W_T(x) V_s(x) dx = W_T \times V_s \times L \\
 &= 178.927 \text{ t/m} \times 0.045 \text{ m} \times 65 \text{ m} \\
 &= 527.38 \text{ t/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \gamma &= \int W_T(x) V_s(x)^2 dx = W_T \times V_s^2 \times L \\
 &= 178.927 \text{ t/m} \times 0.045^2 \times 65 \text{ m} \\
 &= 23.914 \text{ tm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= 2\pi \sqrt{\frac{\gamma}{p_0 \times g \times \alpha}} \\
 &= 2\pi \sqrt{\frac{23.914}{0.1 \times 9.8 \times 2.947}} \\
 &= 33.769 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Untuk wilayah gempa 4 diperoleh nilai akselerasi puncak di batuan dasar  $A = 0.2$  dan koefisien profil tanah untuk tanah lembek  $S = 1.5$

$$\begin{aligned}
 C_{\text{elastis}} &= \frac{1.2 \times A \times S}{T^{2/3}} \leq 2.5 \times A \\
 &= \frac{1.2 \times 0.2 \times 1.5}{33.769^{2/3}} \leq 2.5 \times 0.2 \\
 &= 0.034 \leq 0.5 \text{ (memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Faktor jenis bangunan dihitung dengan persamaan :

$$S = 1 \times F$$

$$\text{Dengan } F = 1.25 - 0.025n \geq 1$$

Untuk  $n = 1$ , maka :

$$F = 1.25 - 0.025 \times 1 \\ = 1.225$$

$$S = 1 \times F \\ = 1 \times 1.225 \\ = 1.225$$

$$K_h = C \times S \\ = 0.034 \times 1.225 \\ = 0.042$$

Maka,

$$T_{Eqx} = K_h \times I \times W_T \\ = 0.042 \times 1 \times 178.927 \text{ t/m} \\ = 7.553 \text{ t/m}$$

**Tabel 6. 10** Rekapitulasi Total Pembebanan

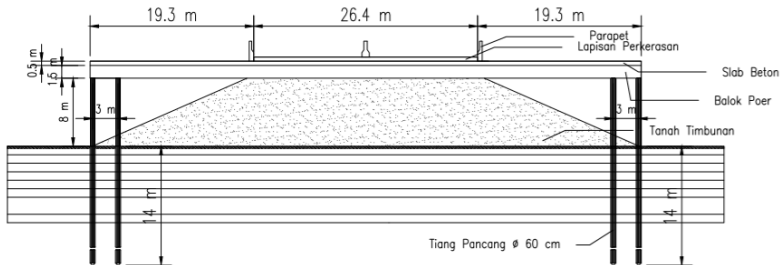
Rekapitulasi pembebanan					
No	Uraian	Kode	V (ton/m)	Hx (ton)	Hy (ton)
	<b>Aksi dan Beban Tetap</b>				
1	Berat sendiri struktur atas	MSatas	107.1024		
2	Beban mati tambahan	MA	43.719		
3	Beban sendiri struktur bawah	MSbawah	12.673		
	<b>Beban lalu lintas</b>				
4	Beban Truk "T"	Tt	26.325		
	<b>Akibat Lingkungan</b>				
5	Beban Angin	Ew		20.604	37.900
6	Beban Gempa	Eq		48.455	7.553

### 6.5.7 Perhitungan Penulangan Plat *Slab on Piles*

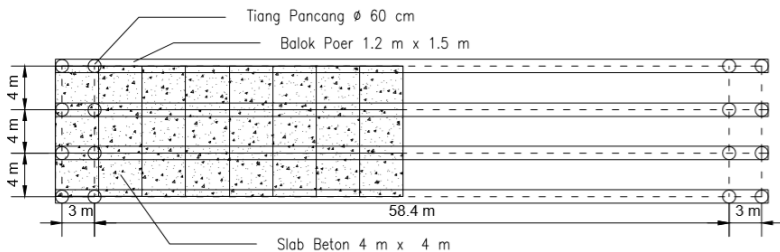
Adapun spesifikasi yang digunakan untuk struktur plat *slab on piles* adalah beton bertulang dengan data sebagai berikut :

Panjang struktur plat beton	= 4 m
Lebar struktur plat beton	= 65 m
Tebal struktur plat beton	= 0.5 m
Mutu Beton ( $f'_c$ )	= 35 MPa
Mutu Baja ( $f_y$ )	= 400 MPa

$$\begin{aligned}
 \text{Clear cover} &= 40 \text{ mm} \\
 \text{Tulangan lentur} &= 19 \text{ mm} \\
 \text{Tulangan geser (sejang)} &= 13 \text{ mm} \\
 d &= \text{Tebal truktur plat beton} - \text{Clear cover} - \text{Tulangan geser} \\
 &\quad (\text{sejang}) - (1/2 \text{ Tulangan lentur}) \\
 &= 500 - 40 - 13 - (1/2 \times 13) \\
 &= 437.5 \text{ mm} \\
 \beta &= 0.85 - \left[ \frac{0.05 (f'c - 28)}{7} \right] \geq 0.65 \\
 &= 0.8 \geq 0.65 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$



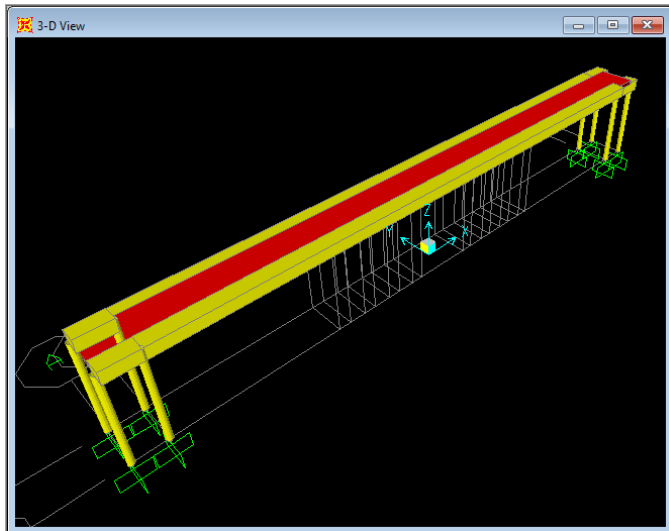
**Gambar 6. 6** Potongan Melintang *Slab on Piles*



**Gambar 6. 7** Layout Tampak Atas *Slab on Piles*

- Analisa perhitungan dengan pemodelan SAP 2000 versi 14 pada *slab on piles*





**Gambar 6. 8** Pemodelan *Slab on Piles* pada SAP 2000 V.14

Dari analisa pemodelan struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan momen yang bekerja pada plat sebagai berikut :

$$M_u = 14.4 \text{ t.m}$$

$$V_u = 44.4 \text{ t}$$

- Perhitungan Tulangan Lentur

$$\begin{aligned} \rho_b &= \left( \frac{0.85 \times \beta \times f'_c}{f_y} \right) \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \left( \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{400} \right) \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right) \\ &= 0.0357 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{maks}} &= 0.75 \times \rho_b \\ &= 0.75 \times 0.0357 \\ &= 0.02678 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1/4}{f_y} = \frac{1/4}{400} = 0.000625$$

$$m = \frac{400}{0.85 \times 35} = 13.445$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{14.4 \times 10}{0.8} = 180 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{180}{1000 \times 437.5^2} = 0.9470 \text{ N.mm}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)} \right\} \\ &= \frac{1}{13.445} \times \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 13.445 \times 0.940}{400} \right)} \right\} \\ &= 0.002389 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{maks}}$$

$$0.00063 \leq 0.002389 \leq 0.02678 \rightarrow \text{OK}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0.00238 \times 1000 \times 436 \\ &= 1045.36 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{\text{diameter tulangan}} \\ &= \frac{1045.36}{\pi r^2} = \frac{1045.36}{\pi \times 9.5^2} = 4 \text{ buah / meter} \end{aligned}$$

Untuk bentang 4 meter membutuhkan jumlah tulangan 16D19 dengan  $A_s = 4536.46 \text{ mm}^2$

- Kontrol jarak spasi tulangan :

$$\begin{aligned} s &= \frac{b - 2\text{cover} - 2\text{sengkang} - n\text{tulangan}}{n - 1} \\ &= \frac{4000 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 16}{16 - 1} \\ &= 239.333 > 25 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

$$S_{\text{pakai}} = 150 \text{ m}$$

- Kontrol kesesuaian penggunaan nilai faktor reduksi kekuatan  $\phi$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{4536.46 \times 400}{0.85 \times 35 \times 4000} = 15.25 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{15.25}{0.8} = 19.06 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= 0.003 \left( \frac{d - c}{c} \right) \\ &= 0.003 \left( \frac{437.5 - 19.06}{19.06} \right) = 0.0659 > 0.005 \rightarrow (\text{OK}) \end{aligned}$$

Untuk tulangan lentur pada plat *slab on piles* untuk bentang 4 m digunakan :

Tulangan Tarik 16D19 dengan  $A_s = 4536.46 \text{ mm}^2$

Tulangan Tekan 16D19 dengan  $A_s = 4536.46 \text{ mm}^2$

Jika tulangan dipasang dengan jarak 150 mm maka digunakan :

**Tulangan Tarik 32D19** dengan  $A_s = 9072.92 \text{ mm}^2$

**Tulangan Tekan 32D19** dengan  $A_s = 9072.92 \text{ mm}^2$

- Perhitungan Penulangan Geser

$$L_o = h = 500 \text{ mm}$$

$$L_n = 4000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_o &= \frac{1}{4} L_n \\ &= \frac{1}{4} \times 4000 \\ &= 1000 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$L_{Opakai} = 1000 \text{ mm}$$

Spasi tulangan geser

$$\begin{aligned} S_{maks} &= \frac{1}{4} d \\ &= \frac{1}{4} \times 436 = 109 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{maks} &= 6 d_b = 6 \times 13 \text{ mm} \\ &= 78 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S_{maks} = 150 \text{ mm}$$

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

Digunakan **tulangan geser D13-100**

### 6.5.8 Perhitungan Penulangan Balok Poer

Adapun spesifikasi yang digunakan untuk struktur balok poer adalah beton bertulang dengan data sebagai berikut :

$$\text{Panjang struktur balok poer} = 1.2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar struktur balok poer} = 65 \text{ m}$$

$$\text{Tebal struktur balok poer} = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Mutu Beton (f'c)} = 35 \text{ MPa}$$

$$\text{Mutu Baja (fy)} = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{Clear cover} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan lentur} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan geser (sengkang)} = 13 \text{ mm}$$

$$d = \text{Tebal truktur plat beton} - \text{Clear cover} - \text{Tulangan geser (sengkang)} - \left(\frac{1}{2} \text{Tulangan lentur}\right)$$

$$= 1500 - 40 - 13 - (1/2 \times 22)$$

$$= 1436 \text{ mm}$$

$$\beta = 0.85 - \left[ \frac{0.05 (f'c - 28)}{7} \right] \geq 0.65$$

$$= 0.8 \geq 0.65 \rightarrow \text{OK}$$

Dari analisa pemodelan struktur menggunakan program bantu SAP 2000 v.14, didapatkan momen yang bekerja pada plat sebagai berikut :

$$\text{Mu} + = 138.376 \text{ t.m}$$

$$\text{Mu} - = 113.09 \text{ tm}$$

$$\text{Vu} = 49.206 \text{ t}$$

- Perhitungan Tulangan Lentur

Analisa di Tumpuan

$$\rho_b = \left( \frac{0.85 \times \beta \times f'c}{f_y} \right) \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left( \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{400} \right) \times \left( \frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0.0357$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$= 0.75 \times 0.0357$$

$$= 0.02678$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1/4}{f_y} = \frac{1/4}{400} = 0.000625$$

$$m = \frac{400}{0.85 \times 35} = 13.445$$

$$\text{Mn} = \frac{\text{Mu}}{\phi} = \frac{138.376 \times 10}{0.8} = 1729.7 \text{ kN.m}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \times d^2} = \frac{1729.7}{1000 \times 1436^2} = 0.839 \text{ Nmm}$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times m \times \text{Rn}}{f_y} \right)} \right\}$$

$$= \frac{1}{13.445} \times \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 13.445 \times 0.839}{400} \right)} \right\}$$

$$= 0.002127$$

$$\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{maks}}$$

$$0.00063 \leq 0.002127 \leq 0.02678 \rightarrow \text{OK}$$

$$\text{As} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0.002127 \times 1000 \times 1436$$

$$= 3055.01 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_s}{\text{diameter tulangan}}$$

$$= \frac{3055.01}{\pi r^2} = \frac{3055.01}{\pi \times 11^2} = 9 \text{ buah / meter}$$

Untuk /meter balok poer membutuhkan jumlah tulangan 9D22 dengan  $A_s = 3421.19 \text{ mm}^2$

Untuk tulangan lentur tumpuan pada balok poer per meter digunakan :

**Tulangan Tekan 5D22** dengan  $A_s = 1900.66 \text{ mm}^2$

- Kontrol jarak spasi tulangan :

$$s = \frac{1000}{5}$$

$$= \frac{1000}{5}$$

$$= 200 > 25 \rightarrow \text{OK}$$

$$s_{\text{pakai}} = 200 \text{ m}$$

- Kontrol kesesuaian penggunaan nilai faktor reduksi kekuatan  $\phi$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{3421.19 \times 400}{0.85 \times 35 \times 1000} = 46 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{46}{0.8} = 57.5 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s = 0.003 \left( \frac{d-c}{c} \right)$$

$$= 0.003 \left( \frac{1436-57.5}{57.5} \right) = 0.0719 > 0.005 \rightarrow (\text{OK})$$

#### Analisa di Lapangan

$$\rho_b = \left( \frac{0.85 \times \beta \times f'_c}{f_y} \right) \times \left( \frac{600}{600+f_y} \right)$$

$$= \left( \frac{0.85 \times 0.8 \times 35}{400} \right) \times \left( \frac{600}{600+400} \right)$$

$$= 0.0357$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0.75 \times \rho_b$$

$$= 0.75 \times 0.0357$$

$$= 0.02678$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1/4}{f_y} = \frac{1/4}{400} = 0.000625 \\ m &= \frac{400}{0.85 \times 35} = 13.445 \\ M_n &= \frac{\mu}{M_u} = \frac{0.8}{113.09 \times 10} = 1413.622 \text{ kN.m} \\ R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{1413.622}{1000 \times 1436^2} = 0.686 \text{ Nmm} \\ \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \times \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)} \right\} \\ &= \frac{1}{13.445} \times \left\{ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{2 \times 13.445 \times 0.686}{400} \right)} \right\} \\ &= 0.00173 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\max} \\ 0.00063 \leq 0.00173 \leq 0.02678 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0.00173 \times 1000 \times 1436 \\ &= 2490.07 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_s}{\text{diameter tulangan}} \\ &= \frac{2490.07}{\pi r^2} = \frac{2490.07}{\pi \times 11^2} = 7 \text{ buah / meter} \end{aligned}$$

Untuk /meter balok poer membutuhkan jumlah tulangan 7D22 dengan  $A_s = 2660.93 \text{ mm}^2$

- Kontrol jarak spasi tulangan :

$$\begin{aligned} s &= \frac{1000}{n} \\ &= \frac{1000}{7} \\ &= 142.857 > 25 \rightarrow \text{OK} \end{aligned}$$

$$s_{\text{pakai}} = 100 \text{ m}$$

- Kontrol kesesuaian penggunaan nilai faktor reduksi kekuatan  $\phi$

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \times f_y}{0.85 \times f'_c \times b} = \frac{2660.93 \times 400}{0.85 \times 35 \times 1000} = 35.78 \text{ mm} \\ c &= \frac{a}{\beta} = \frac{35.78}{0.8} = 44.72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_s &= 0.003 \left( \frac{d-c}{c} \right) \\ &= 0.003 \left( \frac{1436-35.78}{44.72} \right) = 0.0933 > 0.005 \rightarrow (\text{OK})\end{aligned}$$

Untuk tulangan lentur lapangan pada balok poer per meter digunakan :

**Tulangan Tarik 7D22** dengan  $A_s = 2660.93 \text{ mm}^2$

- Perhitungan Penulangan Geser

$$L_o = h = 1500 \text{ mm}$$

$$L_n = 1200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}L_o &= \frac{1}{4} L_n \\ &= \frac{1}{4} \times 1200 \\ &= 300 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$L_{o_{\text{pakai}}} = 1500 \text{ mm}$$

Spasi tulangan geser

$$\begin{aligned}S_{\text{maks}} &= \frac{1}{4} d \\ &= \frac{1}{4} \times 1436 = 359 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{maks}} &= 6 d_b = 6 \times 13 \text{ mm} \\ &= 78 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$S_{\text{maks}} = 150 \text{ mm}$$

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

Digunakan **tulangan geser D13-100**

- Kontrol Lendutan

$$\text{Lendutan ijin : } \Delta = \frac{400}{360} = \frac{400}{360} = 1.11 \text{ cm}$$

Lendutan yang terjadi didapatkan dari hasil analisa struktur dengan program SAP 2000 v.14 adalah :

$$\Delta = 0.0236 \text{ cm} < 1.11 \text{ cm} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Momen Tiang Pancang

Momen yang terjadi yaitu momen yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari momen yang diijinkan dari bahan tiang pancang

$$\begin{aligned}M_u &\leq M_u \text{ bahan} \\ 13.8674 \text{ tm} &\leq 17 \text{ tm} \rightarrow \text{OK}\end{aligned}$$

- Kontrol Gaya Aksial

Gaya aksial yang terjadi yaitu momen yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari gaya aksial yang diijinkan dari bahan tiang pancang

$$P_u \leq P_u \text{ bahan}$$

$$134.231 \text{ t} \leq 252.3 \text{ t} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Gaya Horizontal

Gaya horizontal yang terjadi yaitu momen yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari gaya horizontal yang diijinkan dari bahan tiang pancang. Perhitungan daya dukung tiang terhadap beban lateral menggunakan cara Tolinson dalam “Daya Dukung Pondasi oleh Dr. Ir. Herman Wahyudi halaman 55”:

$$\text{Fixed-headed pile : } H_u \text{ bahan} = \frac{2 \times Mu \text{ bahan}}{e + Zf}$$

$$\begin{aligned} H_u \text{ bahan} &= \frac{2 \times 17000}{2+4} \\ &= 2956.522 \text{ kg.m} \\ &= 2.957 \text{ t.m} \end{aligned}$$

Maka,

$$H_u \leq H_u \text{ bahan}$$

$$1.27 \text{ t} \leq 2.957 \text{ t} \rightarrow \text{OK}$$

- Kontrol Kekuatan Bahan

Tegangan yang terjadi akibat beban aksial (P) dan momen (M) pada tiang pancang yang didapat dari analisa SAP 2000 harus lebih kecil dari regangan ijin tiang pancang ( $f_y$ ). Tegangan pada tiang pancang dapat dihitung :

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{M \times y}{I}$$

$$D = 0.6 \text{ m}$$

$$D_1 = (0.6 - 0.1) = 0.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang, } A &= \frac{1}{4} \times \pi \times (D^2 - D_1^2) \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (60^2 - 50^2) \\ &= 863.938 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Inersia, } I &= \frac{1}{64} \times \pi \times (D^4 - D_1^4) \\ &= \frac{1}{64} \times \pi \times (60^4 - 50^4) \\ &= 104843.75 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 y &= 0.5 \times D \\
 &= 0.5 \times 60 \text{ cm} \\
 &= 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$P = 13867.4 \text{ kg}$$

$$M = 134231 \text{ kgm}$$

Maka, tegangan yang terjadi adalah :

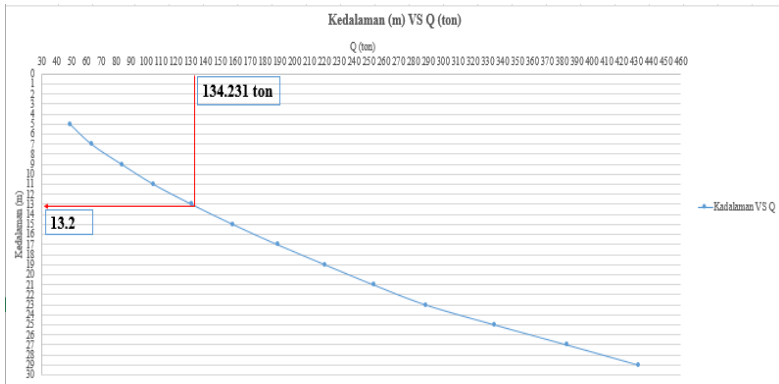
$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{13867.4}{863.938} + \frac{134231 \times 30}{104843.75} \\
 &= 54.46 \text{ kg/cm}^2 < f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{OK}
 \end{aligned}$$

### 6.5.9 Penentuan Kedalaman dan Kebutuhan Tiang Pancang

Penentuan kedalaman tiang pancang disesuaikan dengan kebutuhan gaya aksial tiang yang sebelumnya sudah dihitung daya dukung tanahnya dengan melihat hubungan antara nilai Q dengan kedalaman seperti terdapat pada **Gambar 6.9** lalu dicari berapa berapakah kedalaman tiang pancang yang diperlukan agar daya dukung tanah dapat memenuhi. Hasil penentuan kedalaman tiang pancang dapat dilihat seperti dibawah ini.

