



## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISA PERBANDINGAN PERKUATAN TANAH DASAR PADA BADAN TIMBUNAN RUNWAY BANDARA TANAH GROGOT, KALIMANTAN TIMUR**

**ANISAH NABILAH SALEH  
NRP. 03111640000136**

**Dosen Pembimbing 1 :  
Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.**

**Dosen Pembimbing 2 :  
Dr. Trihanyndio Rendy Satrya, ST. MT.**

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



## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISA PERBANDINGAN PERKUATAN TANAH DASAR PADA BADAN TIMBUNAN RUNWAY BANDARA TANAH GROGOT, KALIMANTAN TIMUR**

**ANISAH NABILAH SALEH  
NRP. 03111640000136**

**Dosen Pembimbing 1 :  
Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.**

**Dosen Pembimbing 2 :  
Dr. Trihanyndio Rendy Satrya, ST. MT.**

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



**FINAL PROJECT**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF  
REINFORCEMENT BASIC SOIL EMBANKMENT  
AT RUNWAY TANAH GROGOT AIRPORT, EAST  
KALIMANTAN**

**ANISAH NABILAH SALEH  
NRP. 031116400013**

**Academic Supervisor 1 :  
Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.**

**Academic Supervisor 2 :  
Dr. Trihanyndio Rendy Satrya, ST. MT.**

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

**ANALISA PERBANDINGAN PERKUATAN TANAH  
DASAR PADA BADAN TIMBUNAN RUNWAY  
BANDARA TANAH GROGOT, KALIMANTAN TIMUR**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S1 Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ANISAH NABILAH SALEH**

NRP. 0311164000136

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT  
(Pembimbing I)
2. Dr. Trihanyndio Rendy Satrya, ST, MT  
(Pembimbing II)



**SURABAYA**

**JULI, 2020**

# ANALISA PERBANDINGAN PERKUATAN TANAH DASAR PADA BADAN TIMBUNAN RUNWAY BANDARA TANAH GROGOT, KALIMANTAN TIMUR

Nama : Anisah Nabilah Saleh  
NRP : 03111640000136  
Departemen : Teknik Sipil FTSPK ITS  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT  
2. Dr. Trihanyndio Rendy Satria, ST. MT.

## **Abstrak:**

*Pada tahun 2019, presiden Indonesia merencanakan perpindahan ibu kota baru ke Kalimantan Timur tepatnya berada di Kutai Kertaegara dan Penajam Paser Utara, yang mana saat itu pernah terjadi pembangunan bandara di daerah Kalimantan. Pembangunan tersebut merupakan salah satu upaya meningkatkan perekonomian dan pengembangan nasional. Pada pembangunan bandara diperlukan runway sebagai tempat landasnya pesawat. Runway memerlukan tanah dasar yang memiliki daya dukung yang kuat. Namun, tanah dasar pada runway Bandara Tanah Grogot memiliki lapisan tanah dasar yang lunak lempung hingga kedalaman  $\pm 20$  meter dari permukaan. Dengan data yang dimiliki dapat disimpulkan bahwa tanah dasar Bandara Tanah Grogot memiliki daya dukung rendah dan tingkat kemampatannya tinggi. Oleh karena itu, diperlukan perkuatan tanah dasar yang baik guna menahan beban pesawat yang akan diterima nantinya. Dengan sifat tanah pada Bandara Tanah Grogot yang lunak, maka diperlukan perhatian yang khusus. Tanah lunak dengan mudah akan mengalami pemampatan. Maka dari itu diperlukan perencanaan perkuatan yang baik. Untuk memperkuat daya dukung pada tanah dasar dapat disesuaikan dengan metode perkuatan yang disesuaikan dengan jenis tanah yang dimiliki. Dalam analisa yang dilakukan, akan dibandingkan perkuatan tanah dasar dengan dua alternative, yaitu menggunakan PVD dan*

*stabilisasi kapur guna memperbaiki pemampatan yang terjadi. Untuk alternatif pertama, menggunakan PVD dengan pola segitiga sedalam 13 m untuk mempercepat pemampatan yang terjadi sebesar 64 cm dan geotextile pada tanah timbunannya sebanyak 7 layers dengan geotextile double untuk mencegah terjadinya kelongsoran. Sedangkan pada alternatif kedua akan dilakukan perbaikan tanah dasar menggunakan stabilisasi kapur pada permukaan tanah dasar timbunan dengan kombinasi geotextile pada tanah timbunan. Dari perencanaan alternative ke-2 yang dilakukan, didapatkan dari hasil analisa bahwa tanah timbunan tidak memerlukan geotextile dikarenakan kondisi tanah yang terstabilisasi kapur terbilang aman. Dari hasil perencanaan yang dilakukan, dengan membandingkan kedua alternatif, dipilih perkuatan stabilisasi kapur dan geotextile yang mana memiliki volume dan biaya yang ekonomis.*

***Kata kunci:*** stabilisasi kapur, PVD, geotextile, tanah lunak, Bandara Tanah Grogot, Paser, Kalimantan Timur

# COMPARATIVE ANALYSIS OF REINFORCEMENT BASIC SOIL EMBANKMENT AT RUNWAY TANAH GROGOT AIRPORT, EAST KALIMANTAN

Nama : Anisah Nabilah Saleh  
NRP : 03111640000136  
Departemen : Teknik Sipil FTSPK ITS  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT  
2. Dr. Trihanyndio Rendy  
Satrya, ST. MT.

## **Abstract :**

*In 2019, Indonesian president plans to replace the new capital to East Kalimantan, located in Kutai Kertagaegara and Penajam Paser Utara, which at that time there was an airport construction in the Kalimantan. The airport construction is one of the efforts to improve the economy and national development. In Airport construction a runway is needed as a place for aircraft to take off. Runway needs subgrade which has strong carrying capacity. But, the soil at the Tanah Grogot Airport runway has a subsoil that is ± 20 meters higher than the surface. Based on existing data, it can be concluded that Grogot Airport has a low carrying capacity and a high level of soil congestion. Therefore, it is necessary to make a good reinforcement to received the weigt of the aircraft. Tanah Grogot Airport has a very soft clayey subgrade, so that need more attention. A very soft soil will easily run into compression. Therefore, the good reinforcement is needed. To increase the bearing capacity of the subgrade, the reinforcement method can be adjusted by the type of soil. In the following analysis, the subgrade reinforcement will be compared with two alternatives. For the first alternative, the strengthening will use PVD with a triangle pattern as deep as 13 m to help the compressing that occur as much as 64 cm and geotextile on the embankment is 7 layers with double geotextile to prevent landslides. While in the second alternative,*

*the reinforcement is using limestone stabilization on the subgrade, with combination of geotextile on the embankment. On this alternative, from the analysis that the embankment does not require geotextile because of the soil condition which is stabilized by lime is relatively safe. By comparing the two alternatives, the second alternative is chosen which has economical volume and cost. It is recommended to use first alternatif as a strengthening that will be used in the construction of Tanah Grogot Airport, Paser, East Kalimantan.*

**Keywords:** *limestone stabilization, PVD, geotextile, soft soil, Tanah Grogot Airport, Paser, East Kalimantan*



## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisa Perbandingan Perkuatan Tanah Dasar pada Badan Timbunan Runway Bandara Tanah Grogot, Kalimantan Timur” tepat pada waktunya.

Dalam proses pengerjaannya penulis menemui banyak kendala-kendala yang tidak dapat diselesaikan tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, karena itu penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga penulis yang selalu mendukung dan mendoakan kesuksesan serta kelancaran dalam perkuliahan khususnya penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Ibu Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT dan Bapak Dr. Trihanyndio Rendy Satrya, ST. MT. selaku dosen pembimbing pada tugas akhir ini.
3. Teman-teman yang selalu support penulis, terutama yang selalu siap dihubungi via whatsapp dan zoom.

Penulis berusaha menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya dan menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu segala bentuk saran dan kritik dari pembaca sangat diharapkan demi kemajuan bangsa dan negara serta almamater.

Surabaya, Juli 2020

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah.....	9
1.4    Batasan Masalah .....	9
1.5    Manfaat .....	10
1.6    Lokasi.....	10
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>11</b>
2.1    Definisi Tanah .....	11
2.1.1    Klasifikasi Tanah .....	12
2.1.2    Karakteristik Tanah.....	17
2.2    Pemampatan Tanah.....	19
2.2.1    Menentukan beban preloading.....	20
2.2.2    Waktu Konsolidasi.....	24
2.2.3    Tinggi Timbunan Awal – Akhir .....	25
2.2.4    Prefabricated vertical drain (PVD) .....	26
2.3    Daya Dukung.....	29
2.3.1    Tanah Dasar.....	29
2.3.2    Tanah Timbunan.....	30
2.4    Penelitian Terdahulu .....	33
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>37</b>
3.1    Umum .....	37
3.2    Flowchart.....	37
3.1    Uraian Tahapan Perencanaan .....	40
3.3.1    Studi Literatur.....	40
3.3.2    Pengumpulan data.....	40
3.3.3    Analisis Data tanah .....	40
3.3.4    Menkomparasi Data Tanah dengan Penelitian Terdahulu .....	40

3.3.5	Analisa Tinggi Timbunan.....	40
3.3.6	Kontrol Pemampatan dan Daya Dukung.....	41
3.3.7	Merencanakan perkuatan tanah .....	41
3.3.8	Analisa Volume dan Biaya Material .....	41
3.3.9	Kesimpulan.....	42
<b>BAB IV DATA DAN ANALISA DATA .....</b>		<b>43</b>
4.1	Data Tanah .....	43
4.2	Data Tanah Timbunan.....	49
4.3	Data Tanah campur Kapur .....	49
4.4	Data Pesawat .....	50
4.5	Data PVD .....	50
4.6	Data Geotextile .....	51
4.7	Analisis Data Tanah.....	51
4.7.1	Data Lapangan .....	51
4.7.2	Data dari Korelasi .....	56
<b>BAB V MENENTUKAN TINGGI TIMBUNAN .....</b>		<b>63</b>
5.1	Tinggi Timbunan Untuk PVD dan Geotextile 63	
5.1.1	Beban timbunan.....	64
5.1.2	Beban Tambahan .....	69
5.1.3	Menentukan <i>Hinisial</i> dan <i>Hfinal</i> .....	70
5.2	Tinggi Timbunan Untuk Stabilisasi Kapur dan Geotextile	73
5.2.1	Beban Timbunan.....	73
5.2.2	Beban Tambahan .....	78
5.2.3	Menentukan <i>Hinisial</i> dan <i>Hfinal</i> .....	79
5.2.4	Menentukan Kedalaman Stabilisasi Kapur .....	82
<b>BAB VI METODE PERBAIKAN TANAH DENGAN PVD DAN GEOTEXTILE .....</b>		<b>89</b>
6.1	Stabilitas Timbunan .....	89
6.2	Waktu Konsolidasi.....	92
6.3	PVD .....	93
6.3.1	Perencanaan PVD Pola Segiempat .....	93
6.3.2	Perencanaan PVD Pola Segitiga.....	100
6.3.3	Menentukan Rate of Settlement.....	106

6.4	Timbunan Bertahap.....	109
6.5	Peningkatan Cu.....	116
6.5.1	Kontrol Settlement.....	120
6.5.2	Kontrol Stabilisasi.....	121
6.6	Geotextile .....	124
6.7	Biaya Material .....	128
<b>BAB VII METODE PERBAIKAN TANAH DENGAN STABILISASI KAPUR DAN GEOTEXTILE.....</b>		<b>130</b>
7.1	Stabilitas Timbunan .....	131
7.2	Timbunan Bertahap.....	133
7.3	Peningkatan Cu.....	139
7.3.1	Kontrol Settlement.....	143
7.3.2	Kontrol Stabilisasi.....	144
7.4	Biaya Material .....	146
.....		Error! Bookmark not defined.
<b>BAB VIII KESIMPULAN.....</b>		<b>147</b>
8.1	Kesimpulan.....	147
8.2	Saran .....	147
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>149</b>
<b>Lampiran .....</b>		<b>151</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Eksisting Bandara .....	3
Gambar 1.2 Hasil Bor Log 1, Bor Log 2, dan Bor Log 3.....	5
Gambar 1.3 Lokasi.....	10
Gambar 2.1 Batas Atterberg.....	18
Gambar 2.2 Kurva faktor Pengaruh I.....	22
Gambar 2.3 Ilustrasi dan Notasi $\Delta p$ .....	23
Gambar 2.4 Pola susunan persegi pada PVD .....	28
Gambar 2.5 Pola susunan segitiga pada PVD .....	28
Gambar 3.1 Flowchart Metodologi.....	38
Gambar 3.2 Flowchart Metodologi (Lanjutan).....	39
Gambar 3.3 Ilustrasi Perkuatan dengan Alternatif 1 .....	42
Gambar 3.4 Ilustrasi Perkuatan dengan Alternatif 2.....	42
Gambar 4.1 NSPT Vs Kedalaman .....	47
Gambar 4.2 Statigrafi.....	48
Gambar 5.1 Sketsa Pembebanan.....	63
Gambar 5.2 Hubungan Hfinal dan Hinisial .....	71
Gambar 5.3 Hubungan Hfinal dan Settlement.....	72
Gambar 5.4 Hubungan Hfinal dan Hinisial dengan Stabilisasi Kapur .....	80
Gambar 5.5 Hubungan Hfinal dan Settlement dengan Stabilisasi Kapur .....	81
Gambar 6.1 Hasil Uji Stabilisasi Xstbl H = 1.45 m	
Gambar 6.2 Rekapitulasi SF H = 1.45 m .....	90
Gambar 6.3 Hasil Uji Stabilisasi Xstbl Hkritis = 1.5 m.....	91
Gambar 6.4 Rekapitulasi SF Hkritis = 1.5 m .....	92
Gambar 6.5 Hubungan Waktu Konsolidasi dengan PVD Segiempat.....	99
Gambar 6.6 Hubungan Waktu Konsolidasi dengan PVD Segitiga .....	105
Gambar 6.7 Hubungan Rate of Settlemen dengan Waktu.....	109

Gambar 6.8 Hubungan Waktu dengan Pemampatan .....	115
Gambar 6.9 Area Kenaikan Daya Dukung.....	119
Gambar 6.10 Potongan Analisa Stabilisasi dengan Harga Cu Baru	
Gambar 6.11 Hasil Analisa Stabilisasi dengan Harga Cu Baru.....	122
Gambar 6.12 Bidang Longsor pada Percobaan ke-5.....	124
Gambar 6.13 Ilustrasi Perkuatan Geotextile.....	128
Gambar 7.1 Hasil Uji Stabilisasi Xstbl Hkritis = 1.6 m.....	132
Gambar 7.2 Rekapitulasi SF H= 1.6 m .....	132
Gambar 7.3 Hubungan Waktu dengan Pematatan .....	138
Gambar 7.4 Area Kenaikan Daya Dukung.....	141
Gambar 7.5 Potongan Analisa Stabilisasi dengan Harga Cu Baru .....	145
Gambar 7.6 Hasil Analisa Stabilisasi dengan Harga Cu Baru..	145

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jenis Tanah Bandara Tanah Grogot.....	6
Tabel 1.2 Jenis Tanah Bandara Tanah Grogot (Lanjutan) .....	7
Tabel 2.1 Klasifikasi tanah dengan sondir .....	13
Tabel 2.2 Korelasi dengan karakteristik tanah .....	14
Tabel 2.3 Internal Friction untuk tanah kohesif .....	14
Tabel 2.4 Mentukan Cc.....	15
Tabel 2.5 Derajat kepercayaan .....	16
Tabel 2.6 Parameter Berat Jenis pada Tanah.....	19
Tabel 2.7 Derajat Konsolidasi (U).....	24
Tabel 2.8 Faktor Keamanan akibat penggunaan Geotextile.....	31
Tabel 2.9 Faktor Keamanan akibat penggunaan Geotextile (Lanjutan).....	32
Tabel 2.10 Hasil uji sifat pada Tanah Asli .....	33
Tabel 2.11 Hasil uji pemadatan .....	34
Tabel 2.12 Hasil pengujian CBR.....	34
Tabel 4.1 Data Pengujian BH-1.....	43
Tabel 4.2 Data Pengujian BH-1 (Lanjutan).....	44
Tabel 4.3 Data Pengujian BH-2.....	44
Tabel 4.4 Data Pengujian BH-2 (Lanjutan).....	45
Tabel 4.5 Data Pengujian BH-3.....	46
Tabel 4.6 Rekapitulasi Statigrafi .....	48
Tabel 4.7 Data Tanah Timbunan .....	49
Tabel 4.8 Data Tanah + Kapur .....	50
Tabel 4.9 Spesifikasi Pesawat B-737).....	50
Tabel 4.10 Rekapitulasi Koefisien Variasi NSPT.....	53
Tabel 4.11 Rekapitulasi Parameter NSPT.....	55
Tabel 4.12 Rekapitulasi Data Laboratorium .....	55
Tabel 4.13 Rekapitulasi Koefisien $\gamma_t$ .....	57
Tabel 4.14 Rekapitulasi Parameter $\gamma_t$ .....	58
Tabel 4.15 Rekapitulasi Parameter $\gamma_t$ (Lanjutan).....	59

Tabel 4.16 Rekapitulasi Data Koelasi.....	60
Tabel 5.1 Rekap penurunan akibat timbunan $H=3$ m .....	68
Tabel 5.2 Rekapitulasi $H_{inisial}$ dan $H_{final}$ .....	71
Tabel 5.3 Rekap penurunan akibat timbunan $H=3$ m dengan Stabilisasi Kapur.....	77
Tabel 5.4 Rekapitulasi $H_{inisial}$ dan $H_{final}$ dengan Stabilisasi Kapur .....	80
Tabel 5.5 Hasil Rate of Settlement $D=0.5$ m .....	84
Tabel 5.6 Hasil Rate of Settlement $D=2$ m .....	85
Tabel 6.1 Rekapitulasi Perhitungan $D, n, F(n)$ .....	95
Tabel 6.2 Rekapitulasi Derajat Konsolidasi $S=1.2$ m .....	98
Tabel 6.3 Rekapitulasi $D, n, F(n)$ .....	101
Tabel 6.4 Rekapitulasi Derajat Konsolidasi $S=1.2$ m .....	104
Tabel 6.5 Rekapitulasi Rate of Settlement .....	108
Tabel 6.6 Umur Timbunan hingga Tahap ke-4 .....	110
Tabel 6.7 Rekapitulasi perhitungan Timbunan Bertahap ke-1 ..	113
Tabel 6.8 Rekapitulasi Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi .....	117
Tabel 6.9 Rekapitulasi Peningkatan Harga $C_u$ .....	119
Tabel 6.10 Kenaikan Parameter Tanah .....	120
Tabel 6.11 Rate of Settlement akibat beban tambahan .....	121
Tabel 6.12 Rekapitulasi Analisa Stabilisasi .....	123
Tabel 6.13 Rekapitulasi Perhitunga $L_e$ .....	127
Tabel 6.14 Rekapitulasi Panjang Total Geotextile .....	127
Tabel 6.15 Rekapitulasi Panjang Geotextile pada masing-masing analisa .....	128
Tabel 6.16 Biaya Material Perkuatan PVD dan Geotextile.....	129
Tabel 7.1 Umur Timbunan hingga Tahap ke-4 .....	133
Tabel 7.2 Rekapitulasi perhitungan Timbunan Bertahap ke-1 ..	136
Tabel 7.3 Rekapitulasi Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi .....	140
Tabel 7.4 Rekapitulasi Peningkatan Harga $C_u$ .....	142
Tabel 7.5 Parameter Kenaikan pada Tanah.....	143



Tabel 7.6 Rate of Settlement Akibat Beban Tambahan .....	143
Tabel 7.7 Rate of Settlement Akibat Beban Tambahan .....	144
Tabel 7.8 Rekapitulasi Analisa Stabilisasi .....	146
Tabel 7.9 Biaya Material Perkuatan Stabilisasi Kapur dan Geotextile .....	146



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pertumbuhan ekonomi suatu wilayah dapat dilihat dari pesatnya pembangunan infrastruktur, dimana Indonesia merupakan negara kepulauan yang sampai saat ini pembangunan infrastrukturnya belum rata. Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu aspek penting dalam melakukan pembangunan nasional. Menurut *Global Competitiveness Report 2015-2016* yang disusun oleh lembaga *World Economic Forum* (WEF), Negara Indonesia menempati urutan ke-62 dari 140 negara dalam hal pembangunan infrastruktur. Hal tersebut menjelaskan kondisi perkembangan perekonomian masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia memprogramkan pembangunan infrastruktur terutama yang mendorong pertumbuhan ekonomi sehingga distribusi kebutuhan ekonomi dapat merata. Hal tersebut dapat dilihat bahwa pembangunan infrastuktur yang sedang dilakukan oleh pemerintah Indonesia melingkupi pembangunan pelabuhan, jalan raya, jalan tol laut termasuk bandara. Dengan pembangunan ini diharapkan menjadi salah satu penghubung pertumbuhan ekonomi dan mendorong perkembangan ekonomi masyarakat pelosok baik antar daerah atau antar pulau.

Pembangunan infrastuktur harus didukung oleh perencanaan dan pembangunan yang berstandar dan berkualitas sehingga daya guna dan manfaatnya baik secara fungsi maupun ekonomi memiliki jangka waktu yang panjang. Hal ini karena dalam pembangunan suatu infrastruktur membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang lama sehingga pembangunan ini menjadi efektif dalam penggunaannya, efesien dalam pembangunannya dan terukur pemanfaatannya.

Pada tahun 2013, di Tanah Grogot, Paser, Kalimantan Timur telah direncanakan pembangunan Bandara Udara, Tanah

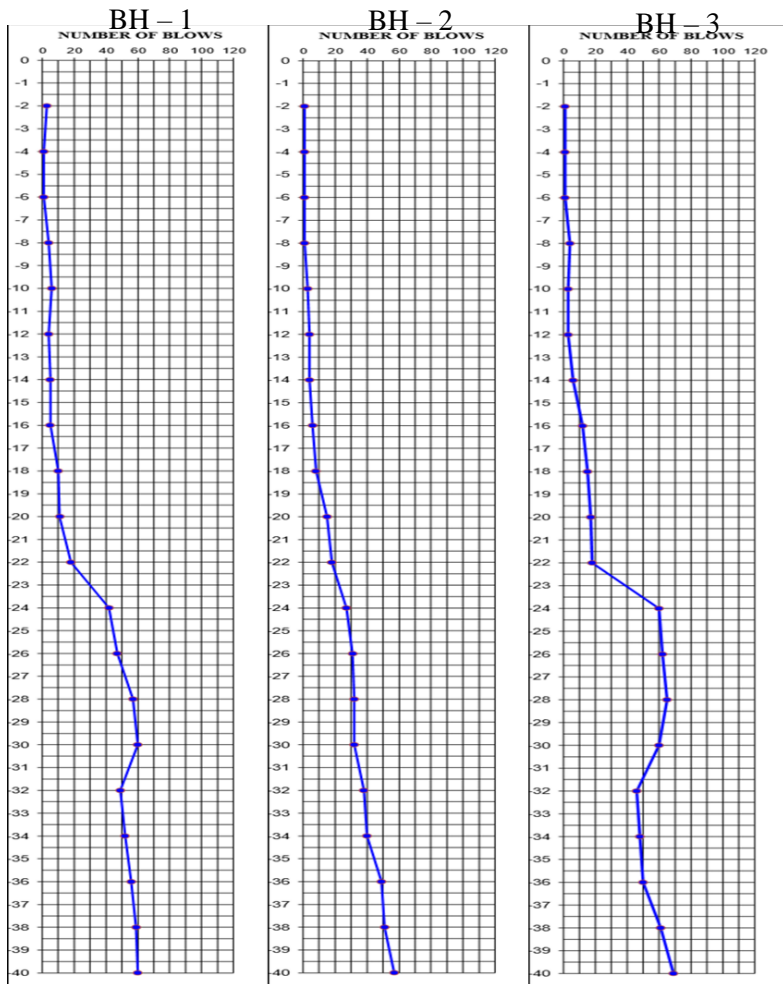
Grogot dengan panjang runway 2.5 kilometer dengan luas area bandara 213 ha. Bandara ini diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat Kalimantan Timur terutama wilayah Paser. Pembangunan bandara ini bertujuan menjadi penghubung dengan antara wilayah lainnya dan meningkatkan perkembangan kegiatan ekonomi daerah. Bandara terbagi dua sisi, yaitu sisi udara dan sisi darat. Untuk sisi darat terdapat terminal, *check gate*, *park and ride* dan untuk sisi udara terdapat apron, *taxiway*, dan *runway*. *Runway* merupakan bagian penting dari sebuah bandara karena *runway* berfungsi sebagai tempat landasnya pesawat terbang sehingga tanah dasar pada *runway* harus memiliki daya dukung yang kuat. Dalam perencanaan pembangunan yang sudah dilakukan sebelumnya, tahap pembangunan bandara yang sudah mencapai proses pada pekerjaan penggalian *runway* sisi utara guna mengganti tanah dasar menjadi tanah urugan. Proses ini merupakan salah satu upaya memperkuat tanah dasar pada *runway* yang dapat dilihat pada Gambar 1.1. Ketika pembangunan dilakukan, terjadi permasalahan saat konstruksi sehingga proyek pembangunan bandara tanah grogot ini diberhentikan hingga saat ini dan meninggalkan galian besar pada bagian sisi *runway* yang diisi oleh air.



**Gambar 1.1** Kondisi Eksisting Bandara  
(sumber: google earth)

Pada tahun 2019, presiden Indonesia merencanakan perpindahan ibu kota baru ke Kalimantan Timur tepatnya berada di Kutai Kertanegara dan Penajam Paser Utara. Pemerintah setempat, melakukan perencanaan pembangunan kembali bandara tersebut. Pada perencanaan pembangunan *runway* yang baru, dilakukan peninjauan kembali pada kondisi tanah saat ini menimbang akibat perencanaan pembangunan sebelumnya. Dari pengecekan tanah yang dilakukan, tanah pada sisi *runway* tersebut memiliki tanah

lempung lunak yang didapat berdasarkan pengujian tanah dari laboratorium. Pengecekan yang dilakukan menggunakan bor hole pada 3 titik yang berbeda diuji sampai kedalaman 40 m, seperti yang terlihat pada Gambar 1.2. Berdasarkan hasil boring diperoleh lapisan tanah pada lokasi proyek didominasi tanah lempung lunak seperti yang terlihat pada Tabel 1.1. dengan kedalaman rata-rata tanah lunaknya hingga 20 m. Pada lokasi proyek tanah lunak tersebut memiliki muka air yang tinggi sehingga daya dukung yang dimiliki sangat rendah dan dapat menyebabkan masalah pemampatan pada tanah. Maka dari itu, diperlukannya perencanaan tinggi timbunan yang direncanakan agar tidak terjadi perbedaan permukaan pada sebagian sisi *runway*. Oleh karena itu, juga diperlu perkuatan tanah agar tidak terjadi pemampatan akibat menahan beban pesawat B737-700 yang diterimanya.



**Gambar 1.2** Hasil Bor Log 1, Bor Log 2, dan Bor Log 3

**Tabel 1.1** Jenis Tanah Bandara Tanah Grogot

	Soil Unit Number (meter)	Description	Consistenncy/Density
BH-1	0.00 - 8.00	clay	-
			very soft
			soft
	8.00 - 12.00	sandy clay	soft
	12.00 - 18.00	clay	soft
	18.00 - 20.00	stony clay	medium
	20.00 - 21.00	stony clay	medium
	21.00 - 22.00	clay	medium
	22.00 - 24.00	sandy clay	medium
			stiff
	24.00 - 27.00	clayey sand	dense
	27.00 - 30.00	sand	very dense
			hard
30.00 - 31.00	clayey sand	hard	
31.00 - 40.00	clay	stiff	
		very stiff	
		hard	
BH - 2	0.00 - 5.00	clay	-
			very soft
	5.00 - 10.00	sandy clay	very soft
	10.00 - 11.00	clay	very soft
	11.00 - 17.00	sandy clay	soft
			medium
			stiff
	28.00 -31.00	sandy clay	stiff
	31.00 - 39.00	clay	stiff
very stiff			
39.00 - 40.00	sand	very dense	



**Tabel 1.2** Jenis Tanah Bandara Tanah Grogot (Lanjutan)

	Soil Unit Number (meter)	Description	Consistenncy/Density
BH - 3	0.00 - 15.00	clay	-
			very soft
			soft
	15.00 - 17.00	sandy clay	medium
	17.00 - 19.00	clay	medium
	19.00 - 20.00	stony clay	medium dense
	20.00 - 21.00	sandy clay	medium
	21.00 - 23.00	clayey sand	medium dense
	23.00 - 26.00	clay	hard
			hard
26.00 - 35.00	sand	dense	
		very soft	
35.00 - 37.00	sandy clay	very soft	
37.00 - 40.00	clay	hard	

Perkuatan tanah merupakan usaha untuk meningkatkan daya dukung, kualitas tanah, dan pemampatan yang sesuai untuk menopang beban di atasnya. Untuk memperkuat tanah dapat menggunakan beberapa metode sesuai dengan yang dibutuhkan. Pada tugas akhir ini, direncanakan perbandingan perkuatan pada tanah dasar dengan menggunakan dua alternatif. Pada alternatif pertama, perkuatan pada tanah dasar menggunakan *Prefabricated vertical drain* (PVD) guna membantu mempercepat pemampatan pada tanah yang mana PVD direncanakan dengan kedalaman tertentu dan menggunakan *geotextile* pada tanah timbunan. Dengan metode PVD yang membantu mempercepat pemampatan, diharapkan dapat meningkatkan daya dukung tanah untuk menahan beban tinggi tanah timbunan yang direncanakan dan beban pesawat tanpa adanya perbedaan permukaan pada landasan pesawat. Pada alternatif kedua, dilakukan perkuatan pada permukaannya saja, yang mana tidak sampai pada tanah kerasnya menggunakan

metode stabilisasi kapur sedangkan pada tanah timbunan menggunakan metode *geotextile*. Dengan jenis tanah yang dimiliki Bandara Tanah Grogot metode stabilisasi kapur, berperan sebagai zat kimia yang membuat tanah menjadi keras sehingga diharapkan mampu menahan beban pesawat serta tanah timbunan dan mencegah terjadinya perbedaan permukaan pada *runway* dikarenakan kapur merupakan material yang cocok untuk tanah kohesif dan lebih mudah aktif dengan tanah dibandingkan zat kimia lainnya. Namun, pemampatan tanah akan terus terjadi dibawah lapisan tanah campuran stabilisasi kapur sehingga diperlukan peninjauan secara berkala. Untuk metode *geotextile* digunakan pada timbunan dengan banyak dan panjangnya yang disesuaikan dengan perencanaan guna menambah daya dukung pada tanah timbunannya dan mencegah kelongsoran. Pada umumnya, stabilisasi kapur dilakukan penelitian untuk mencari komposisi kapur yang dibutuhkan. Namun, pada tugas akhir ini, untuk komposisi kapur akan didapatkan dari penelitian terdahulu dengan syarat karakteristik tanah pada penelitian terdahulu memiliki karakteristik tanah yang sama dengan tanah di Bandara Tanah Grogot. Dengan hasil penelitian terdahulu, dengan penambahan kapur pada tanah mengakibatkan tanah mengalami perubahan sifat fisis tanah menjadi lebih baik. Dari hasil pengujian, menunjukkan bahwa *specific gravity*, kadar air, indeks plastis mengalami penurunan sedangkan batas plastis dan batas susut mengalami kenaikan. Untuk itu, hasil dari penelitian terdahulu akan digunakan sebagai komposisi yang nantinya akan digunakan pada tugas akhir ini.

Pada Tugas Akhir ini, akan dipilih salah satu alternatif dari perbandingan yang dilakukan berdasarkan volume dan biaya material dan biaya perawatan pada stabilisasi kapur, yang ekonomis dengan memperhatikan kondisi tanah dasar. Yang juga akan dilakukan permodelan menggunakan *software* guna pengecekan perbandingan peningkatan daya dukung. Dengan harapan Tugas Akhir ini dapat diterapkan dan menjadi solusi untuk perkuatan tanah pada Bandara Tanah Grogot, Paser.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ditinjau dalam perkuatan tanah pada runway Bandara Tanah Grogot adalah:

1. Berapa tinggi timbunan inisial dan final pada kedua alternatif berdasarkan kedalaman tanah lunak akibat pemampatan tanah yang terjadi?
2. Bagaimana perencanaan perkuatan tanah dengan menggunakan metode Geotextile kombinasi PVD yang baik?
3. Bagaimana perencanaan perkuatan tanah dengan menggunakan metode geotextile kombinasi stabilisasi kapur yang baik?
4. Alternatif perkuatan mana yang paling disarankan untuk digunakan pada perkuatan tanah runway dengan menimbang harga material serta biaya perawatan yang paling ekonomis?

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang diharapkan dalam perkuatan tanah pada runway Bandara Tanah Grogot adalah:

1. Mendapatkan tinggi timbunan inisial dan final pada kedua alternative yang menyesuaikan kedalaman tanah lunak akibat pemampatan yang terjadi.
2. Mendapatkan perencanaan yang baik untuk perkuatan tanah menggunakan metode Geotextile kombinasi PVD.
3. Mendapatkan perencanaan yang baik untuk perkuatan tanah menggunakan metode geotextile kombinasi stabilisasi kapur.
4. Mendapatkan alternatif perkuatan tanah kombinasi yang diberikan pada runway Bandara Tanah Grogot dengan biaya material dan perawatan yang ekonomis.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perkuatan tanah pada runway Bandara Tanah Grogot adalah:

1. Tidak mendesain perkerasan runway.
2. Tidak membahas sistem drainase bandara.

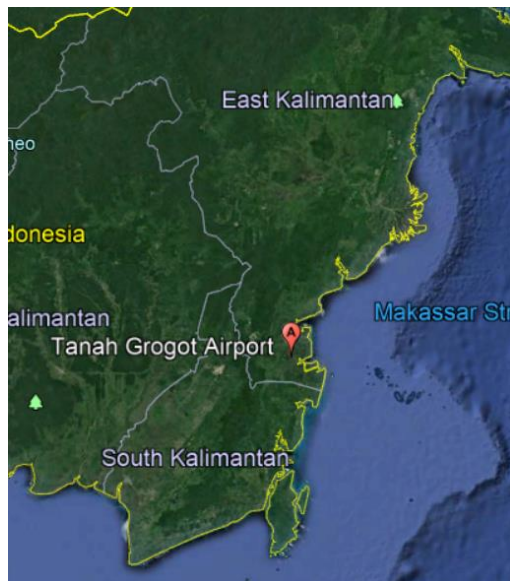
3. Data yang digunakan adalah data sekunder pada stabilisasi kapur.

### 1.5 Manfaat

Diharapkan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis sehingga makin bertambah pemahaman. Kepada para pembaca, khususnya pada bidang transportasi udara. Serta diharapkan Tugas Akhir ini dapat menjadi masukan dan alternatif perkuatan tanah dan perkuatan timbunan pada runway.

### 1.6 Lokasi

Perencanaan perkuatan tanah dasar pada bandara ini dilakukan di Rantau Panjang, Tanah Grogot, Paser, Kalimantan Timur. Bandara ini terletak di Ibu Kota Kabupaten Paser dan berdekatan dengan sungai, seperti terlihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 1.3** Lokasi  
(sumber: google earth pro)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Tanah**

Menurut Das, 1988 tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersegmentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Dari pengujian menggunakan borlog dan sondir didapat bahwa jenis tanah adalah tanah lempung (very soft). Berikut jenis-jenis tanah:

1. Kerikil adalah kepingn-kepingan dari abtuan yang kadang-kadang juga mengandung partikel-partikel mineral quartz, feldspar, da mineral-mineral lain.
2. Pasir umumnya terdiri dari mineral quartz dan feldspar.
3. Lanau merupakan fraksi mikroskopis dari tanah yang terdiri dari btiran-butiran quartz yang sangat halus dan sejumlah butiran berbentuk lempengan-lempengan popoh yang merupakan peahen dari mineral mika.
4. Lempung adalah kumpulan dari partikel mineral mika, mineral lempung dan mineral lempung halus lainnya. Lempung di golongan sebagai golongan partikel yang sangat kecil karena memiliki ukuran lebih kecil dari 0.002 mm.

Tanah lempung merupakan tanah yang memiliki butiran lebih kecial dari 0.002 mm. Tanah lempung memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Ukuran butiran halus, kurang dari 0.002 mm

2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Bersifat sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat

### **2.1.1 Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

1. Klasifikasi tanah berdasarkan cone penetration test (sondir)

Standar ini menetapkan cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir, untuk memperoleh parameter-parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan, dengan alat sondir (penetrasi quasi statik). Parameter tersebut berupa perlawanan konus ( $q_c$ ), perlawanan geser ( $f_s$ ), angka banding geser ( $R_f$ ), dan geseran total tanah ( $T_f$ ), yang dapat digunakan untuk interpretasi perlapisan tanah yang merupakan bagian dari desain fondasi. Standar ini menguraikan tentang prinsip-prinsip cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir meliputi: sistem peralatan uji penetrasi di lapangan dan perlengkapan lainnya; persyaratan peralatan dan pengujian; cara uji; perhitungan parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah; laporan uji; dan contoh uji. Cara uji ini berlaku baik untuk alat penetrasi konus tunggal maupun ganda yang ditekan secara mekanik (hidraulik). Pada Tabel 2.1, dapat dilihat angka korelasi hubungan antara NSPT dengan nilai geser undrain dan nilai  $q_c$ . (Nasional B. S., 2008)

**Tabel 2.1** Klasifikasi tanah dengan sondir

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

(Sumber : Mochtar (2006), revised (2012))

## 2. Klasifikasi tanah berdasarkan Standard Penetration test (SPT)

Standar ini menetapkan cara uji penetrasi lapangan dengan SPT, untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan dengan SPT. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi perlapasan tanah yang merupakan bagian dari desain fondasi. Standar ini menguraikan tentang prinsip-prinsip cara uji penetrasi lapangan dengan SPT meliputi: sistem peralatan uji penetrasi di lapangan yang terdiri atas peralatan penetrasi konus dengan SPT dan perlengkapan lainnya; persyaratan peralatan dan pengujian; cara uji; laporan uji; dan contoh uji. Cara uji ini berlaku untuk jenis tanah pada umumnya. Hubungan korelasi pada NSPT dapat dilihat pada Tabel 2.2 s.d Tabel 2.4. (Nasional B. S., 2008)

**Tabel 2.2** Korelasi dengan karakteristik tanah

cohesive soil					
n (blows)	<4	4--6	6--15	16--25	>25
ysat	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu	<25	20-50	30-60	40-200	>100
consistency	very soft	soft	medium	stiff	hard
cohesionless soil					
n (blows)	0-3	4--10	11--30	31-50	>50
ysat	-	12--1	14--18	16--20	18-23
$\phi$ (°)	-	15--32	28--36	30--40	>35
state	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0-15	15--35	35--65	65--85	85-100

(sumber:J.E. Bowless, 1984)

**Tabel 2.3** Internal Friction untuk tanah kohesif

Deskripsi Tanah/Konsistensi	Effective Cohesion	Friction Angle
	Kpa	(degrees)
soft - organic	5 - 10	10 - 20
soft - non organic	10 - 20	15 - 25
stiff	20 - 50	20 - 30
hard	50 - 100	25 - 30

(sumber:Burt G. Look, 2007)



**Tabel 2.4 Menentukan  $C_c$** 

Korelasi	Keterangan	Referensi
$C_c = 0.009 (LL-10)$	<i>Undisturbed clay of sensitivity less than 4. Reliability <math>\pm 30\%</math></i>	Terzaghi and Peck (1948)
$C_c = 0.007 (LL-10)$	<i>Remoulded clay</i>	Skempton (1944)
$C_c = 0.0046 (LL-9)$	<i>Sao Paulo, Brazil clays</i>	Cozzolino (1961)
$C_c = 0.0186 (LL-30)$	<i>Soft silty Brazilian clays</i>	Cozzolino (1961)
$C_c = 0.01 (LL-13)$	<i>All clays</i>	USACE (1990)
$C_c = 0.008 (LL-8.2)$	<i>Indiana soils</i>	Lo and Lovell (1982)
$C_c = 0.21 + 0.009 LL$	<i>Weathered &amp; soft Bangkok clays</i>	Balasubramaniam and Brenner (1981)
$C_c = 0.30 (e_0-0.27)$	<i>Inorganic silty clay</i>	Hough (1957)
$C_c = 1.15 (e_0-0.35)$	<i>All clays</i>	Azzouz et al. (1976)
$C_c = 0.75 (e_0-0.50)$	<i>Soil of very low plasticity</i>	Azzouz et al. (1976)
$C_c = 0.4 (e_0-0.25)$	<i>Clays from Greece &amp; part of US</i>	Azzouz et al. (1976)
$C_c = 0.141 G_s^{1.2} \left( \frac{1+e_0}{\sigma_s} \right)^{2.382}$	<i>90 samples; Bowles (1988) suggest <math>e_0</math> be less than 0.8</i>	Rendon-Herrero (1980)
$C_c = 0.256 + 0.43(e_0-0.84)$	<i>Brazilian clays</i>	Cozzolino (1961)
$C_c = 0.54 (e_0-0.35)$	<i>All clays</i>	Nishida (1956)
$C_c = 0.22 + 0.29 e_0$	<i>Weathered and soft Bangkok clays</i>	Balasubramaniam and Brenner (1981)
$C_c = 0.575 e_0 - 0.241$	<i>French clays</i>	Balasubramaniam and Brenner (1981)
$C_c = 0.5363(e_0 - 0.411)$	<i>Indiana soils</i>	Goldberg et al. (1979)
$C_c = 0.496 e_0 - 0.195$	<i>Indiana soils</i>	Lo and Lovell (1982)
$C_c = 0.40(e_0 - 0.25)$	<i>Clays from Greece &amp; parts of US</i>	Azzouz et al. (1976)
$C_c = 0.01 w_n$	<i>Chicago clays</i>	Azzouz et al. (1976)
$C_c = 0.01 w_n$	<i>Canada clays</i>	Koppula (1981)
$C_c = 0.0115 w_n$	<i>Organic soils, peat</i>	USACE (1990) and Azzouz et al. (1976)
$C_c = 0.012 w_n$	<i>All clays</i>	USACE (1990)
$C_c = 0.01 (w_n - 5)$	<i>Clays from Greece &amp; parts of US</i>	Azzouz et al. (1976)
$C_c = 0.0126 w_n - 0.162$	<i>Indiana soils</i>	Lo and Lovell (1982)
$C_c = 0.008 w_n + 0.20$	<i>Weathered soft Bangkok clays</i>	Balasubramaniam and Brenner (1981)
$C_c = 0.0147 w_n - 0.213$	<i>French clays</i>	Balasubramaniam and Brenner (1981)
$C_c = (1 + e_0)[0.1 + 0.006 (w_n - 25)]$	<i>Varved clays</i>	USACE (1990)

(Sumber: Ameratunga et. Al, 2016)

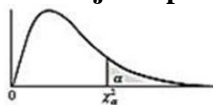
Setelah mendapatkan data maka, terkadang data perlu dicek kembali dengan batas-batas yang disyaratkan dengan rumus sebagai berikut :

$$batas = X \pm \frac{STD}{\sqrt{n}} t_{(ab)} \quad (2.1)$$

Dimana :

- X : Rata-rata  
 STD : Standar Deviasi  
 n : Jumlah Data  
 $t_{(ab)}$  : dapat dari Tabel 2.5

**Tabel 2.5 Derajat kepercayaan**



df	$\chi_{0.995}^2$	$\chi_{0.990}^2$	$\chi_{0.975}^2$	$\chi_{0.950}^2$	$\chi_{0.900}^2$
1	0.0000393	0.0001571	0.0009821	0.0039321	0.0157908
2	0.0100251	0.0201007	0.0506356	0.102587	0.210720
3	0.0717212	0.114832	0.215795	0.351846	0.584375
4	0.206990	0.297110	0.484419	0.710721	1.063623
5	0.411740	0.554300	0.831211	1.145476	1.61031
6	0.675727	0.872085	1.237347	1.63539	2.20413
7	0.989265	1.239043	1.68987	2.16735	2.83311
8	1.344419	1.646482	2.17973	2.73264	3.48954
9	1.734926	2.087912	2.70039	3.32511	4.16816
10	2.15585	2.55821	3.24697	3.94030	4.86518
11	2.60321	3.05347	3.81575	4.57481	5.57779
12	3.07382	3.57056	4.40379	5.22603	6.30380
13	3.56503	4.10691	5.00874	5.89186	7.04150
14	4.07468	4.66043	5.62872	6.57063	7.78953
15	4.60094	5.22935	6.26214	7.26094	8.54675
16	5.14224	5.81221	6.90766	7.96164	9.31223
17	5.69724	6.40776	7.56418	8.67176	10.0852
18	6.26481	7.01491	8.23075	9.39046	10.8649
19	6.84398	7.63273	8.90655	10.1170	11.6509
20	7.43386	8.26040	9.59083	10.8508	12.4426
21	8.03366	8.89720	10.28293	11.5913	13.2396
22	8.64272	9.54249	10.9823	12.3380	14.0415
23	9.26042	10.19567	11.6885	13.0905	14.8479
24	9.88623	10.8564	12.4011	13.8484	15.6587
25	10.5197	11.5240	13.1197	14.6114	16.4734
26	11.1603	12.1981	13.8439	15.3791	17.2919
27	11.8076	12.8786	14.5733	16.1513	18.1138
28	12.4613	13.5648	15.3079	16.9279	18.9392
29	13.1211	14.2565	16.0471	17.7083	19.7677
30	13.7867	14.9535	16.7908	18.4926	20.5992
40	20.7065	22.1643	24.4331	26.5093	29.0505
50	27.9907	29.7067	32.3574	34.7642	37.6886
60	35.5346	37.4848	40.4817	43.1879	46.4589
70	43.2752	45.4418	48.7576	51.7393	55.3290
80	51.1720	53.5400	57.1532	60.3915	64.2778
90	59.1963	61.7541	65.6466	69.1260	73.2912
100	67.3276	70.0648	74.2219	77.9295	82.3581

### 2.1.2 Karakteristik Tanah

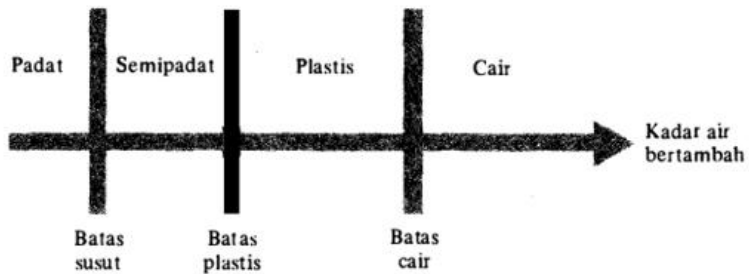
Dalam buku “Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid 1” mengatakan karakteristik tanah dapat diketahui melalui pengujian laboratorium secara fisik dan mekanis. Berikut pengujian yang dapat dilakukan :

1. Analisa butiran tanah
  - Analisa ayakan, digunakan untuk partikel-partikel berdiameter lebih besar dari 0.075 mm. hasil analisa ini dinyatakan dalam persentase dari berat total
  - Analisa hydrometer, digunakan untuk partikel yang berukuran lebih kecil dari 0.075 mm tujuan ini berfungsi untuk mengetahui prinsip sediimentasi (pengendapan).

