



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *PRELOADING* DAN
GEOTEXTILE ENCASED STONE COLUMN PADA TANAH
ORGANIK DI JALAN TOL TRANS SUMATERA
PEMATANG PANGGANG - KAYU AGUNG**

AZZAM AL HANIF
NRP 0311144000041

Dosen Pembimbing :
Putu Tantri Kumalasari, ST.,MT
Dr. Yudhi Lastiasih, ST.,MT

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



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *PRELOADING* DAN
GEOTEXTILE ENCASED STONE COLUMN PADA TANAH
ORGANIK DI JALAN TOL TRANS SUMATERA
PEMATANG PANGGANG - KAYU AGUNG**

AZZAM AL HANIF
NRP 0311144000041

Dosen Pembimbing :
Putu Tantri Kumalasari, ST.,MT
Dr. Yudhi Lastiasih, ST.,MT

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

**PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH
DASAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE
PRELOADING DAN GEOTEXTILE ENCASED STONE
COLUMN PADA TANAH ORGANIK DI JALAN TOL
TRANS SUMATERA PEMATANG PANGGANG - KAYU
AGUNG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil Fakultas
Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AZZAM AL HANIF

Nrp. 0311144000041

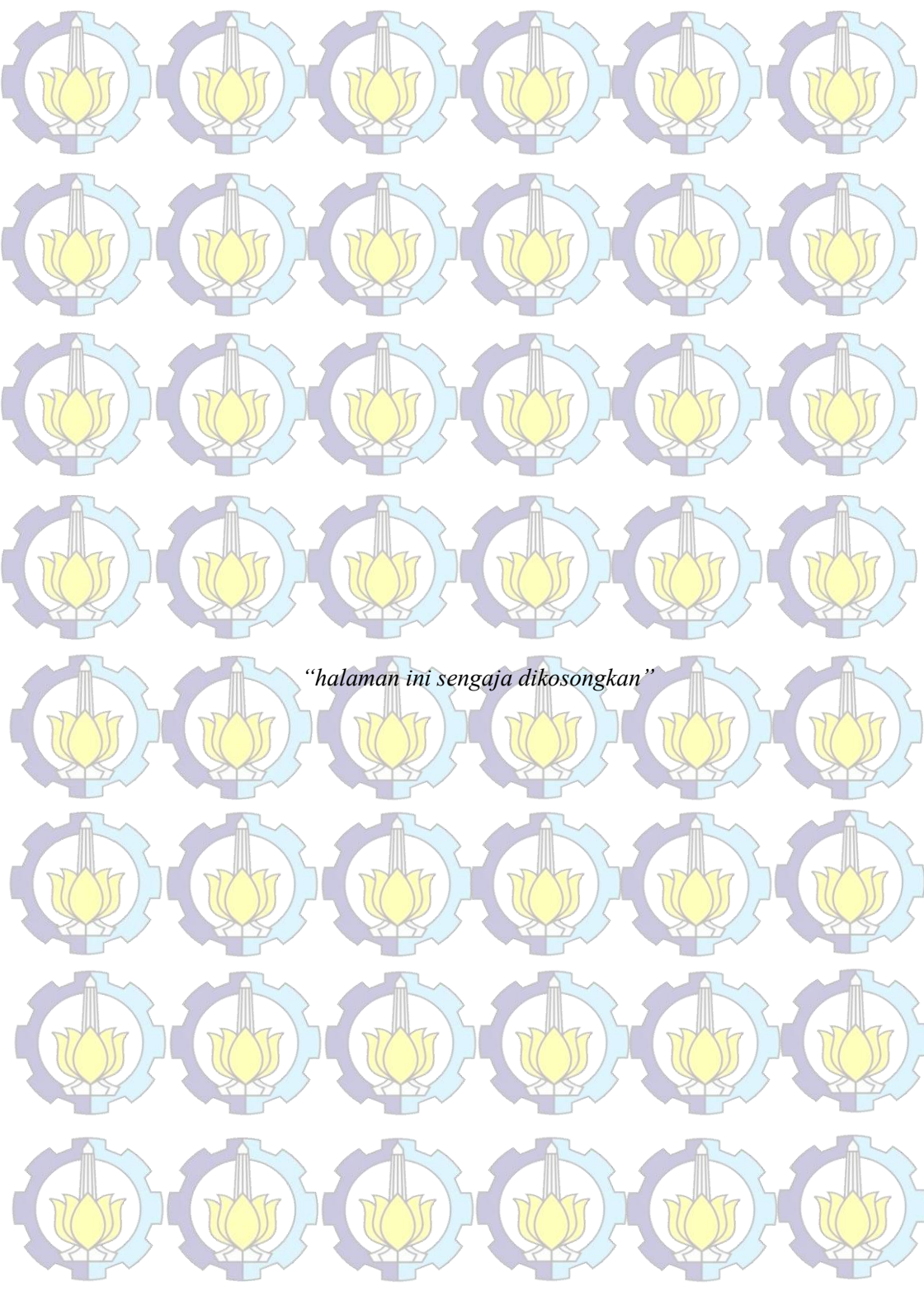
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Putu Tantri Kumalasari, ST, MT

2. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT



SURABAYA, JANUARI 2020



“halaman ini sengaja dikosongkan”

**Perencanaan Timbunan dan Perbaikan tanah Dengan
Menggunakan Metode *Preloading* Dan *Geotextile
Encased Stone Column* Pada Tanah Organik Di Jalan
Tol Trans Sumatera Pematang Panggang - Kayu Agung**

Nama Mahasiswa : Azzam Al Hanif
NRP : 031114 40000 041
Departemen : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing 1 : Putu Tantri S., S.T, M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Dr.Yudhi Lastiasih, S.T,M.T.

ABSTRAK

Perkembangan infrastruktur di Indonesia semakin maju dengan rencana pengembangan wilayah Indonesia di luar Jawa yang dilakukan oleh pemerintah. Pada tugas akhir kali ini penulis membahas mengenai pembangunan jalan tol di Pematang Panggang - Kayu Agung, Sumatra Selatan. Tanah yang ditemui di lapangan pada perencanaan kali ini terdapat tanah organik yang cukup tebal yaitu setebal 5m sebelum menemukan tanah lempung dibawahnya. Oleh karena itu metode perhitungan pemampatan yang direncanakan berbeda dengan tanah kempung dibawahnya.

*Sifat tanah organik adalah tanah tersebut akan langsung memampat disaat terkena beban dilanjutkan dengan pemampatan sekunder yang sangat lambat. Pada tanah organik kita tidak bisa menggunakan metode pemampatan yang di ajukan oleh Terzaghi karena grafik e vs $\log \epsilon$ yang didapatkan merupakan garis lengkung yang cekung pada beban tinggi dan cembung pada beban rendah. Sedangkan tanah pada lapisan dibawahnya yang merupakan tanah lunak lempung, bisa tetap menggunakan metode Terzaghi. Oleh karena itu, penulis akan menggunakan metode reologi untuk pemampatannya dan dilanjutkan dengan metode *preloading* dan juga *geotextile encase stone column* untuk metode perbaikan dan perkuatan pada tanah dasar.*

Hasil akhir pada perencanaan kali ini adalah pemampatan pada tanah gambut terjadi sangat cepat setelah mengalami pembebanan yaitu 1.4m pada tahun pertama sedangkan pada tanah lempung pemampatan terjadi sangat sedikit yaitu antara 0.15-0.46 cm. Dikarenakan differential settlement per tahunnya melebihi 2cm pada 5-7 tahun pertama maka perencanaan perkuatan akan menggunakan Prevacricated Vertical Drain (PVD) dan Geotextile Encased Stone Column.

Kata kunci: Organik, GESC, PVD, Geotextile

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir mengenai “Perencanaan Timbunan dan Perbaikan tanah Dengan Menggunakan Metode *Preloading* Dan *Geotextile Encased Stone Column* Pada Tanah Organik Di Jalan Tol Trans Sumatera Pematang Panggang - Kayu Agung”.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Orang tua yang telah mendidik dan dengan sabar mendukung penulis sehingga meraih capaian sekarang ini.
2. Bu Putu Tantri S.T,M.T. selaku dosen pembimbing pertama yang telah membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bu Dr Yudhi Lastiasih, S.T.M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman Teknik Sipil ITS yang telah mendukung dan memberikan semangat dalam penulisan tugas akhir inil ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya civitas akademika Teknik Sipil ITS.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Kata Pengantar.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penyusunan.....	4
1.5 Manfaat Penyusunan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Karakteristik tanah.....	6
2.2 Analisa Parameter Tanah.....	6
2.2.1 Klasifikasi Tanah.....	6
2.2.2 Pendekatan Korelasi dan Rumus Empiris.....	7
2.3 Pemampatan tanah.....	8
2.3.1 Pemampatan Gibson dan Lo.....	8
2.3.2 Pemampatan dengan metodologi Terzaghi.....	9
2.3.3 Waktu Pemampatan Tanah Dasar.....	12
2.4 Perencanaan Timbunan.....	14
2.4.1 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal (Hinitial).....	14
2.4.2 Analisa Stabilitas Timbunan.....	15
2.4.3 Perencanaan timbunan bertahap.....	15
2.4.4 Perhitungan daya dukung tanah.....	15
2.5 <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD).....	16
2.5.1 Menentukan Kedalaman Optimal PVD.....	17
2.5.2 Pola Pemasangan PVD.....	17
2.5.3 Waktu pemampatan PVD.....	19
2.6 <i>Prefabricated Horizontal Drain</i> (PHD).....	22
2.7 Perkuatan Timbunan Menggunakan <i>Geotextile</i>	22

2.8	Geotextile Encased Stone Column.....	25
2.8.1	Analisis Tegangan.....	27
2.8.2	Tekanan Lateral Kolom dan Tanah.....	29
2.8.3	Lapisan Pembungkus dari <i>Geotextile</i>	30
2.8.4	Keseimbangan Tegangan Horizontal.....	30
2.8.5	<i>Stone Column</i> Sebagai Stabilitas Timbunan.....	31
BAB III METODOLOGI.....		34
3.1	Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir.....	34
3.2	Penjelasan Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir.....	36
BAB IV DATA DAN ANALISIS.....		39
4.1	Data Tanah.....	39
4.1.1	Data Tanah Asli.....	39
4.1.2	Data Tanah Timbunan.....	42
4.2	Data Untuk Desain dan Analisis.....	43
4.2.1	Data Beban.....	43
4.2.2	Data Spesifikasi Bahan.....	44
BAB V PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERKUATAN TANAH DASAR.....		46
5.1	Perencanaan Timbunan.....	46
5.1.1	Pemampatan Tanah Dasar.....	47
5.1.2	Perhitungan Tinggi Timbunan Awal ($H_{inisial}$) dan Tinggi Timbunan Akhir (H_{final}).....	54
5.2	Perbaikan Tanah Dasar.....	56
5.2.1	Pemampatan Tanpa PVD.....	56
5.2.2	Perhitungan <i>Differential Settlement</i>	58
5.2.3	Perencanaan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD) untuk Mempercepat Pemampatan.....	59
5.3	Perencanaan Timbunan Bertahap.....	62
5.4	Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar.....	66
5.5	Perhitungan Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap.....	67
5.5.1	Pemampatan timbunan terhadap tanah gambut.....	68
5.5.2	Pemampatan timbunan terhadap tanah lempung.....	70

BAB VI PERENCANAAN PERKUATAN STABILITAS	
TIMBUNAN.....	74
6.1 Analisa Geo5.....	74
6.2 Perencanaan <i>Geotextile</i>	75
6.3 Perencanaan Geotextile Encased Stone Column (GESC).....	78
BAB VII PEMILIHAN ALTERNATIF BERDASARKAN	
BIAYA MATERIAL..... 87	
7.1 Perhitungan Biaya Material.....	87
BAB VIII KESIMPULAN.....91	
8.1 Kesimpulan.....	91
BAB IX DAFTAR PUSTAKA.....93	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tampak atas rencana jalan tol Trans Sumatera Pematang Panggang -Kayu Agung, Sumatera Selatan, Indonesia (Sumber: PT Waskita Karya (Persero) Tbk).....	2
Gambar 1.2 Topografi jalan tol trans sumatera Pematang Panggang- Kayuagung, Sumatera Selatan, Indonesia (Sumber: bumh.go.id).....	3
Gambar 1.3 Perencanaan <i>Cross Section</i> jalan tol trans sumatera Pematang Panggang - Kayuagung, Sumatera Selatan, Indonesia (Sumber: PT. Waskita Karya).....	3
Gambar 2.1 Model Reologi untuk pemampatan sekunder (Gibson dan Lo, 1961).....	9
Gambar 2.2 Visualisasi dan Notasi $\Delta\sigma'$ (sumber : Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012).....	11
Gambar 2.3 Kebutuhan tinggi awal timbunan akibat pemampatan tanah dasar.....	14
Gambar 2.4 Ilustrasi penimbunan secara bertahap (Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012).....	15
Gambar 2.5 Pola Pemasangan Segitiga ($D = 1,05 \times s$).....	18
Gambar 2.6 Pola Pemasangan Segiempat ($D = 1.13$).....	18
Gambar 2.7 Diameter Ekuivalen PVD.....	20
Gambar 2.8 Sistem kolaborasi Prefabricated Vertical Drain dan Prefabricated Horizontal Drain.....	22
Gambar 2.9 Penggunaan <i>Goetextile</i> Pada Lereng Timbunan Tanah (Sumber: Mochtar, 2000).....	23
Gambar 2.10 Model perhitungan dari geotextile-encased stone column (sumber: Huesker Syntetic GmbH).....	27
Gambar 2.11 Analisa stabilitas embankment (Sumber: U.S Department Transportation Federal Highway Administration)	31
Gambar 3.1 Diagram alir penyusunan tugas.....	35
Gambar 4.1 Cross Section Timbunan Perencanaan (sumber : Laporan Geotek PT Waskita, 2016).....	43

Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Tinggi Timbunan dengan Beban Lalu Lintas (sumber: Japanese Association Road (1986)).	44
Gambar 5.1 Grafik antara σ dan parameter a (sumber : Materi Kuliah Gambut S2, 2018).	48
Gambar 5.2 Grafik antara σ dan parameter b. (sumber : Materi Kuliah Gambut S2, 2018).	49
Gambar 5.3 Grafik Hubungan antara Hinisial dan Hfinal pada tanah organik (sumber : hasil analisa).	51
Gambar 5.4 Grafik Hubungan antara Sc dan Hfinal pada tanah organik (sumber : hasil analisa).	51
Gambar 5.5 Grafik Hubungan antara Hinisial dan Hfinal di STA 149+200 (sumber : hasil analisa).	55
Gambar 5.6 Grafik Hubungan antara Sc dan Hfinal di STA 149+200 (sumber: hasil analisa).	55
Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Waktu dengan Pemampatan (sumber : hasil analisa).	57
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Differential Settlement per tahun pada setiap STA (Sumber: Hasil Analisa).	59
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi Rata – Rata pada Pemasangan Pola Segitiga pada STA 149+200 (sumber : hasil analisa).	61
Gambar 5.10 Analisa Stabilitas Timbunan STA149+200 dengan ketinggian timbunan 5.5m (sumber : hasil Geo5).	62
Gambar 5.11 STA149+200 Analisa Stabilitas Timbunan dengan ketinggian timbunan 4.5m. (sumber : hasil Geo5).	63
Gambar 5.12 STA149+200 Analisa Stabilitas Timbunan dengan ketinggian timbunan 3m. (sumber : hasil Geo5).	63
Gambar 5.13 STA149+200 Analisa Stabilitas Timbunan dengan ketinggian timbunan 1.5m (sumber : hasil Geo5).	64
Gambar 5.14 Analisa Stabilitas Timbunan STA149+200 dengan ketinggian timbunan 1m (sumber : hasil Geo5).	64
Gambar 5.15 Grafik hubungan antara tinggi timbunan dan SF (sumber : hasil Geo5).	65
Gambar 5.16 Grafik hubungan antara Sc dan Q tanah gambut (Sumber: Hasil analisa).	70

Gambar 5.17 Grafik Pemampatan Tanah akibat Penimbunan Bertahap (sumber: hasil analisa).....	73
Gambar 6.1 Hasil Analisa Geo5 STA 149+200 (sumber : hasil Analisa).....	74
Gambar 6.2 Ilustrasi Konsep Unit Cell (sumber : hasil analisa)..	80
Gambar 6.3 Ilustrasi Parameter (sumber : hasil analisa)	84
Gambar 7.1 Ilustrasi Pemasangan PVD dan PHD (sumber : hasil analisa).....	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Korelasi Berdasarkan Nilai N-SPT (sumber : J. E. Bowless, 1984).....	7
Tabel 2.2 Tabel Korelasi Berdasarkan Nilai γ (sumber : J. E. Bowless, 1984).....	8
Tabel 2.3 Faktor Reduksi Kekuatan <i>Geotextile</i>	24
Tabel 4.1 Data Tanah Organik (sumber : Tugas Akhir Mila Wardani, 2008).....	40
Tabel 4.2 Data Tanah Lempung (sumber : Laporan Geotek PT Waskita, 2016).....	40
Tabel 4.3 Tabel Korelasi Data Tanah Dengan SPT (sumber : J.E. Bowles (1984)).....	41
Tabel 4.4 Tabel Korelasi Data Tanah Dengan γ Tanah (sumber: Biarez dan Favre(1984))	42
Tabel 4.5 Data Tanah Dasar (sumber : hasil analisa).....	42
Tabel 4.6 Tinggi Timbunan Rencana Setiap STA (sumber: hasil analisa).....	43
Tabel 5.1 Variasi Tinggi dan Beban Timbunan di STA 149+200	47
Tabel 5.2 Parameter Pemampatan Lapisan Tanah Gambut Hasil Laboratorium (sumber : Marzuki, 2004).....	47
Tabel 5.3 Parameter Pemampatan Marzuki pada saat $\epsilon=76.6$ kPa (sumber : Marzuki, 2004).....	48
Tabel 5.4 Rekap H Inisial dan H final untuk setiap tegangan (sumber : hasil analisa).....	50
Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Hinisial, Hfinal, dan Sc di STA 149+200 (sumber: hasil Analisa).....	55
Tabel 5.6 Besarnya Derajat Konsolidasi dan Pemampatan Berdasarkan Waktu (sumber : hasil analisa).....	57
Tabel 5.7 Perhitungan nilai <i>Differential Settlement</i>	64
Tabel 5.8 Rekap hasil dari analisa Geo5 (sumber : hasil Geo5)	65

Tabel 5.9 Tegangan yang terjadi pada setiap lapis tanah gambut (Sumber: Hasil analisa).....	68
Tabel 5.10 Nilai a dan b pada setiap lapisan (Sumber: Hasil analisa).....	69
Tabel 5.11 Pemampatan pada setiap lapis gambut (Sumber: Hasil analisa).....	70
Tabel 6.1 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Geotextile (sumber: hasil analisa).....	77
Tabel 6.2 Rekapitulasi Tegangan Horisontal akibat Kolom (sumber: hasil analisa).....	83
Tabel 6.3 Rekapitulasi Tegangan Horisontal akibat Tanah di Sekitar Kolom.....	83
Tabel 6.4 Perhitungan Tegangan Efektif Stone Columnn (sumber: hasil analisa).....	85
Tabel 6.5 Perhitungan Nilai Kuat Geser (sumber: hasil analisa).	85
Tabel 6.6 Gaya Geser Maksimum akibat Stone Column (sumber : hasil analisa).....	85
Tabel 7.1 Total Biaya Material Perbaikan Tanah STA 47+700 (sumber : hasil analisa).....	89
Tabel 7.2 Pembagian Alternatif Perencanaan Perbaikan Tanah (sumber : hasil analisa).....	90
Tabel 7.3 Rekapitulasi total biaya alternatif (sumber : hasil analisa).....	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir provinsi yang mengalami perkembangan yang paling pesat adalah Sumatera Selatan. Perkembangan ini sendiri tidak terlepas dari banyaknya event internasional yang dipercayakan kepada kota Palembang. Dimulai dari *ASIAN GAMES* 2018, *World Cup U-20* 2021, dan yang terbaru adalah rencana Indonesia dalam mencalonkan diri pada *World Cup* tingkat senior. Oleh karena itu, seiring dengan berlangsungnya event tersebut perkembangan pesat dari segi infrastruktur terjadi di provinsi Sumatera Selatan tersebut. Berbagai macam jalur transportasi baru dibangun demi menunjang perkembangan pesat kota-kota di Sumatera. Hal ini juga sesuai dengan agenda presiden Jokowi dengan membangun akses jalan yang mudah untuk Indonesia di luar Jawa. Bagian yang akan ditinjau pada tugas akhir kali ini adalah jalan tol bagian bagian Pematang Panggan - Kayu Agung. (Gambar 1.1).

Panjang jalan tol trans Sumatera Pematang Panggan - Kayuagung ini adalah 85.6 km (Gambar 1.2). Perencanaan timbunan yang akan dibangun memakai tinggi H-rencana 5m dengan kemiringan 1:2 (Gambar 1.3). Lahan sekitar area pembangunan merupakan perkebunan kelapa sawit atau persawahan. Jalan tol yang akan ditinjau pada Tugas akhir ini terletak pada STA 149+200 - STA 152 +000 dengan jenis tanah organik setebal ± 5 m diikuti dengan tanah lempung. Data tanah bisa dilihat di lampiran.

Tanah organik merupakan tanah yang memiliki sifat permeabilitas yang tinggi yaitu sangat mudah menyerap air yang merupakan penyebab utama dari berbagai permasalahan kerusakan jalan. Tanah organik juga memiliki tingkat konsolidasi yang sangat tinggi yaitu kemampuan menyusut tanah tersebut sangat tinggi. Jika diganti dan dibuang, tanah organik ini bisa menimbulkan masalah karena mudah terbakar, sehingga solusinya adalah dimampatkan. Tanah organik juga memiliki daya dukung yang sangat rendah. Oleh karena itu dibutuhkan perbaikan khusus pada tanah organik tersebut.

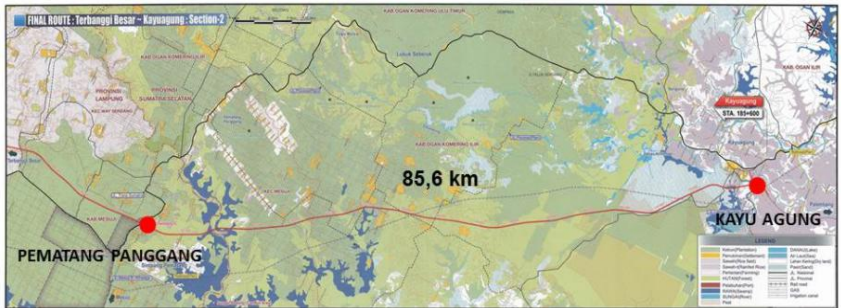
Dibawah tanah organik, tanah dasar pada proyek ini adalah tanah lempung. Tanah ini juga tergolong sebagai tanah dengan daya dukung yang sangat rendah sehingga tanah tersebut sangat beresiko terjadi kelongsoran apabila dibangun dengan dibangun jalan tol di atasnya. Nilai NSPT pada proyek kali ini adalah $NSPT < 10$ sampai kurang lebih kedalaman 12m.

Berdasarkan data yang telah didapatkan, proyek ini dibangun diatas tanah yang organik dan lempung sehingga kurangnya daya dukung untuk membangun timbunan jalan di atasnya. Oleh karena itu, perbaikan tanah sangat dibutuhkan dalam pembangunan jalan tol tersebut. Penulis mengusulkan menggunakan *preloading* dan dipercepat dengan PVD untuk mengatasi tanah organik dan menggunakan perkuatan *Geotextile Encased Stone Column*. Secara praktik, PVD tidak berpengaruh banyak terhadap lapisan tanah gambut karena tanah gambut mempunyai pemampatan primer yang sangat cepat dan mempunyai pemampatan sekunder yang sedikit berbeda. Oleh karena itu, PVD hanya akan efektif bekerja dilapisan tanah lunak setelah tanah organik.

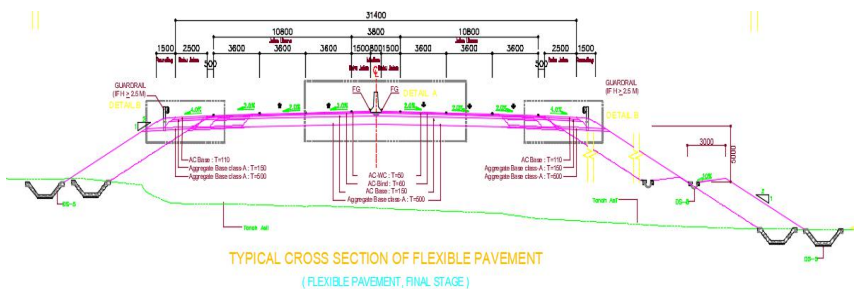
Sedangkan untuk proses pemampatannya dilakukan dua perlakuan yang berbeda. Pada tanah lapisan atas yang merupakan tanah gambut akan dilakukan pemampatan dengan metode Gibson dan Lo, sedangkan untuk tanah lunak dibawahnya akan dilakukan pemampatan dengan metode yang lebih umum yaitu menggunakan metode Terzaghi.



Gambar 1.1 Tampak atas rencana jalan tol Trans Sumatera Pematang Panggang -Kayu Agung, Sumatera Selatan, Indonesia (Sumber: PT Waskita Karya (Persero) Tbk)



Gambar 1.2 Topografi jalan tol trans sumatera Pematang Panggang-Kayuagung, Sumatera Selatan, Indonesia (Sumber: bumh.go.id)



Gambar 1.3 Perencanaan *Cross Section* jalan tol trans sumatera Pematang Panggang - Kayuagung, Sumatera Selatan, Indonesia (Sumber: PT. Waskita Karya)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi tanah pada sepanjang area perencanaan jalan tol trans sumatera Pematang Panggang - Kayuagung?
2. Berapa besar pemampatan (*settlement*) yang terjadi pada tanah organik dan lempung akibat beban timbunan?
3. Berapa besar beban preloading untuk perbaikan tanah dasar?
4. Apakah perbaikan tanah dasar memerlukan PVD atau tidak?
5. Bagaimana hasil peningkatan daya dukung tanah dasar setelah PVD?

6. Berapa kebutuhan *Geotextile* pada perencanaan timbunan bertahap
7. Berapa kebutuhan *Geotextile* pada *Geotextile Encased Stone Column*?
8. Bagaimana distribusi pembebanan antara tanah dasar dan kolom batu pada perencanaan *Geotextile Encased Stone Column*?
9. Bagaimana hasil akhir perencanaan perkuatan tanah dasar menggunakan metode timbunan bertahap dan *Geotextile Encased Stone Column*?

1.3 Batasan Masalah

Dalam perencanaan ini, terdapat beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Data tanah merupakan data sekunder
2. Tidak membahas metode pelaksanaan
3. Tidak merencanakan drainase jalan
4. Hanya menghitung biaya material geoteknik saja
5. Tidak menghitung biaya metode konstruksi

1.4 Tujuan Penyusunan

1. Mengetahui kondisi tanah pada sepanjang area perencanaan jalan tol trans sumatera Pematang Panggang - Kayuagung?
2. Mengetahui besar pemampatan (*settlement*) yang terjadi pada tanah organik dan lempung akibat timbunan?
3. Mengetahui besar beban preloading untuk perbaikan tanah dasar?
4. Mengetahui apakah PVD diperlukan untuk perbaikan tanah dasar atau tidak?
5. Mengetahui hasil peningkatan daya dukung tanah dasar setelah PVD?
6. Mengetahui kebutuhan *Geotextile* pada perencanaan timbunan bertahap
7. Mengetahui kebutuhan *Geotextile* pada *Geotextile Encased Stone Column*?
8. Mengetahui distribusi pembebanan antara tanah dasar dan kolom batu pada perencanaan *Geotextile Encased Stone Column*?

9. Mengetahui hasilakhir perencanaan perkuatan tanah dasar menggunakan metode timbunan bertahap dan *Geotextile Encased Stone Column*?

1.5 Manfaat Penyusunan

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perbaikan tanah pada tanah organik dan menjadi panduan perencanaan pembanguna jalan tol trans sumatera Pematang Panggang – Kayuagung.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik tanah

Tanah adalah susunan material yang terdiri dari butiran – butiran mineral dan kandungan bahan organik yang disertai dengan endapan mineral mineral lainnya. Didalam tanah terdapat rongga yang terdiri dari air dan udara yang mengisi diantara mineral padat penyusun tanah itu sendiri. Proses pembentukan mineral tanah berasal dari pelapukan batuan, baik secara fisika maupun kimia. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis – jenis tanah.

2.2 Analisa Parameter Tanah

2.2.1 Klasifikasi Tanah

Dikarenakan tanah mempunyai karakteristik dan sifat yang berbeda-beda, maka diperlukan pengelompokan jenis tanah berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Sistem klasifikasi yang sering dipakai ada 2, yaitu USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Menurut metode pengelompokan ini jenis – jenis tanah dibagi berdasarkan fraksi tanah/ukuran butirnya yaitu kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*). Tanah juga memiliki parameter – parameter penting yaitu berat volume (γ), sudut geser tanah (ϕ), dan kohesi tanah (C).

Kohesi tanah merupakan daya rekat antara partikel tanah dengan partikel tanah lainnya. Pada umumnya, tanah dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan tingkat kohesi yang dimiliki jenis tanah tersebut. Tanah yang memiliki tingkat kohesi yang signifikan akan dikelompokkan sebagai tanah kohesif (*Cohesive Soil*) sedangkan tanah yang memiliki tingkat kohesive yang rendah akan dikelompokkan sebagai tanah non-kohesif (*Non Cohesive Soil*). Contoh tanah kohesif adalah lanau dan lempung, sedangkan tanah non – kohesif contohnya kerikil dan pasir.

Sudut geser tanah adalah besar sudut yang terbentuk pada partikel – partikel dalam tanah akibat adanya beban yang muncul. Tanah kohesif cenderung tidak memiliki sudut geser tanah, sedangkan tanah

non – kohesif memiliki sudut geser tanah. Perilaku dan konsistensi tanah dari jenis ini pula berbeda satu sam lainnya.

2.2.2 Pendekatan Korelasi dan Rumus Empiris

Pendekatan korelasi dan rumus empiris adalah suatu metode untuk mendapatkan nilai dari parameter tanah yang tidak didapatkan dari hasil laboratorium. Pendekatan empiris ini menggunakan tabel parameter yang menghubungkan nilai N- SPT dengan parameter tanah lainnya, tabel parameter ini ditunjukkan pada **Tabel 2.1**, sedangkan korelasi berdasarkan nilai γ ditunjukkan pada **Tabel 2.2** baik untuk tanah kohesif maupun non – kohesif.

Tabel 2.1 Tabel Korelasi Berdasarkan Nilai N-SPT (sumber : J. E. Bowless, 1984)

		<i>Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent</i>				
N (blows)		0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ (KN/m ³)		-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
ϕ (°)		-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
State		<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)		0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
		<i>Cohesive Soil/Sol Cohérent</i>				
N (blows)		< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (KN/m ³)		14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
q _u (kPa)		< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
Consistency		<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

Tabel 2.2 Tabel Korelasi Berdasarkan Nilai γ (sumber : Biarez, 1984)

Sifat tanah		γ_s		e	n	W_{at}	γ_{sat}	K			C_c		σ		$m_v = 1/E$		
		g/cm ³	lb/cb ft					cm/s	ft/year	lugcon	cm ² /s	ft ² /year	bars	psi	cm ² /kg	ft ² /ton	
Silt, Clay	lunak	0.5	31.25	4.40	0.80	163.0	1.31										
		0.6	37.50	3.50	0.78	129.60	1.38										
		0.7	43.75	2.86	0.74	105.8	1.44										
		0.8	50.00	2.38	0.70	88.0	1.50										
		0.9	56.25	2.00	0.67	74.1	1.57										
	rata-rata	1.0	62.50	1.70	0.63	63.0	1.63										
		1.1	68.75	1.45	0.59	53.9	1.69										
		1.2	75.00	1.25	0.56	46.3	1.76										
		1.3	81.25	1.08	0.52	39.9	1.82										
		1.4	87.50	0.93	0.48	34.4	1.88										
Gravel, Sand	sand	1.5	93.75	0.80	0.44	29.6	1.94										
		1.6	100.00	0.69	0.41	25.5	2.04										
		1.7	106.25	0.59	0.37	21.8	2.07										
		1.8	112.50	0.50	0.33	18.5	2.13										
		1.9	118.75	0.42	0.30	15.6	2.20										
	gravel	2.0	125.00	0.35	0.26	13.0	2.26										
		2.1	131.25	0.29	0.22	10.6	2.32										
		2.2	137.50	0.23	0.19	8.4	2.39										
		2.3	143.75	0.17	0.15	6.4	2.45										
		2.4	150.00	0.13	0.11	4.63	2.51										
2.5	156.25	0.080	0.074	2.96	2.57												
2.6	162.50	0.038	0.037	1.42	2.64												
2.7	168.75	0.000	0.000	0.00	2.70												

Catatan: 100 kPa = 100 kN/m² = 1 bar = 1.02 kg/cm²

2.3 Pemampatan tanah

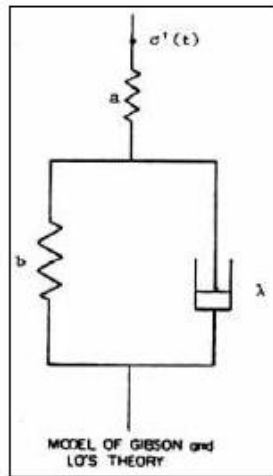
Pemampatan pada tanah dasar adalah proses deformasi partikel tanah yang menyebabkan pori pori tanah mengecil dengan cara diberikan beban diatas tanah tersebut. Dikarenakan pori pori didalam tanah mengecil, maka rongg tanah yang diisi air atau udara juga akan mengecil sehingga air dan udara tersebut keluar dari pori pori tanah. Dalam tugas akhir ini pemampatan terjadi akibat diberikan timbunan dan beban preloading diatas tanah dasar yang disebut pemampatan konsolidasi (*Consolidation Settlement*).

Pada tugas akhir kali ini, perhitungan pemampatan akan dibagi menjadi 2, yaitu perhitungan pemampatan menggunakan rumusan Gibson dan L_0 untuk tanah organik dan pemampatan dengan rumusan Terzhagi untuk tanah lempung.

2.3.1 Pemampatan dengan metode Gibson dan L_0

Pemampatan model Reologi ini menggunakan hasil dari eksperimen Gibson dan L_0 (1961) yang berasumsi bahwa viskositas struktural dari tanah adalah linier dan struktur dari tanah yang

mengalami pemampatan sekunder dianggap mempunyai perilaku seperti dalam **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Model Reologi untuk pemampatan sekunder (Gibson dan Lo, 1961)

Persamaan dari model reologi tersebut adalah:

$$\epsilon(t) = \Delta e' [a + b (1 - e^{-\lambda/bt})] \quad (2.1)$$

dimana:

$\Delta e'$ = penambahan beban efektif

A = parameter pemampatan primer

B = parameter pemampatan sekunder

λ/bt = faktor kecepatan pemampatan sekunder (1/menit)

2.3.2 Pemampatan dengan metodologi Terzaghi

Pemampatan terzaghi adalah metodologi yang umumnya dipakai saat menghitung pemampatan tanah dasar. Pemampatan ini sering juga disebut sebagai pemampatan konsolidasi (S_c). 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), dimana tegangan *overburden* efektif saat ini adalah lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan sebelumnya.

Klasifikasi tanah sebagai NC-Soil atau OC-Soil ditentukan oleh harga *Over Consolidation Ratio* (OCR), yang didefinisikan dengan persamaan berikut ini :

$$\text{OCR} = \sigma_c' / \sigma_o \quad (2.2)$$

dimana :

σ_c' = *effective past overburden pressure*

σ_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) :

$$S_c = C_c \cdot \frac{H_0}{1+e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{vo}' + \Delta\sigma}{\sigma_{vo}'} \quad (2.3)$$

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

- Bila $(\sigma_{vo}' + \Delta\sigma) \leq \sigma_c'$, maka :

$$S_c = \frac{C_s \cdot H_0}{1+e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{vo}' + \Delta\sigma}{\sigma_{vo}'} \quad (2.4)$$

- Bila $(\sigma_{vo}' + \Delta\sigma) > \sigma_c'$, maka :

$$S_c = \frac{C_s \cdot H_0}{1+e_0} \cdot \log \frac{\sigma_c'}{\sigma_{vo}'} + \frac{C_c \cdot H_0}{1+e_0} \cdot \log \frac{\sigma_{co}' \Delta\sigma}{\sigma_{vo}'} \quad (2.5)$$

dimana :

S_c = besar pemampatan yang terjadi (m)

C_c = indeks pemampatan (compression index)

C_s = indeks pemuaiian (swelling index)

e_0 = angka pori

σ'_o = tegangan overburden efektif

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

σ_c = tegangan prakonsolidasi

Sehingga besar pemampatan total adalah :

$$S_c = \sum_{i=1}^n S_{ci} \quad (2.6)$$

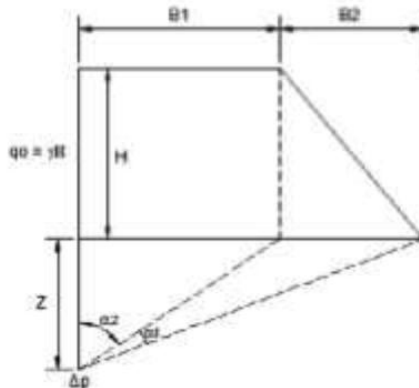
dimana :

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

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

Beban timbunan akan memberi tegangan pada tanah dasar.

Ilustrasi tegangan akibat timbunan ($\Delta\sigma'$) ini digambarkan pada **Gambar 2.2**, tegangan ditinjau terjadi di tengah tengah lapisan tanah. Menurut Braja M. Das (1985), dalam bukunya “Principles of Foundation Engineering, Second Edition” diagram tegangan tanah akibat timbunan adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Visualisasi dan Notasi $\Delta\sigma'$ (sumber : Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

Besarnya $\Delta\sigma'$ adalah :

$$\Delta\sigma' = \frac{q_0}{n} x \left(\left(\frac{B1+B2}{B2} \right) x(a1 + a2) - \left(\frac{B1}{B2} a2 \right) \right) \quad (2.7)$$

dimana :

q_0 = beban timbunan (t/m²) ($q_0 = \gamma$ timbunan x h timbunan)

$\Delta\sigma'$ = besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah – tengah lapisan (t/m²)

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left(\frac{B1+B2}{B2} \right) - \tan^{-1} x \left(\frac{B1}{z} \right) \quad (\text{radian}) \quad (2.8)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} x \left(\frac{B1}{z} \right) \quad (\text{radian}) \quad (2.9)$$

$B1 = 1/2$ lebar timbunan

$B2 =$ panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan.

Nilai $\Delta\epsilon$ yang diperoleh adalah untuk $1/2$ bentuk timbunan sehingga untuk bentuk timbunan yang simetris, nilai I yang diperoleh harus dikali 2, dan berubah menjadi :

$$\Delta\sigma' = 2 \times q_0 \quad (2.10)$$

2.3.3 Waktu Pemampatan Tanah Dasar

Pemampatan tanah dasar yang dibiarkan memadat secara alami normalnya akan berlangsung sangat lama. Derajat konsolidasi (U%) didapat dari perbandingan antara pemampatan tanah pada saat t dengan pemampatan total yang terjadi. Nilai derajat konsolidasi adalah antara 0% sampai 100%.

Derajat konsolidasi 0-60% dirumuskan dengan :

$$U = \left(2 \sqrt{\frac{T}{\pi}} \right) 100\% \quad (2.11)$$

Derajat konsolidasi > 60% dirumuskan dengan :

$$U = (100 - a)\% \quad (2.12)$$

dimana :

U = derajat konsolidasi

T = faktor waktu

$$a = 10^{\left(\frac{1.781-T}{0.933}\right)}$$

Pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar terjadi karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous akibat tegangan yang diterima tanah dari beban di atasnya. Ada 2 kondisi yang terjadi pada pemampatan konsolidasi ini, yaitu ketika air mengalir ke atas atau ke bawah saja (*single drainage*) dan ketika air mengalir ke atas dan ke bawah (*double drainage*). Waktu konsolidasi untuk *single drainage* dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$t = \frac{T(Hdr)^2}{Cv} \times 100\% \quad (2.13)$$

Sedangkan untuk *double drainage* dihitung dengan :

$$t = \frac{T\left(\frac{Hdr}{2}\right)^2}{Cv} \times 100\% \quad (2.14)$$

dimana :

t = waktu yang dibutuhkan untuk pemampatan konsolidasi.

T = faktor waktu.

Hdr = jarak air pori di lapisan tanah untuk mengalir keluar

Cv = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertical

$$Cv \text{ gabungan} = \frac{(H1+H2+\dots+Hn)^2}{\left(\frac{H1}{\sqrt{Cv1}} + \frac{H2}{\sqrt{Cv2}} + \dots + \frac{Hn}{\sqrt{Cvn}}\right)^2} \quad (2.15)$$

dimana :

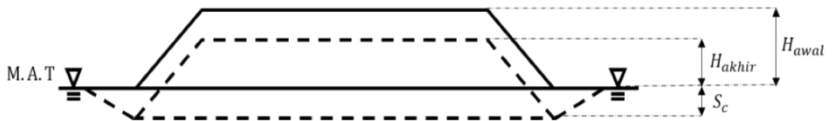
H1, H2, ..., Hn = tebal lapisan tanah 1, 2, ..., n

Cv1, Cv2, ..., Cvn = 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 2.13 maupun 2.14. Lalu nilai faktor waktu dimasukkan ke dalam persamaan 2.11 atau 2.12.

2.4 Perencanaan Timbunan

Pada perencanaan timbunan, preloading digunakan untuk mempercepat pemampatan yang terjadi pada tanah dasar. Dengan adanya preloading tanah akan memampat karena dengan adanya beban tambahan rongga tanah dasar akan memadat, sehingga akan meningkatkan daya dukung tanah dasar tersebut. Ilustrasi H inisial dan H final terdapat pada **Gambar 2.3**. Hal lain yang harus diperhatikan saat melakukan penimbunan adalah daya dukung tanah, stabilitas timbunan dan proses penahanan timbunan itu sendiri.



Gambar 2.3 Kebutuhan tinggi awal timbunan akibat pemampatan tanah dasar (Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, Noor Endah Mochtar, 2012)

2.4.1 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal (Hinitial)

Tinggi timbunan awal pada saat pelaksanaan tidak sama dengan tinggi timbunan rencana. Penentuan dari tinggi timbunan rencana pada saat pelaksanaan fisik dengan memperhatikan adanya pemampatan, dapat dihitung dengan (Mochtar, 2012):

$$q = (H_{initial} - S_c) \cdot \gamma_{timb} + S_c \cdot \gamma'_{timb} \quad (2.16)$$

$$q = (H_{initial} \cdot \gamma_{timb}) - (S_c \cdot \gamma_{timb}) + (S_c \cdot \gamma'_{timb}) \quad (2.17)$$

$$H_{initial} = (q + (S_c \cdot \gamma_{timb}) + (S_c \cdot \gamma'_{timb})) \cdot \gamma_{timb} \quad (2.18)$$

$$H_{akhir} = H_{initial} + q_{perkerasan} - S_c \quad (2.19)$$

Keterangan :

$H_{initial}$: Tinggi timbunan awal

H_{akhir} : Tinggi timbunan akhir

S_c : Total penurunan tanah akibat timbunan H

γ'_{timb} : Berat volume efektif material timbunan

Bila $\gamma_{sat} = \gamma_{timbunan}$, maka,

$$q = H_{initial} \cdot \gamma_{timbunan} - S_c \cdot \gamma_w \quad (2.20)$$

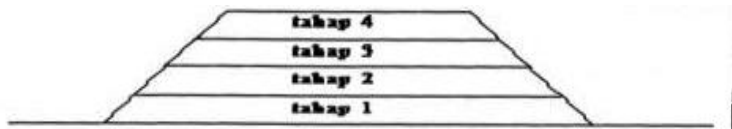
$$H_{\text{initial}} = \frac{q \times Sc \times \gamma_w}{\gamma_{\text{timbunan}}} \quad (2.21)$$

2.4.2 Analasia Stabilitas Timbunan

Analisa stabilitas timbunan digunakan untuk menentukan apakah timbunan tersebut ada kemungkinan untuk longsor atau tidak. Tinggi timbunan kritis adalah tinggi timbunan dimana timbunan tidak akan mengalami kelongsoran atau ketika timbunan mempunyai angka keamanan (SF) 1. H_{kritis} dapat dicari dengan menggunakan software analisis geoteknik seperti Geo5 dan XSTABLE dengan tujuan mencari tinggi timbunan ketika SF (Safety Factor) = 1.

2.4.3 Perencanaan timbunan bertahap

Perencanaan timbunan bertahap dilakukan untuk menentukan tinggi timbunan dan cara pembuatan timbunan tersebut. Timbunan dibuat berlapis lapis dengan ketebalan antara 0.5 m atau 0.7 m tergantung kebutuhan. Jumlah lapis timbunan tersebut bisa dicari dengan cara membagi H awal timbunan dengan H akhir timbunan tersebut yang diilustrasikan pada **Gambar 2.4**



Gambar 2.4 Ilustrasi penimbunan secara bertahap (Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

2.4.4 Perhitungan daya dukung tanah

Daya dukung tanah sangat berpengaruh untuk mengetahui ketahanan tanah dasar terhadap longsor akibat beban yang ada di atasnya. Daya dukung tanah ini akan naik seiring dengan pemampatan yang terjadi pada tanah dasar. Nilai daya dukung tanah C_u (*undrained shear strength*) ini akan dihitung pada masing masing lapisan tanah dasarnya dengan interval 1 meter dengan titik yang ditinjau berada di tengah lapisan. Menurut Ardana dan Mochtar (1999):

$$\sigma_{\text{baru}}' = \sum_{i=1}^n (\Delta\sigma_{U_i}) \quad (2.22)$$

$$\Delta\sigma_{U_i} = \left[\left(\frac{\sigma_i'}{\sigma_o'} \right)^{U_i} * \sigma_o' \right] - \sigma_o' \quad (2.23)$$

$\Delta\sigma_{U_i}$: penambahan tegangan sebesar σ_i' , dengan derajat konsolidasi tanah dasar sebesar U_i , pada saat waktu $t = t_i$ (ton/m²)

$$\sigma_i' = \sigma_o' + \Delta\sigma \quad (2.24)$$

σ_o' : tegangan *overburden* efektif tanah dasar pada titik yang ditinjau(ton/m²)

$\Delta\sigma$: tambahan tegangan akibat beban timbunan di atas tanah dasar (ton/m²)

$$\Delta\sigma = \gamma t_{\text{timb}} * H_{\text{timb}} = \gamma t_{\text{timb}} * H_{\text{lapisan}} \quad (2.25)$$

U_i : derajat konsolidasi tanah dasar pada saat $t = t_i$ dengan

Untuk nilai PI (*plasticity index*) < 120%:

$$C_u = 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 * PI) . \sigma_{\text{baru}}' \quad (2.26)$$

Untuk nilai PI (*plasticity index*) > 120%:

$$C_u = 0,0737 + (0,0454 - 0,00004 * PI) . \sigma_{\text{baru}}' \quad (2.27)$$

2.5 *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*

Pemampatan tanah secara alami atau dibiarkan saja akan memakan waktu yang sangat lama yang bisa mencapai puluhan tahun. Lamanya waktu pemampatan terjadi karena lapisan tanah lunak yang tebal sehingga menyebabkan lamanya proses keluarnya aliran air pori secara vertikal.

Prefabricated Vertical Drain (PVD) umumnya digunakan untuk mempercepat proses keluarnya air dari pori pori tanah. PVD akan ditancapkan ke dalam tanah sampai kedalaman yang dapat terkompresi. Beban preloading yang diberikan kepada tanah akan menyebabkan

tanah terkonsolidasi. Tanah yang terkonsolidasi ini akan memaksa air yang ada pada rongganya yang terkompresi untuk keluar. Air pori berlebih tersebut akan mencari jalan terpendek untuk keluar yaitu melalui PVD.

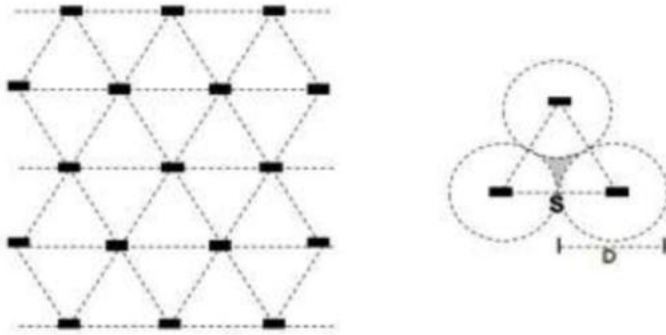
2.5.1 Menentukan Kedalaman Optimal PVD

PVD dapat dipasang hingga kedalaman tanah compressible untuk mengatasi penurunan akibat pemampatan tanah. Namun dengan mempertimbangkan biaya dan waktu pengerjaan, PVD dapat juga dipasang tidak mencapai seluruh tanah compressible. Hal ini dapat terjadi bila penurunan yang terjadi setelah pemampatan dengan PVD (Pemampatan Sisa) dilapis lagi dengan pelaksanaan overlay dalam kurun waktu tertentu. Untuk menentukan kedalaman optimal PVD dapat dilakukan dengan mencoba berbagai kedalaman PVD.

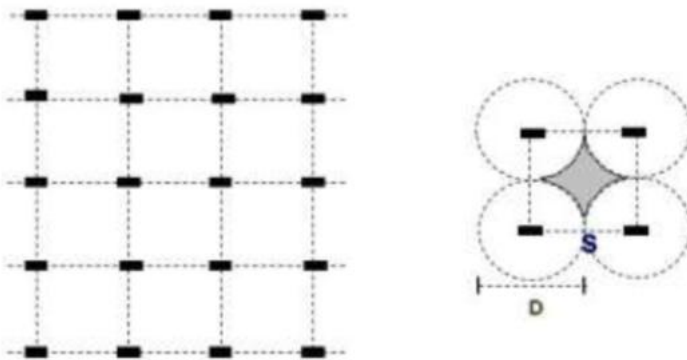
2.5.2 Pola Pemasangan PVD

Pola pemasangan PVD umumnya dibagi menjadi 2 pola pemasangan, yaitu pola segitiga dan pola segiempat. Pola segitiga (**Gambar 2.5**) mengacu pada bentuk pola pemasangan titik-titik PVD yang dipasang sehingga membentuk pola segitiga, sedangkan pola segiempat (**Gambar 2.6**) mengacu pada bentuk pola pemasangan titik-titik PVD yang dipasang sehingga bentuk pola berupa segiempat.

Pada saat proses pemasangan dilapangan, umumnya pola segitiga lebih disukai dikarenakan pola segitiga akan memaksimalkan daerah tanah yang akan dipasang dengan PVD, sedangkan pola segiempat cenderung menyisakan banyak daerah yang tidak terkena efek dari pemasangan PVD. Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dipakai pola pemasangan PVD segitiga untuk memaksimalkan proses konsolidasi.



Gambar 2.5 Pola Pemasangan Segitiga ($D = 1,05 \times s$)



Gambar 2.6 Pola Pemasangan Segiempat ($D = 1.13$)

Teori di atas dikembangkan oleh Hansbo (1979) dengan memasukkan dimensi fisik dan karakteristik dari PVD. Fungsi $F(n)$ merupakan fungsi hambatan akibat jarak antar titik pusat PVD. Harga $F(n)$ didefinisikan dengan :

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \left(\frac{3n-1}{4n^2} \right) \right] \text{ atau}$$

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \quad (2.28)$$

Dimana :

$$n = D/dw$$

dw = diameter ekivalen dari vertical drain

Pada umumnya $n > 20$ sehingga dapat dianggap $1/n = 0$

Jadi : $F(n) = \ln(n) - 3/4$, atau

$$F(n) = \ln(D/dw) - 3/4$$

2.5.3 Waktu pemampatan PVD

Pemampatan setelah pemasangan PVD diharapkan mempercepat pemampatan secara signifikan. Perhitungan dari Hansbo (1979) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$t = \left(\frac{D^2}{8.Ch}\right) (F(n) + F_s + Fr) \cdot \ln\left(\frac{1}{1-U_h}\right) \quad (2.29)$$

Dimana :

$F(n)$ = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

F_s = faktor hambatan tanah yang terganggu

Fr = faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri.