**Tabel 6. 11** Daya Dukung untuk Diameter Tiang 60 cm

Kedalaman m	SPT blow/ft	Soil Type	fs t/m2	ΣQs ton	qp t/m2	Qp ton	Qult ton	Qall ton (SF = 3) Tension	Comp
5	7	Clay	2.67	25.13	84	23.75	48.88	5.86	16.29
7	8	Clay	2.83	37.38	92	26.01	63.4	8.72	21.13
9	8	Clay	3	50.89	116	32.8	83.69	11.88	27.9
11	13	Clay	3.17	65.66	140	39.58	105.24	15.32	35.08
13	14	Clay	3.27	80.05	180	50.89	130.94	18.68	43.65
15	18	Clay	3.61	102.1	200	56.55	158.65	23.82	52.88
17	18	Clay	3.9	125.13	224	63.3	188.46	29.2	62.82
19	20	Clay	4.29	153.7	236	66.73	220.43	85.86	73.48
21	21	Clay	4.59	181.79	252	71.25	253.04	42.42	84.35
23	22	Clay	4.9	212.43	268	75.78	288.21	49.57	96.07
25	24	Clay	5.18	244.19	320	90.48	334.67	56.98	111.56
27	34	Clay	5.44	277.09	376	106.31	383.4	64.65	127.8
29	36	Clay	5.72	312.56	420	118.75	431.32	72.93	143.77



**Gambar 6. 9** Grafik Hubungan Kedalaman dan Q

Dari grafik diatas dapat ditentukan kedalaman tiang pancang yaitu 13.2 = 14 meter dibawah permukaan tanah dasar.

Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan disesuaikan dengan jarak antar tiang pancang sendiri pada potongan melintangnya.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tiang pancang tiap bentang} &= 4 \text{ buah} \\ \text{Jumlah tiang pancang total} &= (850/4) \times 4 \\ &= 850 \text{ buah} \\ \text{Panjang total tiang pancang} &= 22 \text{ meter} \end{aligned}$$

## 6.6 Perhitungan Volume dan Biaya Material

Dalam menentukan volume dan biaya material digunakan acuan sebagai berikut :

1. Harga Satuan Material Geosintetik PT. Teknindo Geosistem Unggul
2. Harga Satuan Pokok Kegiatan Surabaya 2018
3. Harga Satuan Tiang Pancang PT. Wijaya Karya

Perhitungan volume dan biaya material pada STA 14+500 s/d STA 15+350 ditabelkan sebagai berikut :

## 6.6.1 Volume dan Biaya Material *Geotextile*

**Tabel 6. 12** Analisa Perhitungan Volume dan Biaya Material *Geotextile*

GEOTEXTILE								
<i>Geotextile yang dipakai UW-250 52/52</i>								
Lapis	Lebar	Lapis	Panjang	Luas	Ketersediaan pabrik	Kebutuhan	Harga satuan material	Total Biaya
	m		m	m <sup>2</sup>			/lembar	
1	24	2	850	40800	800	lembar	Rp 7,500	Rp 9,148,125
2	24	2	850	40800				
3	24	2	850	40800				
4	24	2	850	40800				
5	24	2	850	40800				
6	24	2	850	40800				
7	23	2	850	39100				
8	23	2	850	39100				
9	23	2	850	39100				
10	23	2	850	39100				
11	22	2	850	37400				
12	22	2	850	37400				
13	22	2	850	37400				
14	22	2	850	37400				
15	22	2	850	37400				
16	22	2	850	37400				
17	21	2	850	35700				
18	21	2	850	35700				
19	21	2	850	35700				
20	21	2	850	35700				
21	21	2	850	35700				
22	21	2	850	35700				
23	20	2	850	34000				
24	20	2	850	34000				
25	20	2	850	34000				
26	20	2	850	34000				
Total Luasan				975800				
GALIAN								
Dimensi		Volume		HSPK Penggalian Tanah dengan Alat Berat		Total Biaya		
p	area			Rp/m <sup>3</sup>		Rp		
850	176.5	150025		Rp 49,256		Rp 7,389,631,400		
URUGAN								
Dimensi		Volume		HSPK Pengurangan Sirtu dengan Pemadatan Menggunakan Alat Berat		Total Biaya		
p	area			Rp/m <sup>3</sup>		Rp		
850	176.5	150025		Rp 307,279		Rp 46,099,531,975		
Total Biaya <i>Geotextile</i>							Rp 53,498,311,500	

Alternatif ini memperhitungkan berapa banyak *geotextile* yang dibutuhkan volume galian dan volume urugan. Harga yang dibutuhkan untuk alternatif *geotextile* pada satu sisi timbunan adalah Rp 53,498,311,500.

## 6.6.2 Volume dan Biaya Material *Spunpile*

Tabel 6. 13 Analisa Perhitungan Voulme dan Biaya Material *Spunpile*

SPUNPILE					
Panjang Tiang Pancang		Banyak	Harga Satuan $\phi$ 30 cm		Total Biaya
m			/m		
6		16150	Rp	254,100	Rp 24,622,290,000
GALIAN					
Dimensi		Volume	HSPK Pengurangan Sirtu dengan Pemadatan Menggunakan Alat Berat		Total Biaya
p	area		Rp/m <sup>3</sup>		
m	m	m <sup>3</sup>	Rp		
850	50.5	42925	Rp	49,256	Rp 2,114,313,800
URUGAN					
Dimensi		Volume	HSPK Bahan Pekerjaan Plat Bertulang		Total Biaya
p	area		Rp/m <sup>3</sup>		
m	m	m <sup>3</sup>	Rp		
850	50.5	42925	Rp	307,279	Rp 13,189,951,075
Total Biaya Spunpile					Rp 39,926,554,875

Alternatif ini memperhitungkan berapa banyak *spunpile* yang dibutuhkan, volume galian serta volume urugan. Harga yang dibutuhkan untuk alternatif *spunpile* pada satu sisi tanah dasar dibawah tanah timbunan adalah Rp 39,926,665,875.

## 6.6.3 Volume dan Biaya Material *Slab on Piles*

Tabel 6. 14 Analisa Perhitungan Volume dan Biaya Material *Slab on Piles*

SLAB ON PILE							
SLAB BETON							
Dimensi			Volume	HSPK Bahan Pekerjaan Plat Bertulang		Total Biaya	
p	l	t		Rp/m <sup>3</sup>			
m	m	m	m <sup>3</sup>	Rp			
850	65	0.5	27625	Rp	3,277,340	Rp 90,536,517,500	
BALOK POER							
Dimensi			Volume	Banyak	HSPK Bahan Pekerjaan Plat		Total Biaya
p	l	t			Rp/m <sup>3</sup>		
m	m	m	m <sup>3</sup>	Rp			
65	1.2	1.5	117	212.5	Rp	7,411,052	Rp 1,574,848,550
TIANG PANCANG							
Panjang Tiang Pancang		Banyak	Harga Satuan $\phi$ 60 cm		Total Biaya		
m			/m				
22		850	Rp	817,300	Rp 15,283,510,000		
Total Biaya Slab On Pile					Rp 107,394,876,050		

Alternatif ini memperhitungkan berapa banyak tiang pancang dan volume beton yang dibutuhkan. Harga yang dibutuhkan untuk alternatif *slab on piles* adalah Rp 107,394,876,050.

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan perumusan masalah Tugas Akhir, hasil perhitungan dan analisa alternatif perencanaan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dari Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Kondisi tanah dasar “sifat fisik” pada kondisi inisial dan pada saat setelah terjadi pemampatan akibat timbunan setinggi 8 meter selama 3 bulan adalah tanah berbutir halus (lempung) yang bersifat lunak dengan kedalaman 9 meter sedangkan untuk kondisi tanah dasar “sifat teknis” pada kondisi inisial berbeda dengan saat setelah terjadi pemampatan akibat timbunan setinggi 8 meter selama 3 bulan dimana ketika setelah terjadi pemampatan terdapat perubahan parameter yaitu angka pori ( $e_0$ ) dan berat volume ( $\gamma$ ). Di mana untuk angka pori ( $e_0$ ) mengalami penurunan sebesar 3% dan berat volume ( $\gamma$ ) mengalami kenaikan sebesar 2%.
2. Dari hasil observasi lapangan diketahui bahwa tidak ada perkuatan dan PVD yang dipasang dibawah timbunan. Dari analisa stabilitas lereng diperoleh diperoleh bahwa harga SF 0.887 s/d 1.157. Angka keamanan ini menunjukkan bahwa timbunan tersebut tidak stabil, dengan kata lain daya dukung tanah dibawah timbunan tidak mencukupi untuk menahan beban setinggi 8 meter sehingga terjadi kelongsoran.  $H_{cr}$  puncture yang didapatkan adalah 6 meter dengan SF = 1.014 > 1 dimana menunjukkan bahwa tanah dasar dalam kondisi kritis hanya mampu menahan beban timbunan setinggi 6 meter.
3. Ada 3 alternatif yang dipakai pada perencanaan perkuatan Jalan Tol Surabaya Mojokerto STA 14+500 s.d 15+350. Dari ketiga alternatif yang telah direncanakan maka dapat

dipilih alternatif yang efisien dari segi volume dan biaya material serta melihat kemungkinan besar penyebab kelongsoran yaitu dengan menggunakan perkuatan *spunpile* pada tanah dasar. Alternatif menggunakan *spunpile* direncanakan memakai *spunpile* dengan diameter 30.0 cm, maka setiap meter panjang jalan diperlukan 38.0 buah *spunpile* untuk perkuatan di kanan kiri timbunan dengan total biaya material adalah Rp 79,853,109,750.

## **7.2 Saran**

Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, Penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Diharapkan dalam pelaksanaan di lapangan semua metode yang telah direncanakan dapat diterapkan sehingga meminimalisir terjadinya permasalahan di lapangan.
2. Untuk kasus analisa penyebab kelongsoran perlu dilakukan studi lapangan untuk mengetahui secara nyata kejadian di lapangan .

## DAFTAR PUSTAKA

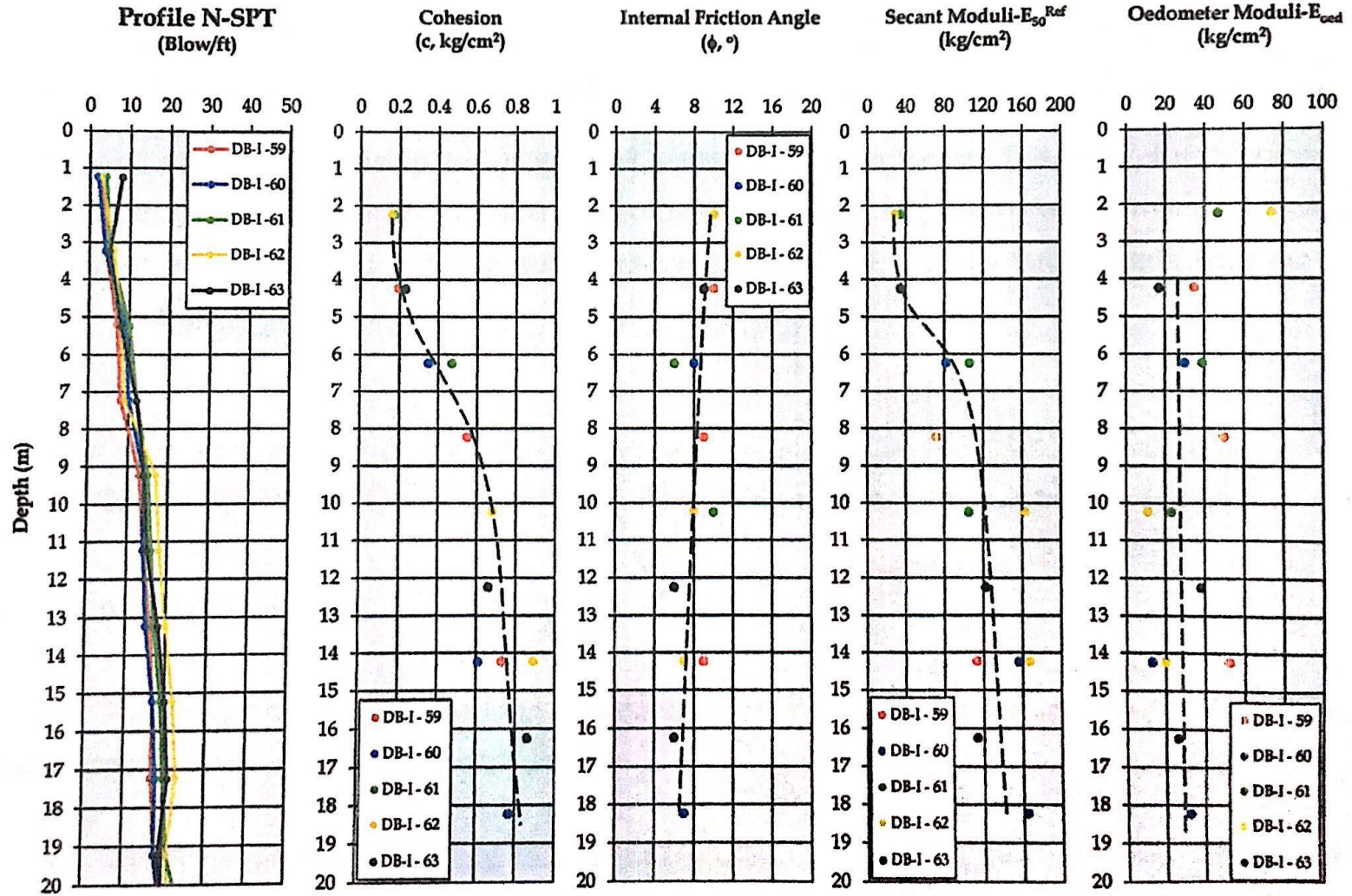
- Barron, R.A., 1948. **Consolidation of Fine Grained Soil by Drain Wells**, ASCE Trans, vol.113.
- Bowles, J. E. 1991. **Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)**. Jakarta: Erlangga
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah : Prinsip - Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 2**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. dan Sobhan, K. 2010. **Principles of Geotechnical Engineering Eighth Edition, SI. USA: Cengage Learning.**
- Dept of The Navy, March 1971, **Design Manual: Soil Mechanics, Foundations and Earth Structures (NAVFAC DM-7)**, Naval Facilities Engineering Command.
- Endah, Noor. 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- Hansbo, S. 1975. **Soil Material Science. Swedish: AWE/Gebers, Stockholm.**
- Mochtar. B, Indrasurya. 2000. **Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)**. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil – FTSP ITS.
- Wahjudi Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “



## LAMPIRAN

### Lampiran 1. 1 Data Tanah STA 14+500 DB-I-59



## Lampiran 1. 2 Data Tanah STA 14+500 DB-I-59



TESTANA ENGINEERING, INC.

Soil Testings &amp; Research Administration

## A. 8. SUMMARY OF LABORATORY TESTS

Sample No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Borehole No.	DB-I - 59			DB-I - 60			DB-I - 61			DB-I - 62			DB-I - 63		
Sample depth, m	4.25	8.25	14.25	6.25	14.25	18.25	2.25	8.25	10.25	2.25	10.25	14.25	4.25	12.25	16.25
Specific gravity, Gs	2.54	2.53	2.57	2.55	2.53	2.56	2.51	2.59	2.52	2.58	2.50	2.55	2.51	2.57	2.54
Liquid Limit (LL)	85	81	90	86	96	83	76	92	89	87	93	93	71	79	82
Plastic Limit (PL)	36	31	30	36	32	25	33	31	36	33	29	35	32	34	34
Index Plasticity (IP)	49	50	60	50	64	58	43	61	53	54	64	58	39	45	48
Liquidity Index (LI)	0.59	0.50	0.33	0.42	0.23	0.29	0.77	0.46	0.26	0.78	0.20	0.02	0.72	0.40	0.13
Wet Density, gr/cm <sup>3</sup>	1.58	1.63	1.69	1.63	1.70	1.75	1.57	1.63	1.67	1.54	1.73	1.81	1.60	1.67	1.76
Dry Density, gr/cm <sup>3</sup>	0.96	1.04	1.13	1.04	1.16	1.23	0.95	1.03	1.11	0.88	1.22	1.33	1.00	1.10	1.26
Natural Water Content, %	65	56	50	57	47	42	66	59	50	75	42	36	60	52	40
Porosity	0.62	0.59	0.56	0.59	0.54	0.52	0.62	0.60	0.56	0.66	0.51	0.48	0.60	0.57	0.51
Void Ratio	1.65	1.42	1.28	1.46	1.19	1.08	1.65	1.53	1.26	1.93	1.05	0.92	1.51	1.34	1.02
USCS Classification	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
Soil type	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY	CLAY
Grain Size	% Gravel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	% Sand	0.11	0.39	0.21	0.13	0.17	0.40	0.16	0.17	0.19	0.17	0.15	0.22	0.27	0.51
	% Clay & Silt	99.89	99.61	99.79	99.87	99.83	99.60	99.84	99.83	99.81	99.83	99.85	99.78	99.73	99.49
Strength Test	TX- Cohesion, kg/cm <sup>2</sup>	0.19	0.55	0.73	0.35	0.61	0.77	0.17	0.47	0.68	0.16	0.68	0.89	0.23	0.66
	UU- Angle of Int. Friction (deg)	10	9	9	8	7	7	10	6	10	10	8	7	9	6
Moduly	Undrained Moduly, Eu (kg/cm <sup>2</sup> )	57	119	195	103	211	241	55	134	189	39	202	205	54	164
	Secant Moduly, E <sub>50</sub> <sup>TM</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	34	72	113	82	156	164	35	106	105	29	163	167	35	122
	Oedometer Moduly, E <sub>oed</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	35	50	52	30	13	32	47	39	23	74	11	20	17	38
Consolidation Test	Compression index, C <sub>c</sub>	0.51	0.36	0.29	0.57	0.53	0.42	0.62	0.42	0.40	0.66	0.43	0.38	0.44	0.35
	Eff. overburden pressure, p <sub>e</sub> ' (kg/cm <sup>2</sup> )	0.28	0.50	0.91	0.39	0.95	1.25	0.13	0.38	0.65	0.12	0.60	0.90	0.26	0.79
	Preconsolidation pressure, p <sub>c</sub> ' (kg/cm <sup>2</sup> )	1.25	1.35	1.75	0.93	0.94	1.70	1.80	1.77	1.55	1.25	0.65	1.20	1.00	1.70
	Coefficient of swelling, C <sub>s</sub>	0.18	0.13	0.11	0.15	0.11	0.12	0.16	0.15	0.12	0.17	0.10	0.09	0.16	0.12
	OCR	4.46	2.70	1.92	2.38	0.99	1.38	13.85	4.66	2.38	10.42	1.08	1.33	3.85	2.15
	Compressibility parameter for soft soil, λ	0.160	0.133	0.092	0.247	0.193	0.138	0.201	0.134	0.146	0.253	0.171	0.150	0.168	0.114
	Swelling parameter for soft soil, α	0.081	0.057	0.049	0.065	0.048	0.053	0.071	0.065	0.053	0.078	0.043	0.039	0.071	0.054