2. Atteberg Limit

Pengujian ini bertujuan mengetahui kadar air yang dinyatakan persenan. Pada Gambar 2.1 dapat dilihat pengelompokkan batas kadar air, yang merupakan transisi dari keadaan semi-kepadat yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Batas Cair (Liquid Limit), keadaan dimana kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.
- Batas plastis (Plastic Limit), keadaan dimana kadar air pada kedudukan antaa plastis dan semi-padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung
- Batas susut (shrinkage limit), keadaan dimana kadar air pada kedudukan semi-padat dan padat yaitu persentase kadar ari dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah selanjutnya.
- Indeks Plastisitas (plasticity Index), keadaan dimana perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah.



**Gambar 2.1** Batas Atterberg

### 3. Volumetric – gravimetric

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui elemen yang terkandung pada tanah (berat, kadar air, udara)

Hubungan yang dipakai adalah :

- Angka pori adalah perbandingan antara volume pori ( $V_v$ ) dengan volume butiran ( $V_s$ )

$$(e) = \frac{V_v}{V_s}$$

- Porositas adalah perbandingan antara volume pori ( $V_v$ ) dengan volume total ( $V$ )

$$(n) = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

- Derajat kejenuhan adalah perbandingan antara volume air ( $V_w$ ) dengan berat butiran padat ( $W_s$ )

$$(S_r) = \frac{V_w}{V_v} \times 100\%$$

- Kadar air adalah perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dengan berat butiran padat ( $W_s$ )

$$(W) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

- Berat volume kering adalah perbandingan antara berat butiran padat ( $W_s$ ) dengan Volume tanah total ( $V$ )

$$(\gamma) = \frac{W}{V}$$

- Berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) adalah perbandingan antara berat butiran padat ( $W_s$ ) dengan volume butiran padat ( $V_s$ )

$$(\gamma) = \frac{W_s}{V_s}$$

- Berat jenis (specific gravity) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) dengan berat volume air ( $V_w$ ) pada suhu 4°C. Berikut daftar parameter specific gravity dapat dilihat pada Tabel 2.6 :

**Tabel 2.6** Parameter Berat Jenis pada Tanah

Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau tak organik	2,62 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
Lempung tak organik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

## 2.2 Pemampatan Tanah

Pemampatan pada tanah dapat disebabkan oleh beban yang terletak diatas permukaan tanah. Pemampatan dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Pemampatan konsolidasi, yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah yang jenuh air yang mengakibatkan air keluar dari pori-pori tanah.
2. Pemampatan segera yang meruakan akibar dari deformasi elastis tanah kering,basah, dan jenuh air tanda adanya perubahan kadar air.

Salah satu metode mempermudah dalam mempercepat pemampatan yaitu dengan metode preloading yang mana dalam pengerjaan dapat dijelaskan pada subbab berikut.

### 2.2.1 Menentukan beban preloading

Dalam menentukan beban preloading untuk mengetahui besar pemampatan yang terjadi, terdapat dua jenis pemampatan berdasarkan tegangan yang diberikan yaitu :

1. Tanah terkonsolidasi secara normal, Normally Consolidated (NC-Soils). Dimana tegangan overburden efektif pada saat ini adalah tegangan maksimum yang pernah dialami tanah
2. Tanah terkonsolidasi lebih, overburden consolidated soil (OC-Soils). dimana tegangan overburden efektif saat ini adalah lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan sebelumnya

Klasifikasi tanah sebagai NC-Soils atau OC-Soils ditentukan dengan harga over consolidation ratio (OCR), yang didefinisikan dengan persamaan :

$$OCR = \frac{\sigma c'}{\sigma o} \quad (2.2)$$

Dimana :

$\sigma c'$  = effective past overburden pressure

$\sigma o$  = effective overburden pressure

NC-Soils memiliki angka  $OCR = 1$  dan OC-Soils memiliki harga  $OCR > 1$ . Secara umum, besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah lempung setebal H dapat dihitung dengan persamaan :

1. Untuk tanah Normally Consolidated (NC-Soils)

$$S_c = C_c \cdot \frac{H_0}{1+e_0} \cdot \text{Log} \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \quad (2.3)$$

2. Untuk tanah over Consolidated (OC-Soils)

- Bila  $(\sigma_o' + \Delta\sigma) \leq \sigma_c'$ , maka :

$$S_c = C_s \cdot \frac{H_0}{1+e_0} \cdot \text{Log} \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \quad (2.4)$$

- Bila  $(\sigma_o' + \Delta\sigma) > \sigma_c'$

$$S_c = C_s \cdot \frac{H_0}{1+e_0} \cdot \text{Log} \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} + C_c \cdot \frac{H_0}{1+e_0} \cdot \text{Log} \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \quad (2.5)$$

Dimana :

$S_c$  = besar pemampatan yang terjadi (m)

$C_c$  = indeks pemampatan (compression index)

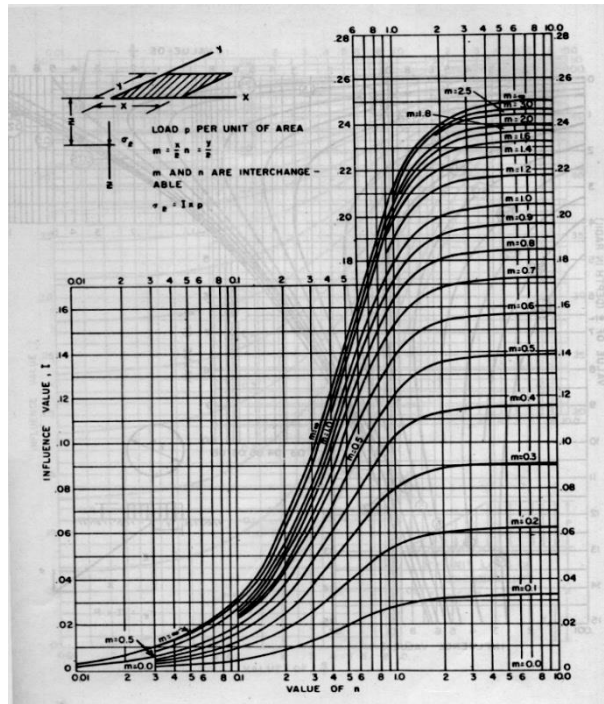
$C_s$  = indeks pemuailan (swelling index)

$E_o$  = angka pori

$\sigma_o'$  = tegangan overburden efektif

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

$\sigma_c'$  = tegangan prakonsolidasi



**Gambar 2.2** Kurva faktor Pengaruh I

Sehingga besar pemampatan 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

Seperti yang diketahui bahwa beban yang ada di muka tanah akan didistribusikan kedalam lapisan tanah. Penentuan besar penambahan beban didalam lapisan tanah dasar akibat beban sangat diperlukan dalam rangka mempertimbangkan besar



pemampatan yang akan terjadi. Menurut Das pada tahun 1986 dalam bukunya “Principles of Foundation Engineering, Second Edition”, besar tegangan akibat penambahan beban ( $\Delta p$ ) dapat dihitung menggunakan rumus dibawah dengan ilustrasi pembebanan dapat dilihat pada Gambar 2.3 :

$$\Delta p = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \left( \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) \times (\alpha_1 + \alpha_2) \right\} - \left( \frac{B_1}{B_2} \alpha_2 \right) \right] \quad (2.7)$$

Dimana :

$q_0$  = beban timbunan

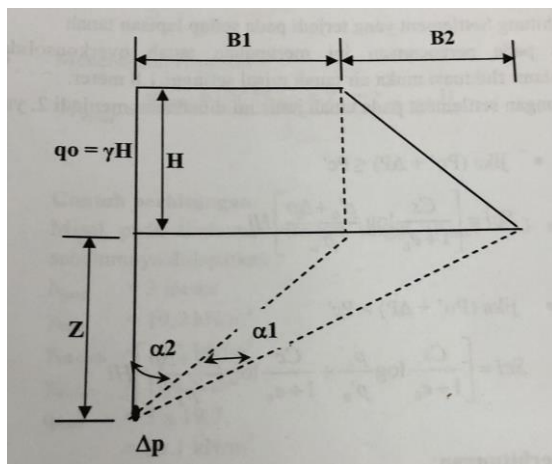
$\Delta p$  = besar tegangan akibat pengaruh beban timbunan ditinjau di tengah-tengah lapisan

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{B_1 + B_2}{z} - \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \right)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \frac{B_1}{z}$$

$B_1$  =  $\frac{1}{2}$  lebar timbunan

$B_2$  = panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan



**Gambar 2.3** Ilustrasi dan Notasi  $\Delta p$

### 2.2.2 Waktu Konsolidasi

Sedangkan untuk waktu konsolidasi dapat dihitung dengan:

$$t = \frac{T_v (H_{dr})^2}{C_v} \quad (2.8)$$

Dimana :

- t = waktu konsolidasi  
 Hdr = jarak terjauh air pori dilapisan tanah untuk keluar  
 Tv = time factor, dapat dilihat pada Tabel 2.7

**Tabel 2.7 Derajat Konsolidasi (U)**

Derajat Konsolidasi (U)	Faktor Waktu (Tv)
0	0
10	0.008
20	0.031
30	0.071
40	0.126
50	0.197
60	0.287
70	0.403
80	0.567
90	0.848
100	$\infty$

Cv = koefisien konsolidasi akibat aliran pori arah vertical

$$Cv_{gab} = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left( \frac{H_1}{\sqrt{Cv_1}} + \frac{H_2}{\sqrt{Cv_2}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{Cv_n}} \right)^2} \quad (2.9)$$

### 2.2.3 Tinggi Timbunan Awal – Akhir

Ketika sebuah timbunan telah mengalami pemampatan akan mengalami perubahan berat karena sebagian timbunan tenggelam dibawah muka air. Pada kondisi awal :

$$q = H_{awal} \times \gamma_{timbunan}$$

Selanjutnya mencari H akhir yang diakibatkan oleh beban akhir dengan rumus :

$$\begin{aligned} q_{akhir} &= (H_{awal} - Sc) \gamma_{timbunan} + Sc (\gamma_{sat-timb} - \gamma_w) \\ q_{akhir} &= H_{awal} \times \gamma_{timbunan} - Sc \times \gamma_{timbunan} + Sc \times \gamma'_{timb} \\ q_{akhir} &= H_{awal} \times \gamma_{timbunan} - Sc \times (\gamma_{timbunan} - \gamma'_{timb}) \\ H_{awal} &= \frac{q_i + Sc_i (\gamma_{timbunan} - \gamma'_{timb})}{\gamma_{timbunan}} \\ H_{akhir} &= H_{awal(i)} - Sc(i) \end{aligned} \quad (2.10)$$

Bila  $\gamma_{sat} = \gamma_{timb}$ , Maka

$$H_{awal(i)} = \frac{q(i) + Sc(i) \times \gamma_w}{\gamma_{timb}} \quad (2.11)$$

Dikarenakan konsolidasi yang terjadi, lapisan tanah jadi padat sehingga memiliki daya dukung yang meningkat. Kenaikan daya dukung ini menyebabkan harga Cu meningkat pula. Maka tegangan baru akibat timbunan dapat diperhitungkan sebagai berikut :

$$\sigma'_{baru} = p'_o + \left( \frac{\sigma'_o}{p'_o} \right)^{U1} \times p'_o - p'_o \quad (2.12)$$

Sehingga harga Cu baru menurut Yudhi Lastiasih dan Putu Tantri (2015) dapat dihitung sebagai berikut :

$$C_{baru} = C_{awal} + a \Delta \sigma \quad (2.13)$$

Dimana :

$$a = U \tan \phi'$$

U = derajat konsolidasi

$\phi'$  = sudut geser

$\Delta \sigma$

### 2.2.4 Prefabricated vertical drain (PVD)

PVD adalah salah satu caara untuk mempercepat pengaliran air dalam tanah untuk keluar sehingga dapat mempercepat waktu pemampatan konsolidasi. PVD berbahan syntethis yang dapat mengalirkan air secara vertical ke atas. Untuk memperhitungkan waktu pemampatan dapat menggunakan rumus :

$$t = \frac{Tv(Hdr)^2}{Cv} \quad (2.14)$$

Dimana :

t = waktu konsolidasi

Hdr = jarak terjauh air pori

Cv = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori

Tv = Faktor Waktu

Untuk tanah berlapis, memiliki Cv nya masing-masing yang dapat diperhitungkan menggunakan Cvgabungan dengan rumus berikut:

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

Menurut teori barron (1948), yang mana menetapkan hubungan antara waktu, diameter drain jarak antar drain, koefisien konsolidasi dan rata-rata derajat konsolidasi. Untuk penentuan waktu konsolidasi dari teori ini dapat menggunakan rumus:

$$t = \frac{D^2}{8ch} F(n) \ln\left(\frac{1}{1-Uh}\right) \quad (2.16)$$

Dimana :

t = waktu konsolidasi untuk mencapai Uh

D = diameter ekivalen dari lingkaran tanah. Rumus didapat dari masing-masing pola.

Ch = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

F(n) = hambatan akibat jarak antar titik PVD

$$= \left( \frac{n^2}{n^2-1^2} \right) \left( \ln(n) - \frac{3n^2-1}{4n^2} \right) \quad (2.17)$$

atau

$$= \left( \frac{n^2}{n^2-1^2} \right) \left( \ln(n) - \frac{3}{4} - \frac{1}{4n^2} \right) \quad (2.18)$$

Dimana :

n = D/dw

dw = diameter ekivalen darai vertical drain

Uh = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

n = D/dw

dw = diameter ekivalen darai vertical drain

Untuk harga  $U_v$  dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

- Ketika  $T_v$  antara 0 s/d 60%

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \times 100\% \quad (2.19)$$

- Ketika  $T_v > 60\%$

$$U_v = (100 - 10^a)\% \quad (2.20)$$

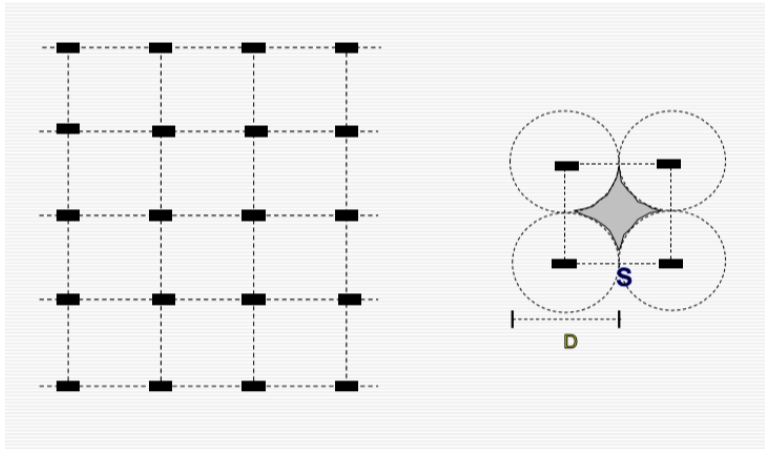
Dimana :

$$a = \frac{1.781 - T_v}{0.933}$$

Untuk dimensi (D) ditentukan dari pola berikut :

#### 1. Persegi

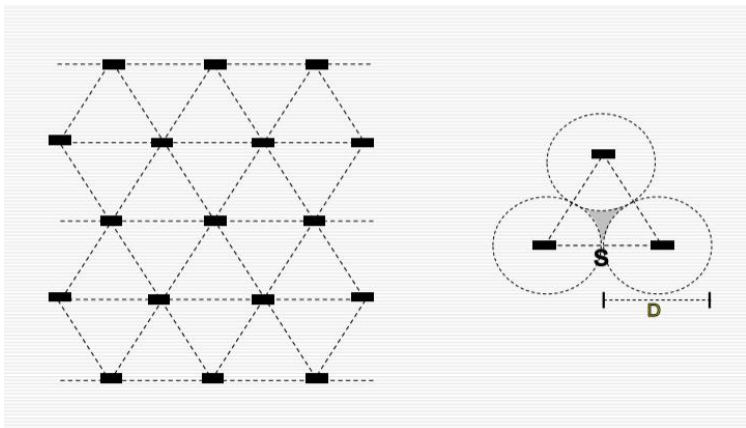
Pola persegi ini meletakkan PVD secara persegi. Untuk jarak lingkaranya dapat dihitung sebagai berikut :  $D = 1.13 \times S$  dimana s adalah jarak antar PVD seperti pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Pola susunan persegi pada PVD

## 2. Segitiga

Pola segitiga yaitu dimana peletakan PVD secara segitiga. Untuk jarak lingkaranya dapat dihitung dengan  $D = 1.05 \times S$  dimana  $s$  adalah jarak antar PVD seperti pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Pola susunan segitiga pada PVD

## 2.3 Daya Dukung

### 2.3.1 Tanah Dasar

#### 1. Stabilisasi Kapur

Kapur adalah zat adiktif yang mengandung kationanion Ca dan Mg yang mampu menetralsir sifat kembang susut tanah. Disamping itu kapur juga menyebabkan terjadinya proses sementasi antara butiran tanah sehingga terbentuk kumpulan partikel yang lebih besar dan muatan permukaan yang relative lebih kecil. Sebagai akibatnya plastisitas dari tanah berkurang dan kembang susut dari tanah pun berkurang. Selain itu terjadi kenaikan kekuatan tanah dasar karena stabilisasi kimia ini. Perbaikan tanah dengan kapur tidak sekedar dicampurkan, namun juga diikuti dengan pemadatan. Oleh karena itu tanah yang diperbaiki dengan bahan kapur, akan mempermudah pekerjaan pemadatan tanah, karena kapur akan mengurangi kelekatan dan kelunakan tanah, serta membuat struktur partikel tanah lempung menjadi rapuh (fragile), sehingga mudah untuk dipadatkan. Namun demikian konskuensi negative dari perbaikan tanah dengan kapur adalah menurunkan nilai kepadatan maksimum dari massa tanah. Karakteristik Bahan Kapur :

- a. Kapur Tohor (CaO)
- b. Kapur Padam
- c. Kapur tipe I (mengandung kalsium hidrat [Ca(OH)<sub>2</sub>])
- d. Kapur tipe II (mengandung Magnesium Oksida (MgO))

Selain itu, terdapat perubahan parameter tanah yang diperbaiki dengan bahan kapur, yaitu:

- a. Perubahan parameter sifat indeks tanah
- a) Liquid Limit mengalami penurunan pada semua tingkat umur campuran. Hal ini dikarenakan depresi pada ketebalan ganda yang terdifusi pada partikel tanah liat, dan

menghasilkan partikel kasar akibat pembentukan partikel yang terflokulasi.

- b) Plastic Limit mengalami penurunan pada semua tingkat umur campuran karena ketebalan lapisan ganda yang dilipat dari partikel tanah liat, dan hal ini akan meningkatkan ketahanan geser tanah pada tingkat partikel dan juga flokulasi partikel tanah liat.
- c) Shrinkage Limit mengalami peningkatan pada semua tingkat umur campuran yang disebabkan oleh flokulasi yang disebabkan oleh kation. Reaksi aglomerasi berupa terjadinya pertukaran ion (ionic change), dan akan efektifitasnya terus meningkat seiring dengan pertambahan umur campuran.
- d) Plasticity Index mengalami penurunan yang cukup signifikan pada usia campuran mencapai 30 hari. Penurunan indeks plastisitas adalah indikasi perbaikan sifat tanah, dan nilainya semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar kapur yang dicampurkan.

### 2.3.2 Tanah Timbunan

#### 1. Geotextile

Geotextile merupakan salah satu perkuat timbunan yaitu untuk perkuatan lereng timbunan (geser). Untuk menentukan besar kekuatan geotextile yang diizinkan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$T_{allow} = \frac{T_{ult}}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \quad (2.21)$$

Dimana :

- $T_{allow}$  = kekuatan geotextile yang diizinkan  
 $T_{ult}$  = kekuatan tarik maksimum geotextile yang digunakan  
 $FS_{id}$  = Faktor keamanan terhadap kerusakan pada pemasangan  
 $FS_{cr}$  = Faktor keamanan terhadap kerusakan akibat rangka



- $FS_{cd}$  = Faktor keamanan terhadap kersakan akibat bahan-bahan kimia
- $FS_{bd}$  = Faktor keamanan terhadap kersakan akibat biologi dalam tanah

Untuk factor keaman tersebut dapat dilihat dari Tabel 2.8 dan Tabel 2.9 dibawah:

**Tabel 2.8** Faktor Keamanan akibat penggunaan Geotextile

Penggunaan Geotextile	$FS_{id}$	$FS_{cr}$	$FS_{cd}$	$FS_{bd}$
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 Stabilitation	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	1,1 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2

**Tabel 2.9** Faktor Keamanan akibat penggunaan Geotextile  
(Lanjutan)

Penggunaan Geotextile	$FS_{id}$	$FS_{cr}$	$FS_{cd}$	$FS_{bd}$
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

Dan untuk mengetahui kebutuhan Panjang geotextile, dapat digunakan rumus berikut :

$$Le = \frac{T_{allow} \times SF}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \quad (2.22)$$

Dimana :

Le = Panjang geotextile dibelakang bidang longsor

$\tau_1$  = Tegangan geser akibat tanah timbunan dengan geotextile  
 $Cu_1 + \sigma'_o \tan \phi_1$

$\tau_2$  = tegangan geser alibat tanah dasar dengan geotextile  
 $Cu_2 + \sigma'_o \tan \phi_2$

E = efiseinsi, diambil E = 0.8

Untuk menghitung kebutuhan geotextile dapat menggunakan persamaan berikut :

$$M_{geotextile} = T_{Allow} \times Ti \quad (2.23)$$

Dimana :

Ti = jarak vertical antara geotextile dengan pusat bidang longsor

$T_{Allow}$  = Kekuatan geotextile yang diizinkan

## 2.4 Penelitian Terdahulu

Subbab ini merupakan kumpulan-kumpulan penelitian terdahulu guna membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.

### 1. Stabilisasi Tanah Lempung Dikecamatan Sukodono Kabupaten Sragen menggunakan Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa dengan Pengujian CBR

Pada daerah sragen, masih banyak jalan rusak yang diakibatkan oleh kondisi tanah yang tidak stabil. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul “*Stabilisasi Tanah Lempung Dikecamatan Sukodono Kabupaten Sragen Menggunakan Campuran Kapur Dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa Dengan Pengujian CBR*” oleh Muh Mukhlisan dengan tujuan menaikkan nilai angka CBR. Untuk tanah penelitian diambil dari wilayah Dukuh Depel, Kabupaten Sragen yang memiliki karakteristik yang dijelaskan pada Tabel 2.10. Dilakukan pencampuran dengan kapur sebanyak 5% dengan bubuk arang tempurung kelapa 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, dan 10%. Dari hasil pengujian yang dilakukan dihasilkan hasil berat jenis kering dan kadar air yang dijelaskan pada Tabel 2.11. dengan hasil CBR yang dijelaskan pada Tabel 2.12. Dapat disimpulkan komposisi yang baik ketika tanah dicampur 5% kapur dan bubuk arang tempurung kelapa 10% pada nilai CBR soaked.

**Tabel 2.10** Hasil uji sifat pada Tanah Asli

Kadar Air (w) (%)	Specific Gravity (Gs)	Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Shrinkage Limit (%)	PI (%)	Lolos Saringan No.200	Group Indeks	Klasifikasi Tanah	
								AASHTO	USCS
10,75	2,749	69,94	30,11	20,13	39,83	88	40	A-7-6	CH

**Tabel 2.11** Hasil uji pemadatan

No	Jenis sampel tanah	$\gamma_{dmax}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Wopt (%)
1	Tanah Asli	1,19	30,53
2	5% Kapur + 0% BATK	1,24	29,10
3	5% Kapur + 2,5% BATK	1,26	27,90
4	5% Kapur+ 5% BATK	1,29	26,15
5	5% Kapur+ 7,5% BATK	1,38	23,70
6	5% Kapur+ 10% BATK	1,42	21,50

**Tabel 2.12** Hasil pengujian CBR

No	Penambahan		Hasil	
	Kapur (%)	BATK (%)	CBR Soaked (%)	CBR Unsoaked (%)
1	0	0	2	3
2	5	0	3	25
3	5	2,5	4	28
4	5	5	5	30
5	5	7,5	7	34
6	5	10	9	35

(Adi, 2019)

## 2. Analisis Geoteknik Pada Taxiway Di Proyek Pengembangan Bandara Ahmad Yani Semarang

Menurut jurnal berjudul “*Analisis Geoteknik Pada Taxiway Di Proyek Pengembangan Bandara Ahmad Yani Semarang*” perhitungan beban pesawat dapat diperhitungkan menggunakan persamaan dari Basuki (1985) sebagai berikut:

$$P = 95\% \times W \quad (2.24)$$

Dimana :

W = Beban Pesawat (kg)

$$q = \frac{P}{(5s+(s-d)) \times (4s+x)} \quad (2.25)$$

dimana :

$$s = \text{Lebar Roda} + \text{Jarak Antar Roda}$$

$$b = 4s + 0.3$$

$$X = \frac{P/N}{\text{Main Gear Pressure}} \times \frac{1}{\text{lebar ban}}$$

N = Jumlah roda pesawat

“halaman ini sengaja dikosongkan”

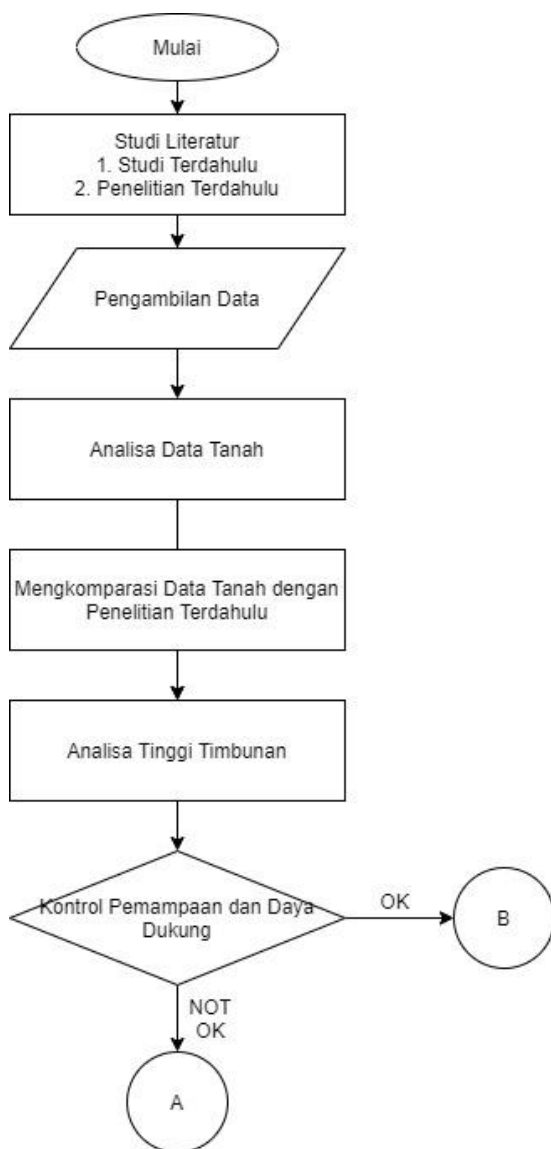
## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Umum**

Bab ini menjelaskan mengenai metode yang digunakan dalam menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir ini. Guna mempermudah pengerjaan pemecahan masalah, maka akan diselesaikan dalam beberapa tahap yang akan dijelaskan dalam poin-poin dibawah ini.

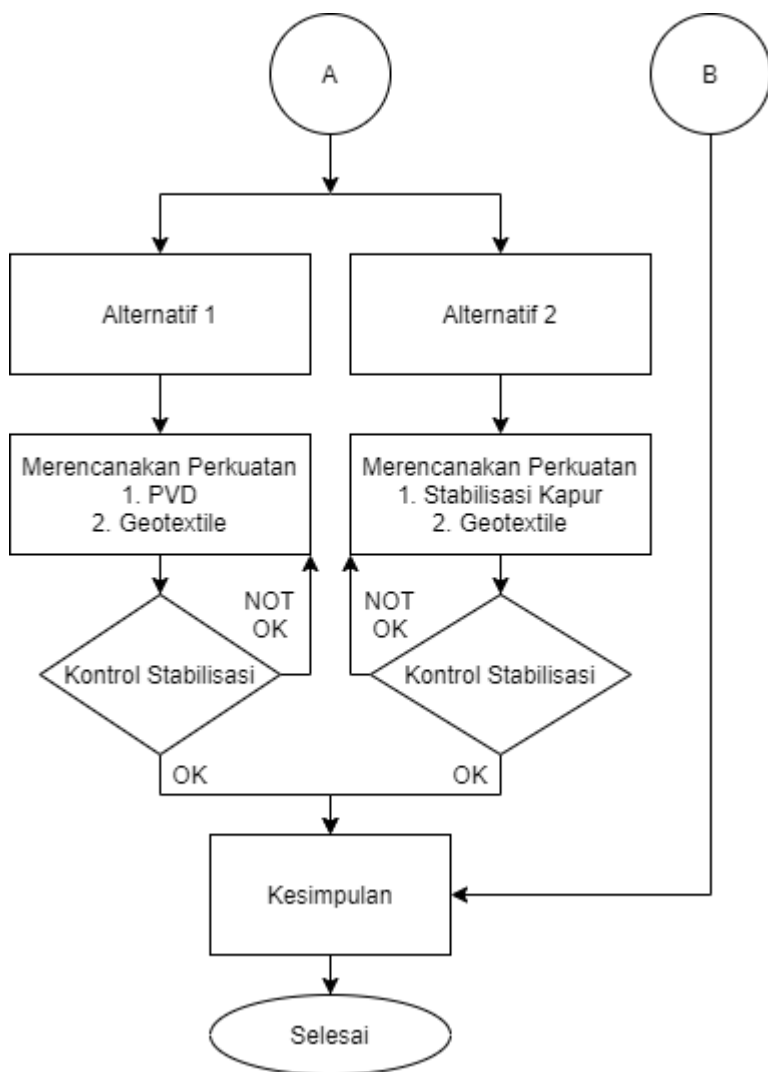
### **3.2 Flowchart**

Berikut metodologi penelitian Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



**Gambar 3.1** Flowchart Metodologi





**Gambar 3.2** Flowchart Metodologi (Lanjutan)

### **3.1 Uraian Tahapan Perencanaan**

#### **3.3.1 Studi Literatur**

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini perlu adanya tahapan studi literatur guna mendukung pemahaman dalam menyelesaikan permasalahan dengan tepat dan menganalisa serta perencanaan perkuatan tanah. Studi literatur dapat berupa studi terdahulu dan penelitian terdahulu yang berupa jurnal, literatur dan buku.

#### **3.3.2 Pengumpulan data**

Untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini, diperlukan data-data sebagai berikut :

1. Data Tanah SPT
2. Data Karakteristik Tanah
3. Spesifikasi bahan material

#### **3.3.3 Analisis Data tanah**

Menganalisa kembali data tanah yang terdapat dari data tanah dan pengujian di Laboratorium.

#### **3.3.4 Menkomparasi Data Tanah dengan Penelitian Terdahulu**

Menentukan penelitian terdahulu yang memiliki karakteristik yang mirip dengan karakteristik tanah pada Bandara Tanah Grogot, Kalimantan.

#### **3.3.5 Analisa Tinggi Timbunan**

Analisa ini dilakukan dengan memperhitungkan beban pesawat dengan cara preloading sehingga dapat ditentukan tinggi timbunan dan pemampatan yang terjadi. Analisa tinggi timbunan  $H_{final}$  pada stabilisasi dangkal dan analisa tinggi timbunan  $H_{inisial}$  pada stabilisasi dalam.

### **3.3.6 Kontrol Pemampatan dan Daya Dukung**

Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan analisa untuk menentukan penyebab permasalahan yang terjadi dengan tahapan sebagai berikut :

1. Menghitung daya dukung tanah
2. Mencari hubungan tinggi awal dan tinggi akhir
3. Mencari hubungan settlement dan ketinggian

### **3.3.7 Merencanakan perkuatan tanah**

Berdasarkan analisa permasalahan, maka ditentukan beberapa alternatif yang memungkinkan untuk menyelesaikan masalah sebagai berikut :

1. Perkuatan menggunakan geotextile kombinasi PVD
  - Merencanakan jumlah lembar geotextile
  - Menghitung Panjang geotextile yang dibutuhkan
  - Merencanakan kedalaman PVD
  - Merencanakan ukuran PVD
  - Menghitung banyaknya PVD
  - Menentukan pola pada PVD
2. Perkuatan menggunakan geotextile kombinasi stabilisasi kapur
  - Menentukan kedalaman tanah yang dicampur dengan kapur
  - Merencanakan jumlah lembar geotextile
  - Menghitung Panjang geotextile yang dibutuhkan

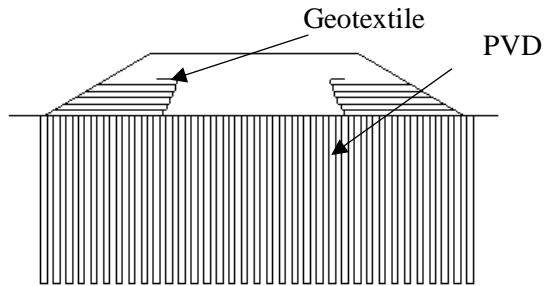
Dari alternatif-alternatif tersebut maka direncanakan dan dilakukan pengecekan stabilitasnya. Jika cek stabilitas tidak memenuhi, maka dilakukan perencanaan ulang sampai memenuhi syarat stabilitas.

### **3.3.8 Analisa Volume dan Biaya Material**

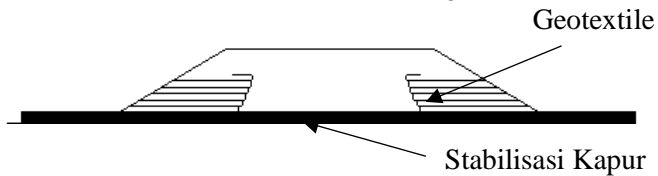
Mendapatkan analisa volume dari hasil perencanaan yang dilakukan dan biaya material yang dikeluarkan sesuai dengan volume yang direncanakan dari brosur spesifikasi.

### 3.3.9 Kesimpulan

Menentukan alternatif yang digunakan dengan membandingkan berdasarkan biaya yang paling ekonomis. Untuk alternatif dapat dilakukan secara kombinasi untuk perkuatan tanah dasar dan pemampatan. Untuk ilustrasi perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



**Gambar 3.3** Ilustrasi Perkuatan dengan Alternatif 1



**Gambar 3.4** Ilustrasi Perkuatan dengan Alternatif 2

## BAB IV DATA DAN ANALISA DATA

### 4.1 Data Tanah

Data tanah yang diperoleh untuk penelitian ini didapatkan dari hasil penyelidikan tanah yang dilakukan oleh Laboratorium Teknik Sipil Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Kalimantan. Data tanah yang diperoleh berupa data 3 titik borlog dan hasil laboratoriumnya berupa  $\gamma_t$ ,  $\gamma_d$ ,  $e_0$ , LL, PL, dan PI. Berdasarkan ketiga data borlog yang ada diketahui bahwa lapisan tanah dasar yang didominasi tanah lempung dengan konsistensi tanah yang berbeda seperti terlihat pada Gambar 4.1. Pada penelitian ini, data yang dibutuhkan berupa  $\gamma_t$ ,  $C_c$ ,  $C_v$ ,  $C_s$ ,  $e_0$ , sudut geser dan kohesi. Dikarenakan data yang didapatkan terbatas, maka untuk mencari nilai lainnya menggunakan hubungan korelasi untuk menentukan  $C_c$ ,  $C_s$ ,  $C_v$ , sudut geser dan  $C_u$ . Selain itu, hubungan korelasi dapat membandingkan data pengujian di laboratorium dengan data berdasarkan teori. Data tanah dapat dilihat sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Data Pengujian BH-1

Kedalaman	N	Desc.	Consistency	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	Angka Pori ( $e_0$ )	LL (%)	PL (%)	PI (%)
0	0	Clay	Very Soft						
1	1	Clay	Very Soft	1.178	0.732	1.076	50.700	35.330	15.370
2	1	Clay	Very Soft						
3	1	Clay	Very Soft	1.263	0.770	1.954	44.830	30.910	13.920
4	1	Clay	Very Soft						
5	1	Clay	Very Soft	1.335	0.762	2.493	41.940	28.220	13.720
6	1	Clay	Very Soft						
7	4	Clay	Very Soft	1.366	0.820	2.164	49.280	29.330	19.950
8	4	Clay	Very Soft						
9	6	Sandy Clay	Soft	1.270	0.890	2.016	45.890	-	45.890
10	6	Sandy Clay	Soft						
11	4	Sandy Clay	Soft	1.323	0.935	1.803	30.500	18.020	12.480
12	4	Sandy Clay	Soft						
13	5	Clay	Soft	1.331	0.922	1.795	39.980	22.160	17.820
14	5	Clay	Soft						
15	5	Clay	Soft	1.359	1.076	1.332	36.060	24.390	11.670

**Tabel 4.2** Data Pengujian BH-1 (Lanjutan)

Kedalaman	N	Desc.	Consistency	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	Angka Pori ( $e_0$ )	LL (%)	PL (%)	PI (%)
16	5	Clay	Soft						
17	10	Clay	Medium	1.208	0.976	0.828	42.530	22.980	19.550
18	10	Clay	Medium						
19	11	Stony Clay	Medium	1.331	0.938	1.576	32.050	18.680	13.370
20	11	Stony Clay	Medium						
21	18	Sandy Clay	Stiff	1.359	1.007	1.548	33.170	30.350	2.810
22	18	Clay	Stiff						
23	42	Sandy Clay	Hard	1.232	0.937	1.730	28.000	-	28.000
24	42	Sandy Clay	Hard						
25	47	Clayey Sand	Hard	1.281	0.994	1.789	32.730	22.880	9.850
26	47	Clayey Sand	Hard						
27	57	Clayey Sand	Hard	1.308	1.080	1.661	25.640	-	25.640
28	57	Sand	Hard						
29	60	Sand	Hard	1.202	1.026	0.753	33.850	30.040	3.820
30	60	Sand	Hard						
31	49	Clayey Sand	Hard	1.419	1.139	1.256	29.150	21.910	7.240
32	49	Clay	Hard						
33	52	Clay	Hard	1.289	0.978	1.628	27.680	19.160	8.520
34	52	Clay	Hard						
35	56	Clay	Hard	1.263	1.001	1.538	27.720	22.450	5.270
36	56	Clay	Hard						
37	59	Clay	Hard	1.222	0.976	1.666	25.990	19.640	6.360
38	59	Clay	Hard						
39	60	Clay	Hard	1.225	0.967	1.733	34.300	21.980	12.320
40	60	Clay	Hard						

Pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2, menjelaskan data yang dihasil oleh BH-1 yaitu tanah berdominan lempung. Dapat dilihat pula, tanah lempung sangat lunak mencapai kedalaman 8 m dengan nilai NSPT <4, lunak dari kedalaman 8 m hingga 16 m dengan nilai NSPT 4-6 dan medium dari kedalaman 16 m hingga 20 m dengan nilai NSPT 10-11. Dari data tersebut nilai  $\gamma_t$ ,  $\gamma_d$ ,  $e_0$ , LL, PL dan PI masing-masing yang diuji tiap kedalaman 2 meter.