Harga Fr merupakan faktor tahanan akibat adanya gangguan pada PVD sendiri dan dirumuskan sebagai berikut :

$$Fr = \pi.z.(L - z) \left(\frac{kh}{q_w}\right) \quad (2.30)$$

Dimana:

Z = kedalaman titik yang ditinjau pada PVD terhadap permukaan tanah.

L = panjang drain

Kh = koefisien permeabilitas arah horizontal dalam tanah yang tidak terganggu (undisturbed)

q_w = discharge capacity (Kapasitas discharge) dari drain (tergantung dari jenis PVD nya)

Harga F_s merupakan faktor yang disebabkan oleh ada tidaknya perubahan pada tanah di sekitar PVD akibat pemancangan PVD tersebut. Faktor ini memasukkan pengaruh “disturbance” (gangguan) terhadap tanah karena pemancangan tersebut. F_s dapat dirumuskan sebagai berikut :

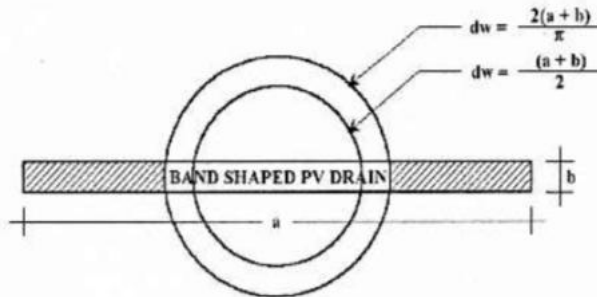
$$F_s = \left(\frac{kh}{k_s} - 1 \right) \cdot \ln \left(\frac{d_s}{d_w} \right) \quad (2.31)$$

Dimana :

K_s = koefisien permeabilitas arah horizontal pada tanah sudah terganggu (disturbed)

d_s = diameter daerah yang terganggu (disturbed) sekeliling vertical drain

d_w = diameter lingkaran ekuivalen untuk PVD



Gambar 2.7 Diameter Ekuivalen PVD

Dalam persamaan di atas, adanya faktor F_s dan F_r cenderung memperlambat kecepatan konsolidasi. Dari penyelidikan diketahui bahwa faktor yang paling penting adalah $F(n)$. Besar faktor (F_s) dapat mendekati atau bahkan lebih besar daripada $F(n)$, tergantung dari besarnya kerusakan pada tanahnya akibat pemancangan PVD. Dari data lapangan didapatkan harga $F_s/F(n)$ dapat berkisar antara 1 sampai 3. Untuk memudahkan perencanaan maka dapat diasumsikan bahwa $F(n) = F_s$. Pengaruh perlawanan aliran (F_r) umumnya kecil dan tidak begitu penting, maka harga F_r dapat dianggap nol.

Dengan melihat asumsi di atas, persamaan waktu konsolidasi dapat ditulis sebagai berikut :

$$t = \left(\frac{D^2}{8.Ch} \right) \cdot (2 \cdot F(n)) \cdot \ln \left(\frac{1}{1-U_n} \right) \quad (2.32)$$

Dimana :

t = waktu yang diperlukan untuk mencapai Uh

D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari vertical drain. Dapat dilihat pada **Gambar 2.7**

C_h = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

$F(n)$ = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

Uh = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

Dengan memasukkan harga t tertentu, dapat dicari harga Uh pada lapisan tanah yang dipasang PVD. Selain konsolidasi akibat aliran air pori arah horizontal, juga terjadi konsolidasi akibat aliran air pori arah vertical Uv . Harga Uv ini dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$Tv = \frac{t.Cv}{(H_{dr})^2} \quad (2.33)$$

Dimana :

H_{dr} = panjang PVD

Cv = harga Cv tanah pada lapisan setebal panjang PVD

t = waktu yang dipilih

Harga Uv dicari dengan rumus :

- Untuk Uv antara 0 s/d 60%

$$Uv = \left(2\sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \right) \times 100\% \quad (2.34)$$

- Untuk $Uv > 60\%$

$$Uv = (100 - 10^a)\% \quad (2.35)$$

Dimana nilai a adalah

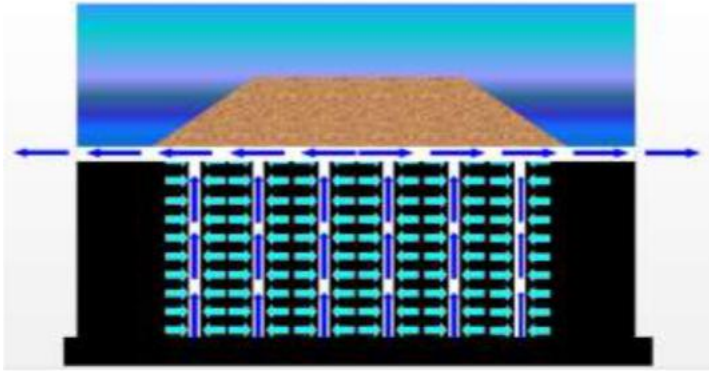
$$a = \frac{1,781 - Tv}{0,933} \quad (2.36)$$

Derajat konsolidasi rata-rata U dapat dicari dengan cara:

$$U = [1 - (1 - Uh).(1 - Uv)]x 100\% \quad (2.37)$$

2.6 Prefabricated Horizontal Drain (PHD)

Prefabricated Horizontal Drain digunakan untuk mengalirkan air dari *Prefabricated Vertical Drain* dalam tanah ke saluran drainase utama disamping kanan atau kiri timbunan seperti pada **Gambar 2.8**.



Gambar 2.8 Sistem kolaborasi Prefabricated Vertical Drain dan Prefabricated Horizontal Drain

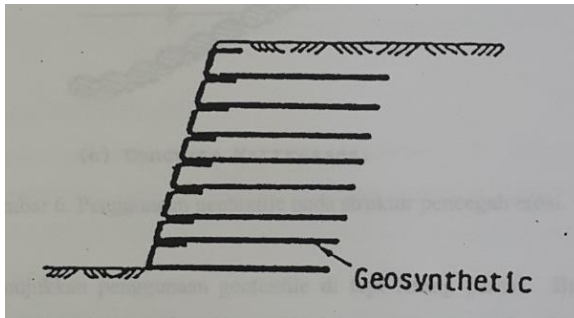
2.7 Perkuatan Timbunan Menggunakan *Geotextile*

Geosynthetics merupakan salah satu produk modern karena penggunaan bahannya baru mulai dirilis pada dekade tahun 1960 – an. Pada tahun 1970 – an barulah dimulai penggunaan bahan *geosynthetics* pada banyak proyek – proyek sipil. Pada perkembangannya, timbul bermacam – macam bentuk *geosynthetics* sesuai dan kegunaannya. Dari berbagai variasi tersebut, dapat digolongkan ke beberapa bentuk dasar yaitu :

- *Geotextile*
- *Geomembrane*

- *Geo – linear elemen*
- *Geogrids*
- *Geocomposites*

Geotextile merupakan salah satu jenis dari geosintetik yang berfungsi untuk menjaga kestabilan lereng timbunan. Bahan dasar geotextile yang biasanya dipakai terbuat dari bahan polypropylene, polethylene, polyester atau polyamide jenis geotextile woven yaitu lembaran tekstil yang dibuat dengan cara mengayam dua set atau lebih elemen seperti benang fiber, filamen yang saling bertautan. Saat ini, geotextile banyak digunakan untuk aplikasi teknik sipil dalam lingkungan tanah tepatnya sebagai metode perkuatan konstruksi timbunan di atas tanah lunak. Ilustrasi penggunaan geotextile pada lereng timbunan terdapat pada **Gambar 2.9**.



Gambar 2.9 Penggunaan *Goetextile* Pada Lereng Timbunan Tanah
(Sumber: Mochtar, 2000)

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 (ΔMR) yang direncanakan. Perhitungan untuk mencari (ΔMR) dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta M_R = (M_D \times SF) - M_R \quad (2.38)$$

Dimana :

M_R = Momen Resistance (Momen Penahan)

ΔM_R = Momen penahan tambahan yang harus dipikul oleh *Geotextile*

M_D = momen dorong $\left(\frac{MR}{SF}\right)$

SF = Angka keamanan (didapatkan dengan bantuan program Geo5)

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

$$T_{Allowable} = T_{Ult} \left(\frac{1}{FS_{ID} \times F_{SCR} \times F_{SCD} \times F_{SBD}} \right) \quad (2.39)$$

Keterangan :

T_{ult} : Kekuatan ultimate *geotextile*

FSID : Faktor keamanan akibat kesalahan pemasangan

FSCR : Faktor keamanan akibat rangkai

FSCD : Faktor keamanan akibat pengaruh utama

FSBD : Faktor keamanan akibat pengaruh biologi

Tabel 2.3 Faktor Reduksi Kekuatan *Geotextile*

Penggunaan <i>Geotekstile</i>	Faktor Pemasangan FS_{ID}	Faktor Rangkai F_{SCR}	Faktor Kimia F_{SCD}	Faktor Biologi FS_{BD}
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

Panjang total *geotextile* yang ditanam (L) adalah sebagai berikut :

$$L = LE + LR + LO \quad (2.40)$$

Keterangan :

LE : Panjang *geotextile* yang berada di belakang bidang longsor

LR : Panjang *geotextile* yang berada di depan bidang longsor

LO : Panjang lipatan *geotextile*

Panjang LE :

$$Le = \frac{T_{Allowable} \times SF_{Rencana}}{(\tau_{Atas} + \tau_{Bawah}) \times E} \quad (2.41)$$

Panjang LO :

$$LO = \frac{Sv \cdot \sigma H \cdot SF}{4(c + \sigma v(\tan \delta))} = \frac{1}{2} L_E \quad (2.42)$$

2.8 Geotextile Encased Stone Column

Kolom batu telah digunakan secara luas selama tiga dekade terakhir sebagai teknik dasar perbaikan yang ekonomis untuk mendukung beban struktur seperti timbunan dan tangki penyimpanan berdiameter besar. Kekuatan dan kekakuan kolom batu tergantung pada batas tegangan lateral yang disediakan oleh tanah sekitarnya (Zhang et al. 2013). Dalam tanah yang sangat lembek dengan kekuatan gaya geser undrained yang rendah, kolom batu konvensional tidak dianjurkan karena batas tegangan efektif dari tanah tidak akan tercapai.

Masalah penggunaan penggunaan kolom batu di tanah lunak tersebut dapat diselesaikan dengan membungkus kolom dengan perkuatan Geotextile, seperti yang diilustrasikan (**Gambar 2.10**). Sistem ini diperkenalkan sebagai kolom Geotextile-Encased Stone Columns (GESL) telah digunakan dan berhasil dalam praktek rekayasa dalam beberapa tahun terakhir (Alexiew et al. 2005; Lee et al. 2007; Gniel dan Bouazza 2009; Murugesan dan Rajagopal 2010; Yoo 2010).

Geotextile memainkan peran besar dalam meningkatkan kekakuan kolom batu, mencegah hilangnya batu ke dalam sekitar tanah lunak dan melestarikan drainase serta sifat gesek agregat batu, seperti yang dijelaskan dalam beberapa studi numerik dan eksperimental (Raithel et al 2002; Murugesan dan Rajagopal 2006, 2010; Hitam et al. 2007; Wu dan Hong 2009; Gniel dan Bouazza 2009; Deb et al. 2011; Lo et al. 2010). Namun, tidak banyak solusi analitis untuk batu terbungkus kolom yang telah disajikan dalam literatur.

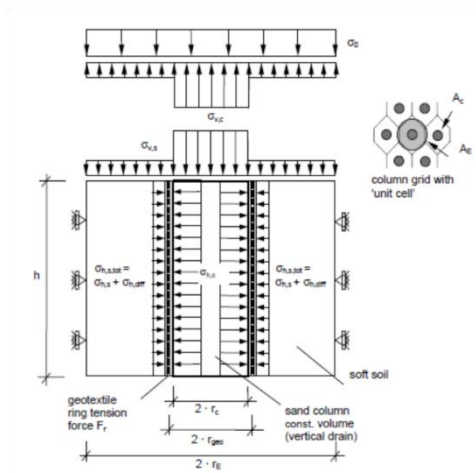
Raithel dan Kempfert (2000) mengembangkan perhitungan numerik dan analitis model untuk desain pasir-kolom pondasi berlapis Geotextile. Dalam studinya, mereka mengasumsikan volume kolom konstan mengalami deformasi lateral yang seragam atas seluruh panjang kolom, dan tekanan lateral dari tanah sekitarnya diasumsikan tekanan tanah pada saat istirahat. Namun, seperti ditunjukkan oleh Lee et al. (2007), Khabbazian et al. (2009), dan Murugesan dan Rajagopal (2010), di bawah beban vertikal di bagian atas kolom batu, dihasilkan sebuah tekanan deformasi aksial dan sering disertai dengan penggelembungan (expansion) lateral dekat dengan bagian atas kolom tersebut. Volume kolom tidak akan tetap konstan dan deformasi lateral kolom batu terbungkus tidak akan menjadi seragam dibawah beban vertikal yang bekerja.

Karakteristik deformasi dari kolom batu dalam hal tekanan aksial disertai dengan penggelembungan (expansion) lateral diperhitungkan dalam metode analisis yang diusulkan. Berdasarkan konsep sel-unit, Castro dan Sagaseta (2011) dan Pulko et al. (2011) diusulkan solusi analitis penelitian total penurunan di puncak-puncak Geotextile- encased stone columns.

Asumsi yang sama yang diadopsi oleh dua studi yaitu tanah lunak diperlakukan sebagai materi elastis sepanjang rentang tegangan yang diberikan, Kolom dianggap sebagai bahan elastis-plastik menggunakan kriteria hasil Mohr- Coulomb dengan konstantanya sudut pelebaran dan tidak ada tegangan geser antara kolom dan tanah sepanjang kolom yang diperhitungkan.

Studi dari In Castro dan Sagaseta menjelaskan efek konsolidasi sekitar batu terbungkus kolom juga dianggap atau diperhitungkan. Namun, dalam studi Castro dan Sagaseta (2011) dan Pulko et al. (2011), tegangan geser pada tanah dan muka kolom kemungkinan ada di bawah beban eksternal (Khabbazian et al. 2009, 2010) tidak diperhitungkan. Dengan menggunakan elemen, Khabbazian et al. (2009, 2010) menjadikan analisa tiga dimensi (3D) dan elemen-hingga (FE) untuk mensimulasikan perilaku dari satu geotextile-encased columns dalam tanah lempung lunak dengan mempertimbangkan gesekan geser permukaan antara Geotextile dengan kolom, dan antara Geotextile dengan tanah lunak.

Diusulkan solusi analitis saat ini, tegangan geser pada tanah-kolom antarmuka akan diperhitungkan. Dengan demikian tujuan dari makalah ini adalah untuk menyajikan solusi analitis untuk masalah deformasi perilaku kolom batu geotekstil-terbungkus dengan pertimbangan tegangan geser antara kolom dan tanah dalam arah vertikal dan karakteristik deformasi kolom batu.



Gambar 2.10 Model perhitungan dari geotextile-encased stone column (sumber: Huesker Syntetic GmbH)

2.8.1 Analisis Tegangan

Kolom batu selalu disusun dalam formasi kerangka spasi bar biasa didalam prakteknya. Untuk menyederhanakan analisis, satu kolom dalam tanah sekitarnya dapat dianggap setara dengan cell unit silinder ditunjukkan pada **Gambar 2.10**. Diameter ekuivalen (D_e) dari zona yang dipengaruhi silinder sama dengan :

$$D_e = 1.05 S \text{ (untuk pola segitiga)} \quad (2.43)$$

$$D_e = 1.13 S \text{ (untuk pola segiempat)} \quad (2.44)$$

Dimana:

S = pusat ke pusat jarak antara kolom.

Selain konsep sel-unit, beberapa asumsi berikut dibuat untuk menyederhanakan masalah dan untuk mendapatkan solusi analitis:

1. Bahan Geotextile berperilaku sebagai bahan elastis dengan modulus kekakuan yang tetap.
2. Tegangan awal dalam perkuatan Geotextile yang disebabkan oleh instalasi kolom diasumsikan konstan sepanjang keseluruhan panjang kolom.
3. Tegangan geser antara kolom dan Geotextile dan antara geotextile dan tanah di keliling arah diabaikan.
4. Dukungan lateral dari tanah ke kolom diinduksi terutama oleh tekanan tanah lateral dalam tanah (Raithel dan Kempfert 2000).
5. Kolom batu diasumsikan untuk beristirahat pada strata keras, dan kemudian penyelesaian lapisan bantalan diabaikan.

Pada setiap waktu, tegangan yang terjadi di atas tanah terbagi antara kolom dan tanah, yaitu :

$$q = q_c A_c + q_s (A_c - A_c) \quad (2.45)$$

dimana :

q = total tegangan yang terjadi

q_c = tegangan yang diakibatkan oleh kolom

q_s = tegangan yang diakibatkan oleh tanah

A_e = luasan dari unit cell silinder

A_c = luasan melintang dari kolom

Rasio luas kolom A_c atas seluruh luasan yang setara dengan satuan silinder *unit cell* A_e mewakili luasan rasio pengganti untu *stone column* dan luasan ratio pengganti pada tanah disekitarnya.

$$\alpha c = \frac{A_c}{A_e} \quad (2.46)$$

$$\alpha s = 1 - \alpha c \quad (2.47)$$

Jika rasio konsentrasi tegangan (SCR) n didefinisikan sebagai rasio tegangan vertikal di bagian atas kolom dengan bagian atas tanah, maka :

$$\mu c = \frac{n}{1+(n-1)\alpha c} \quad (2.48)$$

$$\mu s = \frac{n}{1+(n-1)\alpha s} \quad (2.49)$$

Perlu disebutkan bahwa nilai SCR berantung terutama pada kekuatan tarik dari Geotextile, fisik dari sifat tanah, sifat material kolom, ukuran kolom, dan jarak kolom, merupakan salah satu parameter masukan dalam penelitian ini. beberapa penelitian telah menunjukkan Geotextile-Encased Columns memiliki SCR jauh lebih tinggi daripada kolom batu konvensional (Gniel dan Bouazza 2009; Murugesan dan Rajagopal 2010).

Gniel dan Bouazza (2009) melakukan serangkaian tes model kolom dan menemukan bahwa SCR lebih besar dari 10 untuk kolom sepenuhnya terbungkus dan biasanya berkisar antara 2 dan 3 untuk kolom yang tidak dibungkus. Castro dan Sagasetta (2011) menyimpulkan dari penelitian mereka bahwa SCR dari kolom terbungkus berkaitan dengan kekuatan bungkus geotextil dan berkisar antara 5 dan 10, sedangkan SCR dari kolom yang tidak terbungkus kurang dari 5. Dalam praktek rekayasa, nilai SCR dapat ditentukan dari tes beban.

2.8.2 Tekanan Lateral Kolom dan Tanah

Mengingat keseimbangan antara beban $\Delta\sigma_0$ dan tekanan vertikal yang sesuai pada kolom $\Delta\sigma_{v,c}$ dan tanah lunak $\Delta\sigma_{v,s}$ dapat ditulis :

$$\Delta\sigma_0 \cdot Ag = \Delta\sigma_{v,c} \cdot Ac + \Delta\sigma_{v,s} \cdot (Ag - Ac) \quad (2.50)$$

Tegangan vertikal karena beban surcharge dan berat volume tanah yang berbeda menghasilkan tekanan horizontal. $\sigma_{v,o,c}$ dan $\sigma_{v,o,s}$

adalah tegangan vertical awal pada kolom dan tanah (jika metode penggalian digunakan $K_{0,s}^*$ harus digantikan oleh $K_{0,s}$)

$$\Delta\sigma_{h,c} = \Delta\sigma_{v,c}.K_{a,c} + \sigma_{v,0,c}.K_{a,c} \quad (2.51)$$

$$\Delta\sigma_{h,s} = \Delta\sigma_{v,s}.K_{0,s} + \sigma_{v,0,s}.K_{0,s}^* \quad (2.52)$$

Untuk koefisien tekanan menggunakan beberapa rumusan empiris yaitu :

Koefisien tekanan aktif

$$Ka = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.53)$$

Koefisien tekanan pasif

$$Kp = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.54)$$

Untuk K_0 pada tanah lempung, (K_0) koefisien tekanan at rest menggunakan rumus dari Brooker dan Ireland

$$K_0 = 0,4 + 0,007PI, 0 < PI < 40 \quad (2.55)$$

$$K_0 = 0,64 + 0,001PI, 40 < PI < 80 \quad (2.56)$$

2.8.3 Lapisan Pembungkus dari Geotextile

Seperti disebutkan sebelumnya, deformasi vertikal kolom batu selalu disertai dengan penggelembungan (expansion) lateral pada bagian atas kolom di bawah beban vertikal. penggelembungan (expansion) lateral ini menyebabkan pembungkus dari Geotextile meregang dan mengembangkan tegangan tarik melingkar untuk memberikan tambahan tegangan batas untuk kolom. Geotextile coating (radius r_{geo}) memiliki perilaku material - linear elastis dengan J kekakuan :

$$\Delta F_r = J \cdot \frac{\Delta r_{geo}}{r_{geo}} \quad (2.57)$$

Dimana :

r_{geo} = radius instalasi

(tebal geotextile + 1/2 diameter kolom)

F_r = kekuatan Tarik geotextile

Dengan asumsi mengabaikan tegangan geser antara kolom dan Geotextile serta antara Geotextile dan tanah dalam arah melingkar. Tegangan horizontal $\sigma_{h,geo}$ yang ditentukan oleh Geotextile yaitu :

$$\Delta\sigma_{h.geo} = \frac{\Delta F_r}{r_{geo}} \quad (2.58)$$

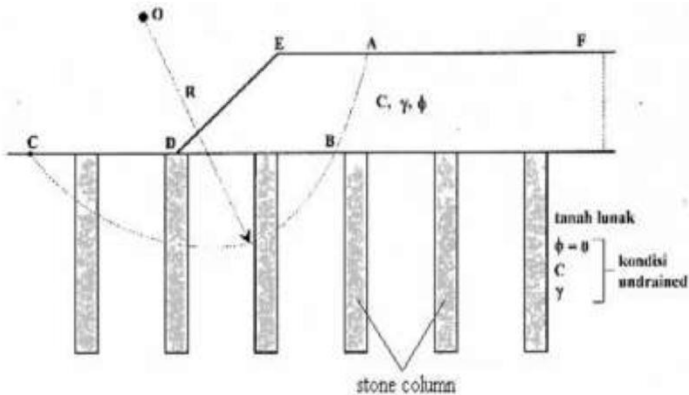
2.8.4 Keseimbangan Tegangan Horizontal

Untuk kolom batu terbungkus yang tertanam dalam tanah lunak, tegangan batas yang bekerja pada kolom σ_{hc} berasal dari dua pendekatan: tegangan batas lateral yang disediakan oleh tanah sekitarnya σ_{hs} dan tambahan tegangan batas yang disediakan oleh Geotextile σ_{hgeo} , dengan kondisi ini perbedaan tegangan horizontal dapat ditentukan σ_{hdiff} yaitu :

$$\Delta\sigma_{h.diff} = \Delta\sigma_{h.c} - (\Delta\sigma_{h.s} + \Delta\sigma_{h.geo}) \quad (2.59)$$

2.8.5 Stone Column Sebagai Stabilitas Timbunan

Stabilitas embankment (timbunan) diatas tanah lunak secara teoritis dapat dihitung dengan cara keruntuhan lingkaran seperti pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Analisa stabilitas embankment (Sumber: U.S Department Transportation Federal Highway Administration)

Untuk mencari kestabilan timbunan diperlukan dahulu besaran tegangan efektif dalam *stone column* yang bekerja pada longsor yang dapat dihitung dengan cara :

$$\sigma_{z.c} = \sigma_s + (\gamma_c \times z) \quad (2.60)$$

$$\sigma_s = \gamma \text{ timbunan} \times z_s \quad (2.61)$$

dimana :

γ_c = berat volume efektif *stone column*

z = panjang *stone column* yang terpotong di bidang longsor

σ_s = tegangan yang diterima *stone column*

z_s = tinggi timbunan diatas *stone column*

Setelah itu dicari nilai kuat geser pada *stone column* dengan rumus :

$$\tau_c = \sigma'_{zc} \cdot \tan \phi_c + C_{sc} \quad (2.62)$$

$$\sigma'_{zc} = \sigma_{zc} \times \cos^2 \beta \quad (2.63)$$

dimana :

β = sudut kemiringan antara garis singgung permukaan bidang longsor dengan bidang horizontal

ϕ_c = sudut geser dalam *stone column*

C_{sc} = kohesi *stone column*

Setelah harga longsor pada bidang gelincir untuk setiap *stone column* dihitung, besar gaya geser (P_c) maksimum akibat *stone column* pada bidang gelincir akan didapatkan dengan menggunakan rumus :

$$(P_c)_i = [(\tau_c)_i] \times \frac{A}{\cos \beta_i} \quad (2.64)$$

dimana :

A = Luas penampang melintang *stone column*

Dari besar gaya geser maksimum akan bias didapatkan tambahan momen penahan (M_r) akibat adanya *stone column* dengan rumusan :

$$\Delta M_r = \sum_{i=1}^{i=n} [(P_c)_i] \times R \quad (2.65)$$

dimana :

n = banyak *stone column* yang terpotong oleh bidang longsor

R = jari – jari bidang longsor

Setelah diketahui nilai tambahan momen penahan dapat dicari angka keamanan terhadap kelongsoran (SF).

$$SF = \frac{MR \text{ akhir}}{MD} \quad (2.66)$$

dimana :

M_D = momen dorong

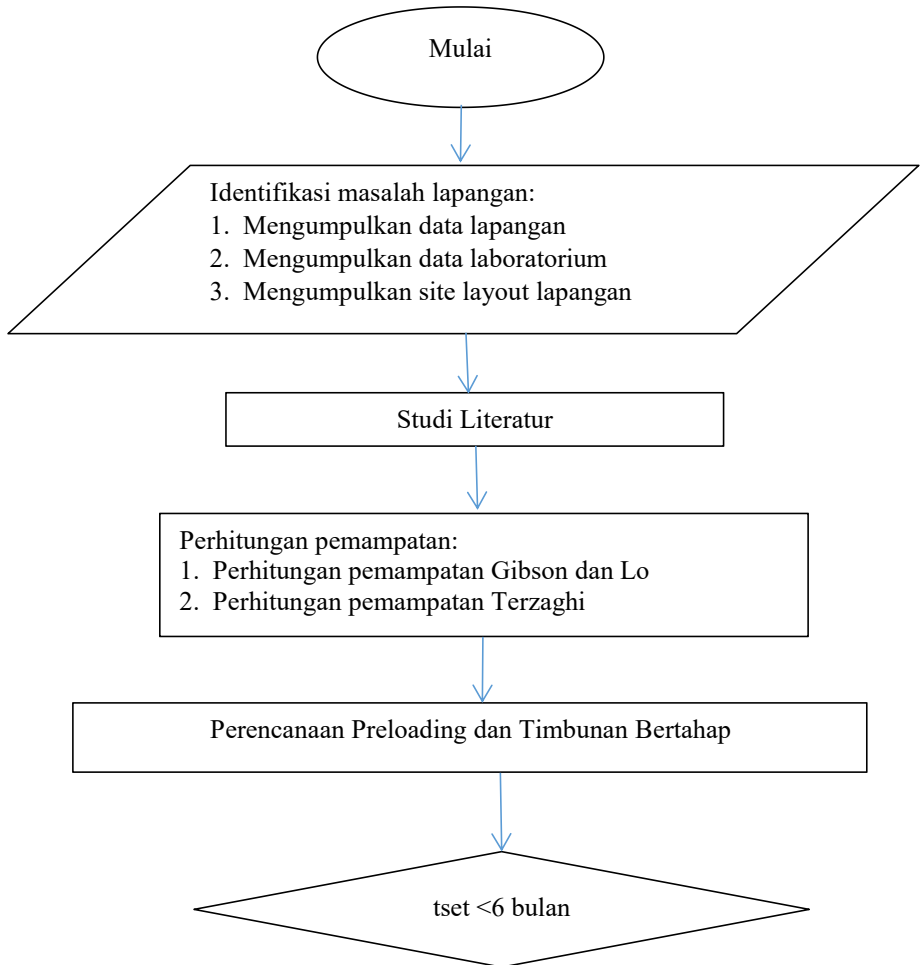
$M_{R \text{ akhir}}$ = momen penahan setelah adanya momen tambahan dari stone column, yaitu momen penahan awal ($M_{R \text{ awal}}$) ditambah momen penahan (M_R)

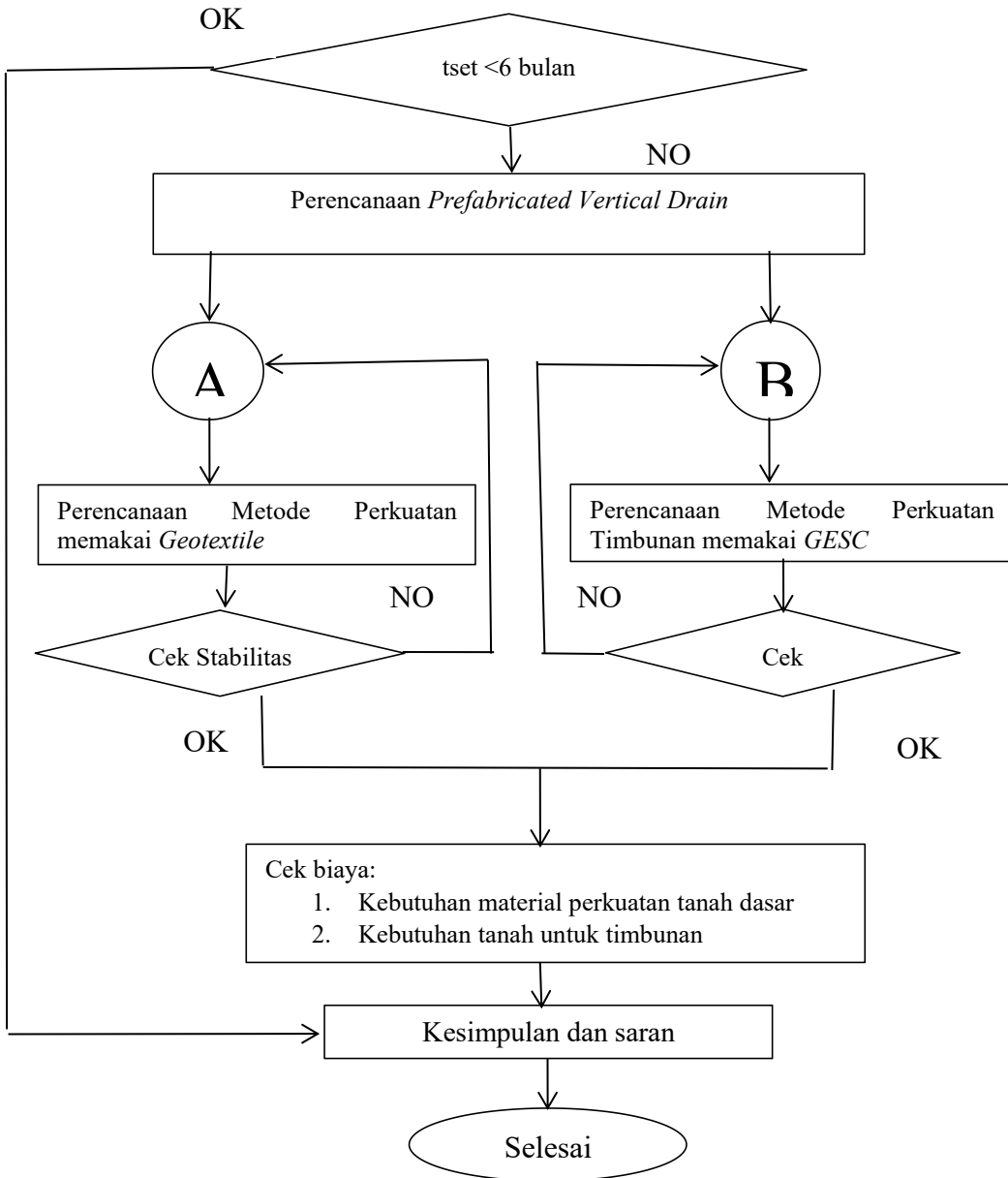
Angka keamanan (SF) dianggap aman bila nilainya ≥ 1.2

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

Langkah-langkah dalam penyusunan Tugas Akhir ini disajikan pada Gambar 3.1 berikut:





Gambar 3.1 Diagram alir penyusunan tugas

3.2 Penjelasan Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

Untuk memudahkan memahami diagram alir, maka akan disajikan penjelasannya dibawah ini:

1. Identifikasi masalah dilapangan

Menemukan permasalahan yang ada dilapangan melalui pembahasan yang analitis pada jalan tol Trans Sumatra Kayuagung - Pematang Pangang. Mengumpulkan data tanah (NSPT, kadar air, Specific Gravity, dll) yang akan didapatkan langsung dari PT. Waskita Karya. Cross section dan site layout juga akan didapatkan langsung dari PT. Waskita Karya.

2. Studi literatur

Mengumpulkan informasi dan referensi mengenai hal hal yang akan dibahas dan diteliti pada tugas akhir kali ini. Permasalahan yang terkait dalam tugas akhir ini adalah mengenai pemampatan Gibson dan Lo, *Vacuum Preloading* dan juga *Geotextile Encased Stone Column*. Referensi referensi terkait akan dicantumkan pada pembahasan literatur ini.

3. Perhitungan pemampatan

Tanah organik menjadi persoalan sendiri pada proyek kali ini. Oleh karena itu perhitungan pemampatannya membutuhkan perhitungan sendiri yaitu perhitungan pemampatan Gibson dan Lo yang dikembangkan oleh Gibson dan Lo dan diaplikasikan oleh Noor Endah untuk tanah di Indonesia.

Sedangkan untuk tanah lunak dibawahnya, bisa digunakan metode umum yaitu metode terzaghi. Penggunaan terzaghi ini tidak akan berpengaruh banyak ditanah gambut yang berada di lapisan paling atas tanah dasar.

Pada perencanaan ini akan dilakukan perhitungan tentang tinggi timbunan yang dibutuhkan dengan menentukan Hawal dan Hakhir timbunan ini. Perencana juga akan menentukan kemiringan lereng sebesar 1:2 dan juga mencari berapakah lapisan dari timbunan yang akan direncanakan pada pengerjaan jalan tol ini.

4. Perencanaan preloading dan perhitungan timbunan bertahap

Perhitungan preloading diperlukan untuk menentukan proses pembebanan akibat beban timbunan yang di bebaskan pada tanah dasar. Pada perencanaan ini kita dapat merencanakan tahapan pembangunan

timbunan yang ditujukan untuk mendapatkan grafik hubungan waktu lama pemampatan dan h inisial yang telah di rencanakan

5. Cek Waktu *Settlement*

Sebelum melakukan perencanaan PVD, perlu diperhatikan waktu pemampatan pada tanah dasar, khususnya tanah gambut. Dalam proses ini akan ditentukan apakah pemakaian PVD diperlukan atau tidak. PVD akan dipakai jika lama pemampatan lebih dari 6 bulan.

6. Perencanaan PVD

Pada pemasangan PVD sangat penting untuk memperhitungkan skema pemasangan PVD agar penggunaan PVD ini menjadi lebih teratur dan terarah. Jarak dan Skema pemasangan PVD yang bisa berbentuk segitiga atau bujursangkar sangat menentukan hasil dari pemakaian metode PVD tersebut.ada

7. Cek stabilitas

Setelah didapatkan tinggi timbunan yang direncanakan setelah itu kita harus mengecek stabilitas dari timbunan tersebut. Stabilitas ini dicek menggunakan program bantu. Program bantu ini membantu kita dengan cara melihat bidang longsor timbunan dan juga dengan mencari nilai kemaman SF timbunan tersebut

8. Perencanaan perkuatan timbunan menggunakan geotextile

Timbunan sendiri sangat rentan terhadap longsor karena secara natural bidang longsor pasti terbentuk dibawah timbunan. Geotextile sendiri digunakan untuk menjadi perkuatan dalam timbunan agar tidak terkena pengaruh bidang longsor tersebut.

9. Perencanaan GESC

GESC direncanakan sebagai perkuatan untuk meningkatkan daya dukung dari tanah tersebut. GESC ini bekerja dengan cara mencegah longsor dengan memotong bidang longsor timbunan bagian bawah.

10. Cek stabilitas

Setelah dilakukan perbaikan dan perkuatan menggunakan dua metode yang diajukan sebelumnya setelah itu kita harus mengecek stabilitas dari timbunan tersebut. Jika Ok maka masuk ke perhitungan biaya, jika gagal kembali ke perhitungan perkuatan.

11. Cek biaya

Perencanaan biaya sangat dibutuhkan untuk mendapatkan harga yang sesuai dalam pelaksanaan perbaikan tanah dan pembangunan timbunan proyek Jalan Tol Transumatra Kayuagung - Pematang Panggang ini.

12. Kesimpulan

Penulis akan menyajikan hasil laporan dari perencanaan yang sudah dilakukan penulis secara rinci dan mudah dipahami yang diharapkan bisa menjadi acuan dan contoh dalam pembangunan Jalan Tol Transumatra Kayuagung - Pematang Panggang pada khususnya dan pada perencanaan proyek serupa pada umumnya.

BAB IV

DATA DAN ANALISIS

4.1 Data Tanah

Data tanah adalah data eksisting yang diambil dari lapangan dan dari hasil laboratorium. Data ini sangat penting karena menjadi bahan perhitungan dan perencanaan timbunan jalan yang digunakan pada Tugas Akhir kali ini. Data tanah yang ditinjau dibagi menjadi 4 STA yaitu, STA 149+200, STA 150+650, STA 151+450, STA 152+000.

Jenis tanah yang ada dilapangan sangat bervariasi, di lapisan tanah asli terdapat 5m tanah gambut/organik dan tanah dibawahnya adalah sebagai tanah lempung. Data tanah lempung didapatkan dari data lab dari borlog lapangan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung yang dilakukan oleh PT. Waskita Karya dalam bentuk Laporan Kajian Geoteknik Waskita Karya (2016). Data tersebut direkapitulasi nilai N_{spt} terhadap kedalaman tanah lunak sedangkan untuk parameter tanah lainnya didapatkan di setiap kedalaman 5m data tanah asli. Data pengerjaan ditinjau karena data tersebut memiliki nilai NSPT kecil yang cukup dalam. Data data yang didapat adalah data pada setiap 5m kedalaman tanah. Dikarenakan absennya data tanah gambut, maka data tanah gambut diambil dari Tugas Akhir Mila Kusuma Wardani (2008) dan data tanah organik ini dianggap sama pada setiap STA. Tabel perbandingan nilai NSPT dan kedalaman bisa dilihat di **Lampiran 1**.

4.1.1 Data Tanah Asli

Data pertama yang ditinjau adalah data tanah organik yang didapat dari Tugas Akhir Mila Kusuma Wardani (2008). Data tanah organik yang didapatkan berupa data pada kedalaman 0m sampai 5m dengan pembagian setiap 1m. Data tanah organik yang didapat yaitu berupa data berat volume tanah jenuh (γ_{sat}) *Water Content* (Wc), *Specific Gravity* (GS), Cu, Cc, Cs, dan Cvdan Φ . Data tanah organik ini dijabarkan pada **Tabel 4.1**. Data tanah organik ini dianggap sama pada setiap STA.

Tabel 4.1 Data Tanah Organik (sumber : Tugas Akhir Mila Wardani, 2008)

Depth (m)			NSPT	Jenis Tanah	Wc (%)	ysat (t/m ³)	e _s	G _s	Cc	Cs	Cv (cm ² /s)	φ	Cu (kg/cm ²)	
0	-	1	0	Sangat Lunak	617.243	1.99	9.253	1.419	1.3962	0.1995	9.000000		52	0.000
1	-	2	0	Sangat Lunak	617.243	1.99	9.253	1.419	1.3690	0.1995	9.000000		52	0.000
2	-	3	0	Sangat Lunak	617.243	1.99	9.253	1.419	8.0745	1.1535	38.000000		52	0.000
3	-	4	0	Sangat Lunak	617.243	1.99	9.253	1.419	8.0745	1.1535	38.000000		52	0.000
4	-	5	0	Sangat Lunak	617.243	1.99	9.253	1.419	8.0745	1.1535	38.000000		52	0.000

Data tanah lempung yang didapatkan adalah data tanah asli di setiap kedalaman 5m dengan data yang tercantum berupa *Water Content* (Wc), *Specific Gravity* (GS), LL, PI, Pi, Cc, Cv, Cu. Untuk γ dan e_0 untuk tanah lempung menggunakan metode biarez. Data tanah yang diambil adalah data untuk STA 149+200, 150+650, 151+450 dan STA 152+000. Data tanah lempung ini dijabarkan pada **Tabel 4.2**

Tabel 4.2 Data Tanah Lempung (sumber : Laporan Geotek PT Waskita, 2016)
STA 149+200

BKA-10	STA	149+200											
Elevation	N-Spt	WC (%)	GS	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /s)	Cu (Kn/m ²)	Cu (ton/ m ²)			
5m	3	34.62	2.618	75.45	21.45	54				18.75	1.9106		
10m	1	38.62	2.615	0	0.00		0.36	0.000800	6.25	0.6369			
15m	4	31.26	2.627	57.44	25.21	32.33			25	2.5475			
20m	23	31.26	2.6	72.34	26.31	46.03	0.4	0.000746	143.75	14.6481			
25m	16	29.67	2.6	55.01	34.87	20.14			100	10.1900			
30m	30	28.62	2.63	80.11	17.11	63			187.5	19.1063			
35m	24	24.62	2.621	78.84	19.79	59.05			150	15.2850			

STA 150+650

BKA-11	STA	150+650											
Elevation	N-Spt	WC (%)	GS	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /s)	Cu (Kn/m ²)	Cu (ton/ m ²)			
5m	2	46.62	2.618	81.5	20.75	60.75	0.5	0.001090	12.5	1.2738			
10m	21	35.62	2.623	57.53	32.82	24.71	0.35	0.000808	131.25	13.3744			
15m	27	30.12	2.618	0					168.75	17.1956			
20m	26	34.62	2.617	0					162.5	16.5588			
25m	30	30.32	2.611						187.5	19.1063			
30m	34	28.63	2.62	78.58	26.95	51.62			212.5	21.6538			

STA 151+450

BKA-12	STA	151+450											
Elevation	N-Spt	WC (%)	GS	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /s)	Cu (Kn/m ²)	Cu (ton/ m ²)			
5m	1	35.62	2.62	79.04	21.46	57.58	0.43	0.000619	6.25	0.6369			
10m	3	20.32	2.621						18.75	1.9106			
15m	23	26.32	2.613						143.75	14.6481			
20m	26	24.62	2.623						162.5	16.5588			
25m	26	18.62	2.617						162.5	16.5588			
30m	16	34.62	2.618	64.21	24.36	38.95	0.46	0.000789	100	10.1900			

STA 152+000

BKA-27	STA	152+000									
Elevation	N-Spt	WC (%)	GS	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /s)	Cu (Kn/m ²)	Cu (ton/ m ²)	
5m	4	41.45	2.612	70.06	23.75	46.32			25	2.5475	
10m	15	34.89	2.612	51.63	24.66	26.98			93.75	9.553125	
15m	23	33.74	2.614	51.7	31.07	20.63			143.75	14.648125	
20m	41	25.78	2.62	56.46	27.72	28.74			256.25	26.111875	
25m	31	34.56	2.68	58.57	32.75	25.83			193.75	19.743125	
30m	36	33.56	2.69	70.63	24.59	46.04			225	22.9275	

Data yang didapatkan dari hasil laporan kajian Geoteknik Waskita Karya (2016) adalah data parameter tanah yang diambil pada setiap kedalaman 5m. Selain itu data γ dan e_0 tidak tercantum dalam hasil laporan tersebut. Oleh karena itu diperlukan penyesuaian data tanah untuk perhitungan menggunakan metode korelasi data tanah. Metode korelasi data tanah yang dipakai pada tugas akhir kali ini adalah metode pendekatan dengan tabel Bowles dan Biarez. Metode bowles adalah metode yang menggunakan parameter nilai NSPT untuk mendapatkan nilai γ pada setiap 1m kedalaman tanah dasar dengan menggunakan acuan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Tabel Korelasi Data Tanah Dengan SPT (sumber : J.E. Bowles (1984))

<i>Cohesionless Soil/Sol Pulvérulent</i>					
N (blows)	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ (KN/m ³)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
ϕ (°)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
State	<i>Very Loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very Dense</i>
Dr (%)	0 - 15	15 - 35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
<i>Cohesive Soil/Sol Cohérent</i>					
N (blows)	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (KN/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
qu (kPa)	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
Consistency	<i>Very Soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

$$\text{dengan Dr (relative density)} = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

e = angka pori (void ratio)

Setelah nilai γ tanah didapatkan, maka nilai e_0 dapat dicari menggunakan metode korelasi dengan menggunakan tabel dari Biarez yang dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

Tabel 4.4 Tabel Korelasi Data Tanah Dengan γ tanah (sumber: Biarez dan Favre (1984))

Sifat tanah		γ_d	c	n	W _{at}	γ_{sat}	K			C _v		e		$m_v = 1/E$		
		g/cm ³	lb/cb ft		%	g/cm ³	cm/s	ft/year	kg/ceon	cm ² /s	ft ² /year	bars	psi	cm ² /kg	ft ² /ton	
Silt, Clay	lunak	0.5	31.25	4.40	0.80	163.0	1.31									
		0.6	37.50	3.50	0.78	129.00	1.38									
		0.7	43.75	2.80	0.74	105.8	1.44									
		0.8	50.00	2.38	0.70	88.0	1.50									
		0.9	56.25	2.00	0.67	74.1	1.57									
	rata-rata	1.0	62.50	1.70	0.63	63.0	1.63	1 x 10 ⁻⁶	1.03	10 ⁻²	5 x 10 ⁻³	16.9	2	28.4	0.5	0.488
		1.1	68.75	1.45	0.59	53.9	1.69	2 x 10 ⁻⁶	2.06		6 x 10 ⁻³	20.3	3	42.6	0.33	0.325
		1.2	75.00	1.25	0.56	46.3	1.76	3 x 10 ⁻⁶	3.10		7 x 10 ⁻³	23.6	4	56.9	0.25	0.244
		1.3	81.25	1.08	0.52	39.9	1.82	4 x 10 ⁻⁶	4.13		8 x 10 ⁻³	27.0	5	71.0	0.20	0.195
		1.4	87.50	0.93	0.48	34.4	1.88	5 x 10 ⁻⁶	5.17		9 x 10 ⁻³	30.4	6	85.3	0.17	0.163
Gravel, Sand	sangat lunak	1.5	93.75	0.80	0.44	29.6	1.94	6 x 10 ⁻⁶	6.20		10 ⁻¹	33.8 x 10 ⁻¹	7	99.5	0.14	0.144
		1.6	100.00	0.69	0.41	25.5	2.04	7 x 10 ⁻⁶	7.24				8	113	0.12	0.122
		1.7	106.25	0.59	0.37	21.8	2.07	8 x 10 ⁻⁶	8.26				9	127	0.11	0.111
		1.8	112.50	0.50	0.33	18.5	2.13	9 x 10 ⁻⁶	9.30		10 ⁻²	33.8 x 10 ⁻²	10	142	0.10	0.0976
		1.9	118.75	0.42	0.30	15.6	2.20	10 ⁻²	10.33	1			11	156	0.091	0.0887
	sangat keras	2.0	125.00	0.35	0.26	13.0	2.26	10 ⁻²	1.03 x 10 ¹	10	10 ⁻¹	33.8 x 10 ⁻¹	12	170	0.083	0.0815
		2.1	131.25	0.29	0.22	10.6	2.32	10 ⁻¹	1.03 x 10 ¹	100			13	185	0.0773	0.075
		2.2	137.50	0.23	0.19	8.4	2.39	10 ¹	1.03 x 10 ¹	1000			14	199	0.073	0.07
		2.3	143.75	0.17	0.15	6.4	2.45						15	213	0.064	0.065
		2.4	150.00	0.13	0.11	4.63	2.51						20	284	0.050	0.0488
keras	2.5	156.25	0.080	0.074	2.96	2.57						50	710	0.020	0.0195	
	2.6	162.50	0.038	0.037	1.42	2.64						100	1420	0.010	9.76 x 10 ⁻³	
	2.7	168.75	0.000	0.000	0.00	2.70						500	7100	0.002	1.95 x 10 ⁻³	
												1000	14200	0.001	9.76 x 10 ⁻⁴	

Catatan : 100 kPa = 100 kN/m² = 1 bar = 1.02 kg/cm²

Setelah dilakukan metode Biarez, maka data tanah γ_{sat} dan e_0 dapat di masukan kedalam data tanah lainnya yang telah didapatkan dari sumber sekunder sebelumnya. Data tersebut di jabarkan pada setiap kedalaman 1m. Data tanah ini kemudian di rekapitulasi agar siap dianalisa untuk perhitungan pada tugas akhir kali ini. Rekap semua data tanah dasar dapat dilihat pada **Lampiran 2**

. Data tanah sekarang telah siap untuk dilakukan perhitungan dan perencanaan timbunan untuk jalan tol Pematang Panggang - Kayu Agung STA 149+200 - 152+000. Data tanah yang akan dipakai dalam perhitungan adalah data tanah tanah lunak atau NSPT <10

4.1.2 Data Tanah Timbunan

Data selanjutnya yang akan ditinjau pada tugas akhir kali ini adalah data timbunan. Data ini diambil dari sumber yang sama dengan data tanah dasar lempung, yaitu dari Laporan Kajian Geoteknik Waskita Karya (2016). Data yang didapatkan adalah data γ timbunan, Cu, dan sudut geser timbunan (Φ).

Sifat fisik tanah timbunan:

$$C = 10 \text{ kPa}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1,8 \text{ t/m}^2$$

$$\Phi = 30$$

Tinggi timbunan pada tugas akhir ini mempunyai elevasi yang berbeda-beda. Cara menentukan tinggi timbunan adalah dengan melihat selisih antara elevasi rencana dan elevasi existing.

Contoh perhitungan tinggi timbunan pada STA 149+200

$$\text{Elevasi rencana} = +15.36$$

$$\text{Elevasi existing} = +19.76$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi timbunan} &= \text{elevasi rencana} - \text{elevasi existing} \\ &= 19.76 - 15.36 \\ &= 4.4 \text{ m} = 4.5 \text{ m} \end{aligned}$$

Rekapitulasi tinggi timbunan ada pada **Tabel 4.6**

Tabel 4.6 Tinggi Timbunan Rencana Setiap STA (sumber: hasil analisa)

Data yang didapatkan akan digunakan dalam perhitungan tugas akhir

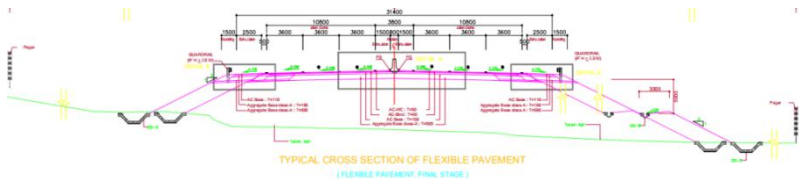
STA	Elevasi Rencana (m)	Elevasi Eksisting (m)	Tinggi Timbunan (m)	Tinggi Timbunan Hitungan (m)
STA 149+200	15.36	19.76	4.4	4.5
STA 150+650	13.18	18.64	5.46	5.5
STA 151+450	13.36	17.81	4.45	4.5
STA 152+000	14.56	20.27	5.71	6

kali ini. Data timbunan ini akan dipakai pada setiap STA.

4.2 Data Untuk Desain dan Analisis

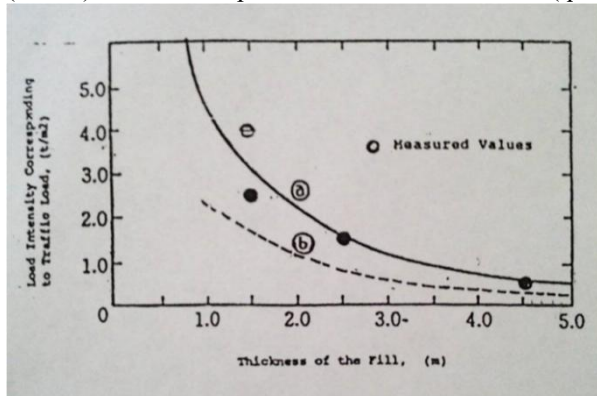
4.2.1 Data Beban

Data beban yang akan diterima oleh tanah dasar dibagi menjadi 2 jenis yaitu beban timbunan dan beban preloading. Beban timbunan akan bervariasi sesuai dengan ketinggian dari timbunan itu sendiri dengan lebar timbunan yang sama, yaitu 31.5m pada setiap STA yang bisa didapatkan pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 Cross Section Timbunan Perencanaan (sumber : Laporan Geotek PT Waskita, 2016)

Beban selanjutnya yang akan diterima adalah beban lalu lintas dan beban perkerasan. Untuk beban perkerasan menggunakan beban rigid pavement dan lantai kerja dengan ketinggian 50 cm, sedangkan untuk beban lalu lintas akan menggunakan grafik Japanese Association Road (1986) **Gambar 4.2**, yaitu dengan menarik garis dari tinggi rencana (H_{final}) untuk mendapatkan nilai beban lalu lintas (q traffic).