**TESTANA ENGINEERING, INC.**  
Soil Testings & Research Administration.

### A.5.1. CONSOLIDATION TEST

Project : Jembatan Tol Surabaya-Mojokerto Sekel I-B.  
Location : Waru Gunung, Karangpilang, Surabaya.  
Boring No : DB-F68  
Depth : 02.00 - 02.50 m

Test No : -  
Date : 23/07/2016  
Tested by : BR  
Checked by : YA

Apparatus  
ring height, cm = 2.08  
diameter, cm = 5.14  
Area, cm<sup>2</sup> = 20.75

G<sub>s</sub> = 2.58  
e<sub>0</sub> = 1.20

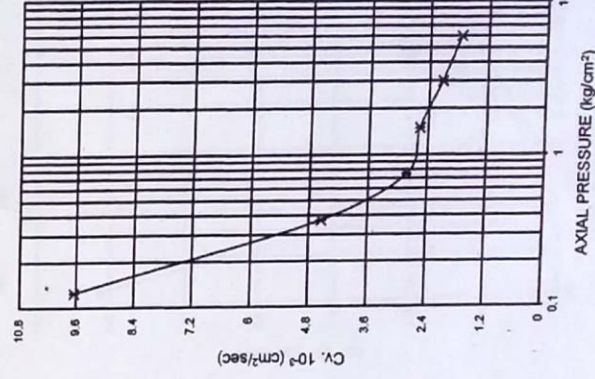
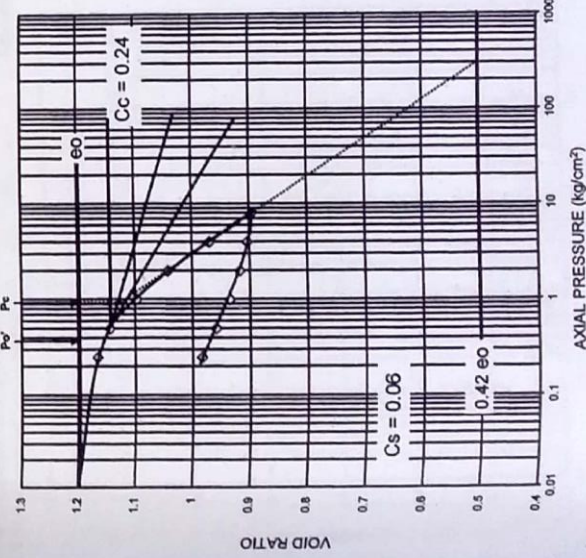
W<sub>s</sub>, solid weight (gr) = 50.71  
Z<sub>Ho</sub>, solid height (cm) = 0.95

Applied pressure P (kg/cm <sup>2</sup> )	Final dial reading	Dial change	Height ZH (cm)	Void height ZH-Zh <sub>0</sub>	e = $\frac{ZH-Zh_0}{Zh_0}$	Filling time (sec)	CV, Coef of consolidation
						150	0.848H <sup>2</sup> /t <sub>50</sub>
0.00	1.000	0.030	2.080	1.133	1.196	93.75	9.64E-03
0.25	0.970	0.020	2.050	1.103	1.164	194.40	4.54E-03
0.50	0.950	0.045	2.030	1.083	1.143	303.75	2.81E-03
1.00	0.905	0.052	1.965	1.038	1.096	317.40	2.56E-03
2.00	0.853	0.069	1.933	0.986	1.041	360.15	2.12E-03
4.00	0.794	0.069	1.864	0.917	0.968	405.60	1.75E-03
8.00	0.715	-0.007	1.795	0.848	0.895		
4.00	0.722	-0.013	1.802	0.855	0.903		
2.00	0.735	-0.017	1.815	0.867	0.916		
1.00	0.752	-0.023	1.832	0.884	0.934		
0.50	0.774	-0.024	1.854	0.907	0.957		
0.25	0.798		1.878	0.931	0.983		

Liquid Limit (%) = 54  
Plasticity Index (%) = 29  
Specific Gravity = 2.58  
Preconsolidation pressure (kg/cm<sup>2</sup>) = 0.93  
Effective overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>) = 0.38

Before  
Sample height (cm) = 2.08  
Water content (%) = 43.0  
Dry unit weight (gr/cm<sup>3</sup>) = 1.17  
Void ratio = 1.20  
Saturation = 93

After  
Sample height (cm) = 1.88  
Water content (%) = 38.1  
Dry unit weight (gr/cm<sup>3</sup>) = 1.30  
Void ratio = 0.98  
Saturation = 100



**A.5.2. CONSOLIDATION TEST**

Project : Jembatan Tol Surabaya-Mojokerto Seksi I-B.  
Location : Waru Gunung, Karangpilang, Surabaya.  
Boring No : DB-1-68  
Depth : 08.00 - 08.50 m

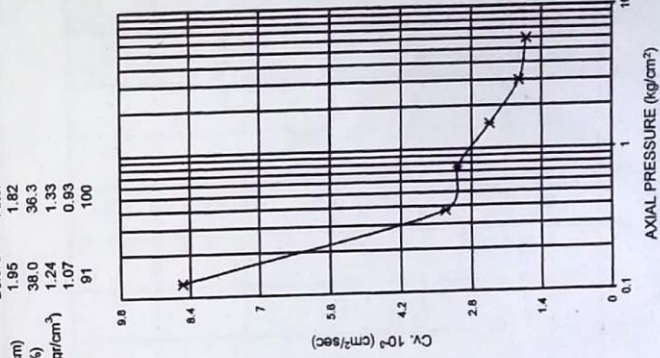
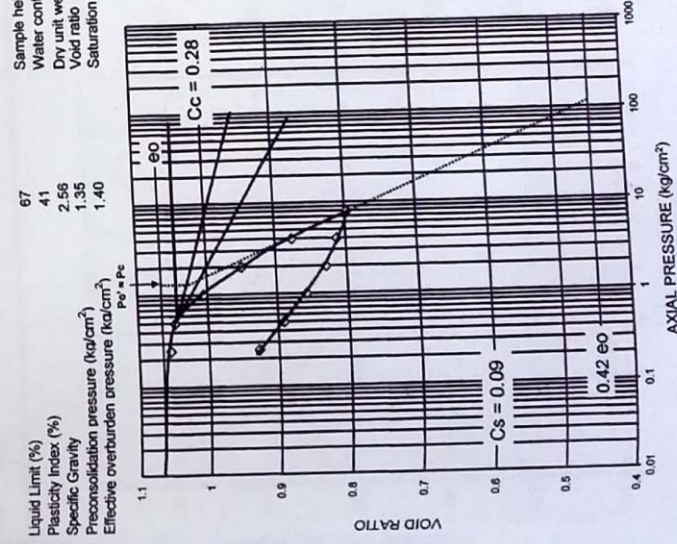
Test No :  
Date : 23/07/2016  
Tested by : BR  
Checked by : YA

Aparatus  
ring height, cm = 1.95  
diameter, cm = 5.05  
A area, cm<sup>2</sup> = 20.03

Gs = 2.56  
e<sub>0</sub> = 1.07  
Ws, solid weight (gr) = 48.40  
2Ho, solid height (cm) = 0.94

Applied pressure P (kg/cm <sup>2</sup> )	Final dial reading	Dial change	Height 2H (cm)	Void height 2H-2Ho	e = $\frac{2H-2Ho}{2Ho}$	Filling time (sec)	CV, Coef of consolidation
0.00	1.000	0.012	1.950	1.006	1.006	93.75	8.55E-03
0.25	0.989	0.007	1.939	0.995	1.054	240.00	3.31E-03
0.50	0.982	0.040	1.832	0.988	1.047	252.15	3.07E-03
1.00	0.942	0.053	1.892	0.948	1.005	303.75	2.43E-03
2.00	0.890	0.070	1.840	0.896	0.949	375.00	1.84E-03
4.00	0.820	0.075	1.770	0.828	0.875	375.00	1.70E-03
8.00	0.745	-0.015	1.695	0.751	0.798		
4.00	0.760	-0.016	1.710	0.766	0.812		
2.00	0.776	-0.027	1.726	0.782	0.829		
1.00	0.803	-0.032	1.753	0.809	0.857		
0.50	0.835	-0.035	1.785	0.841	0.891		
0.25	0.870	-0.035	1.820	0.876	0.928		

Liquid Limit (%) = 67  
Plasticity Index (%) = 41  
Specific Gravity = 2.56  
Preconsolidation pressure (kg/cm<sup>2</sup>) = 1.35  
Effective overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>) = 1.40



**Lampiran 1.5 Daya Dukung Tiang Pancang Diameter 60 cm**



**TESTANA ENGINEERING, INC.**  
Soil Testings & Research Administration

**A.7. BEARING CAPACITY OF PRECAST PILE FOUNDATION**

L'Decourt Formula (1982)

Project : Jembatan Tol Surabaya-Mojokerto Seksi I-B.  
Location : Waru Gunung, Karangpilang, Surabaya.

DB-I-68

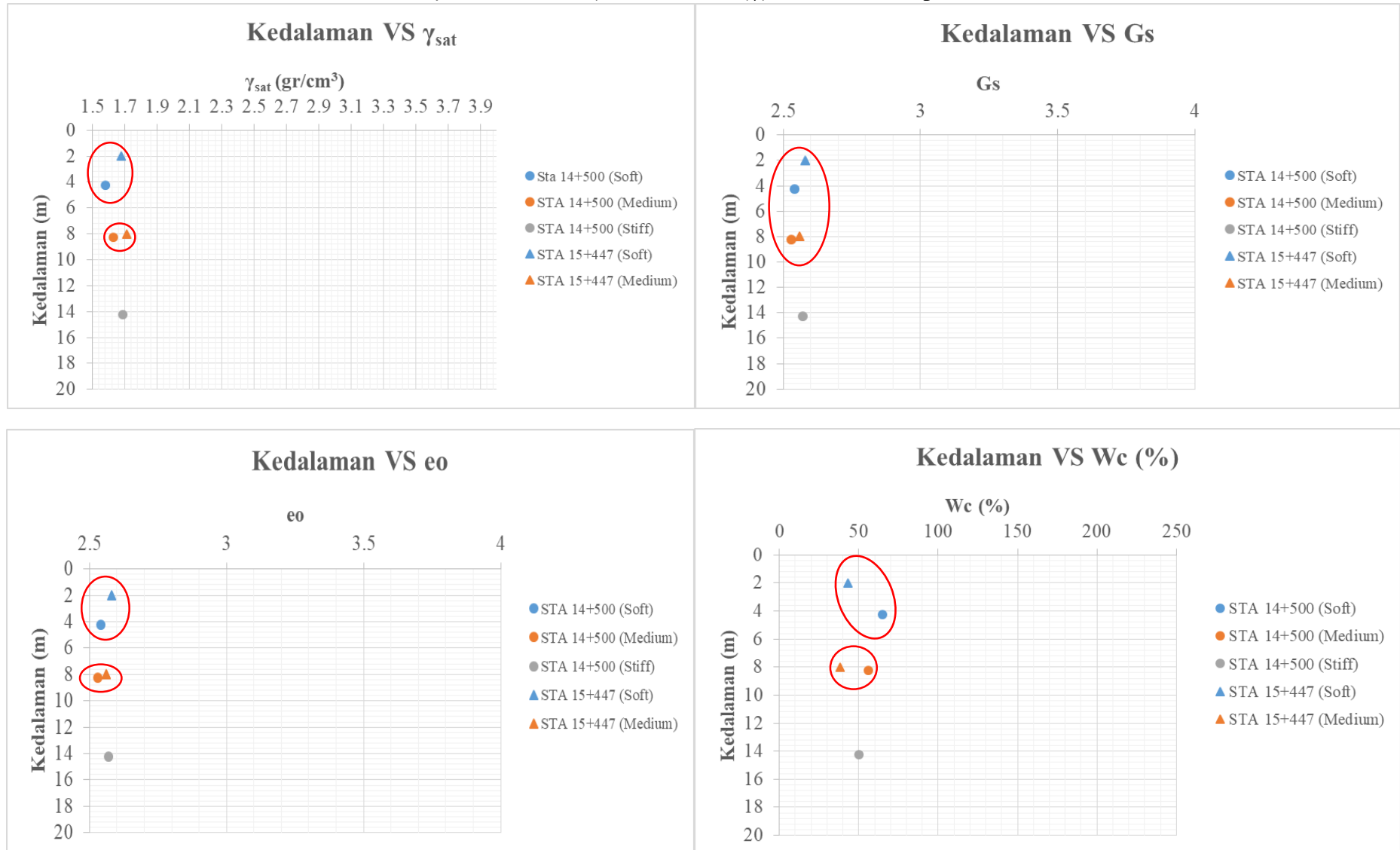
SPUN PILE  $\phi$  60 cm

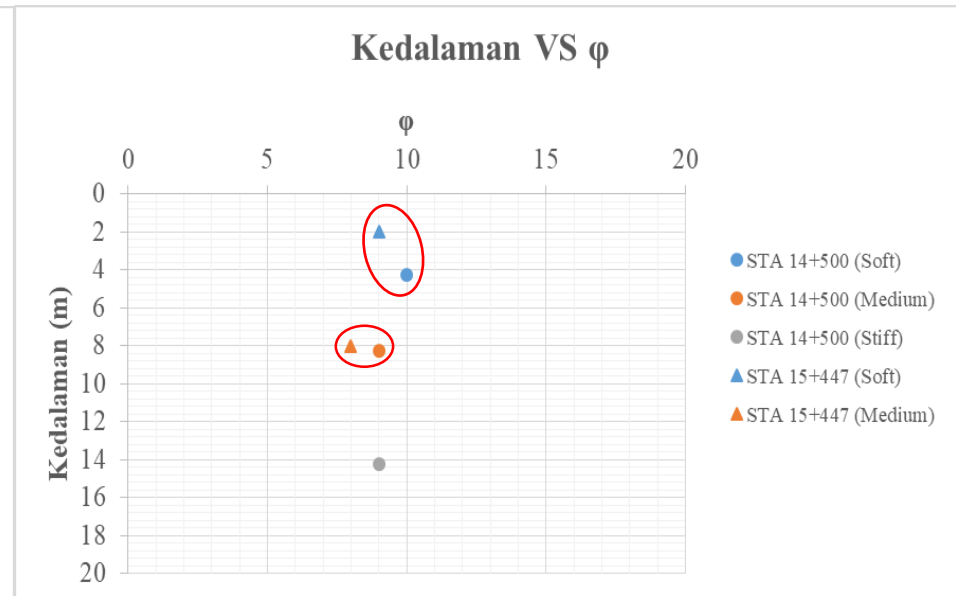
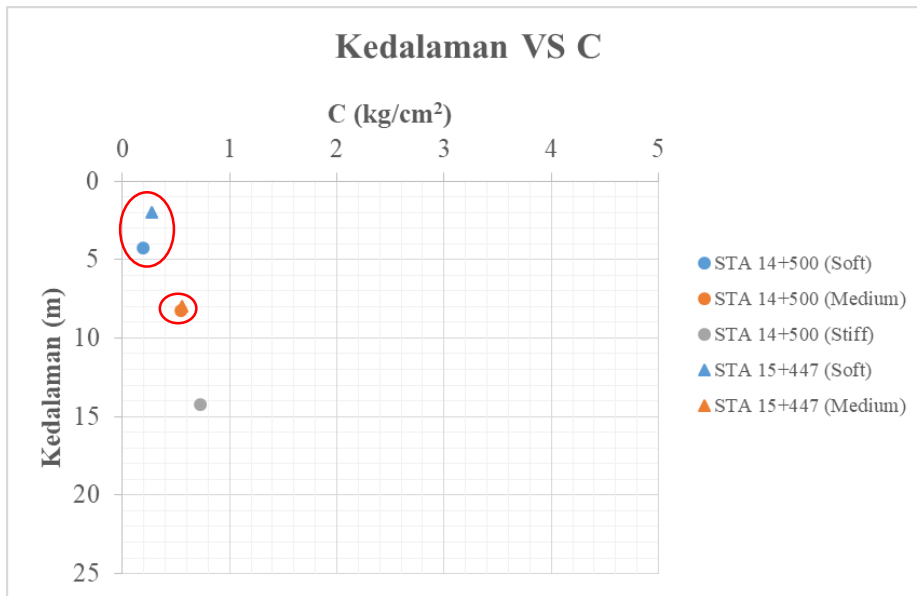
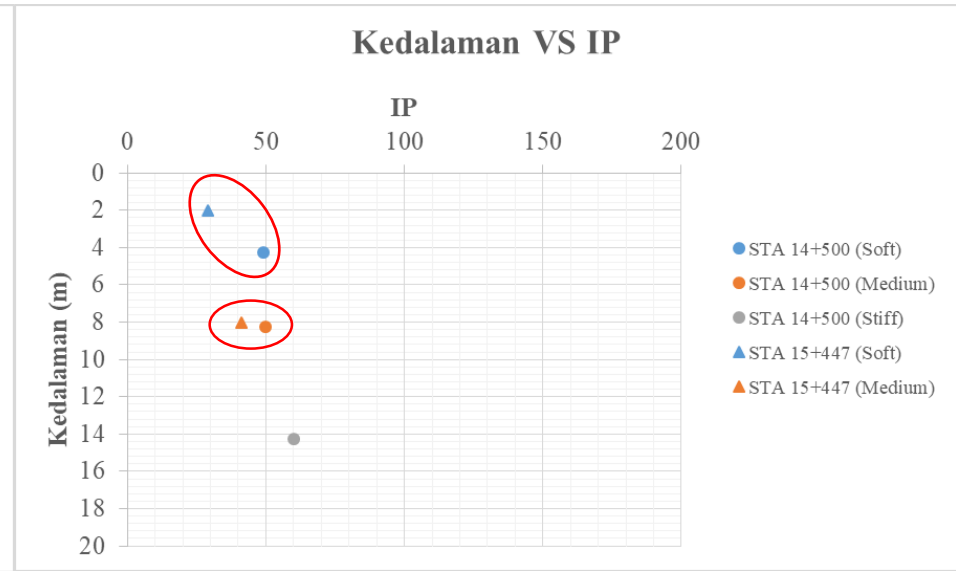
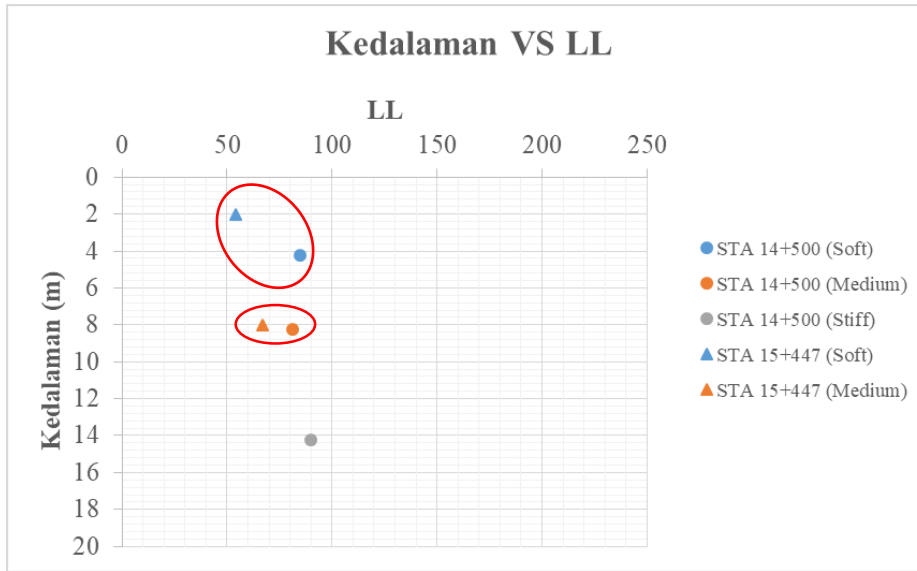
Depth m	SPT blow/ft	Soil Type	$f_t$ t/m <sup>2</sup>	$\Sigma Q_s$ ton	$q_p$ t/m <sup>2</sup>	$Q_p$ ton	$Q_{ult}$ ton	$Q_{all-ton-(SF=3)}$	
								Tension	Comp.
5	7	CLAY	2.67	25.13	84.0	23.75	48.88	5.86	16.29
7	8	CLAY	2.83	37.38	92.0	26.01	63.40	8.72	21.13
9	8	CLAY	3.00	50.89	116.0	32.80	83.69	11.88	27.90
11	13	CLAY	3.17	65.66	140.0	39.58	105.24	15.32	35.08
13	14	CLAY	3.27	80.05	180.0	50.89	130.94	18.68	43.65
15	18	CLAY	3.61	102.10	200.0	56.55	158.65	23.82	52.88
17	18	CLAY	3.90	125.13	224.0	63.33	188.46	29.20	62.82
19	20	CLAY	4.29	153.70	236.0	66.73	220.43	35.86	73.48
21	21	CLAY	4.59	181.79	252.0	71.25	253.04	42.42	84.35
23	22	CLAY	4.90	212.43	268.0	75.78	288.21	49.57	96.07
25	24	CLAY	5.18	244.19	320.0	90.48	334.67	56.98	111.56
27	34	CLAY	5.44	277.09	376.0	106.31	383.40	64.65	127.80
29	36	CLAY	5.72	312.56	420.0	118.75	431.32	72.93	143.77