**Tabel 4.3** Data Pengujian BH-2

Kedalaman	N	Desc.	Consistency	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	Angka Pori ( $e_0$ )	LL (%)	PL (%)	PI (%)
0	1	Clay	Very Soft						
1	1	Clay	Very Soft	1.201	0.839	2.225	27.700	23.350	4.360
2	1	Clay	Very Soft						
3	1	Clay	Very Soft	1.247	0.667	2.449	44.240	40.330	3.910
4	1	Clay	Very Soft						
5	1	Clay	Very Soft	1.463	0.876	1.341	25.230	-	25.230
6	1	Sandy Clay	Very Soft						

**Tabel 4.4** Data Pengujian BH-2 (Lanjutan)

Kedalaman	N	Desc.	Consistency	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	Angka Pori ( $e_0$ )	LL (%)	PL (%)	PI (%)
7	1	Sandy Clay	Very Soft	1.399	1.046	1.257	22.500	15.870	6.640
8	1	Sandy Clay	Very Soft						
9	3	Sandy Clay	Very Soft	1.498	0.943	1.932	31.200	21.320	9.880
10	3	Sandy Clay	Very Soft						
11	4	Clay	Very Soft	1.457	0.913	1.890	30.620	24.260	6.370
12	4	Sandy Clay	Very Soft						
13	4	Sandy Clay	Very Soft	1.381	0.915	1.269	35.380	25.810	9.570
14	4	Sandy Clay	Very Soft						
15	6	Sandy Clay	Soft	1.306	0.835	1.591	37.350	24.090	13.260
16	6	Sandy Clay	Soft						
17	8	Sandy Clay	Medium	1.244	0.803	2.030	42.900	25.710	17.190
18	8	Clay	Medium						
19	15	Clay	Medium	1.372	0.803	2.008	38.860	26.670	12.190
20	15	Clay	Medium						
21	18	Clay	Stiff	1.320	1.294	1.423	40.290	33.110	7.180
22	18	Clay	Stiff						
23	27	Clay	Hard	1.294	0.826	1.423	45.220	39.060	6.150
24	27	Clay	Hard						
25	31	Clay	Hard	1.372	0.871	1.705	45.730	31.840	13.900
26	31	Clay	Hard						
27	32	Clay	Hard	-	-	-	36.920	31.770	5.150
28	32	Clay	Hard						
29	32	Sandy Clay	Hard	1.258	0.897	2.128	35.180	23.180	12.000
30	32	Sandy Clay	Hard						
31	38	Sandy Clay	Hard	1.320	1.039	1.588	33.710	23.700	10.010
32	38	Clay	Hard						
33	40	Clay	Hard	1.268	0.952	1.773	25.590	17.610	7.980
34	40	Clay	Hard						
35	49	Clay	Hard	-	0.967	1.709	35.230	32.780	2.440
36	49	Clay	Hard						
37	51	Clay	Hard	1.211	0.935	1.495	43.610	31.850	11.750
38	51	Clay	Hard						
39	57	Clay	Hard	-	-	-	16.990	-	16.990
40	57	Sand	Hard						

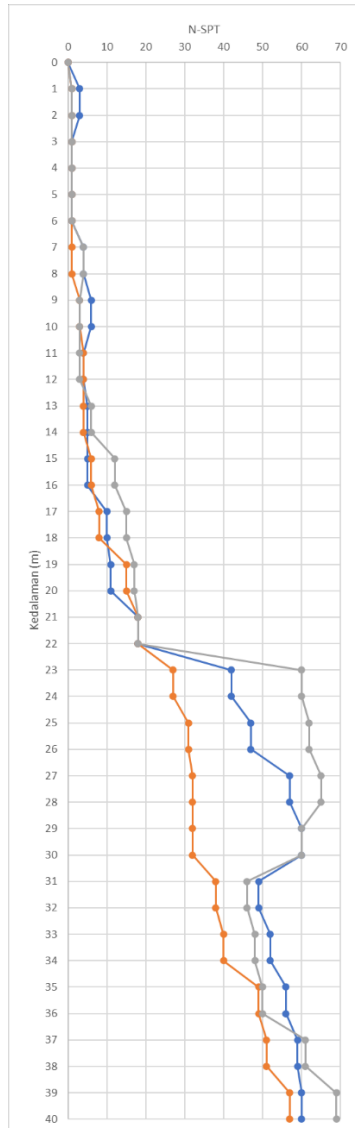
Pada Tabel 4.3. dan Tabel 4.4, menjelaskan data yang dihasil oleh BH-2 yaitu tanah berdominan lempung. Dapat dilihat pula, pada BH-2 tanah sangat lunak hingga kedalaman 14 m dengan nilai NSPT <4, lunak dari kedalaman 14 m hingga 16 m dengan nilai NSPT 4-6 dan medium dari kedalaman 16 m hingga 20 m dengan nilai NSPT 8-15. Dari data tersebut nilai  $\gamma_t$ ,  $\gamma_d$ ,  $e_0$ , LL, PL dan PI masing-masing yang diuji tiap kedalaman 2 meter.

**Tabel 4.5** Data Pengujian BH-3

Kedalaman (m)	N	Desc.	Consistency	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	Angka Pori (e)	LL (%)	PL (%)	PI (%)
0	1	Clay	Very Soft						
1	1	Clay	Very Soft	1.210	0.700	2.294	30.830	30.830	2.570
2	1	Clay	Very Soft						
3	1	Clay	Very Soft	1.239	0.696	2.496	44.700	40.370	4.340
4	1	Clay	Very Soft						
5	1	Clay	Very Soft	1.301	0.720	1.815	30.090	27.770	2.320
6	1	Clay	Very Soft						
7	4	Clay	Very Soft	1.320	0.770	2.003	39.050	20.120	18.930
8	4	Clay	Very Soft						
9	3	Clay	Very Soft	1.202	0.677	2.681	32.660	16.200	16.460
10	3	Clay	Very Soft						
11	3	Clay	Very Soft	1.275	0.780	2.191	30.730	24.260	6.470
12	3	Clay	Very Soft						
13	6	Clay	Soft	1.309	0.778	1.873	36.280	22.590	13.690
14	6	Clay	Soft						
15	12	Clay	Medium	1.205	0.732	2.035	30.010	20.090	9.910
16	12	Sandy Clay	Medium						
17	15	Sandy Clay	Medium	1.313	1.066	1.305	36.050	19.560	16.480
18	15	Clay	Medium						
19	17	Clay	stiff	1.247	1.082	1.353	34.360	23.280	11.080
20	17	Stony Sand	stiff						
21	28	Sandy Clay	stiff	1.294	1.154	1.231	35.290	22.540	12.750
22	28	Clayey Sand	stiff						
23	60	Clayey Sand	Hard	1.317	1.040	1.407	35.600	25.770	9.830
24	60	Clay	Hard						
25	62	Clay	Hard	1.354	1.003	1.489	34.140	25.160	8.980
26	62	Clay	Hard						
27	65	Sand	Hard	-	-	-	36.690	-	36.690
28	65	Sand	Hard						
29	60	Sand	Hard	-	-	-	35.490	-	35.490
30	60	Sand	Hard						
31	46	Sand	Hard	1.313	1.039	1.555	36.410	25.660	10.750
32	46	Sand	Hard						
33	48	Sand	Hard	1.224	0.911	1.808	35.660	24.000	11.650
34	48	Sand	Hard						
35	50	Sand	Hard	1.334	1.204	1.198	36.290	23.980	12.320
36	50	Sandy Clay	Hard						
37	61	Sandy Clay	Hard	1.244	1.115	1.128	38.370	23.660	14.710
38	61	Clay	Hard						
39	69	Clay	Hard	1.340	1.239	1.036	32.940	23.060	9.880
40	69	Clay	Hard						

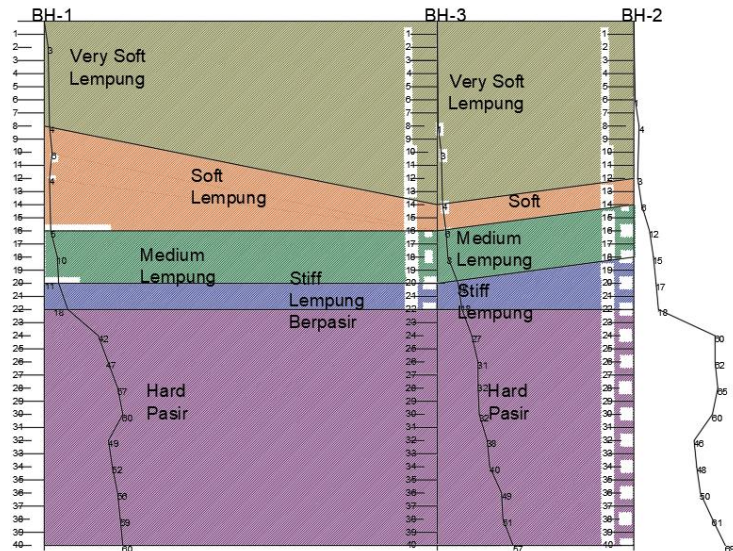
Pada Tabel 4.5, menjelaskan data yang dihasil oleh BH-3 yaitu tanah berdominan lempung. Pada BH-3, tanah sangat lunak hingga kedalaman 12 m dengan nilai NSPT <4, lunak dari kedalaman 12 m hingga 14 m dengan nilai NSPT 4-15 dan medium dari kedalaman 16 m hingga 20 m dengan nilai NSPT 12-15. Dari data tersebut nilai  $\gamma_t$ ,  $\gamma_d$ ,  $e_0$ , LL, PL dan PI masing-masing yang diuji tiap kedalaman 2 meter





**Gambar 4.1 NSPT Vs Kedalaman**

Dari ketiga data yang diperoleh, selanjutnya dilakukan stratigrafi yang menggabungkan dari ketiga data tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pengelompokan data ini akan digunakan sebagai pembagian parameter tanah berdasarkan konsistensinya. Hasil pengelompokan stratigrafi dapat dilihat pada Tabel 4.4.



**Gambar 4.2** Stratigrafi

**Tabel 4.6** Rekapitulasi Stratigrafi

Kedalaman	Konsistensi	Deskripsi
0-12	Very Soft	Clay
12-16	Soft	Sandy Clay
16-20	Medium	Clay

(sumber : Data primer)

**Tabel 4.7** Rekapitulasi Statigrafi (Lanjutan)

Kedalaman	Konsistensi	Deskripsi
20-22	stiff	Clay
22-40	Hard	Clay

(sumber : Data primer)

Dari pengelompokan statigrafi, masing-masing kedalaman memiliki tipe tanah yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel 4.6. dan Tabel 4.7., dengan begitu tanah yang berada di Bandara Tanah Grogot termasuk tanah kohesif.

#### 4.2 Data Tanah Timbunan

Berikut data tanah timbunan yang digunakan pada perencanaan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8** Data Tanah Timbunan

Data Tanah Timbunan		
$\gamma_{\text{timbunan}}$	1.9	t/m <sup>3</sup>
$\phi_{\text{timbunan}}$	30	°
$c_{\text{timbunan}}$	0	
lebar timbunan	30.0	m

#### 4.3 Data Tanah campur Kapur

Pada perhitungan tanah asli kapur menggunakan data sekunder yang terdapat pada penelitian subbab 2.4.1 yang berjudul “Stabilisasi Tanah Lempung Dikecamatan Sukodono Kabupaten Sragen menggunakan Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa dengan Pengujian CBR” yang mana data tanah tersebut memiliki karakteristik yang menyerupai karakteristik tanah di Bandara Tanah Grogot. Data tanah + kapur dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9** Data Tanah + Kapur

	Tanah Asli Sragen	Tanah Sragen + 5% kapur	
W <sub>c</sub>	10.75	10.3	%
G <sub>s</sub>	2.749	2.744	
LL	69.94	65.95	%
PL	30.11	33.18	%
SL	20.13	32.87	%
PI	39.83	32.77	%
Y <sub>d</sub>	1.19	1,24	gr/cm <sup>3</sup>

(sumber: Stabilisasi Tanah Lempung Dikecamatan Sukodono Kabupaten Sragen menggunakan Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa dengan Pengujian CBR)

#### 4.4 Data Pesawat

Pesawat yang digunakan adalah tipe beoing 737-700 yang memiliki spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10** Spesifikasi Pesawat B-737

B737-700	
Tire Press (kPa)	1.358
Weight (kg)	79016
length (m)	37
Span (m)	28.88
Height (m)	11.13

(sumber: Boeing Commercial Airplanes)

#### 4.5 Data PVD

Vertical Drain yang digunakan adalah Prefabricated Vertical Drain merk UnnggulTex dengan spesifikasi dapat dilihat pada Lampiran 4.

#### 4.6 Data Geotextile

Data Geotextile yang digunakan pada perhitungan perencanaan ini didapatkan dari brosur yang diproduksi dari PT.UnggulTex yang dapat dilihat pada Lampiran 5.

#### 4.7 Analisis Data Tanah

Pada subbab ini menjelaskan mengenai perhitungan parameter tanah yang didapat dari pengujian lapangan dan data tanah yang dilakukan dengan hubungan korelasi. Pada data lapangan akan dihitung dengan merata-ratakan data yang didapat, sedangkan pada hubungan korelasi akan dilakukan perhitungan yang menghubungkan data lapangan dengan teori yang ada.

##### 4.7.1 Data Lapangan

Menentukan nilai NSPT yang sudah dikelompokkan berdasarkan konsistensi, contoh konsistensi very soft dari kedalaman 0-12 m :

a. Rata-rata

$$X = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$X = \frac{3(1) + 2(4) + 6 + 4(1) + 3 + 4 + 3(1) + 4 + 2(3)}{18}$$

$$X = 2.27$$

b. Standar Deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{\sum(X - U)^2}{n}}$$

$$STD = 1.55$$

c. Koefisien Variasi

$$COV = \frac{STD}{X} \times 100\%$$

$$COV = \frac{1.55}{2.27} \times 100\%$$

$$COV = 68.33 \%$$

Karena COV tidak memenuhi, maka direncanakan pembagian kedalaman menjadi 0-6 m dan 6-12 m. Perhitungkan pada kedalaman 0-6 m sebagai berikut

a. Rata-rata

$$X = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$X = \frac{9(1)}{9}$$

$$X = 1$$

b. Standar Deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{\sum(X - U)^2}{n}}$$

$$STD = 0$$

c. Koefisien Variasi

$$COV = \frac{STD}{X} \times 100\%$$

$$COV = \frac{0}{1} \times 100\%$$

$$COV = 0 \%$$

Maka didapatkan hasil Koefisien Variasi pada masing-masing kedalaman yang dapat dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11** Rekapitulasi Koefisien Variasi NSPT

Kedalaman	NSPT		
	Average	Standar Deviasi	Koef. Variasi (%)
0-6	1.000	0.000	0.000
6-12	3.556	1.257	35.355
12-16	4.500	0.500	11.111
16-20	9.500	1.500	15.789
20-22	18.000	0.000	0.000
22-40	39.667	9.843	24.815

(sumber : Data primer)

Dari hasil koefisien variasi tersebut dihasilkan persentase yang memenuhi persyaratan sebesar 20-40%. Lalu dilanjutkan perhitungan mencari nilai NSPT dengan menentukan nilai batas atas dan bawah, dimana pada penelitian ini menggunakan derajat kepercayaan sebesar 90%. Jumlah data NSPT pada kedalaman 0-6 m adalah 9, maka didapatkan:

Untuk menenyukan batas bawah :

$$bb = X - \frac{STD}{\sqrt{n}} t_{(db)}$$

Dimana :

$$V = n - 1$$

Sehingga :

$$V = 9 - 1$$

$$V = 8$$

Maka dari Tabel 2.5 didapatkan

$$\lambda = 3.48954$$

Sehingga :

$$bb = 1 - \frac{0}{\sqrt{9}} 3.48$$

$$bb = 1$$

Sedangkan untuk menentukan batas atas sebagai berikut :

$$ba = X + \frac{STD}{\sqrt{n}} t_{(ab)}$$

Dimana :

$$V = n - 1$$

Sehingga :

$$V = 9 - 1$$

$$V = 8$$

Maka dari Tabel 2.5 didapatkan

$$\lambda = 3.48954$$

Sehingga :

$$ba = 1 + \frac{0}{\sqrt{9}} 3.48$$

$$ba = 1$$

Dari batas bawah dan batas atas yang diperhitungkan maka nilai  $\gamma_t$  dapat menggunakan nilai rata-rata gabungan  $\gamma_t$  tersebut. Maka didapatkan hasil Koefisien Variasi pada masing-masing kedalaman yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.



**Tabel 4.12** Rekapitulasi Parameter NSPT

NSPT			
Kedalaman	Batas Atas	Batas Bawah	NSPT
0-6	1.00	1.00	1
6-12	5.02	2.09	3
12-16	4.51	4.49	4
16-20	9.52	9.48	9
20-22	18.00	18.00	18
22-40	53.34	25.99	28

(sumber : Data primer)

Perhitungan tersebut dilakukan kembali pada  $\gamma_t$ ,  $\gamma_d$ ,  $e_0$ , LL, PL dan PI. Hasil rekapitulasi data dapat dilihat pada Tabel 4.13:

**Tabel 4.13** Rekapitulasi Data Laboratorium

Kedalaman	konsistensi Tanah	Desc.	NSPT	$\gamma_t$ ( $t/m^3$ )	$\gamma_d$ ( $t/m^3$ )	$e_0$	LL (%)	PI (%)
0-6	Very Soft	Clay	1	1.194	0.808	1.192	20.067	13.903
06-12			3	1.263	0.808	1.192	20.067	13.903
12-16	Soft	Sandy / Clay	4	1.286	0.876	1.502	34.268	22.225
16-20	Medium	clay	9	1.256	0.945	1.296	35.672	21.277
20-22	stiff	Clay	18	1.322	1.152	1.388	35.959	28.231
22-26	Hard	Clay	28	1.189	1.006	0.843	16.976	13.929
26-40				1.189	1.006	0.843	16.976	13.929

Kedalaman	konsistensi	Desc.	NSPT	PI (%)
0-6	Very Soft	Clay	1	2.865
6-12			3	7.475
12-16	Soft	Sandy Clay	4	11.195
16-20	Medium	Clay	9	13.405
20-22	stiff	Clay	18	2.810
22-30	Hard	Clay	28	24.217
30-40				4.084

(sumber : Data primer)

Pada Tabel 4.10. menjelaskan nilai parameter tanah pada masing-masing kedalaman yang sudah dikelompokan berdasarkan

konsistensinya yang mana akan digunakan untuk penelitian ini setelah dibandingkan dengan nilai korelasi.

#### 4.7.2 Data dari Korelasi

Data dengan hubunga korelasi pada penelitian ini bersumber dari Biarez, Mochtar, dan Bowless yang mana dilakukan interpolasi untuk mengetahui nilai yang dicari. Untuk perhitungan diambil contoh interpolasi pada gamma t ( $\gamma_t$ ) pada BH-1 sebagai berikut :

NSPT : 6 pada kedalaman 9 m

Batas NSPT yaitu 0 – 25 dan batas  $\gamma_t$  yaitu 14 – 20 ( $\text{kN/m}^3$ ), maka didapatkan :

$$\gamma_t = \frac{(6 - 0)}{(25 - 0)}x (20 - 0) + 14$$

$$\gamma_t = 16.14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_t = 1.614 \text{ t/m}^3$$

Selanjutnya menentukan nilai koefisien variasi pada  $\gamma_t$  memenuhi syarat dengan sebagai berikut :

a. Rata-rata

$$X = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

$$X = \frac{3(1.55)+2(1.79)+1.61+5(1.55)}{18} + \frac{(1.71)+3(1.55)+1.79+2(1.71)}{18}$$

$$X = 1.62 \text{ t/m}^3$$

b. Standar Deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{\sum(X - U)^2}{n}}$$

$$STD = 0.096$$

c. Koefisien Variasi

$$COV = \frac{STD}{X} \times 100\%$$

$$COV = \frac{0.096}{1.62} \times 100\%$$

$$COV = 5.81 \%$$

Maka didapatkan hasil Koefisien Variasi pada masing-masing kedalaman yang dapat dilihat pada Tabel 4.14.

**Tabel 4.14** Rekapitulasi Koefisien  $\gamma_t$

Kedalaman	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )		
	Average	Standar Deviasi	Koef. Variasi (%)
0-12	1.620	0.096	5.908
12-16	1.643	0.083	5.055
16-20	1.739	0.068	3.899
20-22	1.922	0.100	5.199
22-40	2.000	0.000	0.000

(sumber : Data primer)

Dari hasil koefisien variasi tersebut dihasilkan persenan yang memenuhi persyaratan sebesar 5-7%. Lalu dilanjutkan perhitungan mencari nilai NSPT dengan menentukan nilai batas atas dan bawah, dimana pada penelitian ini menggunakan derajat kepercayaan sebesar 90%. Jumlah data NSPT pada kedalaman 0-12 m adalah 18, maka didapatkan:

$$V = n - 1$$

$$V = 18 - 1$$

$$V = 17$$

Maka dari Tabel 2.5 didapatkan

$$\lambda = 10.0852$$

Untuk menentukan batas bawah :

$$bb = X - \frac{STD}{\sqrt{n}} t_{(db)} s$$

$$bb = 1.62 - \frac{0.096}{\sqrt{18}} \times 10.08$$

$$bb = 1.39 \frac{t}{m^3}$$

Sedangkan untuk menentukan batas atas sebagai berikut :

$$ba = X + \frac{STD}{\sqrt{n}} t_{(db)}$$

$$ba = 1.62 + \frac{0.096}{\sqrt{18}} \times 10.08$$

$$ba = 1.85 \frac{t}{m^3}$$

Dari batas bawah dan batas atas yang diperhitungkan maka nilai  $\gamma_t$  dapat menggunakan nilai rata-rata gabungan  $\gamma_t$  tersebut. Maka didapatkan hasil Koefisien Variasi pada masing-masing kedalaman yang dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4.15** Rekapitulasi Parameter  $\gamma_t$

$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )			
Kedalaman	Batas Atas	Batas Bawah	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )
0-12	1.85	1.39	1.62
12-16	1.70	1.59	1.64

(sumber : Data primer)

**Tabel 4.16** Rekapitulasi Parameter  $\gamma_t$  (Lanjutan)

$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )			
Kedalaman	Batas Atas	Batas Bawah	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )
16-20	1.78	1.69	1.74
20-22	1.93	1.91	1.92
22-40	2.00	2.00	2.00

(sumber : Data primer)

Perhitungan tersebut dilakukan kembali untuk menentukan parameter Liquid Limit, Angka Pori,  $C_c$ ,  $C_v$  dengan menggunakan Tabel dari Biarez, sedangkan  $C_s$  merupakan  $1/5 C_c$ , dan kohesi didapatkan dari  $2/3 C_u$  yang mana hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.17.

**Tabel 4.17** Rekapitulasi Data Koelasi

Kedalaman (m)	konsistensi	Desc.	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )	LL (%)	$e_0$	$C_c$	$C_s$	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /s)	$c'$ (kPa)	$\phi$	$C_u$ (Kpa)
0-6	Very Soft	Clay	1.620	64.809	1.749	0.466	0.093	0.00047	3.333	0.500	5.0
06-12			1.620	64.809	1.749	0.466	0.093	0.00047	7.953	2.000	5.0
12-16	Soft	Sandy / Clay	1.643	60.958	1.644	0.432	0.086	0.00052	16.510	3.000	11.9
16-20	Medium	clay	1.739	56.231	1.511	0.389	0.078	0.00057	36.617	5.000	24.8
20-22	stiff	Clay	1.922	31.759	0.858	0.169	0.034	0.00095	69.582	7.000	54.9
22-26	Hard	Clay	2.000	27.139	0.734	0.127	0.025	0.00380	97.714	9.000	104.4
26-40		Clay	2.000	27.139	0.734	0.127	0.025	0.00380	97.714	9.000	146.6

(sumber : Data primer)

Keterangan :

- $\gamma_t$  menggunakan interpoasi dari Tabel bowless
- LL (%) didapat menggunakan interpolasi dari Tabel Biarez
- $e_0$  didapat menggunakan interpolasi dari Tabel Biarez
- $C_c = 0.009$  (LL-13)
- $C_s = 1/5 C_c$
- $C_v$  didapatktan menggunakan interpolasi dari Tabel Biarez
- $C' = 2/3 C_u$
- Sudut Geser didapat dari Tabel Burt Look

Parameter tanah yang sudah diperoleh dari hasil korelasi akan dibandingkan dengan parameter yang berasal dari lapangan untuk menentukan parameter manakah yang akan dipakai dalam perhitungan. Karena hasil laboratorium yang ada menunjukkan nilai parameter yang tidak konsisiten, sebagai contoh semakin besar  $N_{SPT}$  tetapi nilai berat volumenya naik turun, maka yang dipakai sebagai dasar perhitungan adalah parameter yang berasal dari korelasi.

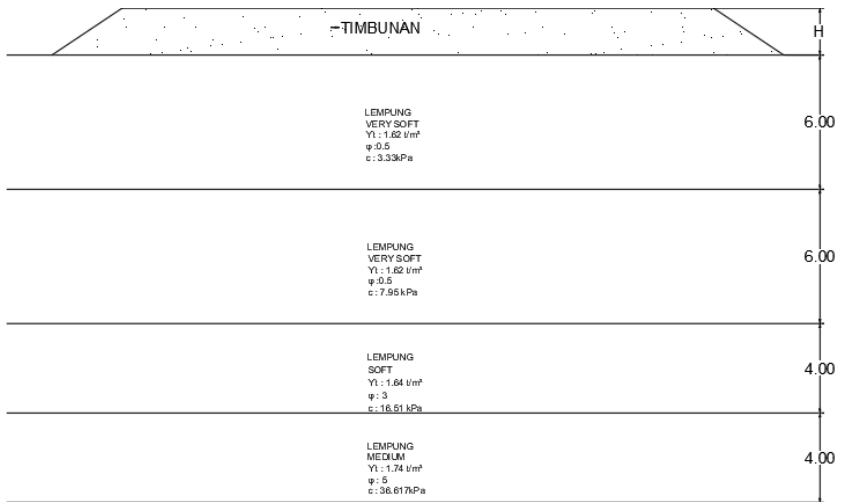
“halaman ini sengaja dikosongkan”



## BAB V MENENTUKAN TINGGI TIMBUNAN

### 5.1 Tinggi Timbunan Untuk PVD dan Geotextile

Pemampatan terjadi akibat beban yang diterima oleh tanah khususnya tanah lempung dan tanah lanau. Beban tersebut berupa beban timbunan dan beban tambahan yaitu beban pavemet dan beban pesawat. Perhitungan pemampatan dilakukan untuk mendapatkan tinggi timbunan awal ( $H_{inisial}$ ) dari tinggi timbunan yang direncanakan ( $H_{final}$ ). Berikut sketsa pembebanan dapat dilihat pada Gambar 5.1



**Gambar 5.1** Sketsa Pembebanan

### 5.1.1 Beban timbunan

Pada beban timbunan data tanah timbunan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.6. Untuk menentukan desain tinggi timbunan, diperlukan memvariasikan beban timbunan sebagai berikut :

1.  $H = 3$  m, maka beban yang diterima adalah

$$q = H \times \gamma_{timb}$$

$$q = 3 \times 1.9 = 5.7 \text{ t/m}^2$$

2.  $H = 5$  m, maka beban yang diterima adalah

$$q = H \times \gamma_{timb}$$

$$q = 5 \times 1.9 = 9.5 \text{ t/m}^2$$

3.  $H = 7$  m, maka beban yang diterima adalah

$$q = H \times \gamma_{timb}$$

$$q = 7 \times 1.9 = 13.3 \text{ t/m}^2$$

4.  $H = 9$  m, maka beban yang diterima adalah

$$q = H \times \gamma_{timb}$$

$$q = 9 \times 1.9 = 17.1 \text{ t/m}^2$$

5.  $H = 11$  m, maka beban yang diterima adalah

$$q = H \times \gamma_{timb}$$

$$q = 11 \times 1.9 = 20.9 \text{ t/m}^2$$

Beban-beban tersebut didistribusikan kedalam tanah, sehingga dapat diketahui besar pemampatan yang terjadi. Berikut

contoh perhitungan untuk menentukan besar pemampatan pada tanah ketika tinggi timbunan  $H=3$  m sebagai berikut

Pada kedalaman 0-1 m

H timbunan = 3 m

$$q_0 = H \times \gamma_t$$

$$q_0 = 3 \times 1.9 = 5.7 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan tegangan overburden

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

$$\gamma' = \gamma - \gamma_w$$

$$\gamma' = 1.620 - 1$$

$$\gamma' = 0.620 \text{ t/m}^3$$

$$\sigma_o' = \gamma' \times H$$

$$\sigma_o' = 0.620 \times 0.5$$

$$\sigma_o' = 0.310 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan tegangan prakonsolidasi akibat adanya beban karena fluktuasi muka air tanah.

Hflukstasi = 1.5 m

$$\sigma_c' = \sigma_o' + (\gamma_w \times H_{fluks})$$

$$\sigma_c' = 0.310 + (1 \times 1.5)$$

$$\sigma_c' = 1.810 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan beban tambahan akibat beban timbunan yang ditinjau dari tengah-tengah lapisan.

$$B_1 = 13.25 \text{ m}$$

$$B_2 = H \times 1,5 = 3 \times 1,5 = 4.5 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{Z} \right\}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{13.25 + 4.5}{4.5} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{4.5}{0.5} \right\}$$

$$\alpha_1 = 0.399$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{Z} \right\}$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left\{ \frac{13.25}{0.5} \right\}$$

$$\alpha_2 = 87.839$$

$$\Delta P = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} \alpha_2 \right]$$

$$\Delta P = \frac{5.7}{\pi} \left[ \left\{ \frac{13.25 + 4.5}{3} \right\} (0.399 + 87.839) - \frac{13.25}{4.5} 87.839 \right]$$

$$\Delta P = 2.849 \text{ t/m}^2$$

$$2\Delta P = 2 \times 2.849 \text{ t/m}^2$$

$$2\Delta P = 5.700 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan besar pemampatan

$$\frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} > 1$$

$$\frac{1.810}{0.31} > 1$$

$$5.837 > 1$$

Maka dinyatakan menggunakan rumus tanah OC, lalu cek rumus OC yang digunakan sebagai berikut :

$$\sigma_o' + 2\Delta P < \sigma_c', \text{ menggunakan rumus 1 pada persamaan 2.4}$$

$$0.31 + 3.800 < 1.810$$

$$4.110 < 1.810, \text{ not ok}$$

$$\sigma_o' + 2\Delta P > \sigma_c' \text{ menggunakan rumus 2 pada persamaan 2.5}$$

$$0.31 + 3.800 > 1.810$$

$$4.110 > 1.810, \text{ maka menggunakan rumus 2}$$

$$S_c = C_s \cdot \frac{H_o}{1 + e_o} \cdot \text{Log} \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} + C_c \cdot \frac{H_o}{1 + e_o} \cdot \text{Log} \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'}$$

$$S_c = 0.093 \cdot \frac{3}{1 + 1.749} \cdot \text{Log} \frac{1.81}{0.31} + 0.466 \cdot \frac{3}{1 + 1.749} \cdot \text{Log} \frac{0.31 + 3.8}{0.31}$$

$$S_c = 0.114 \text{ m}$$

Lakukan perhitungan seperti atas untuk variasi beban lainnya hingga kedalaman tanah compressible. Berikut rekapitulasi perhitungan penurunan akibat timbunan pada ketinggian H=3 m dapat dilihat pada Tabel 5.1 dengan total pemampatan sebesar 0.795 m dan variasi ketinggian lainnya dapat dilihat pada Lampiran 6.

**Tabel 5.1** Rekap penurunan akibat timbunan H= 3 m

No.	Kedalaman	z (m)	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q <sub>0</sub> (t/m)	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma + \sigma_o$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.500	0.310	1.810	5.700	2.850	5.700	6.010	5.837	OC	Rumus 2	0.114	0.114
2	1	1.500	0.930	2.430	5.700	2.849	5.698	6.628	2.612	OC	Rumus 2	0.088	0.202
3	2	2.500	1.551	3.051	5.700	2.845	5.690	7.240	1.967	OC	Rumus 2	0.074	0.276
4	3	3.500	2.171	3.671	5.700	2.836	5.673	7.844	1.691	OC	Rumus 2	0.064	0.340
5	4	4.500	2.791	4.291	5.700	2.822	5.644	8.435	1.537	OC	Rumus 2	0.056	0.396
6	5	5.500	3.411	4.911	5.700	2.802	5.603	9.014	1.440	OC	Rumus 2	0.050	0.446
7	6	6.500	4.031	5.531	5.700	2.774	5.549	9.580	1.372	OC	Rumus 2	0.045	0.491
8	7	7.500	4.652	6.152	5.700	2.741	5.481	10.133	1.322	OC	Rumus 2	0.020	0.512
9	8	8.500	5.272	6.772	5.700	2.701	5.402	10.674	1.285	OC	Rumus 2	0.037	0.549
10	9	9.500	5.892	7.392	5.700	2.656	5.312	11.204	1.255	OC	Rumus 2	0.034	0.583
11	10	10.500	6.512	8.012	5.700	2.607	5.214	11.726	1.230	OC	Rumus 2	0.031	0.614
12	11	11.500	7.133	8.633	5.700	2.554	5.109	12.241	1.210	OC	Rumus 2	0.029	0.642
13	12	12.500	7.753	9.253	5.700	2.499	4.999	12.751	1.193	OC	Rumus 2	0.026	0.669
14	13	13.500	8.385	9.885	5.700	2.442	4.885	13.269	1.179	OC	Rumus 2	0.023	0.692
15	14	14.500	9.028	10.528	5.700	2.384	4.769	13.797	1.166	OC	Rumus 2	0.021	0.713
16	15	15.500	9.672	11.172	5.700	2.326	4.652	14.323	1.155	OC	Rumus 2	0.020	0.733
17	16	16.500	10.315	11.815	5.700	2.267	4.535	14.850	1.145	OC	Rumus 2	0.018	0.751
18	17	17.500	11.006	12.506	5.700	2.209	4.419	15.425	1.136	OC	Rumus 2	0.016	0.767
19	18	18.500	11.745	13.245	5.700	2.152	4.305	16.049	1.128	OC	Rumus 2	0.015	0.781
20	19	19.500	12.483	13.983	5.700	2.096	4.193	16.676	1.120	OC	Rumus 2	0.007	0.788
21	20	20.500	13.222	14.722	5.700	2.042	4.084	17.305	1.113	OC	Rumus 2	0.007	0.795

### 5.1.2 Beban Tambahan

Selain beban timbunan, tanah dasar akan menerima beban tambahan berupa beban perkerasan yang memiliki tebal 0.8 m dan beban pesawat tipe Boing-737-700 yang dapat dihitung sebagai berikut :

$$q = \gamma_{\text{beton}} \times t_{\text{pavement}}$$

$$q = 2.4 \times 0.8$$

$$q = 1.92 \text{ t/m}^2$$

Pada perhitungan beban pesawat menggunakan persamaan 2.25 yang didapatkan dari jurnal berjudul “*Analisis Geoteknik Pada Taxiway Di Proyek Pengembangan Bandara Ahmad Yani Semarang*” sebagai berikut:

Data pesawat:

$$W = 77016 \text{ kg}$$

$$\text{Main gear} = 1.358 \text{ kPa}$$

$$\text{Main gear} = 13,58 \text{ kg/cm}^2$$

$$D_{\text{roda}} = 77.47 \text{ cm}$$

$$L_{\text{roda}} = 41.91 \text{ m}$$

$$P = 95\% \times W$$

$$P = 95\% \times 77016$$

$$P = 75065.2 \text{ kg}$$

$$X = \frac{P/N}{\text{Main Gear}} \times \frac{1}{d}$$

$$X = \frac{75065.2}{13.58} \times \frac{1}{41.91}$$

$$X = 21.98 \text{ cm}$$

$$S = L_{\text{roda}} + D_{\text{roda}}$$

$$S = 41.91 + 77.47$$

$$S = 119.38 \text{ cm}$$

$$B = 4S + 0.3$$

$$B = (4 \times 119.38) + 0.3$$

$$B = 477.82 \text{ cm}$$

$$q = \frac{P \text{ (untuk dual wheel)}}{5S + (S - D) \times (4S + X)}$$

$$q = \frac{P}{(5S + (S - D)) \times (4S + X)}$$

$$q = \frac{75065.2}{596.9 + (119.38 - 77.47) \times (477.52 + 21.98)}$$

$$q = 0.23 \text{ kg/cm}^2$$

$$q = 2.24 \text{ t/m}^2$$

Untuk beban tambahan ini nantinya akan diperhitungkan menggunakan program bantu XSTABL.