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Tinggi Timbunan dengan Beban Lalu Lintas (sumber: Japanese Association Road (1986))

Beban yang digunakan pada setiap STA terdapat pada **Lampiran 3**.

4.2.2 Data Spesifikasi Bahan

Data spesifikasi bahan yang akan digunakan dalam perencanaan perbaikan tanah dasar dan perbaikan stabilitas timbunan pada jalan tol Pematang Panggang - Kayu Agung STA 149+200 s.d. 152+000 adalah sebagai berikut:

1. *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*

Jenis PVD yang akan digunakan adalah *CeTeau Drain CT-D822* yang diproduksi oleh PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi material sebagai berikut :

Weight = 75 g/m
Thickness = 100 mm
Width = 4 m

2. *Geotextile*

Tipe *Geotextile* yang akan digunakan adalah *Geotextile RG14* dengan nilai Tensile Strength sebesar 75 kNm.

3. *Geotextile Encased Stone Column (GESC)*

Geotextile Encased Stone Column akan menggunakan *Geotextile* dengan spesifikasi UW-250 dan stone column dengan jenis batu kali yang memiliki kuat tekan kuat tekan 40 mpa.

BAB V

PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERKUATAN TANAH DASAR

5.1 Perencanaan Timbunan

Perencanaan timbunan memerlukan hasil penurunan tanah dasar akibat beban timbunan dan beban rencana. Besaran penurunan yang terjadi akan menentukan tinggi akhir timbunan (H Final) setelah dilakukan pembongkaran preloading dari tinggi awal timbunan (H Initial).

Beban yang akan bekerja pada tanah dasar adalah beban timbunan, beban perkerasan dan beban lalu lintas. Selain itu dilakukan variasi pembebanan (q) terhadap timbunan. Dari variasi pemberian beban timbunan akan didapatkan variasi tinggi timbunan preloading. Besaran beban ini akan digunakan dalam perhitungan H inisial. Berikut merupakan contoh perhitungan tinggi timbunan preloading dan beban timbunan pada STA 149+200.

$$H_{\text{timbunan}} = H_{\text{beban perkerasan}} + H_{\text{beban lalu lintas}} + H_{\text{beban Timbunan}}$$

Hbeban perkerasan dan lalu lintas di STA 149+200 didapatkan pada **Lampiran 3**, sedangkan Hbeban timbunan diasumsikan.

Hbeban perkerasan	= 0.50 m
γ beban perkerasan	= 2.2 t/m ³
Hbeban lalu lintas	= 0.22 m
Q beban lalu lintas	= 0.4 t/m ²
Hbeban timbunan	= 1 m
γ beban timbunan	= 1.8 t/m ³
q total	= $\gamma_{\text{timbunan}} \times H_{\text{beban timbunan}} + q_{\text{beban lalu lintas}} + H_{\text{beban perkerasan}} \times \gamma_{\text{perkerasan}}$
	= $1.8 \times 1 + 0.4 + 0.5 \times 2.2 = 3.3 \text{ t/m}^2$

Setelah itu dilakukan cara perhitungan yang sama untuk mendapatkan nilai q dari masing-masing H timbunan yang dapat dilihat pada **Tabel 5.1**.

Tabel 5.1 Variasi Tinggi dan Beban Timbunan di STA 149+200

H beban Timbunan (m)	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0
H traffic (m)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
H perkerasan (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
H timbunan (m)	1.72	3.72	5.72	7.72	9.72	11.72
q timbunan (t/m ²)	1.80	5.40	9.00	12.60	16.20	19.80
q traffic + perkerasan (t/m ²)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
q total (t/m ²)	3.3	6.9	10.5	14.1	17.7	21.3

Hasil perhitungan variasi tinggi dan beban timbunan di setiap STA dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

5.1.1 Pemampatan Tanah Dasar

Pada tugas akhir ini data tanah dilapangan ditemukan tanah organik dan tanah lempung di setiap STA. Tebal lapisan organik ini adalah 5m untuk setiap STA. Oleh karena itu pemampatan pada perencanaan ini akan ditinjau menggunakan 2 metode, yaitu metode Gibson dan Lo untuk tanah gambut dan metode Terzhagi untuk tanah lempung.

Metode pemampatan Gibson dan Lo merupakan metode pemampatan khusus untuk tanah organik. Perhitungan ini dilakukan dengan cara melakukan kalibrasi antara data tanah eksisting dengan asumsi beban yang akan diterima oleh tanah organik. Pemampatan gibson dan lo memerlukan data dari percobaan gambut sebelumnya. Oleh karena itu data ini diambil dari percobaan Marzuki (2004). Data yang akan diambil adalah data lapangan marzuki ketika $\sigma = 76.6$. Data iMarzuki (2004) dijabarkan pada **Tabel 5.2** dan **Tabel 5.3**.

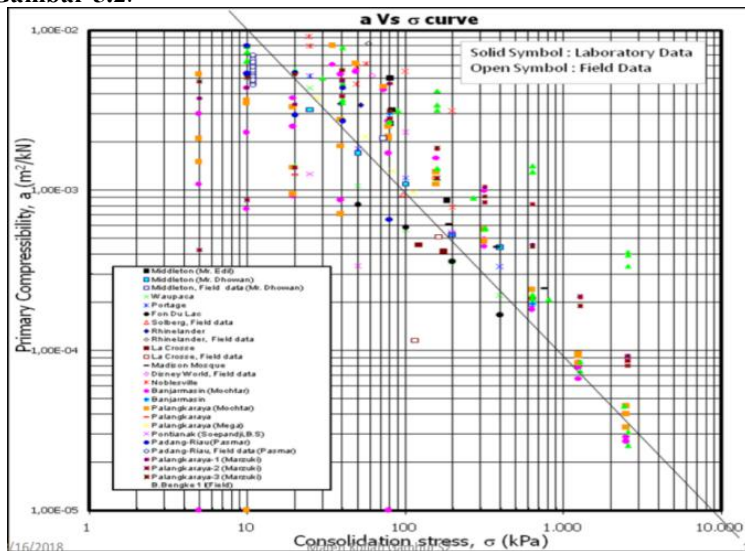
Tabel 5.2 Parameter Pemampatan Lapisan Tanah Gambut Hasil Laboratorium
(sumber : Marzuki, 2004)

Sumber Data	Sistem Pentahapan	a (m ² /KN)	b (m ² /KN)	λ/b (min ⁻¹)	E (min ⁻¹)
Laboratorium	Bertahap	6.04E-03	8.55E-03	2.19E-01	6.78E-05
	Tanpa Tahapan	4.87E-03	2.72E-03	2.80E-05	4.92E-05
Lapangan		1.92E-03	7.73E-03	1.61E-06	1.42E-07
				$\Delta\sigma$	76.6 Kpa

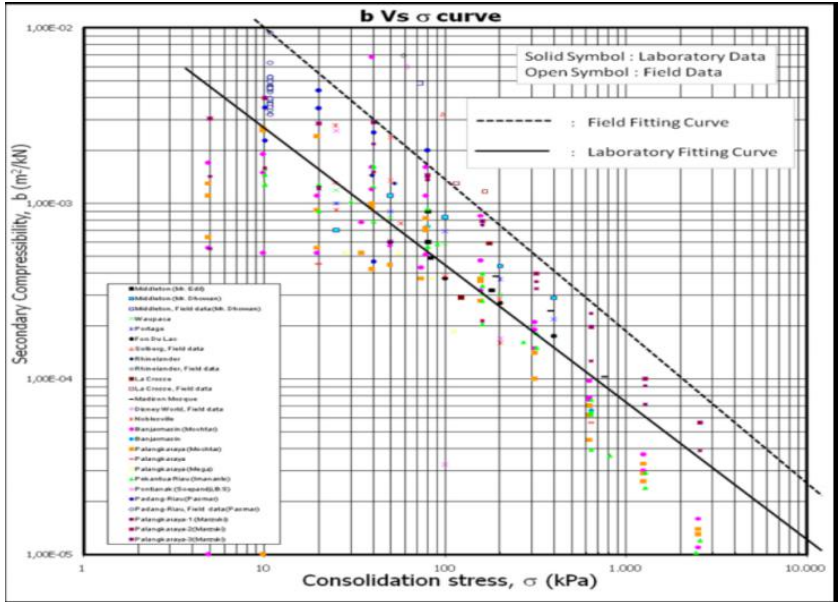
Tabel 5.3 Parameter Pemampatan Marzuki pada saat $\epsilon=76.6$ kPa
(sumber : Marzuki, 2004)

Parameter	$\Delta\alpha=76.6$ Kpa		$\Delta\alpha=63.825$ Kpa	
	Data Lapangan	Kurva	Dari Kurva	Hasil Kalibrasi
a (m ² /KN)	0.00192	1.1100E-03	1.48x10 ⁻³	2.33x10 ⁻³
b (m ² /KN)	0.00773	2.1060E-03	2.23x10 ⁻³	8.12x10 ⁻³
λ/b (min ⁻¹)	1.61E-06	1.6290E-06	1.6129x10 ⁻⁶	1.6129x10 ⁻⁶
E (min ⁻¹)	0.000000142	1.4200E-07	1.42x10 ⁻⁷	1.42x10 ⁻⁷

Pemampatan ini memerlukan asumsi tegangan tanah akibat beban yang berbeda-beda (σ). Tegangan tanah yang diasumsikan adalah 20kPa, 40kPa, 60kPa, 80kPa, 100kPa. Dari masing-masing data tegangan ini akan didapatkan nilai parameter pemampatan primer a dan parameter pemampatan primer b yang akan dipakai untuk kalibrasi. Grafik antara nilai tegangan dengan parameter a bisa dilihat di **Gambar 5.1** dan parameter antara nilai tegangan dengan parameter b bisa dilihat di **Gambar 5.2**.



Gambar 5.1 Hubungan σ dan parameter a (sumber : Materi Kuliah Gambut S2, 2018)



Gambar 5.2 Hubungan σ dan parameter b . (sumber : Materi Kuliah Gambut S2, 2018)

Setelah mendapatkan nilai a dan b dari kurva, maka perlu dilakukan kalibrasi terhadap nilai data lapangan marzuki. Berikut ini adalah contoh perhitungan kalibrasi pada saat $\sigma=20$ kPa.

$$a = \frac{a_{kurva}}{a_{MarzukiKurva}} a_{MarzukiLapangan}$$

$$a = \frac{0.00288}{0.0011} 0.0019 = 0.00498$$

$$b = \frac{b_{kurva}}{b_{MarzukiKurva}} b_{MarzukiLapangan}$$

$$b = \frac{0.00126}{0.00206} 0.00773 = 0.00473$$

Setelah mendapatkan hasil kalibrasi untuk parameter a dan b , maka nilai pemampatan gambut (S_c), H Initial (H_{in}) dan H Final (H_{fi}) bisa dicari. Sebelum mencari nilai S_c, H_{in} dan H_{fi} maka nilai regangan

gambut $\epsilon(t)$ harus dicari terlebih dahulu menggunakan **persamaan 2.1**. Setelah Sc , H_{in} dan H_{fi} sudah didapatkan, maka bisa dibuat grafik hubungan H Initial dengan H final dan grafik hubungan antara H Final dengan Sc . Berikut adalah contoh perhitungan Sc pada saat $\sigma=20$ kPa. Direncanakan perhitungan untuk 20 tahun.

$$\epsilon(t) = \Delta\sigma(a + b(1 - e^{-(\lambda/b)t}))$$

$\Delta\epsilon'$ = penambahan beban efektif

a = parameter pemampatan primer

b = parameter pemampatan sekunder

λ/bt = faktor kecepatan pemampatan sekunder (1/menit)

$t = 20$ tahun = 10368000 menit

$$\lambda/b * t = 0.00000161 * 10368000 = 16.72$$

$$\epsilon(t) = 33(0.00498 + 0.00473(1 - e^{-(16.72)})) = 0.32$$

$$\epsilon = \frac{\Delta H}{H} = \frac{Sc}{H_{gambut}}$$

$$Sc = \epsilon * H_{gambut}$$

$$Sc = 0.32 * 5m = 1.6m$$

$$H_{Initial} = \frac{q + (Sc * \gamma_w)}{\gamma_{imb}}$$

$$H_{Initial} = \frac{2 + (1.6 * 1)}{1.8} = 2.65m$$

$$H_{Final} = H_{Initial} - Sc$$

$$= 2.65 - 1.6$$

$$= 1.05 m$$

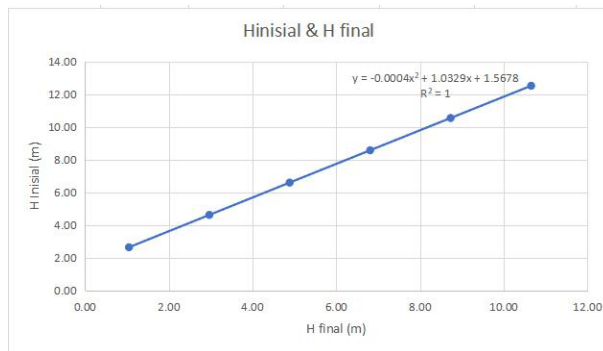
Tabel 5.4 Rekap H Inisial dan H final untuk setiap tegangan (sumber : hasil analisa)

t (m2)	q kPa	a lap	b lap	λ / b	ϵ	$t = 20$ tahun	$\lambda / b * t$	$e^{-\lambda / b * t}$	$\epsilon(t)$	Sc (m)	H Initial (m)	H Final (m)
3.3	33	4.98E-03	4.73E-03	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.32	1.60	2.65	1.05
6.9	69	2.65E-03	2.17E-03	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.33	1.66	4.63	2.97
10.5	105	1.71E-03	1.56E-03	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.34	1.72	6.61	4.89
14.1	141	1.18E-03	1.33E-03	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.35	1.77	8.58	6.81
17.7	177	1.09E-03	9.68E-04	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.37	1.83	10.55	8.73
21.3	213	8.91E-04	8.71E-04	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.38	1.88	12.53	10.65

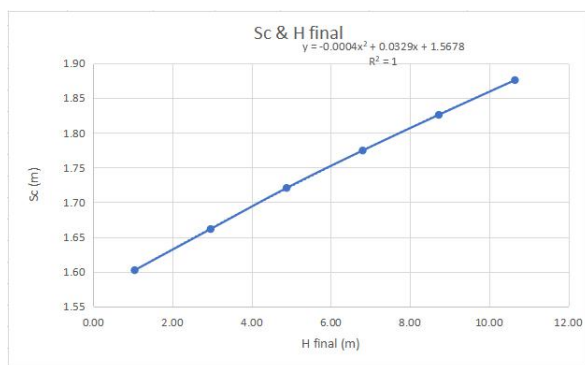
Hubungan $H_{inisial}$ dan H_{final} pada **Tabel 5.4** kemudian dibuatkan grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 5.3**, sedangkan hubungan H_{final} dan Sc ditunjukkan pada **Gambar 5.4**. Persamaan yang didapatkan dari **Gambar 5.3** digunakan untuk menghitung $H_{inisial}$

timbunan untuk mencapai Hfinal 4.5 m. Sedangkan persamaan yang didapatkan dari **Gambar 5.4** digunakan untuk mencari besar pemampatan yang terjadi. Berikut perhitungannya:

$$\begin{aligned} \text{Hinisial} &= -0.0004x^2 + 1.0329x + 1.5678 \\ &= -0.0004(4.5)^2 + 1.0329(4.5) + 1.5678 \\ &= 6.2 \text{ m} \\ \text{Sc} &= -0.0004x^2 + 0.0329x + 1.5678 \\ &= -0.0004(4.5)^2 + 0.0329(4.5) + 1.5678 \\ &= 1.7 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 5.3 Hubungan antara Hinisial dan Hfinal pada tanah organik (sumber : hasil analisa)



Gambar 5.4 Hubungan antara Sc dan Hfinal pada tanah organik (sumber : hasil analisa)

Selanjutnya dilakukan metode pemampatan dengan metode pemampatan Terzaghi. Pemampatan tanah dasar Terzaghi terjadi akibat tinggi timbunan yang dibuat bervariasi, beban perkerasan, dan beban lalu lintas. Untuk menghitung pemampatan tanah dasar diperlukan perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, Tegangan yang akan dihitung adalah tegangan tanah vertical efektif yaitu tegangan overburden (σ_o'), tegangan yang pernah terjadi pada tanah pada masa lampau yaitu tegangan prakonsolidasi (σ_c'), dan tegangan akibat beban yang bekerja pada tanah yaitu distribusi tegangan ($\Delta\sigma$). Perhitungan tegangan ditinjau pada setiap kedalaman dengan interval 1m.

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

$$H = 1 \text{ m}$$

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

$$q_o = 3.3 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Tegangan overburden } (\sigma_o') = 4.8$$

$$\begin{aligned} \sigma_o' &= \gamma' \times z \\ &= (1.9 - 1) \times 0,5 \\ &= 0,45 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan prakonsolidasi } (\sigma_c') :$$

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

H fluktuasi diasumsikan sebesar 1 m

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

$$\begin{aligned} \sigma_c' &= 0.45 + (1 \times 1) \\ &= 1,45 \end{aligned}$$

$$\text{Distribusi tegangan } (\Delta\sigma) :$$

Menghitung distribusi tegangan dengan menggunakan **persamaan 2.7**, sebelum itu dihitung nilai α_1 dan α_2 dengan **persamaan 2.8** dan **2.9**:

$$B_1 = 15.75 \text{ m}$$

$$B_2 = 2 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{15.75+2}{2}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{15.75}{2}\right) = 0.0036$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{15.75}{0.5}\right) = 1.5391$$

$$\Delta\sigma_{1/2} \text{ timbunan} = \frac{3.3}{\pi} \left(\left(\frac{(15.75+2)}{2} (0.0036 + 1.539) \right) - \left(\frac{15.75}{2} \cdot 1.539 \right) \right)$$

$$= 1.65 \text{ t/m}^2$$

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

$$= 2 \times 1.65$$

$$= 3.30 \text{ t/m}^2$$

Setelah mendapatkan tegangan pada tanah dihitung pemampatan konsolidasi primer (Primary settlement) yang terjadi. Sebelum itu perlu di cek apakah tanah tersebut Normally Consolidate (NC Soil) atau Over Consolidated (OC Soil) dengan **persamaan 2.2**.

$$\sigma_o + \Delta\sigma > \sigma_c = 0.45 + 3.3 > 1.45 = \text{OCsoil}$$

Karena tanah pada kondisi overconsolidated soil (OC-Soil) serta jumlah tegangan overburden efektif dan distribusi tegangan lebih besar dari tegangan prakonsolidasi maka digunakan **persamaan 2.5**:

$$S_c = \left[\frac{H_i}{1+e_0} \left[C_s \log \left(\frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \right) + C_c \log \left(\frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_c'} \right) \right] \right]$$

$$S_c = \left(\left(\frac{1}{1+9.253} \right) \left(0.2 \log \left(\frac{1.45}{0.45} \right) + 1.396 \left(\frac{0.45 + 3.3}{1.45} \right) \right) \right)$$

$$S_c = 0.01537 \text{ m}$$

Hasil pemampatan tiap kedalaman dijumlahkan sehingga didapatkan hasil pemampatan total dari satu variasi timbunan. Lalu langkah-langkah tersebut dilakukan pada variasi timbunan yang berbeda sesuai dengan rencana sebelumnya.

Hasil pemampatan Gibson dan Lo dan Terzaghi pada saat nilai beban yang sama kemudian ditambahkan untuk mendapatkan nilai pemampatan yang sebenarnya.

$$\sigma_c' = 3.3 \text{ t/m}^2$$

$$S_c \text{ total Gibson dan Lo} = 1.6 \text{ m}$$

$$S_c \text{ total Terzaghi} = 0.071 \text{ m}$$

$$S_c \text{ total} = 1.671 \text{ m}$$

Hasil perhitungan SC di setiap STA dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

5.1.2 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal (Hinisial) dan Tinggi Timbunan Akhir (Hfinal)

Setelah didapatkan hasil pemampatan tanah dasar, maka H inisial dan H final timbunan dapat dicari. Berikut merupakan contoh perhitungan H inisial pada STA 149+200 :

$$H_{inisial} = (q_{timbunan} + S_c \times (\gamma_{timb} - \gamma'_{timb})) / \gamma_{timb}$$

Dimana :

$$S_c \text{ akibat } q_{timbunan} \text{ } 3.3 \text{ t/m}^2 = 1.671 \text{ m}$$

$$\gamma_{timb} = 1.8 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma'_{timb} = 0.8 \text{ t/m}^2$$

$$H_{inisial} = (3.3 + 0.671 \times (1.8 - 0.8)) / 1.8 = 2.76 \text{ m}$$

Hbeban merupakan tinggi timbunan yang mewakili beban perkerasan dan beban lalu lintas. Hbeban atau selanjutnya disebut Hbongkar, akan dibongkar setelah timbunan mengalami pemampatan sebesar yang direncanakan. Hfinal dihitung menggunakan persamaan :

$$H_{final} = H_{inisial} - S_c - H_{beban}$$

$$H_{final} = 2.76 - 1.671 - 0.72 = 0.37 \text{ m}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan kembali dengan cara yang sama dengan variasi beban timbunan lain yang sudah ditentukan. Perhitungan tersebut kemudian direkapitulasi sehingga menunjukkan hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 5.5**.

Hubungan Hinisial dan Hfinal pada **Tabel 5.5** kemudian dibuatkan grafik yang ditunjukkan pada **Gambar 5.5**, sedangkan hubungan Hfinal dan Sc ditunjukkan pada **Gambar 5.6**. Persamaan yang didapatkan dari **Gambar 5.5** digunakan untuk menghitung Hinisial timbunan untuk mencapai Hfinal 4.5 m. Sedangkan persamaan yang didapatkan dari **Gambar 5.6** digunakan untuk mencari besar pemampatan yang terjadi. Berikut perhitungannya :

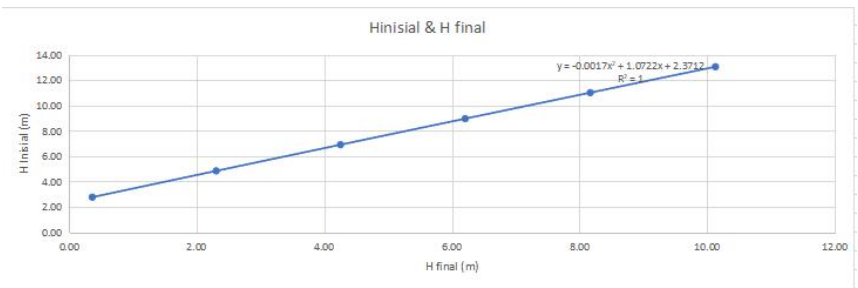
$$\begin{aligned} H_{inisial} &= -0.0017x^2 + 1.0722x + 2.3712 \\ &= -0.0017(4.5)^2 + 1.0722(4.5) + 2.3712 \\ &= 7.2 \text{ m} = 7.5 \text{ m} \\ S_c &= -0.0017x^2 + 0.0722x + 0.1649 \\ &= -0.0023(4.5)^2 + 0.0693(4.5) + 0.118 \end{aligned}$$

= 1.9 m

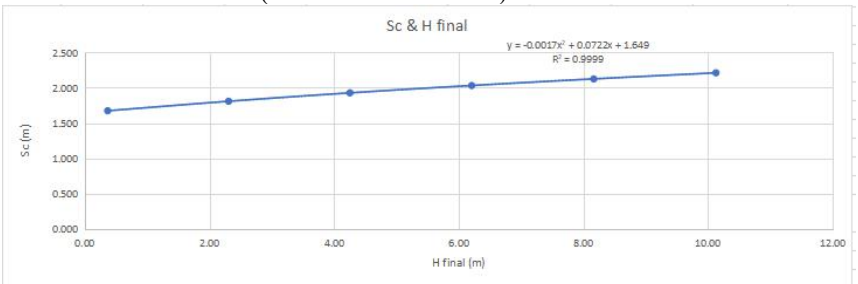
Hasil perhitungan H Inisial dan H Final di setiap STA dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil H inisial, H final, dan Sc di STA 149+200 (sumber: hasil Analisa)

H timbunan (m)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	11.00
q total (t/m ²)	3.3	6.90	10.50	14.10	17.70	21.30
H inisial (m)	2.76	4.84	6.90	8.96	11.01	13.06
H (Traffic + Perkerasan)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Sc	1.674	1.809	1.928	2.032	2.126	2.212
H final	0.37	2.31	4.25	6.21	8.17	10.13



Gambar 5.5 Grafik Hubungan antara H inisial dan H final di STA 149+200 (sumber : hasil analisa)



Gambar 5.6 Grafik Hubungan antara Sc dan H final di STA 149+200 (sumber: hasil analisa)

5.2 Perbaikan Tanah Dasar

Pada tugas akhir kali ini, perbaikan tanah dasar akan dilakukan menggunakan metode *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD). Perbaikan tanah dasar ini dimaksudkan untuk mempercepat proses pemadatan tanah. Penggunaan PVD dan PHD akan dilakukan jika pemampatan yang terjadi secara alami atau tanpa perkuatan terjadi selama $t > 6$ bulan. Sebelum dilakukan perbaikan tanah dasar, maka akan dicek terlebih dahulu, apakah pemampatan tanah dsar yang terjadi melebihi batas yang telah ditentukan.

5.2.1 Pemampatan Tanpa PVD

Pemampatan tanah dasar ini dibiarkan terjadi secara alami menggunakan beban timbunan dan preloading yang telah disiapkan. Kecepatan pemampatan dari lapisan tanah bergantung kepada nilai koefisien konsolidasi (C_v) pada tiap lapisan tanah. Dikarenakan nilai C_v berbeda-beda tiap lapisan tanah maka dapat dihitung harga C_v gabungan.

Berikut adalah contoh perhitungan waktu pemampatan tanpa PVD untuk derajat konsolidasi 90% menggunakan **persamaan 2.13** untuk mencari faktor waktu (T_v) dan **persamaan 2.11** untuk mencari lama pemampatan (t).

$$\begin{aligned} H_{dr} &= 18\text{m (single drainage)} \\ C_v \text{ gabungan} &= 0,00171 \text{ cm}^2/\text{detik} \\ &= 5.388 \text{ m}^2/\text{tahun} \\ S_c &= 0,48 \text{ m} \\ T_v &= \eta/4 \cdot (U^2) = \eta/4 \cdot (10/100)^2 = 0.0079 \\ t &= \frac{T_{90} \cdot H_{dr}^2}{C_v \text{ gabungan}} = \frac{0.848 \cdot 18^2}{5.388} = 50.986 \text{ tahun} \\ &= 51 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan waktu ini dibagi berdasarkan derajat konsolidasi dari 0% sampai 100% dengan titik tinjau pada 90%. Besarnya derajat konsolidasi dan pemampatan berdasarkan waktu dapat dilihat pada **Tabel 5.6**

Tabel 5.6 Besarnya Derajat Konsolidasi dan Pemampatan Berdasarkan Waktu (sumber : hasil analisa).

Derajat Konsolidasi, U (%)	Faktor Waktu, T_v	t (tahun)	S_c (m)
0	0	0.000	0.00
10	0.0079	0.472	0.19
20	0.0314	1.889	0.39
30	0.0707	4.250	0.58
40	0.1257	7.556	0.78
50	0.1963	11.805	0.97
60	0.2827	17.000	1.16
70	0.4028	24.221	1.36
80	0.5671	34.099	1.55
90	0.8480	50.986	1.75
100	1	60.125	1.94

Dari **Tabel 5.6** dapat dibuat grafik hubungan waktu dan pemampatan dapat dilihat pada **Gambar 5.7**. Dikarenakan waktu pemampatan yang cukup lama (51 tahun) maka diperlukan percepatan pemampatan tanah dasar dengan menggunakan Prefabricated Vertical Drain (PVD).



Gambar 5.7 Grafik Perbandingan Waktu dengan Pemampatan (sumber : hasil analisa)

Hasil perhitungan lama pemampatan di setiap STA dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

5.2.2 Perhitungan *Differential Settlement*

Sebelum melakukan perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) maka perlu dilihat nilai *differential settlement* tanah. Jika nilai *differential settlement* ini lebih dari 2cm per tahun maka diberikan 2 opsi, apakah akan melakukan *levelling* atau menggunakan PVD.

Nilai *differential settlement* didapatkan dari selisih nilai pemampatan pada tahun yang ditinjau terhadap tahun sebelumnya. Berikut merupakan contoh peninjauan nilai *differential settlement* pada STA 149+200.

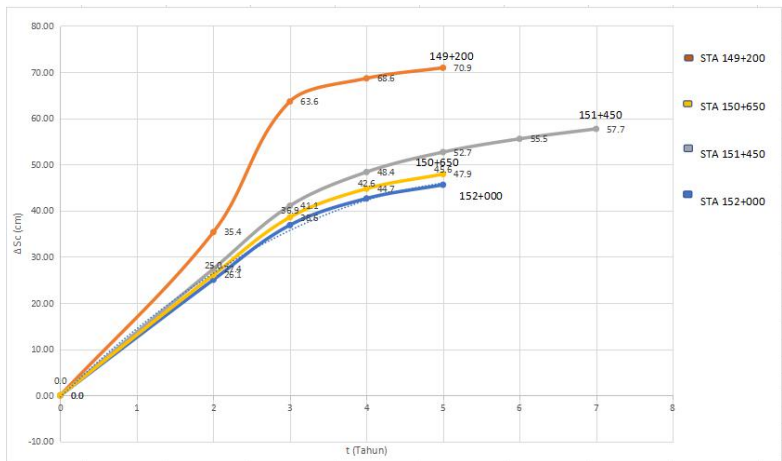
$$\begin{aligned}
 \text{Sc gambut tahun 1} &= 1.407\text{m} \\
 \text{Sc lempung tahun 1} &= 0.028\text{m} \\
 \text{Sc total tahun 1} &= 1.407+0.028 \\
 &= 1.435\text{m} \\
 \text{Sc gambut tahun 2} &= 1.645\text{m} \\
 \text{Sc lempung tahun 2} &= 0.039\text{m} \\
 \text{Sc total tahun 2} &= 1.645+0.039 \\
 &= 1.685\text{m} \\
 \Delta\text{Sc} &= 1.685-1.435 \\
 &= 0.25\text{m} = 25\text{cm}, \text{ sisa perhitungan dapat}
 \end{aligned}$$

dilihat pada **Tabel 5.7**

Tabel 5.7 Perhitungan nilai *Differential Settlement*

Tahun	SC total (m)	Δ Sc (m)	Δ Sc (cm)	Ditinjau
1	1.435			
2	1.686	2.50E-01	25.035	
3	1.804	1.18E-01	11.833	
4	1.862	5.77E-02	5.767	
5	1.891	2.96E-02	2.962	45.598
6	1.908	1.65E-02	1.654	
7	1.918	1.04E-02	1.036	
8	1.926	7.37E-03	0.737	
9	1.931	5.86E-03	0.586	
10	1.937	5.04E-03	0.504	
11	1.941	4.57E-03	0.457	
12	1.945	4.26E-03	0.426	
13	1.949	4.04E-03	0.404	
14	1.953	3.86E-03	0.386	
15	1.957	3.72E-03	0.372	
16	1.961	3.59E-03	0.359	
17	1.964	3.47E-03	0.347	
18	1.967	2.47E-03	0.247	
19	1.970	3.02E-03	0.302	
20	1.972	2.90E-03	0.290	

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa kita memiliki 2 pilihan, jika tidak memakai PVD maka diperlukan *levelling* dengan total setinggi 45.6 cm sampai tahun ke 5 pemakaian jalan tersebut. Perhitungan untuk STA lainnya dapat dilihat pada **lampiran 7**. Dikarenakan differential settlement lebih dari 2cm tetap terjadi sampai tahun ke 5 maka PVD akan dipakai sebagai perencanaan dan akan dibahas pada sub bab selanjutnya. Hasil dari setiap STA dapat dilihat pada **Gambar 5.8**.



Gambar 5.8 Grafik Hubungan Differential Settlement per tahun pada setiap STA (Sumber: Hasil Analisa)

5.2.3 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan timbunan bertahap

Perencanaan PVD dilakukan disetiap STA yang ditinjau. Perencanaan PVD dihitung dengan pola pemasangan segitiga dengan variasi jarak pemasangan PVD. Contoh variasi jarak pemasangan tiap PVD pada STA 149+200 adalah 0.6; 0.8; 1.0; 1.2; 1.4; 1.5; 1.6; 1.8; dan 2.0 meter.

Data spesifikasi PVD yang digunakan :

a = 10 cm

b = 0.4 cm

1. Perencanaan PVD Pola Pemasangan Segitiga

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola pemasangan segitiga dengan jarak pemasangan (s) 0,60 m dan kedalaman 18 m.

$$\begin{aligned} C_v &= 0.00171 \text{ cm}^2/\text{detik} \\ &= 0.10334 \text{ m}^2/\text{minggu} \\ C_h &= 3 \times C_v = 3 \times 0.10334 \\ &= 0.31004 \text{ m}^2/\text{minggu} \\ \text{Waktu (t)} &= 1 \text{ minggu} \\ S &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk menghitung diameter ekuivalen pola pemasangan segitiga menggunakan :

$$\begin{aligned} D &= 1.05 \times s = 1.05 \times 0.6 = 0.63 \text{ m} \\ dw &= \frac{2(a+b)}{\pi} = \frac{2(0,01+0,004)}{\pi} = 0.066 \text{ m} \\ n &= \frac{D}{dw} = \frac{0,63}{0,066} = 9.52 \end{aligned}$$

Dikarenakan nilai $n < 20$ maka untuk mencari nilai fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD (F(n)) menggunakan **persamaan 2.28.**

$$\begin{aligned} F(n) &= \left(\frac{n^2}{n^2-1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \\ &= \left(\frac{9,52^2}{9,52^2-1^2} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{9,52^2} \right) \right] \\ &= 1,517 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan faktor waktu maka dapat dicari nilai derajat konsolidasi tanah arah horizontal, vertical, dan rata – rata dengan menggunakan persamaan **2.29, 2.32, dan 2.34.**

$$\begin{aligned} T_v &= \frac{t \times C_v}{(Hd_r)^2} \\ &= \frac{1 \times 0.10334}{18^2} \\ &= 0,00065 \\ U_v &= \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \\ &= \left(2 \sqrt{\frac{0.00065}{\pi}} \right) 100\% \\ &= 0,02878 = 2.878 \% \end{aligned}$$

$$U_h = \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right]$$

$$= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1 \times 8 \times 0.31004}{0.63^2 \times 2 \times 1.517} \right)}} \right) \right]$$

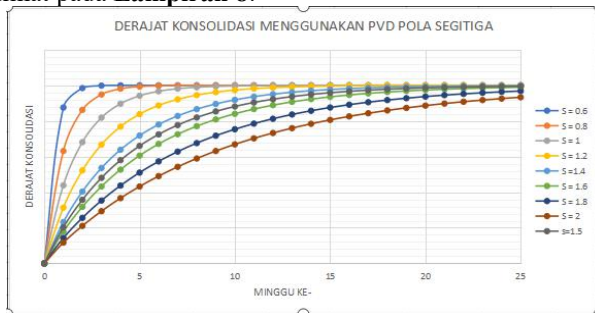
$$= 0,1873 = 18,73 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Urata-rata} &= 1 - (1 - U_h)(1 - U_v) \\ &= 1 - (1 - 0,1873)(1 - 0,02878) \\ &= 0,2107 = 21,07 \% \end{aligned}$$

Perhitungan di atas dilakukan untuk seluruh jarak pemasangan PVD (s) yang direncanakan dan ditinjau setiap minggu.. Selanjutnya dibuat grafik hubungan waktu dan derajat konsolidasi rata-rata (Urata-rata) seperti pada **Gambar 5.9**.

PVD direncanakan waktu tunggu pemampatannya selama 12-24 minggu, karena jika umur PVD lebih dari 24 minggu cenderung mengalami clogging yang menyebabkan berkurangnya kemampuan vertical drain. Derajat konsolidasi yang direncanakan sebesar 90%. Sehingga didapat jarak pemasangan (s) untuk pola segitiga s=1,5 membutuhkan waktu selama 12 minggu.

Grafik hubungan waktu dengan derajat konsolidasi di setiap STA dapat dilihat pada **Lampiran 8**.



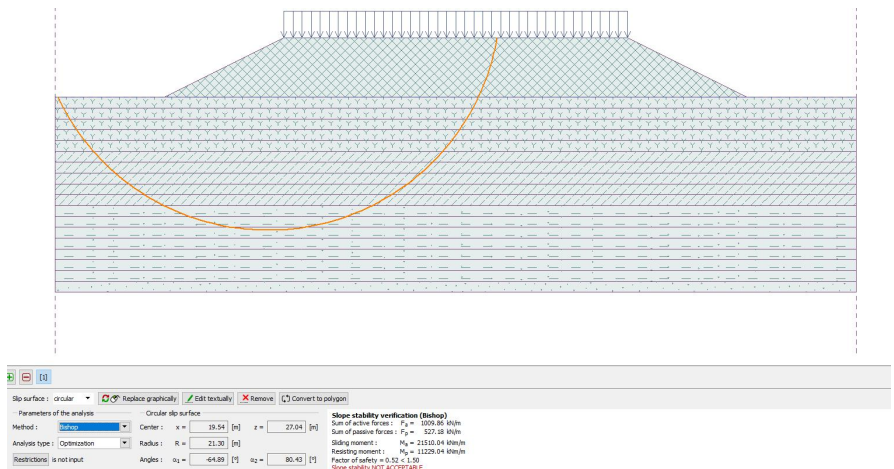
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Waktu dengan Derajat Konsolidasi Rata – Rata pada Pemasangan Pola Segitiga pada STA 149+200 (sumber : hasil analisa)

5.3 Perencanaan Timbunan Bertahap

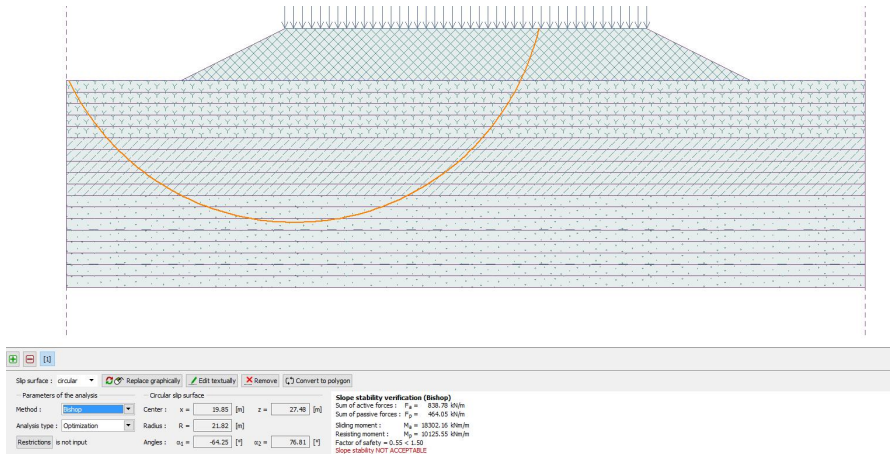
Pelaksanaan di lapangan tidak bisa langsung mendirikan timbunan dengan H final maupun initial karena akan terbentur kendala kelongsoran. Oleh karena itu direncanakan proses penimbunan bertahap dilakukan untuk mempermudah metode pelaksanaan di lapangan, timbunan diletakan secara bertahap dengan kecepatan penimbunan sesuai yang direncanakan. Pada Tugas Akhir ini, kecepatan penimbunan bertahap adalah 0.5m/minggu.

Pelaksanaan timbunan bertahap ini dilakukan dengan mencari ketinggian disaat timbunan masih bisa dilaksanakan tanpa perkuatan apapun (H_{cr}). H_{cr} merupakan batas ketinggian timbunan yang mampu didukung oleh tanah dasar asli. Parameter yang menentukan tinggi H_{cr} adalah ketika Safety Factor (SF) 1.

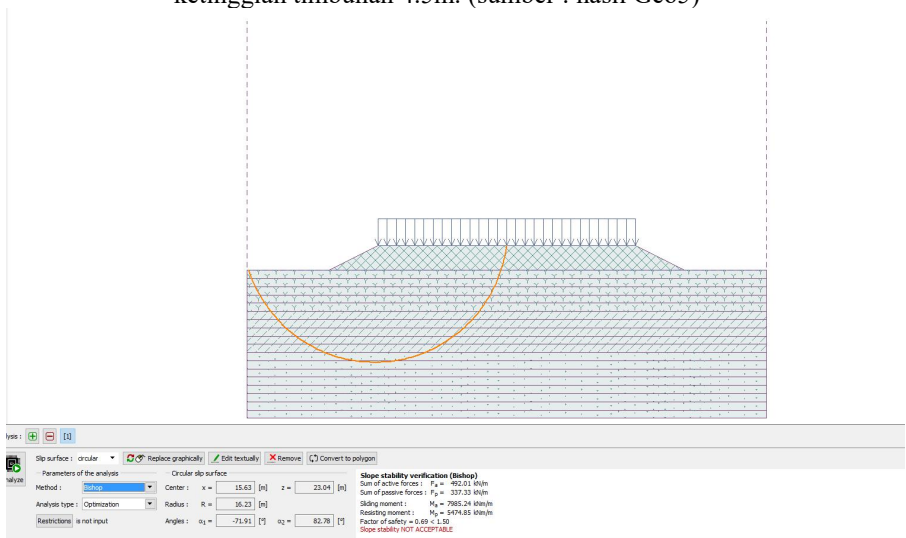
SF ini dicari dengan cara membuat grafik antara ketinggian timbunan terhadap SF yang didapatkan. SF 1 akan didapatkan dengan cara menarik garis pada grafik SF dan tinggi timbunan. Berikut adalah contoh hasil analisis stabilitas dengan program bantu **Geo5** untuk mendapatkan tinggi timbunan kritis, yaitu saat nilai SF mendekati 1 di STA 149+200.



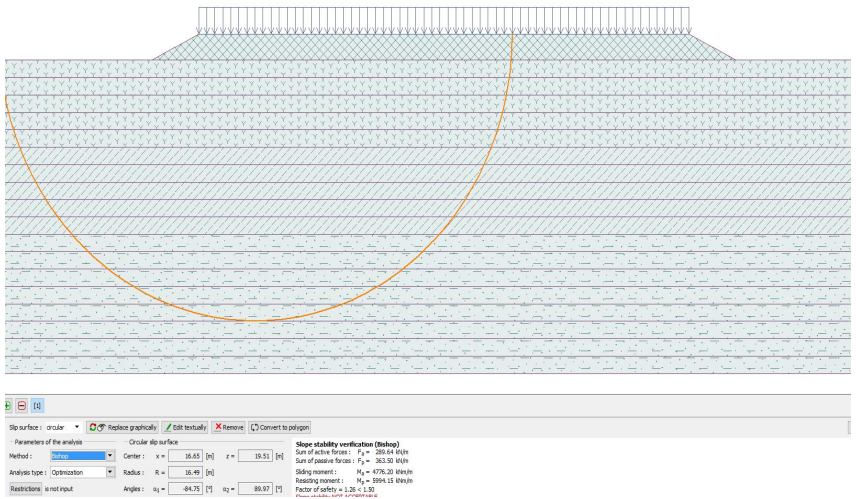
Gambar 5.10 Analisa Stabilitas Timbunan STA149+200 dengan ketinggian timbunan 5.5m (sumber : hasil Geo5)



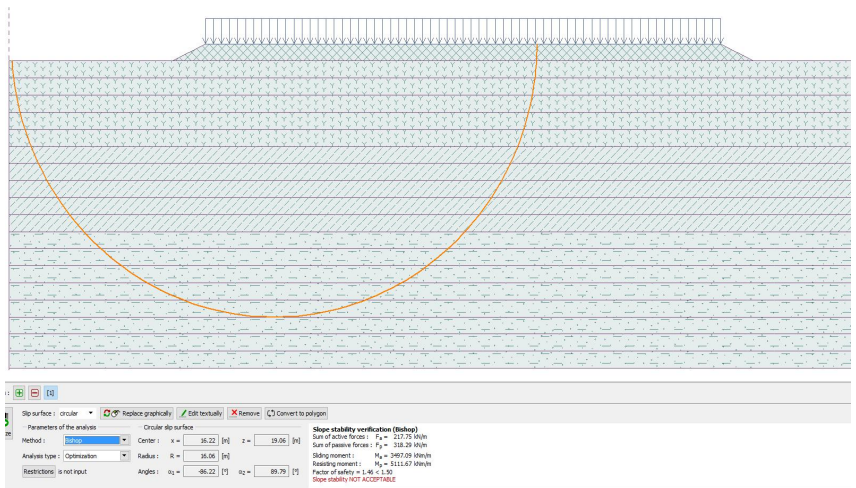
Gambar 5.11 STA149+200 Analisa Stabilitas Timbunan dengan ketinggian timbunan 4.5m. (sumber : hasil Geo5)



Gambar 5.12 STA149+200 Analisa Stabilitas Timbunan dengan ketinggian timbunan 3m. (sumber : hasil Geo5)



Gambar 5.13 STA149+200 Analisa Stabilitas Timbunan dengan ketinggian timbunan 1.5m (sumber : hasil Geo5)



Gambar 5.14 Analisa Stabilitas Timbunan STA149+200 dengan ketinggian timbunan 1m (sumber : hasil Geo5)

Dari beberapa percobaan yang sudah kita lakukan, kita dapat membuat grafik hubungan antara tinggi timbunan terhadap SF. Berikut adalah grafik hubungan SF dan tinggi timbunan.

Tabel 5.8 Rekap hasil dari analisa Geo5 (sumber : hasil Geo5)

Rekap	
Tinggi Timbunan	SF
5.5	0.52
4.5	0.55
3	0.69
1.5	1.26
1	1.46
Hcr	SF
2.2	1



Gambar 5.15 Grafik hubungan antara tinggi timbunan dan SF (sumber : hasil Geo5)

Dari **Gambar 5.15** didapatkan tinggi kritis pada STA 149+200 dengan nilai SF = 1 didapatkan tinggi kritis sebesar 2.2 m. Pentahapan akan dilakukan setinggi Hcr terlebih dahulu, yaitu sampai pada ketinggian 2m atau 4 tahap. Setelah ini dicari kenaikan harga Cu akibat timbunan dengan H cr. Perhitungan tinggi Hcr dapat dilihat pada **Lampiran 9**.

5.4 Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar

Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar (Cu) 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.

Berikut adalah contoh perhitungan tegangan untuk kedalaman 0-1m untuk timbunan tahap 1 menggunakan **persamaan 2.23**.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi timbunan per tahap} &= 0.5 \text{ m} \\ z &= 0.5 \text{ m} \\ q &= 0.5 \times 1.8 \\ &= 0.9 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Tegangan *overburden* (σ_o') :

$$\sigma_o' = 0,45 \text{ m}$$

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

$$B1 = 17.25 \text{ m}$$

$$B2 = 1 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\left(\frac{17.25+1}{0.5}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{17.25}{0.5}\right) = 0.002$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1}\left(\frac{17.25}{0.5}\right) = 1.542$$

$$\Delta\sigma_{1/2} \text{ timbunan} = \left(\frac{0.9}{\pi} \left(\left(\frac{17.25+1}{1} \right) (0.002 + 1.542) \right) - \left(\frac{17.25}{1} \cdot 1.542 \right) \right) = 0.45 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_1 &= 2 \times \Delta\sigma_{1,1/2\text{timb}} \\ &= 2 \times 0.45 \\ &= 0.9 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Perubahan tegangan akibat tahap 1 (σ_1') ketika U = 100%:

$$\begin{aligned} \sigma_n' &= \sigma_{n-1}' + \sigma_n' \\ \sigma_1' &= \sigma_o' + \Delta\sigma_1 \\ &= 0,45 + 0,9 \\ &= 1,35 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Harga P_0 , σ_1' , σ_2' , dan seterusnya berbeda – beda untuk setiap kedalaman tanah. Hasil perhitungan perubahan tegangan ketika $U = 100$ % untuk setiap variasi kedalaman PVD dapat dilihat pada **Lampiran 11**.

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

$$\Delta\sigma_1 = \left(\sigma_0 \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_0} \right)^{U\%} \right) - \sigma_0$$

$$\Delta\sigma_1 = \left(3.145 \left(\frac{4.041}{3.145} \right)^{(20.28/100)} \right) - 3.145 = 0.002 \text{ t/m}^2$$

Perubahan tegangan akibat tahap 1 (σ_1') ketika $U < 100$ %

$$\begin{aligned} \Delta\sigma_1' &= \sigma_0' + \Delta\sigma_1 \\ &= 0.450 + 0.002 \\ &= 0,452 \end{aligned}$$

Setelah menghitung perubahan tegangan per minggu dapat dihitung kenaikan daya dukung tanah dasar (c_u). Berikut adalah contoh perhitungan C_u baru dilapisan 1 pada STA 149+200 menggunakan **persamaan 2.27**.

Tegangan menggunakan tegangan pada lapisan ke-1 yaitu pada titik lapisan Hkritis berada.

$$\begin{aligned} PI &= 0 \% \\ \sigma_1' &= 0,452 \text{ t/m}^2 \\ C_{u\text{baru}} &= 0,0737 + [0,1899 - 0,0016 PI] \times \sigma_1' \\ C_{u\text{baru}} &= 0,0737 + [0,1899 - 0,0016 \times 0] \times 0,452 \\ C_{u\text{baru}} &= 0,0823 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan c_u baru pada tiap variasi kedalaman di setiap STA dapat dilihat pada **Lampiran 12**.

5.5 Perhitungan Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap

Dikarenakan perbedaan pemampatan yang terjadi pada 2 jenis tanah maka, pemampatan yang terjadi dibagi menjadi 2 bagian, perhitungan pertama adalah pemampatan yang terjadi terhadap tanah gambut dan yang kedua adalah pemampatan terhadap tanah lempung dibawahnya.

5.5.1 Pemampatan timbunan terhadap tanah gambut

Perhitungan timbunan pada tanah gambut dihitung dengan asumsi tinggi timbunan setinggi H Inisial dari minggu pertama. Hal ini dikarenakan sifat pemampatan gambut yang terjadi secara cepat pada pemampatan primer saat terkena beban dan pemampatan sekundernya terjadi secara perlahan.

Berikut adalah contoh perhitungan pemampatan pada STA 149+200.

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{timbunan}} &= 1.8 \text{ t/m}^3 \\ \text{Lebar timbunan} &= 31.5 \text{ m} \\ H_{\text{inisial timbunan}} &= 7.5 \text{ m} \\ Q_{\text{total}} &= 1.8 \text{ t/m}^3 \times 7.5 \text{ m} \\ &= 13.5 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Contoh tegangan yang diterima pada lapis tanah gambut adalah: Kedalaman 1m

$$\begin{aligned} z &= 0.5 \text{ m} \\ B_1 &= 15.75 \text{ m} \\ B_2 &= 15 \text{ m} \\ \alpha_1 &= 0.0155 \\ \alpha_2 &= 1.5391 \\ \Delta\sigma_1 &= 2 \times \Delta\sigma_{1,1/2\text{timb}} \\ &= 2 \times 6.75 \text{ t/m}^2 \\ &= 13.5 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Sisa perhitungan tegangan pada setiap lapisan tanah dapat dilihat pada **Tabel 5.9**.