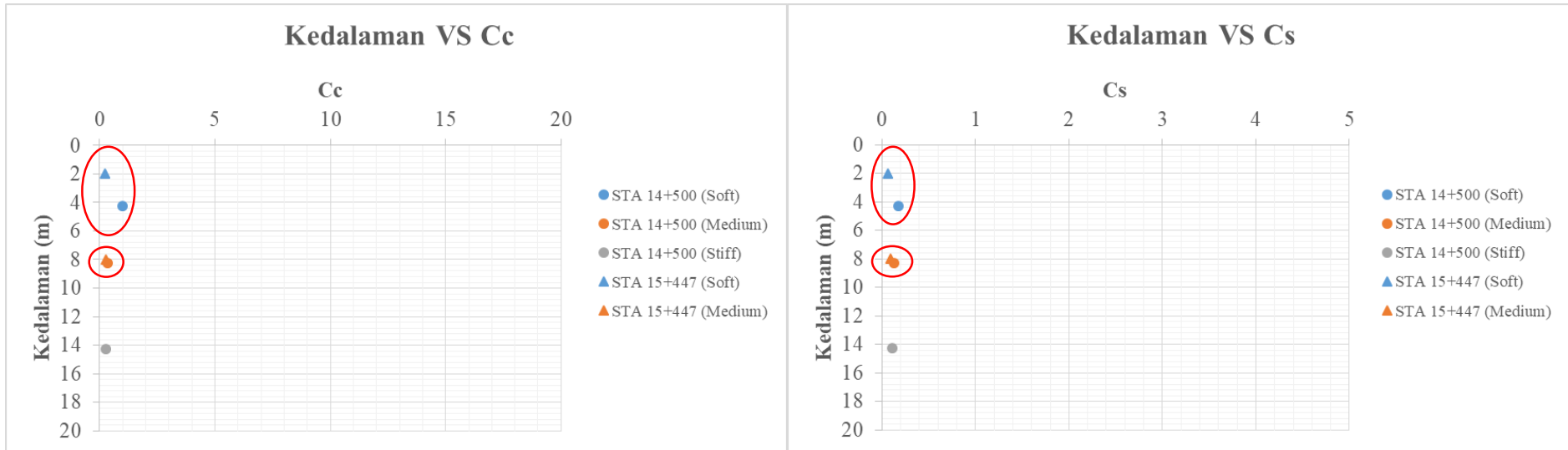




**Lampiran 4. 1** Grafik Parameter Tanah Berat Volume Tanah Jenuh ( $\gamma_{sat}$ ),  $G_s$ , Angka Pori ( $e_0$ ), *Water Content* ( $W_c$ ), *Liquid Limit* ( $LL$ ), *Index Plasticity* ( $IP$ ), *Kohesi* ( $c$ ), *Sudut Geser* ( $\phi$ ),  $C_s$ ,  $C_c$  terhadap Kedalaman







**Lampiran 4. 2** Data Parameter Tanah STA 15+350 Sebelum Longsor

Kedalaman (meter)	Borlog N-SPT	Konsistensi Tanah	$\gamma$	eo	Gs	Wc	LL	Cc	Cs	IP	c	$\phi$
			g/cm <sup>3</sup>			%						
0	0	Soft	1.63	1.42	2.55	54.00	69.50	0.37	0.12	39.00	0.23	9.50
0.5	2.5	Soft	1.63	1.42	2.55	54.00	69.50	0.37	0.12	39.00	0.23	9.50
1	2.5	Soft	1.63	1.42	2.55	54.00	69.50	0.37	0.12	39.00	0.23	9.50
1.5	2.5	Soft	1.63	1.42	2.55	54.00	69.50	0.37	0.12	39.00	0.23	9.50
2	3	Soft	1.63	1.42	2.55	54.00	69.50	0.37	0.12	39.00	0.23	9.50
2.5	3	Soft	1.63	1.42	2.55	54.00	69.50	0.37	0.12	39.00	0.23	9.50
3	4	Soft	1.63	1.42	2.55	54.00	69.50	0.37	0.12	39.00	0.23	9.50
3.5	5	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
4	5	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
4.5	6	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
5	7	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
5.5	7	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
6	7	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
6.5	8	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
7	8	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
7.5	8	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
8	9	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
8.5	9	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
9	9	Medium	1.67	1.24	2.55	47.00	74.00	0.32	0.11	45.50	0.55	8.50
9.5	11	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
10	11	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
10.5	12	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
11	12	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
11.5	13	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
12	14	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
12.5	14	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
13	14	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
13.5	14	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
14	15	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
14.5	16	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
15	17	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
15.5	17	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
16	18	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
16.5	18	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
17	18	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
17.5	18	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
18	19	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
18.5	19	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
19	19	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
19.5	20	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9
20	20	Stiff	1.69	1.28	2.54	50.00	90.00	0.29	0.11	60.00	0.73	9

Lampiran 5. 1 Sc Akibat Timbunan 8 meter

No	Kedalaman	Tebal Lapisan	Z	e <sub>o</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>	γ	σ <sub>o</sub>	h
	(m)	(m)	(m)				(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	fluktuasi m
1	0-1	1	0.5	1.42	0.12	0.37	1.63	0.315	1.5
2	1-2	1	1.5	1.42	0.12	0.37	1.63	0.944	1.5
3	2-3	1	2.5	1.42	0.12	0.37	1.63	1.574	1.5
4	3-4	1	3.5	1.24	0.11	0.32	1.67	2.344	1.5
5	4-5	1	4.5	1.24	0.11	0.32	1.67	3.013	1.5
6	5-6	1	5.5	1.24	0.11	0.32	1.67	3.683	1.5
7	6-7	1	6.5	1.24	0.11	0.32	1.67	4.353	1.5
8	7-8	1	7.5	1.24	0.11	0.32	1.67	5.022	1.5
9	8-9	1	8.5	1.24	0.11	0.32	1.67	5.692	1.5

No	Kedalaman	σ <sub>c</sub>	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	Δσ	2Δσ	2Δσ+σ <sub>o</sub>	OC/NC	Sc	Sc kum
	(m)	(t/m <sup>2</sup> )	rad	rad	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )		m	m
1	0-1	1.815	1.157	87.955	8.620	17.240	17.555	OC	0.190	0.190
2	1-2	2.444	3.452	83.884	8.619	17.237	18.182	OC	0.155	0.345
3	2-3	3.074	5.691	79.875	8.614	17.227	18.801	OC	0.136	0.481
4	3-4	3.844	7.840	75.964	8.603	17.206	19.550	OC	0.111	0.592
5	4-5	4.513	9.873	72.181	8.585	17.170	20.183	OC	0.101	0.693
6	5-6	5.183	11.767	68.552	8.558	17.116	20.799	OC	0.093	0.786
7	6-7	5.853	13.506	65.095	8.521	17.042	21.395	OC	0.087	0.873
8	7-8	6.522	15.083	61.821	8.475	16.949	21.971	OC	0.081	0.954
9	8-9	7.192	16.494	58.736	8.418	16.836	22.528	OC	0.076	1.029

Lampiran 5. 2 Sc Tak Hingga Akibat Tambahan 2 meter Timbunan

No	Kedalaman	Tebal Lapisan	Z	e <sub>o</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>	γ	σ <sub>o</sub>	h fluktuasi
	(m)	(m)	(m)				(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	m
1	0-1	1	8.5	1.36	0.12	0.37	1.657	5.585	1.5
2	1-2	1	9	1.37	0.12	0.37	1.654	5.883	1.5
3	2-3	1	9.5	1.38	0.12	0.37	1.652	6.192	1.5
4	3-4	1	10	1.21	0.11	0.32	1.701	7.013	1.5
5	4-5	1	10.5	1.21	0.11	0.32	1.700	7.353	1.5
6	5-6	1	11	1.21	0.11	0.32	1.699	7.694	1.5
7	6-7	1	11.5	1.22	0.11	0.32	1.699	8.036	1.5
8	7-8	1	12	1.22	0.11	0.32	1.698	8.378	1.5
9	8-9	1	12.5	1.22	0.11	0.32	1.698	8.720	1.5

No	Kedalaman	σ <sub>c</sub>	α <sub>1</sub>	α <sub>2</sub>	Δσ	2Δσ	2Δσ+σ <sub>o</sub>	OC/NC	Sc	Sc kum
	(m)	(t/m <sup>2</sup> )	rad	rad	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )		m	m
1	0-1	7.085	6.228	57.221	2.036	4.072	9.657	OC	0.027	0.027
2	1-2	7.383	6.404	55.713	2.019	4.037	9.920	OC	0.025	0.052
3	2-3	7.692	6.559	54.258	2.000	4.001	10.192	OC	0.024	0.076
4	3-4	8.513	6.696	52.853	1.981	3.963	10.976	OC	0.020	0.096
5	4-5	8.853	6.814	51.499	1.962	3.923	11.276	OC	0.019	0.115
6	5-6	9.194	6.916	50.194	1.941	3.882	11.577	OC	0.018	0.134
7	6-7	9.536	7.001	48.937	1.920	3.840	11.876	OC	0.017	0.151
8	7-8	9.878	7.072	47.726	1.899	3.798	12.176	OC	0.017	0.168
9	8-9	10.220	7.129	46.560	1.877	3.754	12.474	OC	0.016	0.184

**Lampiran 6. 1** Perubahan Tegangan U=100%

Derajat konsolidasi U = 100%											
Tegangan (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma_0$	$\sigma'1$	$\sigma'2$	$\sigma'3$	$\sigma'4$	$\sigma'5$	$\sigma'6$	$\sigma'7$	$\sigma'8$	$\sigma'9$	$\sigma'10$
Kedalaman (m)	H = 0	H = 0.5	H = 1	H = 1.5	H = 2	H = 2.5	H = 3	H = 3.5	H = 4	H = 4.5	H = 5
0-1	0.329	1.406	2.484	3.561	4.639	5.716	6.794	7.871	8.949	10.026	11.104
1-2	0.980	2.058	3.135	4.213	5.290	6.368	7.445	8.523	9.600	10.678	11.755
2-3	1.629	2.707	3.784	4.862	5.939	7.017	8.094	9.172	10.249	11.327	12.404
3-4	2.455	3.532	4.610	5.687	6.765	7.842	8.920	9.997	11.075	12.152	13.230
4-5	3.151	4.229	5.306	6.384	7.461	8.539	9.616	10.694	11.771	12.849	13.926
5-6	3.847	4.925	6.002	7.080	8.157	9.235	10.312	11.390	12.467	13.545	14.622
6-7	4.542	5.619	6.697	7.774	8.852	9.929	11.007	12.084	13.162	14.239	15.317
7-8	5.236	6.314	7.391	8.469	9.546	10.624	11.701	12.779	13.856	14.934	16.011
8-9	5.930	7.007	8.085	9.162	10.240	11.317	12.395	13.472	14.550	15.627	16.705
Derajat konsolidasi U = 100%											
Tegangan (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'11$	$\sigma'12$	$\sigma'13$	$\sigma'14$	$\sigma'15$	$\sigma'16$	$\sigma'17$	$\sigma'18$	$\sigma'19$	$\sigma'20$	
Kedalaman (m)	H = 5.5	H = 6	H = 6.5	H = 7	H = 7.5	H = 8	H = 8.5	H = 9	H = 9.5	H = 10	
0-1	12.181	13.259	14.336	15.414	16.491	17.569	18.646	19.724	20.801	21.879	
1-2	12.833	13.910	14.988	16.065	17.143	18.220	19.298	20.375	21.453	22.530	
2-3	13.482	14.559	15.637	16.714	17.792	18.869	19.947	21.024	22.102	23.179	
3-4	14.307	15.385	16.462	17.540	18.617	19.695	20.772	21.850	22.927	24.005	
4-5	15.004	16.081	17.159	18.236	19.314	20.391	21.469	22.546	23.624	24.701	
5-6	15.700	16.777	17.855	18.932	20.010	21.087	22.165	23.242	24.320	25.397	
6-7	16.394	17.472	18.549	19.627	20.704	21.782	22.859	23.937	25.014	26.092	
7-8	17.089	18.166	19.244	20.321	21.399	22.476	23.554	24.631	25.709	26.786	
8-9	17.782	18.860	19.937	21.015	22.092	23.170	24.247	25.325	26.402	27.480	

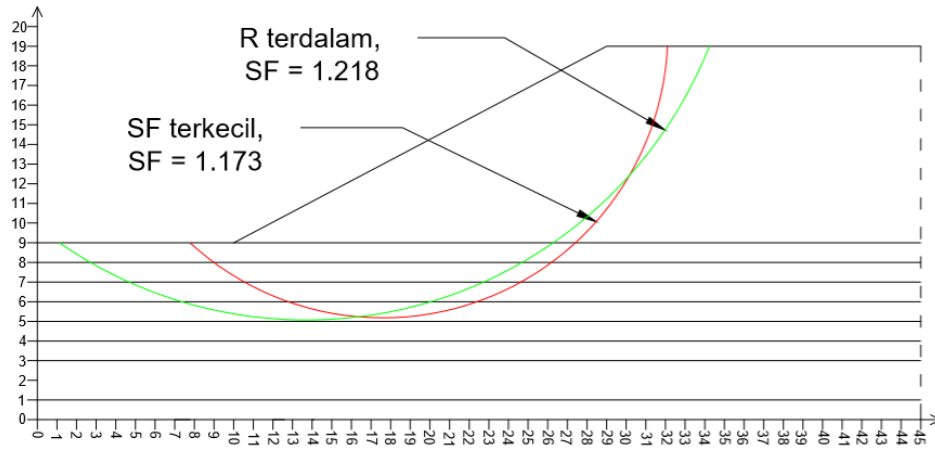
Lampiran 6. 2 Perubahan Tegangan U&lt;100%

Perubahan Tegangan	$\sigma'$	$\Delta\sigma'1$	$\Delta\sigma'2$	$\Delta\sigma'3$	$\Delta\sigma'4$	$\Delta\sigma'5$	$\Delta\sigma'6$	$\Delta\sigma'7$	$\Delta\sigma'8$	$\Delta\sigma'9$	$\Delta\sigma'10$
Tinggi Timbunan	H = 0	H = 0.5	H = 1	H = 1.5	H = 2	H = 2.5	H = 3	H = 3.5	H = 4	H = 4.5	H = 5
Umur Timbunan	-	20 minggu	19 minggu	18 minggu	17 minggu	16 minggu	15 minggu	14 minggu	13 minggu	12 minggu	11 minggu
Derajat Konsolidasi (U%)	0	18.988	18.507	18.013	17.506	16.983	16.444	15.886	15.308	14.708	14.082
Kedalaman											
0-1	0.329	0.104	0.156	0.167	0.169	0.168	0.165	0.161	0.156	0.151	0.145
1-2	0.980	0.148	0.167	0.171	0.171	0.169	0.166	0.162	0.157	0.151	0.146
2-3	1.629	0.165	0.173	0.175	0.173	0.171	0.167	0.162	0.157	0.152	0.146
3-4	2.455	0.176	0.178	0.178	0.175	0.172	0.168	0.163	0.158	0.152	0.146
4-5	3.151	0.181	0.181	0.180	0.177	0.173	0.169	0.164	0.158	0.153	0.147
5-6	3.847	0.185	0.184	0.181	0.178	0.174	0.169	0.164	0.159	0.153	0.147
6-7	4.542	0.187	0.185	0.182	0.179	0.174	0.170	0.165	0.159	0.153	0.147
7-8	5.236	0.189	0.187	0.183	0.179	0.175	0.170	0.165	0.159	0.153	0.147
8-9	5.930	0.191	0.188	0.184	0.180	0.175	0.171	0.165	0.160	0.154	0.147

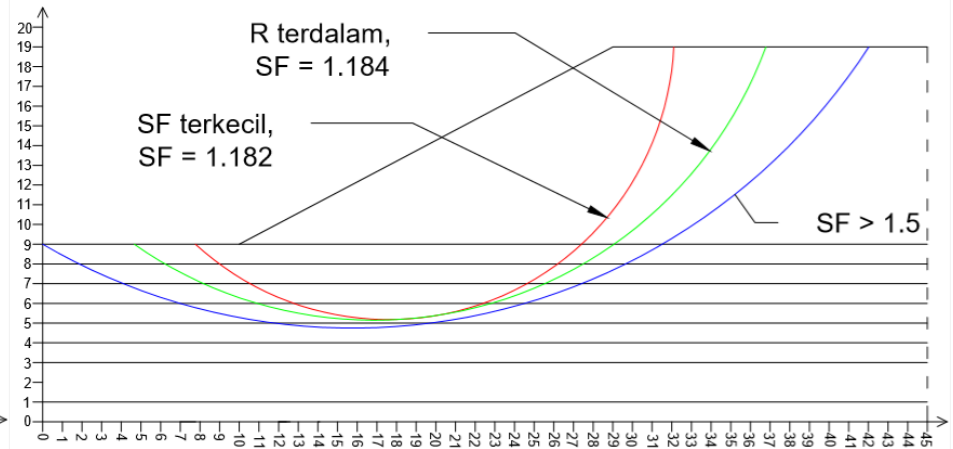
$\Delta\sigma'11$	$\Delta\sigma'12$	$\Delta\sigma'13$	$\Delta\sigma'14$	$\Delta\sigma'15$	$\Delta\sigma'16$	$\Delta\sigma'17$	$\Delta\sigma'18$	$\Delta\sigma'19$	$\Delta\sigma'20$	$\Sigma\sigma'$	$\Sigma\sigma'$
H = 5.5	H = 6	H = 6.5	H = 7	H = 7.5	H = 8	H = 8.5	H = 9	H = 9.5	H = 10		
10 minggu	9 minggu	8 minggu	7 minggu	6 minggu	5 minggu	4 minggu	3 minggu	2 minggu	1 minggu		
14.082	12.737	12.009	11.233	10.400	9.494	8.492	7.354	6.004	4.246	t/m <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.139	0.132	0.125	0.117	0.109	0.099	0.089	0.077	0.063	0.045	2.865	0.286
0.139	0.132	0.125	0.117	0.109	0.099	0.089	0.077	0.063	0.045	3.585	0.359
0.140	0.133	0.125	0.117	0.109	0.100	0.089	0.077	0.063	0.045	4.268	0.427
0.140	0.133	0.126	0.118	0.109	0.100	0.089	0.077	0.063	0.045	5.121	0.512
0.140	0.133	0.126	0.118	0.109	0.100	0.089	0.077	0.063	0.045	5.833	0.583
0.140	0.133	0.126	0.118	0.109	0.100	0.089	0.078	0.063	0.045	6.541	0.654
0.140	0.133	0.126	0.118	0.109	0.100	0.089	0.078	0.063	0.045	7.246	0.725
0.141	0.134	0.126	0.118	0.109	0.100	0.090	0.078	0.063	0.045	7.949	0.795
0.141	0.134	0.126	0.118	0.110	0.100	0.090	0.078	0.063	0.045	8.649	0.865