### 5.1.3 Menentukan $H_{inisial}$ dan $H_{final}$

Setelah diketahui besar pemampatan yang terjadi akibat beban timbunan dan beban tambahan, maka tinggi timbunan akan lebih rendah dari pada tinggi timbunan yang direncanakan. Oleh karena itu, diperlukan tinggi timbunan awal menggunakan rumus persamaan 2.10. Berikut adalah contoh perhitungan tinggi timbunan awal:

$$H_{inisial} = \frac{(q + s_c)}{\gamma}$$

$$H_{inisial} = \frac{(5.7 + 1.570)}{1.9}$$

$$H_{inisial} = 3.42 \text{ m}$$

Setelah diketahui tinggi timbunan awal, selanjutnya menghitung tinggi timbunan akhir menggunakan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$H_{final} = H_{inisial} - s_c$$



$$H_{final} = 1.8 - 0.795$$

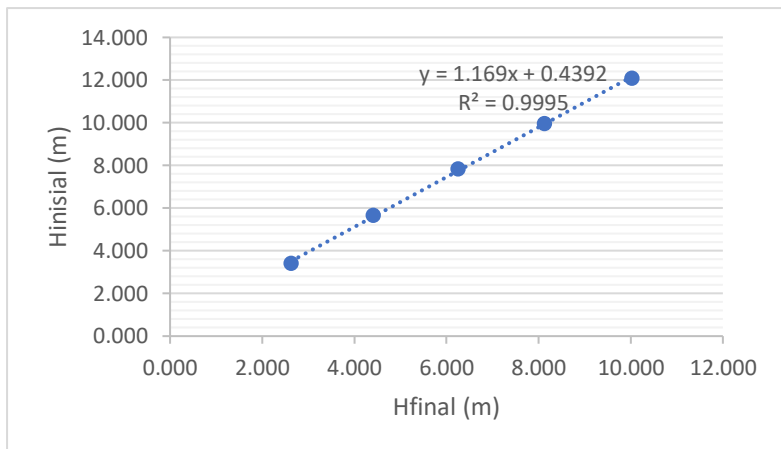
$$H_{final} = 2.623 \text{ m}$$

**Tabel 5.2** Rekapitulasi  $H_{inisial}$  dan  $H_{final}$

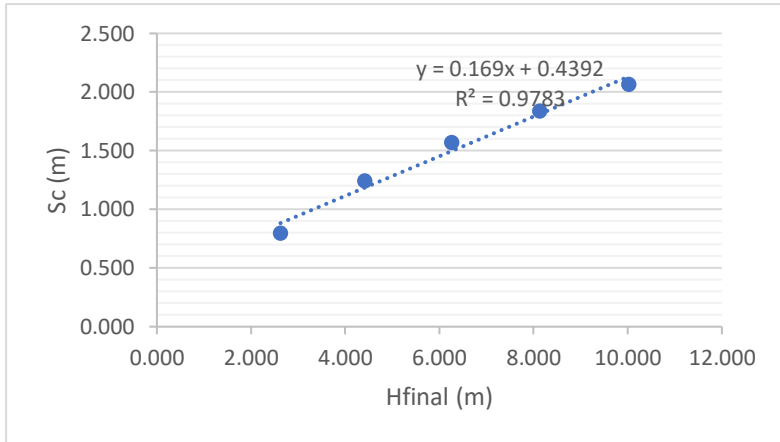
No.	H	Beban	Sc akibat timbunan	Hinisial	Tinggi Final
	m	t/m	m	m	m
1	3	5.7	0.795	3.418	2.623
2	5	9.5	1.242	5.654	4.412
3	7	13.3	1.570	7.826	6.256
4	9	17.1	1.838	9.967	8.130
5	11	20.9	2.064	12.086	10.022

(sumber : Data primer)

Dari perhitungan beban timbunan dan beban tambahan, maka didapatkan hubungan grafik  $H_{inisial}$  dengan  $H_{final}$  yang dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan hubungan grafik settlement dengan  $H_{final}$  yang dapat dilihat pada Gambar 5.3



**Gambar 5.2** Hubungan  $H_{final}$  dan  $H_{inisial}$



**Gambar 5.3** Hubungan  $H_{final}$  dan Settlement

Dari hasil hubungan Gambar 5.2 didapatkan persamaan untuk menentukan  $H_{inisial}$ , sedangkan hasil persamaan hubungan Gambar 5.3 untuk menentukan settlement timbunan yang direncanakan. Berikut contoh perhitungan untuk  $H_{final} = 1.2$  m :

$$X = 1.2 \text{ m}$$

Contoh perhitungan  $H_{inisial}$  :

$$H_{inisial} = 1,169x + 0.439$$

$$H_{inisial} = 1,169 (1.22) + 0.439$$

$$H_{inisial} = 1.84 \text{ m}$$

Contoh perhitungan settlement:

$$Settlement = 0.169x + 0.4392$$

$$Settlement = 0.169(2) + 0.4392$$

$$Settlement = 0.64 \text{ m}$$

## 5.2 Tinggi Timbunan Untuk Stabilisasi Kapur dan Geotextile

### 5.2.1 Beban Timbunan

Perencanaan ini dilakukan seperti subbab 5.1 namun menggunakan data tanah yang sudah terstabilisasi oleh kapur pada subbab 4.3. Maka dari itu dilakukan perhitungan seperti subbab 5.1 namun dengan tanah dasar yang terstabilisasikan kapur hingga kedalaman yang memenuhi persyaratan penurunan untuk runway menurut “KP 693 Tahun 2015 tentang Tata Cara Dan Prosedur Sertifikasi Prasarana Bandar Udara”, persyaratan besar pemampatan pada runway adalah  $< 50$  mm pertahunnya. Menurut *Soil Stabilization for Pavements, Department Of The Army, The Navy, And The Air Force*, tanah yang distabilisasi oleh kapur diizinkan hingga kedalaman 24 inches (60 cm) ketika saat pelaksanaan pencampuran dilokasi. Maka dari itu diperhitungkan ketika tanah terstabilisasi oleh kapur sedalam 50 sebagai berikut:

1.  $H = 3$  m, maka beban yang diterima adalah

$$q = H \times \gamma_{timb}$$

$$q = 3 \times 1.9 = 5.7 \text{ t/m}^2$$

2.  $H = 5$  m, maka beban yang diterima adalah

$$q = H \times \gamma_{timb}$$

$$q = 5 \times 1.9 = 9.5 \text{ t/m}^2$$

3.  $H = 7$  m, maka beban yang diterima adalah

$$q = H \times \gamma_{timb}$$

$$q = 7 \times 1.9 = 13.3 \text{ t/m}^2$$

4.  $H = 9$  m, maka beban yang diterima adalah

$$q = H \times \gamma_{timb}$$

$$q = 9 \times 1.9 = 17.1 \text{ t/m}^2$$

Beban-beban tersebut didistribusikan kedalam tanah, sehingga dapat diketahui besar pemampatan yang terjadi. Berikut contoh perhitungan untuk menentukan besar pemampatan pada tanah ketika tinggi timbunan  $H=3$  m sebagai berikut

Pada kedalaman 0-0.5 m

H timbunan = 3 m

$$q_0 = 3 \times 1.9 = 5.7 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan tegangan overburden

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

$$\gamma' = \gamma - \gamma_w$$

$$\gamma' = 1.784 - 1$$

$$\gamma' = 0.784 \text{ t/m}^3$$

$$\sigma_o' = \gamma' \times H$$

$$\sigma_o' = 0.784 \times 0.25$$

$$\sigma_o' = 0.196 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan tegangan prakonsolidasi akibat adanya beban karena fluktuasi muka air tanah.

Hflukstasi = 1.5 m

$$\sigma_c' = \sigma_o' + (\gamma_w \times H_{fluks})$$

$$\sigma_c' = 0.196 + (1 \times 1.5)$$

$$\sigma_c' = 1.696 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan beban tambahan akibat beban timbunan yang ditinjau dari tengah-tengah lapisan.

$$B_1 = 13.25 \text{ m}$$

$$B_2 = H \times 1,5 = 3 \times 1,5 = 4.50 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{Z} \right\}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{13.25 + 4.50}{4.50} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{4.50}{0.25} \right\}$$

$$\alpha_1 = 0.274$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{Z} \right\}$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left\{ \frac{13.25}{0.25} \right\}$$

$$\alpha_2 = 88.919$$

$$\Delta P = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} \alpha_2 \right]$$

$$\Delta P = \frac{5.7}{\pi} \left[ \left\{ \frac{13.25 + 4.50}{4.50} \right\} (0.274 + 88.919) - \frac{13.25}{4.50} 88.919 \right]$$

$$\Delta P = 2.85 \text{ t/m}^2$$

$$2\Delta P = 2 \times 2.85 \text{ t/m}^2$$

$$2\Delta P = 5.70 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan besar pemampatan

$$\frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} > 1$$

$$\frac{1.696}{0.196} > 1$$

$$8.653 > 1$$

Maka dinyatakan menggunakan rumus tanah OC, lalu cek rumus OC yang digunakan sebagai berikut:

$$\sigma_o' + 2\Delta P < \sigma_c' \text{ , menggunakan rumus 1 pada persamaan 2.4}$$

$$0.196 + 5.70 < 1.696$$

$$5.896 < 1.696, \text{ not ok}$$

$$\sigma_o' + 2\Delta P > \sigma_c' \text{ menggunakan rumus 2 pada persamaan 2.5}$$

$$0.196 + 5.7 > 1.696$$

$$5.896 > 1.696, \text{ maka menggunakan rumus 2}$$

$$S_C = C_S \cdot \frac{H_o}{1 + e_o} \cdot \text{Log} \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} + C_C \cdot \frac{H_o}{1 + e_o} \cdot \text{Log} \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'}$$

$$S_C = 0.095 \cdot \frac{0.5}{1 + 1.182} \cdot \text{Log} \frac{1.696}{0.235} + 0.466 \cdot \frac{0.5}{1 + 1.182} \cdot \text{Log} \frac{0.196 + 5.70}{0.196}$$

$$S_C = 0.002 \text{ m}$$

Lakukan perhitungan seperti atas untuk variasi beban lainnya. Berikut rekapitulasi perhitungan penurunan akibat timbunan pada ketinggian H=3 m dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan variasi ketinggian lainnya dapat dilihat pada Lampiran 7 s.d Lampiran 9.

**Tabel 5.3** Rekap penurunan akibat timbunan H=3 m dengan Stabilisasi Kapur

No.	H (m)	z (m)	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q0 (t/m)	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0.25	0.250	0.196	1.696	5.700	2.850	5.700	8.653	OC	Rumus 2	0.002	0.002
2	0.5	0.750	0.465	1.965	5.700	2.850	5.700	4.225	OC	Rumus 2	0.053	0.053
3	1	1.500	0.547	2.047	5.700	2.849	5.698	3.742	OC	Rumus 2	0.102	0.104
4	1	2.500	0.857	2.357	5.700	2.845	5.690	2.750	OC	Rumus 2	0.090	0.194
5	1	3.500	1.167	2.667	5.700	2.836	5.673	2.285	OC	Rumus 2	0.082	0.276
6	1	4.500	1.477	2.977	5.700	2.822	5.644	2.015	OC	Rumus 2	0.075	0.350
7	1	5.500	1.788	3.288	5.700	2.802	5.603	1.839	OC	Rumus 2	0.069	0.419
8	1	6.500	2.098	3.598	5.700	2.774	5.549	1.715	OC	Rumus 2	0.063	0.482
9	1	7.500	2.408	3.908	5.700	2.741	5.481	1.623	OC	Rumus 2	0.059	0.541
10	1	8.500	2.718	4.218	5.700	2.701	5.402	1.552	OC	Rumus 2	0.055	0.596
11	1	9.500	3.028	4.528	5.700	2.656	5.312	1.495	OC	Rumus 2	0.051	0.647
12	1	10.500	3.338	4.838	5.700	2.607	5.214	1.449	OC	Rumus 2	0.047	0.694
13	1	11.500	3.648	5.148	5.700	2.554	5.109	1.411	OC	Rumus 2	0.044	0.739
14	1	12.500	3.958	5.458	5.700	2.499	4.999	1.379	OC	Rumus 2	0.041	0.780
15	1	13.500	4.274	5.774	5.700	2.442	4.885	1.351	OC	Rumus 2	0.037	0.817
16	1	14.500	4.596	6.096	5.700	2.384	4.769	1.326	OC	Rumus 2	0.034	0.851
17	1	15.500	4.918	6.418	5.700	2.326	4.652	1.305	OC	Rumus 2	0.032	0.883
18	1	16.500	5.239	6.739	5.700	2.267	4.535	1.286	OC	Rumus 2	0.030	0.913
19	1	17.500	5.585	7.085	5.700	2.209	4.419	1.269	OC	Rumus 2	0.026	0.940
20	1	18.500	5.954	7.454	5.700	2.152	4.305	1.252	OC	Rumus 2	0.025	0.964
21	1	19.500	6.323	7.823	5.700	2.096	4.193	1.237	OC	Rumus 2	0.012	0.976
22	1	20.500	6.693	8.193	5.700	2.042	4.084	1.224	OC	Rumus 2	0.011	0.987

### 5.2.2 Beban Tambahan

Selain beban timbunan, nantinya tanah dasar akan menerima beban tambahan berupa beban perkerasan yang memiliki tebal 0.8 m dan beban pesawat tipe Boing-737-700 yang dapat dihitung sebagai berikut :

$$q = \gamma_{\text{beton}} \times t_{\text{pavement}}$$

$$q = 2.4 \times 0.8$$

$$q = 1.92 \text{ t/m}^2$$

Pada perhitungan beban pesawat menggunakan persamaan 2.25 yang didapatkan dari jurnal berjudul “*Analisis Geoteknik Pada Taxiway Di Proyek Pengembangan Bandara Ahmad Yani Semarang*” sebagai berikut:

Data pesawat:

$$W = 77016 \text{ kg}$$

$$\text{Main gear} = 1.358 \text{ kPa}$$

$$\text{Main gear} = 13,58 \text{ kg/cm}^2$$

$$D_{\text{roda}} = 77.47 \text{ cm}$$

$$L_{\text{roda}} = 41.91 \text{ m}$$

$$P = 95\% \times W$$

$$P = 95\% \times 77016$$

$$P = 75065.2 \text{ kg}$$

$$X = \frac{P/N}{\text{Main Gear}} \times \frac{1}{d}$$

$$X = \frac{75065.2}{13.58} \times \frac{1}{41.91}$$

$$X = 21.98 \text{ cm}$$

$$S = L_{\text{roda}} + D_{\text{roda}}$$

$$S = 41.91 + 77.47$$

$$S = 119.38 \text{ cm}$$



$$\begin{aligned}
 B &= 4S + 0.3 \\
 B &= (4 \times 119.38) + 0.3 \\
 B &= 477.82 \text{ cm} \\
 q &= \frac{P \text{ (untuk dual wheel)}}{5S + (S - D) \times (4S + X)} \\
 q &= \frac{P}{(5S + (S - D)) \times (4S + X)} \\
 q &= \frac{75065.2}{596.9 + (119.38 - 77.47) \times (477.52 + 21.98)} \\
 q &= 0.23 \text{ kg/cm}^2 \\
 q &= 2.24 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk beban tambahan ini nantinya akan diperhitungkan menggunakan program bantu XSTABL.

### 5.2.3 Menentukan $H_{inisial}$ dan $H_{final}$

Setelah diketahui besar pemampatan yang terjadi akibat beban timbunan dan beban tambahan, maka tinggi timbunan akan lebih rendah dari pada tinggi timbunan yang direncanakan. Oleh karena itu, diperlukan tinggi timbunan awal menggunakan rumus persamaan 2.10. Berikut adalah contoh perhitungan tinggi timbunan awal:

$$\begin{aligned}
 H_{inisial} &= \frac{(q + S_c)}{\gamma} \\
 H_{inisial} &= \frac{(5.7 + 0.987)}{1.9} \\
 H_{inisial} &= 3.52 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Setelah diketahui tinggi timbunan awal, selanjutnya menghitung tinggi timbunan akhir menggunakan persamaan 2.9. sebagai berikut:

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

$$H_{final} = 3.52 - 0.976$$

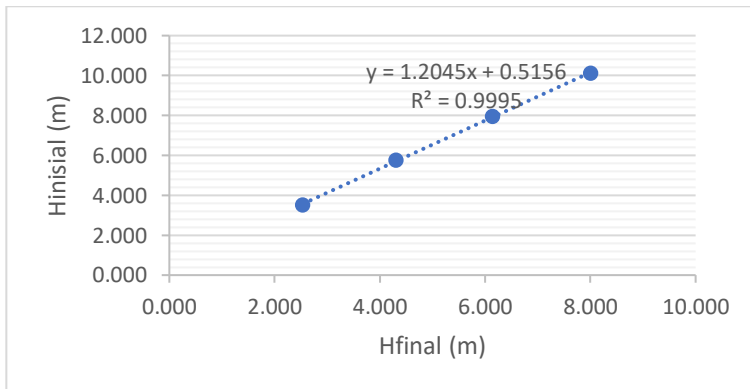
$$H_{final} = 3.514 \text{ m}$$

**Tabel 5.4** Rekapitulasi  $H_{inisial}$  dan  $H_{final}$  dengan Stabilisasi Kapur Kedalaman 0.5 m

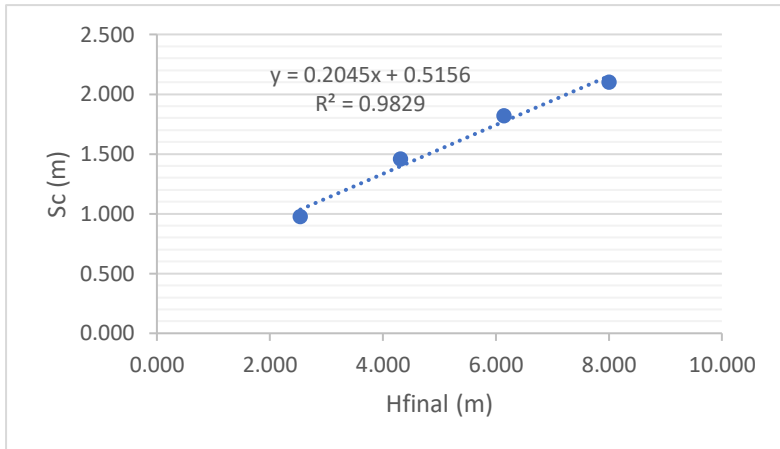
No.	H	Beban	Sc akibat timbunan	Hinisial	Tinggi Final
	m	t/m	m	m	m
1	3	5.7	0.976	3.514	2.538
2	5	9.5	1.460	5.768	4.309
3	7	13.3	1.817	7.957	6.139
4	9	17.1	2.102	10.106	8.004

(sumber : Data primer)

Dari perhitungan beban timbunan dan beban tambahan, maka didapatkan hubungan grafik  $H_{inisial}$  dengan  $H_{final}$  yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan hubungan grafik settlement dengan  $H_{final}$  yang dapat dilihat pada Gambar 5.5



**Gambar 5.4** Hubungan  $H_{final}$  dan  $H_{inisial}$  dengan Stabilisasi Kapur Kedalaman 0.5 m



**Gambar 5.5** Hubungan  $H_{final}$  dan Settlement dengan Stabilisasi Kapur Kedalaman 0.5 m

Dari hasil hubungan Gambar 5.4 didapatkan persamaan untuk menentukan  $H_{inisial}$ , sedangkan hasil persamaan hubungan Gambar 5.5 untuk menentukan settlement timbunan yang direncanakan. Berikut contoh perhitungan untuk  $H_{final} = 2$  m:

$$X = 1.2 \text{ m}$$

Contoh perhitungan  $H_{inisial}$ :

$$H_{inisial} = 1,204x + 0.526$$

$$H_{inisial} = 1,204(1.2) + 0.526$$

$$H_{inisial} = 1.96 \text{ m}$$

Contoh perhitunggan settlement:

$$Settlement = 0.205x + 0.516$$

$$Settlement = 0.205(1.2) + 0.516$$

$$Settlement = 0.761 \text{ m}$$

### 5.2.4 Menentukan Kedalaman Stabilisasi Kapur

Menentukan kedalaman stabilisasi kapur dilakukan dengan menghitung penurunan yang terjadi pertahunnya apakah memenuhi persyaratan yang ada atau tidak. Untuk mengetahui penurunan pertahun tersebut, maka dari itu diperlukan pengecekan melalui *rate of settlement*. Berikut contoh perhitungan *rate of settlement*:

- Menentukan nilai  $Cv_{gab}$

$$Cv_{gab} = \frac{(H1 + H2 + \dots + Hn)^2}{\left(\frac{H1}{\sqrt{Cv1}} + \frac{H2}{\sqrt{Cv2}} + \dots + \frac{Hn}{\sqrt{Cvn}}\right)^2}$$

$$Cv_{gab} = \frac{(0.6 + 12.4 + 4 + 4)^2}{\left(\frac{0.6}{\sqrt{0.00074}} + \frac{12.5}{\sqrt{0.00047}} + \frac{4}{\sqrt{0.00052}} + \frac{4}{\sqrt{0.00057}}\right)^2}$$

$$Cv_{gab} = 0.0005 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$Cv_{gab} = 0.033 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$Cv_{gab} = 1.58 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

- Menentukan *rate of settlement*

$$H_{dr} = 20 \text{ m}$$

$$Sc = 0.914 \text{ m}$$

$$T_v = \frac{t \times Cv}{H_{dr}^2}$$

$$T_v = \frac{1 \times 1,58}{20^2}$$

$$T_v = 0.40\%$$

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \times 100\%$$

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{0.40\%}{\pi}} \times 100\%$$

$$U_v = 7,11\%$$

$$S_c = S_c \times U_v$$

$$S_c = 0.761 \times 7,11\%$$

$$S_c = 5.41 \text{ cm}$$

Hasil besar pemampatan pertahun dapat dilihat pada Tabel 5.7. Dari perhitungan, hasil pemampatan sebesar 54.08 mm yang mana tidak memenuhi persyaratan besar pemampatan pada runway. Penurunan yang diizinkan menurut “KP 693 Tahun 2015 tentang Tata Cara Dan Prosedur Sertifikasi Prasarana Bandar Udara”, persyaratan besar pemampatan pada runway adalah < 50 mm pertahunnya. Maka dari itu diperlukan perhitungan ulang kembali seperti cara subbab 5.2.4 dengan memvariasikan kedalaman tanah yang distabilisasikan oleh kapur yang dapat dilihat pada Lampiran 10.

**Tabel 5.5** Hasil *Rate of Settlement*  $D = 0.5$  m

Hdr	20	m	
Sc	0.761	m	
Penurunan pada waktu rencana jalan tanpa PVD			
Tahun Ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0.40%	7.11%	5.408
2	0.79%	10.05%	7.648
3	1.19%	12.31%	9.367
4	1.59%	14.21%	10.816
5	1.98%	15.89%	12.092
6	2.38%	17.41%	13.247
7	2.78%	18.80%	14.308
8	3.17%	20.10%	15.296
9	3.57%	21.32%	16.224
10	3.97%	22.47%	17.101
11	4.36%	23.57%	17.936
12	4.76%	24.62%	18.734
13	5.16%	25.62%	19.498
14	5.55%	26.59%	20.235
15	5.95%	27.52%	20.945
16	6.35%	28.43%	21.632
17	6.74%	29.30%	22.297
18	7.14%	30.15%	22.944
19	7.54%	30.98%	23.573
20	7.93%	31.78%	24.185

(sumber : Data primer)

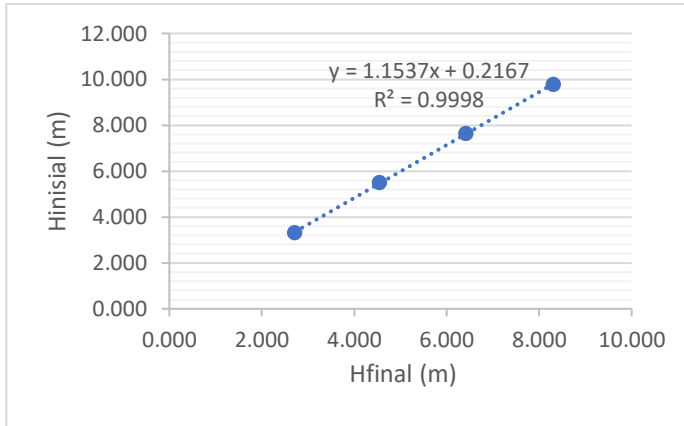
Dari perhitungan yang dilakukan kedalaman tanah terstabilisasi oleh kapur sedalam 50 cm tidak memenuhi persyaratan. Maka pada tugas akhir ini diperhitungkan kedalaman berapa yang memenuhi ketika tanah distabilisasi oleh kapur. Dari perhitungan kedalaman yang terstabilisasi kapur yang dilakukan, didapatkan kedalaman 2 m yang mana hasilnya memenuhi persyaratan penurunan pertahun yang dapat dilihat pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.6** Hasil *Rate of Settlement* D = 2 m

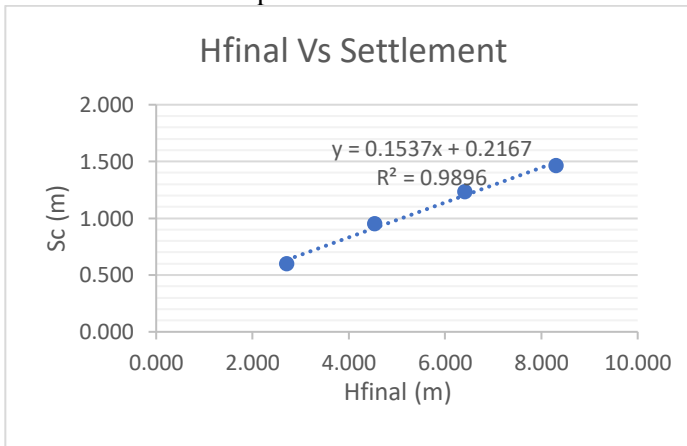
Hdr	20	m	
Sc	0.40114	m	
Penurunan pada waktu rencana jalan tanpa PVD			
Tahun Ke	Tv	Uv (%)	Sc (m)
1	0.31%	6.32%	0.025
2	0.63%	8.93%	0.036
3	0.94%	10.94%	0.044
4	1.25%	12.63%	0.051
5	1.57%	14.12%	0.057
6	1.88%	15.47%	0.062
7	2.19%	16.71%	0.067
8	2.51%	17.87%	0.072
9	2.82%	18.95%	0.076
10	3.13%	19.98%	0.080
11	3.45%	20.95%	0.084
12	3.76%	21.88%	0.088
13	4.07%	22.78%	0.091
14	4.39%	23.64%	0.095
15	4.70%	24.47%	0.098
16	5.01%	25.27%	0.101
17	5.33%	26.05%	0.104
18	5.64%	26.80%	0.108
19	5.95%	27.53%	0.110
20	6.27%	28.25%	0.113

(sumber : Data primer)

Pada Tabel 5.8 dapat dilihat hasil penurunan yang terjadi pada tahun pertama adalah 2.5 cm yang mana memenuhi persyaratan dari “KP 693 Tahun 2015 tentang Tata Cara Dan Prosedur Sertifikasi Prasarana Bandar Udara”, yaitu, <50 mm. Dengan hasil perhitungan pada kedalaman 2 m tanah terstabilisasi didapatkan persamaan yang dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 dengan hasil sebagai berikut :



**Gambar 5.6** Hubungan  $H_{final}$  dan  $H_{inisial}$  dengan Stabilisasi Kapur kedalaman 2 m



**Gambar 5.7** Hubungan  $H_{final}$  dan Settlement dengan Stabilisasi Kapur kedalaman 2 m

Dari Gambar 5.6 didapatkan nilai  $H_{inisial}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 H_{inisial} &= 1,154 x + 0.217 \\
 H_{inisial} &= 1,154(1.2) + 0.2167 \\
 H_{inisial} &= 1.6 m
 \end{aligned}$$



Dari Gambar 5.7 didapatkan nilai settlement sebagai berikut:

$$\textit{Settlement} = 0.154x + 0.217$$

$$\textit{Settlement} = 0.129(1.2) + 0.217$$

$$\textit{Settlement} = 0.401 \textit{ m}$$

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB VI

### METODE PERBAIKAN TANAH DENGAN PVD DAN GEOTEXTILE

#### 6.1 Stabilitas Timbunan

Analisa stabilitas timbunan dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas timbunan yang sudah direncanakan. Stabilitas yang direncanakan  $SF=1.5$ . Apabila timbunan yang direncanakan tidak memenuhi kriteria  $SF=1,5$  maka perlu adanya perkuatan terhadap timbunan. Untuk menganalisa stabilitas timbunan, diperlukan  $H_{kritis}$  timbunan terlebih dahulu.  $H_{kritis}$  merupakan kemampuan tinggi timbunan yang dapat diterima oleh tanah dasar. Lalu menganalisa stabilitas timbunan menggunakan  $xstable$ .

$$H_{kritis} = \frac{5.52 C_u}{\gamma_{timb} \times SF}, \text{ (hansbo, 1994)}$$

Dengan :

$$C_u = 5 \text{ kPa} = 0.5 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_{timb} = 1.9 \text{ t/m}^3$$

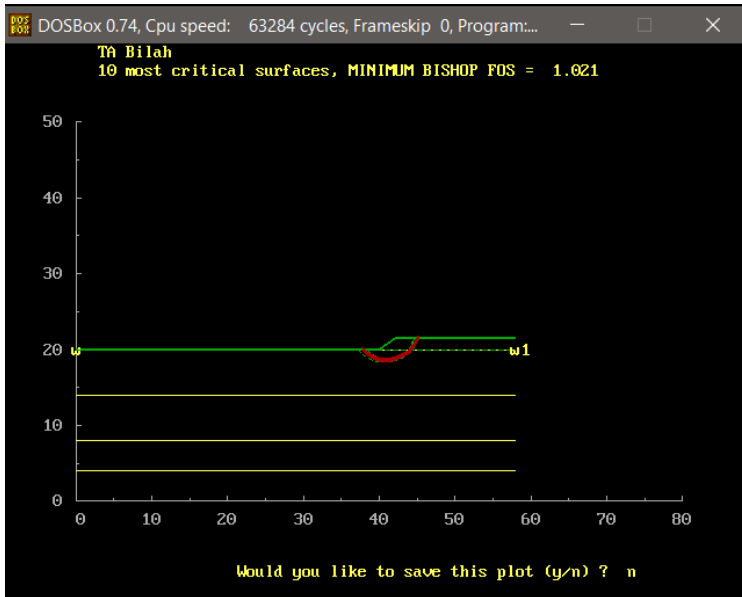
$$SF = 1$$

Sehingga :

$$H_{kritis} = \frac{5.52 \times 0.5}{1.9 \times 1}$$

$$H_{kritis} = 1.45 \text{ m}$$

Dilakukan kontrol stabilitas menggunakan XSTBL ketika  $H_{kritis} = 1.45 \text{ m}$ . Berikut hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 6.1 dan rekapitulasi SF dapat dilihat pada Gambar 6.2 :



**Gambar 6.1** Hasil Uji Stabilisasi Xstbl H = 1.45 m

DOSBox 0.74, Cpu speed: 63284 cycles, Frameskip 0, Program:...

Line: 176 File: H-KRITIS.OPT ESC=QUIT MOVE: ↑ PgDn PgUp END HOME

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

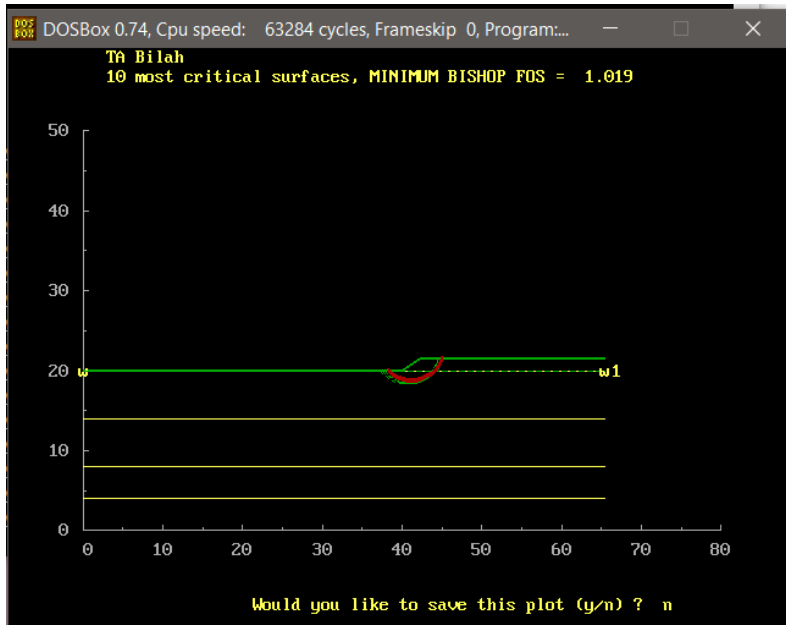
Problem Description : TA Bilah

	FOS (BISHOP)	Circle x-coord (m)	Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	1.021	40.98	22.61	4.21	37.67	45.02	1.969E+02
2.	1.022	41.17	22.04	3.31	38.56	44.40	1.241E+02
3.	1.023	41.02	22.21	3.66	38.11	44.58	1.521E+02
4.	1.027	41.23	22.04	3.37	38.56	44.53	1.296E+02
5.	1.027	40.73	22.43	3.91	37.67	44.50	1.687E+02
6.	1.029	40.84	22.58	4.09	37.67	44.78	1.833E+02
7.	1.030	40.67	22.74	4.41	37.22	44.87	2.123E+02
8.	1.037	41.42	22.19	3.60	38.56	44.93	1.483E+02
9.	1.037	41.37	22.22	3.58	38.56	44.86	1.454E+02
10.	1.038	41.47	22.20	3.65	38.56	45.02	1.524E+02

\*\*\* END OF FILE \*\*\*

**Gambar 6.2** Rekapitulasi SF H = 1.45 m

Dikarenakan ketika  $H = 1.45$  m memiliki  $SF=1.021$  maka dilakukan pengujian kembali dengan mengasumsi beberapa ketinggian agar didapatkan SF yang paling kritis atau mendekati  $SF = 1$ . Maka dilakukan trial error kembali, yaitu ketika  $H = 1.5$  m. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 6.3 dan rekapitulasi SF dapat dilihat pada Gambar 6.4:



**Gambar 6.3** Hasil Uji Stabilisasi Xstbl Hkritis = 1.5 m

```

DOSBox 0.74, Cpu speed: 63284 cycles, Frameskip 0, Program...
Line: 189 File: HKRITISA.OPT ESC=QUIT MOUE: ↑ PgDn PgUp END HOME

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : TA Bilah

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

1.   1.019    41.15    22.35    3.84    38.11    44.86    1.647E+02
2.   1.024    41.07    22.53    4.11    37.83    45.03    1.881E+02
3.   1.029    41.34    22.25    3.71    38.39    44.94    1.563E+02
4.   1.030    41.24    22.15    3.57    38.39    44.73    1.465E+02
5.   1.030    41.12    22.07    3.43    38.39    44.49    1.346E+02
6.   1.032    40.97    22.15    3.57    38.11    44.45    1.463E+02
7.   1.035    40.75    22.86    4.50    37.28    45.01    2.182E+02
8.   1.035    40.95    22.21    3.60    38.11    44.46    1.467E+02
9.   1.037    41.16    22.67    4.05    38.11    45.01    1.760E+02
10.  1.038    40.71    22.50    4.02    37.56    44.60    1.794E+02

*** END OF FILE ***

```

**Gambar 6.4** Rekapitulasi SF Hkritis = 1.5 m

Dari hasil xstabl hasil kritis didapatkan ketika  $H = 1.5$  m.

## 6.2 Waktu Konsolidasi

Waktu konsolidasi diperhitungkan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan tanah dasar untuk memampat. Perhitungan waktu konsolidasi dapat menggunakan persamaan 2.7, dengan kondisi  $(U) = 90\%$  (SNI 8460:2017), sehingga waktu konsolidasi dapat dihitung sebagai berikut:

$$t = \frac{T_v (H_{dr})^2}{Cv_{gab}}$$

Dengan :

$$T_v = 0.848, \text{ dilihat pada Tabel 2.7}$$

$$H_{dr} = 20 \text{ m}$$

$$Cv_{gab} = \frac{(H1 + H2 + \dots + Hn)^2}{\left(\frac{H1}{\sqrt{Cv1}} + \frac{H2}{\sqrt{Cv2}} + \dots + \frac{Hn}{\sqrt{Cvn}}\right)^2}$$

$$Cv_{gab} = \frac{(12 + 4 + 4)^2}{\left(\frac{12}{\sqrt{0.00047}} + \frac{4}{\sqrt{0.00052}} + \frac{4}{\sqrt{0.00057}}\right)^2}$$

$$Cv_{gab} = 0.0005 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$Cv_{gab} = 0.032 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$Cv_{gab} = 1.56 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

Sehingga:

$$t = \frac{0.848 (324)^2}{1.56}$$

$$t = 216.54 \text{ tahun}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi sebesar 90% adalah 216.54 tahun.

### 6.3 PVD

Merupakan vertical drain yang digunakan untuk mempercepat waktu pemampatan. Maka direncanakan PVD dengan pola segiempat dan segitiga dengan diameter PVD yang bervariasi.

#### 6.3.1 Perencanaan PVD Pola Segiempat

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola segiempat dengan jarak  $S = 1.2 \text{ m}$ .

Data :

$$S = 1.2 \text{ m}$$

- Perhitungan pengaruh diameter:

$$D = 1.13 \times S$$

$$D = 1.13 \times 1.2$$

$$D = 1.356 \text{ m}$$

- Perhitungan Faktor Hambatan (F(n))

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

dengan :

$$a = 0.10 \text{ m}$$

$$b = 0.005 \text{ m}$$

$$D_w = \frac{2(a + b)}{\pi}$$

$$D_w = \frac{2(0.10 + 0.005)}{\pi}$$

$$D_w = 0.067 \text{ m}$$

$$n = \frac{D}{D_w}$$

$$n = \frac{1.356}{0.067}$$

$$n = 20.286$$

Sehingga :

$$F(n) = \left( \frac{20.286^2}{20.286^2 - 1^2} \right) \left( \ln(20.286) - \frac{3}{4} - \frac{1}{4(20.286)^2} \right)$$



$$F(n) = 2.265$$

Berikut hasil contoh perhitungan D, n, F(n) yang dapat dilihat pada Tabel 6.1 :

**Tabel 6.1** Rekapitulasi Perhitungan D, n, F(n)

S	D	a (m)	b (m)	Dw = 2(a+b)/pi()	n = D/Dw	F(n)
0.600	0.678	0.100	0.005	0.067	10.143	1.580
0.650	0.735	0.100	0.005	0.067	10.988	1.658
0.700	0.791	0.100	0.005	0.067	11.833	1.732
0.750	0.848	0.100	0.005	0.067	12.679	1.800
0.800	0.904	0.100	0.005	0.067	13.524	1.863
0.850	0.961	0.100	0.005	0.067	14.369	1.923
0.900	1.017	0.100	0.005	0.067	15.214	1.980
0.950	1.074	0.100	0.005	0.067	16.060	2.033
1.000	1.130	0.100	0.005	0.067	16.905	2.084
1.050	1.187	0.100	0.005	0.067	17.750	2.132
1.100	1.243	0.100	0.005	0.067	18.595	2.178
1.150	1.300	0.100	0.005	0.067	19.440	2.223
1.200	1.356	0.100	0.005	0.067	20.286	2.265
1.250	1.413	0.100	0.005	0.067	21.131	2.305
1.300	1.469	0.100	0.005	0.067	21.976	2.344

(sumber: Data primer)

- Menghitung derajat konsolidasi vertical (U<sub>v</sub>) menggunakan persamaan berikut :

$$T_V = \frac{t \times C_v}{H_{dr}^2}$$

Dengan :

$$C_{v_{gab}} = 0.0321 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$t = 1 \text{ minggu}$$

$$H_{dr} = 20 \text{ m}$$

Sehingga :

$$T_v = \frac{1 \times 0.032}{18^2}$$

$$T_v = 0,00009 \times 100\%$$

$$T_v = 0.01 \%$$

Karena  $T_v < 60\%$  maka menggunakan persamaan 2.19

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \times 100\%$$

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{0.00009}{\pi}} \times 100\%$$

$$U_v = 1.02\%$$

- Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal ( $U_h$ )

$$U_h = 1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{T_v \times 8 \times C_h}{D^2 \times F(n)}\right)} \times 100\%$$

Dengan :

$$D = 1.356 \text{ m}$$

$$F(n) = 2.265$$

$$T_v = 0.00009$$

$C_h$  memiliki kisaran antara 1 s.d 3  $C_v$  , sehingga  $C_h = 3 C_v$

$$C_h = 0.096 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Sehingga :

$$U_h = 1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{0.00009 \times 8 \times 0.096}{1.256^2 \times 2.265}\right)} \times 100\%$$

$$U_h = 8.98\%$$

Maka didapatkan nilai  $U_{total}$  sebagai berikut :

$$U = [1 - ((1 - U_h) \times (1 - U_v))] \times 100\%$$

$$U = [1 - ((1 - 8,98\%) \times (1 - 1,02\%))] \times 100\%$$

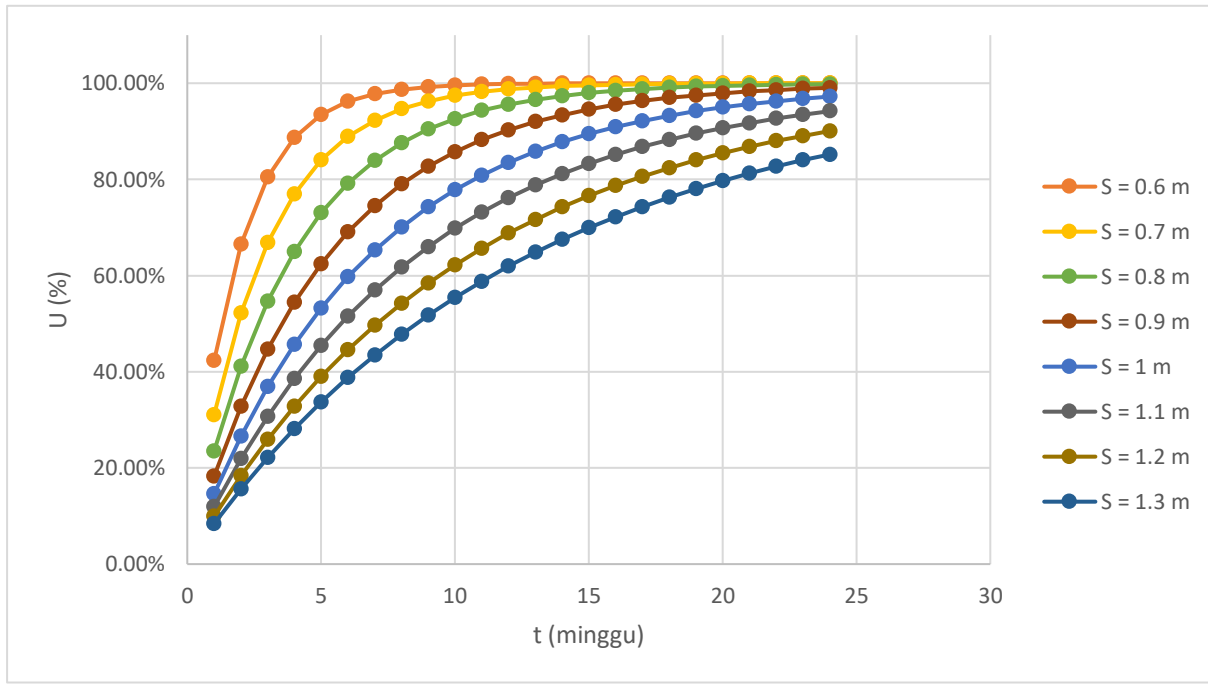
$$U = 9,90\%$$

Berikut hasil contoh perhitungan derajat konsolidasi dengan jarak  $S = 1.2$  m dilihat pada Tabel 6.2 dan dilakukan perhitungan seperti contoh diatas untuk variasi jarak lainnya dengan rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 11 serta grafik hubungan antar PVD dapat dilihat pada Gambar 6.5.

**Tabel 6.2** Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.2$  m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.02%	8.98%	9.90%
2	0.02%	1.44%	17.14%	18.34%
3	0.02%	1.77%	24.58%	25.91%
4	0.03%	2.04%	31.35%	32.75%
5	0.04%	2.28%	37.51%	38.94%
6	0.05%	2.50%	43.12%	44.54%
7	0.06%	2.70%	48.22%	49.62%
8	0.07%	2.88%	52.87%	54.23%
9	0.07%	3.06%	57.10%	58.41%
10	0.08%	3.22%	60.95%	62.21%
11	0.09%	3.38%	64.46%	65.66%
12	0.10%	3.53%	67.65%	68.79%
13	0.11%	3.67%	70.55%	71.63%
14	0.11%	3.81%	73.19%	74.22%
15	0.12%	3.95%	75.60%	76.56%
16	0.13%	4.08%	77.79%	78.69%
17	0.14%	4.20%	79.78%	80.63%
18	0.15%	4.32%	81.60%	82.39%
19	0.16%	4.44%	83.25%	83.99%
20	0.16%	4.56%	84.75%	85.45%
21	0.17%	4.67%	86.12%	86.77%
22	0.18%	4.78%	87.37%	87.97%
23	0.19%	4.89%	88.50%	89.06%
24	0.20%	4.99%	89.53%	90.06%

(sumber : Data primer)



**Gambar 6.5** Hubungan Waktu Konsolidasi dengan PVD Segiempat

### 6.3.2 Perencanaan PVD Pola Segitiga

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan PVD pola segiempat dengan jarak  $S = 1.2$  m.