Tabel 5.9 Tegangan yang terjadi pada setiap lapis tanah gambut (Sumber: Hasil Analisa)

Kedalaman	z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
1m	0.5	15.75	15.0	0.0155	1.5391	6.7500	13.500
2m	1.5	15.75	15.0	0.0462	1.4758	6.7490	13.498
3m	2.5	15.75	15.0	0.0763	1.4134	6.7456	13.491
4m	3.5	15.75	15.0	0.1053	1.3521	6.7383	13.477
5m	4.5	15.75	15.0	0.1330	1.2925	6.7256	13.451

Selanjutnya dicari nilai a dan b dari kurva parameter perhitungan tanah gambut. Nilai tersebut dilakukan kalibrasi dengan nilai a dan b yang didapatkan dari percobaan marzuki. Dikarenakan nilai tegangan yang

terjadi pada setiap lapisan berbeda maka perhitungan ini dilakukan pada setiap lapisan gambut yang dapat dilihat pada **Tabel 5.10.**

$$a = \frac{a_{\sigma kurva}}{a_{Marzuki Kurva}} a_{Marzuki Lapangan}$$

$$a = \frac{0.0008}{0.0011} 0.0019 = 0.00138$$

$$b = \frac{b_{\sigma kurva}}{b_{Marzuki Kurva}} b_{Marzuki Lapangan}$$

$$b = \frac{0.0004}{0.00206} 0.00773 = 0.00150$$

Tabel 5.10 Nilai a dan b pada setiap lapisan (Sumber: Hasil Analisa)

Kedalaman	ϵ (t.m2)	a	b	a lap	b lap
1m	13.500	8.00E-04	4.00E-04	0.001383784	0.001500971
2m	13.498	7.80E-04	3.90E-04	0.001349189	0.001463447
3m	13.491	7.60E-04	3.80E-04	0.001314595	0.001425922
4m	13.477	7.40E-04	3.70E-04	0.001280000	0.001388398
5m	13.451	7.20E-04	3.60E-04	0.001245405	0.001350874

Setelah mendapatkan hasil kalibrasi untuk parameter a dan b, maka nilai pemampatan gambut (S_c) bisa dicari. Nilai pemampatan dicari dalam waktu 15 minggu dengan jenjang waktu per 1 minggu. Berikut merupakan contoh perhitungan pemampatan pada lapis pertama STA 149+200.

$$\epsilon(t) = \Delta\sigma(a + b(1 - e^{-(\lambda/b * t)}))$$

$\Delta\epsilon'$ = penambahan beban efektif

a = parameter pemampatan primer

b = parameter pemampatan sekunder

λ/bt = faktor kecepatan pemampatan sekunder (1/menit)

t = 1 minggu = 168 menit

$$\lambda/b * t = 0.00000161 * 168 = 0.0003$$

$$\epsilon(t) = 13.5(0.00138 + 0.00150(1 - e^{-(0.0003)})) = 0.186$$

$$\epsilon = \frac{\Delta H}{H} = \frac{S_c}{H_{gambut}}$$

$$S_c = \epsilon * H_{gambut}$$

$$S_c = 0.186 * 1m = 0.186m$$

Nilai pemampatan tersebut dilakukan pada setiap lapisan gambut dengan kedalaman 1m per lapis. Nilai tersebut kemudian ditotal untuk mendapatkan nilai pemampatan total yang terjadi pada tanah gambut, perhitungan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 5.11** dan sisa perhitungan untuk setiap STA dapat dilihat pada **Lampiran 13**.

Tabel 5.11 Pemampatan pada setiap lapis gambut (Sumber: Hasil Analisa)

Minggu 1	q		a lap	b lap	λ / β	ϵ	t = 1 minggu	$\lambda / \beta \times t$	$e^{-\lambda / \beta \times t}$	$\epsilon(t)$	Sc (m)
	(t/m ²)	kPa									
1m	13.499929	134.999291	0.001384	0.001501	1.6130E-06	1.4200E-07	168	0.0003	0.999729053	0.186864731	0.186864731
2m	13.498096	134.980963	0.001349	0.001463	1.61E-06	1.42E-07	168	0.0003	0.999729053	0.182168378	0.182168378
3m	13.491292	134.912923	0.001315	0.001426	1.61E-06	1.42E-07	168	0.0003	0.999729053	0.177407923	0.177407923
4m	13.476528	134.765282	0.001280	0.001388	1.61E-06	1.42E-07	168	0.0003	0.999729053	0.172550257	0.172550257
5m	13.451262	134.512624	0.001245	0.001351	1.61E-06	1.42E-07	168	0.0003	0.999729053	0.167571982	0.167571982
											0.886563272

Setelah didapatkan nilai pemampatan gambut perminggu, maka grafik hubungan antara waktu dan pemampatan dapat dibuat, contoh grafik tersebut pada STA 149+200 dapat dilihat pada **Gambar 5.16** dan grafik pada STA lainnya dapat dilihat pada lampiran **Lampiran 13**.



Gambar 5.16 Grafik hubungan waktu dan pemampatan gambut pada STA 149+200 (Sumber: Hasil Analisa)

5.5.2 Pemampatan timbunan terhadap tanah lempung

Perhitungan pemampatan akibat penimbunan bertahap dihitung menggunakan persamaan yang sesuai dengan perubahan tegangan akibat setiap tahap timbunan. Berikut adalah contoh perhitungan pemampatan akibat timbunan bertahap di STA 149+200 dengan 3 variasi ketinggian timbunan pada kedalaman 6m.

Untuk kedalaman 1-5 m, didapatkan dari pemampatan tanah gambut akibat beban timbunan di atasnya. Untuk tanah lempung dibawahnya dimulai dari kedalaman 6m, menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Data awal

$$\begin{aligned} H &= 1\text{m} \\ e_0 &= 1.85 \\ C_c &= 0.5 \\ C_s &= 0.063 \\ \sigma'_o &= 4.8 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_c &= 5.8 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

1. Tahap 1, Kondisi 1

$\Delta\sigma_1' = 0.89 \text{ t/m}^2$ (perubahan tegangan akibat tahap 1 saat U = 100%)

Karena $\sigma_n \leq \sigma_c = (4.8 + 0.89) \leq 5.8$ perhitungan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{H}{1+e_0} \left(C_s \log \frac{\sigma_0 + \Delta\sigma}{\sigma_0} \right) \\ S_c &= \frac{1}{1+1.85} \left(0.063 \log \frac{4.8+0.89}{4.8} \right) = 0.002\text{m} \end{aligned}$$

2. Tahap 2, Kondisi 2

$\Delta\sigma_2' = 0.888 \text{ t/m}^2$ (perubahan tegangan akibat tahap 2 saat U = 100%)

Karena $\sigma_{n-1} \leq \sigma_c \leq \sigma_n = (4.8+0.89) \leq 5.8 \leq (0.45+0.89+0.888)$ perhitungan menggunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{H}{1+e_0} \left(C_s \log \frac{\sigma}{\sigma-1} \right) + \left(C_c \log \left(\frac{\sigma}{\sigma} \right) \right) \\ S_c &= \frac{1}{1+1.85} \left(0.063 \log \frac{5.8}{5.69} \right) + \left(0.5 \log \left(\frac{6.583}{5.8} \right) \right) = 0.010\text{m} \end{aligned}$$

3. Tahap 3, Kondisi 3

$\Delta\sigma_1' = 0.886 \text{ t/m}^2$ (perubahan tegangan akibat tahap 3 saat U = 100%)

Karena $\sigma_c \leq \sigma_{n-1} \leq \sigma_n =$
 $5.8 \leq (4.8 + 0.888 + 0.89) \leq (4.8 + 0.89 + 0.888 + 0.886)$ perhitungan
 menggunakan persamaan berikut :

$$S_c = \frac{H}{1 + e_0} \left(C_c \log \frac{\sigma}{\sigma - 1} \right)$$

$$S_c = \frac{1}{1 + 1.85} \left(0.5 \log \frac{8.353}{6.583} \right) = 0.010 \text{ m}$$

Setelah itu dengan menggunakan cara yang sama, dihitung pemampatan setiap lapisan dengan jarak 1 m setiap tahap disetiap kedalaman. Selanjutnya pemampatan seluruh kedalaman dijumlahkan untuk mendapatkan nilai pemampatan yang terjadi akibat seluruh tahap. Hasil perhitungan pemampatan akibat timbunan bertahap di seluruh STA dan pada setiap variasi ketinggian timbunan dilampirkan pada **Lampiran 13**.

Pemampatan yang terjadi akan sesuai dengan derajat konsolidasi yang dipengaruhi PVD. Besarnya pemampatan akibat penahanan digunakan untuk menghitung pemampatan yang terjadi per minggunya. Berikut adalah contoh perhitungan pemampatan di STA 149+200 saat PVD penuh pada minggu 1 dan minggu 2 :

1. Minggu 1

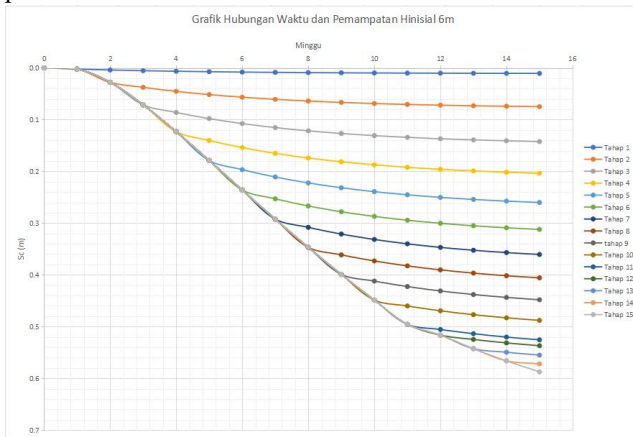
S_c	= S_{c1} total (S_c kumulatif akibat tahap 1)
	= 0.011 m
U_1	= 20.28%
$S_{c\text{-minggu 1}}$	= $0.011 \times 0,2028$
	= 0,002 m

2. Minggu 2

S_c	= S_{c1} total + S_{c2} total
	= $0.011 + 0.067$
	= 0.078 m
U_2	= 35.7%
$S_{c\text{-minggu 2}}$	= $0.078 \times 0,357$
	= 0.028 m

Setelah itu akan didapat grafik hubungan antara waktu dan pemampatan tiap tahap. Contoh grafik hubungan antara waktu dan pemampatan yang disebabkan besaran pemampatan tanah pada tiap

tahap penimbunan STA 14+900 dengan Hinisial 4.5 m dapat dilihat pada **Gambar 5.17**.



Gambar 5.17 Grafik Pemampatan Tanah akibat Penimbunan Bertahap (sumber: hasil analisa)

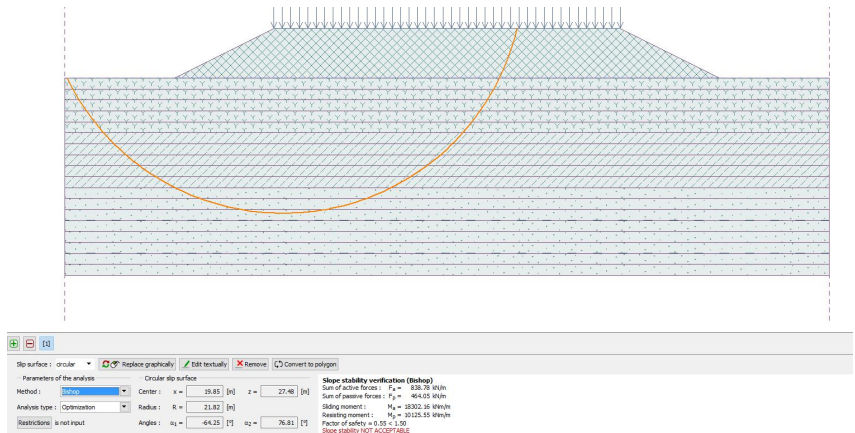
Hasil perhitungan pemampatan per minggu dan grafik hubungan antara waktu dan pemampatan tiap tahap yang terjadi pada pada setiap STA dan variasi kedalaman PVD dapat dilihat pada **Lampiran 13**.

BAB VI

PERENCANAAN PERKUATAN STABILITAS TIMBUNAN

6.1 Analisa Geo5

Hasil perhitungan pemampatan tanah akibat timbunan bertahap yang telah didapatkan akan dilakukan perencanaan perkuatan terhadap timbunan tersebut. Perhitungan geotextile memerlukan data timbunan yang didapatkan dari aplikasi Geo5. Data perencanaan yang dicari adalah nilai Safety Factor (SF), moment resisting (Mres) dan jari jari kelongsoran (r). Nilai SF digunakan sebagai parameter untuk menghitung kebutuhan perkuatan stabilitas timbunan. Berikut merupakan contoh hasil analisa Geo5 di STA 149+200 dapat dilihat pada **Gambar 6.1**.



Gambar 6.1 Hasil Analisa Geo5 STA 149+200 (sumber : hasil Analisa)

Dari hasil Analisa diketahui:

SF	= 0.55
Jari-jari kelongsoran (r)	= 21.82 m
Momen Penahan (Mres)	= 10125.55 kNm

$$\begin{aligned} \text{Momen Dorong} &= \frac{M_{res}}{SF} = \frac{10125.55}{0.55} \\ &= 18410.91 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil analisa Geo5 di setiap STA dapat dilihat pada **Lampiran 14**.

6.2 Perencanaan *Geotextile*

Geotextile digunakan sebagai material perkuatan stabilitas timbunan untuk mencegah terjadinya longsor. Dari hasil analisis dengan menggunakan progam bantu Geo5 akan didapatkan nilai Safety Factor (SF) dari masing-masing alternatif PVD setiap STA yang akan ditinjau, jika nilai dari $SF \leq 1,2$ maka diperlukan penggunaan material geotextile untuk meningkatkan nilai SF.

Langkah pertama yaitu mencari nilai besar keperluan peningkatan momen perlawanan (ΔM_R) untuk mencapai SF yang direncanakan menggunakan **persamaan 2.38**.

$$\begin{aligned} \text{SF Rencana} &= 1,2 \\ \Delta M_R &= (\text{SF Rencana} \times \text{Momen Dorong}) \\ &= (1.2 \times 18410.91) \\ &= 11966.559 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Setelah itu dilakukan perhitungan besarnya kekuatan geotextile yang diizinkan (Tallow) dengan **persamaan 2.39**. Lalu dilakukan perhitungan kebutuhan jumlah geotextile, dengan menghitung momen penahan tambahan yang diberikan oleh geotextile hingga nilai momen penahan kumulatif setelah diberikan geotextile lebih dari ΔM_R dan dilanjutkan dengan mengitung kebutuhan panjang geotextile dibelakang bidang longsor (L_e), didepan bidang longsor (L_d), dan panjang lipatan geotextile (L_o) dengan menggunakan persamaan **2.40**, **2.41**, **2.42**. Pada perencanaan Tugas Akhir ini direncanakan jarak pemasangan geotextile (S_v) sebesar 25 cm sesuai dengan setengah nilai rencana pemadatan timbunan.

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{timb}} &= 18 \text{ kN/m}^3 \\ \phi_{\text{timb}} &= 30^\circ \\ \phi_{\text{tanah}} &= 52^\circ \\ C_{u_{\text{timb}}} &= 10 \text{ kN/m}^2 \\ C_{u_{\text{tanah}}} &= 0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E &= 0.8 \\
\sigma_v &= \gamma_{\text{timb}} \times H_i \\
&= 18 \times 4.5 \\
&= 81 \text{ kN/m}^2 \\
T &= 75 \text{ kNm (Geotextile RG14)} \\
FS_{\text{Sid}} &= 1,1 \\
FS_{\text{Scr}} &= 1,5 \\
FS_{\text{Scd}} &= 1 \\
FS_{\text{Sbd}} &= 1 \\
T_{\text{allow}} &= \frac{T_{\text{ult}}}{FS_{\text{Sid}} * FS_{\text{Scr}} * FS_{\text{Scd}} * FS_{\text{Sbd}}} \\
&= \frac{75}{1.1 * 1.5 * 1 * 1} \\
&= 45.454 \text{ kNm} \\
H_i &= 4,5 \text{ m} \\
S_v &= 0,25 \\
\text{Koordinat dasar timbunan (yz)} &= 27.48 \\
T_i &= y_o - y_z + S_c \\
&= 27.48 - 18 + 1.504 \\
&= 10.98 \text{ m}
\end{aligned}$$

Kebutuhan jumlah *Geotextile*

$$\begin{aligned}
\Delta M_R &= 11966.559 \text{ kNm} \\
T_{\text{allow}} &= 45.454 \text{ kNm} \\
M_{\text{geotextile 1}} &= T_{\text{allow}} \times T_i \times n_{\text{lapis}} \\
&= 45.454 \times 10.98 \times 2 \\
&= 998.549 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

Nilai momen geotextile yang terpasang pada lapis pertama akan dikumulatifkan dengan momen geotextile seterusnya hingga memenuhi kebutuhan dari selisih momen penahan (ΔM_R). Hasil perhitungan momen geotextile hingga memenuhi kebutuhan (ΔM_R) dapat dilihat pada **Tabel 6.1**.

Tabel 6.1 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Geotextile (sumber: hasil analisa)

NO	H (m)	Ti (m)	Jumlah lapis	MR Geotextile (kNm)	MR Geotextile kum (kNm)
1	0	10.98	2	998.549	998.549
2	0.25	10.73	2	975.822	1974.371
3	0.5	10.48	2	953.094	2927.465
4	0.75	10.23	2	930.367	3857.832
5	1	9.98	2	907.640	4765.472
6	1.25	9.73	2	884.913	5650.385
7	1.5	9.48	2	862.185	6512.570
8	1.75	9.23	2	839.458	7352.028
9	2	8.98	2	816.731	8168.759
10	2.25	8.73	2	794.003	8962.762
11	2.5	8.48	2	771.276	9734.038
12	2.75	8.23	1	374.274	10108.313
13	3	7.98	1	362.911	10471.224
14	3.25	7.73	1	351.547	10822.771
15	3.5	7.48	1	340.184	11162.954
16	3.75	7.23	1	328.820	11491.774
17	4	6.98	1	317.456	11809.231
18	4.25	6.73	1	306.093	12115.323
19	4.5	6.48	0	0.000	12115.323
				12115.323	TRUE

Pada **Tabel 6.1** dapat dilihat bahwa momen dari geotextile sudah lebih dari (ΔMR), dengan jarak $S_v = 0,25$ m kebutuhan geotextile adalah sebanyak 10x2 lapis dan 8x1 lapis. Hasil perhitungan seluruh kebutuhan geotextile pada STA lain terdapat pada **Lampiran 14**.

Total MR Geotextile kumulatif:

12115.323 kNm $>$ $\Delta M = 11966.559$ kNm; OK.

Kebutuhan Panjang *Geotextile*

a. Panjang *Geotextile* di belakang bidang longsor (L_e)

Tegangan geser antara tanah timbunan dan *Geotextile* (τ_1)

$$\begin{aligned}\tau_1 &= C_{timb} + \sigma_v \tan \phi_{timb} \\ &= 10 + 81 \tan (30) = 56.77 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Tegangan geser antara tanah dasar dan *Geotextile* (τ_2)

$$\begin{aligned}\tau_2 &= C_{tanah} + \sigma_v \tan \phi_{tanah} \\ &= 0 + 81 \tan (52) = 103.68 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Maka kebutuhan Panjang *geotextile* di belakang bidang longsor adalah :

$$\begin{aligned}
L_e &= \frac{T_{allow} * SF_{rencana}}{\tau_1 + \tau_2} E \\
&= \frac{45.454 * 1.2}{56.77 + 103.68} 0.8 \\
&= 0.42 \text{ m} \\
&= 1 \text{ m (minimal)}
\end{aligned}$$

Kebutuhan Panjang minimal *geotextile* di belakang bidang longsor (L_e) pada lapis pertama adalah 1 m.

- b. Panjang *Geotextile* di Depan Bidang Longsor (L_r)
Perhitungan kebutuhan panjang *Geotextile* di depan bidang longsor membutuhkan Autocad untuk menghitung data output dari Geo5 dengan cara :
 $L_r = (\text{koordinat X bidang longsor lapisan I } Geotextile \text{ terpasang}) - (\text{Koordinat tepi timbunan lapisan I } Geotextile \text{ dipasang})$
- c. Panjang Lipatan *Geotextile* (L_o)
 $L_o = \frac{1}{2} L_e = 1 \times 0,5 = 0,5 \text{ m} = 1 \text{ m (minimal)}$
 Panjang minimal lipatan *geotextile* adalah 1 m, karena itu dipakai L_o 1 meter.

6.3 Perencanaan Geotextile Encased Stone Column (GESC)

Perencanaan Geotextile Encased Stone Column pada umumnya digunakan sebagai perbaikan tanah, tetapi karena ditempatkan dibawah timbunan maka GESC ini juga dapat berfungsi sebagai cerucuk. Sehingga dalam perhitungan GESC ini, digunakan perhitungan sebagai stabilitas timbunan sama dengan perhitungan stone column. Perbedaannya terletak dengan adanya geotextile yang digunakan sebagai pembungkus untuk mencegah stone column yang pada dasarnya tidak bisa dipakai untuk perkuatan pada tanah yang lunak agar tidak merambat ke dalam tanah.

Berikut adalah contoh perhitungan perkuatan dengan menggunakan Geotextile Encased Stone Column di STA 149+200 :

1. Perhitungan kebutuhan geotextile sebagai pembungkus stone column.

Untuk menentukan apakah stone column membutuhkan geotextile sebagai cased/pembungkus dilakukan perbandingan antara tegangan horisontal akibat kolom ($\sigma_{h,c}$), dengan tegangan horisontal tanah disekitar kolom ($\sigma_{h,s}$) yang akan menghasilkan perbedaan tegangan ($\sigma_{h,diff}$). Seandainya tanah tidak mampu menahan tegangan horisontal kolom, maka diperlukan tegangan horisontal tambahan yang akan diberikan oleh geotextile (σ_{hgeo}).

Dalam perencanaannya terlebih dahulu ditentukan besar beban yang berasal dari tanah timbunan, beban lalu lintas dan beban perkerasan. Untuk beban lalu lintas dan perkerasan terdapat pada **Lampiran 15**.

$$\begin{aligned}
 q \text{ perkerasan + lalu lintas} &= 1.55 \text{ t/m}^2 \\
 q \text{ timbunan} &= \gamma \text{ timb} \times h \text{ final} \\
 &= 1.8 \times 4.5 \\
 &= 8.1 \text{ t/m}^2 \\
 q \text{ total} &= 9.65 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Pada perencanaan Tugas Akhir ini penulis merencanakan stone column menggunakan pola segi empat yang menggunakan konsep unit cell, visualisasi dari konsep unit cell dapat dilihat pada **Gambar 6.2**. Sehingga akan di hitung diameter ekuivalen (D_e) untuk pola segi empat menggunakan **Persamaan 2.44**.

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak pusat antar kolom (s)} &= 2 \text{ m} \\
 \text{Diameter ekivalen (D}_e\text{)} &= 1.13 \times s \\
 &= 1.13 \times 2 = 2.26 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jarak stone column akan mempengaruhi besar area replacement ratio (a_s) serta tegangan tanah disekitarnya. Untuk menghitung (a_s) menggunakan **Persamaan 2.48** untuk (μ_c) kolom sedangkan **Persamaan 2.49** untuk (μ_s) pada tanah disekitarnya. Diameter pada STA 149+200 menggunakan diameter 1 m dan mengasumsikan faktor konsentrasi tegangan (n) = 5.

- Luas melintang kolom

$$: A_c = \frac{\pi}{4} 1^2$$

$$= 0.785 \text{ m}^2$$
- Luasan satu unit cell

$$: A_e = \frac{\pi}{4} 1.13^2$$

$$= 1.003 \text{ m}^2$$
- *Area replacement ratio stone column*

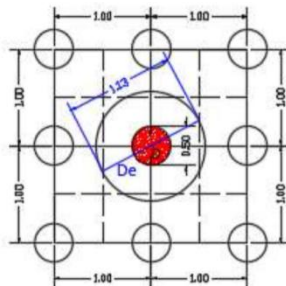
$$: a_c = \frac{A_c}{A_e} = \frac{0.78}{1.003}$$

$$= 0.783 \text{ m}^2$$
- *Area replacement ratio pada tanah disekitarnya*

$$a_s = 1 - 0.783 = 0.216 \text{ m}^2$$
- Rasio tegangan pada kolom

$$: \mu_c = \frac{n}{1 + (n-1)a_c} = \frac{5}{1 + (5-1)0.78} = 1.21$$
- Rasio tegangan pada tanah

$$: \mu_s = \frac{n}{1 + (n-1)a_s} = \frac{5}{1 + (5-1)0.21} = 2.67$$



Gambar 6.2 Ilustrasi Konsep Unit Cell (sumber : hasil analisa)

Selanjutnya dengan adanya rasio tegangan pada kolom dan tanah disekitarnya dapat dihitung tegangan yang diterima oleh stone column dan tanah sekitarnya dengan mengalikan tegangan akibat beban timbunan, lalu lintas, dan perkerasan dengan rasio tegangan.

Tegangan yang diterima kolom :

$$\sigma_c = q_{total} \times \mu_c$$

$$\sigma_c = 9.65 \times 1.21 = 11.62 \text{ t/m}^2$$

Tegangan yang diterima tanah :

$$\sigma_s = q_{total} \times \mu_s$$

$$\sigma_s = 9.65 \times 2.67 = 25.70 \text{ t/m}^2$$

Tegangan vertical karena beban yang ada menghasilkan tegangan horisontal yang dihitung menggunakan **Persamaan 2.51** untuk tegangan horisontal akibat kolom dan **Persamaan 2.52** untuk tegangan horisontal akibat tanah disekitar kolom. Untuk menghitung tegangan horisontal diperlukan koefisien aktif kolom (K_{ac}) dan koefisien at rest pada tanah (K_{os}) menggunakan persamaan **Persamaan 2.53** dan **Persamaan 2.55**.

Contoh perhitungan pada kedalaman 1 m

$$\emptyset = 0$$

$$K_{ac} = \tan^2(45 - \emptyset/2)$$

$$K_{ac} = 0.217$$

$$K_{os} = 0,4 + 0,007 \times PI$$

$$PI = 0,0$$

$$K_{os} = 0,4$$

$$\sigma_{oc} = \gamma_c \times h$$

$$= 2,2 \times 1 = 2,2 \text{ t/m}^2$$

Tegangan horizontal akibat kolom :

$$\sigma_{hc} = \sigma_c \times K_{ac} + \sigma_{oc} \times K_{ac}$$

$$= 26.92 \times 0.217 + 2.2 \times 0.217$$

$$= 6.33 \text{ t/m}^2$$

Tegangan Horizontal akibat tanah disekitar kolom :

$$\sigma_{hs} = \sigma_s \times K_{os} + \sigma_o \times K_{os}$$

$$= 11.38 \times 0,217 \times + 0.45 \times 0,217$$

$$= 4.73 \text{ t/m}^2$$

Hasil Tegangan horisontal akibat kolom dan tanah disekitar kolom untuk seluruh kedalaman dapat dilihat pada **Tabel 6.2** dan **Tabel 6.3**. Setelah didapat tegangan horisontal akibat kolom dan tanah disekitar kolom bisa didapatkan perbedaan tegangan (σ_{hdiff}) dengan asumsi mengabaikan tegangan geser antara kolom dan geotextile.

$$\begin{aligned}\sigma_{hdiff} &= \sigma_{hc} - \sigma_{hs} \\ &= 6.33 - 4.73 \\ &= 1.59 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Dikarenakan tegangan horisontal lebih besar maka diperlukan tegangan tambahan dari geotextile (σ_{hgeo}) untuk menambah nilai tegangan horisontal tanah. Geotextile yang digunakan menggunakan geotextile RG14 dengan kuat tarik sama dengan geotextile sebagai perkuatan pada sub-bab 6.1 perhitungan tegangan horisontal geotextile menggunakan **Persamaan 2.58**.

$$\begin{aligned}\sigma_{hgeo} &= \frac{Fr}{r_{geo}} \\ \text{Tallow/Fr} &= 45.45 \text{ kNm} &= 4.454 \text{ t/m}^2 \\ \text{Thickness (t)} &= 0.7 \text{ mm} &= 0.007 \text{ m} \\ \text{Diameter (D)} &= 1 \text{ m} \\ R_{geo} &= t + \frac{1}{2} D \\ &= 0.007 + (1/2 \times 1) \\ &= 0,507 \text{ m} \\ \sigma_{hgeo} &= \frac{4.545}{0.507} \\ &= 8.965 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{hs \text{ total}} &= \sigma_{hs} + \sigma_{hgeo} \\ &= 4.73 + 8.965 \\ &= 13.69 \text{ t/m}^2 \\ \sigma_{hs \text{ total}} &> \sigma_{hc} = 13.69 \text{ t/m}^2 > 6.33 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan $\sigma_{hs \text{ total}}$ lebih besar dari σ_{hc} maka tanah akan dapat menahan tegangan yang diberikan oleh kolom. Hasil perhitungan keperluan geotextile sebagai pembungkus pada stone

column pada seluruh STA dan seluruh variasi kedalaman PVD di rekapitulasi pada **Lampiran 15**.

Tabel 6.2 Rekapitulasi Tegangan Horisontal akibat Kolom (sumber: hasil analisa)

Stone Column							
Kedalaman (m)			γ_c (t/m ³)	h (m)	$\sigma_{v,0,c}$ (t/m ²)	K _{ac}	$\sigma_{h,c}$ (t/m ²)
0	-	1	2.2	1	2.2	0.217	6.33
1	-	2	2.2	1	2.2	0.217	6.33
2	-	3	2.2	1	2.2	0.217	6.33
3	-	4	2.2	1	2.2	0.217	6.33
4	-	5	2.2	1	2.2	0.217	6.33
5	-	6	2.2	1	2.2	0.217	6.33
6	-	7	2.2	1	2.2	0.217	6.33
7	-	8	2.2	1	2.2	0.217	6.33
8	-	9	2.2	1	2.2	0.217	6.33
9	-	10	2.2	1	2.2	0.217	6.33
10	-	11	2.2	1	2.2	0.217	6.33
11	-	12	2.2	1	2.2	0.217	6.33
12	-	13	2.2	1	2.2	0.217	6.33
13	-	14	2.2	1	2.2	0.217	6.33
14	-	15	2.2	1	2.2	0.217	6.33
15	-	16	2.2	1	2.2	0.217	6.33
16	-	17	2.2	1	2.2	0.217	6.33
17	-	18	2.2	1	2.2	0.217	6.33

Tabel 6.3 Rekapitulasi Tegangan Horisontal akibat Tanah di Sekitar Kolom

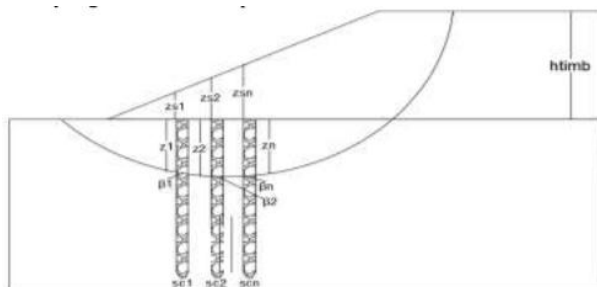
Tanah					
Kedalaman (m)			σ'_v (t/m ²)	K _{os}	$\sigma_{h,s}$ (t/m ²)
0	-	1	0.45	0.400	4.73
1	-	2	1.35	0.400	5.09
2	-	3	2.25	0.400	5.45
3	-	4	3.15	0.400	5.81
4	-	5	4.05	0.400	6.17
5	-	6	4.80	0.694	11.23
6	-	7	5.40	0.694	11.65
7	-	8	5.98	0.694	12.05
8	-	9	6.54	0.694	12.44
9	-	10	7.09	0.694	12.82
10	-	11	7.64	0.400	7.61
11	-	12	8.19	0.400	7.83
12	-	13	8.74	0.400	8.05
13	-	14	9.29	0.400	8.27
14	-	15	9.86	0.400	8.50
15	-	16	10.49	0.626	13.70
16	-	17	11.14	0.626	14.10
17	-	18	11.80	0.626	14.52

Perhitungan *Geotextile Encased Stone Column* sebagai perkuatan stabilitas :

Berikut adalah salah satu contoh perhitungan perkuatan stabilitas menggunakan GESC di STA 149+200 pada Hinisial 6m.

SF rencana	= 1,5
R	= 21.82 m
Mr	= 10125.55 tm
Mdorong	= 18441.009 tm
Direncanakan <i>Stone Column</i> :	
Berat jenis stone column (γ_c)	= 2,2 t/m ³
Berat jenis tanah	= 1,9 t/m ³
Rasio tegangan kolom (μ_c)	= 2,8
Sudut geser dalam stone column	= 40°
Kohesi dari stone column (Csc)	= 0

Mencari tegangan efektif dalam stone column yang bekerja pada bidang longsor (σ_{zc}) menggunakan Persamaan 2.61. Untuk mencari tegangan efektif diperlukan sudut kemiringan antara garis singgung permukaan bidang longsor dengan bidang horisontal (β), tinggi tanah diatas kolom (z_s), dan tinggi kolom pada bidang longsor (z) pada masing-masing kolom seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 6.3**.



Gambar 6.3 Ilustrasi Parameter (sumber : hasil analisa)

Dari hasil analisa menggunakan AutoCad dapat dicari nilai parameter β , z , dan z_s . Hasil perhitungan tegangan efektif stone column pada bidang longsor dapat dilihat pada **Tabel 6.4**.

Tabel 6.4 Perhitungan Tegangan Efektif Stone Columnn (sumber: hasil analisa)

No. Stone Column	Z_s (m)	σ_c (t/m ²)	z (m)	σz (t/m ²)
1	3.070	15.50	12.19	42.31
2	4.500	22.71	12.28	49.73
3	4.500	22.71	11.520	48.06
4	4.500	22.71	9.81	44.29

Langkah selanjutnya menghitung nilai kuat geser pada stone column menggunakan Persamaan 2.62. Hasil perhitungan nilai kuat geser ditunjukkan pada **Tabel 6.5**.

Tabel 6.5 Perhitungan Nilai Kuat Geser (sumber: hasil analisa)

No. Stone Column	σz (t/m ²)	β (o)	τc (t/m ²)
1	42.31	5	35.24
2	49.73	1	41.71
3	48.06	7	39.73
4	44.29	10	36.05

Selanjutnya dihitung besar gaya geser maksimum akibat stone column pada bidang gelincir (P_c) menggunakan Persamaan 2.63. Hasil Perhitungan P_c dapat dilihat pada **Tabel 6.6**.

Tabel 6.6 Gaya Geser Maksimum akibat Stone Column (sumber : hasil analisa)

No. Stone Column	τc (t/m ²)	β (o)	P_c (t)
1	35.24	5	27.78
2	41.71	1	32.77
3	39.73	7	31.43
4	36.05	10	28.75

Setelah itu dapat dihitung besar tambahan momen penahan akibat adanya stone column (ΔMR) menggunakan Persamaan 2.64.

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari bidang longsor (R)} &= 21.82 \text{ m} \\ \Delta MR &= P_{\text{total}} \times R \\ &= 120.73 \times 21.82 \\ &= 2634.31 \text{ tm} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai SF menggunakan **Persamaan 2.65** :

$$\begin{aligned} SF &= \frac{MR + \Delta MR}{MD} \\ &= \frac{10125.55 + 2634.31}{1841.009} \\ &= 1,98 \geq 1,5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Dari hasil analisa dan perhitungan pada STA 47+700 Hinisial 6m diperlukan kolom sebanyak 4 buah dengan nilai SF sebesar 1,98. Hasil perhitungan detail kekuatan stabilitas dengan menggunakan GESL dapat dilihat pada **Lampiran 15**.

BAB VII

PEMILIHAN ALTERNATIF BERDASARKAN BIAYA MATERIAL

7.1 Perhitungan Biaya Material

Berikut adalah contoh perhitungan biaya pada STA 149+200.

1. Biaya Perbaikan Tanah

Material perbaikan tanah dengan Prefabricated Vertical Drain (PVD) dan Prefabricated Horizontal Drain (PHD) menggunakan harga satuan dan spesifikasi CT-D812 dan CT-SD100-20 dari Daftar Harga Satuan Geosistem Civil Expo 2017.

Harga satuan PVD = Rp. 3.500,00/m'

Harga satuan PHD = Rp. 117.000,00/m'

Jumlah PVD dan PHD dihitung per 50 meter dengan ilustrasi seperti pada **Gambar 7.1**.

a. *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

Jumlah PVD per 50 m = 1578 buah

Pada STA 149+200 memiliki jarak lingkupan 640 m. maka kebutuhan PVD di STA 47+700 (n) adalah 20200 buah.

Kedalaman PVD (h) = 18 m

Harga material PVD = harga satuan PVD x n x h
= 3.500 x 20200 x 18
= Rp. 1.272.572.369,34

Biaya yang diperlukan untuk material PVD pada STA 149+200 adalah sebesar Rp. 1.272.572.369,00

b. *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD)

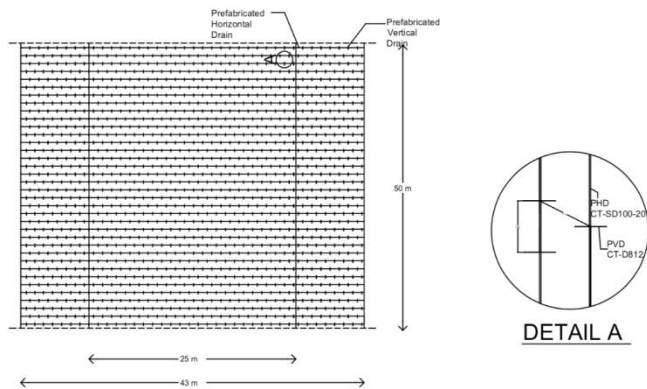
Jumlah PHD per 50 m = 38 buah

Jumlah PHD total (n) = 493 buah

Panjang PHD (L) = 61.5 m (lebar timbunan bawah)

Harga material PHD = harga satuan PHD x n x l
= 117.000 x 493 x 49.5
= Rp. 3.545.023.028,87

Biaya yang diperlukan untuk material PHD pada STA 149+200 adalah sebesar Rp. 3.545.023.029,00



Gambar 7.1 Ilustrasi Pemasangan PVD dan PHD
(sumber : hasil analisa)

c. Harga Timbunan

Hinisial STA 149+200 sebesar 7.5 m. timbunan menggunakan material urug, harga tanah mengacu HSPK kota Lampung 2018.

Harga tanah urug = Rp. 135.000,00/m³

Tinggi timbunan (h) = 7.5 m

Lebar timbunan atas (a) = 31.5 m

Lebar timbunan bawah (b) = 61.5 m

Volume timbunan per 1 meter = $\frac{1}{2} \times (a+b) \times h$
= 349 m

Harga material timbunan = volume x harga tanah x Panjang STA 47+700

= 349 x 135.000 x 640

= Rp. 30.132.000.000,00

Biaya yang diperlukan untuk material timbunan pada STA 149+200 adalah Rp. 30.120.000.000,00.

Total biaya material untuk perbaikan tanah dengan kedalaman PVD sepanjang tanah lunak di STA 149+200 ditunjukkan pada **Tabel 7.1**.

Tabel 7.1 Total Biaya Material Perbaikan Tanah STA 149+200
(sumber : hasil analisa)

Material	Biaya	
Timbunan	Rp	30,132,000,000.00
PVD	Rp	1,272,572,369.34
PHD	Rp	3,545,023,028.87
Biaya Total	Rp	34,949,595,398.20

2. Biaya Perkuatan Stabilitas Timbunan

Material perkuatan stabilitas timbunan menggunakan *geotextile* dengan spesifikasi RG-14 dari Daftar Harga Satuan Terram Geotextile 2019 dan *Stone Column* menggunakan batu kali belah.

Harga satuan *geotextile* = Rp. 15.000/m²

Harga satuan batu pecah = Rp. 185.000,00/m³

a. Harga material *geotextile*

Panjang *geotextile* (Ltotal) = 794.85 m

Harga material = Ltotal x harga satuan *geotextile* x Panjang STA 47+900

$$= 794.85 \times 15.000 \times 640$$

$$= \text{Rp.} 7.630.594.176,05$$

Jadi harga material *geotextile* pada STA 149+200 adalah

Rp.7.630.594.176,0500.

b. Harga material *geotextile encased stone column*

Spesifikasi *stone column* pada STA 149+200 adalah :

Diameter kolom (D) = 1 m

Panjang kolom (L) = 16 m

Jumlah kolom batu (n) = 4

Stone Column :

Volume *stone column* (v) = $\frac{1}{4} \pi D^2 \times L$

$$= 10.27 \text{ m}^3$$

Harga material = harga satuan batu * v * n * Panjang STA 149+200

$$= 185.000 \times 10.27 \times 4 \times 640$$

$$= \text{Rp.} 4.862.320.861,46$$

Biaya material yang diperlukan untuk *stone column* adalah Rp. 4.862.320.861,46

Geotextile sebagai pembungkus kolom :

Panjang *geotextile* 1 kolom (Lgeo)

$$= \pi \times D \times L$$

$$= 51.33 \text{ m}^2$$

Harga material *geotextile*

$$= \text{harga material } \textit{geotextile} \times n \times L_{\text{geo}} \times \text{jarak STA } 149+200$$

$$= 15000 \times 4 \times 51.33 \times 640$$

$$= \text{Rp. } 1.971.211.160,05$$

Biaya material yang diperlukan untuk *geotextile* sebagai pembungkus *stone column* adalah Rp. 1.971.211.160,00. Total biaya material *geotextile encased stone column* pada STA 149+200 Hinisial 7.5m adalah sebesar Rp. 6.833.532.021,00.

Dari hasil perhitungan perbaikan dan perkuatan diatas bisa dihitung jumlah biaya perbaikan tanah dan perkuatan stabilitas timbunan di STA 149+200 Hinisial 7.5m yang akan dikombinasikan dengan salah satu dari *geotextile* dan *geotextile encased stone column*. Pembagian alternatif perbaikan tanah dan perkuatan stabilitas timbunan di STA 149+200 sendiri dapat dilihat pada **Tabel 7.2**. Hasil perhitungan biaya material PVD, *geotextile*, dan *geotextile encased stone column* pada setiap STA dan seluruh variasi kedalaman dapat dilihat pada **Lampiran 16**, sedangkan untuk rekapitulasi total biaya dari alternatif yang paling optimum dapat dilihat pada **Tabel 7.3**.

Tabel 7.2 Pembagian Alternatif Perencanaan Perbaikan Tanah

(sumber : hasil analisa)

ALTERNATIF 1	PVD+Geotextile
ALTERNATIF 2	PVD+Stone Column

Tabel 7.3 Rekapitulasi total biaya alternatif

(sumber : hasil analisa)

STA	TOTAL BIAYA	Biaya Perbaikan	Biaya Perkuatan	Total Biaya	
STA 149+200	ALTERNATIF 1	Rp 34,949,595,398.20	Rp 7,630,594,176.97	Rp 42,580,189,575.17	
	ALTERNATIF 2	Rp 34,949,595,398.20	Rp 6,833,532,021.51	Rp 41,783,127,419.71	Dipilih
STA 150+650	ALTERNATIF 1	Rp 73,741,218,750.00	Rp 20,415,912,832.03	Rp 94,157,131,582.01	
	ALTERNATIF 2	Rp 73,741,218,750.00	Rp 13,957,065,717.53	Rp 87,698,284,467.51	Dipilih
STA 151+450	ALTERNATIF 1	Rp 37,475,423,436.66	Rp 3,849,771,909.55	Rp 41,325,195,346.20	
	ALTERNATIF 2	Rp 37,475,423,436.66	Rp 3,766,819,857.14	Rp 41,242,243,293.79	Dipilih
STA 152+000	ALTERNATIF 1	Rp 33,370,635,517.66	Rp 3,748,559,068.73	Rp 37,119,194,586.39	Dipilih
	ALTERNATIF 2	Rp 33,370,635,517.66	Rp 4,054,011,691.16	Rp 37,424,647,208.82	

BAB VIII KESIMPULAN

8.1 Kesimpulan

Dalam perencanaan tugas akhir ini setelah dilakukan perhitungan didapatkan hasil kesimpulan yang bisa diambil dalam perencanaan tugas akhir kali ini, yaitu:

1. Kondisi tanah pada sepanjang area perencanaan jalan tol trans sumatera Pematang Panggang - Kayuagung sangat bervariasi. Di sepanjang ruas jalan tol ditemukan lapisan tanah organik dengan ketebalan 5m, dibawah tanah organik tersebut terdapat tanah lempung dengan nilai n_{sp} yang berbeda beda.
2. Besar pemampatan (*settlement*) yang terjadi pada tanah organik dan tanah lempung adalah:
 - a) Pada STA 149+200 pemampatan tanah organik yang terjadi adalah 1.7m. Pemampatan tanah lempung yang terjadi adalah 0.2m. Pemampatan total yang terjadi pada tanah dasar adalah 1.9m.
 - b) Pada STA 150+650 pemampatan tanah organik yang terjadi adalah 1.7m. Pemampatan tanah lempung yang terjadi adalah 0.5m. Pemampatan total yang terjadi pada tanah dasar adalah 2.2m.
 - c) Pada STA 151+450 pemampatan tanah organik yang terjadi adalah 1.7m. Pemampatan tanah lempung yang terjadi adalah 0.5m. Pemampatan total yang terjadi pada tanah dasar adalah 2.2m.
 - d) Pada STA 152+000 pemampatan tanah organik yang terjadi adalah 1.7m. Pemampatan tanah lempung yang terjadi adalah 0.2m. Pemampatan total yang terjadi pada tanah dasar adalah 1.9m.
3. Beban Preloading yang dipakai pada perencanaan kali ini direncanakan sama pada setiap STA yang akan dikerjakan, yaitu 3.3 t/m² sampai 21.3 t/m².
4. Pada perencanaan kali ini pada setiap STA di rencanakan penggunaan *Preabricated Vertical Drain* (PVD).
5. Peningkatan daya dukung tanah dasar yang didapatkan dalam perhitungan kali ini adalah:
 - a) Pada STA 149+200, daya dukung tanah meningkat dari 2.038 kg/cm² menjadi 3.5168 kg/cm²
 - b) Pada STA 150+650, daya dukung tanah meningkat dari 0.382 kg/cm² menjadi 0.97 kg/cm²

- c) Pada STA 151+450, daya dukung tanah meningkat dari 0.89 kg/cm² menjadi 1.9 kg/cm²
 - d) Pada STA 152+000, daya dukung tanah meningkat dari 1.02 kg/cm² menjadi 1.61 kg/cm²
6. Kebutuhan geotextile pada perencanaan kali ini adalah:
- a) Pada STA 149+200, kebutuhan total geotextile adalah 29 lapis geotextile.
 - b) Pada STA 150+650, kebutuhan total geotextile adalah 41 lapis geotextile.
 - c) Pada STA 151+450, kebutuhan total geotextile adalah 22 lapis geotextile.
 - d) Pada STA 152+000, kebutuhan total geotextile adalah 22 lapis geotextile.
7. Kebutuhan geotextile pada Geotextile Encased Stone Column pada perencanaan kali ini adalah sampai kedalaman 5m pada setiap STA.
8. Distribusi pembebanan terbagi menjadi dua, yaitu ke stone column dan ke tanah dasar, pembagian distribusi beban pada seteiap STA adalah sebagai berikut:
- a) Pada STA 149+200 Stone column menerima beban sebesar 26.92 t/m² dan tanah dasar menerima beban sebesar 11.38 t/m².
 - b) Pada STA 150+650 Stone column menerima beban sebesar 31.97 t/m² dan tanah dasar menerima beban sebesar 13.52 t/m².
 - c) Pada STA 151+450 Stone column menerima beban sebesar 26.92 t/m² dan tanah dasar menerima beban sebesar 11.38 t/m².
 - d) Pada STA 152+000 Stone column menerima beban sebesar 34.49 t/m² dan tanah dasar menerima beban sebesar 14.58 t/m².
9. Hasil akhir perencanaan perkuatan tanah dasar adalah menggunakan alternatif PVD dan Geotextile Encased Stone Column pada STA 149+200 sampai 150+650 dan alternatif PVD dan Geotextile pada STA 152+000.:

Untuk detail lebih lengkap pada biaya material dapat dilihat pada

Lampiran 16.