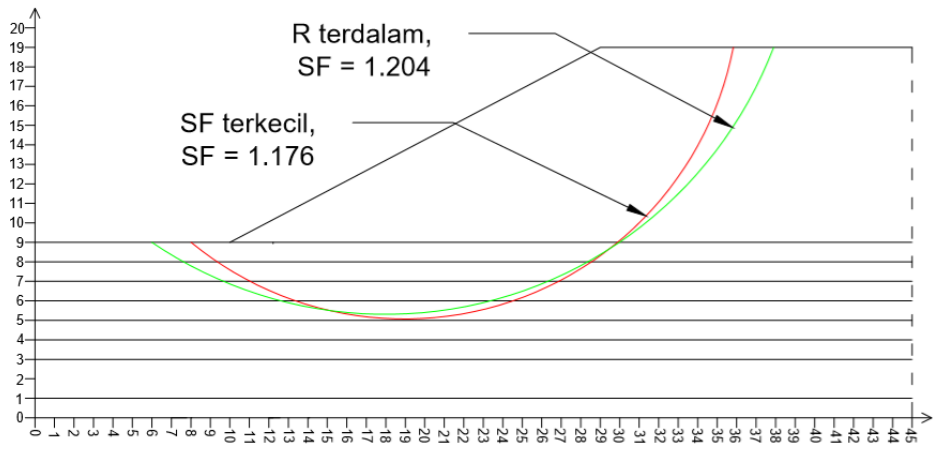
**Lampiran 6. 3** Gambar Hasil Analisa XSTABL pada masing - masing Initiation-Termination  
**Initiation - Termination 1**



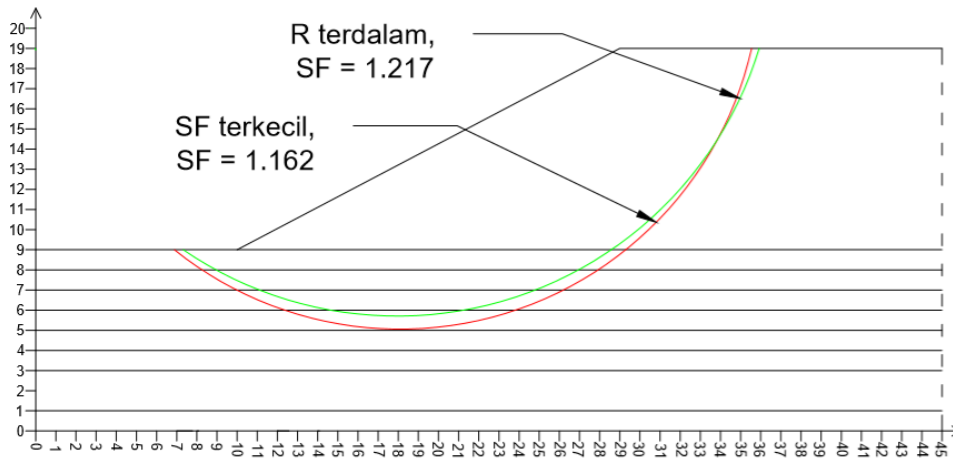
**Initiation - Termination 2**



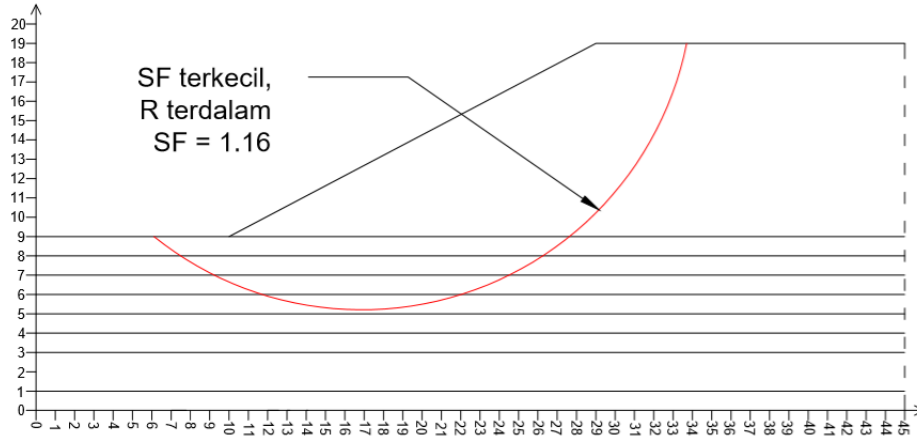
**Initiation - Termination 3**



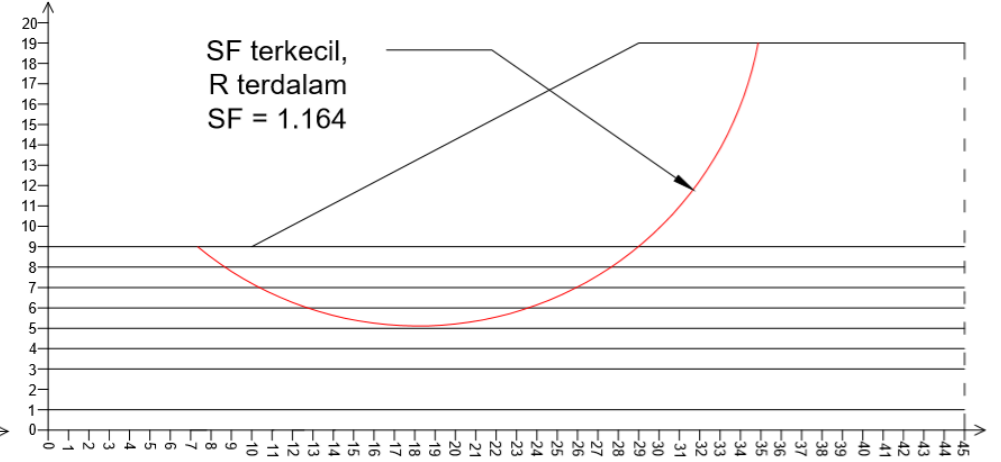
**Initiation - Termination 4**



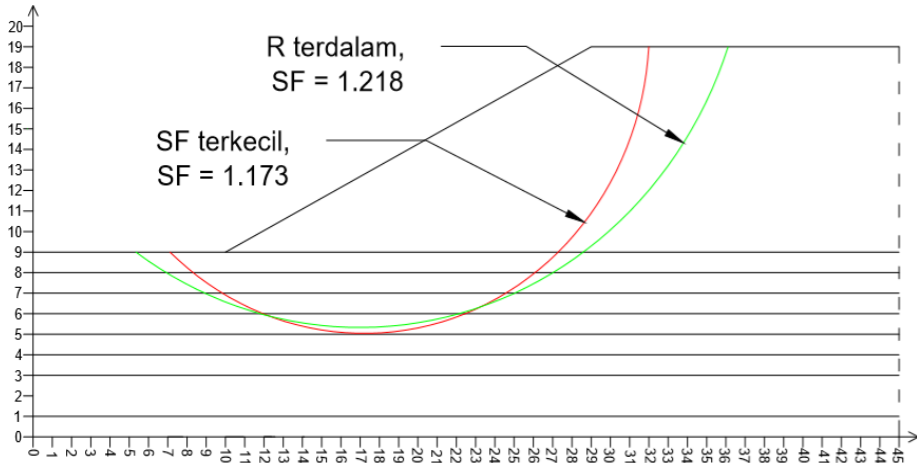
Initiation - Termination 5



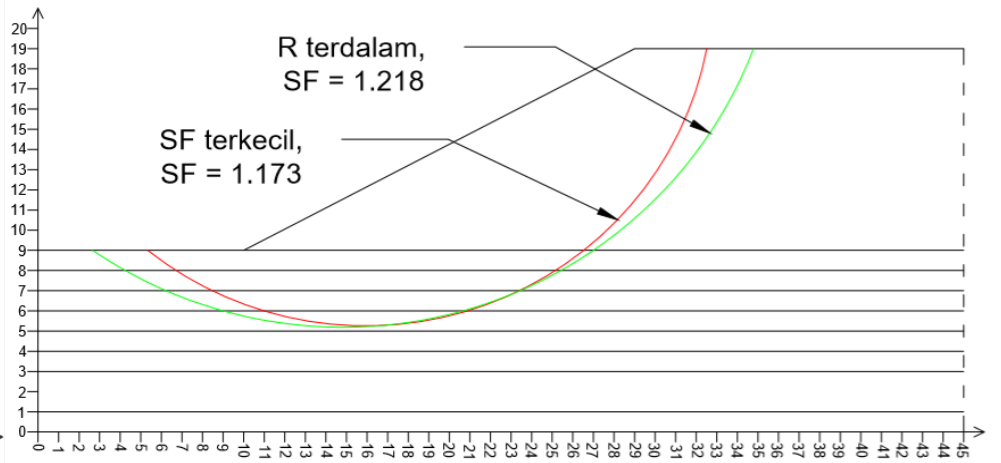
Initiation - Termination 6



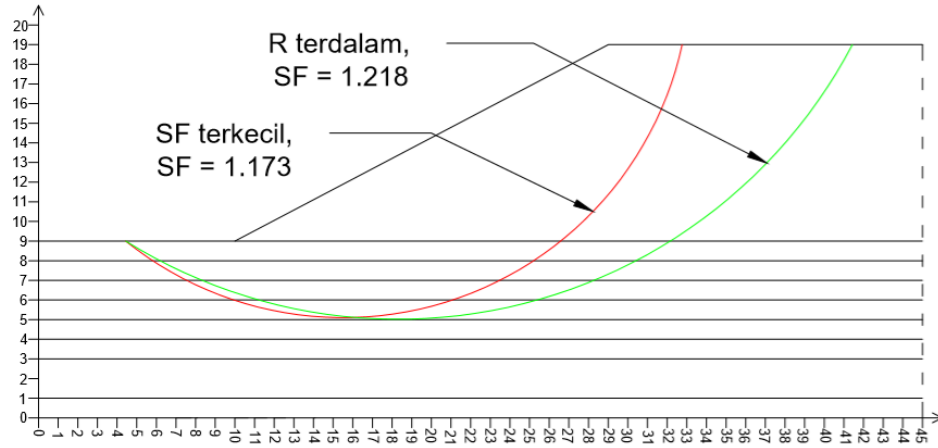
Initiation - Termination 7



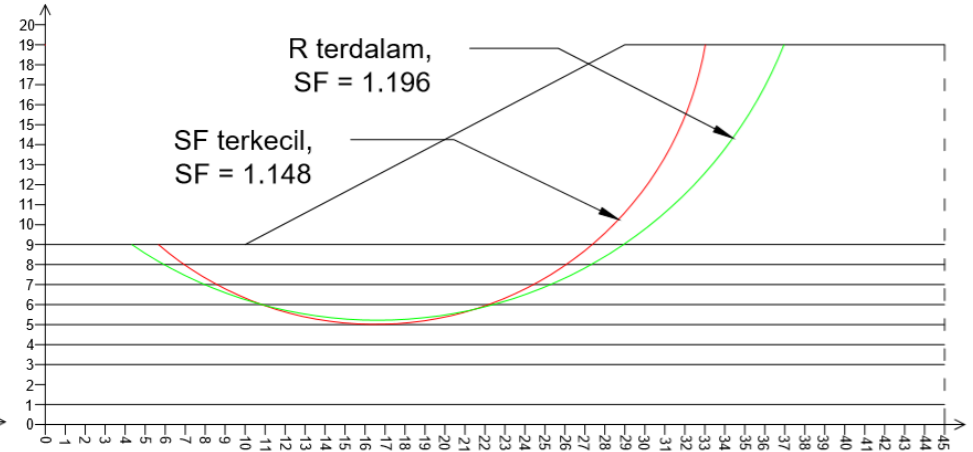
Initiation - Termination 8



Initiation - Termination 9



Initiation - Termination 10



**Lampiran 6. 4** Tabel Penentuan Jumlah *Geotextile* dan Panjang *Le* yang dipakai dalam Perencanaan

Panjang Geotextile di belakang bidang longsor								
Jumlah Layer	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotextile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le pakai
n	m	m	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	kNm	kNm	m	m
1	10	22.14	170.1306	50.695	435.859	435.859	0.167	1
2	9.75	21.89	165.8773	165.877	430.937	866.796	0.111	1
3	9.5	21.64	161.6241	161.624	426.015	1292.811	0.114	1
4	9.25	21.39	157.3708	157.371	421.094	1713.905	0.117	1
5	9	21.14	153.1175	153.118	416.172	2130.077	0.121	1
6	8.75	20.89	148.8643	148.864	411.251	2541.328	0.124	1
7	8.5	20.64	144.611	144.611	406.329	2947.657	0.128	1
8	8.25	20.39	140.3577	140.358	401.407	3349.065	0.131	1
9	8	20.14	136.1045	136.104	396.486	3745.550	0.136	1
10	7.75	19.89	131.8512	131.851	391.564	4137.114	0.140	1
11	7.5	19.64	127.5979	127.598	386.643	4523.757	0.145	1
12	7.25	19.39	123.3447	123.345	381.721	4905.478	0.150	1
13	7	19.14	119.0914	119.091	376.799	5282.277	0.155	1
14	6.75	18.89	114.8381	114.838	371.878	5654.155	0.161	1
15	6.5	18.64	110.5849	110.585	366.956	6021.111	0.167	1
16	6.25	18.39	106.3316	106.332	362.034	6383.145	0.174	1
17	6	18.14	102.0783	102.078	357.113	6740.258	0.181	1
18	5.75	17.89	97.82508	97.825	352.191	7092.449	0.189	1
19	5.5	17.64	93.57182	93.572	347.270	7439.719	0.197	1
20	5.25	17.39	89.31856	89.319	342.348	7782.067	0.207	1
21	5	17.14	85.06529	85.065	337.426	8119.493	0.217	1
22	4.75	16.89	80.81203	80.812	332.505	8451.998	0.228	1
23	4.5	16.64	76.55876	76.559	327.583	8779.581	0.241	1
24	4.25	16.39	72.3055	72.305	322.661	9102.242	0.255	1

25	4	16.14	68.05223	68.052	317.740	9419.982	0.271	1
26	3.75	15.89	63.79897	63.799	312.818	9732.800	0.289	1
27	3.5	15.64	59.5457	59.546	307.897	10040.697	0.310	1
28	3.25	15.39	55.29244	55.292	302.975	10343.672	0.334	1
29	3	15.14	51.03917	51.039	298.053	10641.725	0.362	1
30	2.75	14.89	46.78591	46.786	293.132	10934.857	0.394	1
31	2.5	14.64	42.53265	42.533	288.210	11223.067	0.434	1
32	2.25	14.39	38.27938	38.279	283.288	11506.356	0.482	1
33	2	14.14	34.02612	34.026	278.367	11784.723	0.542	1
34	1.75	13.89	29.77285	29.773	273.445	12058.168	0.620	1
35	1.5	13.64	25.51959	25.520	268.524	12326.692	0.723	1
36	1.25	13.39	21.26632	21.266	263.602	12590.294	0.868	1
37	1	13.14	17.01306	17.013	258.680	12848.974	1.085	1
38	0.75	12.89	12.75979	12.760	253.759	13102.733	1.446	1
39	0.5	12.64	8.506529	8.507	248.837	13351.570	2.170	1
40	0.25	12.39	4.253265	4.253	243.916	13595.485	4.339	1

**Lampiran 6. 5** Perhitungan Panjang Ld yang dipakai dalam Perencanaan

Panjang Geotextile di depan bidang longsor					
Jumlah	Koordinat	Koordinat pakai		Koordinat	Ld
n	Y geotextile	x	y	X tepi timbunan	m
1	9	32.16	9	10	22.16
2	9.25	32.16	9.25	10.475	21.685
3	9.5	33.16	9.25	10.95	22.21
4	9.75	33.16	9.25	11.475	21.685
5	10	34.16	9.25	11.95	22.21
6	10.25	34.16	9.25	12.475	21.685
7	10.5	34.16	9.25	12.95	21.21
8	10.75	34.16	9.25	13.475	20.685
9	11	35.16	9.25	13.95	21.21
10	11.25	35.16	9.25	14.475	20.685
11	11.5	35.16	9.25	14.95	20.21
12	11.75	35.16	9.25	15.475	19.685
13	12	36.16	9.25	15.95	20.21
14	12.25	36.16	9.25	16.475	19.685
15	12.5	37.16	9.25	16.95	20.21
16	12.75	37.16	9.25	17.475	19.685
17	13	37.16	9.25	17.95	19.21
18	13.25	37.16	9.25	18.475	18.685
19	13.5	38.16	9.25	18.95	19.21
20	13.75	38.16	9.25	19.475	18.685
21	14	39.16	9.25	19.95	19.21
22	14.25	39.16	9.25	20.475	18.685
23	14.5	39.16	9.25	20.95	18.21
24	14.75	39.16	9.25	21.475	17.685
25	15	40.16	9.25	21.95	18.21
26	15.25	40.16	9.25	22.475	17.685
27	15.5	40.16	9.25	22.95	17.21
28	15.75	40.16	9.25	23.475	16.685
29	16	40.16	9.25	23.95	16.21
30	16.25	40.16	9.25	24.475	15.685
31	16.5	40.16	9.25	24.95	15.21
32	16.75	40.16	9.25	25.475	14.685
33	17	40.16	9.25	25.95	14.21
34	17.25	40.16	9.25	26.475	13.685
35	17.5	40.16	9.25	26.95	13.21
36	17.75	40.16	9.25	27.475	12.685
37	18	40.16	9.25	27.95	12.21
38	18.25	40.16	9.25	28.475	11.685
39	18.5	40.16	9.25	28.95	11.21
40	18.75	40.16	9.25	29.475	10.685

**Lampiran 6. 6** Perhitungan Panjang Lo dan Panjang Total *Geotextile* dipakai dalam Perencanaan

Panjang Total Geotextile							20	1	18.685	0.5	20.185	21	23.175
Jumlah	1 sisi					1/2 Lebar timbunan	21	1	19.21	0.5	20.71	21	22.7
n	Le (m)	Ld (m)	Lo (m)	Ltotal (m)	Lpakai (m)		22	1	18.685	0.5	20.185	21	22.225
1	1	22.16	0.5	23.66	24	32.2	23	1	18.21	0.5	19.71	20	21.75
2	1	21.685	0.5	23.185	24	31.725	24	1	17.685	0.5	19.185	20	21.275
3	1	22.21	0.5	23.71	24	31.25	25	1	18.21	0.5	19.71	20	20.8
4	1	21.685	0.5	23.185	24	30.775	26	1	17.685	0.5	19.185	20	20.325
5	1	22.21	0.5	23.71	24	30.3	27	1	17.21	0.5	18.71	19.525	19.85
6	1	21.685	0.5	23.185	24	29.825	28	1	16.685	0.5	18.185	19.05	19.375
7	1	21.21	0.5	22.71	23	29.35	29	1	16.21	0.5	17.71	18.575	18.9
8	1	20.685	0.5	22.185	23	28.875	30	1	15.685	0.5	17.185	18.1	18.425
9	1	21.21	0.5	22.71	23	28.4	31	1	15.21	0.5	16.71	17.625	17.95
10	1	20.685	0.5	22.185	23	27.925	32	1	14.685	0.5	16.185	17.15	17.475
11	1	20.21	0.5	21.71	22	27.45	33	1	14.21	0.5	15.71	16.675	17
12	1	19.685	0.5	21.185	22	26.975	34	1	13.685	0.5	15.185	16.2	16.525
13	1	20.21	0.5	21.71	22	26.5	35	1	13.21	0.5	14.71	15.725	16.05
14	1	19.685	0.5	21.185	22	26.025	36	1	12.685	0.5	14.185	15.25	15.575
15	1	20.21	0.5	21.71	22	25.55	37	1	12.21	0.5	13.71	14.775	15.1
16	1	19.685	0.5	21.185	22	25.075	38	1	11.685	0.5	13.185	14.3	14.625
17	1	19.21	0.5	20.71	21	24.6	39	1	11.21	0.5	12.71	13.825	14.15
18	1	18.685	0.5	20.185	21	24.125	40	1	10.685	0.5	12.185	13.35	13.675
19	1	19.21	0.5	20.71	21	23.65							