Data :

$$S = 1.2 \text{ m}$$

- Perhitungan pengaruh diameter:

$$D = 1.05 \times S$$

$$D = 1.05 \times 1.2$$

$$D = 1.26 \text{ m}$$

$$a = 0.10 \text{ m}$$

$$b = 0.005 \text{ m}$$

- Perhitungan Faktor Hambatan (F(n))

$$D_W = \frac{2(a + b)}{\pi}$$

$$D_W = \frac{2(0.10 + 0.005)}{\pi}$$

$$D_W = 0.067 \text{ m}$$

$$n = \frac{D}{D_W}$$

$$n = \frac{1.050}{0.067}$$

$$n = 18,85$$

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

$$F(n) = \left( \frac{18,85^2}{18,85^2 - 1^2} \right) \left( \ln(18,85) - \frac{3}{4} - \frac{1}{4(18,85)^2} \right)$$

$$F(n) = 2.192$$

Berikut hasil contoh perhitungan D, n, F(n) yang dapat dilihat pada Tabel 6.3:

**Tabel 6.3** Rekapitulasi D, n, F(n)

S	D	a (m)	b (m)	Dw = 2(a+b)/pi()	n = D/Dw	F(n)
0.600	0.630	0.100	0.005	0.067	9.425	1.507
0.650	0.683	0.100	0.005	0.067	10.210	1.586
0.700	0.735	0.100	0.005	0.067	10.996	1.659
0.750	0.788	0.100	0.005	0.067	11.781	1.727
0.800	0.840	0.100	0.005	0.067	12.566	1.791
0.850	0.893	0.100	0.005	0.067	13.352	1.851
0.900	0.945	0.100	0.005	0.067	14.137	1.907
0.950	0.998	0.100	0.005	0.067	14.923	1.961
1.000	1.050	0.100	0.005	0.067	15.708	2.011
1.050	1.103	0.100	0.005	0.067	16.493	2.060
1.100	1.155	0.100	0.005	0.067	17.279	2.106
1.150	1.208	0.100	0.005	0.067	18.064	2.150
1.200	1.260	0.100	0.005	0.067	18.850	2.192
1.250	1.313	0.100	0.005	0.067	19.635	2.232
1.300	1.365	0.100	0.005	0.067	20.420	2.271

(sumber : Data primer)

- Menghitung derajat konsolidasi vertical (U<sub>v</sub>) menggunakan persamaan berikut :

$$T_v = \frac{t \times C v_{gab}}{H_{dr}}$$

Dengan :

$$C v_{gab} = 0.0321 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$t = 1 \text{ minggu}$$

$$H_{dr} = 20 \text{ m}$$

Sehingga :

$$T_v = \frac{1 \times 0.032}{18^2}$$

$$T_v = 0,00009$$

Karena  $T_v < 60\%$  maka menggunakan persamaan 2.7

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \times 100\%$$

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{0.00009}{\pi}} \times 100\%$$

$$U_v = 1.02\%$$

- Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal ( $U_h$ )

$$U_h = 1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{T_v \times 8 \times C_h}{D^2 \times F(n)}\right)} \times 100\%$$

Dengan :

$$D = 2.60 \text{ m}$$

$$F(n) = 2,192$$

$$T_v = 0.00009$$

$C_h$  memiliki kisaran antara 1 s.d 3  $C_v$ , sehingga  $C_h = 3 C_v$

$$C_h = 0.096 \text{ m}^2/\text{minggu}$$



Sehingga :

$$U_h = 1 - \frac{1}{\exp\left(\frac{0.00009 \times 8 \times 0.096}{1.260^2 \times 2.192}\right)} \times 100\%$$

$$U_h = 10.64\%$$

Maka didapatkan nilai  $U_{total}$  sebagai berikut :

$$U = [1 - ((1 - U_h) \times (1 - U_v))] \times 100\%$$

$$U = [1 - ((1 - 10.64\%) \times (1 - 1.02\%))] \times 100\%$$

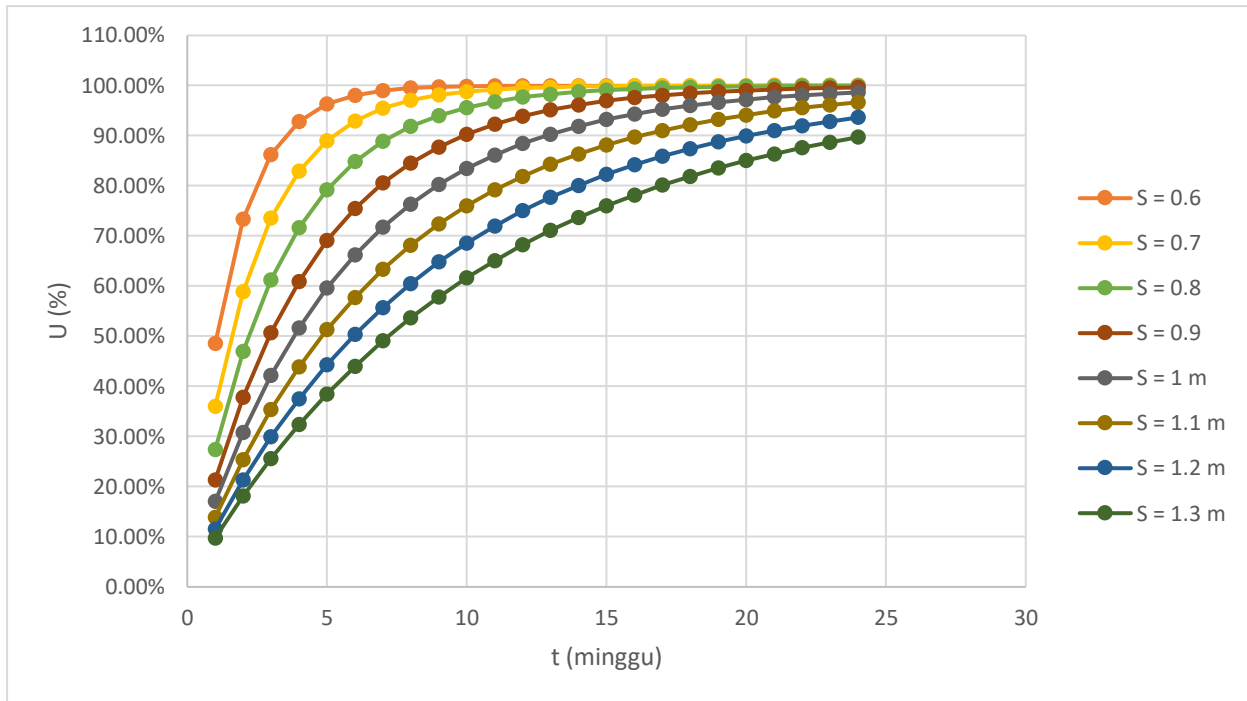
$$U = 11.55 \%$$

Berikut hasil contoh perhitungan derajat konsolidasi dengan jarak  $S = 1.2$  m dapat dilihat pada Tabel 6.4 dan dilakukan perhitungan seperti contoh diatas untuk variasi jarak lainnya dengan rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 12 serta grafik hubungan antar PVD dapat dilihat pada Gambar 6.6.

**Tabel 6.4** Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S= 1.2 m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total					
t (minggu)	Tv	Uv	a	Uh	Utotal
1	0.01%	1.02%	1.908809	10.64%	11.55%
2	0.02%	1.44%	1.908721	20.15%	21.30%
3	0.02%	1.77%	1.908634	28.65%	29.91%
4	0.03%	2.04%	1.908546	36.25%	37.55%
5	0.04%	2.28%	1.908459	43.03%	44.33%
6	0.05%	2.50%	1.908371	49.09%	50.37%
7	0.06%	2.70%	1.908284	54.51%	55.74%
8	0.07%	2.88%	1.908196	59.35%	60.53%
9	0.07%	3.06%	1.908109	63.68%	64.79%
10	0.08%	3.22%	1.908022	67.55%	68.59%
11	0.09%	3.38%	1.907934	71.00%	71.98%
12	0.10%	3.53%	1.907847	74.09%	75.00%
13	0.11%	3.67%	1.907759	76.84%	77.70%
14	0.11%	3.81%	1.907672	79.31%	80.10%
15	0.12%	3.95%	1.907584	81.51%	82.24%
16	0.13%	4.08%	1.907497	83.48%	84.15%
17	0.14%	4.20%	1.907409	85.24%	85.86%
18	0.15%	4.32%	1.907322	86.81%	87.38%
19	0.16%	4.44%	1.907235	88.21%	88.74%
20	0.16%	4.56%	1.907147	89.47%	89.95%
21	0.17%	4.67%	1.90706	90.59%	91.03%
22	0.18%	4.78%	1.906972	91.59%	91.99%
23	0.19%	4.89%	1.906885	92.48%	92.85%
24	0.20%	4.99%	1.906797	93.28%	93.62%

(sumber : Data primer)



**Gambar 6.6** Hubungan Waktu Konsolidasi dengan PVD Segitiga

Dari perhitungan kedua pola PVD pada perencanaan menggunakan PVD dengan pola segitiga dibandingkan PVD pola segiempat dengan jarak 1.2 m. dengan PVD segitiga derajat konsolidasi hingga 90% dicapai pada minggu ke 21, sedangkan pola segiempat pada minggu ke 24 dan juga pola segitiga lebih memiliki jarak zonasi lebih besar dibandingkan pola segiempat.

### 6.3.3 Menentukan Rate of Settlement

Dari perhitungan yang dilakukan antar PVD Segiempat dan PVD Segitiga dipakai pola PVD Segiempat dengan jarak  $S=1.2$  m, dengan mempertimbangkan kemudahan pemasangan dan kemampuan konsolidasi pada pola segitiga lebih baik dibandingkan pola segiempat. Selanjutnya pengecekan rate of settlement. Rate of settlement digunakan untuk melihat nilai pemampatan yang terjadi pertahun. Direncanakan PVD dengan kedalam  $H_{dr} = 20$  m,  $3/4H_{dr} = 15$  m dan  $2/3H_{dr} = 13$  m dengan hasil dapat dilihat pada Lampiran 11. Berikut contoh perhitungan rate of settlement pada sedalam  $H_{dr}$  sebagai berikut:

$$Cv_{gab} = 1.56 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

$$U = 93.62\% \text{ (pada minggu ke 24)}$$

$$H_{dr} = 20 \text{ m}$$

$$S_c = 0.64 \text{ m}$$

$$S_c \text{ PVD} = U \times S_c$$

$$S_c \text{ PVD} = 93.62\% \times 0,64$$

$$S_c \text{ PVD} = 0.6 \text{ m}$$

$$S_c \text{ Sisa} = S_c - S_c \text{ PVD}$$

$$S_c \text{ Sisa} = 0.64 - 0,6$$

$$S_c \text{ Sisa} = 0.4 \text{ m}$$

$$T_v = \frac{t \times Cv_{gab}}{H_{dr}^2}$$

$$T_v = \frac{1 \times 1,56}{20^2}$$

$$T_v = 0.39\%$$

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \times 100\%$$

$$U_v = 2 \sqrt{\frac{0.39\%}{\pi}} \times 100\%$$

$$U_v = 7,06\%$$

$$S_c = S_c \text{ Sisa} \times U_v$$

$$S_c = 0.4 \times 7,06\%$$

$$S_c = 2.9 \text{ cm}$$

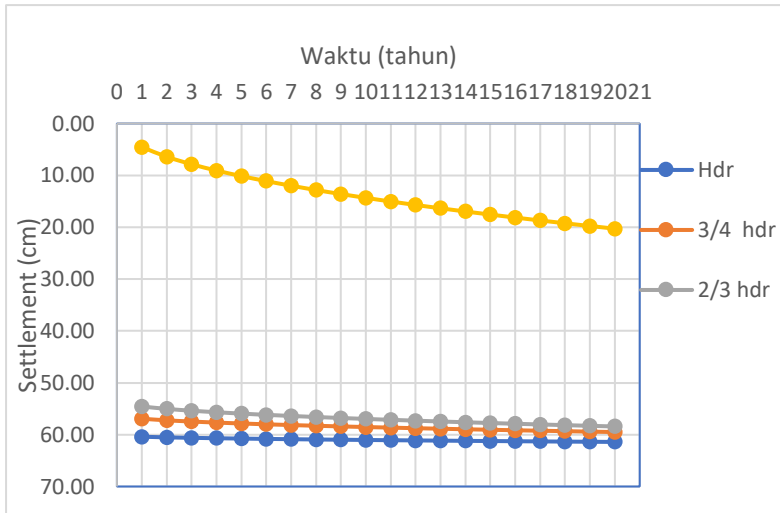
Hasil besar pemampatan pertahun dapat dilihat pada Tabel 6.1. Menurut “KP 693 Tahun 2015 tentang Tata Cara Dan Prosedur Sertifikasi Prasarana Bandar Udara”, persyaratan besar pemampatan pada runway pertahun adalah  $< 50 \text{ mm}$ .

**Tabel 6.5** Rekapitulasi Rate of Settlement

Sc PVD	60.110	cm	
Sc sisa	4.096	cm	
Penurunan pada waktu rencana jalan dengan P <sub>v</sub>			
Tahun Ke	T <sub>v</sub>	U <sub>v</sub> (%)	Sc (cm)
1	0.39%	7.06%	0.29
2	0.78%	9.99%	0.41
3	1.17%	12.23%	0.50
4	1.57%	14.12%	0.58
5	1.96%	15.79%	0.65
6	2.35%	17.30%	0.71
7	2.74%	18.68%	0.77
8	3.13%	19.97%	0.82
9	3.52%	21.18%	0.87
10	3.92%	22.33%	0.91
11	4.31%	23.42%	0.96
12	4.70%	24.46%	1.00
13	5.09%	25.46%	1.04
14	5.48%	26.42%	1.08
15	5.87%	27.35%	1.12
16	6.27%	28.24%	1.16
17	6.66%	29.11%	1.19
18	7.05%	29.96%	1.23
19	7.44%	30.78%	1.26
20	7.83%	31.58%	1.29

(sumber : Data primer)

Selanjutnya memperhitungkan rate of settlement pada kedalaman lainnya yaitu 2/3H<sub>dr</sub> dan 3/4H<sub>dr</sub> dengan cara yang sama seperti h<sub>dr</sub> = 20 m yang mana hasil perhitungan dapat dilihat pada Lampiran 13. Dari perhitungan, hasil pemampatan pertahun dibandingkan yang dapat dilihat Gambar 6.7.



**Gambar 6.7** Hubungan Rate of Settlement dengan Waktu

Dari Gambar 6.7 dapat dilihat pengaruh dari Panjang PVD yang akan digunakan yang mana juga memenuhi persyaratan penurunan pada runway. Dari perbandingan yang dilakukan, dipilih PVD dengan kedalaman hingga 2/3hdr.

#### 6.4 Timbunan Bertahap

Dari program bantu XSTABL pada subbab 6.1 yang mendapatkan h kritis setinggi 1.5 m, sehingga dapat dilanjutkan perhitungan kenaikan daya dukung akibat timbunan bertahap yang dilakukan dengan kecepatan 50 cm/minggu. Untuk timbunan bertahap dilakukan dalam beberapa tahap, didapatkan waktu timbunan bertahap sebagai berikut :

$$H_{inisial} = 1.84 \text{ m}$$

Kec. Penimbunan = 50 cm/minggu

$$\text{Tahap} = \frac{H_{\text{inisial}}}{\text{Kec. Penimbunan}}$$

$$\text{Tahap} = \frac{1.84}{0.5}$$

$$\text{Tahap} = 3 \sim 4 \text{ tahapan}$$

Tanah dasar dapat memikul tinggi timbunan hingga ketinggian kritis yaitu 1,5 m, sehingga pada tahap ke-1 hingga tahap ke-3 timbunan dapat dilakukan secara terus menerus. Umur timbunan dari proses penimbunan bertahap dapat dilihat pada Tabel 6.6. :

**Tabel 6.6** Umur Timbunan hingga Tahap ke-4

Tahap Timbunan				
M i n g g u K e -	1	2	3	4
0				
1				
2	1			
3	2	1		
4	3	2	1	

Berikut contoh perhitungan pada tahap 1 timbunan dengan kedalaman 0 – 1 m:

- Perhitungan tegangan overburden

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



$$\gamma' = \gamma - \gamma_w$$

$$\gamma' = 1.620 - 1$$

$$\gamma' = 0.620 \text{ t/m}^3$$

$$\sigma_o' = \gamma' \times H$$

$$\sigma_o' = 0.620 \times 0.5$$

$$\sigma_o' = 0.310 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan tegangan prakonsolidasi akibat adanya beban karena fluktuasi muka air tanah.

$$H_{\text{flukstasi}} = 1.5 \text{ m}$$

$$\sigma_c' = \sigma_o' + (\gamma_w \times H_{\text{fluks}})$$

$$\sigma_c' = 0.310 + (1 \times 1.5)$$

$$\sigma_c' = 1.810 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan beban tambahan akibat beban timbunan yang ditinjau dari tengah-tengah lapisan.

$$\Delta P_1 = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} \alpha_2 \right]$$

Dimana :

$$B_1 = 29.5 \text{ m}$$

$$B_2 = 0.75 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{Z} \right\}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{29.5 + 0.75}{0.75} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{29.5}{0.5} \right\}$$

$$\alpha_1 = 0.019$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{Z} \right\}$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left\{ \frac{29.5}{0.5} \right\}$$

$$\alpha_2 = 89.132$$

$$q_0 = H_{timb} \times \gamma_{timb}$$

$$q_0 = 0.5 \times 1.9$$

$$q_0 = 0.95 \text{ t/m}^2$$

Sehingga :

$$\Delta P_1 = \frac{0.95}{\pi} \left[ \left\{ \frac{29.5 + 0.75}{0.75} \right\} (0.019 + 89.132) - \frac{29.5}{0.75} 89.132 \right]$$

$$\Delta P_1 = 0.475 \text{ t/m}^2$$

$$2\Delta P_1 = 0.950 \text{ t/m}^2$$

Maka tegangan yang terjadi dapat dilihat pada perhitungan berikut :

$$\sigma_1' = P_0 + \Delta P_1$$

$$\sigma_1' = 0.310 + 0.950$$

$$\sigma_1' = 1.260 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan besar pemampatan

Maka didapatkan hasil penurunan yang terjadi pada kedalaman 0-1 m saat dilakukannya timbunan bertahap sebagai berikut :

$$S_c = \frac{H_o}{1 + e_o} \left[ C_s \text{Log} \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma}{\sigma_o'} \right]$$

$$S_c = \frac{1}{1 + 1.749} 0.093 \cdot \text{Log} \frac{0.31 + 0.950}{0.31}$$

$$S_c = 0.021 \text{ m}$$

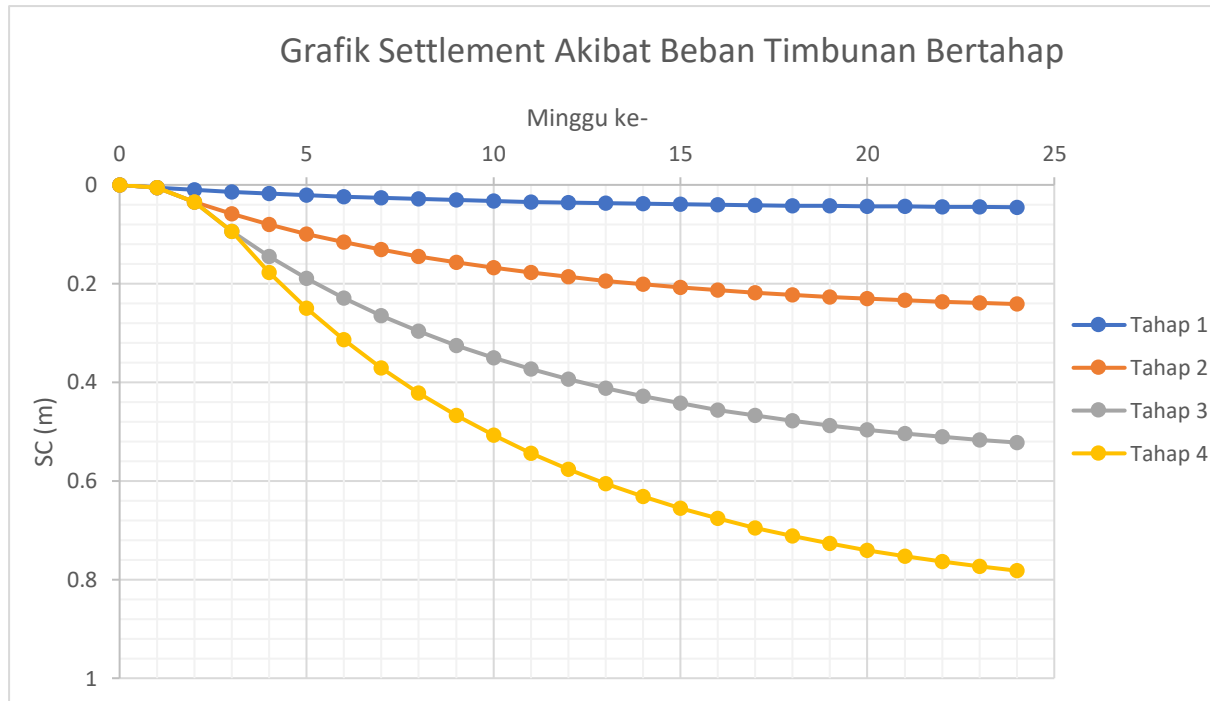
Berikut rekapitulasi perhitungan tegangan dan pemampatan yang terjadi pada tahap 1 pada Tabel 6.7 dan tahap lainnya dapat dilihat pada Lampiran 14.

**Tabel 6.7** Rekapitulasi perhitungan Timbunan Bertahap ke-1

Kedalaman	z (m)	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	q0	2 $\Delta\sigma$	Sc		
0	-	1	0.5	0.310	1.810	0.950	0.950	0.021
1	-	2	1	1.740	3.240	0.950	0.950	0.006
2	-	3	1.5	3.171	4.671	0.950	0.950	0.004
3	-	4	2	4.601	6.101	0.950	0.950	0.003
4	-	5	2.5	6.031	7.531	0.950	0.950	0.002
5	-	6	3	7.462	8.962	0.950	0.950	0.002
6	-	7	3.5	8.892	10.392	0.950	0.949	0.001
7	-	8	4	10.322	11.822	0.950	0.949	0.001
8	-	9	4.5	11.753	13.253	0.950	0.949	0.001
9	-	10	5	13.183	14.683	0.950	0.948	0.001
10	-	11	5.5	14.613	16.113	0.950	0.947	0.001
11	-	12	6	16.044	17.544	0.950	0.947	0.001
12	-	13	6.5	17.474	18.974	0.950	0.946	0.001
13	-	14	7	18.928	20.428	0.950	0.945	0.001
14	-	15	7.5	20.393	21.893	0.950	0.944	0.001
15	-	16	8	21.858	23.358	0.950	0.942	0.001
16	-	17	8.5	23.323	24.823	0.950	0.941	0.001
17	-	18	9	24.884	26.384	0.950	0.939	0.000
18	-	19	9.5	26.491	27.991	0.950	0.938	0.000
19	-	20	10	28.099	29.599	0.950	0.936	0.000
Sc Kum =							0.049	

(sumber : Data primer)

Akibat dari penimbunan bertahap, maka tanah dasar mengalami pemampatan yang dipengaruhi oleh derajat konsidasi dari PVD. Perubahan tersebut dapat dilihat pada grafik pemampatan akibat beban timbunan bertahap pada Gambar 6.8:



**Gambar 6.8** Hubungan Waktu dengan Pemampatan

### 6.5 Peningkatan Cu

Setelah melakukan timbunan, terjadi kenaikan pada tegangan pada tiap tahapan, maka dihasilkan nilai tegangan yang baru. Untuk menghitung tegangan pada tiap lapisan sebagai berikut:

$$\sigma_1' = P_0 + \Delta P_1$$

$$\sigma_2' = \Delta P_1 + \Delta P_2 \text{ dan seterusnya}$$

Sehingga akan dihasilkan nilai tegangan akan berbeda-beda pada tiap kedalaman. Oleh karena itu, perhitungan kenaikan daya dukung tanah akibat kenaikan Kohesi Undrained akibat pengaruh derajat konsolidasi pada kedalaman 0 – 1 m tahap ke 1 dapat dilihat sebagai berikut :

$$\Delta P_1 = \left\{ \left( \frac{\sigma_1'}{P_0'} \right)^U \times P_0' \right\} - P_0'$$

Dimana :

$$U = 36.72\% \text{ (menggunakan PVD Segitiga S= 1.2 m pada minggu ke-4)}$$

$$P_0' = 0.31 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_1' = P_0 + \Delta P_1$$

$$\sigma_1' = 0.31 + 0.95$$

$$\sigma_1' = 1.26 \text{ t/m}^2$$

Sehingga :

$$\Delta P_1 = \left\{ \left( \frac{1.26}{0.31} \right)^{0.49} \times 0.31 \right\} - 0.31$$

$$\Delta P_1 = 0.21 \text{ t/m}^2$$

Lanjutkan perhitungan seperti diatas hingga seluruh tahap timbunan, lalu di jumlahkan dengan rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 6.8. dan rakapitulasi lainnya dapat dilihat pada Lampiran 15.

**Tabel 6.8** Rekapitulasi Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi

Kedalaman			$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$
U(%)			0%	36.72%	29.30%	20.94%	11.47%	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	0.31	0.21	0.39	0.46	0.32	1.38
1	-	2	1.74	0.30	0.46	0.49	0.34	1.58
2	-	3	3.17	0.32	0.48	0.51	0.35	1.66
3	-	4	4.60	0.33	0.50	0.52	0.35	1.70
4	-	5	6.03	0.33	0.51	0.53	0.36	1.73
5	-	6	7.46	0.34	0.52	0.54	0.36	1.75
6	-	7	8.89	0.34	0.52	0.55	0.36	1.77
7	-	8	10.32	0.34	0.53	0.55	0.37	1.78
8	-	9	11.75	0.34	0.53	0.55	0.37	1.79
9	-	10	13.18	0.34	0.53	0.56	0.37	1.80
10	-	11	14.61	0.34	0.53	0.56	0.37	1.81
11	-	12	16.04	0.34	0.53	0.56	0.37	1.81
12	-	13	17.47	0.34	0.54	0.56	0.38	1.82
13	-	14	18.93	0.02	0.04	0.05	0.04	0.16
14	-	15	20.39	0.02	0.04	0.05	0.04	0.16
15	-	16	21.86	0.02	0.04	0.05	0.04	0.16
16	-	17	23.32	0.02	0.04	0.05	0.04	0.16
17	-	18	24.88	0.02	0.04	0.05	0.04	0.16
18	-	19	26.49	0.02	0.04	0.05	0.04	0.16
19	-	20	28.10	0.02	0.04	0.05	0.04	0.16

(sumber : Data primer)

Kenaikan daya dukung tanah diakibatkan oleh beban yang diterima sehingga kenaikan tersebut hanya terjadi pada daerah yang diberikan beban yang dapat dilihat pada Gambar 6.9. Menghitung kenaikan daya dukung tanah, harga  $C_u$  dapat diperoleh sebagai berikut dengan contoh perhitungan pada kedalaman 0-1 m:

$$C_{baru} = C_{awal} + a\Delta\sigma_v$$

Dimana :

$$C_{awal} = 0.5$$

$$\Sigma\sigma' = 1.38 \text{ t/m}^2$$

$$U = 90\%$$

$$a = U \tan \phi$$

$$a = 0.90 \tan(0.5)$$

$$a = 0.0078$$

Sehingga :

$$C_{baru} = 0.5 + 0.0078 (1.38)$$

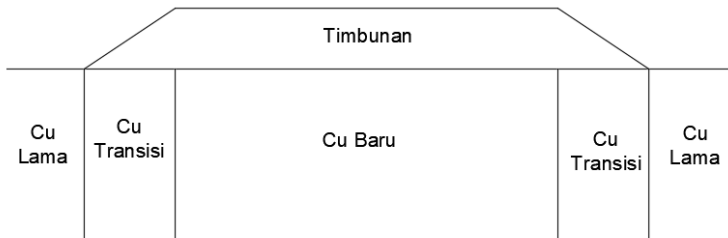
$$C_{baru} = 0.5 + 0.0108$$

$$C_{baru} = 0.511 \text{ t/m}^2$$

$$C_{baru} = 5.11 \text{ kpa}$$

Berikut Rekapitulasi hasil peningkatan harga  $C_u$  dapat dilihat pada Tabel 6.9. dan untuk peningkatan harga  $C_u$  tahap lainnya dapat dilihat pada lampiran 16.





**Gambar 6.9** Area Kenaikan Daya Dukung

**Tabel 6.9** Rekapitulasi Peningkatan Harga  $C_u$

Kedalaman	Cu Lama		$\Delta\sigma$	Cu baru		Cu Transisi
	kPa	Cu Lama (t/m <sup>2</sup> )		t/m <sup>2</sup>	Cu baru kPa	
0 - 1	5.00	0.50	0.011	0.511	5.108	2.56
1 - 2	5.00	0.50	0.012	0.512	5.124	
2 - 3	5.00	0.50	0.013	0.513	5.130	
3 - 4	5.00	0.50	0.013	0.513	5.134	
4 - 5	5.00	0.50	0.014	0.514	5.136	
5 - 6	5.00	0.50	0.014	0.514	5.138	2.57
6 - 7	5.00	0.50	0.014	0.514	5.139	
7 - 8	5.00	0.50	0.014	0.514	5.140	
8 - 9	5.00	0.50	0.014	0.514	5.141	
9 - 10	5.00	0.50	0.014	0.514	5.141	
10 - 11	5.00	0.50	0.014	0.514	5.142	6.00
11 - 12	5.00	0.50	0.014	0.514	5.142	
12 - 13	11.93	1.19	0.086	1.279	12.785	
13 - 14	11.93	1.19	0.008	1.200	12.004	
14 - 15	11.93	1.19	0.008	1.200	12.005	
15 - 16	11.93	1.19	0.008	1.200	12.005	12.45
16 - 17	24.76	2.48	0.013	2.489	24.891	
17 - 18	24.76	2.48	0.013	2.489	24.891	
18 - 19	24.76	2.48	0.013	2.489	24.892	
19 - 20	24.76	2.48	0.013	2.489	24.892	

(sumber : Data primer)

Selain mengalami peningkatan pada  $C_u$ , maka parameter lainnya pun mengalami peningkatan yang diperhitungkan dengan mengorelasi data  $C_u$  sehingga dihasilkan parameter baru yang dapat dilihat pada Tabel 6.10.

**Tabel 6.10** Kenaikan Parameter Tanah

Kedalaman (m)	Cu (kPa)	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	Cc	Cs	Cv (cm <sup>2</sup> /s)	Wsat	e0
0-6	5.13	1.662	0.389	0.078	0.00006	58.16%	1.567
06-12	5.14	1.666	0.384	0.077	0.00006	57.55%	1.550
12-13	12.79	1.762	0.293	0.059	0.00007	45.84%	1.245
13-16	12.00	1.654	0.399	0.080	0.00005	59.38%	1.600
16-20	24.89	1.747	0.305	0.061	0.00007	47.42%	1.286

(sumber : Data primer)

**6.5.1 Kontrol Settlement**

Dengan beban tambahan pada subbab 5.1.2 maka diperhitungkan kembali penurunan yang diakibatkan dengan parameter tanah yang sudah mengalami kenaikan karena pemampatan. Dari beban yang diterima maka penurunan yang didapatkan adalah 72.9 m, sehingga penurunan pertahunnya dapat dilihat pada Tabel 6.11.

**Tabel 6.11** Rate of Settlement akibat beban tambahan

Sc PVD	53.460	cm	
Sc sisa	19.450	cm	
Penurunan pada waktu rencana jalan dengan PVD			
Tahun Ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0.10%	3.55%	0.69
2	0.20%	5.02%	0.98
3	0.30%	6.15%	1.20
4	0.40%	7.10%	1.38
5	0.50%	7.94%	1.54
6	0.59%	8.70%	1.69
7	0.69%	9.40%	1.83
8	0.79%	10.05%	1.95
9	0.89%	10.66%	2.07
10	0.99%	11.23%	2.18
11	1.09%	11.78%	2.29
12	1.19%	12.30%	2.39
13	1.29%	12.81%	2.49
14	1.39%	13.29%	2.58
15	1.49%	13.76%	2.68
16	1.59%	14.21%	2.76
17	1.68%	14.65%	2.85
18	1.78%	15.07%	2.93
19	1.88%	15.48%	3.01
20	1.98%	15.89%	3.09

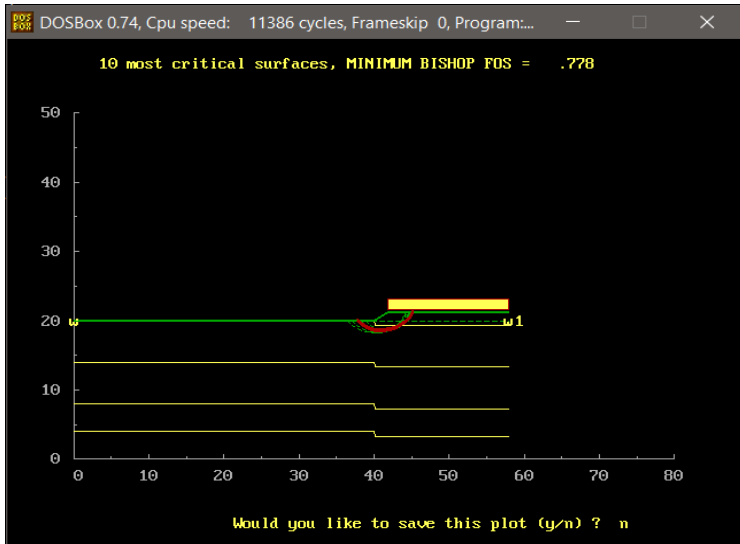
(sumber : Data primer)

Dengan penurunan yang terjadi, akibat pemampatan yang karena PVD maka didapatkan sisa penurunan sebesar 19,45 cm yang dijelaskan pada Tabel 6.11.

### 6.5.2 Kontrol Stabilisasi

Analisa ini dilakukan guna mengetahui daya dukung tanah yang diakibatkan kenaikan parameter tanah serta beban yang

diberikan pada subbab 5.1.2. Analisa ini menggunakan program bantu XSTBABL sehingga dihasilkan angka keamanan pada bidang longsor yang paling kritis dapat dilihat pada Gambar 6.10. dan Gambar 6.11. sebagai berikut:



**Gambar 6.10** Potongan Analisa Stabilisasi dengan Harga Cu Baru

```

DOSBox 0.74, Cpu speed: 11386 cycles, Frameskip 0, Program:...
Line: 212 File: HCUREV5.OPT ESC=QUIT MOVE: ↑ PgDn PgUp END HOME

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description :

      FOS      Circle Center      Radius  Initial Terminal  Resisting
      (BISHOP)  x-coord  y-coord  (m)     x-coord  x-coord  Moment
                        (m)      (m)
1.      .778      41.02    22.65    4.27    37.67    45.04    2.356E+02
2.      .790      42.02    21.82    3.11    39.50    45.04    1.334E+02
3.      .793      41.68    22.06    3.48    38.89    45.01    1.669E+02
4.      .813      41.59    22.02    3.37    38.89    44.82    1.583E+02
5.      .821      41.62    22.14    3.47    38.89    44.93    1.679E+02
6.      .830      41.53    22.04    3.34    38.89    44.72    1.553E+02
7.      .836      40.59    22.83    4.52    37.06    44.78    2.624E+02
8.      .857      40.05    23.51    5.49    35.83    45.03    3.707E+02
9.      .859      40.81    22.55    4.05    37.67    44.59    2.183E+02
10.     .862      41.99    21.92    3.14    39.50    45.04    1.466E+02

*** END OF FILE ***

```

**Gambar 6.11** Hasil Analisa Stabilisasi dengan Harga Cu Baru

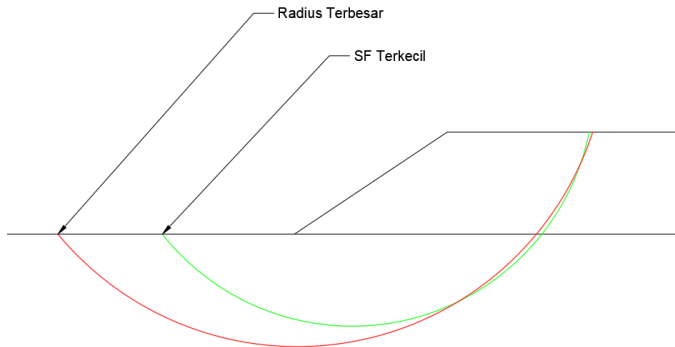
Berikut rekapitulasi Analisa stabilisasi yang dilakukan dengan mencoba-coba initial dan terminal dapat dilihat pada Tabel 6.12.

**Tabel 6.12** Rekapitulasi Analisa Stabilisasi

No.	SF	X pusat	Y pusat	Radius	Mr (KNm)
1	0.786	41.200	22.490	4.060	216.9
	0.821	40.400	23.200	5.050	314.8
2	0.770	41.560	22.190	3.630	177.6
	0.801	40.800	22.820	4.510	258.8
3	0.815	40.660	22.970	4.720	282.9
	0.902	39.720	23.790	5.880	417.2
4	0.786	41.180	22.510	4.090	219.1
	0.821	40.650	22.970	4.700	281.5
5	0.778	41.020	22.650	4.270	235.6
	0.857	40.050	23.510	5.490	370.7

(sumber : Data primer)

Dari percobaan analisa yang dilakukan dicari yang memiliki SF paling kecil dan radius yang paling panjang untuk digunakan untuk perhitungan geotextile dengan bidang lonsor dapat dilihat pada Gambar 6.12.



**Gambar 6.12** Bidang Longsor pada Percobaan ke-5

## 6.6 Geotextile

Dari analisa stabilisasi yang dilakukan didapatkan titik longsor dengan SF terkecil dengan radius terjauh yang dapat dilihat pada Tabel 6.10, maka dilakukan perhitungan panjang geotextile yang dibutuhkan pada masing-masing analisa dan dipilih panjang geotextile dengan SF rencana adalah 1,5. Berikut contoh perhitungan pada panjang geotextile pada analisa kelima dengan SF terkecil dengan jarak ( $S_v$ ) antar geotextile adalah 0.25 m sebagai berikut :

Data	:	
SF rencana	=	1.5
SF	=	0.778
Mr	=	235.6 KN
Xz	=	40
Yz	=	20
Xo	=	41.02

$$\begin{aligned}
 Y_o &= 22.65 \\
 FS_{ib} &= 1.5 \\
 FS_{cr} &= 3 \\
 FS_{cd} &= 1.25 \\
 FS_{bd} &= 1.15 \\
 T_{geo} &= 52 \text{ KN/m (Polypropylene woven tipe UW-250)} \\
 E &= 0.8
 \end{aligned}$$

- Mencari momen dorong

$$\begin{aligned}
 M_{dorong} &= \frac{Mr_{min}}{SF} \\
 M_{dorong} &= \frac{235.6}{0.778} \\
 Mr_{dorong} &= 302.83 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

- Mencari Momen dengan SFrencana

$$\begin{aligned}
 Mr_{rencana} &= M_{dorong} \times SF_{rencana} \\
 Mr_{rencana} &= 302.83 \times 1.5 \\
 Mr_{rencana} &= 454.242 \text{ KNm}
 \end{aligned}$$

- Kekuatan Geotextile

$$\begin{aligned}
 T_{allow} &= \frac{2 \times T}{FS_{ib} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \\
 T_{allow} &= \frac{2 \times 52}{1.5 \times 3 \times 1.25 \times 1.15} \\
 T_{allow} &= 16.07 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Panjang Geotextile

$$Le = \frac{T_{allow} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E}$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \tau_1 &= c_u + (\gamma_{timb} \times H_i) \tan \emptyset \\
 \tau_1 &= 0 + (19 \times 2.1) \tan 30 \\
 \tau_1 &= 23.04 \text{ KN/m}^2 \\
 \tau_2 &= C_u + (\gamma_{dasar} \times H_i) \tan \emptyset \\
 \tau_2 &= 52.67 + (16.2 \times 2.1) \tan 4.17
 \end{aligned}$$

$$\tau_2 = 5.55 \text{ KN/m}^2$$

Sehingga :

$$Le = \frac{16.07 \times 1,5}{(23.04 + 5.55) \times 0.8}$$

$$Le = 1.19 \text{ m} \sim 1.2 \text{ m}$$

- Mencari Layer yang dibutuhkan

$$\Delta Mr < \Sigma M_{geo}$$

Dimana :

$$\Delta Mr = Mr_{Rencana} - Mr_{min}$$

$$\Delta Mr = 454.242 - 235.6$$

$$\Delta Mr = 218.64 \text{ KNm}$$

$$M_{geo} = T_{allow} \times T_i$$

$$M_{geo} = 16.07 \times (y_o - y_z)$$

$$M_{geo} = 16.07 (2.65)$$

$$M_{geo} = 42.695 \text{ KNm}$$

Sehingga :

$$218.64 < 230,71 \text{ ( 7 layer)}$$

- Mencari panjang total geotextile

Pada layer 1 :

$$L_{total} = L_e + L_d + L_o$$

$$L_{total} = 1.2 + 4.37 + 1$$

$$L_{total} = 6.57 \text{ m} \sim 7 \text{ m}$$

Panjang geotextile adalah 7 m untuk satu sisi timbunan. Berikut Rekap perhitungan panjang geotextile dapat dilihat pada Tabel 6.13. Untuk panjang total geotextile pada Tabel 6.14 dengan jarak pemasangan antar geotextile adalah 25 cm. Serta rekapitulasi perhitungan panjang geotextile pada analisa lainnya dapat dilihat pada Lampiran 17.