BAB IV DAFTAR PUSTAKA

- PT. Waskita Karya, 2017, **Pekerjaan Detail Engineering Design (DED) untuk pembangunan Proyek Jalan Tol Ruas Kayu Agung - Pematang Panggang.**
- BUMN, 2016, **Perkembangan Jalan Tol Pematang Panggang - Kayu Agung 26 Maret 2016**, website BUMN, diakses tanggal 4 November 2017)
- Bowles, J. **Sifat Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)** Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta
- 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.
- Endah, Noor. 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS**
- Mochtar, Noor Endah, 1996, **Perbedaan Perilaku Teknis Tanah Gambut Dan Tanah Lempung**, ITS Press, Surabaya
- Alxiew, Horgan, Brokemper, 2003, ***Geotextile Encased Columns (GEC): Load Capacity & Geotextile Selection***, BGA International Conference on Foundations
- Wardani, Kusuma Mila, 2009, **PERENCANAAN JALAN DI ATAS LAPISAN TANAH SANGAT LEMBEK (GAMBUT, LEMPUNG LEMBEK) DAN METODE PERBAIKANNYA**, ITS Press, Surabaya

LAMPIRAN 1

Rekapitulasi Tabel NSPT

Tabel 1.1 NSPT STA 149+200

1	1
2	1
3	1
4	3
5	3
6	4
7	4
8	2
9	1
10	1
11	1
12	1
13	1
14	1
15	4
16	7
17	7
18	8
19	14
20	23
21	15
22	19
23	18
24	21
25	16
26	18
27	16
28	20
29	22
30	30
31	30
32	30
33	29
34	24
35	24
36	25
37	23
38	26
39	25
40	27

Tabel 1.2 NSPT STA 150+650

SPT scale	150+650 SPT	N-Value
1	1	0
2	1	5
3	1	10
4	1	15
5	2	20
6	4	25
7	6	30
8	6	35
9	13	40
10	21	45
11	32	50
12	60	55
13	42	60
14	36	55
15	27	50
16	21	45
17	21	40
18	23	35
19	23	30
20	26	25
21	30	20
22	36	15
23	31	10
24	29	5
25	30	10
26	33	15
27	30	20
28	29	25
29	30	30
30	34	35
31	31	40
32	33	45
33	33	50
34	34	55
35	36	60
36	38	65
37	40	70
38	43	75
39	42	80
40	42	85

Tabel 1.3 NSPT STA 151+450

spt	151+450	N-Value
scale	SPT	0-5-10-15-20-25-30-35-40-45
1	1	
2	1	
3	1	
4	1	
5	1	
6	1	
7	1	
8	1	
9	2	
10	3	
11	3	
12	3	
13	4	
14	12	
15	23	
16	26	
17	22	
18	23	
19	24	
20	26	
21	25	
22	25	
23	24	
24	27	
25	26	
26	26	
27	20	
28	16	
29	15	
30	16	
31	16	
32	18	
33	18	
34	19	
35	21	
36	25	
37	22	
38	24	
39	24	
40	25	

Tabel 1.4 NSPT STA 152+000

BKA-27	152+000	N-Value
scale	SPT	0-5-10-15-20-25-30-35-40-45-50-55-60
1	1	
2	1	
3	3	
4	4	
5	4	
6	4	
7	4	
8	5	
9	8	
10	15	
11	15	
12	17	
13	17	
14	19	
15	23	
16	23	
17	29	
18	35	
19	37	
20	41	
21	47	
22	60	
23	42	
24	33	
25	31	
26	30	
27	30	
28	30	
29	32	
30	36	
31	28	
32	23	
33	25	
34	25	
35	25	
36	26	
37	26	
38	28	
39	27	
40	28	

LAMPIRAN 2

Rekapitulasi Data Tanah

Tabel 2.1 Tabel Data Tanah STA 149+200

STA 149 +200															
Depth (m)	NSPT	Jenis Tanah	γ_{sat} (t/m ³)	e_o	Gs	LL (%)	PL (%)	IP (%)	Cu (ton/m ²)	Wc (%)	Cc	Cs	Cv (cm ² /s)		
0	-	1	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	1.396	0.200	9.000000	
1	-	2	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	1.369	0.200	9.000000	
2	-	3	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000	
3	-	4	3	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000	
4	-	5	3	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000	
5	-	6	4	Soft Clayey Silt	1.60	1.850	2.618	75.45	21.45	54	1.911	34.62	0.500	0.063	0.001090
6	-	7	4	Soft Clayey Silt	1.60	1.850	2.618	75.45	21.45	54	1.911	34.62	0.500	0.063	0.001090
7	-	8	2	Soft Clayey Silt	1.56	2.018	2.618	75.45	21.45	54	1.911	34.62	0.500	0.063	0.001090
8	-	9	1	Soft Clayey Silt	1.55	2.108	2.618	75.45	21.45	54	1.911	34.62	0.500	0.063	0.001090
9	-	10	1	Soft Clayey Silt	1.55	2.108	2.618	75.45	21.45	54	1.911	34.62	0.500	0.063	0.001090
10	-	11	1	soft clayey sand	1.55	2.108	2.615			0.637	38.62	0.360	0.045	0.000800	
11	-	12	1	soft clayey sand	1.55	2.108	2.615			0.637	38.62	0.360	0.045	0.000800	
12	-	13	1	soft clayey sand	1.55	2.108	2.615			0.637	38.62	0.360	0.045	0.000800	
13	-	14	1	soft clayey sand	1.55	2.108	2.615			0.637	38.62	0.360	0.045	0.000800	
14	-	15	4	soft clayey sand	1.60	1.850	2.615			0.637	38.62	0.360	0.045	0.000800	
15	-	16	7	Medium Soft Clayey sand	1.65	1.617	2.627	57.44	25.21	32.33	2.548	31.26	0.360	0.045	0.000800
16	-	17	7	Medium Soft Clayey sand	1.65	1.617	2.627	57.44	25.21	32.33	2.548	31.26	0.360	0.045	0.000800
17	-	18	8	Medium Soft Clayey sand	1.67	1.550	2.627	57.44	25.21	32.33	2.548	31.26	0.360	0.045	0.000800
18	-	19	14	Medium Soft Clayey sand	1.76	1.230	2.627	57.44	25.21	32.33	2.548	31.26	0.360	0.045	0.000800
19	-	20	23	Medium Soft Clayey sand	1.95	0.782	2.627	57.44	25.21	32.33	2.548	31.26	0.360	0.045	0.000800
20	-	21	15	very stiff clayey silt	1.78	1.184	2.6	72.34	26.31	46.03	14.648	31.26	0.400	0.050	0.000746
21	-	22	19	very stiff clayey silt	1.86	0.963	2.6	72.34	26.31	46.03	14.648	31.26	0.400	0.050	0.000746
22	-	23	18	very stiff clayey silt	1.84	1.018	2.6	72.34	26.31	46.03	14.648	31.26	0.400	0.050	0.000746
23	-	24	21	very stiff clayey silt	1.91	0.862	2.6	72.34	26.31	46.03	14.648	31.26	0.400	0.050	0.000746
24	-	25	16	very stiff clayey silt	1.80	1.137	2.6	72.34	26.31	46.03	14.648	31.26	0.400	0.050	0.000746
25	-	26	18	very stiff clayey silt	1.84	1.018	2.6	55.01	34.87	20.14	10.190	29.67	0.400	0.050	0.000746
26	-	27	16	very stiff clayey silt	1.80	1.137	2.6	55.01	34.87	20.14	10.190	29.67	0.400	0.050	0.000746
27	-	28	20	very stiff clayey silt	1.88	0.907	2.6	55.01	34.87	20.14	10.190	29.67	0.400	0.050	0.000746
28	-	29	22	very stiff clayey silt	1.93	0.910	2.6	55.01	34.87	20.14	10.190	29.67	0.400	0.050	0.000746
29	-	30	30	very stiff clayey silt	1.80		2.6	55.01	34.87	20.14	10.190	29.67	0.400	0.050	0.000746
30	-	31	30	very stiff clayey silt	1.84		2.63	80.11	17.11	63	19.106	28.62	0.400	0.050	0.000746
31	-	32	30	very stiff clayey silt	1.80		2.63	80.11	17.11	63	19.106	28.62	0.400	0.050	0.000746
32	-	33	29	very stiff clayey silt	1.88		2.63	80.11	17.11	63	19.106	28.62	0.400	0.050	0.000746
33	-	34	24	very stiff clayey silt	1.93	0.758	2.63	80.11	17.11	63	19.106	28.62	0.400	0.050	0.000746
34	-	35	24	very stiff clayey silt	1.97	0.758	2.63	80.11	17.11	63	19.106	28.62	0.400	0.050	0.000746

Tabel 2.2 Tabel Data Tanah STA 150+650

STA 150+650															
Depth (m)	NSPT	Soft Clayey Silt	γ_{sat} (t/m ³)	e_o	G_s	LL (%)	PI (%)	IP (%)	C_u (t/m ²)	Wc (%)	Cc	Cs	C_v (cm ² /s)		
0	-	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	1.396	0.200	9.000000		
1	-	2	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	1.369	0.200	9.000000		
2	-	3	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000		
3	-	4	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000		
4	-	5	2	Organik	1.90	9.253	1.419		0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000		
5	-	6	4	Soft silty clay	1.60	1.850	2.618	81.5	20.75	60.75	1.274	46.620	0.500	0.0663	0.001090
6	-	7	6	Soft silty clay	1.63	1.683	2.618	81.5	20.75	60.75	1.274	46.620	0.500	0.0663	0.001090
7	-	8	6	Soft silty clay	1.63	1.683	2.618	81.5	20.75	60.75	1.274	46.620	0.500	0.0663	0.001090
8	-	9	13	Soft silty clay	1.75	1.278	2.618	81.5	20.75	60.75	1.274	46.620	0.500	0.0663	0.001090
9	-	10	21	Soft silty clay	1.91	0.862	2.618	81.5	20.75	60.75	1.274	46.620	0.500	0.0663	0.001090
10	-	11	32	very stiff clayey silt	1.80		2.623	57.53	32.82	24.71	13.374	35.620	0.350	0.0444	0.000808
11	-	12	60	very stiff clayey silt	1.84		2.623	57.53	32.82	24.71	13.374	35.620	0.350	0.0444	0.000808
12	-	13	42	very stiff clayey silt	1.80		2.623	57.53	32.82	24.71	13.374	35.620	0.350	0.0444	0.000808
13	-	14	36	very stiff clayey silt	1.88		2.623	57.53	32.82	24.71	13.374	35.620	0.350	0.0444	0.000808
14	-	15	27	very stiff clayey silt	1.93		2.623	57.53	32.82	24.71	13.374	35.620	0.350	0.0444	0.000808
15	-	16	21	Dense clayey sand	1.91	0.862	2.618				17.196	30.120	0.360	0.045	0.000800
16	-	17	21	Dense clayey sand	1.91	0.862	2.618				17.196	30.120	0.360	0.045	0.000800
17	-	18	23	Dense clayey sand	1.95	0.783	2.618				17.196	30.120	0.360	0.045	0.000800
18	-	19	23	Dense clayey sand	1.95	0.783	2.618				17.196	30.120	0.360	0.045	0.000800
19	-	20	26	Dense clayey sand	1.91		2.618				17.196	30.120	0.360	0.045	0.000800
20	-	21	30	Dense silty sand	1.91		2.617				16.559	34.620	0.360	0.045	0.000800
21	-	22	36	Dense silty sand	1.95		2.617				16.559	34.620	0.360	0.045	0.000800
22	-	23	31	Dense silty sand	1.91		2.617				16.559	34.620	0.360	0.045	0.000800
23	-	24	29	Dense silty sand	1.91		2.617				16.559	34.620	0.360	0.045	0.000800
24	-	25	30	Dense silty sand	1.95		2.617				16.559	34.620	0.360	0.045	0.000800
25	-	26	33	Dense clayey sand	1.91		2.611				19.106	30.320	0.360	0.045	0.000800
26	-	27	30	Dense clayey sand	1.91		2.611				19.106	30.320	0.360	0.045	0.000800
27	-	28	29	Dense clayey sand	1.95		2.611				19.106	30.320	0.360	0.045	0.000800
28	-	29	30	Dense clayey sand	1.95		2.611				19.106	30.320	0.360	0.045	0.000800
29	-	30	34	Dense clayey sand	1.95		2.611				19.106	30.320	0.360	0.045	0.000800
30	-	31	31	Hard silty clay	1.80		2.62	78.58	26.95	51.62	21.654	28.630	0.460	0.058	0.000789
31	-	32	33	Hard silty clay	1.88		2.62	78.58	26.95	51.62	21.654	28.630	0.460	0.058	0.000789
32	-	33	33	Hard silty clay	1.93		2.62	78.58	26.95	51.62	21.654	28.630	0.460	0.058	0.000789
33	-	34	34	Hard silty clay	1.70		2.62	78.58	26.95	51.62	21.654	28.630	0.460	0.058	0.000789
34	-	35	36	Hard silty clay	1.70		2.62	78.58	26.95	51.62	21.654	28.630	0.460	0.058	0.000789

Tabel 2.3 Tabel Data STA 151+450

STA 151+450														
Depth (m)	NSPT	Jenis Tanah	γ_{sat} (t/m ³)	e_o	Gs	LL (%)	Pl (%)	IP (%)	Cu (ton/m ²)	Wc (%)	Cc	Cs	Cv (cm ² /s)	
0	- 1	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	1.396	0.200	9.000000	
1	- 2	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	1.369	0.200	9.000000	
2	- 3	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000	
3	- 4	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000	
4	- 5	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000	
5	- 6	1	Soft silt	1.55	2.108	2.620	79.04	21.46	57.58	0.637	35.620	0.430	0.054	0.000619
6	- 7	1	Soft silt	1.55	2.108	2.620	79.04	21.46	57.58	0.637	35.620	0.430	0.054	0.000619
7	- 8	1	Soft silt	1.55	2.108	2.620	79.04	21.46	57.58	0.637	35.620	0.430	0.054	0.000619
8	- 9	2	Soft silt	1.56	2.018	2.620	79.04	21.46	57.58	0.637	35.620	0.430	0.054	0.000619
9	- 10	3	Soft silt	1.58	1.933	2.620	79.04	21.46	57.58	0.637	35.620	0.430	0.054	0.000619
10	- 11	3	very loose sand	1.13	0.000	2.621			1.911	20.320	0.360	0.045	0.000800	
11	- 12	3	very loose sand	1.13	0.000	2.621			1.911	20.320	0.360	0.045	0.000800	
12	- 13	4	very loose sand	1.20	0.000	2.621			1.911	20.320	0.360	0.045	0.000800	
13	- 14	12	very loose sand	1.61	1.790	2.621			1.911	20.320	0.360	0.045	0.000800	
14	15	23	very loose sand	1.72	1.340	2.621			1.911	20.320	0.360	0.045	0.000800	
15	16	26	Dense sand	1.75	1.250	2.613			14.648	26.320	0.360	0.045	0.000800	
16	17	22	Dense sand	1.71	1.370	2.613			14.648	26.320	0.360	0.045	0.000800	
17	18	23	Dense sand	1.72	1.340	2.613			14.648	26.320	0.360	0.045	0.000800	
18	19	24	Dense sand	1.73	1.310	2.613			14.648	26.320	0.360	0.045	0.000800	
19	20	26	Dense sand	1.75	1.250	2.613			14.648	26.320	0.360	0.045	0.000800	
20	21	25	Dense sand	1.74	1.280	2.623			16.559	24.620	0.360	0.045	0.000800	
21	22	25	Dense sand	1.74	1.280	2.623			16.559	24.620	0.360	0.045	0.000800	
22	23	24	Dense sand	1.73	1.310	2.623			16.559	24.620	0.360	0.045	0.000800	
23	24	27	Dense sand	1.76	1.220	2.623			16.559	24.620	0.360	0.045	0.000800	
24	25	26	Dense sand	1.75	1.250	2.623			16.559	24.620	0.360	0.045	0.000800	
25	26	26	Dense sand	1.75	1.250	2.617			16.559	18.620	0.360	0.045	0.000800	
26	27	20	Dense sand	1.69	1.430	2.617			16.559	18.620	0.360	0.045	0.000800	
27	28	16	Dense sand	1.65	1.600	2.617			16.559	18.620	0.360	0.045	0.000800	
28	29	15	Dense sand	1.64	1.640	2.617			16.559	18.620	0.360	0.045	0.000800	
29	30	16	Dense sand	1.65	1.640	2.617			16.559	18.620	0.360	0.045	0.000800	
30	31	16	Very stiff silty clay	1.80	1.136	2.618	64.21	24.36	38.95	10.190	34.620	0.460	0.058	0.000789
31	32	18	Very stiff silty clay	1.84	1.018	2.618	64.21	24.36	38.95	10.190	34.620	0.460	0.058	0.000789
32	33	18	Very stiff silty clay	1.84	1.018	2.618	64.21	24.36	38.95	10.190	34.620	0.460	0.058	0.000789
33	34	19	Very stiff silty clay	1.86	0.963	2.618	64.21	24.36	38.95	10.190	34.620	0.460	0.058	0.000789
34	35	21	Very stiff silty clay	1.91	0.862	2.618	64.21	24.36	38.95	10.190	34.620	0.460	0.058	0.000789

Tabel 2.4 Tabel Data Tanah STA 152+000

STA 152 +000															
Depth (m)	NSPT	Jenis Tanah		γ_{sat} (t/m ³)	e_o	G_s	LL (%)	PI (%)	IP (%)	Cu (ton/m ²)	Wc (%)	Cc	Cs	Cv (cm ² /s)	
0	-	1	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	1.396	0.200	9.000000	
1	-	2	1	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	1.369	0.200	9.000000	
2	-	3	3	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000	
3	-	4	4	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000	
4	-	5	4	Organik	1.90	9.253	1.419			0.000	617.243	8.075	1.154	38.000000	
5	-	6	4	Soft silt	1.60	1.850	2.612	70.06	23.75	46.32	2.548	41.450	0.430	0.054	0.000619
6	-	7	4	Soft silt	1.60	1.850	2.612	70.06	23.75	46.32	2.548	41.450	0.430	0.054	0.000619
7	-	8	5	Soft silt	1.61	1.766	2.612	70.06	23.75	46.32	2.548	41.450	0.430	0.054	0.000619
8	-	9	8	Soft silt	1.66	1.547	2.612	70.06	23.75	46.32	2.548	41.450	0.430	0.054	0.000619
9	-	10	15	Soft silt	1.78	1.183	2.612	70.06	23.75	46.32	2.548	41.450	0.430	0.054	0.000619
10	-	11	15	Soft silt	1.78	1.183	2.612	51.63	24.66	26.98	9.553	34.890	0.400	0.050	0.000746
11	-	12	17	Soft silt	1.82	1.073	2.612	51.63	24.66	26.98	9.553	34.890	0.400	0.050	0.000746
12	-	13	17	Soft silt	1.82	1.073	2.612	51.63	24.66	26.98	9.553	34.890	0.400	0.050	0.000746
13	-	14	19	Soft silt	1.86	0.963	2.612	51.63	24.66	26.98	9.553	34.890	0.400	0.050	0.000746
14	-	15	23	Soft silt	1.95	0.782	2.612	51.63	24.66	26.98	9.553	34.890	0.400	0.050	0.000746
15	-	16	23	Soft silt	1.95	0.782	2.614	51.7	31.07	20.63	14.648	33.740	0.400	0.050	0.000746
16	-	17	29	Soft silt	1.82		2.614	51.7	31.07	20.63	14.648	33.740	0.400	0.050	0.000746
17	-	18	35	Soft silt	1.86		2.614	51.7	31.07	20.63	14.648	33.740	0.400	0.050	0.000746
18	-	19	37	Soft silt	1.95		2.614	51.7	31.07	20.63	14.648	33.740	0.400	0.050	0.000746
19	-	20	41	Soft silt	1.86		2.614	51.7	31.07	20.63	14.648	33.740	0.400	0.050	0.000746
20	-	21	47	Hard clayey silt	1.82		2.620	56.46	27.72	28.74	26.112	25.780	0.400	0.050	0.000746
21	-	22	60	Hard clayey silt	1.86		2.620	56.46	27.72	28.74	26.112	25.780	0.400	0.050	0.000746
22	-	23	42	Hard clayey silt	1.95		2.620	56.46	27.72	28.74	26.112	25.780	0.400	0.050	0.000746
23	-	24	33	Hard clayey silt	1.82		2.620	56.46	27.72	28.74	26.112	25.780	0.400	0.050	0.000746
24	-	25	31	Hard clayey silt	1.86		2.620	56.46	27.72	28.74	26.112	25.780	0.400	0.050	0.000746
25	-	26	30	Stiff silty clay	1.95		2.680	58.57	32.75	25.83	19.743	34.560	0.400	0.050	0.000746
26	-	27	30	Stiff silty clay	1.82		2.680	58.57	32.75	25.83	19.743	34.560	0.400	0.050	0.000746
27	-	28	30	Stiff silty clay	1.86		2.680	58.57	32.75	25.83	19.743	34.560	0.400	0.050	0.000746
28	-	29	32	Stiff silty clay	1.82		2.680	58.57	32.75	25.83	19.743	34.560	0.400	0.050	0.000746
29	-	30	36	Stiff silty clay	1.86		2.680	58.57	32.75	25.83	19.743	34.560	0.400	0.050	0.000746
30	-	31	28	Hard clayey silt	1.95		2.690	70.63	24.59	46.04	22.928	33.560	0.400	0.050	0.000746
31	-	32	23	Hard clayey silt	1.95	0.782	2.690	70.63	24.59	46.04	22.928	33.560	0.400	0.050	0.000746
32	-	33	25	Hard clayey silt	2.00	0.734	2.690	70.63	24.59	46.04	22.928	33.560	0.400	0.050	0.000746
33	-	34	25	Hard clayey silt	2.00	0.734	2.690	70.63	24.59	46.04	22.928	33.560	0.400	0.050	0.000746
34	-	35	25	Hard clayey silt	2.00	0.734	2.690	70.63	24.59	46.04	22.928	33.560	0.400	0.050	0.000746

LAMPIRAN 3

Beban Yang Digunakan Pada Setiap STA

Tabel 3.1 Tabel Pembebanan STA 149+200

PEMBEBANAN			
q traffic	0.4	t/m ²	Japanese Association Road
h traffic	0.22	m	
tebal perkerasan		0.5	m
q perkerasan		1.1	m
h perkerasan		0.50	m

Tabel 3.2 Tabel Pembebanan STA 150+650

PEMBEBANAN			
q traffic	0.4	t/m ²	Japanese Association Road
h traffic	0.22	m	
tebal perkerasan		0.5	m
q perkerasan		1.1	m
h perkerasan		0.50	m

Tabel 3.3 Tabel Pembebanan STA 151+450

PEMBEBANAN			
q traffic	0.4	t/m ²	Japanese Association Road
h traffic	0.22	m	
tebal perkerasan		0.5	m
q perkerasan		1.1	m
h perkerasan		0.50	m

Tabel 3.4 Tabel Pembebanan STA 152+000

PEMBEBANAN			
q traffic	0.4	t/m ²	Japanese Association Road
h traffic	0.22	m	
tebal perkerasan	0.5	m	(plat lantai + perkerasan)
q perkerasan	1.1	m	
h perkerasan	0.50	m	

LAMPIRAN 4

Variasi Beban Timbunan Untuk Setiap Tinggi Timbunan Pada Setiap STA

Tabel 4.1 Tabel Variasi Beban Timbunan STA 149+200

H beban Timbunan (m)	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0
H traffic (m)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
H perkerasan (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
H timbunan (m)	1.7	3.7	5.7	7.7	9.7	11.7
q timbunan (t/m ²)	1.8	5.4	9	12.6	16.2	19.8
q traffic + perkerasan (t/m ²)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
q total (t/m ²)	3.3	6.9	10.5	14.1	17.7	21.3

Tabel 4.2 Tabel Variasi Beban Timbunan STA 150+650

H beban Timbunan (m)	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0
H traffic (m)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
H perkerasan (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
H timbunan (m)	1.7	3.7	5.7	7.7	9.7	11.7
q timbunan (t/m ²)	1.8	5.4	9	12.6	16.2	19.8
q traffic + perkerasan (t/m ²)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
q total (t/m ²)	3.3	6.9	10.5	14.1	17.7	21.3

Tabel 4.3 Tabel Variasi Beban Timbunan STA 151+450

H beban Timbunan (m)	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0
H traffic (m)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
H perkerasan (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
H timbunan (m)	1.7	3.7	5.7	7.7	9.7	11.7
q timbunan (t/m ²)	1.8	5.4	9	12.6	16.2	19.8
q traffic + perkerasan (t/m ²)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
q total (t/m ²)	3.3	6.9	10.5	14.1	17.7	21.3

Tabel 4.4 Tabel Variasi Beban Timbunan STA 152+000

H beban Timbunan (m)	1.0	3.0	5.0	7.0	9.0	11.0
H traffic (m)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
H perkerasan (m)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
H timbunan (m)	1.7	3.7	5.7	7.7	9.7	11.7
q timbunan (t/m ²)	1.8	5.4	9	12.6	16.2	19.8
q traffic + perkerasan (t/m ²)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
q total (t/m ²)	3.3	6.9	10.5	14.1	17.7	21.3

LAMPIRAN 5

Distribusi Tegangan Untuk Setiap Ketinggian Timbunan

Tabel 5.1 Tabel Distribusi Tegangan STA 149+200

H timbunan		1.0	m			
q total		3.3	t/m ²			SetengahTim
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0.5	15.75	2.0	0.0036	1.5391	1.6500	3.300
1.5	15.75	2.0	0.0106	1.4758	1.6495	3.299
2.5	15.75	2.0	0.0175	1.4134	1.6477	3.295
3.5	15.75	2.0	0.0240	1.3521	1.6439	3.288
4.5	15.75	2.0	0.0300	1.2925	1.6374	3.275
5.5	15.75	2.0	0.0355	1.2348	1.6280	3.256
6.5	15.75	2.0	0.0404	1.1794	1.6152	3.230
7.5	15.75	2.0	0.0446	1.1264	1.5993	3.199
8.5	15.75	2.0	0.0483	1.0759	1.5803	3.161
9.5	15.75	2.0	0.0513	1.0280	1.5584	3.117
10.5	15.75	2.0	0.0538	0.9828	1.5341	3.068
11.5	15.75	2.0	0.0558	0.9401	1.5076	3.015
12.5	15.75	2.0	0.0573	0.8999	1.4795	2.959
13.5	15.75	2.0	0.0584	0.8622	1.4501	2.900
14.5	15.75	2.0	0.0591	0.8267	1.4197	2.839
15.5	15.75	2.0	0.0596	0.7934	1.3887	2.777
16.5	15.75	2.0	0.0597	0.7621	1.3574	2.715
17.5	15.75	2.0	0.0597	0.7328	1.3261	2.652

H timbunan		3.0	m			
q total		6.90	t/m ²			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	1/2 $\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0.5	15.75	6.0	0.0088	1.5391	3.4500	6.900
1.5	15.75	6.0	0.0261	1.4758	3.4492	6.898
2.5	15.75	6.0	0.0430	1.4134	3.4464	6.893
3.5	15.75	6.0	0.0591	1.3521	3.4404	6.881
4.5	15.75	6.0	0.0743	1.2925	3.4302	6.860
5.5	15.75	6.0	0.0883	1.2348	3.4150	6.830
6.5	15.75	6.0	0.1010	1.1794	3.3945	6.789
7.5	15.75	6.0	0.1124	1.1264	3.3685	6.737
8.5	15.75	6.0	0.1223	1.0759	3.3370	6.674
9.5	15.75	6.0	0.1309	1.0280	3.3005	6.601
10.5	15.75	6.0	0.1382	0.9828	3.2592	6.518
11.5	15.75	6.0	0.1443	0.9401	3.2138	6.428
12.5	15.75	6.0	0.1492	0.8999	3.1648	6.330
13.5	15.75	6.0	0.1531	0.8622	3.1128	6.226
14.5	15.75	6.0	0.1561	0.8267	3.0585	6.117
15.5	15.75	6.0	0.1582	0.7934	3.0024	6.005
16.5	15.75	6.0	0.1597	0.7621	2.9451	5.890
17.5	15.75	6.0	0.1604	0.7328	2.8869	5.774

H timbunan		5.0	m			
q total		10.5	t/m ²			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	1/2 $\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0.5	15.75	10.0	0.0123	1.5391	5.2500	10.500
1.5	15.75	10.0	0.0368	1.4758	5.2491	10.498
2.5	15.75	10.0	0.0606	1.4134	5.2457	10.491
3.5	15.75	10.0	0.0836	1.3521	5.2384	10.477
4.5	15.75	10.0	0.1053	1.2925	5.2260	10.452
5.5	15.75	10.0	0.1255	1.2348	5.2075	10.415
6.5	15.75	10.0	0.1441	1.1794	5.1824	10.365
7.5	15.75	10.0	0.1610	1.1264	5.1502	10.300
8.5	15.75	10.0	0.1761	1.0759	5.1111	10.222
9.5	15.75	10.0	0.1893	1.0280	5.0653	10.131
10.5	15.75	10.0	0.2008	0.9828	5.0131	10.026
11.5	15.75	10.0	0.2107	0.9401	4.9551	9.910
12.5	15.75	10.0	0.2189	0.8999	4.8920	9.784
13.5	15.75	10.0	0.2258	0.8622	4.8245	9.649
14.5	15.75	10.0	0.2312	0.8267	4.7532	9.506
15.5	15.75	10.0	0.2356	0.7934	4.6790	9.358
16.5	15.75	10.0	0.2388	0.7621	4.6024	9.205
17.5	15.75	10.0	0.2411	0.7328	4.5240	9.048

H timbunan		7.0	m			
q total		14.1	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	14.0	0.0149	1.5391	7.0500	14.100
1.5	15.75	14.0	0.0446	1.4758	7.0490	14.098
2.5	15.75	14.0	0.0736	1.4134	7.0452	14.090
3.5	15.75	14.0	0.1016	1.3521	7.0372	14.074
4.5	15.75	14.0	0.1282	1.2925	7.0234	14.047
5.5	15.75	14.0	0.1532	1.2348	7.0028	14.006
6.5	15.75	14.0	0.1763	1.1794	6.9747	13.949
7.5	15.75	14.0	0.1975	1.1264	6.9387	13.877
8.5	15.75	14.0	0.2166	1.0759	6.8945	13.789
9.5	15.75	14.0	0.2337	1.0280	6.8425	13.685
10.5	15.75	14.0	0.2487	0.9828	6.7830	13.566
11.5	15.75	14.0	0.2618	0.9401	6.7165	13.433
12.5	15.75	14.0	0.2731	0.8999	6.6436	13.287
13.5	15.75	14.0	0.2826	0.8622	6.5651	13.130
14.5	15.75	14.0	0.2906	0.8267	6.4818	12.964
15.5	15.75	14.0	0.2971	0.7934	6.3943	12.789
16.5	15.75	14.0	0.3023	0.7621	6.3035	12.607
17.5	15.75	14.0	0.3063	0.7328	6.2099	12.420

H timbunan		9.0	m			
q total		17.7	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	18.0	0.0169	1.5391	8.8500	17.700
1.5	15.75	18.0	0.0505	1.4758	8.8489	17.698
2.5	15.75	18.0	0.0835	1.4134	8.8450	17.690
3.5	15.75	18.0	0.1153	1.3521	8.8364	17.673
4.5	15.75	18.0	0.1457	1.2925	8.8217	17.643
5.5	15.75	18.0	0.1744	1.2348	8.7997	17.599
6.5	15.75	18.0	0.2011	1.1794	8.7696	17.539
7.5	15.75	18.0	0.2258	1.1264	8.7309	17.462
8.5	15.75	18.0	0.2482	1.0759	8.6834	17.367
9.5	15.75	18.0	0.2684	1.0280	8.6271	17.254
10.5	15.75	18.0	0.2864	0.9828	8.5625	17.125
11.5	15.75	18.0	0.3023	0.9401	8.4899	16.980
12.5	15.75	18.0	0.3162	0.8999	8.4101	16.820
13.5	15.75	18.0	0.3281	0.8622	8.3238	16.648
14.5	15.75	18.0	0.3383	0.8267	8.2316	16.463
15.5	15.75	18.0	0.3469	0.7934	8.1344	16.269
16.5	15.75	18.0	0.3539	0.7621	8.0329	16.066
17.5	15.75	18.0	0.3596	0.7328	7.9278	15.856

H timbunan		11.0	m			
q total		21.3	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	$1/2 \Delta \sigma'$ (t/m2)	$\Delta \sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	22.0	0.0185	1.5391	10.6500	21.300
1.5	15.75	22.0	0.0552	1.4758	10.6489	21.298
2.5	15.75	22.0	0.0913	1.4134	10.6447	21.289
3.5	15.75	22.0	0.1262	1.3521	10.6358	21.272
4.5	15.75	22.0	0.1597	1.2925	10.6205	21.241
5.5	15.75	22.0	0.1913	1.2348	10.5976	21.195
6.5	15.75	22.0	0.2209	1.1794	10.5661	21.132
7.5	15.75	22.0	0.2483	1.1264	10.5255	21.051
8.5	15.75	22.0	0.2734	1.0759	10.4755	20.951
9.5	15.75	22.0	0.2962	1.0280	10.4163	20.833
10.5	15.75	22.0	0.3167	0.9828	10.3480	20.696
11.5	15.75	22.0	0.3350	0.9401	10.2711	20.542
12.5	15.75	22.0	0.3511	0.8999	10.1862	20.372
13.5	15.75	22.0	0.3652	0.8622	10.0940	20.188
14.5	15.75	22.0	0.3774	0.8267	9.9953	19.991
15.5	15.75	22.0	0.3878	0.7934	9.8907	19.781
16.5	15.75	22.0	0.3966	0.7621	9.7812	19.562
17.5	15.75	22.0	0.4039	0.7328	9.6673	19.335

Tabel 5.2 Tabel Distribusi Tegangan STA 150+650

H timbunan		1.0	m		SetengahT	
q total		3.3	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	$1/2 \Delta \sigma'$ (t/m2)	$\Delta \sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	2.0	0.0036	1.5391	1.6500	3.300
1.5	15.75	2.0	0.0106	1.4758	1.6495	3.299
2.5	15.75	2.0	0.0175	1.4134	1.6477	3.295
3.5	15.75	2.0	0.0240	1.3521	1.6439	3.288
4.5	15.75	2.0	0.0300	1.2925	1.6374	3.275
5.5	15.75	2.0	0.0355	1.2348	1.6280	3.256
6.5	15.75	2.0	0.0404	1.1794	1.6152	3.230
7.5	15.75	2.0	0.0446	1.1264	1.5993	3.199

H timbunan		3.0	m			
q total		6.90	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	6.0	0.0088	1.5391	3.4500	6.900
1.5	15.75	6.0	0.0261	1.4758	3.4492	6.898
2.5	15.75	6.0	0.0430	1.4134	3.4464	6.893
3.5	15.75	6.0	0.0591	1.3521	3.4404	6.881
4.5	15.75	6.0	0.0743	1.2925	3.4302	6.860
5.5	15.75	6.0	0.0883	1.2348	3.4150	6.830
6.5	15.75	6.0	0.1010	1.1794	3.3945	6.789
7.5	15.75	6.0	0.1124	1.1264	3.3685	6.737

H timbunan		5.0	m			
q total		10.5	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	10.0	0.0123	1.5391	5.2500	10.500
1.5	15.75	10.0	0.0368	1.4758	5.2491	10.498
2.5	15.75	10.0	0.0606	1.4134	5.2457	10.491
3.5	15.75	10.0	0.0836	1.3521	5.2384	10.477
4.5	15.75	10.0	0.1053	1.2925	5.2260	10.452
5.5	15.75	10.0	0.1255	1.2348	5.2075	10.415
6.5	15.75	10.0	0.1441	1.1794	5.1824	10.365
7.5	15.75	10.0	0.1610	1.1264	5.1502	10.300

H timbunan		7.0	m			
q total		14.1	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	$\alpha 1$ (rad)	$\alpha 2$ (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	14.0	0.0149	1.5391	7.0500	14.100
1.5	15.75	14.0	0.0446	1.4758	7.0490	14.098
2.5	15.75	14.0	0.0736	1.4134	7.0452	14.090
3.5	15.75	14.0	0.1016	1.3521	7.0372	14.074
4.5	15.75	14.0	0.1282	1.2925	7.0234	14.047
5.5	15.75	14.0	0.1532	1.2348	7.0028	14.006
6.5	15.75	14.0	0.1763	1.1794	6.9747	13.949
7.5	15.75	14.0	0.1975	1.1264	6.9387	13.877

H timbunan		9.0	m			
q total		17.7	t/m ²			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0.5	15.75	18.0	0.0169	1.5391	8.8500	17.700
1.5	15.75	18.0	0.0505	1.4758	8.8489	17.698
2.5	15.75	18.0	0.0835	1.4134	8.8450	17.690
3.5	15.75	18.0	0.1153	1.3521	8.8364	17.673
4.5	15.75	18.0	0.1457	1.2925	8.8217	17.643
5.5	15.75	18.0	0.1744	1.2348	8.7997	17.599
6.5	15.75	18.0	0.2011	1.1794	8.7696	17.539
7.5	15.75	18.0	0.2258	1.1264	8.7309	17.462

H timbunan		11.0	m			
q total		21.3	t/m ²			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0.5	15.75	22.0	0.0185	1.5391	10.6500	21.300
1.5	15.75	22.0	0.0552	1.4758	10.6489	21.298
2.5	15.75	22.0	0.0913	1.4134	10.6447	21.289
3.5	15.75	22.0	0.1262	1.3521	10.6358	21.272
4.5	15.75	22.0	0.1597	1.2925	10.6205	21.241
5.5	15.75	22.0	0.1913	1.2348	10.5976	21.195
6.5	15.75	22.0	0.2209	1.1794	10.5661	21.132
7.5	15.75	22.0	0.2483	1.1264	10.5255	21.051

Tabel 5.3 Tabel Distribusi Tegangan STA 151+450

H timbunan		1.0	m			
q total		3.3	t/m2		Setengah Timbunan	
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	2.0	0.0036	1.5391	1.6500	3.300
1.5	15.75	2.0	0.0106	1.4758	1.6495	3.299
2.5	15.75	2.0	0.0175	1.4134	1.6477	3.295
3.5	15.75	2.0	0.0240	1.3521	1.6439	3.288
4.5	15.75	2.0	0.0300	1.2925	1.6374	3.275
5.5	15.75	2.0	0.0355	1.2348	1.6280	3.256
6.5	15.75	2.0	0.0404	1.1794	1.6152	3.230
7.5	15.75	2.0	0.0446	1.1264	1.5993	3.199
8.5	15.75	2.0	0.0483	1.0759	1.5803	3.161
9.5	15.75	2.0	0.0513	1.0280	1.5584	3.117
10.5	15.75	2.0	0.0538	0.9828	1.5341	3.068
11.5	15.75	2.0	0.0558	0.9401	1.5076	3.015
12.5	15.75	2.0	0.0573	0.8999	1.4795	2.959

H timbunan		3.0	m			
q total		6.90	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	6.0	0.0088	1.5391	3.4500	6.900
1.5	15.75	6.0	0.0261	1.4758	3.4492	6.898
2.5	15.75	6.0	0.0430	1.4134	3.4464	6.893
3.5	15.75	6.0	0.0591	1.3521	3.4404	6.881
4.5	15.75	6.0	0.0743	1.2925	3.4302	6.860
5.5	15.75	6.0	0.0883	1.2348	3.4150	6.830
6.5	15.75	6.0	0.1010	1.1794	3.3945	6.789
7.5	15.75	6.0	0.1124	1.1264	3.3685	6.737
8.5	15.75	6.0	0.1223	1.0759	3.3370	6.674
9.5	15.75	6.0	0.1309	1.0280	3.3005	6.601
10.5	15.75	6.0	0.1382	0.9828	3.2592	6.518
11.5	15.75	6.0	0.1443	0.9401	3.2138	6.428
12.5	15.75	6.0	0.1492	0.8999	3.1648	6.330

H timbunan		5.0	m			
q total		10.5	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	10.0	0.0123	1.5391	5.2500	10.500
1.5	15.75	10.0	0.0368	1.4758	5.2491	10.498
2.5	15.75	10.0	0.0606	1.4134	5.2457	10.491
3.5	15.75	10.0	0.0836	1.3521	5.2384	10.477
4.5	15.75	10.0	0.1053	1.2925	5.2260	10.452
5.5	15.75	10.0	0.1255	1.2348	5.2075	10.415
6.5	15.75	10.0	0.1441	1.1794	5.1824	10.365
7.5	15.75	10.0	0.1610	1.1264	5.1502	10.300
8.5	15.75	10.0	0.1761	1.0759	5.1111	10.222
9.5	15.75	10.0	0.1893	1.0280	5.0653	10.131
10.5	15.75	10.0	0.2008	0.9828	5.0131	10.026
11.5	15.75	10.0	0.2107	0.9401	4.9551	9.910
12.5	15.75	10.0	0.2189	0.8999	4.8920	9.784

H timbunan		7.0	m			
q total		14.1	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	14.0	0.0149	1.5391	7.0500	14.100
1.5	15.75	14.0	0.0446	1.4758	7.0490	14.098
2.5	15.75	14.0	0.0736	1.4134	7.0452	14.090
3.5	15.75	14.0	0.1016	1.3521	7.0372	14.074
4.5	15.75	14.0	0.1282	1.2925	7.0234	14.047
5.5	15.75	14.0	0.1532	1.2348	7.0028	14.006
6.5	15.75	14.0	0.1763	1.1794	6.9747	13.949
7.5	15.75	14.0	0.1975	1.1264	6.9387	13.877
8.5	15.75	14.0	0.2166	1.0759	6.8945	13.789
9.5	15.75	14.0	0.2337	1.0280	6.8425	13.685
10.5	15.75	14.0	0.2487	0.9828	6.7830	13.566
11.5	15.75	14.0	0.2618	0.9401	6.7165	13.433
12.5	15.75	14.0	0.2731	0.8999	6.6436	13.287

H timbunan		9.0	m			
q total		17.7	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	18.0	0.0169	1.5391	8.8500	17.700
1.5	15.75	18.0	0.0505	1.4758	8.8489	17.698
2.5	15.75	18.0	0.0835	1.4134	8.8450	17.690
3.5	15.75	18.0	0.1153	1.3521	8.8364	17.673
4.5	15.75	18.0	0.1457	1.2925	8.8217	17.643
5.5	15.75	18.0	0.1744	1.2348	8.7997	17.599
6.5	15.75	18.0	0.2011	1.1794	8.7696	17.539
7.5	15.75	18.0	0.2258	1.1264	8.7309	17.462
8.5	15.75	18.0	0.2482	1.0759	8.6834	17.367
9.5	15.75	18.0	0.2684	1.0280	8.6271	17.254
10.5	15.75	18.0	0.2864	0.9828	8.5625	17.125
11.5	15.75	18.0	0.3023	0.9401	8.4899	16.980
12.5	15.75	18.0	0.3162	0.8999	8.4101	16.820

H timbunan		11.0	m			
q total		21.3	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	22.0	0.0185	1.5391	10.6500	21.300
1.5	15.75	22.0	0.0552	1.4758	10.6489	21.298
2.5	15.75	22.0	0.0913	1.4134	10.6447	21.289
3.5	15.75	22.0	0.1262	1.3521	10.6358	21.272
4.5	15.75	22.0	0.1597	1.2925	10.6205	21.241
5.5	15.75	22.0	0.1913	1.2348	10.5976	21.195
6.5	15.75	22.0	0.2209	1.1794	10.5661	21.132
7.5	15.75	22.0	0.2483	1.1264	10.5255	21.051
8.5	15.75	22.0	0.2734	1.0759	10.4755	20.951
9.5	15.75	22.0	0.2962	1.0280	10.4163	20.833
10.5	15.75	22.0	0.3167	0.9828	10.3480	20.696
11.5	15.75	22.0	0.3350	0.9401	10.2711	20.542
12.5	15.75	22.0	0.3511	0.8999	10.1862	20.372

Tabel 5.4 Tabel Distribusi Tegangan STA 152+000

H timbunan		1.0	m		SetengahT	
q total		3.3	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	2.0	0.0036	1.5391	1.6500	3.300
1.5	15.75	2.0	0.0106	1.4758	1.6495	3.299
2.5	15.75	2.0	0.0175	1.4134	1.6477	3.295
3.5	15.75	2.0	0.0240	1.3521	1.6439	3.288
4.5	15.75	2.0	0.0300	1.2925	1.6374	3.275
5.5	15.75	2.0	0.0355	1.2348	1.6280	3.256
6.5	15.75	2.0	0.0404	1.1794	1.6152	3.230
7.5	15.75	2.0	0.0446	1.1264	1.5993	3.199
8.5	15.75	2.0	0.0483	1.0759	1.5803	3.161

H timbunan		3.0	m			
q total		6.90	t/m2			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m2)	$\Delta\sigma'$ (t/m2)
0.5	15.75	6.0	0.0088	1.5391	3.4500	6.900
1.5	15.75	6.0	0.0261	1.4758	3.4492	6.898
2.5	15.75	6.0	0.0430	1.4134	3.4464	6.893
3.5	15.75	6.0	0.0591	1.3521	3.4404	6.881
4.5	15.75	6.0	0.0743	1.2925	3.4302	6.860
5.5	15.75	6.0	0.0883	1.2348	3.4150	6.830
6.5	15.75	6.0	0.1010	1.1794	3.3945	6.789
7.5	15.75	6.0	0.1124	1.1264	3.3685	6.737
8.5	15.75	6.0	0.1223	1.0759	3.3370	6.674

H timbunan		5.0	m			
q total		10.5	t/m ²			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	1/2 $\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0.5	15.75	10.0	0.0123	1.5391	5.2500	10.500
1.5	15.75	10.0	0.0368	1.4758	5.2491	10.498
2.5	15.75	10.0	0.0606	1.4134	5.2457	10.491
3.5	15.75	10.0	0.0836	1.3521	5.2384	10.477
4.5	15.75	10.0	0.1053	1.2925	5.2260	10.452
5.5	15.75	10.0	0.1255	1.2348	5.2075	10.415
6.5	15.75	10.0	0.1441	1.1794	5.1824	10.365
7.5	15.75	10.0	0.1610	1.1264	5.1502	10.300
8.5	15.75	10.0	0.1761	1.0759	5.1111	10.222

H timbunan		7.0	m			
q total		14.1	t/m ²			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	1/2 $\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0.5	15.75	14.0	0.0149	1.5391	7.0500	14.100
1.5	15.75	14.0	0.0446	1.4758	7.0490	14.098
2.5	15.75	14.0	0.0736	1.4134	7.0452	14.090
3.5	15.75	14.0	0.1016	1.3521	7.0372	14.074
4.5	15.75	14.0	0.1282	1.2925	7.0234	14.047
5.5	15.75	14.0	0.1532	1.2348	7.0028	14.006
6.5	15.75	14.0	0.1763	1.1794	6.9747	13.949
7.5	15.75	14.0	0.1975	1.1264	6.9387	13.877
8.5	15.75	14.0	0.2166	1.0759	6.8945	13.789

H timbunan		9.0	m			
q total		17.7	t/m ²			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	1/2 $\Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0.5	15.75	18.0	0.0169	1.5391	8.8500	17.700
1.5	15.75	18.0	0.0505	1.4758	8.8489	17.698
2.5	15.75	18.0	0.0835	1.4134	8.8450	17.690
3.5	15.75	18.0	0.1153	1.3521	8.8364	17.673
4.5	15.75	18.0	0.1457	1.2925	8.8217	17.643
5.5	15.75	18.0	0.1744	1.2348	8.7997	17.599
6.5	15.75	18.0	0.2011	1.1794	8.7696	17.539
7.5	15.75	18.0	0.2258	1.1264	8.7309	17.462
8.5	15.75	18.0	0.2482	1.0759	8.6834	17.367

H timbunan		11.0	m			
q total		21.3	t/m ²			
z (m)	b1 (m)	b2 (m)	α_1 (rad)	α_2 (rad)	$1/2 \Delta\sigma'$ (t/m ²)	$\Delta\sigma'$ (t/m ²)
0.5	15.75	22.0	0.0185	1.5391	10.6500	21.300
1.5	15.75	22.0	0.0552	1.4758	10.6489	21.298
2.5	15.75	22.0	0.0913	1.4134	10.6447	21.289
3.5	15.75	22.0	0.1262	1.3521	10.6358	21.272
4.5	15.75	22.0	0.1597	1.2925	10.6205	21.241
5.5	15.75	22.0	0.1913	1.2348	10.5976	21.195
6.5	15.75	22.0	0.2209	1.1794	10.5661	21.132
7.5	15.75	22.0	0.2483	1.1264	10.5255	21.051
8.5	15.75	22.0	0.2734	1.0759	10.4755	20.951

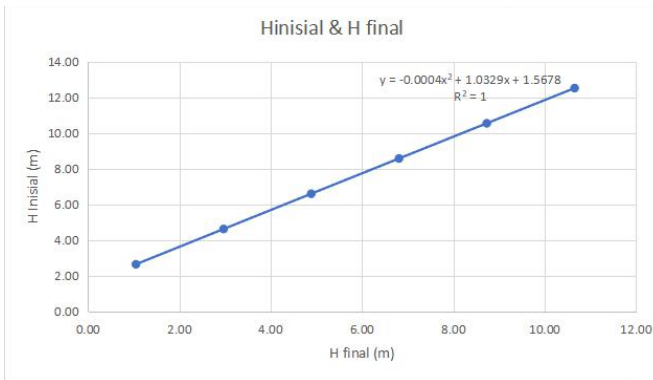
LAMPIRAN 6

Rekapitulasi S_c , H Inisial dan H Final untuk setiap variasi timbunan

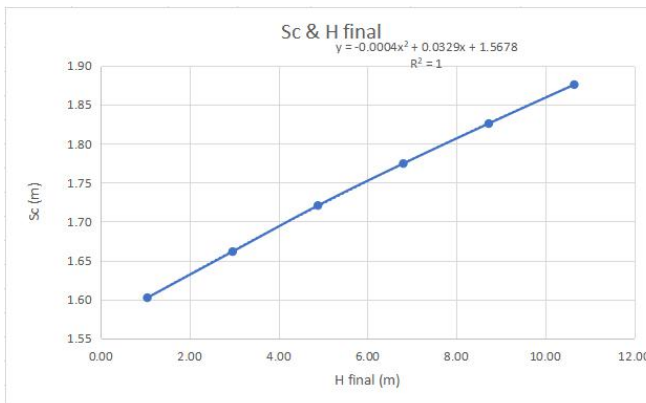
Tabel 6.1 S_c , H Inisial dan H Final pada Tanah Gambut

(t/m ²)	q kPa	a lap	b lap	λ / b	ϵ	t = 20 tahun	$\lambda / b \times t$	$e^{-\lambda \cdot B \times t}$	$\epsilon(t)$	S_c (m)	H Inisial (m)	H Final (m)
6.9	69	2.65E-03	2.17E-03	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.33	1.66	4.63	2.97
10.5	105	1.71E-03	1.56E-03	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.34	1.72	6.61	4.89
14.1	141	1.18E-03	1.33E-03	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.35	1.77	8.58	6.81
17.7	177	1.09E-03	9.68E-04	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.37	1.83	10.55	8.73
21.3	213	8.91E-04	8.71E-04	1.61E-06	1.42E-07	10368000	16.724	5.46E-08	0.38	1.88	12.53	10.65

Gambar 6.1 H Inisial dan H Final pada Tanah Gambut



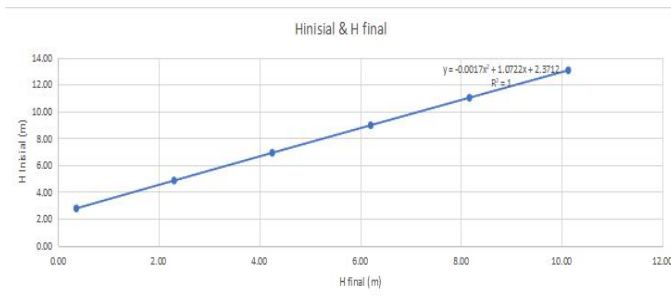
Gambar 6.2 S_c dan H Final pada Tanah Gambut



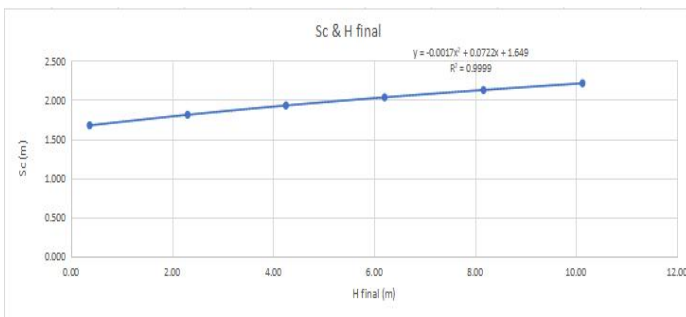
Tabel 6.2 SC, H Inisial dan H Final pada STA

H timbunan (m)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	11.00
q total (t/m ²)	3.3	6.90	10.50	14.10	17.70	21.30
H inisial (m)	2.76	4.84	6.90	8.96	11.01	13.06
H (Traffic + Perkerasan)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Sc	1.674	1.809	1.928	2.032	2.126	2.212
Hfinal	0.37	2.31	4.25	6.21	8.17	10.13

Gambar 6.3 H Inisial dan H Final pada STA 149+200



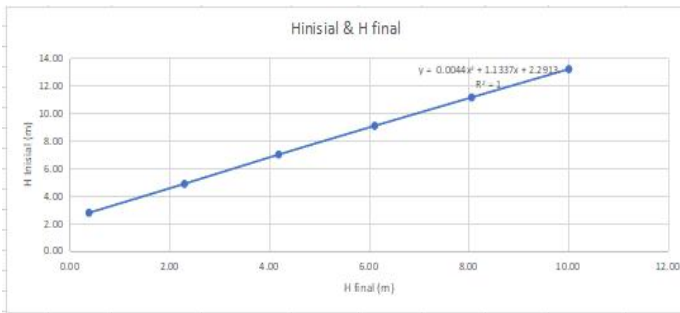
Gambar 6.2 Sc dan H Final pada STA 149+200



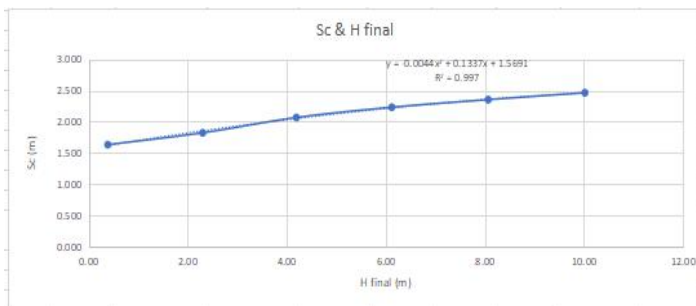
Tabel 6.3 SC, H Inisial dan H Final pada STA 150+650

Rekap Hasil						
H timbunan (m)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	11.00
q total (t/m ²)	3.3	6.90	10.50	14.10	17.70	21.30
H inisial (m)	2.74	4.85	6.98	9.07	11.14	13.20
H (Traffic + Perkerasan)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Sc	1.633	1.822	2.067	2.231	2.353	2.463
Hfinal	0.39	2.30	4.19	6.12	8.07	10.02

Gambar 6.4 H Inisial dan H Final pada STA 150+650



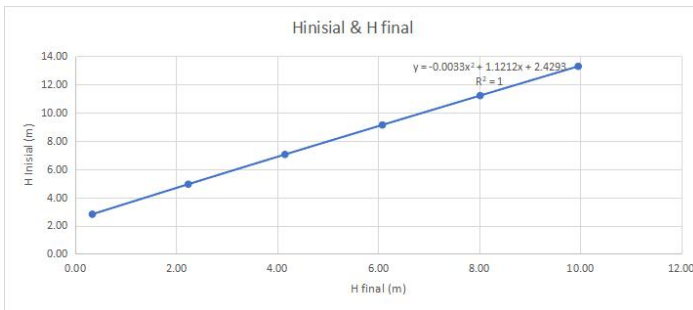
Gambar 6.5 Sc dan H Final pada STA 150+650



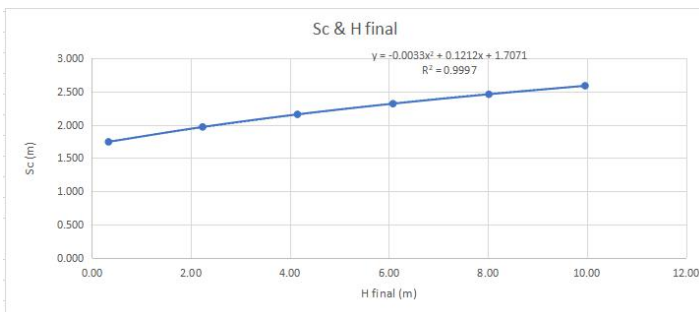
Tabel 6.4 SC, H Inisial dan H Final pada STA 151+450

H timbunan (m)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	11.00
q total (t/m ²)	3.3	6.90	10.50	14.10	17.70	21.30
H inisial (m)	2.80	4.93	7.03	9.12	11.20	13.27
H (Traffic + Perkerasan)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Sc	1.743	1.967	2.156	2.316	2.458	2.586
Hfinal	0.34	2.24	4.15	6.08	8.02	9.96