**Lampiran 6. 7** Kebutuhan Panjang Total *Geotextile* pada masing -masing *Initiation-Termination*

L total pada Initiation - Termination (m)																				
Jumlah	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
n	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam
1	18	18	18	21	21	21	20	21	18	20	18	21	18	21	17	24	18	21		
2	18	18	18	21	20	21	20	20	18	19	18	20	17	20	17	24	18	20		
3	18	18	18	21	21	21	20	21	18	20	18	21	18	21	17	24	18	21		
4	18	18	18	21	20	21	20	20	18	19	18	20	17	20	17	24	18	20		
5	18	18	18	21	21	21	20	21	18	20	18	21	18	21	17	24	18	21		
6	18	18	18	21	20	21	20	20	18	19	18	20	17	20	17	24	18	20		
7	17	17	17	20	20	20	19	20	17	19	17	20	17	20	16	23	17	20		
8	17	17	17	20	19	20	19	19	17	18	17	19	16	19	16	23	17	19		
9	17	17	17	20	20	20	19	20	17	19	17	20	17	20	16	23	17	20		
10	17	17	17	20	19	20	19	19	17	18	17	19	16	19	16	23	17	19		
11	16	16	16	19	19	19	18	19	16	18	16	19	16	19	15	22	16	19		
12	16	16	16	19	18	19	18	18	16	17	16	18	15	18	15	22	16	18		
13	16	16	16	19	19	19	18	19	16	18	16	19	16	19	15	22	16	19		
14	16	16	16	19	18	19	18	18	16	17	16	18	15	18	15	22	16	18		
15	16	16	16	19	19	19	18	19	16	18	16	19	16	19	15	22	16	19		
16	16	16	16	19	18	19	18	18	16	17	16	18	15	18	15	22	16	18		
17	15	15	15	18	18	18	17	18	15	17	15	18	15	18	14	21	15	18		
18	15	15	15	18	17	18	17	17	15	16	15	17	14	17	14	21	15	17		
19	15	15	15	18	18	18	17	18	15	17	15	18	15	18	14	21	15	18		
20	15	15	15	18	17	18	17	17	15	17	15	17	14	17	14	21	15	17		

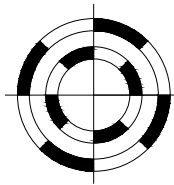
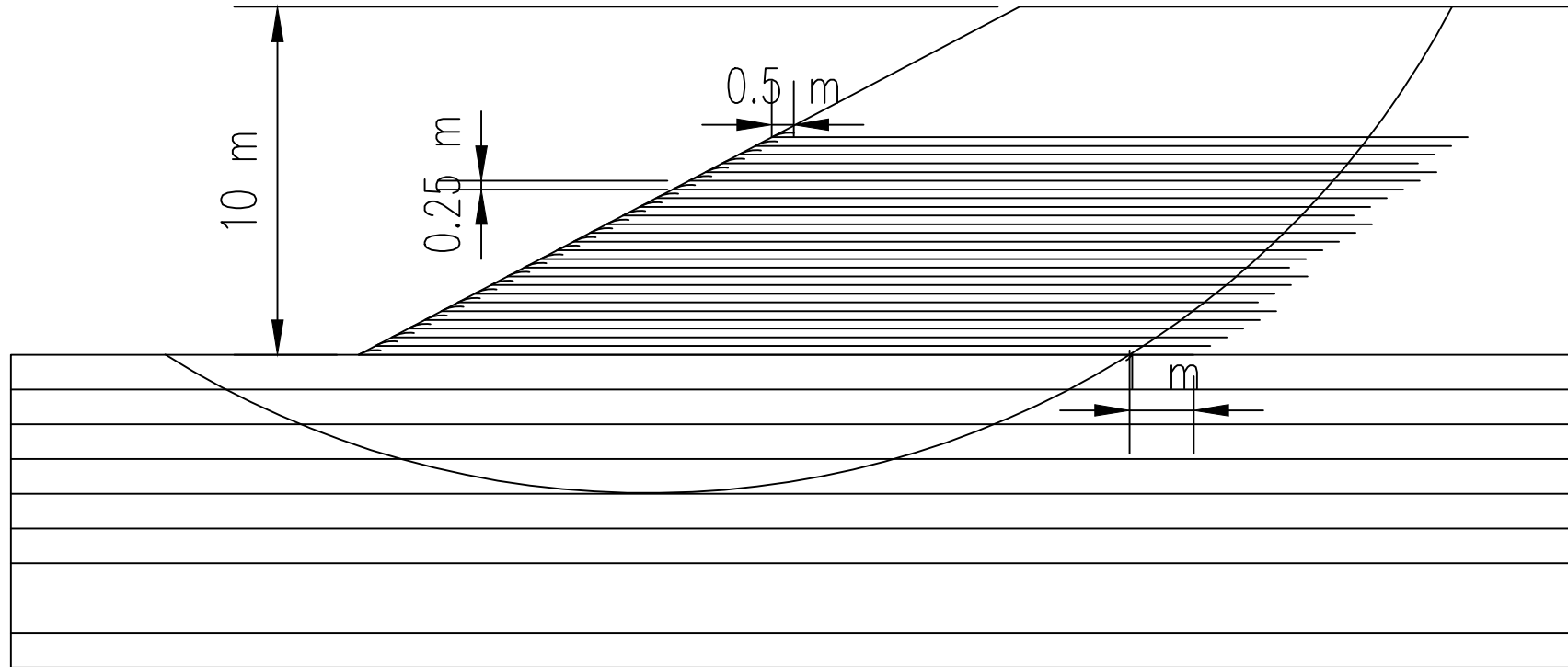


21	15	15	15	18	18	18	17	18	16	17	15	18	15	18	15	21	15	18
22	15	15	15	18	17	18	17	17	15	17	15	17	14	17	14	21	15	17
23	14	14	14	17	17	17	16	17	15	16	14	17	14	17	14	20	14	17
24	14	14	14	17	16	17	16	16	14	16	14	16	13	16	13	20	14	16
25	14	14	14	17	17	17	16	17	15	16	14	17	14	17	14	20	14	17
26	14	14	14	17	16	17	16	16	14	16	14	16	13	16	13	20	14	16
27	14	13	14	16	16	16	15	16	14	15	13	16	13	16	13	19	14	16
28	13	13	13	16	16	16	15	15	13	15	13	15	13	15	12	19	13	15
29	13	12	13	15	15	15	14	15	13	14	12	15	12	15	12	18	13	15
30	12	12	12	15	15	15	14	14	12	14	12	14	12	14	11	18	12	14
31	12	11	12	14	14	14	14	14	12	13	12	14	11	14	11	17	12	14
32	11	11	11	14	14	14	13	13	11	13	11	13	11	13	10	17	11	13
33	11	10	11	13	13	13	13	13	11	12	11	13	10	13	10	16	11	13
34	10	10	10	13	13	13	12	12	11	12	10	12	10	12	10	16	10	12
35	10	9	10	12	13	12	12	12	10	12	10	12	10	12	9	15	10	12
36	10	9	10	12	12	12	12	11	10	11	10	11	9	11	9	15	10	11
37	10	8	10	11	12	11	11	11	10	11	10	11	9	11	9	14	10	11
38	10	8	10	11	0	11	12	10	10	11	10	10	9	10	9	14	10	10
39	10	7	10	10	0	10	12	10	10	12	10	10	10	10	9	13	11	10
40	13	7	13	10	0	10	15	9	13	15	13	9	13	9	12	13	13	9

**Lampiran 6. 8** Kebutuhan Panjang Total *Spunpile* pada masing -masing *Initiation-Termination*

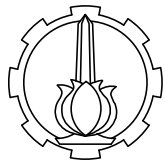
<b>Ltotal pada Initiation - Termination</b>										
	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>	
	SF kecil	R terdalam	SF kecil	<b>R terdalam</b>	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam
Jumlah (n)	15	16	15	<b>19</b>	18	18	18	15	18	
Jarak (m)	1.2	1.4	1.2	<b>1.0</b>	1.1	1.2	1.1	1.2	1.1	

<b>Ltotal pada Initiation - Termination</b>										
<b>6</b>		<b>7</b>		<b>8</b>		<b>9</b>		<b>10</b>		
SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	SF kecil	R terdalam	
18		16	18	16	17	17	17	18	18	
1.1		1.1	1.2	1.2	1.4	1.2	1.4	1.1	1.2	



# PERENCANAAN PEMASANGAN GEOTEXTILE

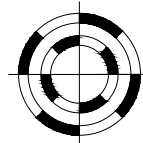
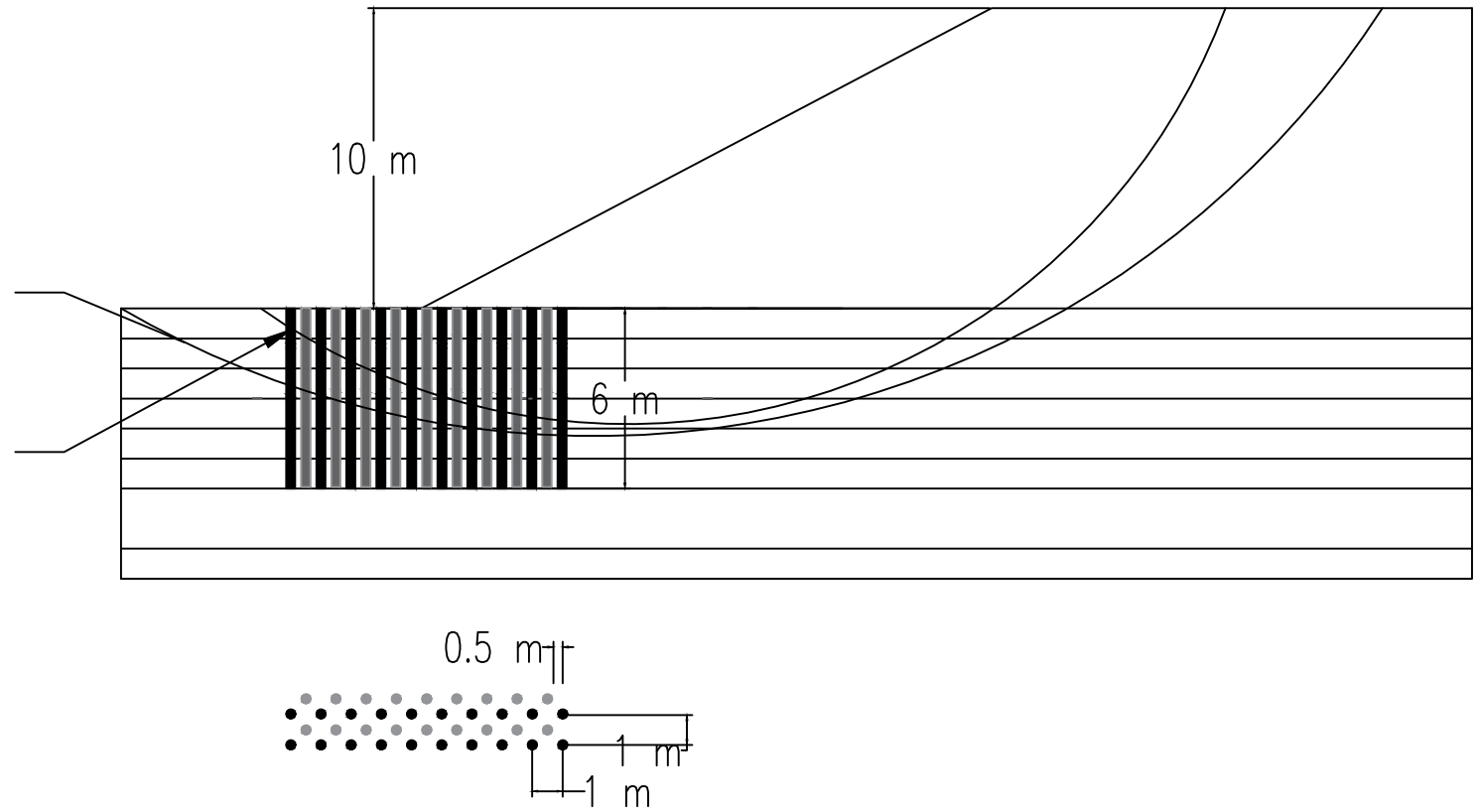
## SKALA 1:500



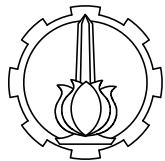
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL,  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA/NRP MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR
TUGAS AKHIR	PROF. Ir. NOOR ENDAH, MSc. PhD Dr. TRIHANYNDIO RENDY S., ST. MT	ROHMAHILLAH AVISKANASYA S. 03111640000035	PERENCANAAN PEMASANGAN GEOTEXTILE	1 : 500	1

Bidang Longsor  
 $SF > 1.5$   
 Bidang Longsor  
 $SF = 1.184$



PERENCANAAN PEMASANGAN SPUNPILE  
 SKALA 1:400



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
 DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER  
 SURABAYA  
 2019

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

PROF. Ir. NOOR ENDAH, MSc. PhD  
 Dr. TRIHANYNDIO RENDY S., ST. MT

NAMA/NRP MAHASISWA

ROHMAHILLAH AVISKANASYA S.  
 0311164000035

JUDUL GAMBAR

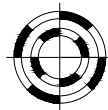
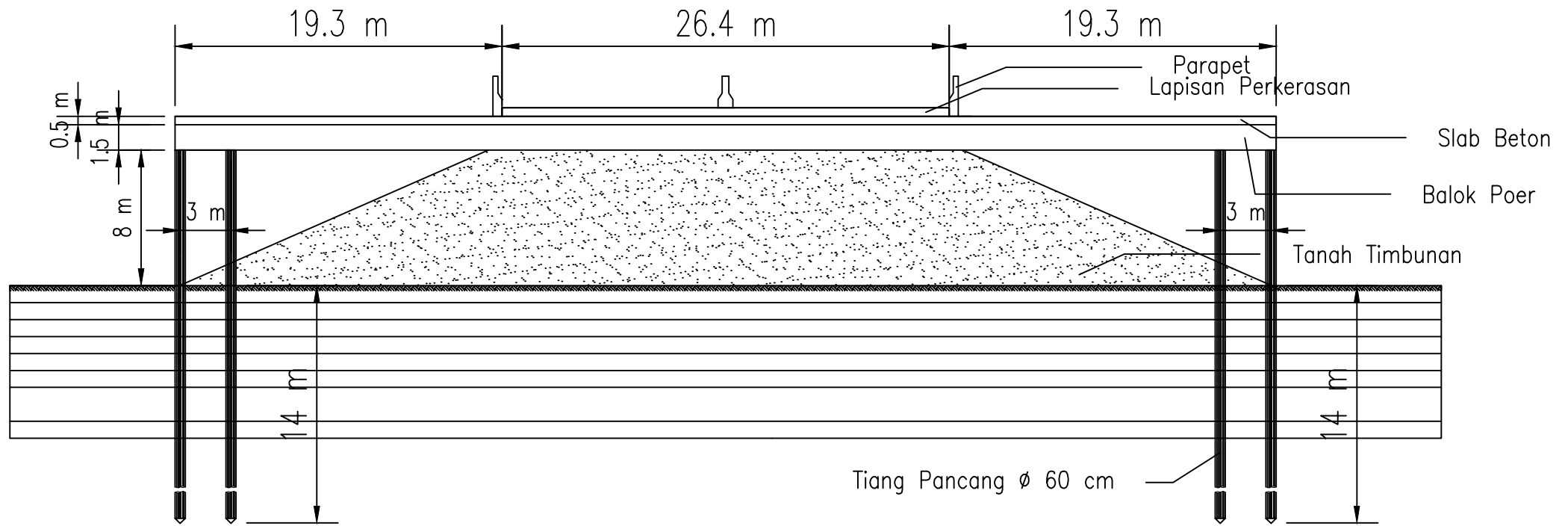
PERENCANAAN PEMASANGAN  
 SPUNPILE

SKALA

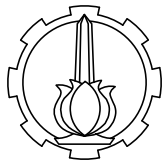
1 : 400

NO. GAMBAR

2



POTONGAN MELINTANG PERENCANAAN SLAB ON PILES  
SKALA 1:300



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA  
2019

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

PROF. Ir. NOOR ENDAH, MSc. PhD  
Dr. TRIHANYNDIO RENDY S., ST. MT

NAMA/NRP MAHASISWA

ROHMAHILLAH AVISKANASYA S.  
03111640000035

JUDUL GAMBAR

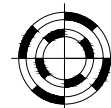
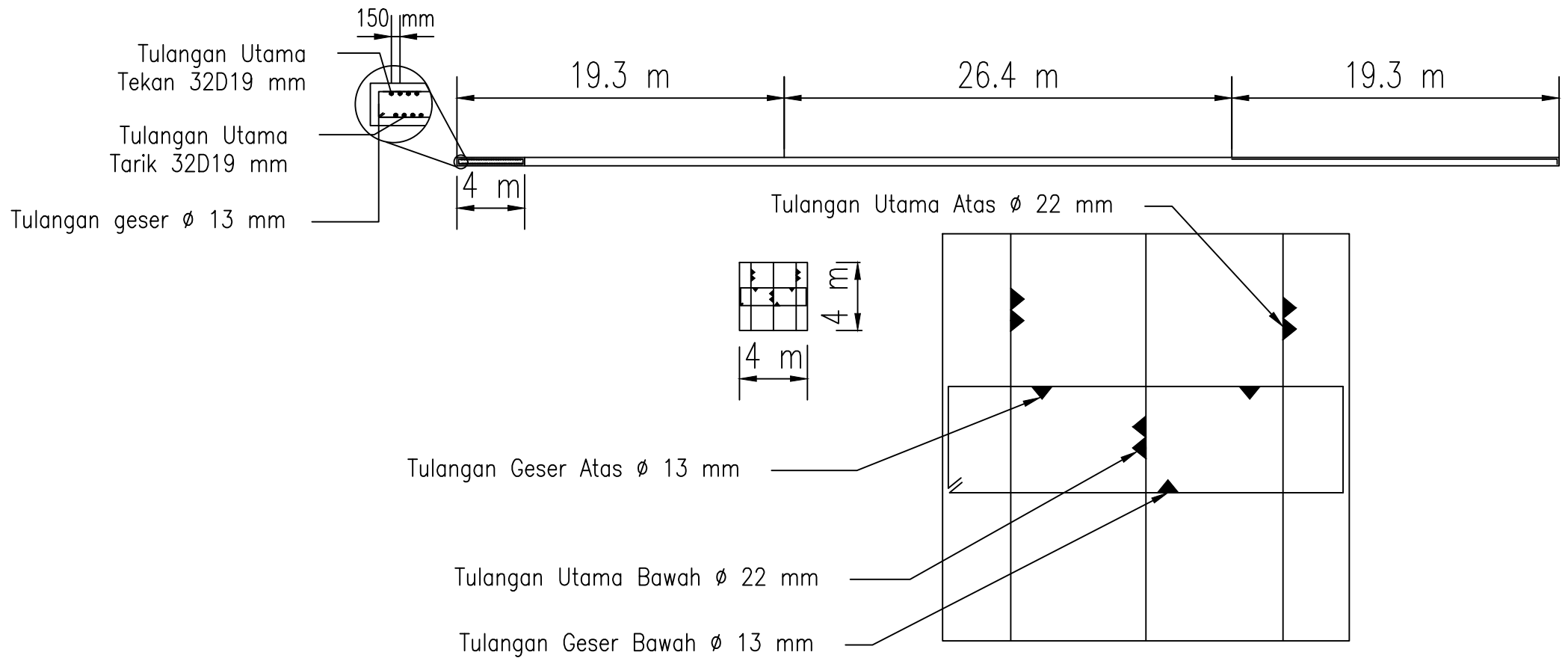
POTONGAN MELINTANG  
PERENCANAAN SLAB ON PILE

SKALA

1 : 300

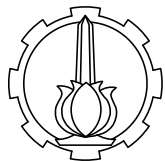
NO. GAMBAR

3



## PENULANGAN SLAB BETON PADA SLAB ON PILES

SKALA 1:300



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL,  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA  
2019