**Tabel 6.13** Rekapitulasi Perhitungan  $L_e$ 

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma M_{geotextile}$	Le	Le Pakai
n	m	m	kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	1.80	2.65	19.75	5.49	42.60	42.60	1.19	1.20
2	1.55	2.45	17.00	17.00	39.39	81.99	0.89	1.00
3	1.30	2.25	14.26	14.26	36.17	118.17	1.06	1.10
4	1.05	2.05	11.52	11.52	32.96	151.13	1.31	1.40
5	0.80	1.85	8.78	8.78	29.74	180.87	1.72	1.80
6	0.55	1.65	6.03	6.03	26.53	207.40	2.50	2.50
7	0.30	1.45	3.29	3.29	23.31	230.71	4.58	4.60

(sumber : Data primer)

**Tabel 6.14** Rekapitulasi Panjang Total Geotextile

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	1.20	4.37	1.00	6.57	7.00
2	1.00	4.22	1.00	6.22	7.00
3	1.10	4.05	1.00	6.15	7.00
4	1.40	3.87	1.00	6.27	7.00
5	1.80	3.67	1.00	6.47	7.00
6	2.50	3.46	1.00	6.96	7.00
7	4.60	3.24	1.00	8.84	9.00

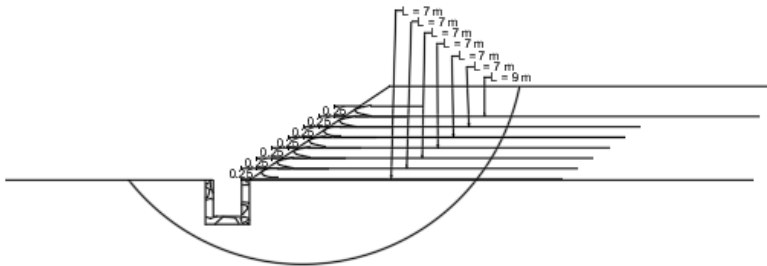
(sumber : Data primer)

Tabel 6.13 menunjukkan panjang geotextile yang digunakan pada masing-masing layer untuk 1 lapis geotextile. Dilakukan perhitungan dengan cara yang sama pada Analisa stabilisasi lainnya. Hasil analisa lainnya dapat dilihat pada Lampiran 18. Kemudian bandingkan hasil analisa perhitungan panjang geotextile dan dipilih hasil perhitungan geotextile yang paling kritis. Dari hasil perhitungan, yang paling kritis adalah hasil analisa ke 5 dengan SF terkecil yang dapat dilihat pada Gambar 6.13. Untuk hasil perhitungan panjang geotextile dapat dilihat pada Tabel 6.15, yang menunjukkan Panjang pada tiap layer untuk satu lapis geotextile pada 1 sisi timbunan.

**Tabel 6.15** Rekapitulasi Panjang Geotextile pada masing-masing analisa

layer	1		2		3		4		5	
	SF terkecil	R terbesar	SF terkecil	R terbesar	SF terkecil	R terbesar	SF terkecil	R terbesar	SF terkecil	R terbesar
1	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
2	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00	7.00	7.00	7.00
3	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
4	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
5	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
6	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
7	9.00		9.00	9.00			9.00		9.00	

(sumber : Data primer)



**Gambar 6.13** Ilustrasi Perkuatan Geotextile

## 6.7 Biaya Material

Dari perencanaan yang dilakukan, maka dihitung biaya material yang akan digunakan pada perbaikan menggunakan PVD dan Geotextile, untuk perhitungan biaya material dapat dilihat pada Tabel 6.16.

**Tabel 6.16** Biaya Material Perkuatan PVD dan Geotextile

No.	Pekerjaan	Keterangan			Harga/m	
1	Timbunan	Hinisial	1.842468	m	IDR 184,758.87	IDR 22,552,310,355.93
		L	26.5	m		
2	PVD tie CT-D1008	S =	1.2	m	IDR 5,500.00	IDR 126,193,871,527.78
		D =	1.13	m		
		Pola =	Segitiga			
		Hdr =	2/3Hdr	m		
		Dimensi	320	m		
3	Geotextile tipe UW-250	Apabrik	800.00	m/lebar	IDR 12,000.00	IDR 6,502,500,000.00
		Lebar	Panjang	Luas		
		28.00	850	23800		
		28.00	850	23800		
		28.00	850	23800		
		28.00	850	23800		
		28.00	850	23800		
		36.00	850	30600		
				173400		
		kebutuhan		216.75		
TOTAL						IDR 155,248,681,883.71

(sumber : Data primer)

“halaman ini sengaja dikosongkan”

**BAB VII**  
**METODE PERBAIKAN TANAH DENGAN STABILISASI**  
**KAPUR DAN GEOTEXTILE**

**7.1 Stabilitas Timbunan**

Analisa stabilitas timbunan dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas timbunan yang sudah direncanakan. Stabilitas yang direncanakan SF=1.5. apabila timbunan yang direncanakan tidak memenuhi kriteria SF=1,5 maka perlu adanya perkuatan terhadap timbunan. Untuk menganalisa stabilitas timbunan, diperlukan  $H_{kritis}$  timbunan terlebih dahulu.  $H_{kritis}$  merupakan kemampuan tinggi timbunan yang dapat diterima oleh tanah dasar. Lalu menganalisa stabilitas timbunan menggunakan xstable.

$$H_{kritis} = \frac{5.52 C_u}{\gamma_{timb} \times SF}, \text{ (hansbo, 1994)}$$

Dengan:

$$C_u = 73 \text{ kPa} = 7.3 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_{timb} = 1.9 \text{ t/m}^3$$

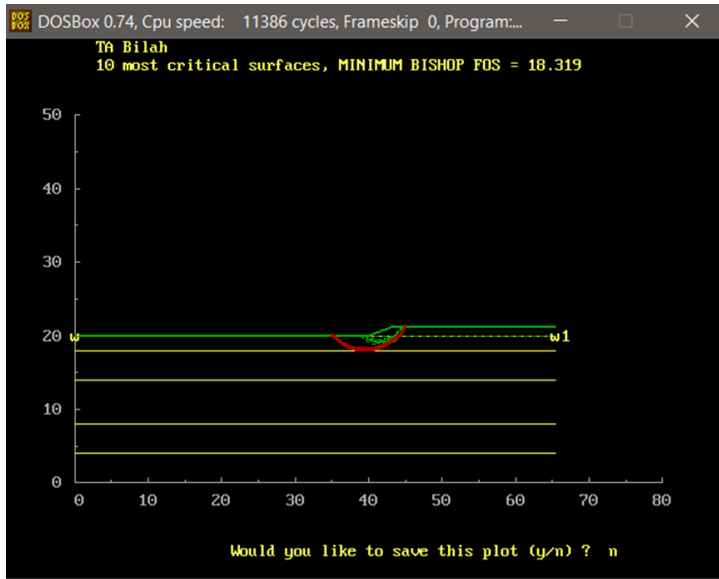
$$SF = 1$$

Sehingga :

$$H_{kri} = \frac{5.52 \times 7.3}{1.9 \times 1}$$

$$H_{kritis} = 21.21 \text{ m}$$

Dilakukan kontrol stabilitas menggunakan XSTBL ketika H setinggi timbunan yang direncanakan yaitu 1.6 m. Berikut hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 7.1 dan rekapitulasi SF dapat dilihat pada Gambar 7.2 :



Gambar 7.1 Hasil Uji Stabilisasi Xstbl Hkritis = 1.6 m

DOSBox 0.74, Cpu speed: 11386 cycles, Frameskip 0, Program:...

Line: 1085 File: HKRKPBRB.OPT ESC=QUIT MOVE: ↑ PgDn PgUp END HOME

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : TA Bilah

	FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord (m)	Circle Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	18.319	39.59	23.92	6.04	35.00	44.97	4.221E+03
2.	18.462	41.42	23.79	4.25	39.50	44.77	1.403E+03
3.	18.562	41.25	22.94	3.70	39.00	44.47	1.465E+03
4.	18.660	41.47	23.34	4.16	39.00	45.02	1.821E+03
5.	18.695	41.58	22.00	2.89	39.50	44.35	1.110E+03
6.	18.793	41.80	22.69	3.53	39.50	44.96	1.485E+03
7.	18.934	41.50	21.85	2.72	39.50	44.12	1.008E+03
8.	19.004	41.78	22.10	3.10	39.50	44.71	1.338E+03
9.	19.037	41.58	21.98	3.25	39.00	44.71	1.631E+03
10.	19.056	41.68	22.08	3.40	39.00	44.92	1.769E+03

\*\*\* END OF FILE \*\*\*

Gambar 7.2 Rekapitulasi SF H= 1.6 m

Dari hasil  $x_{stabl}$  hasil  $SF=18.32$  ketika  $H = 1.6$  m, sehingga pada penimbunan dapat dilakukan secara terus menerus tanpa penundaan dikarenakan  $SF$  memenuhi persyaratan.

## 7.2 Timbunan Bertahap

Dari hasil stabilisasi yang dilakukan, timbunan bertahap dilakukan tanpa penundaan dengan kecepatan 50 cm/minggu. Umur timbunan dari proses penimbunan bertahap dapat dilihat pada Tabel 7.1.

**Tabel 7.1** Umur Timbunan hingga Tahap ke-4

Tahap Timbunan				
M	1	2	3	4
i	0			
n	1			
g	2	1		
g	3	2	1	
u	4	3	2	1
K				
e				
-				

Berikut contoh perhitungan penurunan yang terjadi pada tahap 1 timbunan dengan kedalaman 0 – 1 m:

- Perhitungan tegangan overburden

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

$$\gamma' = \gamma - \gamma_w$$

$$\gamma' = 1.784 - 1$$

$$\gamma' = 0.784 \text{ t/m}^3$$

$$\sigma_o' = \gamma' \times H$$

$$\sigma'_0 = 0.784 \times 0.5$$

$$\sigma'_0 = 0.392 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan tegangan prakonsolidasi akibat adanya beban karena fluktuasi muka air tanah.

$$H_{\text{flukstasi}} = 1.5 \text{ m}$$

$$\sigma'_c = \sigma'_0 + (\gamma_w \times H_{\text{fluk}})$$

$$\sigma'_c = 0.392 + (1 \times 1.5)$$

$$\sigma'_c = 1.892 \text{ t/m}^2$$

- Perhitungan beban tambahan akibat beban timbunan yang ditinjau dari tengah-tengah lapisan.

$$\Delta P_1 = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left\{ \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right\} (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} \alpha_2 \right]$$

Dimana :

$$B_1 = 28.75 \text{ m}$$

$$B_2 = 0.75 \text{ m}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{Z} \right\}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left\{ \frac{28.75 + 0.75}{0.75} \right\} - \tan^{-1} \left\{ \frac{28.75}{0.5} \right\}$$

$$\alpha_1 = 0.025$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left\{ \frac{B_1}{Z} \right\}$$



$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left\{ \frac{28.75}{0.5} \right\}$$

$$\alpha_2 = 89.004$$

$$q = H_{timb} \times \gamma_{timb}$$

$$q = 0.5 \times 1.9$$

$$q = 0.95 \text{ t/m}^2$$

Sehingga :

$$\Delta P_1 = \frac{0.95}{\pi} \left[ \left\{ \frac{28.75 + 0.75}{0.75} \right\} (0.025 + 89.004) - \frac{28.75}{0.75} 89.004 \right]$$

$$\Delta P_1 = 0.475 \text{ t/m}^2$$

$$2\Delta P_1 = 0.950 \text{ t/m}^2$$

Maka tegangan yang terjadi dapat dilihat pada perhitungan berikut :

$$\sigma'_1 = P_0 + \Delta P_1$$

$$\sigma'_1 = 0.392 + 0.950$$

$$\sigma'_1 = 1.342 \text{ t/m}^2$$

Dari tegangan yang terjadi, maka dapat diperhitungkan pemampatan sebagai berikut :

- Perhitungan besar pemampatan

Maka didapatkan hasil penurunan yang terjadi pada kedalaman 0-1 m saat dilakukannya timbunan bertahap sebagai berikut :

$$S_c = \frac{H_0}{1 + e_0} \left[ C_s \text{ Log } \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right]$$

$$S_c = \frac{1}{1 + 1.784} 0.093 \cdot \text{Log} \frac{0.392 + 0.950}{0.392}$$

$$S_c = 0.0014 \text{ m}$$

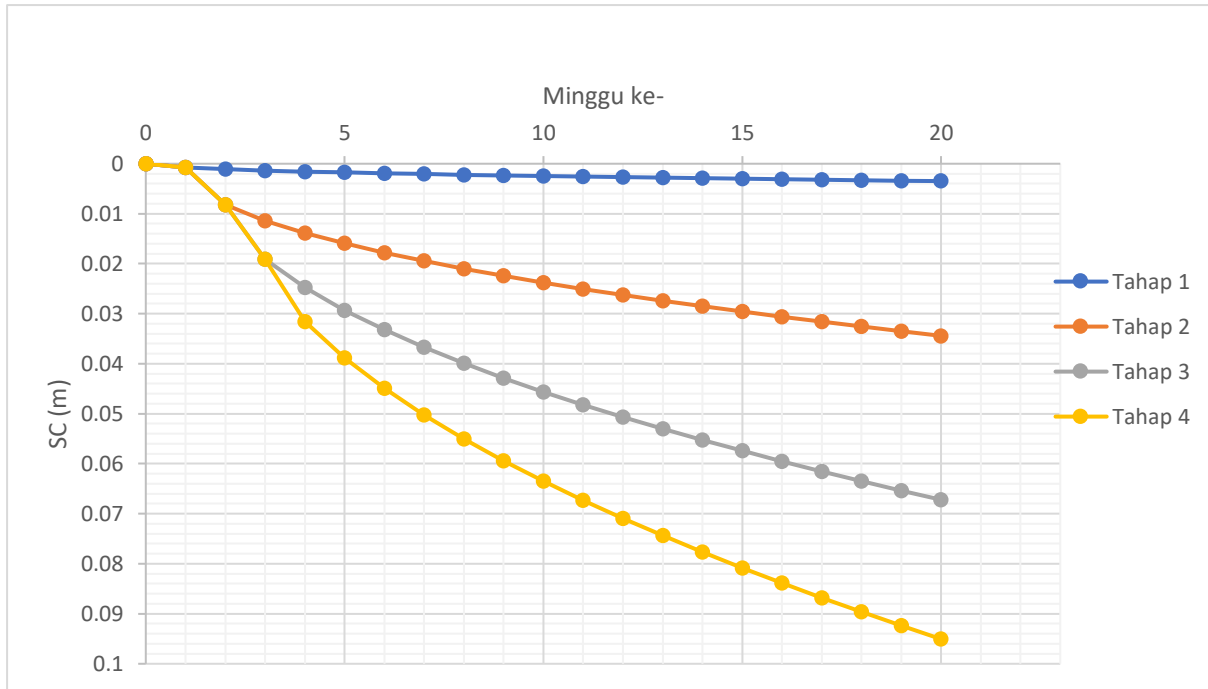
Berikut rekapitulasi perhitungan tegangan dan pemampatan yang terjadi pada tahap 1 pada Tabel 7.2. dan tahap lainnya dapat dilihat pada Lampiran 19.

**Tabel 7.2** Rekapitulasi perhitungan Timbunan Bertahap ke-1

Kedalaman		z (m)	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	$q_0$	$2\Delta\sigma$	$2\Delta\sigma + \sigma'_o$	$S_c$	
0	-	1	0.5	0.392	1.892	0.950	0.950	1.342	0.00137
1	-	2	1	2.068	3.568	0.950	0.950	3.018	0.00042
2	-	3	1.5	3.580	5.080	0.950	0.950	4.530	0.00347
3	-	4	2	5.011	6.511	0.950	0.950	5.960	0.00256
4	-	5	2.5	6.441	7.941	0.950	0.950	7.391	0.00203
5	-	6	3	7.871	9.371	0.950	0.950	8.821	0.00168
6	-	7	3.5	9.302	10.802	0.950	0.949	10.251	0.00143
7	-	8	4	10.732	12.232	0.950	0.949	11.681	0.00125
8	-	9	4.5	12.162	13.662	0.950	0.949	13.111	0.00111
9	-	10	5	13.593	15.093	0.950	0.948	14.541	0.00099
10	-	11	5.5	15.023	16.523	0.950	0.947	15.970	0.00090
11	-	12	6	16.453	17.953	0.950	0.947	17.400	0.00082
12	-	13	6.5	17.884	19.384	0.950	0.946	18.829	0.00076
13	-	14	7	19.337	20.837	0.950	0.945	20.282	0.00068
14	-	15	7.5	20.802	22.302	0.950	0.944	21.746	0.00063
15	-	16	8	22.268	23.768	0.950	0.942	23.210	0.00059
16	-	17	8.5	23.733	25.233	0.950	0.941	24.674	0.00055
17	-	18	9	25.293	26.793	0.950	0.939	26.232	0.00049
18	-	19	9	26.901	28.401	0.950	0.939	27.840	0.00046
19	-	20	9	28.009	31.009	0.950	0.939	28.948	0.00024
Sckum =								0.02218	

(sumber : Data primer)

Dapat dilihat dari Tabel 7.2 bahwa penurunan yang terjadi pada tiap minggu sangat kecil. Dapat dilihat proses penurunan yang terjadi pada Gambar 7.3. dibawah:



**Gambar 7.3** Hubungan Waktu dengan Pemasatan

### 7.3 Peningkatan Cu

Perhitungan dilakukan seperti pada subbab 6.5. Berikut contoh perhitungan pada kedalaman 0 – 1 m pada tahap 1 dapat dilihat sebagai berikut :

$$\Delta P_1 = \left\{ \left( \frac{\sigma_1'}{P_0'} \right)^U x P_0' \right\} - P_0'$$

Dimana :

$$U_v = 7.63\% \text{ pada minggu ke 4.}$$

$$P_0' = 0.39 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_1' = P_0 + \Delta P_1$$

$$\sigma_1' = 0.39 + 0.95$$

$$\sigma_1' = 1.34 \text{ t/m}^2$$

Sehingga :

$$\Delta P_1 = \left\{ \left( \frac{1.34}{0.39} \right)^{0.07} x 0.39 \right\} - 0.39$$

$$\Delta P_1 = 0.04 \text{ t/m}^2$$

Lanjutkan perhitungan seperti diatas hingga seluruh tahap timbunan, lalu di jumlahkan dengan rekapitulasi dapat dilihat pada Tabel 7.3 dan tahap lainnya dapat dilihat pada lampiran 20.

**Tabel 7.3** Rekapitulasi Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi

Kedalaman			$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$
U <sub>v</sub> (%)			0%	7.82%	6.99%	6.06%	4.95%	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	0.39	0.04	0.09	0.13	0.12	0.37
1	-	2	2.07	0.06	0.10	0.14	0.13	0.43
2	-	3	3.58	0.07	0.11	0.14	0.13	0.45
3	-	4	5.01	0.07	0.12	0.15	0.13	0.47
4	-	5	6.44	0.07	0.12	0.15	0.13	0.48
5	-	6	7.87	0.07	0.12	0.15	0.14	0.48
6	-	7	9.30	0.07	0.12	0.16	0.14	0.49
7	-	8	10.73	0.07	0.12	0.16	0.14	0.49
8	-	9	12.16	0.07	0.12	0.16	0.14	0.49
9	-	10	13.59	0.07	0.13	0.16	0.14	0.50
10	-	11	15.02	0.07	0.13	0.16	0.14	0.50
11	-	12	16.45	0.07	0.13	0.16	0.14	0.50
12	-	13	17.88	0.07	0.13	0.16	0.14	0.50
13	-	14	19.34	0.07	0.13	0.16	0.14	0.50
14	-	15	20.80	0.07	0.13	0.16	0.14	0.50
15	-	16	22.27	0.07	0.13	0.16	0.14	0.50
16	-	17	23.73	0.07	0.13	0.16	0.14	0.50
17	-	18	25.29	0.07	0.13	0.16	0.14	0.50
18	-	19	26.90	0.07	0.13	0.16	0.14	0.51
19	-	20	28.01	0.07	0.13	0.16	0.14	0.51

(sumber : Data primer)

Kenaikan daya dukung tanah diakibatkan oleh beban yang diterimanya, sehingga kenaikan daya dukung hanya terjadi pada daerah tanah dasar yang menerima beban yang dapat dilihat pada Gambar 7.4. Menghitung kenaikan daya dukung tanah, harga  $C_u$  dapat diperoleh sebagai berikut :

$$C_{baru} = C_{Awal} + a\Delta\sigma_v$$

Dimana :

$$C_{awal} = 7.3 \text{ t/m}^2$$

$$\Sigma\sigma' = 0.37 \text{ t/m}^2$$

$$U_v = 7.63 \%$$

$$a = U \tan \emptyset$$

$$a = 0.07 \tan(0.5)$$

$$a = 0.0004$$

Sehingga :

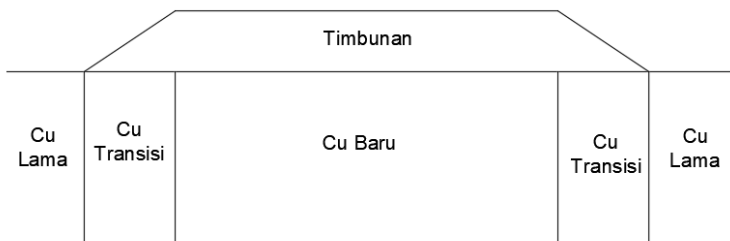
$$C_{baru} = 7.3 + 0.0004 (0.21)$$

$$C_{baru} = 0.5 + 0.016$$

$$C_{baru} = 7.32 \text{ t/m}^2$$

$$C_{baru} = 73.2 \text{ kPa}$$

Berikut Rekapitulasi hasil peningkatan harga Cu pada tahap dapat dilihat pada Tabel 7.4. dan untuk peningkatan harga Cu tahap lainnya dapat dilihat pada lampiran 21.



**Gambar 7.4** Area Kenaikan Daya Dukung

**Tabel 7.4** Rekapitulasi Peningkatan Harga Cu

Cu Lama		$\Delta\sigma$	Cu baru		Cu Transisi
kPa	t/m <sup>2</sup>		t/m <sup>2</sup>	kPa	kPa
73.00	7.30	0.021	7.321	73.22	36.61
73.00	7.30	0.023	7.323		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.00	2.50
5.00	0.50	0.000	0.500		
5.00	0.50	0.000	0.500		
5.00	0.50	0.000	0.500		
5.00	0.50	0.002	0.502	5.02	2.51
5.00	0.50	0.002	0.502		
5.00	0.50	0.002	0.502		
5.00	0.50	0.002	0.502		
5.00	0.50	0.002	0.502		
11.93	1.19	0.002	1.195	11.95	5.98
11.93	1.19	0.002	1.195		
11.93	1.19	0.002	1.195		
11.93	1.19	0.002	1.195		
24.76	2.48	0.004	2.481	24.81	12.40
24.76	2.48	0.004	2.481		
24.76	2.48	0.004	2.481		
24.76	2.48	0.004	2.481		

(sumber : Data primer)

Selain kenaikan nilai parameter Cu, terdapat pula kenaikan parameter tanah lainnya yang sudah dikorelasi sehingga didapatkan kenaikan parameter yang dapat dilihat pada tabel 7.5:



**Tabel 7.5** Parameter Kenaikan pada Tanah

Kedalaman (m)	Cu (kPa)	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	Cc	Cs	Cv (cm <sup>2</sup> /s)	e0
0-2	73.22	1.789	0.028	0.006	0.00007	1.168
2-6	5.00	1.621	0.442	0.088	0.00005	1.745
6-12	5.02	1.625	0.436	0.087	0.00005	1.725
12-16	11.95	1.647	0.408	0.082	0.00005	1.629
16-20	24.81	1.741	0.310	0.062	0.00007	1.304

(sumber : Data primer)

### 7.3.1 Kontrol Settlement

Dengan beban yang diberikan maka diperhitungkan kembali penurunan yang diakibatkan beban tambahan pada subbab 5.2.2 dengan menggunakan parameter tanah yang sudah mengalami pemampatan. Dari beban tambahan yang diterima didapatkan besar penurunan sebesar 52.7 cm maka penurunan yang terjadi pertahunnya dapat dilihat pada Tabel 7.6 sebagai berikut:

**Tabel 7.6** Rate of Settlement Akibat Beban Tambahan

Hdr	20	m	
Sc	0.52682	m	
Penurunan pada waktu rencana dengan PVD			
Tahun Ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
1	0.02%	1.75%	0.920
2	0.05%	2.47%	1.301
3	0.07%	3.02%	1.593
4	0.10%	3.49%	1.840
5	0.12%	3.90%	2.057
6	0.14%	4.28%	2.253
7	0.17%	4.62%	2.434
8	0.19%	4.94%	2.602
9	0.22%	5.24%	2.759
10	0.24%	5.52%	2.909

(sumber : Data primer)

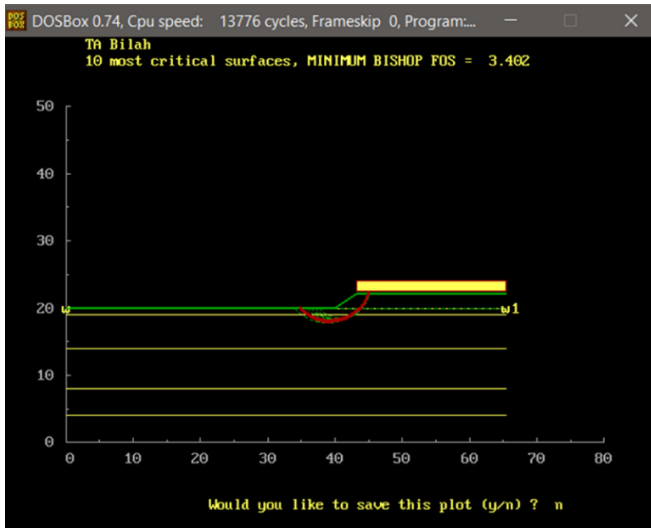
**Tabel 7.7** Rate of Settlement Akibat Beban Tambahan  
(Lanjutan)

Hdr	20	m	
Sc	0.52682	m	
Penurunan pada waktu rencana dengan PVD			
Tahun Ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)
11	0.26%	5.79%	3.051
12	0.29%	6.05%	3.186
13	0.31%	6.30%	3.316
14	0.34%	6.53%	3.442
15	0.36%	6.76%	3.562
16	0.38%	6.98%	3.679
17	0.41%	7.20%	3.792
18	0.43%	7.41%	3.902
19	0.45%	7.61%	4.009
20	0.48%	7.81%	4.113

(sumber : Data primer)

### 7.3.2 Kontrol Stabilisasi

Analisa ini dilakukan guna mengetahui daya dukung tanah yang diakibatkan kenaikan parameter tanah. Analisa menggunakan software XSTABL dengan menambahkan beban tambahan pada subbab 5.2.2 Dengan program bantu XSTBABL, dihasilkan angka keamanan pada bidang longsor yang paling kritis dapat dilihat pada Gambar 7.5 dan Gambar 7.6 sebagai berikut:



**Gambar 7.5** Potongan Analisa Stabilisasi dengan Harga Cu Baru

DOSBox 0.74, Cpu speed: 13776 cycles, Frameskip 0, Program: ...

Line: 235 File: CURPRS.OPT ESC=QUIT MOVE: lt PgDn PgUp END HOME

The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : TA Bilah

	FOS (BISHOP)	Circle x-coord (m)	Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	3.402	39.22	23.91	6.05	34.61	44.99	2.134E+03
2.	3.426	39.21	23.89	6.03	34.61	44.96	2.123E+03
3.	3.429	39.91	23.37	5.28	35.83	45.01	1.859E+03
4.	3.457	38.89	24.23	6.46	34.00	44.97	2.323E+03
5.	3.622	40.56	22.79	4.48	37.06	44.96	1.571E+03
6.	3.638	40.15	23.02	4.78	36.44	44.83	1.651E+03
7.	3.674	39.15	24.24	6.21	34.61	44.97	2.288E+03
8.	3.756	40.90	22.64	4.17	37.67	45.01	1.481E+03
9.	3.758	40.48	22.72	4.37	37.06	44.79	1.515E+03
10.	3.781	40.16	23.42	5.05	36.44	45.02	1.865E+03

\*\*\* END OF FILE \*\*\*

**Gambar 7.6** Hasil Analisa Stabilisasi dengan Harga Cu Baru

Berikut rekapitulasi Analisa stabilisasi yang dilakukan dengan mencoba-coba initial dan terminal dapat dilihat pada Tabel 7.8.

**Tabel 7.8** Rekapitulasi Analisa Stabilisasi

No.	SF	X pusat	Y pusat	Radius	Mr (KNm)
1	6.141	40.800	24.540	4.730	1147
	7.135	39.400	30.010	10.110	2612
2	5.821	40.530	26.540	6.670	1682
	5.821	40.530	26.540	6.670	1682
3	9.143	39.510	23.840	5.930	4558
	9.143	39.510	23.840	5.810	4558
4	5.481	40.800	25.870	6.000	1449
	5.481	40.540	22.860	6.000	1449
5	6.096	40.820	24.670	4.850	1203
	7.797	39.140	30.870	10.970	3983

(sumber : Data primer)

Dari percobaan analisa yang dilakukan didapatkan nilai SF melebihi nilai SF rencana yaitu 1.5. Dari hasil analisa dapat dinyatakan tanah dasar dapat menopang beban di atasnya.

#### 7.4 Biaya Material

Dari perencanaan yang dilakukan ketika tanah terstabilisasi oleh kapur sedalam 2 m, maka diperhitungkan harga biaya material yang akan digunakan pada perbaikan Stabilisasi dan Geotextile, untuk perhitungan biaya material dapat dilihat pada Tabel 7.9.

**Tabel 7.9** Biaya Material Perkuatan Stabilisasi Kapur dan Geotextile

No.	Pekerjaan	Keterangan			Harga/m	
		Hinisial	1.6	m		
1	Timbunan	L	26.5	m	IDR 184,758.87	IDR 19,584,440,220.00
		H	2	m		
2	Kapur	L	26.5	m	IDR 100,000.00	IDR 662,500,000.00
3	Geotextile tipe UW-250	-			-	-
TOTAL						IDR 20,246,940,220.00

(sumber : Data primer)

## **BAB VIII**

### **KESIMPULAN**

#### **8.1 Kesimpulan**

Dari perencanaan yang dilakukan disimpulkan bahwa:

1. Tinggi timbunan inisial pada perencanaan PVD dan geotextile adalah 1.8 m dan pada perencanaan stabilisasi kapur dengan geotextile adalah 1.6 m. Sedangkan tinggi final pada kedua alternatif adalah 1.2 m.
2. Pada perencanaan perkuatan PVD dan Geotextile, digunakan geotextile sebanyak *7 layers* pada satu sisi dengan 2 geotextile perlayernya dan PVD pola segitiga sedalam 13 meter, dengan jarak 1.2 m.
3. Pada perencanaan stabilisasi kapur dengan Geotextile, penggunaan geotextile tidak diperlukan karena kuat dukung dari stabilisasi kapur sedalam 2 m dapat menahan beban yang diterima oleh tanah. Namun, saat pelaksanaan konstruksi stabilisasi kapur hanya dapat dilakukan sedalam 60 cm.
4. Perkuatan yang paling ekonomis yaitu menggunakan stabilisasi kapur, dengan total biaya material adalah Rp. 20,246,940,220.00 dibandingkan menggunakan PVD dengan geotextile sebesar Rp. 155,248,681,883,71.

#### **8.2 Saran**

1. Merencanakan stabilisasi kapur sedalam 60 cm yang dikombinasi dengan perbaikan tanah lainnya.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi, M. M. (2019). Stabilisasi Tanah Lempung di Kecamatan Sukodono Kabupaten Sragen menggunakan Campuran Kapur dan Bubuk Arang Tempurung Kelapa dengan Pengujian CBR.
- Bowles, J. E. (1979). *Physical and Geotechnical Properties of Soils*.
- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1993). *Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Surabaya.
- DAS, B., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Dr, I. H. (2017). *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Makassar: Pustaka AQ .
- KUMPULAN KORELASI PARAMETER GEOTEKNIK DAN Fondasi**. (N.D.). 2019: Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Lastiasih, Y., & Tantri, K. S, P. (2015). Analysis Of Increasing Shear Strength Of Soil To Slope Stability After Consolidation Settlement Completed With.
- Look, B. (2007). *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Tables*.
- Mochtar, N. E. (2012). *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Surabaya: itspress.
- Nasional, B. S. (2008). *SNI: Cara uji penetrasi lapangan dengan alat sondir* .
- Nasional, B. S. (2008). *SNI: Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT*.

Okpatiasari, P., Tiara, L., Prabindiyani R. W., S., & Hardiyati, S.  
(2018). Analisis Geoteknik Pada Taxiway Di Proyek  
Pengembangan Bandara Ahmad Yani Semarang.



**Lampiran 1**  
**Hasil Pengujian Bor Log 1**

Soil Unit Number (meter)	N-SPT	Sub Soil Unit Number (meter)	Description	Consistennc y/Density
0.00 - 8.00		0.00 - 1.00	clay	-
	1 - 3/30	1.00 - 7.00		very soft
	4/30	7.00 - 8.00		soft
8.00 - 12.00	4 - 6/30	8.00 - 12.00	sandy clay	soft
12.00 - 18.00	4 - 10/30	12.00 - 18.00	clay	soft
18.00 - 20.00	10 - 11/30	18.00 - 20.00	stony clay	medium
20.00 - 21.00	11/30	20.00 - 21.00	stony clay	medium
21.00 - 22.00	18/30	21.00 - 22.00	clay	medium
22.00 - 24.00	18/30	22.00 - 23.00	sandy clay	medium
	42/30	23.00 - 24.00		stiff
24.00 - 27.00	42 - 47/30	24.00 -27.00	clayey sand	Dense
27.00 - 30.00	57/30	27.00 - 29.00	sand	Very Dense
	≥ 60	29.00 - 30.00		Hard
30.00 - 31.00	≥ 60	30.00 - 31.00	clayey sand	Hard
31.00 - 40.00	49/30	21.00 - 33.00	clay	stiff
	52 - 59/30	33.00 - 39.00		Very Stiff
	≥ 60	39.00 - 40.00		Hard

Hasil Pengujian Bor Log 2

Soil Unit Number (meter)	N-SPT	Sub Soil Unit Number (meter)	Description	Consistenncy/ Density
0.00 - 5.00	-	0.00 - 1.00	clay	-
	1/30	1.00 - 5.00		very soft
5.00 - 10.00	1 - 3/30	5.00 - 10.00	sandy clay	very soft
10.00 - 11.00	3/30	10.00 - 11.00	clay	very soft
11.00 - 17.00	4 - 6/30	11.00 - 17.00	sandy clay	soft
17.00 -28.00	8/30	17.00 - 19.00	clayyy	soft
	15 - 27/30	19.00 - 25.00		Medium
	31 - 32/30	25.00 - 28.00		Stiff
28.00 -31.00	32/30	28.00 -31.00	sandy clay	Stiff
31.00 - 39.00	38 - 49/30	31.00 - 37.00	clay	Stiff
	51/30	37.00 - 39.00		Very Stiff
39.00 - 40.00	57/30	39.00 - 40.00	sand	Very Dense

## Hasil Pengujian Bor Log 3

Soil Unit Number (meter)	N-SPT	Sub Soil Unit Number (meter)	Description	Consistenncy/ Density
0.00 - 15.00	-	0.00 - 1.00	clay	-
	1 - 4/30	1.00 - 13.00		very soft
	6/30	13.00 - 15.00		soft
15.00 - 17.00	12/30	15.00 - 17.00	sandy clay	medium
17.00 - 19.00	15/30	17.00 - 19.00	clay	medium
19.00 - 20.00	17/30	19.00 - 20.00	stony clay	medium dense
20.00 - 21.00	17/30	20.00 - 21.00	sandy clay	medium
21.00 - 23.00	18/30	21.00 - 23.00	clayey sand	medium dense
23.00 - 26.00	$\geq 60$	23.00 - 26.00	clay	hard
26.00 - 35.00	$\geq 60$	26.00 - 31.00	sand	hard
	46 - 48/30	31.00 - 35.00		dense
35.00 - 37.00	50/30	35.00 - 37.00	sandy clay	very soft
37.00 - 40.00	$\geq 60$	37.00 - 40.00	clay	hard

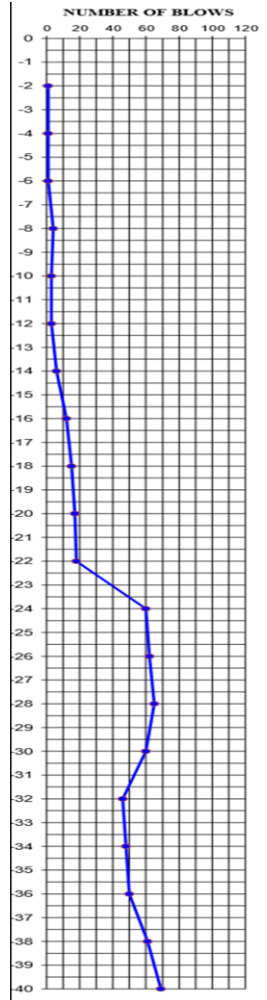
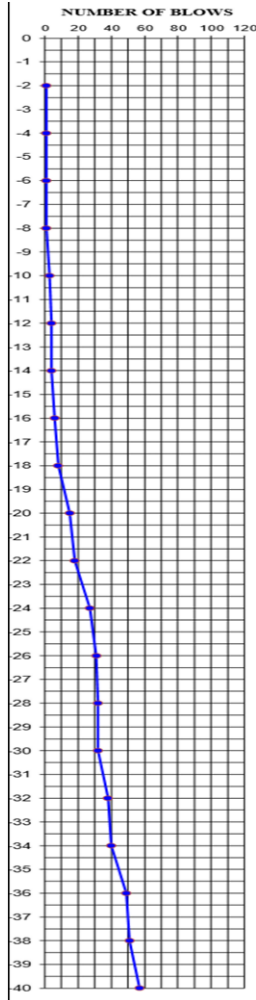
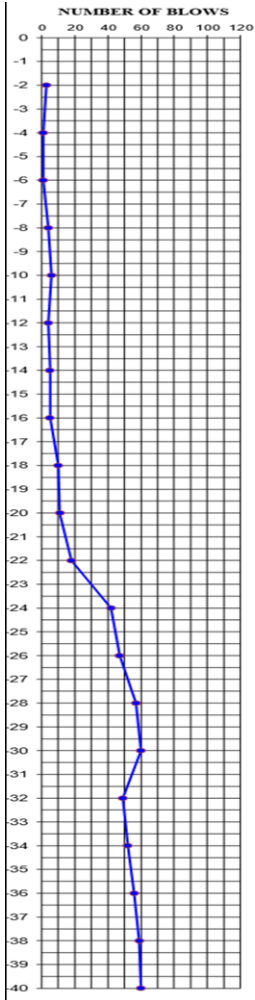
## Lampiran 2

### Grafik Hasil Pengujian Bor Log

BH - 1

BH - 2

BH - 3



**Lampiran 3**  
**Hasil Pengujian Tanah pada Bor Log 1**

kedalaman	Kadar Air	Berat Jenis	Dr (%)	$\gamma_t$	$\gamma_d$	angka pori (e)
1 - 1.45	60.8	1.52	85.925	1.178	0.732	1.076
3 - 3.45	64.02	2.275	74.557	1.263	0.770	1.954
5 - 5.45	75.18	2.662	80.260	1.335	0.762	2.493
7 - 7.45	66.48	2.596	79.756	1.366	0.820	2.164
9 - 9.45	42.69	2.684	56.837	1.27	0.890	2.016
11 - 11.45	41.59	2.62	60.425	1.323	0.935	1.803
13 - 13.45	44.3	2.578	63.638	1.331	0.922	1.795
15 - 15.45	26.28	2.511	49.524	1.359	1.076	1.332
17 - 17.45	23.77	1.784	51.249	1.208	0.976	0.828
19 - 19.45	29.17	2.417	44.748	1.331	0.938	1.576
21 - 21.45	24.49	2.566	40.607	1.359	1.007	1.548
23 - 23.45	31.4	2.559	46.451	1.232	0.937	1.730
25 - 25.45	28.89	2.773	44.675	1.281	0.994	1.789
27 -27.45	21.15	2.874	36.600	1.308	1.080	1.661

29 - 29.45	17.14	1.799	40.974	1.202	1.026	0.753
31 -31.45	24.57	2.57	50.277	1.419	1.139	1.256
33 - 33.45	31.83	2.57	50.241	1.289	0.978	1.628
35 - 35.45	26.11	2.541	43.145	1.263	1.001	1.538
37 - 37.45	25.19	2.603	39.357	1.222	0.976	1.666
39 - 39.45	26.72	2.643	40.757	1.225	0.967	1.733

### Hasil Pengujian Tanah pada Bor Log 2

kedalaman	Kadar Air	Berat Jenis	Dr (%)	$\gamma_t$	$\gamma_d$	angka pori (e)
1 - 1.45	43.2	2.705	52.542	1.201	0.839	2.225
3 - 3.45	97.01	2.3	81.701	1.247	0.667	2.449
5 - 5.45	67.1	2.05	102.572	1.463	0.876	1.341
7 - 7.45	33.78	2.36	63.435	1.399	1.046	1.257
9 - 9.45	58.78	2.766	84.142	1.498	0.943	1.932
11 - 11.45	59.61	2.639	83.215	1.457	0.913	1.890
13 - 13.45	50.94	2.076	83.303	1.381	0.915	1.269
15 - 15.45	56.46	2.163	76.741	1.306	0.835	1.591
17 - 17.45	54.93	2.432	65.827	1.244	0.803	2.030
19 - 19.45	54.46	2.416	65.546	1.372	0.803	2.008
21 - 21.45	54.62	2.069	79.421	1.320	1.294	1.423
23 - 23.45	56.59	2.39	71.502	1.294	0.826	1.423
25 - 25.45	57.45	2.357	79.429	1.372	0.871	1.705