Gambar 6.6 H Inisial dan H Final pada STA 151+450



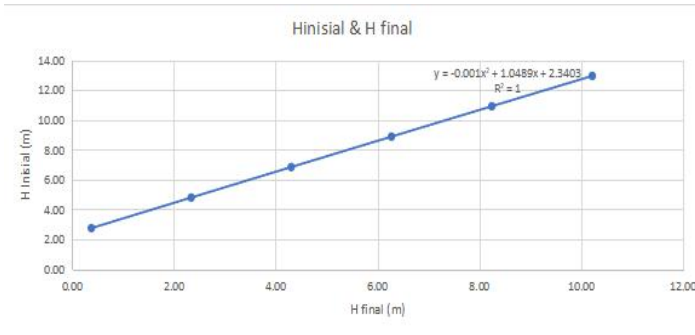
Gambar 6.7 Sc dan H Final pada STA 151+450



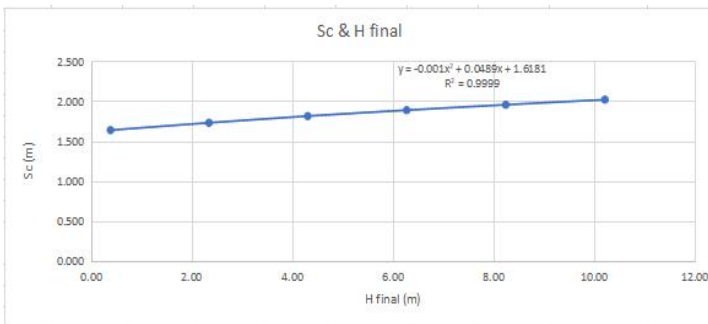
Tabel 6.5 SC, H Inisial dan H Final pada STA 152+000

H timbunan (m)	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	11.00
q total (t/m ²)	3.3	6.90	10.50	14.10	17.70	21.30
H inisial (m)	2.74	4.79	6.84	8.88	10.92	12.95
H (Traffic + Perkerasan)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
Sc	1.636	1.728	1.812	1.886	1.954	2.019
Hfinal	0.38	2.34	4.31	6.27	8.24	10.21

Gambar 6.7 H Inisial dan H Final pada STA 152+000



Gambar 6.8 Sc dan H Final pada STA 151+450



LAMPIRAN 7

Waktu Konsolidasi Tanpa PVD

Tabel 7.1 Perhitungan Konsolidasi tanpa PVD STA 149+200

Derajat Konsolidasi, U (%)	Faktor Waktu, T_v	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0.000	0.00
10	0.0079	0.472	0.19
20	0.0314	1.889	0.39
30	0.0707	4.250	0.58
40	0.1257	7.556	0.78
50	0.1963	11.805	0.97
60	0.2827	17.000	1.16
70	0.4028	24.221	1.36
80	0.5671	34.099	1.55
90	0.8480	50.986	1.75
100	1	60.125	1.94

Gambar 7.1 Perbandingan t dan Sc STA 149+200



Tabel 7.2 Perhitungan Differential Settlement PVD STA
149+200

Tahun	SC total (m)	Δ Sc (m)	Δ Sc (cm)	Ditinjau
1	1.435			
2	1.686	2.50E-01	25.035	
3	1.804	1.18E-01	11.833	
4	1.862	5.77E-02	5.767	
5	1.891	2.96E-02	2.962	45.598
6	1.908	1.65E-02	1.654	
7	1.918	1.04E-02	1.036	
8	1.926	7.37E-03	0.737	
9	1.931	5.86E-03	0.586	
10	1.937	5.04E-03	0.504	
11	1.941	4.57E-03	0.457	
12	1.945	4.26E-03	0.426	
13	1.949	4.04E-03	0.404	
14	1.953	3.86E-03	0.386	
15	1.957	3.72E-03	0.372	
16	1.961	3.59E-03	0.359	
17	1.964	3.47E-03	0.347	
18	1.967	2.47E-03	0.247	
19	1.970	3.02E-03	0.302	
20	1.972	2.90E-03	0.290	

Tabel 7.3 Perhitungan Konsolidasi tanpa PVD STA 150+650

Derajat Konsolidasi, U (%)	Faktor Waktu, T_v	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0.000	0.00
10	0.0079	0.021	0.22
20	0.0314	0.084	0.43
30	0.0707	0.190	0.65
40	0.1257	0.337	0.87
50	0.1963	0.527	1.09
60	0.2827	0.759	1.30
70	0.4028	1.082	1.52
80	0.5671	1.523	1.74
90	0.8480	2.277	1.95
100	1	2.685	2.17

Gambar 7.2 Perbandingan t dan Sc STA 150+650



Tabel 7.4 Perhitungan Differential Settlement PVD STA 150+650

Tahun	SC total (m)	Δ Sc (m)	Δ Sc (cm)	Ditinjau
1	1.680			
2	1.997	3.17E-01	31.694	
3	2.137	1.41E-01	14.058	
4	2.200	6.26E-02	6.256	
5	2.228	2.79E-02	2.793	54.801
6	2.240	1.25E-02	1.250	
7	2.246	5.61E-03	0.561	
8	2.248	2.52E-03	0.252	
9	2.249	1.14E-03	0.114	
10	2.250	5.14E-04	0.051	
11	2.250	2.32E-04	0.023	
12	2.250	1.05E-04	0.011	
13	2.250	4.78E-05	0.005	
14	2.250	2.17E-05	0.002	
15	2.250	9.87E-06	0.001	
16	2.250	8.12E-06	0.001	
17	2.250	8.23E-08	0.000	
18	2.250	3.21E-08	0.000	
19	2.250	1.28E-08	0.000	
20	2.250	5.11E-09	0.000	

Tabel 7.5 Perhitungan Konsolidasi tanpa PVD STA 151+450

Derajat Konsolidasi, U (%)	Faktor Waktu, T_v	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0.000	0.00
10	0.0079	0.237	0.22
20	0.0314	0.946	0.44
30	0.0707	2.129	0.66
40	0.1257	3.785	0.87
50	0.1963	5.914	1.09
60	0.2827	8.516	1.31
70	0.4028	12.133	1.53
80	0.5671	17.081	1.75
90	0.8480	25.540	1.97
100	1	30.118	2.19

Gambar 7.3 Perbandingan t dan Sc STA 151+450



Tabel 7.6 Perhitungan Differential Settlement PVD STA 151+450

Tahun	SC total (m)	ΔSc (m)	ΔSc (cm)	Ditinjau
1	1.493			
2	1.767	2.74E-01	27.405	
3	1.903	1.37E-01	13.651	
4	1.976	7.30E-02	7.300	
5	2.019	4.31E-02	4.313	
6	2.048	2.88E-02	2.876	
7	2.070	2.16E-02	2.159	57.704
8	2.087	1.78E-02	1.782	
9	2.101	1.37E-02	1.375	
10	2.114	1.31E-02	1.314	
11	2.126	1.19E-02	1.189	
12	2.137	1.09E-02	1.086	
13	2.147	9.96E-03	0.996	
14	2.156	9.16E-03	0.916	
15	2.165	8.43E-03	0.843	
16	2.172	7.76E-03	0.776	
17	2.180	7.14E-03	0.714	
18	2.186	6.58E-03	0.658	
19	2.192	6.06E-03	0.606	
20	2.198	5.59E-03	0.559	

Tabel 7.7 Perhitungan Konsolidasi tanpa PVD STA 152+000

Derajat Konsolidasi, U (%)	Faktor Waktu, T_v	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0.000	0.00
10	0.0079	0.472	0.19
20	0.0314	1.889	0.38
30	0.0707	4.250	0.56
40	0.1257	7.556	0.75
50	0.1963	11.805	0.94
60	0.2827	17.000	1.13
70	0.4028	24.221	1.31
80	0.5671	34.099	1.50
90	0.8480	50.986	1.69
100	1	60.125	1.88

Gambar 7.4 Perbandingan t dan Sc STA 152+000



Tabel 7.6 Perhitungan Differential Settlement PVD STA 151+450

Tahun	SC total (m)	Δ Sc (m)	Δ Sc (cm)	Ditinjau
1	1.461			
2	1.721	2.61E-01	26.077	
3	1.846	1.25E-01	12.488	
4	1.908	6.18E-02	6.177	
5	1.940	3.16E-02	3.162	47.904
6	1.957	1.70E-02	1.696	
7	1.966	9.61E-03	0.961	
8	1.972	5.76E-03	0.576	
9	1.976	3.65E-03	0.365	
10	1.978	2.43E-03	0.243	
11	1.980	1.67E-03	0.167	
12	1.981	1.18E-03	0.118	
13	1.982	8.51E-04	0.085	
14	1.982	6.20E-04	0.062	
15	1.983	4.55E-04	0.045	
16	1.983	3.39E-04	0.034	
17	1.983	2.46E-04	0.025	
18	1.984	1.83E-04	0.018	
19	1.984	1.36E-04	0.014	
20	1.984	1.01E-04	0.010	

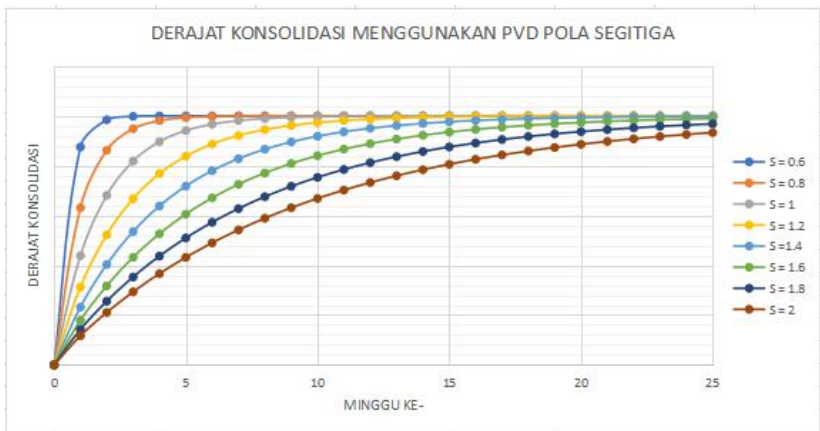
LAMPIRAN 8

Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga

Tabel 8.1 Perhitungan Konsolidasi PVD STA 149+200

s (m)	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,4	1,6	1,8	2
t (minggu)	Utotal	Utotal	Utotal	Utotal	Utotal	Utotal	Utotal	Utotal	Utotal
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	87.51%	63.09%	43.84%	31.28%	20.28%	23.21%	17.88%	14.24%	11.68%
2	98.42%	86.21%	68.09%	52.22%	35.70%	40.33%	31.77%	25.59%	21.06%
3	99.80%	94.84%	81.83%	66.71%	48.03%	53.55%	43.19%	35.30%	29.31%
4	99.97%	98.07%	89.65%	76.79%	57.96%	63.80%	52.66%	43.69%	36.64%
5	100.00%	99.28%	94.09%	83.80%	65.96%	71.77%	60.52%	50.96%	43.17%
6	100.00%	99.73%	96.63%	88.69%	72.43%	77.98%	67.06%	57.28%	49.00%
7	100.00%	99.90%	98.08%	92.10%	77.67%	82.81%	72.51%	62.77%	54.22%
8	100.00%	99.96%	98.90%	94.48%	81.90%	86.58%	77.05%	67.54%	58.90%
9	100.00%	99.99%	99.37%	96.15%	85.33%	89.52%	80.84%	71.69%	63.08%
10	100.00%	99.99%	99.64%	97.31%	88.11%	91.82%	84.00%	75.31%	66.84%
11	100.00%	100.00%	99.80%	98.12%	90.36%	93.61%	86.63%	78.47%	70.21%
12	100.00%	100.00%	99.88%	98.68%	92.18%	95.01%	88.83%	81.21%	73.23%
13	100.00%	100.00%	99.93%	99.08%	93.66%	96.10%	90.67%	83.61%	75.94%
14	100.00%	100.00%	99.96%	99.36%	94.85%	96.95%	92.20%	85.70%	78.38%
15	100.00%	100.00%	99.98%	99.55%	95.83%	97.62%	93.49%	87.52%	80.57%
16	100.00%	100.00%	99.99%	99.69%	96.61%	98.14%	94.56%	89.11%	82.53%
17	100.00%	100.00%	99.99%	99.78%	97.25%	98.55%	95.45%	90.49%	84.30%
18	100.00%	100.00%	100.00%	99.85%	97.77%	98.86%	96.20%	91.70%	85.88%
19	100.00%	100.00%	100.00%	99.89%	98.19%	99.11%	96.82%	92.75%	87.31%
20	100.00%	100.00%	100.00%	99.92%	98.53%	99.31%	97.34%	93.67%	88.59%

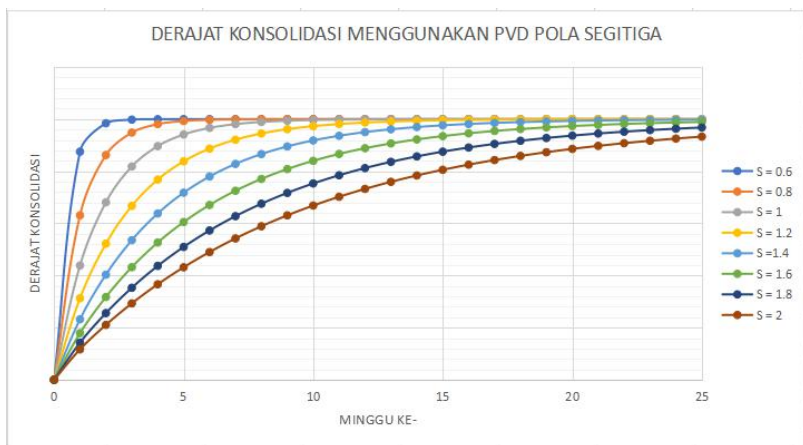
Gambar 8.1 Grafik konsolidasi PVD STA 149+200



Tabel 8.2 Perhitungan Konsolidasi PVD STA 150+650

s (mm)	u.0	u.5	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
t (minggu)	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	99.99%	98.79%	92.29%	81.17%	69.22%	58.59%	49.83%	42.84%
2	100.00%	99.98%	99.37%	96.25%	89.99%	81.87%	73.40%	65.46%
3	100.00%	100.00%	99.95%	99.25%	96.71%	91.99%	85.76%	78.94%
4	100.00%	100.00%	100.00%	99.85%	98.92%	96.45%	92.35%	87.10%
5	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.64%	98.42%	95.87%	92.08%
6	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.88%	99.29%	97.77%	95.12%
7	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.69%	98.79%	96.99%
8	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.86%	99.35%	98.14%
9	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.94%	99.65%	98.85%
10	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.81%	99.29%
11	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.90%	99.56%
12	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.94%	99.73%
13	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.83%
14	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.90%
15	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.94%
16	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%
17	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%
18	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%
19	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%
20	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%

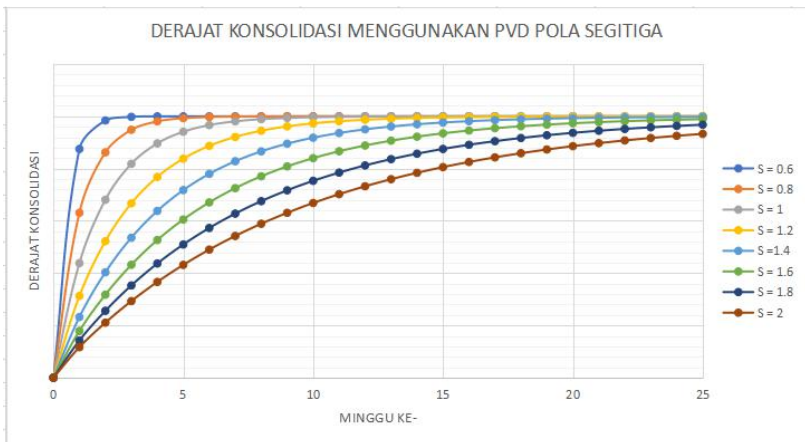
Gambar 8.2 Grafik konsolidasi PVD STA 150+650



Tabel 8.3 Perhitungan Konsolidasi PVD STA 151+450

s (m)	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
t (minggu)	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	88.63%	64.85%	45.58%	32.86%	24.63%	19.17%	15.44%	12.80%
2	98.68%	87.44%	69.89%	54.16%	42.23%	33.57%	27.29%	22.68%
3	99.85%	95.50%	83.30%	68.62%	55.60%	45.25%	37.31%	31.26%
4	99.98%	98.38%	90.72%	78.49%	65.83%	54.82%	45.87%	38.80%
5	100.00%	99.42%	94.84%	85.24%	73.68%	62.68%	53.23%	45.46%
6	100.00%	99.79%	97.13%	89.87%	79.71%	69.15%	59.55%	51.36%
7	100.00%	99.92%	98.40%	93.04%	84.36%	74.49%	65.01%	56.61%
8	100.00%	99.97%	99.11%	95.22%	87.93%	78.89%	69.71%	61.27%
9	100.00%	99.99%	99.50%	96.71%	90.69%	82.53%	73.78%	65.42%
10	100.00%	100.00%	99.72%	97.74%	92.81%	85.54%	77.29%	69.12%
11	100.00%	100.00%	99.85%	98.44%	94.45%	88.03%	80.33%	72.42%
12	100.00%	100.00%	99.91%	98.93%	95.71%	90.09%	82.96%	75.36%
13	100.00%	100.00%	99.95%	99.26%	96.69%	91.79%	85.23%	77.98%
14	100.00%	100.00%	99.97%	99.49%	97.44%	93.20%	87.20%	80.32%
15	100.00%	100.00%	99.99%	99.65%	98.02%	94.37%	88.91%	82.41%
16	100.00%	100.00%	99.99%	99.76%	98.47%	95.33%	90.39%	84.28%
17	100.00%	100.00%	100.00%	99.83%	98.82%	96.13%	91.66%	85.95%
18	100.00%	100.00%	100.00%	99.89%	99.09%	96.79%	92.77%	87.43%
19	100.00%	100.00%	100.00%	99.92%	99.30%	97.34%	93.73%	88.76%
20	100.00%	100.00%	100.00%	99.95%	99.46%	97.80%	94.57%	89.95%

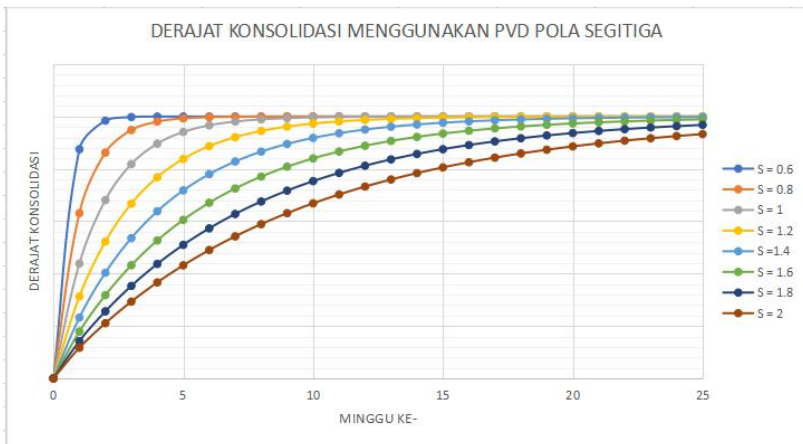
Gambar 8.3 Grafik konsolidasi PVD STA 151+450



Tabel 8.4 Perhitungan Konsolidasi PVD STA 152+000

s (m)	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
t (minggu)	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal	Uttotal
0	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
1	97.72%	83.81%	65.43%	50.20%	39.13%	31.28%	25.67%	21.60%
2	99.95%	97.29%	87.66%	74.40%	61.75%	51.25%	42.98%	36.56%
3	100.00%	99.55%	95.57%	86.77%	75.84%	65.24%	56.03%	48.39%
4	100.00%	99.92%	98.41%	93.15%	84.70%	75.15%	66.00%	57.91%
5	100.00%	99.99%	99.43%	96.44%	90.29%	82.20%	73.66%	65.61%
6	100.00%	100.00%	99.79%	98.15%	93.84%	87.24%	79.57%	71.87%
7	100.00%	100.00%	99.93%	99.04%	96.08%	90.84%	84.15%	76.97%
8	100.00%	100.00%	99.97%	99.50%	97.51%	93.42%	87.68%	81.13%
9	100.00%	100.00%	99.99%	99.74%	98.41%	95.27%	90.43%	84.53%
10	100.00%	100.00%	100.00%	99.86%	98.99%	96.60%	92.56%	87.31%
11	100.00%	100.00%	100.00%	99.93%	99.36%	97.56%	94.21%	89.59%
12	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.59%	98.24%	95.49%	91.45%
13	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.74%	98.73%	96.49%	92.98%
14	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.83%	99.09%	97.27%	94.24%
15	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.89%	99.34%	97.87%	95.27%
16	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.93%	99.53%	98.34%	96.11%
17	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.66%	98.71%	96.80%
18	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.75%	98.99%	97.37%
19	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.82%	99.22%	97.84%
20	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.87%	99.39%	98.22%

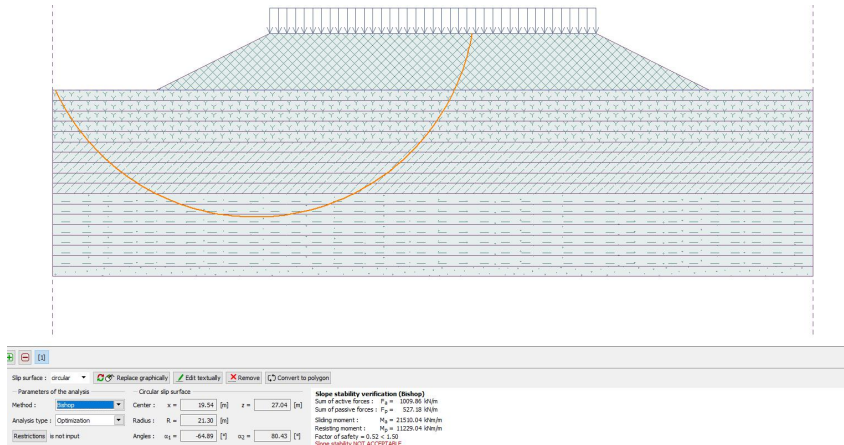
Gambar 8.4 Grafik konsolidasi PVD STA 152+000



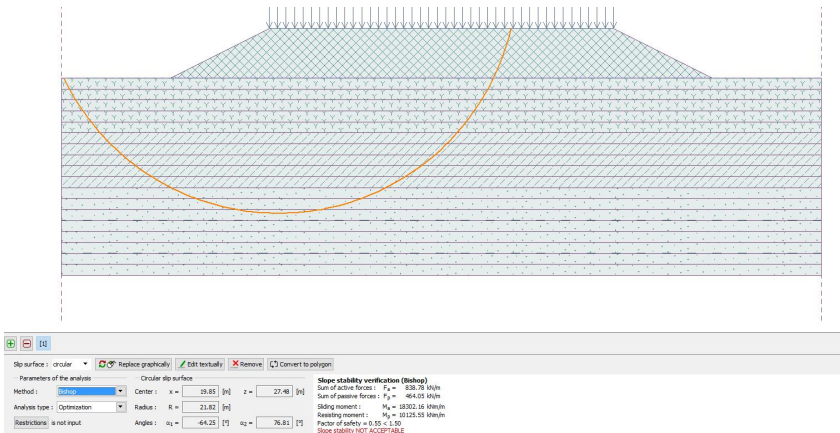
LAMPIRAN 9

Stabilitas Timbunan dan H Kritis

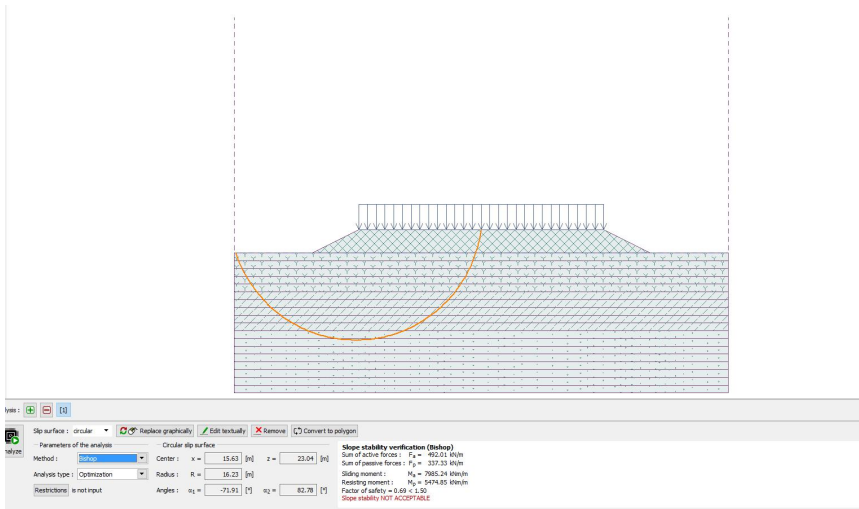
Gambar 9.1 STA 149+200 H timbunan = 5.5m



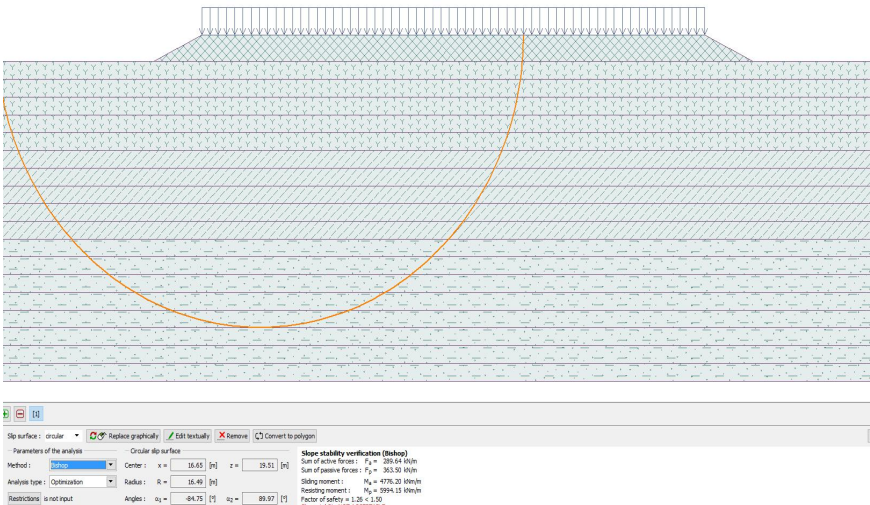
Gambar 9.2 STA 149+200 H timbunan = 4.5m



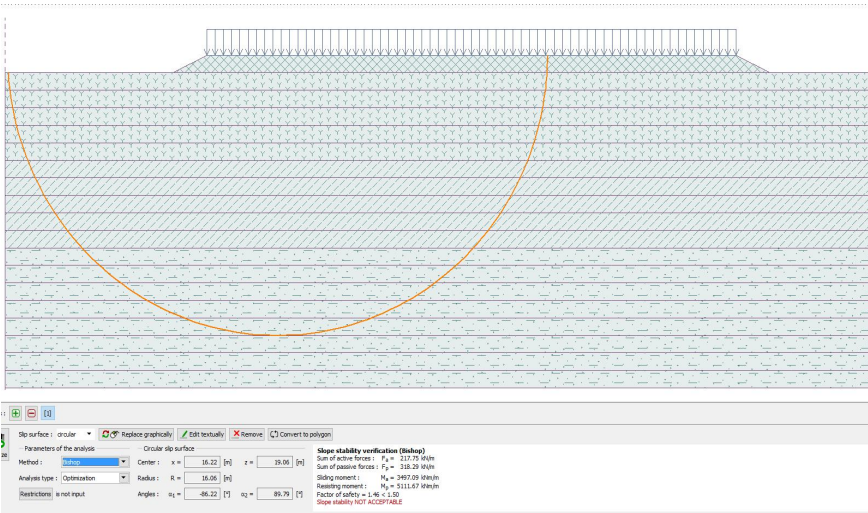
Gambar 9.3 STA 149+200 H timbunan = 3m



Gambar 9.4 STA 149+200 H timbunan = 1.5m



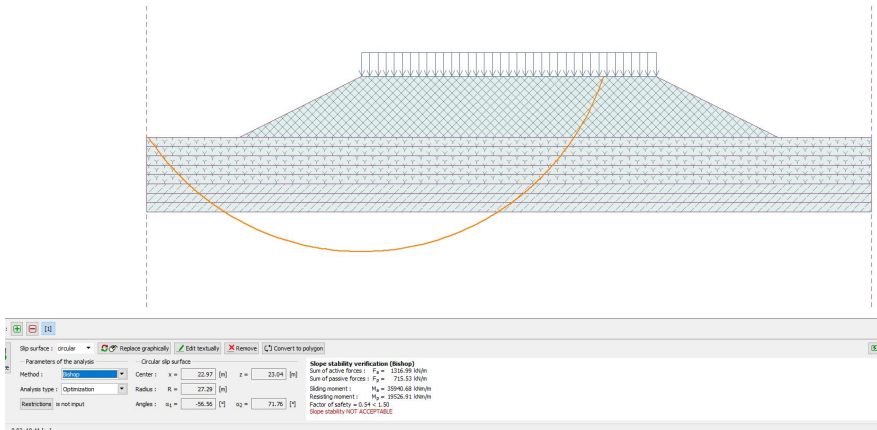
Gambar 9.5 STA 149+200 H timbunan = 1m



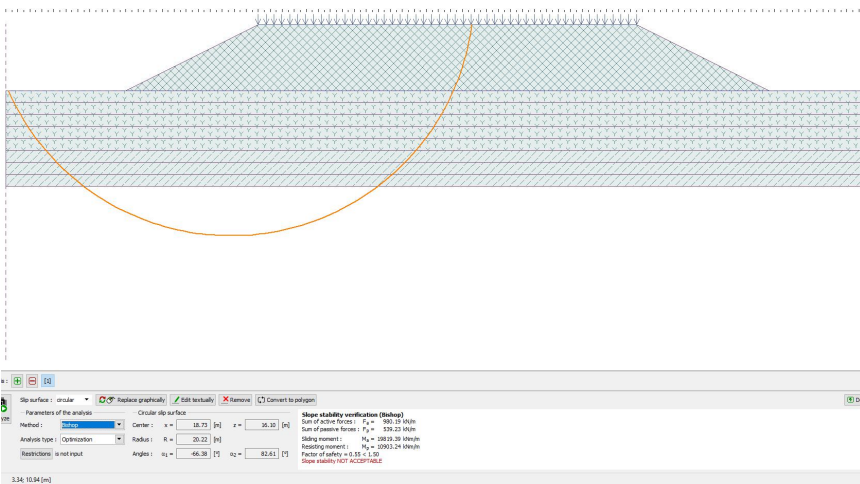
Tabel 9.1 STA 149+200 H Kritis

Rekap	
Tinggi Timbunan	SF
5.5	0.52
4.5	0.55
3	0.69
1.5	1.26
1	1.46
Hcr	SF
2.2	1

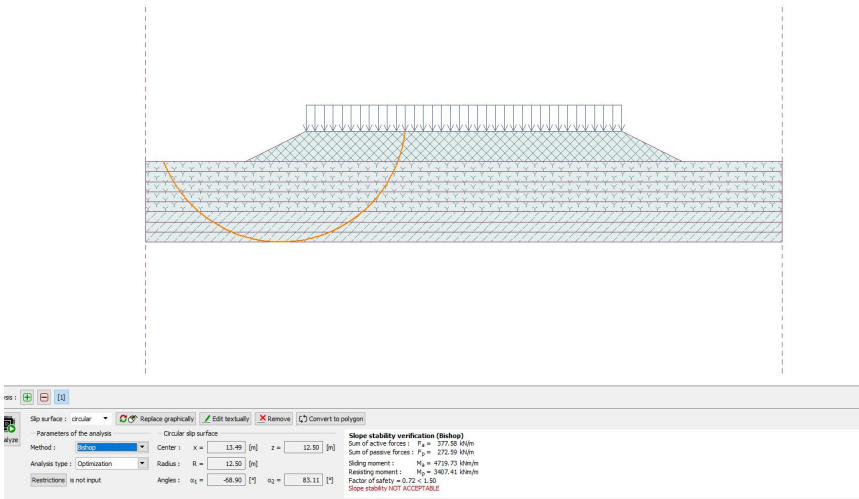
Gambar 9.6 STA 150+650 H timbunan = 6.5m



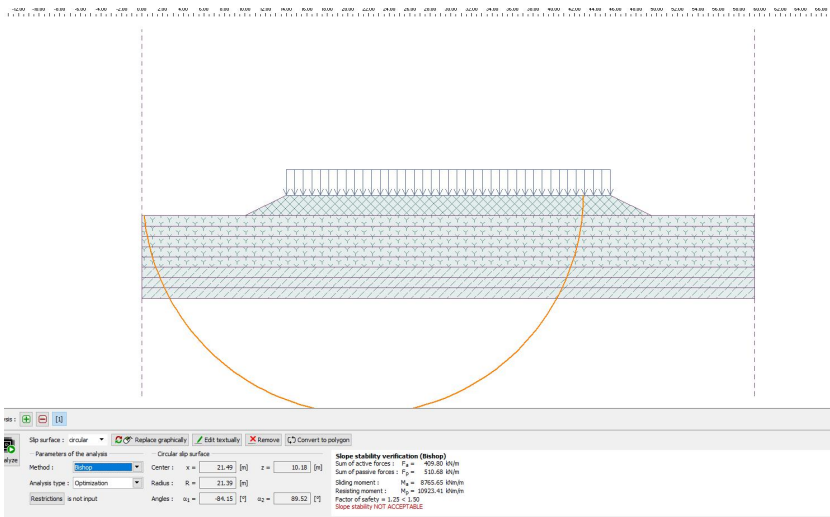
Gambar 9.7 STA 150+650 H timbunan = 5.5m



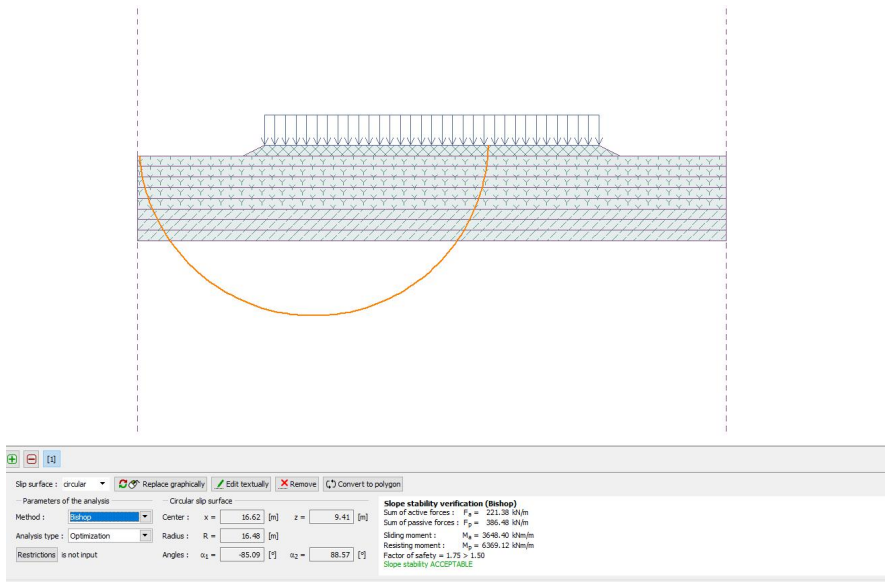
Gambar 9.8 STA 150+650 H timbunan = 3m



Gambar 9.9 STA 150+650 H timbunan = 2m



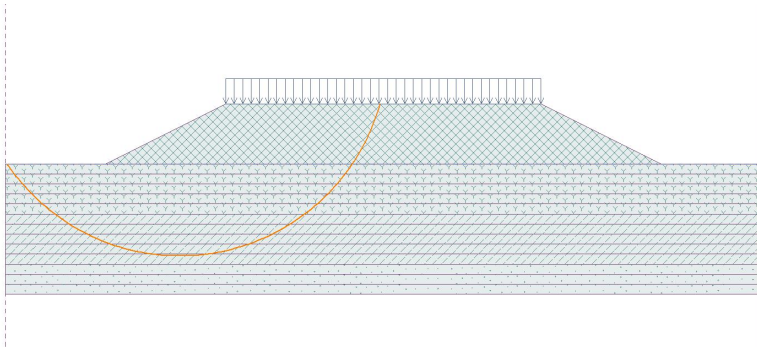
Gambar 9.10 STA 150+650 H timbunan = 1m



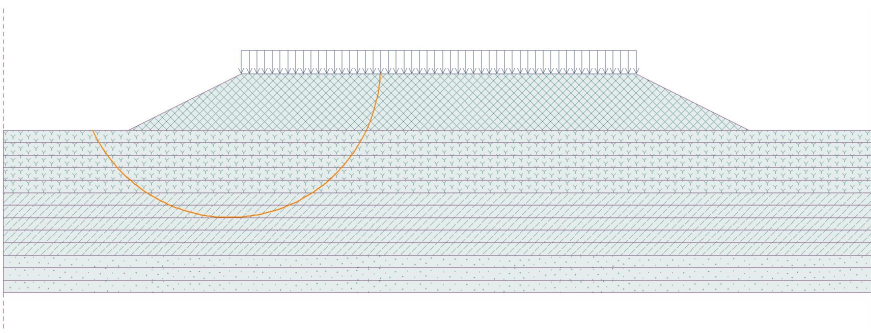
Tabel 9.2 STA 150+650 H Kritis

Rekap	
Tinggi Timbunan	SF
1	1.75
2	1.25
3	0.72
5.5	0.55
6.5	0.54
Hcr	SF
2.5	1

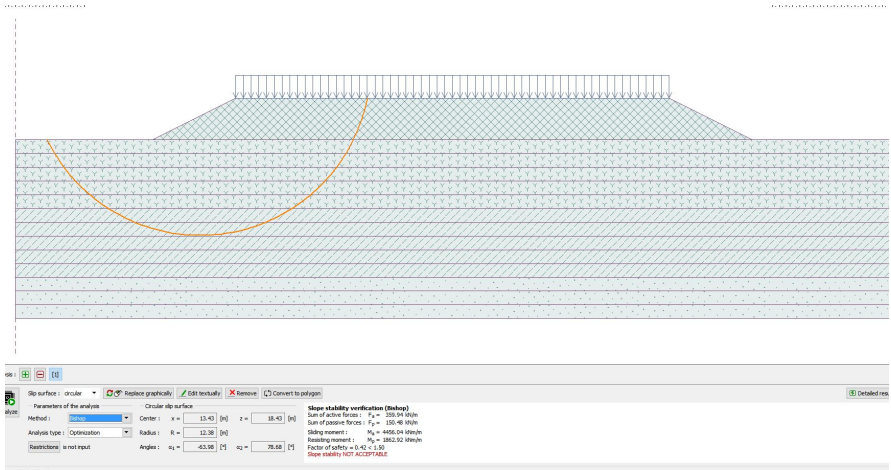
Gambar 9.11 STA 151+450 H timbunan = 6m



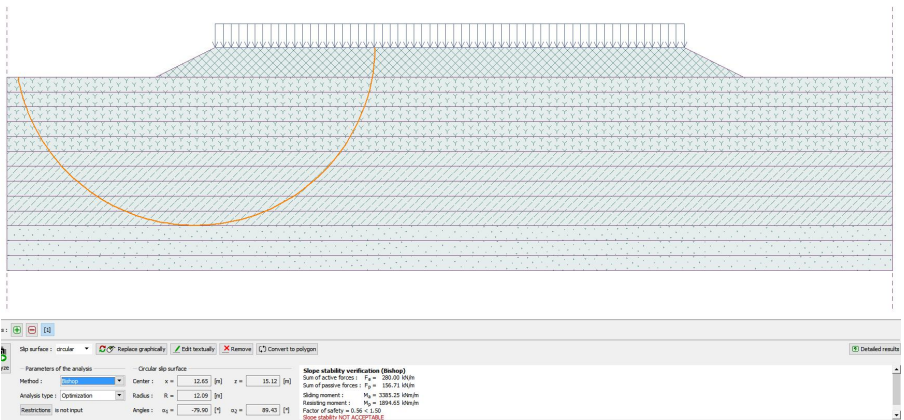
Gambar 9.12 STA 151+450 H timbunan = 4.5m



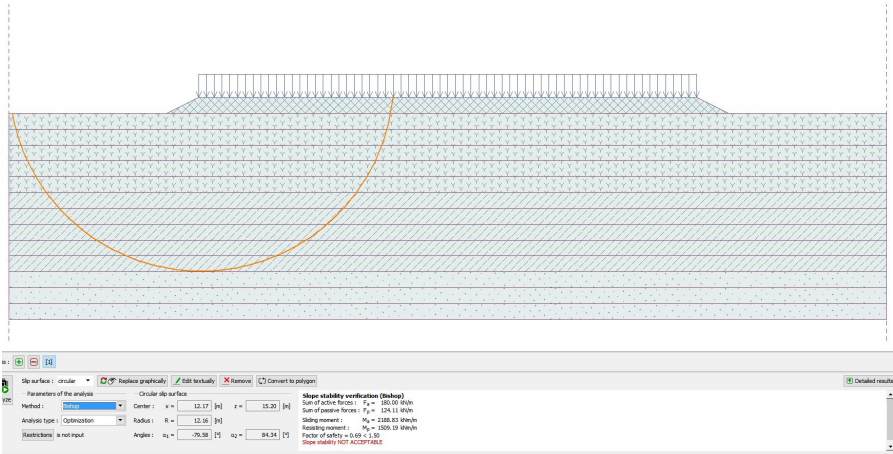
Gambar 9.13 STA 151+450 H timbunan = 3m



Gambar 9.14 STA 151+450 H timbunan = 2m



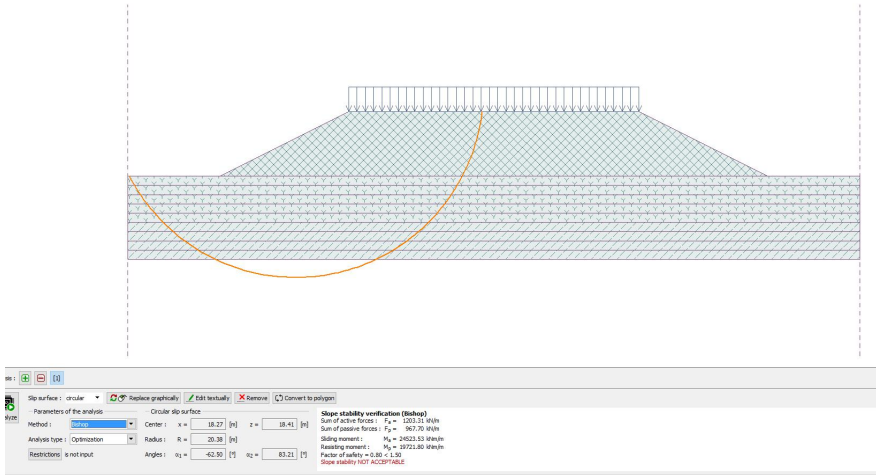
Gambar 9.15 STA 151+450 H timbunan = 1m



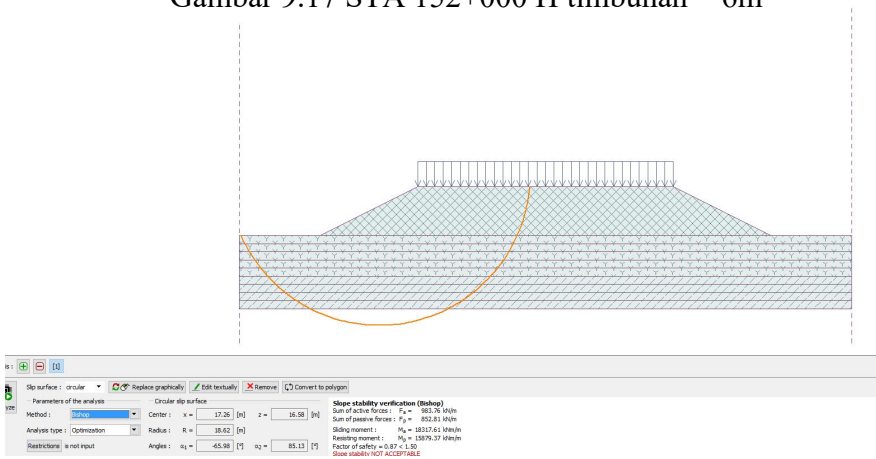
Tabel 9.3 STA 151+450 H Kritis

Rekap	
Tinggi Timbunan	SF
6	0.3
4.5	0.38
3	0.42
2	0.56
1	0.69
Hcr	SF
0	1

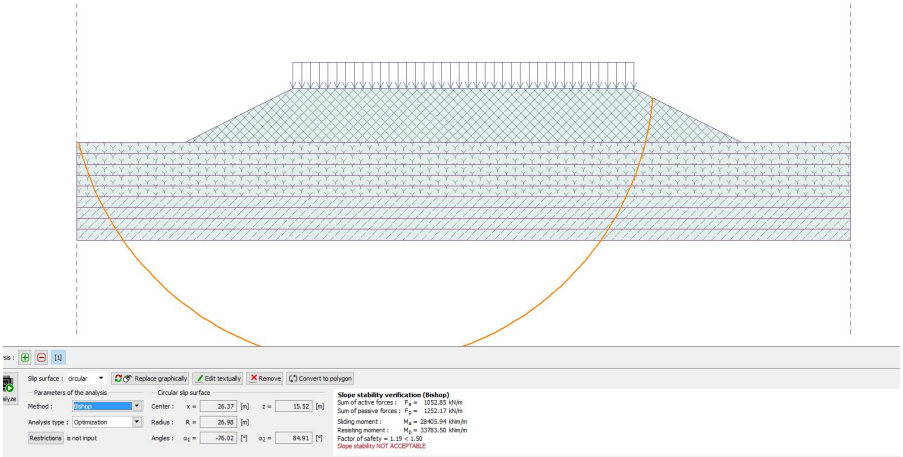
Gambar 9.16 STA 152+000 H timbunan = 7m



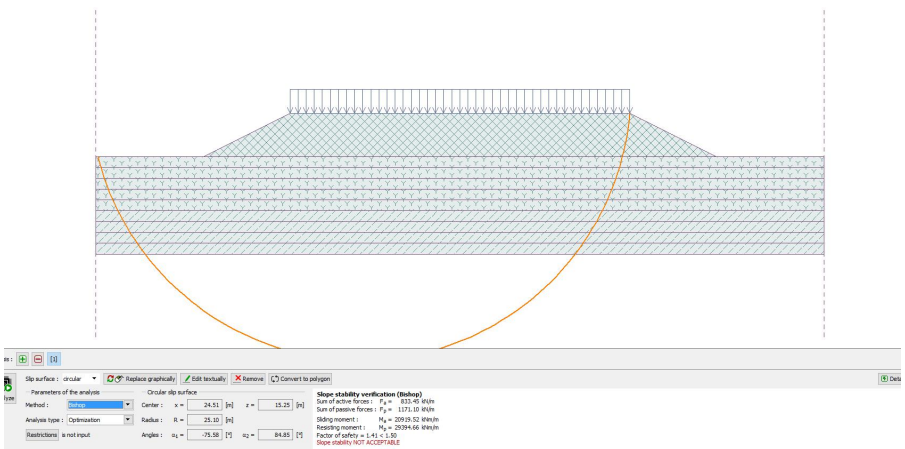
Gambar 9.17 STA 152+000 H timbunan = 6m



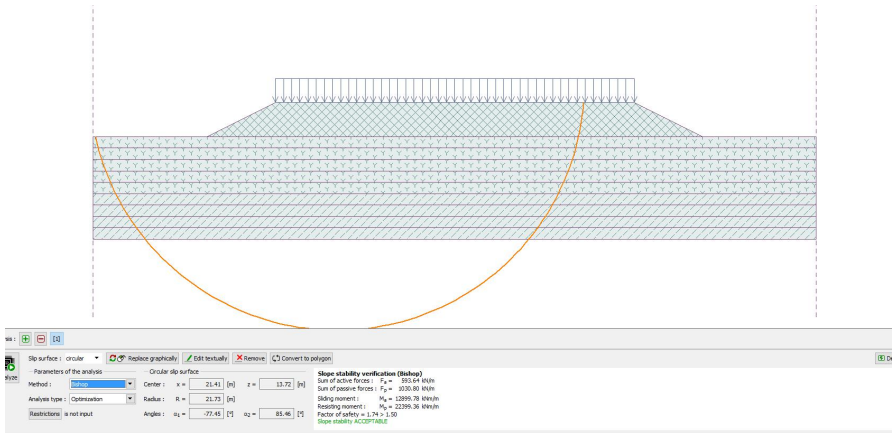
Gambar 9.18 STA 152+000 H timbunan = 5m



Gambar 9.19 STA 152+000 H timbunan = 4m



Gambar 9.20 STA 152+000 H timbunan = 3m



Tabel 9.4 STA 152+000 H Kritis

Rekap	
Tinggi Timbunan	SF
7	0.8
6	0.84
5	1.19
4	1.41
3	1.74
Hcr	SF
5.5	1

LAMPIRAN 10

Jadwal Pentahapan Timbunan

Tabel 10.1 Jadwal Pentahapan STA 149+200 H Kritis = 2m

	Hcr			
Tahap Penimbunan	1	2	3	4
Tinggi Timbunan Pertahap	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2
Minggu ke-	0			
	1	0		
	2	1	0	
	3	2	1	0
	4	3	2	1

Tabel 10.2 Jadwal Pentahapan STA 149+200 H Final = 4.5m

	Hcr									H Final
Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Tinggi Timbunan Pertahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
Minggu ke-	0									
	1	0								
	2	1	0							
	3	2	1	0						
	4	3	2	1	0					
	5	4	3	2	1	0				
	6	5	4	3	2	1	0			
	7	6	5	4	3	2	1	0		
	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Tabel 10.3 Jadwal Pentahapan STA 149+200 H Initial = 7.5m

	Hcr														
Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tinggi Timbunan Pertahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
Minggu ke-	0														
	1	0													
	2	1	0												
	3	2	1	0											
	4	3	2	1	0										
	5	4	3	2	1	0									
	6	5	4	3	2	1	0								
	7	6	5	4	3	2	1	0							
	8	7	6	5	4	3	2	1	0						
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0					
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0				
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tabel 10.5 Jadwal Pentahapan STA 150+650 H Kritis = 2.5m

	Hcr				
Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5
Tinggi Timbunan Pertahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5
Minggu ke-	0				
	1	0			
	2	1	0		
	3	2	1	0	
	4	3	2	1	0
5	4	3	2	1	0
	5	4	3	2	1

Tabel 10.6 Jadwal Pentahapan STA 150+650 H Final = 5.5m

	Hcr										
Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tinggi Timbunan Pertahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
Minggu ke-	0										
	1	0									
	2	1	0								
	3	2	1	0							
	4	3	2	1	0						
	5	4	3	2	1	0					
	6	5	4	3	2	1	0				
	7	6	5	4	3	2	1	0			
	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tabel 10.7 Jadwal Pentahapan STA 150+650 H Initial = 8.5m

	Hcr																
Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Tinggi Timbunan Pertahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
Minggu ke-	0																
	1	0															
	2	1	0														
	3	2	1	0													
	4	3	2	1	0												
	5	4	3	2	1	0											
	6	5	4	3	2	1	0										
	7	6	5	4	3	2	1	0									
	8	7	6	5	4	3	2	1	0								
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0							
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0						
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0					
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0				
	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

Tabel 10.8 Jadwal Pentahapan STA 151+450 H Final = 4.5m

Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tinggi Timbunan Pentahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
Minggu ke-	0								
	1	0							
	2	1	0						
	3	2	1	0					
	4	3	2	1	0				
	5	4	3	2	1	0			
	6	5	4	3	2	1	0		
	7	6	5	4	3	2	1	0	
	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tabel 10.8 Jadwal Pentahapan STA 151+450 H Initial = 7.5m

Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tinggi Timbunan Pentahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
Minggu ke-	0														
	1	0													
	2	1	0												
	3	2	1	0											
	4	3	2	1	0										
	5	4	3	2	1	0									
	6	5	4	3	2	1	0								
	7	6	5	4	3	2	1	0							
	8	7	6	5	4	3	2	1	0						
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0					
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0				
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

Tabel 10.9 Jadwal Pentahapan STA 152+000 H Kritis = 5.5m

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hcr	11
Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
Tinggi Timbunan Pertaahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	5.5
Minggu ke-	0											
	1	0										
	2	1	0									
	3	2	1	0								
	4	3	2	1	0							
	5	4	3	2	1	0						
	6	5	4	3	2	1	0					
	7	6	5	4	3	2	1	0				
	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Tabel 10.10 Jadwal Pentahapan STA 152+000 H Final = 6m