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

PROF. Ir. NOOR ENDAH, MSc. PhD  
Dr. TRIHANYNDIO RENDY S., ST. MT

NAMA/NRP MAHASISWA

ROHMAHILLAH AVISKANASYA S.  
03111640000035

JUDUL GAMBAR

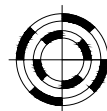
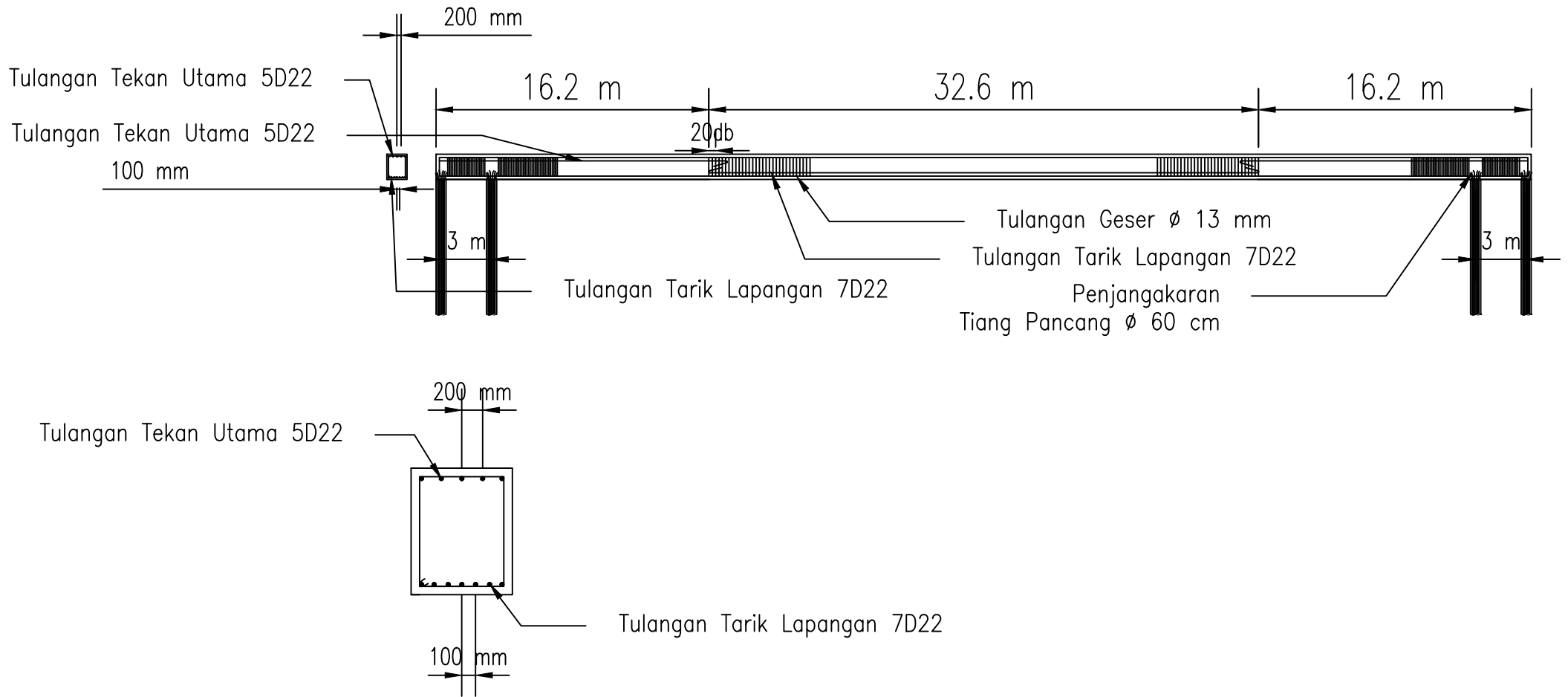
PENULANGAN SLAB BETON  
PADA SLAB ON PILES

SKALA

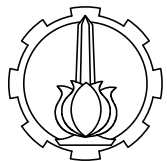
1 : 300

NO. GAMBAR

4



PENULANGAN BALOK POER PADA SLAB ON PILES  
SKALA 1:300



PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN  
DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
SURABAYA  
2019

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN PEMBIMBING

PROF. Ir. NOOR ENDAH, MSc. PhD  
Dr. TRIHANYNDIO RENDY S., ST. MT

NAMA/NRP MAHASISWA

ROHMAHILLAH AVISKANASYA S.  
03111640000035

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN BALOK POER  
PADA SLAB ON PILES

SKALA

1 : 300

NO. GAMBAR

5

# UnggulTex

## POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES

### TECHNICAL SPESIFICATIONS

PROPERTIES	UNIT	TEST METHOD	UW - 150	UW - 200	UW - 250
<b>Physical Properties</b>					
Mass	g/m <sup>2</sup>	ASTM D 5261-92	150	200	250
Thickness	mm	ASTM D 5199-91	0.5	0.6	0.7
Colour	-	-	Black	Black	Black
<b>Mechanical Properties</b>					
Strip Tensile Strength (Wrab/Weft)	kN/m	ASTM D 4595-94	37/35	42/39	52/52
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4595-94	19/18	20/20	20/20
Grap Tensile Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4632-91	1210/1200	1600/1600	1750/1750
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4632-91	14/13	22/22	22/22
Trapezoidal Tear Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4533-91	615/615	700/700	800/800
<b>Hydraulic Properties</b>					
Pore Size O <sub>95</sub>	μm	ASTM D 4751-95	320	275	250
Water Permeability	l/m <sup>2</sup> /sec	100 mm water head	28	16	7.5
<b>Environmental Properties</b>					
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of U.V. Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
<b>Packaging</b>					
Roll Length	m	-	150 - 200	150 - 200	150 - 200
Roll Width	m	-	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Roll Area	m <sup>2</sup>	-	640 - 760	640 - 760	640 - 760
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5
Roll Weight (Approx)	kg	-	96 - 114	128 - 152	160 - 190

All information, illustration and specification are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

**Distributed by :**

**PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL**

Wisma SIER Building, 1<sup>st</sup> Floor, Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293

Tel. 031-8475062 Fax. 031-8475063

Email : info@geosistem.co.id

Website : www.geosistem.co.id



GEOSISTEM CERTIFICATE NO. JKT 6013866 CERTIFICATE NO. JKT 6016676





## GEOSYNTHETICS & INSTRUMENTS

Nomor : TLI/TRD/KOM/100/GEOV/2019  
Lampiran : Brosur dan Spesifikasi Teknik

Surabaya, 28 Mei 2019

Kepada Yth,  
**Bapak Rendy**  
Dosen Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Sukolilo  
Surabaya

### Perihal : Informasi Harga material geosintetik

Dengan hormat,

Bersama ini kami sampaikan informasi harga material Geosintetik berupa :

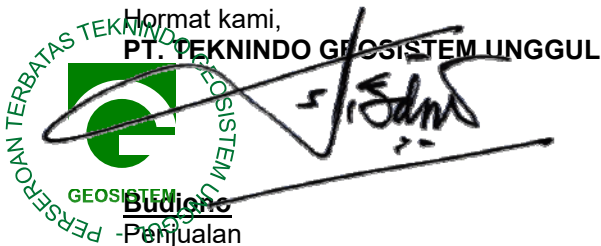
1. Material Geomembrane HDPE
2. Material Geotextile Woven
3. Material Geotextile Nonwoven,
4. Prefabricated Vertical Drain (PVD)
5. Prefabricated Horizontal Drain (PHD)

### Kondisi Informasi harga :

1. Harga belum termasuk PPN10%
2. Harga **franco** alamat di kota Surabaya,
3. Informasi harga merupakan harga Jual PT TGU, belum termasuk keuntungan Kontraktor Utama,
4. Pengadaan material dalam satuan roll (keterangan pada rincian penawaran diatas),
5. Waktu pengadaan :  
Material Lokal 7-14 hari sejak Surat pesanan dan pembayaran kami terima,  
Material Import 45hari sejak Surat pesanan dan pembayaran kami terima
6. Cara Pembayaran dibicarakan saat klarifikasi,
7. Harga penawaran material (terlampir) **tidak termasuk** pemasangan di lokasi proyek,
8. Penawaran harga berlaku **60 hari** sejak tanggal surat penawaran harga ini.

Demikian, terima kasih atas kesempatan dan kepercayaan yang diberikan kepada kami.

Hormat kami,  
**PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL**



PJP : BDN  
RP3 : CTLI-122.05-2019  
FP2 : TLI-122.05.2019

### PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Gedung Wisma SIER, Lantai 1  
Jl. Rungkut Industri Raya No.10, Surabaya 60293  
Telp. 031-8475062 Faks031-8475063  
Email : info@geosistem.co.id  
Website: www.geosistem.co.id



CERTIFICATE NO. JKT 10084923 - JKT 6016676

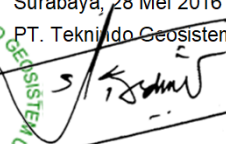
## HARGA SATUAN MATERIAL GEOSINTETIK

### TAHUN 2019

No.	Jenis Produk	Merek	Tipe	tebal	Dimensi	Unit	Harga satuan Material	Minimum Pesanan
<b>I GEOMEMBRANE (MATERIAL)</b>								
1	Geomembrane HDPE	GSE	HDS050	0,50 mm	7,1m x 420m	m2	Rp 22.000,00	17 rol
2	Geomembrane HDPE	GSE	HDS075	0,75 mm	7,0m x 280m	m2	Rp 34.000,00	17 rol
3	Geomembrane HDPE	GSE	HDS100	1,00 mm	7,0m x 210m	m2	Rp 44.000,00	17 rol
4	Geomembrane HDPE	GSE	HDS150	1,50 mm	7,0m x 140m	m2	Rp 66.000,00	17 rol
5	Geomembrane HDPE	GSE	HDS200	2,00 mm	7,0m x 105m	m2	Rp 88.000,00	17 rol
<b>II GEOTEXTILE WOVEN (MATERIAL)</b>								
1	Geotextile Woven	UNGGULTEX	UW-150	0,50 mm	4,0 m X 200 m	m2	Rp 7.500,00	20 rol
2	Geotextile Woven	UNGGULTEX	UW-200	0,60 mm	4,0 m X 200 m	m2	Rp 9.500,00	20 rol
3	Geotextile Woven	UNGGULTEX	UW-250	0,70 mm	4,0 m X 150 m	m2	Rp 12.000,00	20 rol
<b>III GEOTEXTILE NONWOVEN (MATERIAL)</b>								
1	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-150	1,13 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 6.500,00	25 rol
2	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-200	1,25 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 7.500,00	25 rol
3	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-250	1,35 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 9.500,00	25 rol
4	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-300	1,67 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 11.500,00	25 rol
5	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-400	2,15 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 14.000,00	20 rol
6	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-500	3,05 mm	4,0 m X 50 m	m2	Rp 17.500,00	20 rol
7	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-600	4,00 mm	4,0 m X 50 m	m2	Rp 21.000,00	20 rol
<b>IV PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD)</b>								
1	Prefabricated Vertical Drain (Material)	Ceteau Drain	CT-D1008	3,0 mm	320 meter	m	Rp 5.500,00	500 rol
<b>V PREFABRICATED HORIZONTAL DRAIN (PHD)</b>								
1	Prefabricated Vertical Drain (Material)	Ceteau Strip Drain	CT-SD 20-100	20 mm	50 meter	m	Rp 40.000,00	500 rol

PJP : BDN  
 RP3 : CTLI.0122.05-2019  
 FP2 : TLI.0122.05-2019

Surabaya, 28 Mei 2016  
 PT. Teknindo Geosistem Unggul



Budiono  
 Penjualan

## Tiang pancang pratekan pracetak

Spun piles Ø 300 mm [m<sup>1</sup>] Rp. 254.100,00

Spun piles Ø 350 mm [m<sup>1</sup>] Rp. 322.300,00

Spun piles Ø 400 mm [m<sup>1</sup>] Rp. 419.100,00

Spun piles Ø 450 mm [m<sup>1</sup>] Rp. 491.700,00

Spun piles Ø 500 mm [m<sup>1</sup>] Rp. 625.900,00

Spun piles Ø 600 mm [m<sup>1</sup>] Rp. 817.300,00

# DAFTAR HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN

## (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>A</b> <b>24.01.02.04</b>	<b>BANGUNAN GEDUNG</b> <b>Pengangkutan Tanah dr. Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 m</b>		<b>m3</b>	<b>ANALISIS BOW</b> <b>Penggalian Tanah</b> <b>(A.9)</b>	
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,00756123	Orang Hari	171.000	1.293
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,15144414	Orang Hari	145.000	21.959
				<b>Jumlah:</b>	<b>23.252</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>23.252</b>
<b>24.01.02.05</b>	<b>Pengangkutan Lumpur dr Lubang Galian Dalamnya Lebih Dari 1 m</b>		<b>m3</b>	<b>ANALISIS BOW</b> <b>Penggalian Tanah</b> <b>(A.10)</b>	
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,01260205	Orang Hari	171.000	2.155
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,2524069	Orang Hari	145.000	36.599
				<b>Jumlah:</b>	<b>38.754</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>38754</b>
<b>24.01.02.06</b>	<b>Pengangkutan Tanah keluar Proyek</b>		<b>m3</b>		
23.02.04.01.04.F	<b>Upah:</b> Pembantu Tukang	0,2524069	Orang Hari	145.000	36.599
				<b>Jumlah:</b>	<b>36.599</b>
23.02.05.09.04.03.F	<b>Sewa Peralatan:</b> Sewa Dump Truk 5 Ton	0,25	Jam	70.000	17.500
				<b>Jumlah:</b>	<b>17.500</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>54.099</b>
<b>24.01.02.07</b>	<b>Penggalian Tanah Biasa untuk Konstruksi</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008</b> <b>(6.1)</b>	
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,02520409	Orang Hari	171.000	4.310
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,75722069	Orang Hari	145.000	109.797
				<b>Jumlah:</b>	<b>114.107</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>114.107</b>
<b>24.01.02.08</b>	<b>Penggalian Tanah Keras</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008</b> <b>(6.4)</b>	
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,03226124	Orang Hari	171.000	5.517
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1	Orang Hari	145.000	145.000
				<b>Jumlah:</b>	<b>151.913</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>151.913</b>
<b>24.01.02.09</b>	<b>Galian Tanah Cadas/Rabat</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008</b> <b>(6.5)</b>	
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,06048982	Orang Hari	171.000	10.344
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1,51444138	Orang Hari	145.000	219.594
				<b>Jumlah:</b>	<b>229.938</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>229.938</b>
<b>24.01.02.10</b>	<b>Penggalian Tanah Lumpur</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008</b> <b>(6.6)</b>	
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,04536737	Orang Hari	171.000	7.758
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1,2115531	Orang Hari	145.000	175.675
				<b>Jumlah:</b>	<b>183.433</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>183.433</b>
<b>24.01.02.11</b>	<b>Penggalian Lumpur dengan Alat Berat</b>		<b>m3</b>		
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,00705715	Orang Hari	171.000	1.207
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,22817583	Orang Hari	145.000	33.085
				<b>Jumlah:</b>	<b>34.292</b>
23.02.05.09.04.03.F	<b>Sewa Peralatan:</b> Sewa Dump Truk 5 Ton	0,074	Jam	70.000	5.180
23.02.05.11.01.01.F	Sewa Escavator 6m3	0,0528	Jam	153.333	8.096
				<b>Jumlah:</b>	<b>13.276</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>47.568</b>
<b>24.01.02.12</b>	<b>Penggalian Tanah dengan Alat Berat</b>		<b>m3</b>		
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,00705715	Orang Hari	171.000	1.207
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,22817583	Orang Hari	145.000	33.085
				<b>Jumlah:</b>	<b>34.292</b>
23.02.05.09.04.03.F	<b>Sewa Peralatan:</b> Sewa Dump Truk 5 Ton	0,067	Jam	70.000	4.690
23.02.05.11.01.01.F	Sewa Escavator 6m3	0,067	Jam	153.333	10.273
				<b>Jumlah:</b>	<b>14.963</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>49.256</b>

# DAFTAR HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN

## (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>A</b>	<b>BANGUNAN GEDUNG</b>				
<b>24.01.02.13</b>	<b>Pengurugan Tanah Kembali untuk Konstruksi</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 03-2835-2002 pek.tanah bangunan sederhana (6.8)</b>	
23.02.04.01.02.F	<u>Upah:</u> Kepala Tukang / Mandor	0,05040819	Orang Hari	171.000	8.620
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,50481379	Orang Hari	145.000	73.198
				<b>Jumlah:</b>	<b>81.818</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>81.818</b>
<b>24.01.02.14</b>	<b>Pengurugan tanah dengan pemadatan</b>		<b>m3</b>		
23.02.04.01.02.F	<u>Upah:</u> Kepala Tukang / Mandor	0,01008164	Orang Hari	171.000	1.724
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,30288828	Orang Hari	145.000	43.919
				<b>Jumlah:</b>	<b>45.643</b>
20.01.01.04.06.F	<u>Bahan:</u> Tanah Urug	1,2	M3	140.667,00	168.800,40
				<b>Jumlah:</b>	<b>168.800</b>
23.02.05.12.01.06.F	<u>Sewa Peralatan:</u> Sewa Alat Bantu 1set @ 3 alat	8	M3	1.100,00	8.800,00
				<b>Jumlah:</b>	<b>8.800</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>223.243</b>
<b>24.01.02.15</b>	<b>Pengurugan Pasir (PADAT)</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008 (6.11)</b>	
23.02.04.01.02.F	<u>Upah:</u> Kepala Tukang / Mandor	0,01008164	Orang Hari	171.000	1.724
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,30288828	Orang Hari	145.000	43.919
				<b>Jumlah:</b>	<b>45.643</b>
20.01.01.04.01.F	<u>Bahan:</u> Pasir Urug	1,2	M3	177.000,00	212.400,00
				<b>Jumlah:</b>	<b>212.400</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>258.043</b>
<b>24.01.02.16</b>	<b>Pengurugan Sirtu (PADAT)</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008 (6.15)</b>	
23.02.04.01.02.F	<u>Upah:</u> Kepala Tukang / Mandor	0,02520409	Orang Hari	171.000	4.310
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,2524069	Orang Hari	145.000	36.599
				<b>Jumlah:</b>	<b>40.909</b>
20.01.01.04.05.F	<u>Bahan:</u> Sirtu	1,2	M3	205.000,00	246.000,00
				<b>Jumlah:</b>	<b>246.000</b>
23.02.05.11.06.12.F	<u>Sewa Peralatan :</u> Sewa Stemper	0,0088	Jam	113.700,00	1.000,56
				<b>Jumlah:</b>	<b>1.001</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>287.909</b>
<b>24.01.02.17</b>	<b>Pengurugan PUDEL 1 KP: 5 TL</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008 (6.13)</b>	
23.02.04.01.02.F	<u>Upah:</u> Kepala Tukang / Mandor	0,0806531	Orang Hari	171.000	13.792
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,04032655	Orang Hari	171.000	6.896
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,40357949	Orang Hari	156.000	62.958
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,80770207	Orang Hari	145.000	117.117
				<b>Jumlah:</b>	<b>200.763</b>
20.01.01.04.08.F	<u>Bahan:</u> Tanah Katel	1,24	M3	130.000,00	161.200,00
20.01.01.05.07.06.F	Kapur Pasang	0,248	M3	99.000,00	24.552,00
				<b>Jumlah:</b>	<b>185.752</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>386.515</b>
<b>24.01.02.18</b>	<b>Tanah Urug Katel</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008 (6.15)</b>	
23.02.04.01.02.F	<u>Upah:</u> Kepala Tukang / Mandor	0,02520409	Orang Hari	171.000	4.310
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,2524069	Orang Hari	145.000	36.599
				<b>Jumlah:</b>	<b>40.909</b>
20.01.01.04.08.F	<u>Bahan:</u> Tanah Katel	1,2	M3	130.000,00	156.000,00
				<b>Jumlah:</b>	<b>156.000</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>196.909</b>
<b>24.01.02.19</b>	<b>Pengurugan Sirtu dengan Pemadatan Menggunakan Alat Berat</b>		<b>m3</b>		
23.02.04.01.02.F	<u>Upah:</u> Kepala Tukang / Mandor	0,02117144	Orang Hari	171.000	3.620
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,2524069	Orang Hari	145.000	36.599
				<b>Jumlah:</b>	<b>40.219</b>
20.01.01.04.05.F	<u>Bahan:</u> Sirtu	1,2	M3	205.000	246.000
				<b>Jumlah:</b>	<b>246.000</b>