27 -27.45	59.35	2.392	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR
29 - 29.45	40.17	2.806	52.984	1.258	0.897	2.128
31 -31.45	27.04	2.688	45.782	1.320	1.039	1.588
33 - 33.45	26.29	2.639	39.135	1.268	0.952	1.773
35 - 35.45	31.14	2.619	47.718	SAMPEL TANAH BERPASIR	0.967	1.709
37 - 37.45	29.51	2.333	46.064	1.211	0.935	1.495
39 - 39.45	29.82	2.868	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR



### Hasil Pengujian Tanah pada Bor Log 3

kedalaman	Kadar Air	Berat Jenis	Dr (%)	$\gamma_t$	$\gamma_d$	angka pori (e)
1 - 1.45	72.8	2.306	73.200	1.21	0.700	2.294
3 - 3.45	78.02	2.433	76.054	1.239	0.696	2.496
5 - 5.45	80.76	2.026	90.14	1.301	0.720	1.815
7 - 7.45	71.45	2.312	82.479	1.32	0.770	2.003
9 - 9.45	77.51	2.493	72.067	1.202	0.677	2.681
11 - 11.45	63.43	2.49	72.079	1.275	0.780	2.191
13 - 13.45	68.3	2.235	81.497	1.309	0.778	1.873
15 - 15.45	64.57	2.223	70.515	1.205	0.732	2.035
17 - 17.45	23.15	2.458	43.609	1.313	1.066	1.305
19 - 19.45	15.24	2.546	28.671	1.247	1.082	1.353
21 - 21.45	12.09	2.575	25.299	1.294	1.154	1.231
23 - 23.45	26.59	2.504	47.326	1.317	1.040	1.407
25 - 25.45	34.95	2.497	58.599	1.354	1.003	1.489

27 -27.45	26.23	2.439	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR
29 - 29.45	45.33	2.547	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR	SAMPEL TANAH BERPASIR
31 -31.45	26.44	2.654	45.133	1.313	1.039	1.555
33 - 33.45	34.4	2.557	48.641	1.224	0.911	1.808
35 - 35.45	10.82	3.646	23.909	1.334	1.204	1.198
37 - 37.45	11.54	2.373	24.281	1.244	1.115	1.128
39 - 39.45	8.19	2.521	19.929	1.340	1.239	1.036

## Lampiran 4 Spesifikasi PVD



### HARGA SATUAN MATERIAL GEOSINTETIK TAHUN 2019

No.	Jenis Produk	Merek	Tipe	tebal	Dimensi	Unit	Harga satuan Material	Minimum Pesanan
<b>I GEOMEMBRANE (MATERIAL)</b>								
1	Geomembrane HDPE	GSE	HDS050	0,50 mm	7,1m x 420m	m2	Rp 22.000,00	17 rol
2	Geomembrane HDPE	GSE	HDS075	0,75 mm	7,0m x 280m	m2	Rp 34.000,00	17 rol
3	Geomembrane HDPE	GSE	HDS100	1,00 mm	7,0m x 210m	m2	Rp 44.000,00	17 rol
4	Geomembrane HDPE	GSE	HDS150	1,50 mm	7,0m x 140m	m2	Rp 66.000,00	17 rol
5	Geomembrane HDPE	GSE	HDS200	2,00 mm	7,0m x 105m	m2	Rp 88.000,00	17 rol
<b>II GEOTEXTILE WOVEN (MATERIAL)</b>								
1	Geotextile Woven	UNGGULTEX	UW-150	0,50 mm	4,0 m X 200 m	m2	Rp 7.500,00	20 rol
2	Geotextile Woven	UNGGULTEX	UW-200	0,60 mm	4,0 m X 200 m	m2	Rp 9.500,00	20 rol
3	Geotextile Woven	UNGGULTEX	UW-250	0,70 mm	4,0 m X 150 m	m2	Rp 12.000,00	20 rol
<b>III GEOTEXTILE NONWOVEN (MATERIAL)</b>								
1	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-150	1,13 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 6.500,00	25 rol
2	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-200	1,25 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 7.500,00	25 rol
3	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-250	1,35 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 9.500,00	25 rol
4	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-300	1,67 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 11.500,00	25 rol
5	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-400	2,15 mm	4,0 m X 100 m	m2	Rp 14.000,00	20 rol
6	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-500	3,05 mm	4,0 m X 50 m	m2	Rp 17.500,00	20 rol
7	Geotextile Nonwoven Polyester	Hilon Geotextile	GTR-600	4,00 mm	4,0 m X 50 m	m2	Rp 21.000,00	20 rol
<b>IV PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD)</b>								
1	Prefabricated Vertical Drain (Material)	Ceteau Drain	CT-D1008	3,0 mm	320 meter	m	Rp 5.500,00	500 rol
<b>V PREFABRICATED HORIZONTAL DRAIN (PHD)</b>								
1	Prefabricated Vertical Drain (Material)	Ceteau Strip Drain	CT-SD 20-100	20 mm	50 meter	m	Rp 40.000,00	500 rol



PJP : BDN  
 RP3 : CTLL.0122.05-2019  
 FP2 : TLI.0122.05-2019

“halaman ini sengaja dikosongkan”

**Lampiran 5**  
**Spesifikasi Geotextile**

# UnggulTex

**POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES**

## TECHNICAL SPESIFICATIONS

PROPERTIES	UNIT	TEST METHOD	UW - 150	UW - 200	UW - 250
<b>Physical Properties</b>					
Mass	g/m <sup>2</sup>	ASTM D 5261-92	150	200	250
Thickness	mm	ASTM D 5199-91	0.5	0.6	0.7
Colour	-	-	Black	Black	Black
<b>Mechanical Properties</b>					
Strip Tensile Strength (Wrab/Weft)	kN/m	ASTM D 4595-94	37/35	42/39	52/52
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4595-94	19/18	20/20	20/20
Grap Tensile Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4632-91	1210/1200	1600/1600	1750/1750
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4632-91	14/13	22/22	22/22
Trapezoidal Tear Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4533-91	615/615	700/700	800/800
<b>Hydraulic Properties</b>					
Pore Size O <sub>95</sub>	µm	ASTM D 4751-95	320	275	250
Water Permeability	l/m <sup>2</sup> /sec	100 mm water head	28	16	7.5
<b>Environmental Properties</b>					
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of U.V. Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
<b>Packaging</b>					
Roll Length	m	-	150 - 200	150 - 200	150 - 200
Roll Width	m	-	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Roll Area	m <sup>2</sup>	-	640 - 760	640 - 760	640 - 760
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5
Roll Weight (Approx)	kg	-	96 - 114	128 - 152	160 - 190

“halaman ini sengaja dikosongkan”

**Lampiran 6**  
**Rekapitulasi Perhitungan Penurunan Akibat Timbunan**

**Tabel 1. Rekap penurunan akibat timbunan H=3 m**

No.	Kedalaman	Konsistensi Tanah	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q <sub>0</sub> (t/m)	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	Very Soft	0.310	1.810	5.700	5.700	5.837	OC	Rumus 2	0.114	0.114
2	1	Very Soft	0.930	2.430	5.700	5.698	2.612	OC	Rumus 2	0.088	0.202
3	2	Very Soft	1.551	3.051	5.700	5.693	1.967	OC	Rumus 2	0.074	0.276
4	3	Very Soft	2.171	3.671	5.700	5.680	1.691	OC	Rumus 2	0.064	0.340
5	4	Very Soft	2.791	4.291	5.700	5.659	1.537	OC	Rumus 2	0.056	0.396
6	5	Very Soft	3.411	4.911	5.700	5.628	1.440	OC	Rumus 2	0.050	0.446
7	6	Very Soft	4.031	5.531	5.700	5.587	1.372	OC	Rumus 2	0.045	0.492
8	7	Very Soft	4.652	6.152	5.700	5.535	1.322	OC	Rumus 2	0.021	0.512
9	8	Very Soft	5.272	6.772	5.700	5.472	1.285	OC	Rumus 2	0.038	0.550
10	9	Very Soft	5.892	7.392	5.700	5.400	1.255	OC	Rumus 2	0.035	0.585
11	10	Very Soft	6.512	8.012	5.700	5.320	1.230	OC	Rumus 2	0.032	0.617
12	11	Very Soft	7.133	8.633	5.700	5.233	1.210	OC	Rumus 2	0.029	0.646
13	12	Very Soft	7.753	9.253	5.700	5.140	1.193	OC	Rumus 2	0.027	0.673
14	13	Soft	8.385	9.885	5.700	5.042	1.179	OC	Rumus 2	0.024	0.697
15	14	Soft	9.028	10.528	5.700	4.941	1.166	OC	Rumus 2	0.022	0.719
16	15	Soft	9.672	11.172	5.700	4.838	1.155	OC	Rumus 2	0.021	0.740
17	16	Soft	10.315	11.815	5.700	4.733	1.145	OC	Rumus 2	0.019	0.759
18	17	Medium	11.006	12.506	5.700	4.628	1.136	OC	Rumus 2	0.017	0.776
19	18	Medium	11.745	13.245	5.700	4.523	1.128	OC	Rumus 2	0.015	0.791
20	19	Medium	12.483	13.983	5.700	4.419	1.120	OC	Rumus 2	0.008	0.799
21	20	Medium	13.222	14.722	5.700	4.316	1.113	OC	Rumus 2	0.007	0.806

Tabel 2. Rekap penurunan akibat timbunan H=5 m

No.	Kedalaman	Konsistensi Tanah	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	$q_0$ (t/m)	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma + \sigma_o$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	Very Soft	0.310	1.810	9.500	4.750	9.500	9.810	5.837	OC	Rumus 2	0.150	0.150
2	1	Very Soft	0.930	2.430	9.500	4.749	9.498	10.428	2.612	OC	Rumus 2	0.121	0.272
3	2	Very Soft	1.551	3.051	9.500	4.745	9.490	11.040	1.967	OC	Rumus 2	0.105	0.377
4	3	Very Soft	2.171	3.671	9.500	4.736	9.473	11.644	1.691	OC	Rumus 2	0.093	0.469
5	4	Very Soft	2.791	4.291	9.500	4.722	9.444	12.235	1.537	OC	Rumus 2	0.084	0.553
6	5	Very Soft	3.411	4.911	9.500	4.701	9.401	12.812	1.440	OC	Rumus 2	0.076	0.629
7	6	Very Soft	4.031	5.531	9.500	4.672	9.343	13.375	1.372	OC	Rumus 2	0.070	0.699
8	7	Very Soft	4.652	6.152	9.500	4.635	9.270	13.922	1.322	OC	Rumus 2	0.064	0.763
9	8	Very Soft	5.272	6.772	9.500	4.591	9.182	14.454	1.285	OC	Rumus 2	0.060	0.823
10	9	Very Soft	5.892	7.392	9.500	4.540	9.080	14.972	1.255	OC	Rumus 2	0.055	0.878
11	10	Very Soft	6.512	8.012	9.500	4.483	8.965	15.478	1.230	OC	Rumus 2	0.052	0.929
12	11	Very Soft	7.133	8.633	9.500	4.419	8.839	15.971	1.210	OC	Rumus 2	0.048	0.978
13	12	Very Soft	7.753	9.253	9.500	4.351	8.703	16.456	1.193	OC	Rumus 2	0.045	1.023
14	13	Soft	8.385	9.885	9.500	4.279	8.559	16.943	1.179	OC	Rumus 2	0.041	1.063
15	14	Soft	9.028	10.528	9.500	4.204	8.408	17.437	1.166	OC	Rumus 2	0.038	1.101
16	15	Soft	9.672	11.172	9.500	4.127	8.253	17.925	1.155	OC	Rumus 2	0.036	1.137
17	16	Soft	10.315	11.815	9.500	4.048	8.095	18.410	1.145	OC	Rumus 2	0.033	1.170
18	17	Medium	11.006	12.506	9.500	3.967	7.935	18.941	1.136	OC	Rumus 2	0.030	1.200
19	18	Medium	11.745	13.245	9.500	3.887	7.774	19.518	1.128	OC	Rumus 2	0.028	1.227
20	19	Medium	12.483	13.983	9.500	3.806	7.613	20.096	1.120	OC	Rumus 2	0.014	1.241
21	20	Medium	13.222	14.722	9.500	3.726	7.452	20.674	1.113	OC	Rumus 2	0.013	1.254



Tabel 3. Rekap penurunan akibat timbunan H=7 m

No.	Kedalaman	Konsistensi Tanah	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	$q_0$ (t/m)	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma + \sigma_o$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	Very Soft	0.310	1.810	13.300	6.650	13.300	13.610	5.837	OC	Rumus 2	0.175	0.175
2	1	Very Soft	0.930	2.430	13.300	6.649	13.297	14.228	2.612	OC	Rumus 2	0.144	0.319
3	2	Very Soft	1.551	3.051	13.300	6.644	13.288	14.839	1.967	OC	Rumus 2	0.127	0.445
4	3	Very Soft	2.171	3.671	13.300	6.634	13.268	15.439	1.691	OC	Rumus 2	0.114	0.559
5	4	Very Soft	2.791	4.291	13.300	6.617	13.234	16.025	1.537	OC	Rumus 2	0.103	0.662
6	5	Very Soft	3.411	4.911	13.300	6.591	13.183	16.594	1.440	OC	Rumus 2	0.095	0.757
7	6	Very Soft	4.031	5.531	13.300	6.557	13.114	17.145	1.372	OC	Rumus 2	0.088	0.845
8	7	Very Soft	4.652	6.152	13.300	6.513	13.026	17.678	1.322	OC	Rumus 2	0.082	0.927
9	8	Very Soft	5.272	6.772	13.300	6.460	12.920	18.192	1.285	OC	Rumus 2	0.076	1.004
10	9	Very Soft	5.892	7.392	13.300	6.398	12.796	18.688	1.255	OC	Rumus 2	0.072	1.075
11	10	Very Soft	6.512	8.012	13.300	6.328	12.655	19.168	1.230	OC	Rumus 2	0.067	1.143
12	11	Very Soft	7.133	8.633	13.300	6.250	12.500	19.632	1.210	OC	Rumus 2	0.063	1.206
13	12	Very Soft	7.753	9.253	13.300	6.166	12.331	20.084	1.193	OC	Rumus 2	0.060	1.266
14	13	Soft	8.385	9.885	13.300	6.076	12.152	20.537	1.179	OC	Rumus 2	0.054	1.320
15	14	Soft	9.028	10.528	13.300	5.982	11.963	20.991	1.166	OC	Rumus 2	0.051	1.371
16	15	Soft	9.672	11.172	13.300	5.884	11.768	21.439	1.155	OC	Rumus 2	0.048	1.419
17	16	Soft	10.315	11.815	13.300	5.783	11.566	21.881	1.145	OC	Rumus 2	0.046	1.465
18	17	Medium	11.006	12.506	13.300	5.681	11.361	22.367	1.136	OC	Rumus 2	0.041	1.506
19	18	Medium	11.745	13.245	13.300	5.577	11.153	22.898	1.128	OC	Rumus 2	0.038	1.544
20	19	Medium	12.483	13.983	13.300	5.472	10.944	23.428	1.120	OC	Rumus 2	0.019	1.564
21	20	Medium	13.222	14.722	13.300	5.368	10.736	23.957	1.113	OC	Rumus 2	0.018	1.582

Tabel 4. Rekap penurunan akibat timbunan H=9 m

No.	Kedalaman	Konsistensi Tanah	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	$q_0$ (t/m)	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma + \sigma_o$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	Very Soft	0.310	1.810	17.100	8.550	17.100	17.410	5.837	OC	Rumus 2	0.193	0.193
2	1	Very Soft	0.930	2.430	17.100	8.549	17.097	18.027	2.612	OC	Rumus 2	0.162	0.355
3	2	Very Soft	1.551	3.051	17.100	8.543	17.087	18.637	1.967	OC	Rumus 2	0.143	0.498
4	3	Very Soft	2.171	3.671	17.100	8.532	17.064	19.235	1.691	OC	Rumus 2	0.130	0.628
5	4	Very Soft	2.791	4.291	17.100	8.513	17.026	19.817	1.537	OC	Rumus 2	0.119	0.747
6	5	Very Soft	3.411	4.911	17.100	8.485	16.970	20.381	1.440	OC	Rumus 2	0.110	0.857
7	6	Very Soft	4.031	5.531	17.100	8.446	16.893	20.924	1.372	OC	Rumus 2	0.103	0.959
8	7	Very Soft	4.652	6.152	17.100	8.397	16.794	21.446	1.322	OC	Rumus 2	0.096	1.056
9	8	Very Soft	5.272	6.772	17.100	8.337	16.675	21.947	1.285	OC	Rumus 2	0.090	1.146
10	9	Very Soft	5.892	7.392	17.100	8.267	16.534	22.427	1.255	OC	Rumus 2	0.085	1.231
11	10	Very Soft	6.512	8.012	17.100	8.187	16.375	22.887	1.230	OC	Rumus 2	0.080	1.311
12	11	Very Soft	7.133	8.633	17.100	8.099	16.197	23.330	1.210	OC	Rumus 2	0.076	1.387
13	12	Very Soft	7.753	9.253	17.100	8.002	16.004	23.757	1.193	OC	Rumus 2	0.072	1.460
14	13	Soft	8.385	9.885	17.100	7.899	15.797	24.182	1.179	OC	Rumus 2	0.066	1.525
15	14	Soft	9.028	10.528	17.100	7.789	15.579	24.607	1.166	OC	Rumus 2	0.062	1.588
16	15	Soft	9.672	11.172	17.100	7.675	15.351	25.022	1.155	OC	Rumus 2	0.059	1.647
17	16	Soft	10.315	11.815	17.100	7.557	15.115	25.430	1.145	OC	Rumus 2	0.056	1.703
18	17	Medium	11.006	12.506	17.100	7.437	14.873	25.879	1.136	OC	Rumus 2	0.051	1.754
19	18	Medium	11.745	13.245	17.100	7.314	14.627	26.372	1.128	OC	Rumus 2	0.048	1.802
20	19	Medium	12.483	13.983	17.100	7.189	14.379	26.862	1.120	OC	Rumus 2	0.024	1.826
21	20	Medium	13.222	14.722	17.100	7.064	14.129	27.350	1.113	OC	Rumus 2	0.023	1.849

Tabel 5. Rekap penurunan akibat timbunan H=11 m

No.	Kedalaman	Konsistensi Tanah	$\sigma'o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'c$ (t/m <sup>2</sup> )	$q_0$ (t/m)	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma + \sigma\sigma$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	Very Soft	0.310	1.810	20.900	10.450	20.900	21.210	5.837	OC	Rumus 2	0.207	0.207
2	1	Very Soft	0.930	2.430	20.900	10.448	20.897	21.827	2.612	OC	Rumus 2	0.176	0.383
3	2	Very Soft	1.551	3.051	20.900	10.443	20.886	22.436	1.967	OC	Rumus 2	0.157	0.540
4	3	Very Soft	2.171	3.671	20.900	10.431	20.862	23.033	1.691	OC	Rumus 2	0.143	0.683
5	4	Very Soft	2.791	4.291	20.900	10.411	20.821	23.612	1.537	OC	Rumus 2	0.132	0.815
6	5	Very Soft	3.411	4.911	20.900	10.380	20.760	24.171	1.440	OC	Rumus 2	0.123	0.938
7	6	Very Soft	4.031	5.531	20.900	10.339	20.677	24.709	1.372	OC	Rumus 2	0.115	1.053
8	7	Very Soft	4.652	6.152	20.900	10.285	20.571	25.223	1.322	OC	Rumus 2	0.108	1.161
9	8	Very Soft	5.272	6.772	20.900	10.221	20.441	25.713	1.285	OC	Rumus 2	0.102	1.263
10	9	Very Soft	5.892	7.392	20.900	10.144	20.289	26.181	1.255	OC	Rumus 2	0.097	1.359
11	10	Very Soft	6.512	8.012	20.900	10.057	20.114	26.627	1.230	OC	Rumus 2	0.092	1.451
12	11	Very Soft	7.133	8.633	20.900	9.960	19.920	27.053	1.210	OC	Rumus 2	0.087	1.538
13	12	Very Soft	7.753	9.253	20.900	9.854	19.708	27.460	1.193	OC	Rumus 2	0.083	1.621
14	13	Soft	8.385	9.885	20.900	9.740	19.479	27.864	1.179	OC	Rumus 2	0.076	1.696
15	14	Soft	9.028	10.528	20.900	9.618	19.237	28.265	1.166	OC	Rumus 2	0.072	1.769
16	15	Soft	9.672	11.172	20.900	9.491	18.983	28.654	1.155	OC	Rumus 2	0.069	1.837
17	16	Soft	10.315	11.815	20.900	9.360	18.719	29.034	1.145	OC	Rumus 2	0.066	1.903
18	17	Medium	11.006	12.506	20.900	9.224	18.448	29.454	1.136	OC	Rumus 2	0.059	1.962
19	18	Medium	11.745	13.245	20.900	9.085	18.170	29.915	1.128	OC	Rumus 2	0.056	2.019
20	19	Medium	12.483	13.983	20.900	8.944	17.889	30.372	1.120	OC	Rumus 2	0.029	2.047
21	20	Medium	13.222	14.722	20.900	8.802	17.604	30.826	1.113	OC	Rumus 2	0.027	2.075

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## Lampiran 7

Rekapitulasi Perhitungan Penurunan Akibat Timbunan pada Tanah Asli + Kapur pada D = 0.5 m

Tabel 1. Rekap Penurunan akibat Beban Timbunan H=3 m

No.	Kedalaman	Konsistensi Tanah	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q0 (t/m)	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma + \sigma_o$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	Very Soft	0.196	1.696	5.700	5.700	5.896	8.653	OC	Rumus 2	0.080	0.080
2	0.5	Very Soft	0.465	1.965	5.700	5.700	6.165	4.225	OC	Rumus 2	0.053	0.053
3	1	Very Soft	0.547	2.047	5.700	5.698	6.245	3.742	OC	Rumus 2	0.102	0.181
4	2	Very Soft	0.857	2.357	5.700	5.693	6.550	2.750	OC	Rumus 2	0.090	0.271
5	3	Very Soft	1.167	2.667	5.700	5.680	6.847	2.285	OC	Rumus 2	0.082	0.353
6	4	Very Soft	1.477	2.977	5.700	5.659	7.136	2.015	OC	Rumus 2	0.075	0.428
7	5	Very Soft	1.788	3.288	5.700	5.628	7.416	1.839	OC	Rumus 2	0.069	0.497
8	6	Very Soft	2.098	3.598	5.700	5.587	7.684	1.715	OC	Rumus 2	0.064	0.560
9	7	Very Soft	2.408	3.908	5.700	5.534	7.942	1.623	OC	Rumus 2	0.059	0.620
10	8	Very Soft	2.718	4.218	5.700	5.472	8.190	1.552	OC	Rumus 2	0.055	0.675
11	9	Very Soft	3.028	4.528	5.700	5.400	8.428	1.495	OC	Rumus 2	0.052	0.727
12	10	Very Soft	3.338	4.838	5.700	5.320	8.658	1.449	OC	Rumus 2	0.048	0.775
13	11	Very Soft	3.648	5.148	5.700	5.233	8.881	1.411	OC	Rumus 2	0.045	0.820
14	12	Very Soft	3.958	5.458	5.700	5.139	9.098	1.379	OC	Rumus 2	0.042	0.863
15	13	Very Soft	4.274	5.774	5.700	5.042	9.316	1.351	OC	Rumus 2	0.038	0.901
16	14	Very Soft	4.596	6.096	5.700	4.941	9.536	1.326	OC	Rumus 2	0.036	0.937
17	15	Soft	4.918	6.418	5.700	4.837	9.755	1.305	OC	Rumus 2	0.033	0.970
18	16	Soft	5.239	6.739	5.700	4.732	9.972	1.286	OC	Rumus 2	0.031	1.002
19	17	Medium	5.585	7.085	5.700	4.627	10.212	1.269	OC	Rumus 2	0.028	1.029
20	18	Medium	5.954	7.454	5.700	4.522	10.476	1.252	OC	Rumus 2	0.026	<b>1.055</b>

Tabel 3. Rekap Penurunan akibat Beban Timbunan H=7 m

No.	Kedalaman	Konsistensi Tanah	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q0 (t/m)	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma + \sigma_o$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	Very Soft	0.196	1.696	13.300	13.300	13.496	8.653	OC	Rumus 2	0.119	0.119
2	0.5	Very Soft	0.465	1.965	13.300	13.300	13.765	4.225	OC	Rumus 2	0.082	0.082
3	1	Very Soft	0.547	2.047	13.300	13.297	13.844	3.742	OC	Rumus 2	0.160	0.279
4	2	Very Soft	0.857	2.357	13.300	13.288	14.145	2.750	OC	Rumus 2	0.147	0.426
5	3	Very Soft	1.167	2.667	13.300	13.268	14.435	2.285	OC	Rumus 2	0.137	0.563
6	4	Very Soft	1.477	2.977	13.300	13.234	14.711	2.015	OC	Rumus 2	0.128	0.691
7	5	Very Soft	1.788	3.288	13.300	13.183	14.970	1.839	OC	Rumus 2	0.121	0.811
8	6	Very Soft	2.098	3.598	13.300	13.114	15.211	1.715	OC	Rumus 2	0.114	0.925
9	7	Very Soft	2.408	3.908	13.300	13.026	15.434	1.623	OC	Rumus 2	0.108	1.034
10	8	Very Soft	2.718	4.218	13.300	12.920	15.637	1.552	OC	Rumus 2	0.103	1.137
11	9	Very Soft	3.028	4.528	13.300	12.795	15.823	1.495	OC	Rumus 2	0.098	1.235
12	10	Very Soft	3.338	4.838	13.300	12.655	15.993	1.449	OC	Rumus 2	0.094	1.328
13	11	Very Soft	3.648	5.148	13.300	12.499	16.147	1.411	OC	Rumus 2	0.089	1.418
14	12	Very Soft	3.958	5.458	13.300	12.331	16.289	1.379	OC	Rumus 2	0.085	1.503
15	13	Very Soft	4.274	5.774	13.300	12.151	16.425	1.351	OC	Rumus 2	0.078	1.581
16	14	Very Soft	4.596	6.096	13.300	11.963	16.559	1.326	OC	Rumus 2	0.075	1.656
17	15	Soft	4.918	6.418	13.300	11.767	16.684	1.305	OC	Rumus 2	0.072	1.728
18	16	Soft	5.239	6.739	13.300	11.565	16.805	1.286	OC	Rumus 2	0.068	1.796
19	17	Medium	5.585	7.085	13.300	11.360	16.945	1.269	OC	Rumus 2	0.062	1.858
20	18	Medium	5.954	7.454	13.300	11.152	17.107	1.252	OC	Rumus 2	0.059	<b>1.917</b>

Tabel 4. Rekap Penurunan akibat Beban Timbunan H=9 m

No.	Kedalaman	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	$q_0$ (t/m)	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$2\Delta\sigma + \sigma_o$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.196	1.696	17.100	17.100	17.296	8.653	OC	Rumus 2	0.131	0.131
2	0.5	0.465	1.965	17.100	17.100	17.565	4.225	OC	Rumus 2	0.091	0.091
3	1	0.547	2.047	17.100	17.097	17.644	3.742	OC	Rumus 2	0.178	0.309
4	2	0.857	2.357	17.100	17.087	17.944	2.750	OC	Rumus 2	0.164	0.473
5	3	1.167	2.667	17.100	17.064	18.232	2.285	OC	Rumus 2	0.154	0.627
6	4	1.477	2.977	17.100	17.026	18.504	2.015	OC	Rumus 2	0.145	0.772
7	5	1.788	3.288	17.100	16.970	18.757	1.839	OC	Rumus 2	0.137	0.909
8	6	2.098	3.598	17.100	16.893	18.990	1.715	OC	Rumus 2	0.131	1.040
9	7	2.408	3.908	17.100	16.794	19.202	1.623	OC	Rumus 2	0.124	1.164
10	8	2.718	4.218	17.100	16.674	19.392	1.552	OC	Rumus 2	0.119	1.283
11	9	3.028	4.528	17.100	16.534	19.562	1.495	OC	Rumus 2	0.114	1.397
12	10	3.338	4.838	17.100	16.374	19.712	1.449	OC	Rumus 2	0.109	1.506
13	11	3.648	5.148	17.100	16.197	19.845	1.411	OC	Rumus 2	0.104	1.610
14	12	3.958	5.458	17.100	16.004	19.962	1.379	OC	Rumus 2	0.100	1.710
15	13	4.274	5.774	17.100	15.797	20.071	1.351	OC	Rumus 2	0.093	1.803
16	14	4.596	6.096	17.100	15.578	20.174	1.326	OC	Rumus 2	0.089	1.892
17	15	4.918	6.418	17.100	15.350	20.267	1.305	OC	Rumus 2	0.085	1.977
18	16	5.239	6.739	17.100	15.114	20.353	1.286	OC	Rumus 2	0.082	2.059
19	17	5.585	7.085	17.100	14.872	20.457	1.269	OC	Rumus 2	0.075	2.134
20	18	5.954	7.454	17.100	14.626	20.580	1.252	OC	Rumus 2	0.071	<b>2.205</b>

## Lampiran 8

### Rekapitulasi Perhitungan Kapur Ketika D = 1 m

Tabel 1 Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan H = 3 m

No.	Kedalaman	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q <sub>0</sub> (t/m)	$\frac{2\Delta\sigma}{(t/m^2)}$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.392	1.892	5.700	5.700	4.827	OC	Rumus 2	0.008	0.008
2	1	1.094	2.594	5.700	5.698	2.371	OC	Rumus 2	0.085	0.094
3	2	1.714	3.214	5.700	5.693	1.875	OC	Rumus 2	0.072	0.166
4	3	2.335	3.835	5.700	5.680	1.643	OC	Rumus 2	0.063	0.229
5	4	2.955	4.455	5.700	5.659	1.508	OC	Rumus 2	0.056	0.285
6	5	3.575	5.075	5.700	5.628	1.420	OC	Rumus 2	0.050	0.335
7	6	4.195	5.695	5.700	5.587	1.358	OC	Rumus 2	0.045	0.380
8	7	4.815	6.315	5.700	5.534	1.311	OC	Rumus 2	0.040	0.421
9	8	5.436	6.936	5.700	5.472	1.276	OC	Rumus 2	0.037	0.458
10	9	6.056	7.556	5.700	5.400	1.248	OC	Rumus 2	0.034	0.492
11	10	6.676	8.176	5.700	5.320	1.225	OC	Rumus 2	0.031	0.523
12	11	7.296	8.796	5.700	5.233	1.206	OC	Rumus 2	0.029	0.552
13	12	7.917	9.417	5.700	5.139	1.189	OC	Rumus 2	0.027	0.578
14	13	8.548	10.048	5.700	5.042	1.175	OC	Rumus 2	0.024	0.602
15	14	9.192	10.692	5.700	4.941	1.163	OC	Rumus 2	0.022	0.624
16	15	9.835	11.335	5.700	4.837	1.153	OC	Rumus 2	0.020	0.644
17	16	10.479	11.979	5.700	4.732	1.143	OC	Rumus 2	0.019	0.663
18	17	11.170	12.670	5.700	4.627	1.134	OC	Rumus 2	0.017	0.680
19	18	11.908	13.408	5.700	4.522	1.126	OC	Rumus 2	0.015	0.695
20	19	12.647	14.147	5.700	4.418	1.119	OC	Rumus 2	0.008	0.702
21	20	13.385	14.885	5.700	4.316	1.112	OC	Rumus 2	0.007	0.709



Tabel 2. Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan H = 5 m

No.	Kedalaman	$\sigma'o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'c$ (t/m <sup>2</sup> )	q0 (t/m)	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.392	1.892	9.500	9.500	4.827	OC	Rumus 2	0.011	0.011
2	1	1.094	2.594	9.500	9.498	2.371	OC	Rumus 2	0.116	0.127
3	2	1.714	3.214	9.500	9.490	1.875	OC	Rumus 2	0.101	0.229
4	3	2.335	3.835	9.500	9.473	1.643	OC	Rumus 2	0.090	0.319
5	4	2.955	4.455	9.500	9.444	1.508	OC	Rumus 2	0.081	0.400
6	5	3.575	5.075	9.500	9.401	1.420	OC	Rumus 2	0.074	0.475
7	6	4.195	5.695	9.500	9.343	1.358	OC	Rumus 2	0.068	0.543
8	7	4.815	6.315	9.500	9.270	1.311	OC	Rumus 2	0.063	0.606
9	8	5.436	6.936	9.500	9.182	1.276	OC	Rumus 2	0.059	0.664
10	9	6.056	7.556	9.500	9.080	1.248	OC	Rumus 2	0.054	0.719
11	10	6.676	8.176	9.500	8.965	1.225	OC	Rumus 2	0.051	0.770
12	11	7.296	8.796	9.500	8.838	1.206	OC	Rumus 2	0.047	0.817
13	12	7.917	9.417	9.500	8.702	1.189	OC	Rumus 2	0.044	0.861
14	13	8.548	10.048	9.500	8.558	1.175	OC	Rumus 2	0.040	0.901
15	14	9.192	10.692	9.500	8.408	1.163	OC	Rumus 2	0.037	0.939
16	15	9.835	11.335	9.500	8.253	1.153	OC	Rumus 2	0.035	0.974
17	16	10.479	11.979	9.500	8.094	1.143	OC	Rumus 2	0.033	1.007
18	17	11.170	12.670	9.500	7.934	1.134	OC	Rumus 2	0.029	1.036
19	18	11.908	13.408	9.500	7.773	1.126	OC	Rumus 2	0.027	1.064
20	19	12.647	14.147	9.500	7.612	1.119	OC	Rumus 2	0.014	1.077
21	20	13.385	14.885	9.500	7.452	1.112	OC	Rumus 2	0.013	1.090

Tabel 3. Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan H = 7 m

No.	Kedalaman	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q0 (t/m)	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.392	1.892	13.300	13.300	4.827	OC	Rumus 2	0.068	0.068
2	1	1.094	2.594	13.300	13.297	2.371	OC	Rumus 2	0.139	0.207
3	2	1.714	3.214	13.300	13.288	1.875	OC	Rumus 2	0.123	0.330
4	3	2.335	3.835	13.300	13.268	1.643	OC	Rumus 2	0.111	0.440
5	4	2.955	4.455	13.300	13.234	1.508	OC	Rumus 2	0.101	0.542
6	5	3.575	5.075	13.300	13.183	1.420	OC	Rumus 2	0.093	0.635
7	6	4.195	5.695	13.300	13.114	1.358	OC	Rumus 2	0.086	0.721
8	7	4.815	6.315	13.300	13.026	1.311	OC	Rumus 2	0.081	0.802
9	8	5.436	6.936	13.300	12.920	1.276	OC	Rumus 2	0.075	0.877
10	9	6.056	7.556	13.300	12.795	1.248	OC	Rumus 2	0.071	0.948
11	10	6.676	8.176	13.300	12.655	1.225	OC	Rumus 2	0.066	1.014
12	11	7.296	8.796	13.300	12.499	1.206	OC	Rumus 2	0.063	1.076
13	12	7.917	9.417	13.300	12.331	1.189	OC	Rumus 2	0.059	1.135
14	13	8.548	10.048	13.300	12.151	1.175	OC	Rumus 2	0.054	1.189
15	14	9.192	10.692	13.300	11.963	1.163	OC	Rumus 2	0.051	1.239
16	15	9.835	11.335	13.300	11.767	1.153	OC	Rumus 2	0.048	1.287
17	16	10.479	11.979	13.300	11.565	1.143	OC	Rumus 2	0.045	1.332
18	17	11.170	12.670	13.300	11.360	1.134	OC	Rumus 2	0.040	1.373
19	18	11.908	13.408	13.300	11.152	1.126	OC	Rumus 2	0.038	1.411
20	19	12.647	14.147	13.300	10.943	1.119	OC	Rumus 2	0.019	1.430
21	20	13.385	14.885	13.300	10.734	1.112	OC	Rumus 2	0.018	1.448

Tabel 4. Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan H = 9 m

No.	Kedalaman	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q0 (t/m)	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.392	1.892	17.100	17.100	4.827	OC	Rumus 2	0.014	0.014
2	1	1.094	2.594	17.100	17.097	2.371	OC	Rumus 2	0.156	0.170
3	2	1.714	3.214	17.100	17.087	1.875	OC	Rumus 2	0.139	0.310
4	3	2.335	3.835	17.100	17.064	1.643	OC	Rumus 2	0.127	0.436
5	4	2.955	4.455	17.100	17.026	1.508	OC	Rumus 2	0.117	0.553
6	5	3.575	5.075	17.100	16.970	1.420	OC	Rumus 2	0.108	0.661
7	6	4.195	5.695	17.100	16.893	1.358	OC	Rumus 2	0.101	0.762
8	7	4.815	6.315	17.100	16.794	1.311	OC	Rumus 2	0.095	0.857
9	8	5.436	6.936	17.100	16.674	1.276	OC	Rumus 2	0.089	0.946
10	9	6.056	7.556	17.100	16.534	1.248	OC	Rumus 2	0.084	1.030
11	10	6.676	8.176	17.100	16.374	1.225	OC	Rumus 2	0.079	1.109
12	11	7.296	8.796	17.100	16.197	1.206	OC	Rumus 2	0.075	1.184
13	12	7.917	9.417	17.100	16.004	1.189	OC	Rumus 2	0.071	1.255
14	13	8.548	10.048	17.100	15.797	1.175	OC	Rumus 2	0.065	1.320
15	14	9.192	10.692	17.100	15.578	1.163	OC	Rumus 2	0.062	1.382
16	15	9.835	11.335	17.100	15.350	1.153	OC	Rumus 2	0.059	1.441
17	16	10.479	11.979	17.100	15.114	1.143	OC	Rumus 2	0.056	1.497
18	17	11.170	12.670	17.100	14.872	1.134	OC	Rumus 2	0.050	1.547
19	18	11.908	13.408	17.100	14.626	1.126	OC	Rumus 2	0.048	1.594
20	19	12.647	14.147	17.100	14.377	1.119	OC	Rumus 2	0.024	1.618
21	20	13.385	14.885	17.100	14.127	1.112	OC	Rumus 2	0.023	1.641

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## Lampiran 9

Rekapitulasi Perhitungan Penurunan Akibat Timbunan pada Tanah Asli + Kapur pada D = 2  
m

Tabel 1 Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan H = 3 m

No.	Kedalaman	z (m)	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q0 (t/m)	$\frac{2\Delta\sigma}{(t/m^2)}$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.500	0.392	1.892	5.700	5.700	4.827	OC	Rumus 2	0.008	0.008
2	1	1.500	1.176	2.676	5.700	5.698	2.276	OC	Rumus 2	0.006	0.014
3	2	2.500	1.878	3.378	5.700	5.690	1.799	OC	Rumus 2	0.068	0.083
4	3	3.500	2.498	3.998	5.700	5.673	1.600	OC	Rumus 2	0.060	0.142
5	4	4.500	3.119	4.619	5.700	5.644	1.481	OC	Rumus 2	0.053	0.195
6	5	5.500	3.739	5.239	5.700	5.603	1.401	OC	Rumus 2	0.048	0.243
7	6	6.500	4.359	5.859	5.700	5.549	1.344	OC	Rumus 2	0.043	0.286
8	7	7.500	4.979	6.479	5.700	5.481	1.301	OC	Rumus 2	0.039	0.325
9	8	8.500	5.599	7.099	5.700	5.402	1.268	OC	Rumus 2	0.036	0.361
10	9	9.500	6.220	7.720	5.700	5.312	1.241	OC	Rumus 2	0.033	0.393
11	10	10.500	6.840	8.340	5.700	5.214	1.219	OC	Rumus 2	0.030	0.423
12	11	11.500	7.460	8.960	5.700	5.109	1.201	OC	Rumus 2	0.028	0.451
13	12	12.500	8.080	9.580	5.700	4.999	1.186	OC	Rumus 2	0.025	0.477
14	13	13.500	8.712	10.212	5.700	4.885	1.172	OC	Rumus 2	0.023	0.499
15	14	14.500	9.356	10.856	5.700	4.769	1.160	OC	Rumus 2	0.021	0.520
16	15	15.500	9.999	11.499	5.700	4.652	1.150	OC	Rumus 2	0.019	0.539
17	16	16.500	10.643	12.143	5.700	4.535	1.141	OC	Rumus 2	0.018	0.557
18	17	17.500	11.334	12.834	5.700	4.419	1.132	OC	Rumus 2	0.015	0.572
19	18	18.500	12.072	13.572	5.700	4.305	1.124	OC	Rumus 2	0.014	0.586
20	19	19.500	12.811	14.311	5.700	4.193	1.117	OC	Rumus 2	0.007	0.593
21	20	20.500	13.549	15.049	5.700	4.084	1.111	OC	Rumus 2	0.006	0.600

Tabel 2. Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan H = 5 m

No.	Kedalaman	z (m)	$\sigma'_{o}$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_{c}$ (t/m <sup>2</sup> )	q <sub>0</sub> (t/m)	$2\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.500	0.392	1.892	9.500	9.500	4.827	OC	Rumus 2	0.011	0.011
2	1	1.500	1.176	2.676	9.500	9.497	2.276	OC	Rumus 2	0.009	0.020
3	2	2.500	1.878	3.378	9.500	9.486	1.799	OC	Rumus 2	0.098	0.118
4	3	3.500	2.498	3.998	9.500	9.463	1.600	OC	Rumus 2	0.088	0.205
5	4	4.500	3.119	4.619	9.500	9.425	1.481	OC	Rumus 2	0.079	0.285
6	5	5.500	3.739	5.239	9.500	9.368	1.401	OC	Rumus 2	0.073	0.357
7	6	6.500	4.359	5.859	9.500	9.293	1.344	OC	Rumus 2	0.067	0.424
8	7	7.500	4.979	6.479	9.500	9.200	1.301	OC	Rumus 2	0.062	0.485
9	8	8.500	5.599	7.099	9.500	9.089	1.268	OC	Rumus 2	0.057	0.542
10	9	9.500	6.220	7.720	9.500	8.962	1.241	OC	Rumus 2	0.053	0.595
11	10	10.500	6.840	8.340	9.500	8.822	1.219	OC	Rumus 2	0.049	0.645
12	11	11.500	7.460	8.960	9.500	8.670	1.201	OC	Rumus 2	0.046	0.691
13	12	12.500	8.080	9.580	9.500	8.508	1.186	OC	Rumus 2	0.043	0.734
14	13	13.500	8.712	10.212	9.500	8.340	1.172	OC	Rumus 2	0.039	0.772
15	14	14.500	9.356	10.856	9.500	8.167	1.160	OC	Rumus 2	0.036	0.808
16	15	15.500	9.999	11.499	9.500	7.991	1.150	OC	Rumus 2	0.034	0.842
17	16	16.500	10.643	12.143	9.500	7.813	1.141	OC	Rumus 2	0.032	0.874
18	17	17.500	11.334	12.834	9.500	7.636	1.132	OC	Rumus 2	0.028	0.902
19	18	18.500	12.072	13.572	9.500	7.459	1.124	OC	Rumus 2	0.026	0.928
20	19	19.500	12.811	14.311	9.500	7.284	1.117	OC	Rumus 2	0.013	0.941
21	20	20.500	13.549	15.049	9.500	7.112	1.111	OC	Rumus 2	0.012	0.953