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hcr	11	12
Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12
Tinggi Timbunan Pertaahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	5.5	5.5
Minggu ke-	0												
	1	0											
	2	1	0										
	3	2	1	0									
	4	3	2	1	0								
	5	4	3	2	1	0							
	6	5	4	3	2	1	0						
	7	6	5	4	3	2	1	0					
	8	7	6	5	4	3	2	1	0				
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Tabel 10.11 Jadwal Pentahapan STA 152+000 H Initial = 7.5m

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Hcr	11	12	13	14	15	16	17
Tahap Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	13	14	15	16	17
Tinggi Timbunan Pertaahap	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tinggi Timbunan Total	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	8.5
Minggu ke-	0																	
	1	0																
	2	1	0															
	3	2	1	0														
	4	3	2	1	0													
	5	4	3	2	1	0												
	6	5	4	3	2	1	0											
	7	6	5	4	3	2	1	0										
	8	7	6	5	4	3	2	1	0									
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0								
	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0							
	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0						
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0					
	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0				
	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		
	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	

LAMPIRAN 11

Perubahan Tegangan U=100%

Tabel 11.1 Perubahan Tegangan STA 149+200 H Kritis = 2m

No	U	100%	100%	100%	100%	100%
	Hlimb (m)	0	0.5	1	1.5	2
	z (m)	σ_0 (t/m ²)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	σ_3 (t/m ²)	σ_4 (t/m ²)
1	0.5	0.450	1.350	2.248	3.145	4.041
2	1.5	1.350	2.250	3.146	4.040	4.933
3	2.5	2.250	3.149	4.042	4.933	5.822
4	3.5	3.150	4.047	4.936	5.823	6.706
5	4.5	4.050	4.944	5.828	6.709	7.586
6	5.5	4.800	5.690	6.567	7.440	8.310
7	6.5	5.400	6.284	7.153	8.018	8.878
8	7.5	5.980	6.856	7.716	8.571	9.420
9	8.5	6.535	7.402	8.251	9.095	9.932
10	9.5	7.085	7.942	8.779	9.610	10.434
11	10.5	7.635	8.480	9.304	10.121	10.932
12	11.5	8.185	9.017	9.827	10.630	11.426
13	12.5	8.735	9.553	10.349	11.136	11.917
14	13.5	9.285	10.088	10.869	11.641	12.405
15	14.5	9.860	10.648	11.415	12.169	12.918
16	15.5	10.485	11.258	12.006	12.746	13.479
17	16.5	11.135	11.892	12.624	13.348	14.064
18	17.5	11.795	12.535	13.252	13.960	14.660

Tabel 11.2 Perubahan Tegangan STA 149+200 H Final = 4.5m

No	U	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Hlimb (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5
	z (m)	σ_0 (t/m ²)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	σ_3 (t/m ²)	σ_4 (t/m ²)	σ_5 (t/m ²)	σ_6 (t/m ²)	σ_7 (t/m ²)	σ_8 (t/m ²)	σ_9 (t/m ²)
1	0.5	0.450	1.350	2.249	3.146	4.043	4.939	5.834	6.727	7.619	8.509
2	1.5	1.350	2.250	3.147	4.043	4.937	5.831	6.722	7.612	8.500	9.386
3	2.5	2.250	3.149	4.044	4.937	5.829	6.719	7.607	8.493	9.376	10.257
4	3.5	3.150	4.048	4.940	5.830	6.718	7.604	8.487	9.368	10.245	11.119
5	4.5	4.050	4.946	5.834	6.720	7.603	8.484	9.361	10.235	11.106	11.973
6	5.5	4.800	5.693	6.576	7.457	8.334	9.208	10.079	10.946	11.808	12.666
7	6.5	5.400	6.289	7.166	8.040	8.911	9.778	10.640	11.498	12.352	13.200
8	7.5	5.980	6.863	7.734	8.601	9.463	10.321	11.174	12.023	12.866	13.704
9	8.5	6.535	7.412	8.274	9.132	9.986	10.834	11.677	12.515	13.348	14.174
10	9.5	7.085	7.954	8.807	9.656	10.499	11.337	12.169	12.996	13.816	14.631
11	10.5	7.635	8.495	9.338	10.176	11.009	11.835	12.656	13.470	14.278	15.080
12	11.5	8.185	9.035	9.867	10.694	11.515	12.329	13.137	13.939	14.734	15.522
13	12.5	8.735	9.574	10.395	11.209	12.017	12.819	13.614	14.403	15.184	15.959
14	13.5	9.285	10.112	10.921	11.722	12.518	13.306	14.088	14.863	15.631	16.392
15	14.5	9.860	10.675	11.470	12.259	13.041	13.815	14.584	15.345	16.099	16.846
16	15.5	10.485	11.287	12.069	12.844	13.612	14.373	15.127	15.874	16.614	17.347
17	16.5	11.135	11.924	12.692	13.453	14.207	14.954	15.694	16.427	17.153	17.871
18	17.5	11.795	12.570	13.324	14.071	14.811	15.544	16.270	16.989	17.700	18.405

Tabel 11.3 Perubahan Tegangan STA 149+200 H Inisial = 7.5m

Perubahan Tegangan																	
No	U	100%	100%	100%	100%	300%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	Htimb (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
	z (m)	σ_0 (t/m ²)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	σ_3 (t/m ²)	σ_4 (t/m ²)	σ_5 (t/m ²)	σ_6 (t/m ²)	σ_7 (t/m ²)	σ_8 (t/m ²)	σ_9 (t/m ²)	σ_{10} (t/m ²)	σ_{11} (t/m ²)	σ_{12} (t/m ²)	σ_{13} (t/m ²)	σ_{14} (t/m ²)	σ_{15} (t/m ²)
1	0.5	0.450	1.350	2.249	3.147	4.045	4.942	5.838	6.735	7.627	8.520	9.411	10.301	11.189	12.075	12.958	13.840
2	1.5	1.350	2.250	3.148	4.044	4.941	5.836	6.730	7.622	8.514	9.403	10.291	11.177	12.061	12.945	13.821	14.697
3	2.5	2.250	3.150	4.046	4.941	5.835	6.727	7.619	8.509	9.396	10.282	11.166	12.048	12.926	13.802	14.675	15.545
4	3.5	3.150	4.049	4.943	5.835	6.727	7.617	8.505	9.390	10.274	11.156	12.034	12.910	13.783	14.653	15.519	16.382
5	4.5	4.050	4.947	5.839	6.728	7.616	8.502	9.386	10.268	11.146	12.022	12.895	13.765	14.631	15.494	16.353	17.207
6	5.5	4.800	5.695	6.583	7.469	8.353	9.234	10.113	10.989	11.862	12.732	13.598	14.461	15.320	16.174	17.025	17.871
7	6.5	5.400	6.292	7.176	8.058	8.936	9.812	10.685	11.555	12.421	13.284	14.143	14.997	15.848	16.694	17.535	18.372
8	7.5	5.980	6.869	7.747	8.623	9.496	10.366	11.232	12.095	12.954	13.808	14.659	15.505	16.346	17.183	18.015	18.841
9	8.5	6.535	7.419	8.292	9.162	10.028	10.891	11.749	12.604	13.454	14.300	15.142	15.978	16.810	17.637	18.458	19.274
10	9.5	7.085	7.963	8.830	9.692	10.551	11.406	12.256	13.102	13.944	14.780	15.612	16.439	17.260	18.076	18.887	19.692
11	10.5	7.635	8.507	9.366	10.220	11.071	11.917	12.758	13.595	14.427	15.253	16.075	16.891	17.702	18.507	19.306	20.100
12	11.5	8.185	9.049	9.900	10.746	11.587	12.424	13.256	14.082	14.904	15.720	16.531	17.336	18.135	18.929	19.717	20.499
13	12.5	8.735	9.591	10.433	11.269	12.101	12.928	13.749	14.565	15.376	16.181	16.981	17.774	18.562	19.344	20.120	20.890
14	13.5	9.285	10.132	10.964	11.791	12.612	13.428	14.239	15.044	15.844	16.637	17.425	18.207	18.983	19.753	20.517	21.275
15	14.5	9.860	10.698	11.519	12.335	13.146	13.951	14.751	15.544	16.332	17.114	17.890	18.660	19.424	20.182	20.934	21.680
16	15.5	10.485	11.313	12.123	12.928	13.728	14.522	15.309	16.091	16.867	17.638	18.402	19.159	19.911	20.657	21.396	22.130
17	16.5	11.135	11.952	12.751	13.545	14.333	15.115	15.891	16.661	17.425	18.183	18.935	19.680	20.420	21.153	21.880	22.602
18	17.5	11.795	12.601	13.388	14.170	14.947	15.717	16.481	17.239	17.990	18.736	19.476	20.209	20.936	21.657	22.372	23.081

Tabel 11.4 Perubahan Tegangan STA 150+650 H Kritis = 2.5m

No	U	100%	100%	100%	100%	100%	
	Htimb (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5
	z (m)	σ_0 (t/m ²)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	σ_3 (t/m ²)	σ_4 (t/m ²)	σ_5 (t/m ³)
1	0.5	1.450	2.350	3.248	4.145	5.042	5.936
2	1.5	2.350	3.250	4.146	5.041	5.934	6.826
3	2.5	3.250	4.149	5.042	5.934	6.824	7.711
4	3.5	4.150	5.047	5.937	6.824	7.709	8.591
5	4.5	5.050	5.945	6.829	7.711	8.590	9.465
6	5.5	5.800	6.691	7.569	8.444	9.316	10.183
7	6.5	6.417	7.302	8.173	9.040	9.902	10.760
8	7.5	7.048	7.926	8.788	9.646	10.498	11.345

Tabel 11.5 Perubahan Tegangan STA 150+650 H Final = 5.5m

No	U	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Htimb (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
	z (m)	σ_0 (t/m ²)	σ_1 (t/m ²)	σ_2 (t/m ²)	σ_3 (t/m ²)	σ_4 (t/m ²)	σ_5 (t/m ²)	σ_6 (t/m ²)	σ_7 (t/m ²)	σ_8 (t/m ²)	σ_9 (t/m ²)	σ_{10} (t/m ²)	σ_{11} (t/m ²)
1	0.5	1.450	2.350	3.249	4.147	5.044	5.940	6.835	7.729	8.622	9.513	10.402	11.290
2	1.5	2.350	3.250	4.147	5.043	5.939	6.833	7.725	8.616	9.506	10.393	11.278	12.161
3	2.5	3.250	4.149	5.045	5.939	6.831	7.722	8.612	9.499	10.384	11.267	12.147	13.024
4	3.5	4.150	5.048	5.941	6.832	7.721	8.609	9.494	10.376	11.256	12.133	13.007	13.877
5	4.5	5.050	5.947	6.836	7.723	8.608	9.491	10.371	11.248	12.121	12.992	13.858	14.721
6	5.5	5.800	6.694	7.579	8.462	9.342	10.218	11.092	11.962	12.829	13.691	14.550	15.404
7	6.5	6.417	7.307	8.187	9.064	9.937	10.807	11.674	12.537	13.395	14.249	15.098	15.942
8	7.5	7.048	7.933	8.807	9.677	10.544	11.406	12.265	13.119	13.968	14.812	15.651	16.485

Tabel 11.6 Perubahan Tegangan STA 150+650 H Inisial = 8.5m

	U	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	Htimb (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
No	z (m)	σ ₀ (t/m ²)	σ ₁ (t/m ²)	σ ₂ (t/m ²)	σ ₃ (t/m ²)	σ ₄ (t/m ²)	σ ₅ (t/m ²)	σ ₆ (t/m ²)	σ ₇ (t/m ²)	σ ₈ (t/m ²)	σ ₉ (t/m ²)	σ ₁₀ (t/m ²)	σ ₁₁ (t/m ²)	σ ₁₂ (t/m ²)	σ ₁₃ (t/m ²)	σ ₁₄ (t/m ²)	σ ₁₅ (t/m ²)	σ ₁₆ (t/m ²)	σ ₁₇ (t/m ²)
1	0.5	0.450	1.350	2.249	3.147	4.045	4.942	5.839	6.734	7.629	8.522	9.415	10.308	11.194	12.082	12.967	13.850	14.731	15.609
2	1.5	1.350	2.250	3.148	4.045	4.941	5.837	6.731	7.625	8.517	9.408	10.297	11.184	12.069	12.953	13.833	14.712	15.587	16.466
3	2.5	2.250	3.150	4.046	4.942	5.836	6.729	7.622	8.512	9.401	10.288	11.174	12.057	12.938	13.816	14.692	15.565	16.434	17.300
4	3.5	3.150	4.049	4.943	5.837	6.729	7.620	8.509	9.396	10.281	11.165	12.045	12.924	13.799	14.672	15.541	16.408	17.270	18.129
5	4.5	4.050	4.948	5.840	6.730	7.620	8.507	9.392	10.275	11.156	12.035	12.910	13.783	14.652	15.518	16.381	17.240	18.095	18.946
6	5.5	4.800	5.696	6.585	7.472	8.358	9.241	10.122	11.000	11.875	12.748	13.618	14.484	15.346	16.205	17.060	17.911	18.758	19.601
7	6.5	5.417	6.310	7.195	8.078	8.959	9.837	10.713	11.586	12.455	13.321	14.184	15.043	15.898	16.749	17.595	18.438	19.276	20.109
8	7.5	6.048	6.938	7.819	8.697	9.573	10.445	11.315	12.181	13.044	13.902	14.758	15.609	16.455	17.298	18.136	18.969	19.797	20.620

Tabel 11.7 Perubahan Tegangan STA 151+450 H Final = 4.5m

	U	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Htimb (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
No	z (m)	σ ₀ (t/m ²)	σ ₁ (t/m ²)	σ ₂ (t/m ²)	σ ₃ (t/m ²)	σ ₄ (t/m ²)	σ ₅ (t/m ²)	σ ₆ (t/m ²)	σ ₇ (t/m ²)	σ ₈ (t/m ²)	σ ₉ (t/m ²)	σ ₁₀ (t/m ²)	σ ₁₁ (t/m ²)
1	0.5	0.450	1.350	2.249	3.146	4.043	4.939	5.834	6.727	7.619	8.509	9.396	10.281
2	1.5	1.350	2.250	3.147	4.043	4.937	5.831	6.722	7.612	8.500	9.386	10.270	11.154
3	2.5	2.250	3.149	4.044	4.937	5.829	6.719	7.607	8.493	9.376	10.257	11.140	12.022
4	3.5	3.150	4.048	4.940	5.830	6.718	7.604	8.487	9.368	10.245	11.119	12.000	12.880
5	4.5	4.050	4.946	5.834	6.720	7.603	8.484	9.361	10.235	11.106	11.973	12.844	13.720
6	5.5	4.775	5.668	6.551	7.432	8.309	9.183	10.054	10.921	11.783	12.641	13.495	14.346
7	6.5	5.325	6.214	7.091	7.965	8.836	9.703	10.565	11.423	12.277	13.125	13.969	14.810
8	7.5	5.875	6.758	7.629	8.496	9.358	10.216	11.069	11.918	12.761	13.599	14.437	15.271
9	8.5	6.430	7.307	8.169	9.027	9.881	10.729	11.572	12.410	13.243	14.069	14.896	15.718
10	9.5	7.000	7.869	8.722	9.571	10.414	11.252	12.084	12.911	13.731	14.546	15.357	16.164
11	10.5	7.357	8.217	9.060	9.898	10.730	11.557	12.377	13.192	14.000	14.801	15.598	16.391
12	11.5	7.488	8.338	9.170	9.997	10.818	11.632	12.440	13.242	14.037	14.825	15.610	16.393
13	12.5	7.653	8.492	9.313	10.127	10.935	11.737	12.532	13.321	14.102	14.877	15.652	16.425

Tabel 11.8 Perubahan Tegangan STA 151+450 H Final = 4.5m

	U	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Htimb (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
No	z (m)	σ ₀ (t/m ²)	σ ₁ (t/m ²)	σ ₂ (t/m ²)	σ ₃ (t/m ²)	σ ₄ (t/m ²)	σ ₅ (t/m ²)	σ ₆ (t/m ²)	σ ₇ (t/m ²)	σ ₈ (t/m ²)	σ ₉ (t/m ²)	σ ₁₀ (t/m ²)	σ ₁₁ (t/m ²)
1	0.5	0.450	1.350	2.249	3.146	4.043	4.939	5.834	6.727	7.619	8.509	9.396	10.281
2	1.5	1.350	2.250	3.147	4.043	4.937	5.831	6.722	7.612	8.500	9.386	10.270	11.154
3	2.5	2.250	3.149	4.044	4.937	5.829	6.719	7.607	8.493	9.376	10.257	11.140	12.022
4	3.5	3.150	4.048	4.940	5.830	6.718	7.604	8.487	9.368	10.245	11.119	12.000	12.880
5	4.5	4.050	4.946	5.834	6.720	7.603	8.484	9.361	10.235	11.106	11.973	12.844	13.720
6	5.5	4.775	5.668	6.551	7.432	8.309	9.183	10.054	10.921	11.783	12.641	13.495	14.346
7	6.5	5.325	6.214	7.091	7.965	8.836	9.703	10.565	11.423	12.277	13.125	13.969	14.810
8	7.5	5.875	6.758	7.629	8.496	9.358	10.216	11.069	11.918	12.761	13.599	14.437	15.271
9	8.5	6.430	7.307	8.169	9.027	9.881	10.729	11.572	12.410	13.243	14.069	14.896	15.718
10	9.5	7.000	7.869	8.722	9.571	10.414	11.252	12.084	12.911	13.731	14.546	15.357	16.164
11	10.5	7.357	8.217	9.060	9.898	10.730	11.557	12.377	13.192	14.000	14.801	15.598	16.391
12	11.5	7.488	8.338	9.170	9.997	10.818	11.632	12.440	13.242	14.037	14.825	15.610	16.393
13	12.5	7.653	8.492	9.313	10.127	10.935	11.737	12.532	13.321	14.102	14.877	15.652	16.425

Tabel 11.9 Perubahan Tegangan STA 151+450 H Final = 7.5m

U		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Htimb (m)		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	
No	z (m)	σ0 (t/m2)	σ1 (t/m2)	σ2 (t/m2)	σ3 (t/m2)	σ4 (t/m2)	σ5 (t/m2)	σ6 (t/m2)	σ7 (t/m2)	σ8 (t/m2)	σ9 (t/m2)	σ10 (t/m2)	σ11 (t/m2)	σ12 (t/m2)	σ13 (t/m2)	σ14 (t/m2)	σ15 (t/m2)	
1	0.5	0.450	1.350	2.249	3.147	4.045	4.942	5.838	6.733	7.627	8.520	9.411	10.301	11.189	12.075	12.958	13.840	
2	1.5	1.350	2.250	3.148	4.044	4.941	5.836	6.730	7.622	8.514	9.403	10.291	11.177	12.061	12.943	13.821	14.697	
3	2.5	2.250	3.150	4.046	4.941	5.835	6.727	7.619	8.509	9.396	10.282	11.166	12.048	12.926	13.802	14.675	15.545	
4	3.5	3.150	4.049	4.943	5.835	6.727	7.617	8.505	9.390	10.274	11.156	12.034	12.910	13.783	14.653	15.519	16.382	
5	4.5	4.050	4.947	5.839	6.728	7.616	8.502	9.386	10.268	11.146	12.022	12.895	13.765	14.631	15.494	16.353	17.207	
6	5.5	4.775	5.670	6.558	7.444	8.328	9.209	10.088	10.964	11.837	12.707	13.573	14.436	15.295	16.149	17.000	17.846	
7	6.5	5.325	6.217	7.101	7.983	8.861	9.737	10.610	11.480	12.346	13.209	14.068	14.922	15.773	16.619	17.460	18.297	
8	7.5	5.875	6.764	7.642	8.518	9.391	10.261	11.127	11.990	12.849	13.703	14.554	15.400	16.241	17.078	17.910	18.736	
9	8.5	6.430	7.314	8.187	9.057	9.923	10.786	11.644	12.499	13.349	14.195	15.037	15.873	16.705	17.532	18.353	19.169	
10	9.5	7.000	7.878	8.745	9.607	10.466	11.321	12.171	13.017	13.859	14.695	15.527	16.354	17.175	17.991	18.802	19.607	
11	10.5	7.357	8.228	9.087	9.942	10.792	11.638	12.480	13.316	14.148	14.975	15.796	16.612	17.423	18.228	19.028	19.821	
12	11.5	7.488	8.352	9.203	10.049	10.890	11.727	12.559	13.385	14.207	15.023	15.834	16.639	17.438	18.232	19.020	19.802	
13	12.5	7.653	8.509	9.351	10.187	11.019	11.846	12.667	13.483	14.294	15.099	15.899	16.692	17.480	18.262	19.038	19.808	

Tabel 11.10 Perubahan Tegangan STA 152+000 H Kritis = 5.5m

U		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Htimb (m)		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5		
No	z (m)	σ0 (t/m2)	σ1 (t/m2)	σ2 (t/m2)	σ3 (t/m2)	σ4 (t/m2)	σ5 (t/m2)	σ6 (t/m2)	σ7 (t/m2)	σ8 (t/m2)	σ9 (t/m2)	σ10 (t/m2)	σ11 (t/m2)		
1	0.5	0.450	1.350	2.249	3.147	4.044	4.940	5.835	6.729	7.622	8.513	9.402	10.290		
2	1.5	1.350	2.250	3.147	4.043	4.939	5.833	6.725	7.616	8.506	9.393	10.278	11.161		
3	2.5	2.250	3.149	4.045	4.939	5.831	6.722	7.612	8.499	9.384	10.267	11.147	12.024		
4	3.5	3.150	4.048	4.941	5.832	6.721	7.609	8.494	9.376	10.256	11.133	12.007	12.877		
5	4.5	4.050	4.947	5.836	6.723	7.608	8.491	9.371	10.248	11.121	11.992	12.858	13.721		
6	5.5	4.800	5.694	6.579	7.462	8.342	9.218	10.092	10.962	11.829	12.691	13.550	14.404		
7	6.5	5.400	6.290	7.170	8.047	8.921	9.791	10.657	11.520	12.378	13.232	14.081	14.926		
8	7.5	6.005	6.890	7.764	8.634	9.501	10.363	11.222	12.076	12.925	13.769	14.608	15.442		
9	8.5	6.640	7.520	8.386	9.249	10.107	10.961	11.810	12.654	13.493	14.327	15.156	15.979		

Tabel 11.11 Perubahan Tegangan STA 152+000 H Final = 6m

U		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Htimb (m)		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	
No	z (m)	σ0 (t/m2)	σ1 (t/m2)	σ2 (t/m2)	σ3 (t/m2)	σ4 (t/m2)	σ5 (t/m2)	σ6 (t/m2)	σ7 (t/m2)	σ8 (t/m2)	σ9 (t/m2)	σ10 (t/m2)	σ11 (t/m2)	σ12 (t/m2)	
1	0.5	0.450	1.350	2.249	3.147	4.044	4.941	5.836	6.730	7.623	8.515	9.405	10.293	11.179	
2	1.5	1.350	2.250	3.147	4.044	4.939	5.833	6.726	7.618	8.508	9.396	10.282	11.165	12.046	
3	2.5	2.250	3.149	4.045	4.939	5.832	6.724	7.614	8.502	9.388	10.271	11.152	12.030	12.905	
4	3.5	3.150	4.048	4.941	5.833	6.723	7.611	8.497	9.380	10.261	11.140	12.015	12.887	13.755	
5	4.5	4.050	4.947	5.837	6.725	7.611	8.494	9.375	10.253	11.128	12.000	12.869	13.733	14.594	
6	5.5	4.800	5.694	6.580	7.464	8.345	9.223	10.098	10.970	11.838	12.703	13.563	14.420	15.271	
7	6.5	5.400	6.291	7.172	8.050	8.925	9.797	10.665	11.530	12.390	13.247	14.098	14.946	15.788	
8	7.5	6.005	6.891	7.766	8.638	9.507	10.371	11.232	12.088	12.940	13.787	14.629	15.466	16.298	
9	8.5	6.640	7.521	8.389	9.254	10.114	10.970	11.822	12.669	13.512	14.349	15.181	16.008	16.829	

Tabel 11.12 Perubahan Tegangan STA 152+000 H Final = 8.5m

U		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
Htimb (m)		0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5
No	z (m)	σ0 (t/m2)	σ1 (t/m2)	σ2 (t/m2)	σ3 (t/m2)	σ4 (t/m2)	σ5 (t/m2)	σ6 (t/m2)	σ7 (t/m2)	σ8 (t/m2)	σ9 (t/m2)	σ10 (t/m2)	σ11 (t/m2)	σ12 (t/m2)	σ13 (t/m2)	σ14 (t/m2)	σ15 (t/m2)	σ16 (t/m2)	σ17 (t/m2)
1	0.5	0.450	1.350	2.249	3.147	4.045	4.942	5.839	6.734	7.629	8.522	9.413	10.303	11.194	12.082	12.967	13.850	14.731	15.609
2	1.5	1.350	2.250	3.148	4.045	4.941	5.837	6.731	7.623	8.517	9.408	10.297	11.184	12.069	12.953	13.833	14.712	15.587	16.460
3	2.5	2.250	3.150	4.046	4.942	5.836	6.729	7.622	8.512	9.401	10.289	11.174	12.057	12.938	13.816	14.692	15.565	16.434	17.300
4	3.5	3.150	4.049	4.943	5.837	6.729	7.620	8.509	9.396	10.281	11.165	12.045	12.924	13.799	14.672	15.541	16.408	17.270	18.129
5	4.5	4.050	4.948	5.840	6.730	7.620	8.507	9.392	10.275	11.158	12.035	12.910	13.783	14.652	15.518	16.381	17.240	18.095	18.946
6	5.5	4.800	5.696	6.585	7.472	8.358	9.241	10.122	11.000	11.875	12.748	13.618	14.484	15.346	16.205	17.060	17.911	18.758	19.601
7	6.5	5.400	6.293	7.179	8.062	8.943	9.821	10.696	11.569	12.439	13.305	14.167	15.026	15.881	16.732	17.579	18.422	19.259	20.093
8	7.5	6.005	6.895	7.778	8.654	9.530	10.402	11.272	12.138	13.001	13.859	14.715	15.566	16.412	17.255	18.093	18.926	19.754	20.577
9	8.5	6.640	7.526	8.401	9.274	10.143	11.010	11.872	12.731	13.586	14.437	15.284	16.126	16.964	17.797	18.626	19.449	20.267	21.081

LAMPIRAN 12

Nilai CU Baru

Tabel 12.1 Cu Baru STA 149+200 H Kritis = 2m

Kedalaman(m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu Baru	
1	0	0	8.247	1.90
2	0	0	9.957	1.90
3	0	0	11.667	1.90
4	0	0	13.377	1.90
5	0	0	15.086	1.90
6	54	0.1910625	19.106	1.60
7	54	0.1910625	19.106	1.60
8	54	0.1910625	19.106	1.56
9	54	0.1910625	19.106	1.55
10	54	0.1910625	19.106	1.55
11	0	0.0636875	21.893	1.55
12	0	0.0636875	22.937	1.55
13	0	0.0636875	23.981	1.55
14	0	0.0636875	25.025	1.55
15	0	0.0636875	26.117	1.60
16	32.33	0.25475	25.475	1.65
17	32.33	0.25475	25.475	1.65
18	32.33	0.25475	25.475	1.67

Tabel 12.2 Cu Baru STA 149+200 H Final = 4.5m

Kedalaman (m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu Baru
1	0	0	8.305
2	0	0	10.016
3	0	0	11.725
4	0	0	13.435
5	0	0	15.144
6	54	0.1910625	19.106
7	54	0.1910625	19.106
8	54	0.1910625	19.106
9	54	0.1910625	19.106
10	54	0.1910625	19.106
11	0	0.0636875	21.948
12	0	0.0636875	22.991
13	0	0.0636875	24.035
14	0	0.0636875	25.078
15	0	0.0636875	26.169
16	32.33	0.25475	25.475
17	32.33	0.25475	25.475
18	32.33	0.25475	25.475

Tabel 12.3 Cu Baru STA 149+200 H Initial = 7.5m

Kedalaman (m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu Baru
1	0	0	0.084
2	0	0	0.101
3	0	0	0.118
4	0	0	0.135
5	0	0	0.152
6	54	0.1910625	0.191
7	54	0.1910625	0.191
8	54	0.1910625	0.191
9	54	0.1910625	0.191
10	54	0.1910625	0.191
11	0	0.0636875	0.220
12	0	0.0636875	0.231
13	0	0.0636875	0.241
14	0	0.0636875	0.252
15	0	0.0636875	0.263
16	32.33	0.25475	0.255
17	32.33	0.25475	0.255
18	32.33	0.25475	0.255

Tabel 12.4 Cu Baru STA 150+650 H Kritis = 2.5m

Kedalaman (m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu baru
1	0	0	10.135
2	0	0	11.845
3	0	0	13.554
4	0	0	15.263
5	0	0	16.972
6	60.75	0.12738	12.753
7	60.75	0.12738	13.324
8	60.75	0.12738	13.909

Tabel 12.5 Cu Baru STA 150+650 H Final = 4.5m

Kedalaman(m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu Baru
1	0	0	10.162
2	0	0	11.871
3	0	0	13.580
4	0	0	15.290
5	0	0	16.999
6	60.75	0.12738	12.765
7	60.75	0.12738	13.337
8	60.75	0.12738	13.922

Tabel 12.6 Cu Baru STA 150+650 H Inisial = 8.5m

Kedalaman(m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu Baru
1	0	0	0.083
2	0	0	0.100
3	0	0	0.117
4	0	0	0.134
5	0	0	0.151
6	60.75	0.12738	0.127
7	60.75	0.12738	0.127
8	60.75	0.12738	0.130

Tabel 12.7 Cu Baru STA 151+450 H Final = 4.5m

Kedalaman (m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu baru
1	0	0	8.303
2	0	0	10.014
3	0	0	11.724
4	0	0	13.434
5	0	0	15.143
6	57.58	0.06369	12.081
7	57.58	0.06369	12.618
8	57.58	0.06369	13.156
9	57.58	0.06369	13.698
10	57.58	0.06369	14.255
11	0	0.19106	21.418
12	0	0.19106	21.667
13	0	0.19106	21.979

Tabel 12.8 Cu Baru STA 151+450 H Final = 7.5m

Kedalaman (m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu baru
1	0	0	8.383
2	0	0	10.099
3	0	0	11.810
4	0	0	13.520
5	0	0	15.230
6	57.58	0.06369	12.125
7	57.58	0.06369	12.663
8	57.58	0.06369	13.200
9	57.58	0.06369	13.742
10	57.58	0.06369	14.299
11	0	0.19106	21.503
12	0	0.19106	21.751
13	0	0.19106	22.062

Tabel 12.9 Cu Baru STA 152+000 H Kritis = 5.5m

Kedalaman (m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu baru
1	0	0	8.345
2	0	0	10.057
3	0	0	11.767
4	0	0	13.477
5	0	0	15.186
6	46.32	0.25475	25.475
7	46.32	0.25475	25.475
8	46.32	0.25475	25.475
9	46.32	0.25475	25.475

Tabel 12.10 Cu Baru STA 152+000 H Final = 6m

Kedalaman(m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cu Baru
1	0	0	8.360
2	0	0	10.073
3	0	0	11.783
4	0	0	13.492
5	0	0	15.201
6	46.32	0.25475	25.475
7	46.32	0.25475	25.475
8	46.32	0.25475	25.475
9	46.32	0.25475	25.475

Tabel 12.11 Cu Baru STA 152+000 H Inisial = 8.5m

Kedalaman(m)	PI	Cu lama (kg/cm ²)	Cubaru
1	0	0	0.084
2	0	0	0.101
3	0	0	0.118
4	0	0	0.136
5	0	0	0.153
6	46.32	0.25475	0.255
7	46.32	0.25475	0.255
8	46.32	0.25475	0.255
9	46.32	0.25475	0.255

LAMPIRAN 13

Pemampatan akibat timbunan bertahap

Tabel 13.1 Pemampatan Gambut STA 149+200

	0	1	2	3	4	5	6	7
SC	0	0.885653272	0.886823679	0.887084016	0.887344283	0.887604478	0.887864604	0.888124658
	Minggu 8	Minggu 9	Minggu 10	Minggu 11	Minggu 12	Minggu 13	Minggu 14	Minggu 15
	8	9	10	11	12	13	14	15
SC	0.888384643	0.888644557	0.8889044	0.889164173	0.889423876	0.889683508	0.88994307	0.890758378

Tabel 13.2 Grafik Pemampatan Gambut STA 149+200



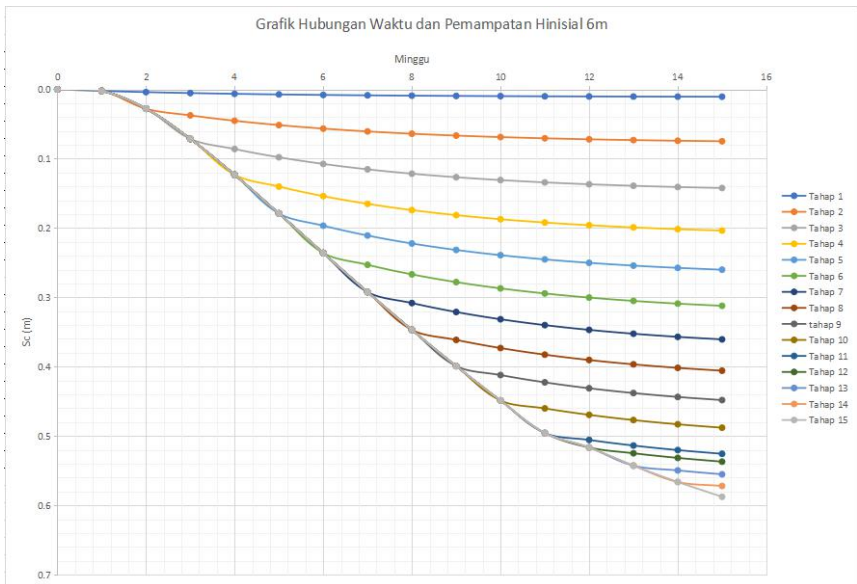
Tabel 13.3 Pemampatan Timbunan Bertahap STA 149+200

Kedalaman (m)	z (m)	H (m)	Sc1 (m)	Sc2 (m)	Sc3 (m)	Sc4 (m)	Sc5 (m)	Sc6 (m)	Sc7 (m)	Sc8 (m)	Sc9 (m)	Sc10 (m)	Sc11 (m)	Sc12 (m)	Sc13 (m)	Sc14 (m)	Sc15 (m)	Total (m)	
1	0.5	1																	
2	1.5	1																	
3	2.5	1																	
4	3.5	1																	
5	4.5	1																	
6	5.5	1	0.002	0.010	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.002	0.080	
7	6.5	1	0.001	0.009	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.074	
8	7.5	1	0.001	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.066	
9	8.5	2	0.001	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.062	
10	9.5	3	0.001	0.006	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.057	
11	10.5	4	0.001	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.039	
12	11.5	5	0.001	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.037	
13	12.5	6	0.001	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.035	
14	13.5	7	0.001	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.033	
15	14.5	8	0.001	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.034	
16	15.5	9	0.001	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.034	
17	16.5	10	0.001	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.032	
18	17.5	11	0.001	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.000	0.001	0.001	0.001	0.031	
			SC Total	0.011	0.067	0.070	0.064	0.059	0.054	0.051	0.047	0.044	0.042	0.039	0.012	0.019	0.018	0.016	0.613

Tabel 13.4 Hasil Pemampatan Timbunan Bertahap per Minggu STA 149+200

Tahap	Umur (minggu)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	Sc total (m)	U	20.28%	35.70%	48.03%	57.96%	65.96%	72.43%	77.67%	81.90%	85.33%	88.11%	90.36%	92.18%	93.66%	94.85%	95.83%	
	Sc Kumulatif	0	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	
1	0.011	0	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	
2	0.067	0.078	0	0.002	0.028	0.038	0.045	0.052	0.057	0.061	0.064	0.067	0.069	0.071	0.072	0.073	0.074	0.075
3	0.070	0.148	0	0.002	0.028	0.038	0.045	0.052	0.057	0.061	0.064	0.067	0.069	0.071	0.072	0.073	0.074	0.075
4	0.064	0.213	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.140	0.154	0.165	0.174	0.181	0.187	0.192	0.196	0.199	0.202	0.204
5	0.059	0.271	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.253	0.267	0.278	0.287	0.294	0.300	0.305	0.309	0.312
6	0.054	0.326	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.308	0.321	0.332	0.340	0.347	0.352	0.357	0.361
7	0.051	0.376	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.308	0.321	0.332	0.340	0.347	0.352	0.357	0.361
8	0.047	0.424	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.347	0.395	0.412	0.423	0.431	0.438	0.444	0.448
9	0.044	0.468	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.347	0.395	0.412	0.423	0.431	0.438	0.444	0.448
10	0.042	0.509	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.347	0.395	0.449	0.460	0.469	0.477	0.483	0.488
11	0.039	0.549	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.347	0.395	0.449	0.496	0.506	0.514	0.520	0.526
12	0.012	0.560	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.347	0.399	0.449	0.496	0.517	0.525	0.532	0.537
13	0.019	0.579	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.347	0.399	0.449	0.496	0.517	0.543	0.550	0.555
14	0.018	0.597	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.347	0.399	0.449	0.496	0.517	0.543	0.566	0.572
15	0.016	0.613	0	0.002	0.028	0.071	0.123	0.179	0.236	0.292	0.347	0.399	0.449	0.496	0.517	0.543	0.566	0.588

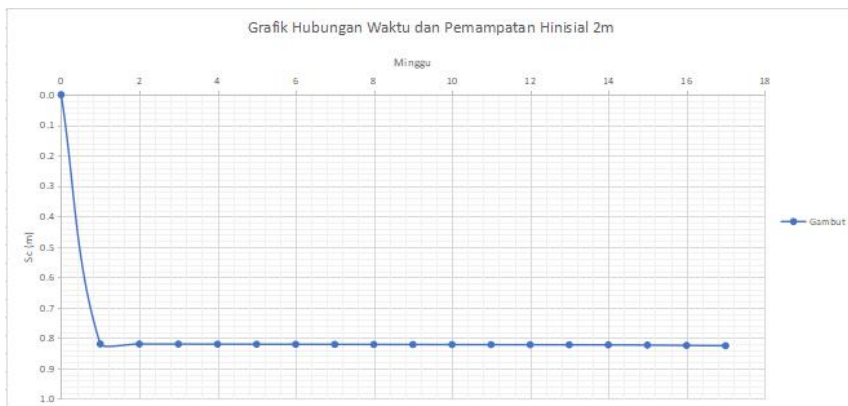
Tabel 13.5 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap STA 149+200



Tabel 13.6 Pemampatan Gambut STA 150+650

	Minggu 0	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7	Minggu 8
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
SC tahap 1	0	0.819762442	0.819998573	0.82023464	0.820470642	0.820706581	0.820942456	0.821178267	0.821414014
	Minggu 9	Minggu 10	Minggu 11	Minggu 12	Minggu 13	Minggu 14	Minggu 15	Minggu 16	Minggu 17
SC tahap 1	0.821649697	0.821885317	0.822120872	0.822356364	0.822591792	0.822827156	0.823566457	0.82457358	0.825719157

Tabel 13.7 Grafik Pemampatan Gambut STA 150+650



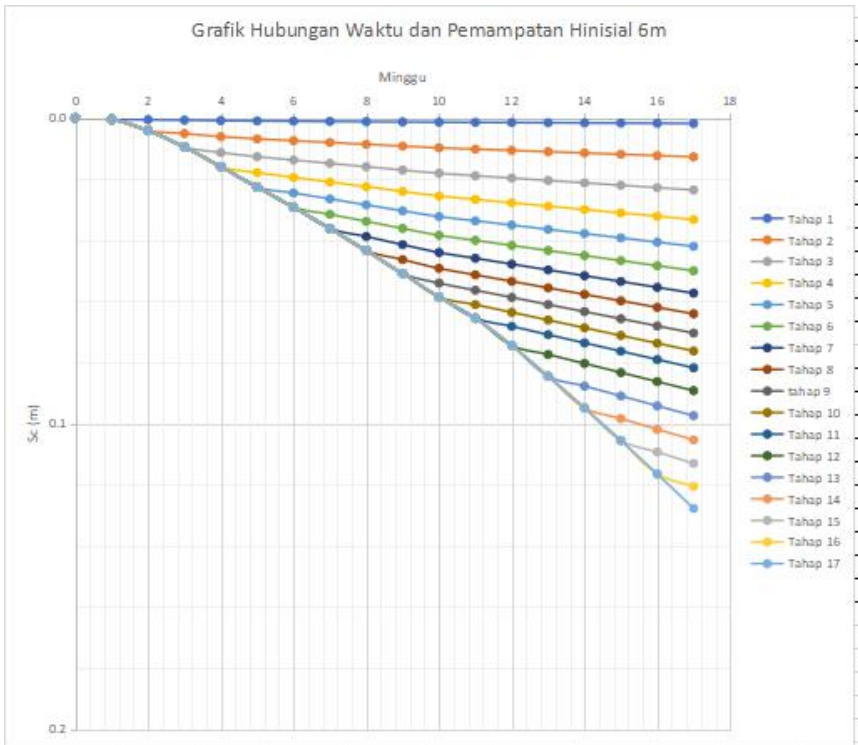
Tabel 13.8 Pemampatan Timbunan Bertahap STA 150+650

Kedalaman(m)	z (m)	H (m)	Sc1 (m)	Sc2 (m)	Sc3 (m)	Sc4 (m)	Sc5 (m)	Sc6 (m)	Sc7 (m)	Sc8 (m)	Sc9 (m)	Sc10 (m)	Sc11 (m)	Sc12 (m)	Sc13 (m)	Sc14 (m)	Sc15 (m)	Sc16 (m)	Sc17 (m)	Total
1	0.5	1																		
2	1.5	1																		
3	2.5	1																		
4	3.5	1																		
5	4.5	1																		
6	5.5	1	0.002	0.010	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.084
7	6.5	1	0.002	0.009	0.009	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.082
8	7.5	1	0.001	0.009	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.076
	SC Total		0.005	0.028	0.028	0.025	0.022	0.020	0.019	0.017	0.016	0.015	0.014	0.019	0.021	0.020	0.020	0.019	0.018	0.325

Tabel 13.9 Hasil Pemampatan Timbunan Bertahap per Minggu STA 150+650

Tahap	Umur(minggu)		U	%																	
	Sc total (m)	Sc kumulatif		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0.005	0.005	0	0.0005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
2	0.028	0.032	0	0.0005	0.004	0.005	0.006	0.007	0.007	0.008	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.011	0.011	0.011	0.012	0.012	0.013
3	0.028	0.080	0	0.0005	0.004	0.009	0.011	0.013	0.014	0.015	0.016	0.017	0.018	0.019	0.020	0.020	0.021	0.021	0.022	0.023	0.024
4	0.025	0.085	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.018	0.019	0.021	0.023	0.024	0.026	0.027	0.028	0.029	0.030	0.031	0.032	0.033	0.033
5	0.021	0.107	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.025	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034	0.035	0.036	0.038	0.039	0.041	0.042	0.042
6	0.020	0.127	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.032	0.034	0.036	0.038	0.040	0.042	0.043	0.045	0.047	0.048	0.050	0.050
7	0.019	0.146	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.039	0.041	0.044	0.046	0.048	0.050	0.052	0.054	0.055	0.057	0.057
8	0.017	0.165	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.046	0.049	0.051	0.053	0.056	0.058	0.060	0.062	0.064	0.064
9	0.016	0.179	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.054	0.056	0.059	0.061	0.063	0.065	0.066	0.068	0.070
10	0.015	0.194	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.059	0.061	0.064	0.066	0.069	0.071	0.074	0.076	0.078
11	0.014	0.208	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.059	0.065	0.068	0.071	0.074	0.076	0.079	0.082	0.082
12	0.019	0.227	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.059	0.065	0.074	0.077	0.080	0.083	0.086	0.089	0.089
13	0.021	0.244	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.059	0.065	0.074	0.085	0.088	0.091	0.094	0.097	0.097
14	0.020	0.268	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.059	0.065	0.074	0.085	0.095	0.098	0.102	0.105	0.105
15	0.020	0.288	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.059	0.065	0.074	0.085	0.095	0.106	0.109	0.113	0.113
16	0.019	0.307	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.059	0.065	0.074	0.085	0.095	0.106	0.117	0.121	0.121
17	0.019	0.325	0	0.0005	0.004	0.009	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.059	0.065	0.074	0.085	0.095	0.106	0.117	0.125	0.125

Tabel 13.10 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap STA 150+650



Tabel 13.11 Pemampatan Gambut STA 151+450

	Minggu 0	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7
	0	1	2	3	4	5	6	7
SC	0	0.886563272	0.886823679	0.887084016	0.887344283	0.887604478	0.887864604	0.888124658
	Minggu 8	Minggu 9	Minggu 10	Minggu 11	Minggu 12	Minggu 13	Minggu 14	Minggu 15
	8	9	10	11	12	13	14	15
SC	0.888384643	0.888644557	0.8889044	0.889164173	0.889423876	0.889683508	0.88994307	0.890758378

Tabel 13.2 Grafik Pemampatan Gambut STA 151+450



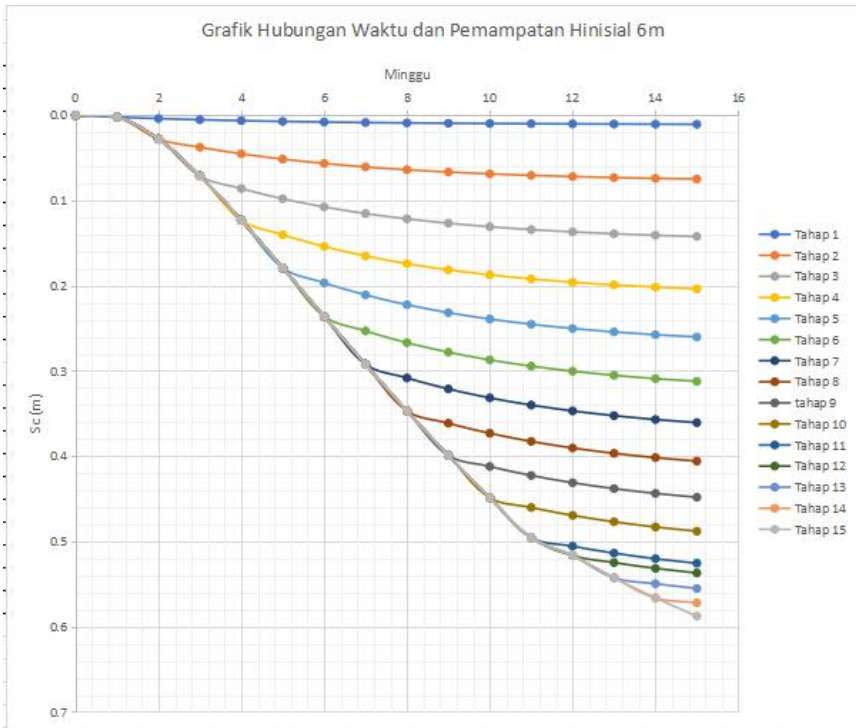
Tabel 13.13 Pemampatan Timbunan Bertahap STA 151+450

Kedalaman (z)	z (m)	H (m)	Sc1 (m)	Sc2 (m)	Sc3 (m)	Sc4 (m)	Sc5 (m)	Sc6 (m)	Sc7 (m)	Sc8 (m)	Sc9 (m)	Sc10 (m)	Sc11 (m)	Sc12 (m)	Sc13 (m)	Sc14 (m)	Sc15 (m)	Total
1	0.5	1																
2	1.5	1																
3	2.5	1																
4	3.5	1																
5	4.5	1																
6	5.5	1	0.001	0.008	0.008	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.064
7	6.5	1	0.001	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.060
8	7.5	1	0.001	0.006	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.056
9	8.5	2	0.001	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.054
10	9.5	3	0.001	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.052
11	10.5	4	0.002	0.013	0.014	0.013	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.001	0.001	0.001	0.001	0.114
12	11.5	5	0.002	0.013	0.014	0.013	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.001	0.001	0.001	0.001	0.112
13	12.5	6	0.002	0.012	0.013	0.012	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.001	0.001	0.001	0.001	0.109
SC Total			0.012	0.072	0.075	0.068	0.062	0.057	0.053	0.049	0.046	0.043	0.041	0.009	0.013	0.012	0.011	0.621

Tabel 13.14 Hasil Pemampatan Timbunan Bertahap per Minggu STA 151+450

Tahap	Umur (minggu)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Sc total (m)	Sc Kumulatif	U	19.17%	33.57%	45.25%	54.82%	62.68%	69.15%	74.49%	78.89%	82.53%	85.54%	88.03%	90.09%	91.79%	93.20%	94.37%
1	0.012	0.012	0	0.002	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009	0.009	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.011	0.011
2	0.072	0.084	0	0.002	0.028	0.038	0.046	0.053	0.058	0.063	0.066	0.069	0.072	0.074	0.076	0.077	0.078	0.079
3	0.075	0.159	0	0.002	0.028	0.073	0.087	0.099	0.110	0.118	0.125	0.131	0.136	0.140	0.143	0.146	0.148	0.150
4	0.068	0.226	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.142	0.156	0.168	0.178	0.187	0.193	0.199	0.204	0.208	0.211	0.213
5	0.062	0.288	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.199	0.215	0.227	0.238	0.246	0.254	0.259	0.264	0.268	0.272
6	0.057	0.345	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.257	0.272	0.285	0.295	0.304	0.311	0.317	0.322	0.326
7	0.053	0.398	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.296	0.314	0.328	0.340	0.350	0.358	0.365	0.371	0.375
8	0.049	0.447	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.296	0.355	0.369	0.382	0.395	0.403	0.410	0.416	0.422
9	0.046	0.493	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.296	0.355	0.407	0.422	0.434	0.444	0.452	0.459	0.465
10	0.043	0.536	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.296	0.353	0.407	0.458	0.472	0.483	0.492	0.499	0.506
11	0.041	0.576	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.296	0.353	0.407	0.458	0.507	0.519	0.529	0.537	0.544
12	0.009	0.585	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.296	0.353	0.407	0.458	0.507	0.527	0.537	0.545	0.552
13	0.013	0.598	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.296	0.353	0.407	0.458	0.507	0.527	0.549	0.558	0.564
14	0.012	0.610	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.296	0.353	0.407	0.458	0.507	0.527	0.549	0.569	0.576
15	0.011	0.621	0	0.002	0.028	0.072	0.124	0.181	0.239	0.296	0.353	0.407	0.458	0.507	0.527	0.549	0.569	0.586

Tabel 13.15 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap STA 151+450



Tabel 13.16 Pemampatan Gambut STA 152+000

	Minggu 0	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7	Minggu 8
SCtahap 1	0	0.819762442	0.819998573	0.82023464	0.820470642	0.820706581	0.820942456	0.821178267	0.821414014
	Minggu 9	Minggu 10	Minggu 11	Minggu 12	Minggu 13	Minggu 14	Minggu 15	Minggu 16	Minggu 17
SCtahap 1	0.821649697	0.821885317	0.822120872	0.822356364	0.822591792	0.822827156	0.823566457	0.82457358	0.825719157

Tabel 13.17 Grafik Pemampatan Gambut STA 152+000



Tabel 13.18 Pemampatan Timbunan Bertahap STA 152+000

kedalaman (m)	z (m)	H (m)	sc1 (m)	sc2 (m)	sc3 (m)	sc4 (m)	sc5 (m)	sc6 (m)	sc7 (m)	sc8 (m)	sc9 (m)	sc10 (m)	sc11 (m)	sc12 (m)	sc13 (m)	sc14 (m)	sc15 (m)	sc16 (m)	sc17 (m)	Total
1	0.5	1																		0.000
2	1.5	1																		0.000
3	2.5	1																		0.000
4	3.5	1																		0.000
5	4.5	1																		0.000
6	5.5	1	0.001	0.008	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.072
7	6.5	1	0.001	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.067
8	7.5	1	0.001	0.007	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.064
9	8.5	1	0.001	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.064
			sc Total	0.005	0.030	0.030	0.027	0.023	0.023	0.021	0.019	0.018	0.017	0.016	0.019	0.022	0.021	0.020	0.020	0.619