# DAFTAR HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN

## (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>A</b>	<b>BANGUNAN GEDUNG</b>				
	<b>Sewa Peralatan:</b>				
23.02.05.09.04.02.F	Sewa Truk Tangki Air min 5 jam	0,012	Hari	527.000	6.324
23.02.05.09.04.03.F	Sewa Dump Truk 5 Ton	0,088	Jam	70.000	6.160
23.02.05.11.01.01.F	Sewa Escavator 6m3	0,022	Jam	153.333	3.373
23.02.05.11.06.03.F	Sewa Pneumatic Tire Roller Min 5 jam	0,004	Jam	243.500	974
23.02.05.11.06.07.F	Sewa Motor Grader 125 - 140 pk Min 5 jam	0,008	Jam	304.400	2.435
23.02.05.11.08.01.F	Sewa Vibrator Roller Min 5 jam	0,012	Jam	149.400	1.793
				<b>Jumlah:</b>	<b>21.059</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>307.279</b>
<b>24.01.02.20</b>	<b>Pengerukan Saluran (manual)</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,04032655	Orang Hari	171.000	6.896
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,40385103	Orang Hari	145.000	58.558
				<b>Jumlah:</b>	<b>65.454</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.38.01.F	Glangsing 25 kg (isi 150 kg sedimen)	12	Lembar	2.667	32.004
				<b>Jumlah:</b>	<b>32.004</b>
	<b>Sewa Peralatan :</b>				
23.02.05.09.04.03.F	Sewa Dump Truk 5 Ton		Jam	70.000	6.160
				<b>Jumlah:</b>	<b>6.160</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>103.618</b>
<b>24.01.02.22</b>	<b>Pemadatan Tanah</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008 (6.10)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,05040819	Orang Hari	171.000	8.620
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,50481379	Orang Hari	145.000	73.198
				<b>Jumlah:</b>	<b>81.818</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>81.818</b>
<b>24.01.02.23</b>	<b>Pekerjaan 1m2 Lapisan Ijuk tebal 10cm</b>		<b>Kg</b>	<b>SNI 2835:2008 (6.14)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,01512246	Orang Hari	171.000	2.586
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,15144414	Orang Hari	145.000	21.959
				<b>Jumlah:</b>	<b>24.545</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.44.01.F	Ijuk	6	Kg	14.800	88.800
				<b>Jumlah:</b>	<b>88.800</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>113.345</b>
<b>24.01.02.24</b>	<b>Pengerukan Saluran (alat berat)</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,00705715	Orang Hari	171.000	1.207
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,22817583	Orang Hari	145.000	33.085
				<b>Jumlah:</b>	<b>34.292</b>
	<b>Sewa Peralatan :</b>				
23.02.05.09.04.03.F	Sewa Dump Truk 5 Ton	0,64	Jam	70.000	44.800
23.02.05.11.01.01.F	Sewa Escavator 6m3	0,15	Jam	153.333	23.000
				<b>Jumlah:</b>	<b>67.800</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>102.092</b>
<b>24.01.02.25</b>	<b>Pengurugan Abu Batu</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 2835:2008 (6.15)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,02520409	Orang Hari	171.000	4.310
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,2524069	Orang Hari	145.000	36.599
				<b>Jumlah:</b>	<b>40.909</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.04.07.F	Abu Batu	1,2	M3	182.000,00	218.400,00
				<b>Jumlah:</b>	<b>218.400</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>259.309</b>

# DAFTAR HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN

## (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>B</b>	<b>PEKERJAAN PONDASI</b>				
<b>24.02.01.23</b>	<b>Pembuatan Lubang Strous Pile diameter 30 cm kedalam 3 m</b>		<b>Titik</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,0726	Orang Hari	171.000	12.413
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1,4539	Orang Hari	145.000	210.810
				<b>Jumlah:</b>	<b>223.223</b>
	<b>Sewa Peralatan:</b>				
23.02.05.12.01.05.F	Sewa Alat Bantu Strouss Pile	1,2000	Jam	11.000	13.200
				<b>Jumlah:</b>	<b>13.200</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>236.423</b>
<b>24.02.01.24</b>	<b>Pemakaian Spesi Campuran Strous Pile (1 Pc : 1,5 Ps : 2,5 Kr)</b>		<b>m3</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,0252	Orang Hari	171.000	4.310
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,0807	Orang Hari	171.000	13.792
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,2522	Orang Hari	156.000	39.349
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	1,6659	Orang Hari	145.000	241.553
				<b>Jumlah:</b>	<b>299.004</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.02.F	Semen PC 50 Kg	7,1603	Zak	72.700	520.554
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,4882	M3	272.500	133.035
20.01.01.05.07.02.F	Batu Krikil Beton	0,8137	M3	255.000	207.494
				<b>Jumlah:</b>	<b>861.082</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1.160.086</b>
<b>24.02.01.25</b>	<b>Pemancangan Tiang Pancang m1 (≥ 200m)</b>		<b>m1</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,1261	Orang Hari	156.000	19.675
				<b>Jumlah:</b>	<b>19.675</b>
	<b>Bahan:</b>				
22.01.01.03.05.01.F	Tiang Pancang	1,0000	Batang	155.500	155.500
				<b>Jumlah:</b>	<b>155.500</b>
	<b>Sewa Peralatan:</b>				
23.02.05.11.03.01.F	Sewa Crane 30 ton - Min. 8 Jam (Termasuk Mob/Demob Operator BBM)	0,2180	Jam	146.500	31.937
23.02.05.11.10.01.F	Sewa Hammer Tiang Pancang min. 8 jam (Termasuk Mob/Demob Operator BBM)	0,2180	Jam	204.700	44.625
				<b>Jumlah:</b>	<b>76.562</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>251.736</b>
<b>24.02.01.26</b>	<b>Pemancangan Batu Acak atau Batu Alam</b>		<b>m2</b>		
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,0151	Orang Hari	171.000	2.586
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,1514	Orang Hari	145.000	21.959
				<b>Jumlah:</b>	<b>24.545</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.05.07.01.F	Batu Alam Candi, Rata Mesin	10,6700	M2	110.000	1.173.700
				<b>Jumlah:</b>	<b>1.173.700</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1.198.245</b>

# DAFTAR HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN

## (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>C</b>	<b>STRUKTUR UTAMA</b>				
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0,2	Liter	30.100	6.020
				<b>Jumlah:</b>	<b>243.432</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>397.683</b>
<b>24.03.01.22</b>	<b>Pekerjaan Bekisting Tangga</b>		<b>m2</b>	<b>SNI 7394:2008 (6.26)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,0332694	Orang Hari	171.000	5.689
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,3329531	Orang Hari	156.000	51.941
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,6663542	Orang Hari	145.000	96.621
				<b>Jumlah:</b>	<b>154.251</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.28.04.04.F	Paku Usuk	0,4	Kg	14.800	5.920
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	0,35	Lembar	105.000	36.750
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0,03	M3	3.350.400	100.512
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,015	M3	4.711.500	70.673
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0,15	Liter	30.100	4.515
				<b>Jumlah:</b>	<b>218.370</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>372.621</b>
<b>24.03.01.23</b>	<b>Pekerjaan Pondasi Beton Bertulang (150 kg besi + Bekisting)</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 7394:2008 (6.28)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,2641389	Orang Hari	171.000	45.168
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,3116333	Orang Hari	156.000	204.615
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,2774609	Orang Hari	156.000	43.284
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,0593962	Orang Hari	156.000	165.266
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	5,3510262	Orang Hari	145.000	775.899
				<b>Jumlah:</b>	<b>1.234.231</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	58.500	491.400
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,54	M3	272.500	147.150
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	M3	278.000	225.180
20.01.01.09.01.01.F	Besi Beton Polos	157,5	Kg	13.500	2.126.250
20.01.01.28.04.04.F	Paku Usuk	1,5	Kg	14.800	22.200
20.01.01.35.01.01.F	Kawat Beton	2,25	Kg	26.900	60.525
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0,2	M3	3.350.400	670.080
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0,4	Liter	30.100	12.040
				<b>Jumlah:</b>	<b>3.754.825</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>4.989.056</b>
<b>24.03.01.24</b>	<b>Pekerjaan Sloof Beton Bertulang (200 kg besi + Bekisting)</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 7394:2008 (6.29)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,3256369	Orang Hari	171.000	55.684
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,57396	Orang Hari	156.000	245.538
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,2774609	Orang Hari	156.000	43.284
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,4125282	Orang Hari	156.000	220.354
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	5,7043959	Orang Hari	145.000	827.137
				<b>Jumlah:</b>	<b>1.391.997</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	58.500	491.400
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,54	M3	272.500	147.150
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	M3	278.000	225.180
20.01.01.09.01.01.F	Besi Beton Polos	210	Kg	13.500	2.835.000
20.01.01.28.04.04.F	Paku Usuk	2	Kg	14.800	29.600
20.01.01.35.01.01.F	Kawat Beton	3	Kg	26.900	80.700
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0,27	M3	3.350.400	904.608
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	0,6	Liter	30.100	18.060
				<b>Jumlah:</b>	<b>4.731.698</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>6.123.695</b>
<b>24.03.01.25</b>	<b>Pekerjaan Balok Beton Bertulang (200 kg besi + Bekisting)</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 7394:2008 (6.31)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,3357185	Orang Hari	171.000	57.408
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,6647654	Orang Hari	156.000	259.703
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,2774609	Orang Hari	156.000	43.284
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,4125282	Orang Hari	156.000	220.354
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	6,4111352	Orang Hari	145.000	929.615
				<b>Jumlah:</b>	<b>1.510.364</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	58.500	491.400
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,54	M3	272.500	147.150
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	M3	278.000	225.180
20.01.01.09.01.01.F	Besi Beton Polos	210	Kg	13.500	2.835.000
20.01.01.28.04.04.F	Paku Usuk	3,2	Kg	14.800	47.360
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	2,8	Lembar	105.000	294.000
20.01.01.35.01.01.F	Kawat Beton	3	Kg	26.900	80.700
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0,32	M3	3.350.400	1.072.128



# DAFTAR HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN

## (HSPK)

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>C</b>	<b>STRUKTUR UTAMA</b>				
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,14	M3	4.711.500	659.610
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	1,6	Liter	30.100	48.160
				<b>Jumlah:</b>	<b>5.900.688</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>7.411.052</b>
<b>24.03.01.26</b>	<b>Pekerjaan Kolom Beton Bertulang (150 kg besi + Bekisting)</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 7394:2008 (6.28)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,2671634	Orang Hari	171.000	45.685
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,3116333	Orang Hari	156.000	204.615
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,2774609	Orang Hari	156.000	43.284
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,0593962	Orang Hari	156.000	165.266
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	5,3510262	Orang Hari	145.000	775.899
				<b>Jumlah:</b>	<b>1.234.748</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	58.500	491.400
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,54	M3	272.500	147.150
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	M3	278.000	225.180
20.01.01.09.01.01.F	Besi Beton Polos	157,5	Kg	13.500	2.126.250
20.01.01.28.04.04.F	Paku Usuk	3,2	Kg	14.800	47.360
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	2,8	Lembar	105.000	294.000
20.01.01.35.01.01.F	Kawat Beton	2,25	Kg	26.900	60.525
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0,32	M3	3.350.400	1.072.128
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,12	M3	4.711.500	565.380
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	1,6	Liter	30.100	48.160
				<b>Jumlah:</b>	<b>5.077.533</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>6.312.281</b>
<b>24.03.01.27</b>	<b>Pekerjaan Kolom Beton Bertulang (300 kg besi + Bekisting)</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 7394:2008 (6.30)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,40629	Orang Hari	171.000	69.476
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,6647654	Orang Hari	156.000	259.703
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,2774609	Orang Hari	156.000	43.284
23.02.04.01.03.F	Tukang	2,1187923	Orang Hari	156.000	330.532
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	7,1178745	Orang Hari	145.000	1.032.092
				<b>Jumlah:</b>	<b>1.735.086</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	58.500	491.400
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,54	M3	272.500	147.150
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	M3	278.000	225.180
20.01.01.09.01.01.F	Besi Beton Polos	315	Kg	13.500	4.252.500
20.01.01.28.04.04.F	Paku Usuk	4	Kg	14.800	59.200
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	3,5	Lembar	105.000	367.500
20.01.01.35.01.01.F	Kawat Beton	4,5	Kg	26.900	121.050
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0,4	M3	3.350.400	1.340.160
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,15	M3	4.711.500	706.725
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	2	Liter	30.100	60.200
				<b>Jumlah:</b>	<b>7.771.065</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>9.506.151</b>
<b>24.03.01.28</b>	<b>Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 kg besi + Bekisting)</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 7394:2008 (6.33)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,2641389	Orang Hari	171.000	45.168
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,3116333	Orang Hari	156.000	204.615
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,2774609	Orang Hari	156.000	43.284
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,0593962	Orang Hari	156.000	165.266
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	5,3510262	Orang Hari	145.000	775.899
				<b>Jumlah:</b>	<b>1.234.231</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	58.500	491.400
20.01.01.04.04.F	Pasir Cor	0,54	M3	272.500	147.150
20.01.01.05.04.01.F	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	M3	278.000	225.180
20.01.01.09.01.01.F	Besi Beton Polos	157,5	Kg	13.500	2.126.250
20.01.01.28.04.04.F	Paku Usuk	3,2	Kg	14.800	47.360
20.01.01.34.02.F	Plywood Uk .122x 244 x 9 mm	2,8	Lembar	105.000	294.000
20.01.01.35.01.01.F	Kawat Beton	2,25	Kg	26.900	60.525
20.01.01.43.04.05.F	Kayu Meranti Bekisting	0,24	M3	3.350.400	804.096
20.01.01.43.04.07.F	Kayu Meranti Balok 4/6, 5/7	0,16	M3	4.711.500	753.840
20.01.02.01.03.F	Minyak Bekisting	1,6	Liter	30.100	48.160
				<b>Jumlah:</b>	<b>4.997.961</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>6.232.192</b>
<b>24.03.01.29</b>	<b>Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (200 kg besi + Bekisting)</b>		<b>m3</b>	<b>SNI 7394:2008 (6.34)</b>	
	<b>Upah:</b>				
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,3256369	Orang Hari	171.000	55.684
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,4125282	Orang Hari	156.000	220.354
23.02.04.01.03.F	Tukang	1,57396	Orang Hari	156.000	245.538
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,2774609	Orang Hari	156.000	43.284
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	5,7043959	Orang Hari	145.000	827.137
				<b>Jumlah:</b>	<b>1.391.997</b>
	<b>Bahan:</b>				
20.01.01.02.01.F	Semen PC 40 Kg	8,4	Zak	58.500	491.400

**DAFTAR HARGA SATUAN POKOK KEGIATAN**

**(HSPK)**

NOMOR	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
<b>G</b>	<b>PEKERJAAN FINISHING</b>				
20.01.01.16.05.F	<b>Bahan:</b> Got Talang R.15 (1/2 lingkaran)	1	Buah	33.500	33.500
				<b>Jumlah:</b>	<b>33.500</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>92.406</b>
<b>24.07.03.06</b>	<b>Pemasangan Dasar Saluran R.25 (1/2 lingkaran)</b>		<b>m</b>		
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,0153241	Orang Hari	171.000	2.620
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,3069268	Orang Hari	145.000	44.504
				<b>Jumlah:</b>	<b>47.125</b>
20.01.01.16.06.F	<b>Bahan:</b> Got Talang R.25 (1/2 lingkaran)	1	Buah	38.000	38.000
				<b>Jumlah:</b>	<b>38.000</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>85.125</b>
<b>24.07.03.07</b>	<b>Pekerjaan Cor Beton Tutup Urung-Urung 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr</b>		<b>m3</b>		
24.03.01.07	<b>Upah:</b> Pekerjaan Beton K-225	1	m3	1.105.613	1.105.613
24.03.01.14	Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos/ulir)	160	kg	16.826	2.692.115
24.03.01.20	Pekerjaan Bekisting Lantai	1,2	m2	407.630	489.156
				<b>Jumlah:</b>	<b>4.286.884</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>4.286.884</b>
<b>24.07.03.08</b>	<b>Pekerjaan Plat Tutup Beton (1 Pc : 2 Ps : 3 Kr)</b>		<b>m3</b>		
24.03.01.07	<b>Upah:</b> Pekerjaan Beton K-225	1	m3	1.105.613	1.105.613
24.03.01.14	Pekerjaan Pembesian dengan besi beton (polos/ulir)	100	kg	16.826	1.682.572
24.03.01.20	Pekerjaan Bekisting Lantai	1,2	m2	407.630	489.156
				<b>Jumlah:</b>	<b>3.277.340</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>3.277.340</b>
<b>24.07.03.09</b>	<b>Pemasangan Pipa Air Bersih diameter 1/2"</b>		<b>m</b>		
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,0018147	Orang Hari	171.000	310
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,006049	Orang Hari	171.000	1.034
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,0605369	Orang Hari	156.000	9.444
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,0363466	Orang Hari	145.000	5.270
				<b>Jumlah:</b>	<b>16.059</b>
20.05.01.02.01.01.F	<b>Bahan:</b> Pipa Plastik PVC Tipe AW Uk. 1/2 Pj. 4 mtr	0,3	Batang	32.000	9.600
20.05.01.02.01.01.F	Pipa Plastik PVC Tipe AW Uk. 1/2 Pj. 4 mtr	0,105	Batang	32.000	3.360
				<b>Jumlah:</b>	<b>12.960</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>29.019</b>
<b>24.07.03.10</b>	<b>Pemasangan Pipa Air Bersih diameter 3/4"</b>		<b>m</b>		
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,0018147	Orang Hari	171.000	310
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,006049	Orang Hari	171.000	1.034
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,0605369	Orang Hari	156.000	9.444
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,0363466	Orang Hari	145.000	5.270
				<b>Jumlah:</b>	<b>16.059</b>
20.05.01.02.01.02.F	<b>Bahan:</b> Pipa Plastik PVC Tipe AW Uk. 3/4 Pj. 4 mtr	0,3	Batang	37.000	11.100
20.05.01.02.01.02.F	Pipa Plastik PVC Tipe AW Uk. 3/4 Pj. 4 mtr	0,105	Batang	37.000	3.885
				<b>Jumlah:</b>	<b>14.985</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>31.044</b>
<b>24.07.03.11</b>	<b>Pemasangan Pipa Air Bersih diameter 1"</b>		<b>m</b>		
23.02.04.01.02.F	<b>Upah:</b> Kepala Tukang / Mandor	0,0018147	Orang Hari	171.000	310
23.02.04.01.02.F	Kepala Tukang / Mandor	0,006049	Orang Hari	171.000	1.034
23.02.04.01.03.F	Tukang	0,0605369	Orang Hari	156.000	9.444
23.02.04.01.04.F	Pembantu Tukang	0,0363466	Orang Hari	145.000	5.270
				<b>Jumlah:</b>	<b>16.059</b>
20.05.01.02.01.03.F	<b>Bahan:</b> Pipa Plastik PVC Tipe AW Uk. 1 Pj. 4 mtr	0,3	Batang	44.000	13.200
20.05.01.02.01.03.F	Pipa Plastik PVC Tipe AW Uk. 1 Pj. 4 mtr	0,105	Batang	44.000	4.620
				<b>Jumlah:</b>	<b>17.820</b>
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>33879</b>

## **BIODATA PENULIS**



Rohmahillah Aviskanasya Septiandri dilahirkan di Lumajang, 22 September 1998. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Yosowilangun Kidul dan lulus pada tahun 2010, SMPN 1 Yosowilangun dan lulus pada tahun 2013, dan SMAN 2 Lumajang dan lulus pada tahun 2016. Pada tahun 2016 penulis mengikuti Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan diterima di Institut

Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan Jurusan Teknik Sipil FTSPK, terdaftar dengan NRP 03111640000035.

Di jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan ITS, pada semester tujuh penulis mengambil bidang peminatan Geoteknik. Penulis sempat aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil ITS bidang Sosial Masyarakat selama 2 periode dan juga aktif pada beberapa kegiatan seminar maupun kemahasiswaan yang diselenggarakan oleh jurusan maupun Himpunan Mahasiswa Sipil ITS.

e-mail : [rohmahillah22@gmail.com](mailto:rohmahillah22@gmail.com)