Tabel 13.19 Hasil Pemampatan Timbunan Bertahap per Minggu STA 152+000

Tahap	Umur (minggu)	0	Σkumulatif																	
			U	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Σkumulatif (%)	U	21.60%	36.56%	48.39%	57.91%	65.61%	71.87%	76.97%	81.13%	84.53%	87.31%	89.59%	91.45%	92.98%	94.24%	95.27%	96.11%	96.80%	
1	0.005	0.005	0	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
2	0.030	0.035	0	0.001	0.015	0.017	0.020	0.023	0.025	0.027	0.029	0.030	0.031	0.032	0.032	0.033	0.034	0.034	0.034	0.034
3	0.030	0.066	0	0.001	0.013	0.032	0.038	0.043	0.047	0.051	0.053	0.056	0.057	0.059	0.060	0.061	0.062	0.063	0.063	0.064
4	0.027	0.093	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.061	0.067	0.072	0.075	0.079	0.081	0.083	0.085	0.086	0.088	0.089	0.089	0.090
5	0.025	0.118	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.085	0.091	0.095	0.099	0.103	0.105	0.108	0.109	0.111	0.112	0.113	0.114
6	0.023	0.140	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.108	0.114	0.118	0.122	0.126	0.128	0.130	0.132	0.133	0.135	0.136
7	0.021	0.161	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.130	0.136	0.140	0.144	0.147	0.150	0.152	0.153	0.155	0.156
8	0.019	0.180	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.152	0.157	0.161	0.165	0.167	0.170	0.171	0.173	0.174
9	0.019	0.198	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.167	0.173	0.177	0.181	0.184	0.186	0.188	0.190	0.191
10	0.017	0.214	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.167	0.187	0.192	0.196	0.199	0.202	0.204	0.206	0.208
11	0.016	0.230	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.167	0.187	0.206	0.210	0.214	0.217	0.219	0.221	0.223
12	0.019	0.250	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.167	0.187	0.206	0.228	0.232	0.235	0.238	0.240	0.242
13	0.022	0.271	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.167	0.187	0.206	0.228	0.252	0.256	0.258	0.261	0.263
14	0.021	0.292	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.167	0.187	0.206	0.228	0.252	0.275	0.278	0.281	0.283
15	0.020	0.312	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.167	0.187	0.206	0.228	0.252	0.275	0.297	0.300	0.302
16	0.020	0.332	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.167	0.187	0.206	0.228	0.252	0.275	0.297	0.319	0.321
17	0.019	0.351	0	0.001	0.013	0.032	0.054	0.077	0.101	0.124	0.146	0.167	0.187	0.206	0.228	0.252	0.275	0.297	0.319	0.340

Tabel 13.20 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap STA 152+000



LAMPIRAN 14

Jumlah Kebutuhan dan Panjang Geotextile

Tabel 14.1 Kebutuhan Panjang Geotextile STA 149+200

No	Hi	Ti	Sv	ov	τ_1	τ_2	Le	Le (pakai)	Lo	Lo (pakai)	Lr	L total	1/2 L Timb	L total (pakai)	L total (pakai)
	m	m		m	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	m	m	m	m	m	m	m	m
1	4.50	10.98	0.25	81.00	56.77	103.68	0.42	1.00	0.21	1.00	22.09	24.09	45	24.09	48.18
2	4.25	10.73	0.25	76.50	54.17	54.17	0.63	1.00	0.31	1.00	22.53	24.53	44.5	24.53	49.06
3	4.00	10.48	0.25	72.00	51.57	51.57	0.66	1.00	0.33	1.00	22.97	24.97	44	24.97	49.94
4	3.75	10.23	0.25	67.50	48.97	48.97	0.70	1.00	0.35	1.00	23.40	25.40	43.5	25.40	50.80
5	3.50	9.98	0.25	63.00	46.37	46.37	0.74	1.00	0.37	1.00	23.83	25.83	43	25.83	51.66
6	3.25	9.73	0.25	58.50	43.77	43.77	0.78	1.00	0.39	1.00	24.26	26.26	42.5	26.26	52.52
7	3.00	9.48	0.25	54.00	41.18	41.18	0.83	1.00	0.41	1.00	24.69	26.69	42	26.69	53.38
8	2.75	9.23	0.25	49.50	38.58	38.58	0.88	1.00	0.44	1.00	25.11	27.11	41.5	27.11	54.22
9	2.50	8.98	0.25	45.00	35.98	35.98	0.95	1.00	0.47	1.00	25.52	27.52	41	27.52	55.04
10	2.25	8.73	0.25	40.50	33.38	33.38	1.02	1.00	0.51	1.00	25.94	27.96	40.5	27.96	55.92
11	2.00	8.48	0.25	36.00	30.78	30.78	1.11	1.11	0.55	1.00	26.35	28.46	40	28.46	56.91
12	1.75	8.23	0.25	31.50	28.19	28.19	1.21	1.21	0.60	1.00	26.75	28.96	39.5	28.96	57.96
13	1.50	7.98	0.25	27.00	25.59	25.59	1.33	1.33	0.67	1.00	28.35	30.68	39	30.68	59.16
14	1.25	7.73	0.25	22.50	22.99	22.99	1.48	1.48	0.74	1.00	28.74	31.22	38.5	31.22	60.46
15	1.00	7.48	0.25	18.00	20.39	20.39	1.67	1.67	0.84	1.00	29.12	31.79	38	31.79	61.86
16	0.75	7.23	0.25	13.50	17.79	17.79	1.92	1.92	0.96	1.00	29.50	32.42	37.5	32.42	63.36
17	0.50	6.98	0.25	9.00	15.20	15.20	2.24	2.24	1.12	1.12	27.16	30.53	37	30.53	64.96
18	0.25	6.73	0.25	4.50	12.60	12.60	2.71	2.71	1.35	1.35	27.56	31.62	36.5	31.62	66.66
19	0.00	6.48	0.25	0.00	10.00	10.00	3.41	3.41	1.70	1.70	27.95	33.06	36	33.06	68.46
														Total	794.85

Tabel 14.2 Kebuthan Jumlah Geotextile dan Momen Resistance STA 149+200

NO	H	Ti	Jumlah	MR Geotextile	MR Geotextile kum
	(m)	(m)	lapis	(kNm)	(kNm)
1	0	10.98	2	998.549	998.549
2	0.25	10.73	2	975.822	1974.371
3	0.5	10.48	2	953.094	2927.465
4	0.75	10.23	2	930.367	3857.832
5	1	9.98	2	907.640	4765.472
6	1.25	9.73	2	884.913	5650.385
7	1.5	9.48	2	862.185	6512.570
8	1.75	9.23	2	839.458	7352.028
9	2	8.98	2	816.731	8168.759
10	2.25	8.73	2	794.003	8962.762
11	2.5	8.48	2	771.276	9734.038
12	2.75	8.23	1	374.274	10108.313
13	3	7.98	1	362.911	10471.224
14	3.25	7.73	1	351.547	10822.771
15	3.5	7.48	1	340.184	11162.954
16	3.75	7.23	1	328.820	11491.774
17	4	6.98	1	317.456	11809.231
18	4.25	6.73	1	306.093	12115.323
19	4.5	6.48	0	0.000	12115.323
				12115.323	TRUE

Tabel 14.3 Kebuthan Geotextile STA 149+200

Total		lapis		
sv 0.25	7	1 lapis		
sv 0.25	11	2 lapis		
MR Geotextile kum=			ΔMR=	
12115.323	kNm	>	11966.55909	kNm
		OK		

Tabel 14.4 Kebuthan Panjang Geotextile STA 150+650

No	Hi	Ti	Sv	ov	t1	t2	Le	Le (pakai)	Lo	Lo (pakai)	Lr	L total	1/2 L Timb	L total (pakai)	L total (pakai)
	m	m	m	kN/m2	kN/m2	kN/m2	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	5.50	9.25	0.25	99.00	67.16	126.71	0.35	1.00	0.18	1.00	17.78	19.78	45	19.78	39.56
2	5.25	9.00	0.25	94.50	64.56	64.56	0.53	1.00	0.26	1.00	18.25	20.25	44.5	20.25	40.50
3	5.00	8.75	0.25	90.00	61.96	61.96	0.55	1.00	0.28	1.00	18.71	20.71	44	20.71	41.42
4	4.75	8.50	0.25	85.50	59.36	59.36	0.57	1.00	0.29	1.00	19.17	21.17	43.5	21.17	42.34
5	4.50	8.25	0.25	81.00	56.77	56.77	0.60	1.00	0.30	1.00	19.67	21.67	43	21.67	43.34
6	4.25	8.00	0.25	76.50	54.17	54.17	0.63	1.00	0.31	1.00	20.08	22.08	42.5	22.08	44.16
7	4.00	7.75	0.25	72.00	51.57	51.57	0.66	1.00	0.33	1.00	20.53	22.53	42	22.53	45.06
8	3.75	7.50	0.25	67.50	48.97	48.97	0.70	1.00	0.35	1.00	20.98	22.98	41.5	22.98	45.96
9	3.50	7.25	0.25	63.00	46.37	46.37	0.74	1.00	0.37	1.00	21.42	23.42	41	23.42	46.84
10	3.25	7.00	0.25	58.50	43.77	43.77	0.78	1.00	0.39	1.00	21.86	23.86	40.5	23.86	47.72
11	3.00	6.75	0.25	54.00	41.18	41.18	0.83	1.00	0.41	1.00	22.30	24.30	40	24.30	48.60
12	2.75	6.50	0.25	49.50	38.58	38.58	0.88	1.00	0.44	1.00	22.73	24.73	39.5	24.73	49.46
13	2.50	6.25	0.25	45.00	35.98	35.98	0.95	1.00	0.47	1.00	23.16	25.16	39	25.16	50.32
14	2.25	6.00	0.25	40.50	33.38	33.38	1.02	1.02	0.51	1.00	23.59	25.61	38.5	25.61	51.22
15	2.00	5.75	0.25	36.00	30.78	30.78	1.11	1.11	0.55	1.00	24.01	26.12	38	26.12	52.23
16	1.75	5.50	0.25	31.50	28.19	28.19	1.21	1.21	0.60	1.00	24.43	26.64	37.5	26.64	53.28
17	1.50	5.25	0.25	27.00	25.59	25.59	1.33	1.33	0.67	1.00	24.94	27.27	37	27.27	54.54
18	1.25	5.00	0.25	22.50	22.99	22.99	1.48	1.48	0.74	1.00	25.25	27.73	36.5	27.73	55.47
19	1.00	4.75	0.25	18.00	20.39	20.39	1.67	1.67	0.84	1.00	25.56	28.23	36	28.23	56.46
20	0.75	4.50	0.25	13.50	17.79	17.79	1.92	1.92	0.96	1.00	26.07	28.99	35.5	28.99	57.97
21	0.50	4.25	0.25	9.00	15.20	15.20	2.24	2.24	1.12	1.12	26.47	29.84	35	29.84	59.84
22	0.25	4.00	0.25	4.50	12.60	12.60	2.71	2.71	1.35	1.35	26.86	30.92	34.5	30.92	60.92
23	0.00	3.75	0.25	0.00	10.00	10.00	3.41	3.41	1.70	1.70	27.26	32.37	34	32.37	62.00
														Total	1027.22

Tabel 14.5 Kebutuhan Jumlah Geotextile dan Momen Resistance STA 150+650

NO	H	Ti	Jumlah	MR Geotextile	MR Geotextile kum
	(m)	(m)	lapis	(kNm)	(kNm)
1	0	9.25	2	841.001	841.001
2	0.25	9.00	2	818.274	1659.276
3	0.5	8.75	2	795.547	2454.823
4	0.75	8.50	2	772.820	3227.642
5	1	8.25	2	750.092	3977.735
6	1.25	8.00	2	727.365	4705.100
7	1.5	7.75	2	704.638	5409.737
8	1.75	7.50	2	681.911	6091.648
9	2	7.25	2	659.183	6750.831
10	2.25	7.00	2	636.456	7387.287
11	2.5	6.75	2	613.729	8001.016
12	2.75	6.50	2	591.001	8592.017
13	3	6.25	2	568.274	9160.292
14	3.25	6.00	2	545.547	9705.839
15	3.5	5.75	2	522.820	10228.658
16	3.75	5.50	2	500.092	10728.751
17	4	5.25	2	477.365	11206.116
18	4.25	5.00	2	454.638	11660.754
19	4.5	4.75	2	431.911	12092.664
20	4.75	4.50	2	409.183	12501.847
21	5	4.25	1	193.228	12695.075
22	5.25	4.00	1	181.864	12876.940
23	5.5	3.75	0	0.000	12876.940
				12876.940	FALSE

Tabel 14.6 Kebuthan Geotextile STA 150+650

Total		lapis		
sv 0.25	2	1 lapis		
sv 0.25	20	2 lapis		
MR Geotextile kum=			ΔMR=	
12876.940	kNm	>	12885.64727	kNm
		OK		

Tabel 14.7 Kebuthan Panjang Geotextile STA 151+450

No	Hi	Ti	Sv	ov	t1	t2	Le	Le (pakai)	Lo	Lo (pakai)	Lr	L total	1/2 L Timb	L total (pakai)	L total (pakai)
	m	m	m	kN/m2	kN/m2	kN/m2	m	m	m	m	m	m	m	m	m
1	4.50	6.57	0.25	81.00	56.77	103.68	0.42	1.00	0.21	1.00	11.08	13.08	45	13.08	26.16
2	4.25	6.32	0.25	76.50	54.17	54.17	0.63	1.00	0.31	1.00	11.56	13.56	44.5	13.56	27.12
3	4.00	6.07	0.25	72.00	51.57	51.57	0.66	1.00	0.33	1.00	12.04	14.04	44	14.04	28.08
4	3.75	5.82	0.25	67.50	48.97	48.97	0.70	1.00	0.35	1.00	12.52	14.52	43.5	14.52	29.04
5	3.50	5.57	0.25	63.00	46.37	46.37	0.74	1.00	0.37	1.00	12.99	14.99	43	14.99	29.04
6	3.25	5.32	0.25	58.50	43.77	43.77	0.78	1.00	0.39	1.00	13.45	15.45	42.5	15.45	30.00
7	3.00	5.07	0.25	54.00	41.18	41.18	0.83	1.00	0.41	1.00	13.91	15.91	42	15.91	30.00
8	2.75	4.82	0.25	49.50	38.58	38.58	0.88	1.00	0.44	1.00	14.37	16.37	41.5	16.37	30.00
9	2.50	4.57	0.25	45.00	35.98	35.98	0.95	1.00	0.47	1.00	14.81	16.81	41	16.81	30.00
10	2.25	4.32	0.25	40.50	33.38	33.38	1.02	1.02	0.51	1.00	15.26	17.28	40.5	17.28	30.00
11	2.00	4.07	0.25	36.00	30.78	30.78	1.11	1.11	0.55	1.00	15.69	17.80	40	17.80	30.00
12	1.75	3.82	0.25	31.50	28.19	28.19	1.21	1.21	0.60	1.00	16.13	18.34	39.5	18.34	30.00
13	1.50	3.57	0.25	27.00	25.59	25.59	1.33	1.33	0.67	1.00	16.55	18.88	39	18.88	30.00
14	1.25	3.32	0.25	22.50	22.99	22.99	1.48	1.48	0.74	1.00	16.97	19.45	38.5	19.45	30.00
15	1.00	3.07	0.25	18.00	20.39	20.39	1.67	1.67	0.84	1.00	17.38	20.05	38	20.05	30.00
16	0.75	2.82	0.25	13.50	17.79	17.79	1.92	1.92	0.96	1.00	17.79	20.71	37.5	20.71	30.00
17	0.50	2.57	0.25	9.00	15.20	15.20	2.24	2.24	1.12	1.12	18.19	21.56	37	21.56	30.00
18	0.25	2.32	0.25	4.50	12.60	12.60	2.71	2.71	1.35	1.35	18.59	22.65	36.5	22.65	30.00
19	0.00	2.07	0.25	0.00	10.00	10.00	3.41	3.41	1.70	1.70	18.98	24.09	36	24.09	0.00
														Total	366.64

Tabel 14.8 Kebutuhan Jumlah Geotextile dan Momen Resistance STA 151+450

NO	H	Ti	Jumlah	MR Geotextile	MR Geotextile kum
	(m)	(m)	lapis	(kNm)	(kNm)
1	0	6.57	2	597.476	597.476
2	0.25	6.32	2	574.748	1172.224
3	0.5	6.07	2	552.021	1724.245
4	0.75	5.82	2	529.294	2253.539
5	1	5.57	1	253.283	2506.822
6	1.25	5.32	1	241.920	2748.742
7	1.5	5.07	1	230.556	2979.297
8	1.75	4.82	1	219.192	3198.490
9	2	4.57	1	207.829	3406.319
10	2.25	4.32	1	196.465	3602.784
11	2.5	4.07	1	185.101	3787.885
12	2.75	3.82	1	173.738	3961.623
13	3	3.57	1	162.374	4123.997
14	3.25	3.32	1	151.011	4275.007
15	3.5	3.07	1	139.647	4414.654
16	3.75	2.82	1	128.283	4542.938
17	4	2.57	1	116.920	4659.857
18	4.25	2.32	1	105.556	4765.413
19	4.5	2.07	0	0.000	4765.413
				4765.413	TRUE

Tabel 14.9 Kebuthan Geotextile STA 151+450

Total		lapis		
sv 0.25	14	1 lapis		
sv 0.25	4	2 lapis		
MR Geotextile kum=			ΔMR=	
4765.413	kNm	>	4460.821579	kNm
		OK		

Tabel 14.10 Kebuthan Panjang Geotextile STA 152+000

No	Hi m	Ti m	Sv m	ov kN/m2	t1 kN/m2	t2 kN/m2	Le m	Le (pakai) m	Lo m	Lo (pakai) m	Lr m	L total m	1/2 L Timb m	L total (pakai) m	L total (pakai) m
1	6.00	8.67	0.25	108.00	72.35	138.23	0.32	1.00	0.16	1.00	13.81	15.81	45	15.81	15.81
2	5.75	8.42	0.25	103.50	69.76	69.76	0.49	1.00	0.24	1.00	14.29	16.29	44.5	16.29	16.29
3	5.50	8.17	0.25	99.00	67.16	67.16	0.51	1.00	0.25	1.00	14.76	16.76	44	16.76	16.76
4	5.25	7.92	0.25	94.50	64.56	64.56	0.53	1.00	0.26	1.00	15.23	17.23	43.5	17.23	17.23
5	5.00	7.67	0.25	90.00	61.96	61.96	0.55	1.00	0.28	1.00	15.70	17.70	43	17.70	17.70
6	4.75	7.42	0.25	85.50	59.36	59.36	0.57	1.00	0.29	1.00	16.16	18.16	42.5	18.16	18.16
7	4.50	7.17	0.25	81.00	56.77	56.77	0.60	1.00	0.30	1.00	16.62	18.62	42	18.62	18.62
8	4.25	6.92	0.25	76.50	54.17	54.17	0.63	1.00	0.31	1.00	17.08	19.08	41.5	19.08	19.08
9	4.00	6.67	0.25	72.00	51.57	51.57	0.66	1.00	0.33	1.00	17.53	19.53	41	19.53	19.53
10	3.75	6.42	0.25	67.50	48.97	48.97	0.70	1.00	0.35	1.00	17.98	19.98	40.5	19.98	19.98
11	3.50	6.17	0.25	63.00	46.37	46.37	0.74	1.00	0.37	1.00	18.43	20.43	40	20.43	20.43
12	3.25	5.92	0.25	58.50	43.77	43.77	0.78	1.00	0.39	1.00	18.87	20.87	39.5	20.87	20.87
13	3.00	5.67	0.25	54.00	41.18	41.18	0.83	1.00	0.41	1.00	19.31	21.31	39	21.31	21.31
14	2.75	5.42	0.25	49.50	38.58	38.58	0.88	1.00	0.44	1.00	19.74	21.74	38.5	21.74	21.74
15	2.50	5.17	0.25	45.00	35.98	35.98	0.95	1.00	0.47	1.00	20.17	22.17	38	22.17	22.17
16	2.25	4.92	0.25	40.50	33.38	33.38	1.02	1.02	0.51	1.00	20.60	22.62	37.5	22.62	22.62
17	2.00	4.67	0.25	36.00	30.78	30.78	1.11	1.11	0.55	1.00	21.02	23.13	37	23.13	23.13
18	1.75	4.42	0.25	31.50	28.19	28.19	1.21	1.21	0.60	1.00	21.44	23.65	36.5	23.65	23.65
19	1.50	4.17	0.25	27.00	25.59	25.59	1.33	1.33	0.67	1.00	21.86	24.19	36	24.19	24.19
20	1.25	3.92	0.25	22.50	22.99	22.99	1.48	1.48	0.74	1.00	22.27	24.75	35.5	24.75	24.75
21	1.00	3.67	0.25	18.00	20.39	20.39	1.67	1.67	0.84	1.00	22.68	25.35	35	25.35	25.35
22	0.75	3.42	0.25	13.50	17.79	17.79	1.92	1.92	0.96	1.00	22.08	25.00	34.5	25.00	25.00
23	0.50	3.17	0.25	9.00	15.20	15.20	2.24	2.24	1.12	1.12	22.48	25.85	34	25.85	0.00
24	0.25	2.92	0.25	4.50	12.60	12.60	2.71	2.71	1.35	1.35	23.88	27.94	33.5	27.94	0.00
25	0.00	2.67	0.25	0.00	10.00	10.00	3.41	3.41	1.70	1.70	24.27	29.38	33	29.38	0.00
														Total	454.37

Tabel 14.11 Kebutuhan Jumlah Geotextile dan Momen Resistance STA 152+000

NO	H	Ti	Jumlah	MR Geotextile	MR Geotextile kum
	(m)	(m)	lapis	(kNm)	(kNm)
1	0	8.67	1	394.276	394.276
2	0.25	8.42	1	382.912	777.188
3	0.5	8.17	1	371.549	1148.737
4	0.75	7.92	1	360.185	1508.922
5	1	7.67	1	348.821	1857.743
6	1.25	7.42	1	337.458	2195.201
7	1.5	7.17	1	326.094	2521.295
8	1.75	6.92	1	314.731	2836.026
9	2	6.67	1	303.367	3139.393
10	2.25	6.42	1	292.003	3431.396
11	2.5	6.17	1	280.640	3712.036
12	2.75	5.92	1	269.276	3981.312
13	3	5.67	1	257.912	4239.224
14	3.25	5.42	1	246.549	4485.773
15	3.5	5.17	1	235.185	4720.958
16	3.75	4.92	1	223.821	4944.779
17	4	4.67	1	212.458	5157.237
18	4.25	4.42	1	201.094	5358.331
19	4.5	4.17	1	189.731	5548.061
20	4.75	3.92	1	178.367	5726.428
21	5	3.67	1	167.003	5893.432
22	5.25	3.42	1	155.640	6049.071
23	5.5	3.17	0	0.000	6049.071
24	5.75	2.92	0	0.000	6049.071
25	6	2.67	0	0.000	6049.071
				6049.071	TRUE

Tabel 14.12 Kebutuhan Geotextile STA 152+000

Total		lapis		
sv 0.25	22	1 lapis		
sv 0.25	0	2 lapis		
MR Geotextile kum=			ΔMR=	
6049.071	kNm	>	6023.20931	kNm
		OK		

LAMPIRAN 15

Geotextile Encased Stone Column

Tabel 15.1 Pembebanan Timbunan STA 149+200

q timbunan =	8.1	t/m ²
q perkerasan + traffic =	1.5	t/m ²
q total =	9.6	t/m ²

Tabel 15.2 Tegangan Horizontal Akibat Kolom STA

Stone Column							
Kedalaman (m)			γ_c (t/m ³)	h (m)	σ_v, σ_c (t/m ²)	K _{ac}	σ_h, σ_c (t/m ²)
0	-	1	2.2	1	2.2	0.217	6.33
1	-	2	2.2	1	2.2	0.217	6.33
2	-	3	2.2	1	2.2	0.217	6.33
3	-	4	2.2	1	2.2	0.217	6.33
4	-	5	2.2	1	2.2	0.217	6.33
5	-	6	2.2	1	2.2	0.217	6.33
6	-	7	2.2	1	2.2	0.217	6.33
7	-	8	2.2	1	2.2	0.217	6.33
8	-	9	2.2	1	2.2	0.217	6.33
9	-	10	2.2	1	2.2	0.217	6.33
10	-	11	2.2	1	2.2	0.217	6.33
11	-	12	2.2	1	2.2	0.217	6.33
12	-	13	2.2	1	2.2	0.217	6.33
13	-	14	2.2	1	2.2	0.217	6.33
14	-	15	2.2	1	2.2	0.217	6.33
15	-	16	2.2	1	2.2	0.217	6.33
16	-	17	2.2	1	2.2	0.217	6.33
17	-	18	2.2	1	2.2	0.217	6.33

Tabel 15.3 Tegangan Horizontal Akibat Tanah Di Sekitar Kolom STA 149+200

Tanah					
Kedalaman (m)			σ'_v (t/m ²)	Kos	$\sigma_{h,s}$ (t/m ²)
0	-	1	0.45	0.400	4.73
1	-	2	1.35	0.400	5.09
2	-	3	2.25	0.400	5.45
3	-	4	3.15	0.400	5.81
4	-	5	4.05	0.400	6.17
5	-	6	4.80	0.694	11.23
6	-	7	5.40	0.694	11.65
7	-	8	5.98	0.694	12.05
8	-	9	6.54	0.694	12.44
9	-	10	7.09	0.694	12.82
10	-	11	7.64	0.400	7.61
11	-	12	8.19	0.400	7.83
12	-	13	8.74	0.400	8.05
13	-	14	9.29	0.400	8.27
14	-	15	9.86	0.400	8.50
15	-	16	10.49	0.626	13.70
16	-	17	11.14	0.626	14.10
17	-	18	11.80	0.626	14.52

Tabel 15.4 Perhitungan Penambahan Tegangan Geotextile STA 149+200

Kedalaman (m)			$\sigma_{h,c}$ kolom	$\sigma_{h,s}$ soil	Keterangan	$\sigma_{h,diff}$	$\sigma_{h,geo}$	$\sigma_{h,s}$ total (t/m ²)	Kondisi
0	-	1	6.332	4.733	perlu encased stone column	1.598	8.965	13.699	OK
1	-	2	6.332	5.093	perlu encased stone column	1.238	8.965	14.059	OK
2	-	3	6.332	5.453	perlu encased stone column	0.878	8.965	14.419	OK
3	-	4	6.332	5.813	perlu encased stone column	0.518	8.965	14.779	OK
4	-	5	6.332	6.173	perlu encased stone column	0.158	8.965	15.139	OK

Tabel 15.5 Kebutuhan Geotex Encased Stone Column STA 149+200

Tegangan efektif pada stone column				
No. Stone	Z_s (m)	σ_c (t/m ²)	z (m)	σ_{zc} (t/m ²)
1	3.070	15.50	12.19	42.31
2	4.500	22.71	12.28	49.73
3	4.500	22.71	11.520	48.06
4	4.500	22.71	9.81	44.29

Tabel 15.6 Perhitungan Kekuatan Stone Column STA 149+200

Kuat geser Stone Column				Pmaks kolom			
No. Stone Column	σ_{zc} (t/m ²)	β (o)	τ_c (t/m ²)	No	τ_c (t/m ²)	β (o)	P_c (t)
1	42.31	10	34.43	1	34.43	10	27.46
2	49.73	1	41.71	2	41.71	1	32.77
3	48.06	13	38.28	3	38.28	13	30.86
4	44.29	25	30.53	4	30.53	25	26.46
						Ptotal	120.73

Tabel 15.7 Cek Safety Factor STA 149+200

Momen penahan stone column			
$\Delta MR =$	2634.316	tm	TRUE
SF =	1.98	>	1.5

Tabel 15.8 Pembebanan Timbunan STA 150+650

q timbunan =	9.9	t/m ²
q perkerasan + traffic =	1.5	t/m ²
q total =	11.4	t/m ²

Tabel 15.9 Tegangan Horizontal Akibat Kolom STA 150+650

Stone Column							
Kedalaman (m)			γ_c (t/m ³)	h (m)	$\sigma_{v,o,c}$ (t/m ²)	K _{ac}	$\sigma_{h,c}$ (t/m ²)
0	-	1	2.2	1	2.2	0.217	7.43
1	-	2	2.2	1	2.2	0.217	7.43
2	-	3	2.2	1	2.2	0.217	7.43
3	-	4	2.2	1	2.2	0.217	7.43
4	-	5	2.2	1	2.2	0.217	7.43
5	-	6	2.2	1	2.2	0.217	7.43
6	-	7	2.2	1	2.2	0.217	7.43
7	-	8	2.2	1	2.2	0.217	7.43

Tabel 15.10 Tegangan Horizontal Akibat Tanah Di Sekitar Kolom STA 150+650

Tanah					
Kedalaman (m)			$\sigma_{0'}$ (t/m ²)	K _{os}	$\sigma_{h,s}$ (t/m ²)
0	-	1	0.45	0.400	5.59
1	-	2	1.35	0.400	5.95
2	-	3	2.25	0.400	6.31
3	-	4	3.15	0.400	6.67
4	-	5	4.05	0.400	7.03
5	-	6	4.80	0.701	12.84
6	-	7	5.42	0.701	13.27
7	-	8	6.05	0.701	13.71

Tabel 15.11 Perhitungan Penambahan Tegangan Geotextile STA 150+650

Kedalaman (m)	ch, C kolom	ch, s soil	Keterangan		ch diff	ch geo	ch, s total (t/m2)	Kondisi	
0	-	1	7.429	5.587	perlu encased stone column	1.842	8.965	14.552	OK
1	-	2	7.429	5.947	perlu encased stone column	1.482	8.965	14.912	OK
2	-	3	7.429	6.307	perlu encased stone column	1.122	8.965	15.272	OK
3	-	4	7.429	6.667	perlu encased stone column	0.762	8.965	15.632	OK
4	-	5	7.429	7.027	perlu encased stone column	0.402	8.965	15.992	OK

Tabel 15.12 Kebutuhan Geotex Encased Stone Column STA 150+650

Tegangan efektif pada stone column				
No. Stone	Z_s (m)	σ_c (t/m ²)	z (m)	σ_{zc} (t/m ²)
1	3.070	15.50	12.07	42.05
2	5.190	26.20	12.11	52.84
3	5.500	27.76	11.54	53.15
4	5.500	27.76	9.98	49.72

Tabel 15.13 Perhitungan Kekuatan Stone Column STA 150+650

Kuat geser Stone Column				Pmaks kolom			
No. Stone Column	σ_{zc} (t/m ²)	β (o)	τ_c (t/m ²)	No	τ_c (t/m ²)	β (o)	P_c (t)
1	42.05	7	34.76	1	34.76	7	27.50
2	52.84	5	44.00	2	44.00	5	34.69
3	53.15	17	40.78	3	40.78	17	33.50
4	49.72	30	31.29	4	31.29	30	28.37
						Ptotal	124.06

Tabel 15.14 Cek Safety Factor STA 150+650

Momen penahan stone column			
$\Delta MR =$	2508.56747	tm	TRUE
SF =	1.82	>	1.5

Tabel 15.15 Pembebanan Timbunan STA 151+450

q timbunan =	8.1	t/m ²
q perkerasan + traffic =	1.5	t/m ²
q total =	9.6	t/m ²

Tabel 15.16 Tegangan Horizontal Akibat Kolom STA 151+450

Stone Column							
Kedalaman (m)			γ_c (t/m ³)	h (m)	$\sigma_{v,o,c}$ (t/m ²)	Kac	$\sigma_{h,c}$ (t/m ²)
0	-	1	2.2	1	2.2	0.217	6.33
1	-	2	2.2	1	2.2	0.217	6.33
2	-	3	2.2	1	2.2	0.217	6.33
3	-	4	2.2	1	2.2	0.217	6.33
4	-	5	2.2	1	2.2	0.217	6.33
5	-	6	2.2	1	2.2	0.217	6.33
6	-	7	2.2	1	2.2	0.217	6.33
7	-	8	2.2	1	2.2	0.217	6.33
8	-	9	2.2	1	2.2	0.217	6.33
9	-	10	2.2	1	2.2	0.217	6.33
10	-	11	2.2	1	2.2	0.217	6.33
11	-	12	2.2	1	2.2	0.217	6.33
12	-	13	2.2	1	2.2	0.217	6.33

Tabel 15.17 Tegangan Horizontal Akibat Tanah Di Sekitar Kolom STA 151+450

Tanah					
Kedalaman (m)			σ'_0 (t/m ²)	Kos	$\sigma_{h,s}$ (t/m ²)
0	-	1	0.45	0.400	4.73
1	-	2	1.35	0.400	5.09
2	-	3	2.25	0.400	5.45
3	-	4	3.15	0.400	5.81
4	-	5	4.05	0.400	6.17
5	-	6	4.78	0.698	11.27
6	-	7	5.33	0.698	11.66
7	-	8	5.88	0.698	12.04
8	-	9	6.43	0.698	12.43
9	-	10	7.00	0.698	12.82
10	-	11	7.36	0.400	7.50
11	-	12	7.49	0.400	7.55
12	-	13	7.65	0.400	7.61

Tabel 15.18 Perhitungan Penambahan Tegangan Geotextile STA 151+450

Kedalaman (m)			$\sigma_{h,c}$ kolom	$\sigma_{h,s}$ soil	Keterangan	$\sigma_{h,diff}$	$\sigma_{h,geo}$	$\sigma_{h,s}$ total (t/m ²)	Kondisi
0	-	1	6.332	4.733	perlu encased stone column	1.598	8.965	13.699	OK
1	-	2	6.332	5.093	perlu encased stone column	1.238	8.965	14.059	OK
2	-	3	6.332	5.453	perlu encased stone column	0.878	8.965	14.419	OK
3	-	4	6.332	5.813	perlu encased stone column	0.518	8.965	14.779	OK
4	-	5	6.332	6.173	perlu encased stone column	0.158	8.965	15.139	OK

Tabel 15.19 Kebutuhan Geotex Encased Stone Column STA 151+450

No. Stone	Z_s (m)	σ_c (t/m ²)	z (m)	σ_{zc} (t/m ²)
1	3.070	15.50	6.95	30.79
2	4.500	22.71	6.92	37.94
3	4.500	22.71	5.670	35.19

Tabel 15.20 Perhitungan Kekuatan Stone Column STA 151+450

Kuat geser Stone Column				Pmaks kolom			
No. Stone Column	szc (t/m ²)	β (o)	τ_c (t/m ²)	No. Stone Column	τ_c (t/m ²)	β (o)	Pc (t)
1	30.78507971	9	25.199601	1	25.199601	9	20.03842674
2	37.93665756	11	30.67367	2	30.67367	11	24.54194918
3	35.18665756	33	20.767028	3	20.767028	33	19.44790517
						Ptotal	64.02828109

Tabel 15.21 Cek Safety Factor STA 151+450

Momen penahan stone column			
$\Delta MR =$	770.9005043	tm	TRUE
SF	1.80	>	1.5

Tabel 15.22 Pembebanan Timbunan STA 152+000

q timbunan =	10.8	t/m ²
q perkerasan + traffic =	1.5	t/m ²
q total =	12.3	t/m ²

Tabel 15.23 Tegangan Horizontal Akibat Kolom STA 152+000

Stone Column							
Kedalaman (m)			γ_c (t/m ³)	h (m)	$\sigma_{v,o,c}$ (t/m ²)	K _{ac}	$\sigma_{h,c}$ (t/m ²)
0	-	1	2.2	1	2.2	0.217	7.98
1	-	2	2.2	1	2.2	0.217	7.98
2	-	3	2.2	1	2.2	0.217	7.98
3	-	4	2.2	1	2.2	0.217	7.98
4	-	5	2.2	1	2.2	0.217	7.98
5	-	6	2.2	1	2.2	0.217	7.98
6	-	7	2.2	1	2.2	0.217	7.98
7	-	8	2.2	1	2.2	0.217	7.98
8	-	9	2.2	1	2.2	0.217	7.98

Tabel 15.24 Tegangan Horizontal Akibat Tanah Di Sekitar Kolom STA 152+000

Tanah					
Kedalaman (m)			σ_0' (t/m ²)	K _{os}	$\sigma_{h,s}$ (t/m ²)
0	-	1	0.45	0.400	6.01
1	-	2	1.35	0.400	6.37
2	-	3	2.25	0.400	6.73
3	-	4	3.15	0.400	7.09
4	-	5	4.05	0.400	7.45
5	-	6	4.80	0.686	13.30
6	-	7	5.40	0.686	13.72
7	-	8	6.01	0.686	14.13
8	-	9	6.64	0.686	14.57

Tabel 15.25 Perhitungan Penambahan Tegangan Geotextile STA 152+000

Kedalaman (m)	ch,c kolom	ch,s soil	Keterangan		ch diff	ch geo	ch,s total (t/m2)	Kondisi	
0	-	1	7.978	6.014	perlu encased stone column	1.964	8.965	14.979	OK
1	-	2	7.978	6.374	perlu encased stone column	1.604	8.965	15.339	OK
2	-	3	7.978	6.734	perlu encased stone column	1.244	8.965	15.699	OK
3	-	4	7.978	7.094	perlu encased stone column	0.884	8.965	16.059	OK
4	-	5	7.978	7.454	perlu encased stone column	0.524	8.965	16.419	OK

Tabel 15.26 Kebutuhan Geotex Encased Stone Column STA 152+000

Tegangan efektif pada stone column				
No. Stone	Z_s (m)	σ_c (t/m ²)	z (m)	σ_{zc} (t/m ²)
1	3.070	15.50	6.95	30.79
2	4.500	22.71	6.92	37.94
3	4.500	22.71	5.670	35.19

Tabel 15.27 Perhitungan Kekuatan Stone Column STA 152+000

Kuat geser Stone Column				Pmaks kolom			
No. Stone Column	s_{zc} (t/m ²)	β (o)	τ_c (t/m ²)	11	τ_c (t/m ²)	β (o)	P_c (t)
1	39.78307971	3	33.290533	1	33.290533	3	26.182205
2	50.24126505	10	40.886225	2	40.886225	10	32.607345
3	52.19554341	23	37.110698	3	37.110698	23	31.663792
						Ptotal	90.453341

Tabel 15.28 Cek Safety Factor STA 152+000

Momen penahan stone column			
$\Delta MR =$	1684.2412	tm	TRUE
SF	1.7927632	>	1.5

LAMPIRAN 16

Perhitungan Biaya Material

Tabel 16.1 Perhitungan Harga Timbunan Pada Setiap STA

HARGA TIMBUNAN						
STA	Tinggi Timbunan (m)	Lebar Timbunan atas (m)	Lebar Timbunan bawah (m)	Volume Timbunan (m ³)		Harga Material Timbunan
STA 149+200	7.5	31.5	61.5	349	Rp	30,132,000,000.00
STA 150+650	8.5	31.5	65.5	412	Rp	73,741,218,750.00
STA 151+450	7.5	31.5	61.5	349	Rp	32,956,875,000.00
STA 152+000	8.5	31.5	65.5	412	Rp	30,609,562,500.00

Tabel 16.2 Perhitungan Harga PVD pada STA 149+200

Perhitungan Harga PVD		
Jarak (s) =	1.5	m
Jarak Lurus =	1.3	m
Kebutuhan PVD =	1578	buah/50 meter
Kedalaman PVD (m)	Harga Material PVD	Kebutuhan PVD
18	Rp 1,272,572,369.34	20200

Tabel 16.3 Perhitungan Harga PVD pada STA 151+450

Jarak (s) =	1.6	m
Jarak Lurus =	1.4	m
Kebutuhan PVD =	1387	buah/50 meter
Kedalaman PVD (m)	Harga Material PVD	Kebutuhan PVD
13	Rp 883,515,057.45	19418

Tabel 16.4 Perhitungan Harga PVD pada STA 152+000

Jarak (s) =	2.0	m
Jarak Lurus =	1.7	m
Kebutuhan PVD =	945	buah/50 meter
Kedalaman PVD (m)	Harga Material PVD	Kebutuhan PVD
9	Rp 327,584,934.30	10400

Tabel 16.5 Perhitungan Harga PHD pada STA 149+200

PHD		
Kebutuhan PHD =	38	buah/50 meter
Panjang PHD =	61.5	m
Harga PHD (Rp)=	Rp 3,545,023,028.87	493

Tabel 16.6 Perhitungan Harga PHD pada STA 151+450

PHD		
Kebutuhan PHD =	36	buah/50 meter
Panjang PHD =	61.5	m
Harga PHD (Rp)=	Rp 3,635,033,379.21	

Tabel 16.7 Perhitungan Harga PHD pada STA 152+000

PHD		
Kebutuhan PHD =	29	buah/50 meter
Panjang PHD =	65.5	m
Harga PHD (Rp)=	Rp 2,433,488,083.36	

Tabel 16.8 Rekap Perhitungan Perbaikan Tanah Dasar

STA	Timbunan	PVD	PHD	Biaya Total
STA 149+200	Rp 30,132,000,000.00	Rp 1,272,572,369.34	Rp 3,545,023,028.87	Rp 34,949,595,398.20
STA 150+650	Rp 73,741,218,750.00	Rp -	Rp -	Rp 73,741,218,750.00
STA 151+450	Rp 32,956,875,000.00	Rp 883,515,057.45	Rp 3,635,033,379.21	Rp 37,475,423,436.66
STA 152+000	Rp 30,609,562,500.00	Rp 327,584,934.30	Rp 2,433,488,083.36	Rp 33,370,635,517.66

Tabel 16.9 Perhitungan Geotextile Pada Setiap STA

Perhitungan Harga Geotextile			
STA	Hinisial	Ltotal (m)	Harga Material Geotextile
STA 149+200	7.5	794.85	Rp 7,630,594,176.97
STA 150+650	8.5	1027.22	Rp 20,415,912,832.01
STA 151+450	7.5	366.6	Rp 3,849,771,909.55
STA 152+000	8.5	454.37	Rp 3,748,559,068.73

Tabel 16.10 Perhitungan GESC dan Geotextile yang dibutuhkan pada setiap STA

Perhitungan Stone Column					Perhitungan Geotextile Stone Column		
STA	Panjang Stone Column (m)	Diameter (m)	Volume (m3)	Jumlah Stone Column per 1 meter (m)	Harga Material Stone Column	Panjang Geotextile 1 kolom (m)	Harga Material Geotextile
STA 149+200	16	1	10.27	4	Rp 4,862,320,861.46	51.33	Rp 1,971,211,160.05
STA 150+650	16	1	10.13	4	Rp 9,930,989,068.23	50.64	Rp 4,026,076,649.28
STA 151+450	11	1	6.90	3	Rp 2,680,237,206.04	34.49	Rp 1,086,582,651.10
STA 152+000	15	1	9.45	3	Rp 2,884,585,241.78	47.25	Rp 1,169,426,449.37

Tabel 16.11 Rekap Perhitungan Perkuatan Tanah Dasar Pada Setiap STA

STA	Stone Column	Geotextile Stone Column	Biaya Total
STA 149+200	Rp 4,862,320,861.46	Rp 1,971,211,160.05	Rp 6,833,532,021.51
STA 150+650	Rp 9,930,989,068.23	Rp 4,026,076,649.28	Rp 13,957,065,717.51
STA 151+450	Rp 2,680,237,206.04	Rp 1,086,582,651.10	Rp 3,766,819,857.14
STA 152+000	Rp 2,884,585,241.78	Rp 1,169,426,449.37	Rp 4,054,011,691.16

Tabel 16.12 Alternatif Pada Setiap STA

ALTERNATIF 1	PVD+Geotextile
ALTERNATIF 2	PVD+Stone Column

Tabel 16.13 Rekap Perhitungan Dan Alternatif Pada Setiap STA

STA	TOTAL BIAYA	Biaya Perbaikan	Biaya Perkuatan	Total Biaya	
STA 149+200	ALTERNATIF 1	Rp 34,949,595,398.20	Rp 7,630,594,176.97	Rp 42,580,189,575.17	
	ALTERNATIF 2	Rp 34,949,595,398.20	Rp 6,833,532,021.51	Rp 41,783,127,419.71	Dipilih
STA 150+650	ALTERNATIF 1	Rp 73,741,218,750.00	Rp 20,415,912,832.01	Rp 94,157,131,582.01	
	ALTERNATIF 2	Rp 73,741,218,750.00	Rp 13,957,065,717.51	Rp 87,698,284,467.51	Dipilih
STA 151+450	ALTERNATIF 1	Rp 37,475,423,436.66	Rp 3,849,771,909.55	Rp 41,325,195,346.20	
	ALTERNATIF 2	Rp 37,475,423,436.66	Rp 3,766,819,857.14	Rp 41,242,243,293.79	Dipilih
STA 152+000	ALTERNATIF 1	Rp 33,370,635,517.66	Rp 3,748,559,068.73	Rp 37,119,194,586.39	Dipilih
	ALTERNATIF 2	Rp 33,370,635,517.66	Rp 4,054,011,691.16	Rp 37,424,647,208.82	

LAMPIRAN 17

Spesifikasi Bahan

Gambar 17.1 Spesifikasi PVD

CeTeau-Drain CT-D812

Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D812
Drain Body	Configuration	-	
	Material	-	PP
Filter Jacket	Colour	-	white
	Material	-	PET
Assembled Drain	Colour	-	grey
	Weight	g/m	70
	Width	mm	100
	Thickness	mm	3

Mechanical properties	Symbol	Test	Unit	CT-D812
Filter Jacket				
Grab Tensile Strength	F	ASTM D4632	N	480
Elongation	ε	ASTM D4632	%	32
Tear Strength		ASTM D4533	N	120
Pore Size	Q ₁	ASTM D4751	µm	< 75
Permeability	k	ASTM D4491	m/s	> 1.0 x 10 ⁻⁷
Assembled Drain				
Tensile Strength	F	ASTM D4595	kN	2.50
Elongation at break	ε	ASTM D4595	%	40
Strength at 10% elongation	F	ASTM D4595	kN	2.1
Elongation at 1 kN tensile strength	ε	ASTM D4595	%	1.0
Discharge capacity at 100 kPa	Q ₁	ASTM D4716	m ³ /s	92 x 10 ⁴
Discharge capacity at 150 kPa	Q ₁	ASTM D4716	m ³ /s	89 x 10 ⁴
Discharge capacity at 200 kPa	Q ₁	ASTM D4716	m ³ /s	87 x 10 ⁴
Discharge capacity at 250 kPa	Q ₁	ASTM D4716	m ³ /s	86 x 10 ⁴
Discharge capacity at 300 kPa	Q ₁	ASTM D4716	m ³ /s	85 x 10 ⁴
Discharge capacity at 350 kPa	Q ₁	ASTM D4716	m ³ /s	84 x 10 ⁴

Transport details	Unit	CT-D812
Roll length	m	300
Outside diameter roll	m	1.10
Inside diameter roll	m	0.15
Weight roll	kg	20
40ft container	m	135,000

All information, illustrations and specifications 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. All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for.

Agent & Distributor in Indonesia Area :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Wisma SIER Building, 1st Floor
 J. Rungtut Industri Raya No.10 Surabaya 60293
 Tel. 02-31-8475092 Fax. 02-31-8475093
 Email : info@geosistem.co.id Website : www.geosistem.co.id



Gambar 17.2 Spesifikasi Geotextile



ROBUST GEOTEXTILES

Product Information Sheet

- DESCRIPTION** Nonwoven geotextile manufactured from UV stabilised, high tenacity, virgin polypropylene fibres that have been mechanically entangled to provide high strength, high extensibility, high loft and excellent abrasion characteristics.
- APPLICATION** Typical uses for Terram Robust Geotextiles include the protection of impermeable membranes in landfill basal areas, side walls and caps, tailing lagoons, reservoirs, balancing ponds, reed beds, artificial lakes to prevent soil erosion from beneath rock armour and pre-cast concrete revetments, sea shores, rivers and water channels, lakes and reservoirs.
Application areas include:
 - Landfill engineering
 - Coastal and Waterways
 - Pipeline and slurry protection
- FEATURES** Engineered to provide high strength and high elongation at break to ensure excellent resistance to damage during construction. Terram Robust geotextiles are manufactured to performance properties, not weight. Sufficient fibre will be added to achieve these properties.

Engineered to provide excellent protection properties in aggressive soils and liquids.

Manufactured from high tenacity UV stabilised virgin polypropylene fibres which have been heavily drawn to ensure excellent long term durability in all soil types.

Manufactured using a randomly orientated web to provide completely isotropic properties, ensuring that high strength is not limited to a single direction. Excellent uniformity with high permeability and low pore size for soil filtration.

Fiberweb Maldon
Fiberweb Geosynthetics Ltd
Blackwater Trading Estate
The Causeway
Maldon CM9 4GG
United Kingdom
T: +44 (0)1621 874200
F: +44 (0)1621 874299

Issue: 08 Date: 02.05.13 Page: 1 of 2



Test Method	Unit	Mean Value (Applied Tolerance Value ^(b))															
		RG3	RG3.3	RG4	RG5	RG6	RG7	RG8	RG9	RG11	RG14	RG19	RG22	RG25	RG30	RG40	
4. MECHANICAL PROPERTIES																	
CBR Puncture Resistance	EN ISO 12236	kN	3.0 (-0.3)	3.3 (-0.33)	4.0 (-0.4)	5.0 (-0.5)	6.0 (-0.6)	7.0 (-0.7)	8.0 (-0.8)	9.0 (-0.9)	11.0 (-1.1)	14.0 (-1.4)	19.0 (-1.9)	22.0 (-2.2)	25.0 (-2.5)	30.0 (-3.0)	40.0 (-4.0)
Tensile Strength	EN ISO 10319	kN/m	20 (-2.0)	22 (-2.2)	25 (-2.5)	30 (-3.0)	35 (-3.5)	40 (-4.0)	45 (-4.5)	50 (-5.0)	60 (-6.0)	75.0 (-7.5)	100.0 (-10.0)	115.0 (-11.5)	130.0 (-13.0)	160.0 (-16.0)	210.0 (-21.0)
Tensile Elongation		%	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)
Cone Drop	EN ISO 13433	mm	6 (-2)	5 (-2)	5 (-2)	5 (-2)	4 (-2)	3 (-2)	2 (-1)	2 (-1)	1 (-1)	1 (-1)	0 (-1)	0 (-1)	0 (-1)	0 (-1)	0 (-1)
5. HYDRAULIC PROPERTIES																	
Pore Size - Mean AOS	EN ISO 12956	µm	80 (±20)	80 (±20)	80 (±20)	75 (±20)	70 (±20)	70 (±20)	70 (±20)	60 (±20)	60 (±20)	60 (±20)	60 (±20)	60 (±20)	60 (±20)	60 (±20)	60 (±20)
Permeability—(H ₁₀)	EN ISO 11058	l/m ² s	60 (-8)	60 (-8)	50 (-10)	40 (-12)	30 (-9)	30 (-9)	30 (-9)	25 (-7.5)	15 (-4.5)	15 (-4.5)	10 (-3)	10 (-3)	8 (-3)	5 (-2.5)	5 (-2.5)



A fiberweb BUSINESS



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil II.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Petu Tantri Kumala S., ST.MT
NAMA MAHASISWA	: Azzam Al Harif
NRP	: 03111440000041
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Preloading dengan Geotekstil Erupsi Sisa Cakram Perdatan dan Organik Di Jalantol Sumatera
TANGGAL PROPOSAL	: 30 Januari 20
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	7-8-19	Mulai Preloading Tanah asli.		<i>[Signature]</i>
2.	12-9-19	Data lapangan asli - Borez		<i>[Signature]</i>
3.	14-10-19	PVD, Pemampatan, Hirisitas H piral		<i>[Signature]</i>
4.	18-11-19	Perencanaan pascacalon		<i>[Signature]</i>



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil IL2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Dr. Yudhi Lasiasih, ST, MT
NAMA MAHASISWA	: Azzam Al Harip
NRP	: 03111410000041
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Preloading dan Geotekstil Ereksi Stone Column Pada Tanah Organik Di Jalan Tol Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	1-11-2019	PUR dan Geostope		HA
2.	21-11-2019	Pertanahan dan amalan geotekstil		HA

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Azzam Al Hanif, dilahirkan di Lubuk Linggau 24 Agustus 1996, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Mardhotillah (Lubuk Linggau), SD Negeri 23 Lubuk Linggau (Lubuk Linggau), SMP Islam Terpadu Al-Furqon (Palembang), dan SMA Islam Nurul Fikri Boarding School (Anyer). Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 0311144000041. Di departemen Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Geoteknik. Penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan organisasi mahasiswa seperti ITS Debating Society 2015/2020. Penulis juga pernah aktif dalam beberapa perlombaan dalam bidang geoteknik, seminar dan pelatihan.

Contact Person:

email : azzamalhanif7@gmail.com

no HP : 0878 0899 9414