Tabel 3. Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan H = 7 m

No.	Kedalaman	z (m)	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	q <sub>0</sub> (t/m)	$\frac{2\Delta\sigma}{(t/m^2)}$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.500	0.392	1.892	13.300	13.300	4.827	OC	Rumus 2	0.013	0.013
2	1	1.500	1.176	2.676	13.300	13.296	2.276	OC	Rumus 2	0.010	0.023
3	2	2.500	1.878	3.378	13.300	13.284	1.799	OC	Rumus 2	0.119	0.142
4	3	3.500	2.498	3.998	13.300	13.257	1.600	OC	Rumus 2	0.108	0.250
5	4	4.500	3.119	4.619	13.300	13.212	1.481	OC	Rumus 2	0.099	0.349
6	5	5.500	3.739	5.239	13.300	13.146	1.401	OC	Rumus 2	0.091	0.440
7	6	6.500	4.359	5.859	13.300	13.057	1.344	OC	Rumus 2	0.085	0.525
8	7	7.500	4.979	6.479	13.300	12.945	1.301	OC	Rumus 2	0.079	0.604
9	8	8.500	5.599	7.099	13.300	12.812	1.268	OC	Rumus 2	0.074	0.677
10	9	9.500	6.220	7.720	13.300	12.659	1.241	OC	Rumus 2	0.069	0.747
11	10	10.500	6.840	8.340	13.300	12.488	1.219	OC	Rumus 2	0.065	0.811
12	11	11.500	7.460	8.960	13.300	12.301	1.201	OC	Rumus 2	0.061	0.872
13	12	12.500	8.080	9.580	13.300	12.102	1.186	OC	Rumus 2	0.057	0.930
14	13	13.500	8.712	10.212	13.300	11.892	1.172	OC	Rumus 2	0.052	0.982
15	14	14.500	9.356	10.856	13.300	11.675	1.160	OC	Rumus 2	0.049	1.031
16	15	15.500	9.999	11.499	13.300	11.452	1.150	OC	Rumus 2	0.046	1.077
17	16	16.500	10.643	12.143	13.300	11.226	1.141	OC	Rumus 2	0.044	1.121
18	17	17.500	11.334	12.834	13.300	10.997	1.132	OC	Rumus 2	0.039	1.159
19	18	18.500	12.072	13.572	13.300	10.769	1.124	OC	Rumus 2	0.037	1.196
20	19	19.500	12.811	14.311	13.300	10.541	1.117	OC	Rumus 2	0.018	1.214
21	20	20.500	13.549	15.049	13.300	10.315	1.111	OC	Rumus 2	0.017	1.232

Tabel 4. Perhitungan Pemampatan Akibat Beban Timbunan H = 9 m

No.	Kedalaman	z (m)	$\sigma'_{o}$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_{c}$ (t/m <sup>2</sup> )	q <sub>0</sub> (t/m)	$\frac{2\Delta\sigma}{(t/m^2)}$	OCR	NC / OC	Rumus	Sc (m)	Sc kumulatif (m)
1	0	0.500	0.392	1.892	17.100	17.100	4.827	OC	Rumus 2	0.014	0.014
2	1	1.500	1.176	2.676	17.100	17.096	2.276	OC	Rumus 2	0.012	0.026
3	2	2.500	1.878	3.378	17.100	17.082	1.799	OC	Rumus 2	0.136	0.162
4	3	3.500	2.498	3.998	17.100	17.053	1.600	OC	Rumus 2	0.124	0.285
5	4	4.500	3.119	4.619	17.100	17.003	1.481	OC	Rumus 2	0.114	0.400
6	5	5.500	3.739	5.239	17.100	16.930	1.401	OC	Rumus 2	0.106	0.506
7	6	6.500	4.359	5.859	17.100	16.831	1.344	OC	Rumus 2	0.099	0.605
8	7	7.500	4.979	6.479	17.100	16.707	1.301	OC	Rumus 2	0.093	0.698
9	8	8.500	5.599	7.099	17.100	16.558	1.268	OC	Rumus 2	0.087	0.785
10	9	9.500	6.220	7.720	17.100	16.385	1.241	OC	Rumus 2	0.082	0.867
11	10	10.500	6.840	8.340	17.100	16.192	1.219	OC	Rumus 2	0.078	0.945
12	11	11.500	7.460	8.960	17.100	15.979	1.201	OC	Rumus 2	0.074	1.019
13	12	12.500	8.080	9.580	17.100	15.751	1.186	OC	Rumus 2	0.070	1.088
14	13	13.500	8.712	10.212	17.100	15.510	1.172	OC	Rumus 2	0.063	1.152
15	14	14.500	9.356	10.856	17.100	15.258	1.160	OC	Rumus 2	0.060	1.212
16	15	15.500	9.999	11.499	17.100	14.998	1.150	OC	Rumus 2	0.057	1.269
17	16	16.500	10.643	12.143	17.100	14.732	1.141	OC	Rumus 2	0.054	1.323
18	17	17.500	11.334	12.834	17.100	14.463	1.132	OC	Rumus 2	0.049	1.372
19	18	18.500	12.072	13.572	17.100	14.191	1.124	OC	Rumus 2	0.046	1.418
20	19	19.500	12.811	14.311	17.100	13.919	1.117	OC	Rumus 2	0.023	1.441
21	20	20.500	13.549	15.049	17.100	13.648	1.111	OC	Rumus 2	0.022	1.463



## Lampiran 10

Rate of Settlement ketika D = 1 m

D=1			
Hdr	20	m	
Sc	0.7203	m	
Penurunan pada waktu rencana jalan tanpa PVD			
Tahun Ke	Tv	Uv (%)	Sc (m)
1	0.42%	7.28%	0.052
2	0.83%	10.30%	0.074
3	1.25%	12.62%	0.091
4	1.67%	14.57%	0.105
5	2.08%	16.29%	0.117
6	2.50%	17.84%	0.129
7	2.92%	19.27%	0.139
8	3.33%	20.60%	0.148
9	3.75%	21.85%	0.157
10	4.17%	23.04%	0.166
11	4.58%	24.16%	0.174
12	5.00%	25.24%	0.182
13	5.42%	26.27%	0.189
14	5.84%	27.26%	0.196
15	6.25%	28.21%	0.203
16	6.67%	29.14%	0.210
17	7.09%	30.04%	0.216
18	7.50%	30.91%	0.223
19	7.92%	31.75%	0.229
20	8.34%	32.58%	0.235

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## Lampiran 11

### Rekapitulasi Perhitungan Derajat Konsolidasi pada PVD Segiempat

Tabel 1 Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.60$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	41.15%	41.81%
2	0.02%	1.59%	65.36%	65.91%
3	0.03%	1.94%	79.62%	80.01%
4	0.04%	2.25%	88.00%	88.27%
5	0.05%	2.51%	92.94%	93.12%
6	0.06%	2.75%	95.85%	95.96%
7	0.07%	2.97%	97.55%	97.63%
8	0.08%	3.18%	98.56%	98.61%
9	0.09%	3.37%	99.15%	99.18%
10	0.10%	3.55%	99.50%	99.52%
11	0.11%	3.72%	99.71%	99.72%
12	0.12%	3.89%	99.83%	99.83%
13	0.13%	4.05%	99.90%	99.90%
14	0.14%	4.20%	99.94%	99.94%
15	0.15%	4.35%	99.96%	99.97%
16	0.16%	4.49%	99.98%	99.98%
17	0.17%	4.63%	99.99%	99.99%
18	0.18%	4.76%	99.99%	99.99%
19	0.19%	4.89%	100.00%	100.00%
20	0.20%	5.02%	100.00%	100.00%
21	0.21%	5.15%	100.00%	100.00%
22	0.22%	5.27%	100.00%	100.00%
23	0.23%	5.38%	100.00%	100.00%
24	0.24%	5.50%	100.00%	100.00%

Tabel 2. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.65$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	34.97%	35.70%
2	0.02%	1.59%	57.71%	58.38%
3	0.03%	1.94%	72.49%	73.03%
4	0.04%	2.25%	82.11%	82.51%
5	0.05%	2.51%	88.37%	88.66%
6	0.06%	2.75%	92.43%	92.64%
7	0.07%	2.97%	95.08%	95.23%
8	0.08%	3.18%	96.80%	96.90%
9	0.09%	3.37%	97.92%	97.99%
10	0.10%	3.55%	98.65%	98.69%
11	0.11%	3.72%	99.12%	99.15%
12	0.12%	3.89%	99.43%	99.45%
13	0.13%	4.05%	99.63%	99.64%
14	0.14%	4.20%	99.76%	99.77%
15	0.15%	4.35%	99.84%	99.85%
16	0.16%	4.49%	99.90%	99.90%
17	0.17%	4.63%	99.93%	99.94%
18	0.18%	4.76%	99.96%	99.96%
19	0.19%	4.89%	99.97%	99.97%
20	0.20%	5.02%	99.98%	99.98%
21	0.21%	5.15%	99.99%	99.99%
22	0.22%	5.27%	99.99%	99.99%
23	0.23%	5.38%	99.99%	100.00%
24	0.24%	5.50%	100.00%	100.00%

Tabel 3. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.70$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	29.91%	30.69%
2	0.02%	1.59%	50.87%	51.65%
3	0.03%	1.94%	65.56%	66.23%
4	0.04%	2.25%	75.86%	76.40%
5	0.05%	2.51%	83.08%	83.51%
6	0.06%	2.75%	88.14%	88.47%
7	0.07%	2.97%	91.69%	91.93%
8	0.08%	3.18%	94.17%	94.36%
9	0.09%	3.37%	95.92%	96.05%
10	0.10%	3.55%	97.14%	97.24%
11	0.11%	3.72%	97.99%	98.07%
12	0.12%	3.89%	98.59%	98.65%
13	0.13%	4.05%	99.01%	99.05%
14	0.14%	4.20%	99.31%	99.34%
15	0.15%	4.35%	99.52%	99.54%
16	0.16%	4.49%	99.66%	99.68%
17	0.17%	4.63%	99.76%	99.77%
18	0.18%	4.76%	99.83%	99.84%
19	0.19%	4.89%	99.88%	99.89%
20	0.20%	5.02%	99.92%	99.92%
21	0.21%	5.15%	99.94%	99.95%
22	0.22%	5.27%	99.96%	99.96%
23	0.23%	5.38%	99.97%	99.97%
24	0.24%	5.50%	99.98%	99.98%

Tabel 4. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.75$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	25.76%	26.59%
2	0.02%	1.59%	44.88%	45.76%
3	0.03%	1.94%	59.08%	59.87%
4	0.04%	2.25%	69.62%	70.30%
5	0.05%	2.51%	77.44%	78.01%
6	0.06%	2.75%	83.25%	83.72%
7	0.07%	2.97%	87.57%	87.94%
8	0.08%	3.18%	90.77%	91.06%
9	0.09%	3.37%	93.15%	93.38%
10	0.10%	3.55%	94.91%	95.09%
11	0.11%	3.72%	96.22%	96.36%
12	0.12%	3.89%	97.20%	97.30%
13	0.13%	4.05%	97.92%	98.00%
14	0.14%	4.20%	98.45%	98.52%
15	0.15%	4.35%	98.85%	98.90%
16	0.16%	4.49%	99.15%	99.19%
17	0.17%	4.63%	99.37%	99.40%
18	0.18%	4.76%	99.53%	99.55%
19	0.19%	4.89%	99.65%	99.67%
20	0.20%	5.02%	99.74%	99.75%
21	0.21%	5.15%	99.81%	99.82%
22	0.22%	5.27%	99.86%	99.86%
23	0.23%	5.38%	99.89%	99.90%
24	0.24%	5.50%	99.92%	99.93%

Tabel 5. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.80$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	22.34%	23.21%
2	0.02%	1.59%	39.69%	40.65%
3	0.03%	1.94%	53.16%	54.07%
4	0.04%	2.25%	63.62%	64.44%
5	0.05%	2.51%	71.75%	72.46%
6	0.06%	2.75%	78.06%	78.66%
7	0.07%	2.97%	82.96%	83.47%
8	0.08%	3.18%	86.77%	87.19%
9	0.09%	3.37%	89.72%	90.07%
10	0.10%	3.55%	92.02%	92.30%
11	0.11%	3.72%	93.80%	94.03%
12	0.12%	3.89%	95.19%	95.37%
13	0.13%	4.05%	96.26%	96.41%
14	0.14%	4.20%	97.10%	97.22%
15	0.15%	4.35%	97.75%	97.84%
16	0.16%	4.49%	98.25%	98.33%
17	0.17%	4.63%	98.64%	98.70%
18	0.18%	4.76%	98.94%	98.99%
19	0.19%	4.89%	99.18%	99.22%
20	0.20%	5.02%	99.36%	99.40%
21	0.21%	5.15%	99.51%	99.53%
22	0.22%	5.27%	99.62%	99.64%
23	0.23%	5.38%	99.70%	99.72%
24	0.24%	5.50%	99.77%	99.78%

Tabel 6. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.85$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	19.51%	20.41%
2	0.02%	1.59%	35.21%	36.23%
3	0.03%	1.94%	47.84%	48.86%
4	0.04%	2.25%	58.02%	58.96%
5	0.05%	2.51%	66.21%	67.05%
6	0.06%	2.75%	72.80%	73.55%
7	0.07%	2.97%	78.10%	78.75%
8	0.08%	3.18%	82.37%	82.93%
9	0.09%	3.37%	85.81%	86.29%
10	0.10%	3.55%	88.58%	88.99%
11	0.11%	3.72%	90.81%	91.15%
12	0.12%	3.89%	92.60%	92.89%
13	0.13%	4.05%	94.04%	94.28%
14	0.14%	4.20%	95.21%	95.41%
15	0.15%	4.35%	96.14%	96.31%
16	0.16%	4.49%	96.89%	97.03%
17	0.17%	4.63%	97.50%	97.62%
18	0.18%	4.76%	97.99%	98.08%
19	0.19%	4.89%	98.38%	98.46%
20	0.20%	5.02%	98.70%	98.76%
21	0.21%	5.15%	98.95%	99.00%
22	0.22%	5.27%	99.15%	99.20%
23	0.23%	5.38%	99.32%	99.36%
24	0.24%	5.50%	99.45%	99.48%



Tabel 7. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.90$  m Hdr

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.06%	17.14%	18.02%
2	0.02%	1.50%	31.34%	32.37%
3	0.03%	1.84%	43.11%	44.16%
4	0.04%	2.13%	52.86%	53.86%
5	0.04%	2.38%	60.94%	61.87%
6	0.05%	2.61%	67.63%	68.48%
7	0.06%	2.81%	73.18%	73.94%
8	0.07%	3.01%	77.78%	78.45%
9	0.08%	3.19%	81.59%	82.17%
10	0.09%	3.36%	84.74%	85.26%
11	0.10%	3.53%	87.36%	87.80%
12	0.11%	3.68%	89.52%	89.91%
13	0.12%	3.84%	91.32%	91.65%
14	0.12%	3.98%	92.81%	93.09%
15	0.13%	4.12%	94.04%	94.29%
16	0.14%	4.25%	95.06%	95.27%
17	0.15%	4.39%	95.91%	96.09%
18	0.16%	4.51%	96.61%	96.76%
19	0.17%	4.64%	97.19%	97.32%
20	0.18%	4.76%	97.67%	97.78%
21	0.19%	4.87%	98.07%	98.17%
22	0.20%	4.99%	98.40%	98.48%
23	0.20%	5.10%	98.68%	98.74%
24	0.21%	5.21%	98.90%	98.96%

Tabel 8. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.95$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	15.15%	16.10%
2	0.02%	1.59%	28.01%	29.15%
3	0.03%	1.94%	38.91%	40.10%
4	0.04%	2.25%	48.17%	49.33%
5	0.05%	2.51%	56.02%	57.13%
6	0.06%	2.75%	62.69%	63.71%
7	0.07%	2.97%	68.34%	69.28%
8	0.08%	3.18%	73.14%	73.99%
9	0.09%	3.37%	77.21%	77.97%
10	0.10%	3.55%	80.66%	81.35%
11	0.11%	3.72%	83.59%	84.20%
12	0.12%	3.89%	86.08%	86.62%
13	0.13%	4.05%	88.19%	88.66%
14	0.14%	4.20%	89.98%	90.40%
15	0.15%	4.35%	91.49%	91.86%
16	0.16%	4.49%	92.78%	93.11%
17	0.17%	4.63%	93.88%	94.16%
18	0.18%	4.76%	94.80%	95.05%
19	0.19%	4.89%	95.59%	95.81%
20	0.20%	5.02%	96.26%	96.45%
21	0.21%	5.15%	96.83%	96.99%
22	0.22%	5.27%	97.31%	97.45%
23	0.23%	5.38%	97.72%	97.84%
24	0.24%	5.50%	98.06%	98.17%

Tabel 9. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=1 m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	13.47%	14.44%
2	0.02%	1.59%	25.12%	26.31%
3	0.03%	1.94%	35.21%	36.47%
4	0.04%	2.25%	43.94%	45.19%
5	0.05%	2.51%	51.49%	52.70%
6	0.06%	2.75%	58.02%	59.18%
7	0.07%	2.97%	63.68%	64.75%
8	0.08%	3.18%	68.57%	69.57%
9	0.09%	3.37%	72.80%	73.72%
10	0.10%	3.55%	76.46%	77.30%
11	0.11%	3.72%	79.63%	80.39%
12	0.12%	3.89%	82.38%	83.06%
13	0.13%	4.05%	84.75%	85.37%
14	0.14%	4.20%	86.81%	87.36%
15	0.15%	4.35%	88.58%	89.08%
16	0.16%	4.49%	90.12%	90.56%
17	0.17%	4.63%	91.45%	91.85%
18	0.18%	4.76%	92.60%	92.95%
19	0.19%	4.89%	93.60%	93.91%
20	0.20%	5.02%	94.46%	94.74%
21	0.21%	5.15%	95.21%	95.45%
22	0.22%	5.27%	95.85%	96.07%
23	0.23%	5.38%	96.41%	96.60%
24	0.24%	5.50%	96.89%	97.07%

Tabel 10. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=1.05m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	12.04%	13.02%
2	0.02%	1.59%	22.62%	23.85%
3	0.03%	1.94%	31.94%	33.26%
4	0.04%	2.25%	40.13%	41.47%
5	0.05%	2.51%	47.33%	48.66%
6	0.06%	2.75%	53.67%	54.95%
7	0.07%	2.97%	59.25%	60.46%
8	0.08%	3.18%	64.15%	65.29%
9	0.09%	3.37%	68.47%	69.53%
10	0.10%	3.55%	72.26%	73.25%
11	0.11%	3.72%	75.60%	76.51%
12	0.12%	3.89%	78.54%	79.37%
13	0.13%	4.05%	81.12%	81.89%
14	0.14%	4.20%	83.39%	84.09%
15	0.15%	4.35%	85.39%	86.03%
16	0.16%	4.49%	87.15%	87.73%
17	0.17%	4.63%	88.70%	89.22%
18	0.18%	4.76%	90.06%	90.53%
19	0.19%	4.89%	91.25%	91.68%
20	0.20%	5.02%	92.31%	92.69%
21	0.21%	5.15%	93.23%	93.58%
22	0.22%	5.27%	94.05%	94.36%
23	0.23%	5.38%	94.76%	95.05%
24	0.24%	5.50%	95.39%	95.65%

Tabel 11. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=1.1m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	10.81%	11.81%
2	0.02%	1.59%	20.45%	21.71%
3	0.03%	1.94%	29.05%	30.42%
4	0.04%	2.25%	36.71%	38.13%
5	0.05%	2.51%	43.55%	44.97%
6	0.06%	2.75%	49.65%	51.04%
7	0.07%	2.97%	55.10%	56.43%
8	0.08%	3.18%	59.95%	61.22%
9	0.09%	3.37%	64.28%	65.48%
10	0.10%	3.55%	68.14%	69.27%
11	0.11%	3.72%	71.58%	72.64%
12	0.12%	3.89%	74.65%	75.64%
13	0.13%	4.05%	77.39%	78.31%
14	0.14%	4.20%	79.84%	80.68%
15	0.15%	4.35%	82.01%	82.80%
16	0.16%	4.49%	83.96%	84.68%
17	0.17%	4.63%	85.69%	86.35%
18	0.18%	4.76%	87.24%	87.85%
19	0.19%	4.89%	88.62%	89.17%
20	0.20%	5.02%	89.85%	90.36%
21	0.21%	5.15%	90.95%	91.41%
22	0.22%	5.27%	91.92%	92.35%
23	0.23%	5.38%	92.80%	93.18%
24	0.24%	5.50%	93.58%	93.93%

Tabel 12. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.15$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.02%	12.23%	13.12%
2	0.02%	1.44%	22.96%	24.08%
3	0.02%	1.77%	32.39%	33.58%
4	0.03%	2.04%	40.66%	41.87%
5	0.04%	2.28%	47.91%	49.10%
6	0.05%	2.50%	54.28%	55.43%
7	0.06%	2.70%	59.88%	60.96%
8	0.07%	2.88%	64.78%	65.80%
9	0.07%	3.06%	69.09%	70.03%
10	0.08%	3.22%	72.87%	73.74%
11	0.09%	3.38%	76.19%	76.99%
12	0.10%	3.53%	79.10%	79.84%
13	0.11%	3.67%	81.66%	82.33%
14	0.11%	3.81%	83.90%	84.51%
15	0.12%	3.95%	85.87%	86.43%
16	0.13%	4.08%	87.60%	88.10%
17	0.14%	4.20%	89.11%	89.57%
18	0.15%	4.32%	90.45%	90.86%
19	0.16%	4.44%	91.61%	91.99%
20	0.16%	4.56%	92.64%	92.98%
21	0.17%	4.67%	93.54%	93.84%
22	0.18%	4.78%	94.33%	94.60%
23	0.19%	4.89%	95.02%	95.27%
24	0.20%	4.99%	95.63%	95.85%

Tabel 13. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.20$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.02%	8.98%	9.90%
2	0.02%	1.44%	17.14%	18.34%
3	0.02%	1.77%	24.58%	25.91%
4	0.03%	2.04%	31.35%	32.75%
5	0.04%	2.28%	37.51%	38.94%
6	0.05%	2.50%	43.12%	44.54%
7	0.06%	2.70%	48.22%	49.62%
8	0.07%	2.88%	52.87%	54.23%
9	0.07%	3.06%	57.10%	58.41%
10	0.08%	3.22%	60.95%	62.21%
11	0.09%	3.38%	64.46%	65.66%
12	0.10%	3.53%	67.65%	68.79%
13	0.11%	3.67%	70.55%	71.63%
14	0.11%	3.81%	73.19%	74.22%
15	0.12%	3.95%	75.60%	76.56%
16	0.13%	4.08%	77.79%	78.69%
17	0.14%	4.20%	79.78%	80.63%
18	0.15%	4.32%	81.60%	82.39%
19	0.16%	4.44%	83.25%	83.99%
20	0.16%	4.56%	84.75%	85.45%
21	0.17%	4.67%	86.12%	86.77%
22	0.18%	4.78%	87.37%	87.97%
23	0.19%	4.89%	88.50%	89.06%
24	0.20%	4.99%	89.53%	90.06%

Tabel 14. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.6 \text{ m } 3/4\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.36%	41.68%	42.48%
2	0.03%	1.92%	65.99%	66.65%
3	0.04%	2.35%	80.17%	80.63%
4	0.06%	2.72%	88.43%	88.75%
5	0.07%	3.04%	93.26%	93.46%
6	0.09%	3.33%	96.07%	96.20%
7	0.10%	3.60%	97.71%	97.79%
8	0.12%	3.84%	98.66%	98.71%
9	0.13%	4.08%	99.22%	99.25%
10	0.15%	4.30%	99.55%	99.56%
11	0.16%	4.51%	99.73%	99.75%
12	0.17%	4.71%	99.85%	99.85%
13	0.19%	4.90%	99.91%	99.91%
14	0.20%	5.08%	99.95%	99.95%
15	0.22%	5.26%	99.97%	99.97%
16	0.23%	5.44%	99.98%	99.98%
17	0.25%	5.60%	99.99%	99.99%
18	0.26%	5.77%	99.99%	99.99%
19	0.28%	5.92%	100.00%	100.00%
20	0.29%	6.08%	100.00%	100.00%
21	0.30%	6.23%	100.00%	100.00%
22	0.32%	6.37%	100.00%	100.00%
23	0.33%	6.52%	100.00%	100.00%
24	0.35%	6.66%	100.00%	100.00%



Tabel 15. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.7$  m  $3/4H_{dr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.36%	30.33%	31.28%
2	0.03%	1.92%	51.47%	52.40%
3	0.04%	2.35%	66.19%	66.99%
4	0.06%	2.72%	76.45%	77.09%
5	0.07%	3.04%	83.59%	84.09%
6	0.09%	3.33%	88.57%	88.95%
7	0.10%	3.60%	92.04%	92.32%
8	0.12%	3.84%	94.45%	94.67%
9	0.13%	4.08%	96.14%	96.29%
10	0.15%	4.30%	97.31%	97.42%
11	0.16%	4.51%	98.12%	98.21%
12	0.17%	4.71%	98.69%	98.75%
13	0.19%	4.90%	99.09%	99.13%
14	0.20%	5.08%	99.37%	99.40%
15	0.22%	5.26%	99.56%	99.58%
16	0.23%	5.44%	99.69%	99.71%
17	0.25%	5.60%	99.79%	99.80%
18	0.26%	5.77%	99.85%	99.86%
19	0.28%	5.92%	99.90%	99.90%
20	0.29%	6.08%	99.93%	99.93%
21	0.30%	6.23%	99.95%	99.95%
22	0.32%	6.37%	99.96%	99.97%
23	0.33%	6.52%	99.98%	99.98%
24	0.35%	6.66%	99.98%	99.98%

Tabel 16. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.8 \text{ m } 3/4\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.36%	22.68%	23.73%
2	0.03%	1.92%	40.21%	41.36%
3	0.04%	2.35%	53.77%	54.86%
4	0.06%	2.72%	64.25%	65.23%
5	0.07%	3.04%	72.36%	73.20%
6	0.09%	3.33%	78.63%	79.34%
7	0.10%	3.60%	83.47%	84.07%
8	0.12%	3.84%	87.22%	87.71%
9	0.13%	4.08%	90.12%	90.52%
10	0.15%	4.30%	92.36%	92.69%
11	0.16%	4.51%	94.09%	94.36%
12	0.17%	4.71%	95.43%	95.65%
13	0.19%	4.90%	96.47%	96.64%
14	0.20%	5.08%	97.27%	97.41%
15	0.22%	5.26%	97.89%	98.00%
16	0.23%	5.44%	98.37%	98.46%
17	0.25%	5.60%	98.74%	98.81%
18	0.26%	5.77%	99.02%	99.08%
19	0.28%	5.92%	99.25%	99.29%
20	0.29%	6.08%	99.42%	99.45%
21	0.30%	6.23%	99.55%	99.58%
22	0.32%	6.37%	99.65%	99.67%
23	0.33%	6.52%	99.73%	99.75%
24	0.35%	6.66%	99.79%	99.81%

Tabel 17. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.9$  m  $3/4H_{dr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.36%	17.41%	18.53%
2	0.03%	1.92%	31.78%	33.10%
3	0.04%	2.35%	43.66%	44.99%
4	0.06%	2.72%	53.47%	54.73%
5	0.07%	3.04%	61.57%	62.74%
6	0.09%	3.33%	68.26%	69.31%
7	0.10%	3.60%	73.78%	74.73%
8	0.12%	3.84%	78.35%	79.18%
9	0.13%	4.08%	82.12%	82.85%
10	0.15%	4.30%	85.23%	85.86%
11	0.16%	4.51%	87.80%	88.35%
12	0.17%	4.71%	89.92%	90.40%
13	0.19%	4.90%	91.68%	92.09%
14	0.20%	5.08%	93.13%	93.48%
15	0.22%	5.26%	94.32%	94.62%
16	0.23%	5.44%	95.31%	95.57%
17	0.25%	5.60%	96.13%	96.34%
18	0.26%	5.77%	96.80%	96.99%
19	0.28%	5.92%	97.36%	97.51%
20	0.29%	6.08%	97.82%	97.95%
21	0.30%	6.23%	98.20%	98.31%
22	0.32%	6.37%	98.51%	98.61%
23	0.33%	6.52%	98.77%	98.85%
24	0.35%	6.66%	98.98%	99.05%

Tabel 18. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1$  m  $3/4$ Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.36%	13.68%	14.86%
2	0.03%	1.92%	25.50%	26.93%
3	0.04%	2.35%	35.69%	37.21%
4	0.06%	2.72%	44.49%	46.00%
5	0.07%	3.04%	52.09%	53.54%
6	0.09%	3.33%	58.64%	60.02%
7	0.10%	3.60%	64.30%	65.59%
8	0.12%	3.84%	69.19%	70.37%
9	0.13%	4.08%	73.41%	74.49%
10	0.15%	4.30%	77.04%	78.03%
11	0.16%	4.51%	80.19%	81.08%
12	0.17%	4.71%	82.90%	83.70%
13	0.19%	4.90%	85.24%	85.96%
14	0.20%	5.08%	87.26%	87.91%
15	0.22%	5.26%	89.00%	89.58%
16	0.23%	5.44%	90.51%	91.02%
17	0.25%	5.60%	91.81%	92.26%
18	0.26%	5.77%	92.93%	93.33%
19	0.28%	5.92%	93.89%	94.26%
20	0.29%	6.08%	94.73%	95.05%
21	0.30%	6.23%	95.45%	95.73%
22	0.32%	6.37%	96.07%	96.32%
23	0.33%	6.52%	96.61%	96.83%
24	0.35%	6.66%	97.07%	97.27%

Tabel 19. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.1 \text{ m } 3/4\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.36%	10.98%	12.19%
2	0.03%	1.92%	20.76%	22.28%
3	0.04%	2.35%	29.46%	31.12%
4	0.06%	2.72%	37.21%	38.92%
5	0.07%	3.04%	44.11%	45.81%
6	0.09%	3.33%	50.25%	51.90%
7	0.10%	3.60%	55.71%	57.30%
8	0.12%	3.84%	60.58%	62.09%
9	0.13%	4.08%	64.91%	66.34%
10	0.15%	4.30%	68.76%	70.10%
11	0.16%	4.51%	72.19%	73.44%
12	0.17%	4.71%	75.25%	76.41%
13	0.19%	4.90%	77.96%	79.04%
14	0.20%	5.08%	80.38%	81.38%
15	0.22%	5.26%	82.54%	83.46%
16	0.23%	5.44%	84.46%	85.30%
17	0.25%	5.60%	86.16%	86.94%
18	0.26%	5.77%	87.68%	88.39%
19	0.28%	5.92%	89.04%	89.69%
20	0.29%	6.08%	90.24%	90.83%
21	0.30%	6.23%	91.31%	91.85%
22	0.32%	6.37%	92.27%	92.76%
23	0.33%	6.52%	93.12%	93.56%
24	0.35%	6.66%	93.87%	94.28%

Tabel 20. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.15 \text{ m } 3/4\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.36%	12.23%	13.42%
2	0.03%	1.92%	22.96%	24.45%
3	0.04%	2.35%	32.39%	33.98%
4	0.06%	2.72%	40.66%	42.27%
5	0.07%	3.04%	47.91%	49.50%
6	0.09%	3.33%	54.28%	55.81%
7	0.10%	3.60%	59.88%	61.32%
8	0.12%	3.84%	64.78%	66.14%
9	0.13%	4.08%	69.09%	70.35%
10	0.15%	4.30%	72.87%	74.04%
11	0.16%	4.51%	76.19%	77.26%
12	0.17%	4.71%	79.10%	80.08%
13	0.19%	4.90%	81.66%	82.56%
14	0.20%	5.08%	83.90%	84.72%
15	0.22%	5.26%	85.87%	86.61%
16	0.23%	5.44%	87.60%	88.27%
17	0.25%	5.60%	89.11%	89.72%
18	0.26%	5.77%	90.45%	91.00%
19	0.28%	5.92%	91.61%	92.11%
20	0.29%	6.08%	92.64%	93.09%
21	0.30%	6.23%	93.54%	93.94%
22	0.32%	6.37%	94.33%	94.69%
23	0.33%	6.52%	95.02%	95.35%
24	0.35%	6.66%	95.63%	95.92%

Tabel 21. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.2 \text{ m } 3/4\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.36%	8.98%	10.21%
2	0.03%	1.92%	17.14%	18.74%
3	0.04%	2.35%	24.58%	26.36%
4	0.06%	2.72%	31.35%	33.22%
5	0.07%	3.04%	37.51%	39.41%
6	0.09%	3.33%	43.12%	45.01%
7	0.10%	3.60%	48.22%	50.09%
8	0.12%	3.84%	52.87%	54.68%
9	0.13%	4.08%	57.10%	58.85%
10	0.15%	4.30%	60.95%	62.63%
11	0.16%	4.51%	64.46%	66.06%
12	0.17%	4.71%	67.65%	69.17%
13	0.19%	4.90%	70.55%	71.99%
14	0.20%	5.08%	73.19%	74.56%
15	0.22%	5.26%	75.60%	76.88%
16	0.23%	5.44%	77.79%	79.00%
17	0.25%	5.60%	79.78%	80.92%
18	0.26%	5.77%	81.60%	82.66%
19	0.28%	5.92%	83.25%	84.24%
20	0.29%	6.08%	84.75%	85.68%
21	0.30%	6.23%	86.12%	86.99%
22	0.32%	6.37%	87.37%	88.17%
23	0.33%	6.52%	88.50%	89.25%
24	0.35%	6.66%	89.53%	90.23%

Tabel 22. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.6 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.53%	41.68%	42.57%
2	0.04%	2.16%	65.99%	66.73%
3	0.06%	2.65%	80.17%	80.69%
4	0.07%	3.06%	88.43%	88.79%
5	0.09%	3.42%	93.26%	93.49%
6	0.11%	3.74%	96.07%	96.21%
7	0.13%	4.04%	97.71%	97.80%
8	0.15%	4.32%	98.66%	98.72%
9	0.17%	4.59%	99.22%	99.26%
10	0.18%	4.83%	99.55%	99.57%
11	0.20%	5.07%	99.73%	99.75%
12	0.22%	5.30%	99.85%	99.85%
13	0.24%	5.51%	99.91%	99.91%
14	0.26%	5.72%	99.95%	99.95%
15	0.28%	5.92%	99.97%	99.97%
16	0.29%	6.12%	99.98%	99.98%
17	0.31%	6.30%	99.99%	99.99%
18	0.33%	6.49%	99.99%	99.99%
19	0.35%	6.66%	100.00%	100.00%
20	0.37%	6.84%	100.00%	100.00%
21	0.39%	7.01%	100.00%	100.00%
22	0.40%	7.17%	100.00%	100.00%
23	0.42%	7.33%	100.00%	100.00%
24	0.44%	7.49%	100.00%	100.00%



Tabel 23. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.7 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.53%	30.33%	31.40%
2	0.04%	2.16%	51.47%	52.52%
3	0.06%	2.65%	66.19%	67.09%
4	0.07%	3.06%	76.45%	77.17%
5	0.09%	3.42%	83.59%	84.15%
6	0.11%	3.74%	88.57%	89.00%
7	0.13%	4.04%	92.04%	92.36%
8	0.15%	4.32%	94.45%	94.69%
9	0.17%	4.59%	96.14%	96.31%
10	0.18%	4.83%	97.31%	97.44%
11	0.20%	5.07%	98.12%	98.22%
12	0.22%	5.30%	98.69%	98.76%
13	0.24%	5.51%	99.09%	99.14%
14	0.26%	5.72%	99.37%	99.40%
15	0.28%	5.92%	99.56%	99.58%
16	0.29%	6.12%	99.69%	99.71%
17	0.31%	6.30%	99.79%	99.80%
18	0.33%	6.49%	99.85%	99.86%
19	0.35%	6.66%	99.90%	99.90%
20	0.37%	6.84%	99.93%	99.93%
21	0.39%	7.01%	99.95%	99.95%
22	0.40%	7.17%	99.96%	99.97%
23	0.42%	7.33%	99.98%	99.98%
24	0.44%	7.49%	99.98%	99.98%

Tabel 24. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.8 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.53%	22.68%	23.86%
2	0.04%	2.16%	40.21%	41.50%
3	0.06%	2.65%	53.77%	54.99%
4	0.07%	3.06%	64.25%	65.35%
5	0.09%	3.42%	72.36%	73.30%
6	0.11%	3.74%	78.63%	79.43%
7	0.13%	4.04%	83.47%	84.14%
8	0.15%	4.32%	87.22%	87.77%
9	0.17%	4.59%	90.12%	90.57%
10	0.18%	4.83%	92.36%	92.73%
11	0.20%	5.07%	94.09%	94.39%
12	0.22%	5.30%	95.43%	95.67%
13	0.24%	5.51%	96.47%	96.66%
14	0.26%	5.72%	97.27%	97.43%
15	0.28%	5.92%	97.89%	98.01%
16	0.29%	6.12%	98.37%	98.47%
17	0.31%	6.30%	98.74%	98.82%
18	0.33%	6.49%	99.02%	99.09%
19	0.35%	6.66%	99.25%	99.30%
20	0.37%	6.84%	99.42%	99.46%
21	0.39%	7.01%	99.55%	99.58%
22	0.40%	7.17%	99.65%	99.68%
23	0.42%	7.33%	99.73%	99.75%
24	0.44%	7.49%	99.79%	99.81%

Tabel 25. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.9$  m  $2/3H_{dr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.53%	17.41%	18.67%
2	0.04%	2.16%	31.78%	33.26%
3	0.06%	2.65%	43.66%	45.15%
4	0.07%	3.06%	53.47%	54.89%
5	0.09%	3.42%	61.57%	62.88%
6	0.11%	3.74%	68.26%	69.45%
7	0.13%	4.04%	73.78%	74.84%
8	0.15%	4.32%	78.35%	79.28%
9	0.17%	4.59%	82.12%	82.94%
10	0.18%	4.83%	85.23%	85.94%
11	0.20%	5.07%	87.80%	88.42%
12	0.22%	5.30%	89.92%	90.46%
13	0.24%	5.51%	91.68%	92.14%
14	0.26%	5.72%	93.13%	93.52%
15	0.28%	5.92%	94.32%	94.66%
16	0.29%	6.12%	95.31%	95.60%
17	0.31%	6.30%	96.13%	96.37%
18	0.33%	6.49%	96.80%	97.01%
19	0.35%	6.66%	97.36%	97.53%
20	0.37%	6.84%	97.82%	97.97%
21	0.39%	7.01%	98.20%	98.32%
22	0.40%	7.17%	98.51%	98.62%
23	0.42%	7.33%	98.77%	98.86%
24	0.44%	7.49%	98.98%	99.06%

Tabel 26. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1$  m  $2/3H_{dr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.53%	13.68%	15.00%
2	0.04%	2.16%	25.50%	27.11%
3	0.06%	2.65%	35.69%	37.39%
4	0.07%	3.06%	44.49%	46.19%
5	0.09%	3.42%	52.09%	53.73%
6	0.11%	3.74%	58.64%	60.19%
7	0.13%	4.04%	64.30%	65.75%
8	0.15%	4.32%	69.19%	70.52%
9	0.17%	4.59%	73.41%	74.62%
10	0.18%	4.83%	77.04%	78.15%
11	0.20%	5.07%	80.19%	81.19%
12	0.22%	5.30%	82.90%	83.80%
13	0.24%	5.51%	85.24%	86.05%
14	0.26%	5.72%	87.26%	87.99%
15	0.28%	5.92%	89.00%	89.65%
16	0.29%	6.12%	90.51%	91.09%
17	0.31%	6.30%	91.81%	92.32%
18	0.33%	6.49%	92.93%	93.39%
19	0.35%	6.66%	93.89%	94.30%
20	0.37%	6.84%	94.73%	95.09%
21	0.39%	7.01%	95.45%	95.77%
22	0.40%	7.17%	96.07%	96.36%
23	0.42%	7.33%	96.61%	96.86%
24	0.44%	7.49%	97.07%	97.29%

Tabel 27. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.1 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.53%	10.98%	12.34%
2	0.04%	2.16%	20.76%	22.47%
3	0.06%	2.65%	29.46%	31.33%
4	0.07%	3.06%	37.21%	39.13%
5	0.09%	3.42%	44.11%	46.02%
6	0.11%	3.74%	50.25%	52.11%
7	0.13%	4.04%	55.71%	57.50%
8	0.15%	4.32%	60.58%	62.28%
9	0.17%	4.59%	64.91%	66.51%
10	0.18%	4.83%	68.76%	70.27%
11	0.20%	5.07%	72.19%	73.60%
12	0.22%	5.30%	75.25%	76.56%
13	0.24%	5.51%	77.96%	79.18%
14	0.26%	5.72%	80.38%	81.51%
15	0.28%	5.92%	82.54%	83.57%
16	0.29%	6.12%	84.46%	85.41%
17	0.31%	6.30%	86.16%	87.04%
18	0.33%	6.49%	87.68%	88.48%
19	0.35%	6.66%	89.04%	89.77%
20	0.37%	6.84%	90.24%	90.91%
21	0.39%	7.01%	91.31%	91.92%
22	0.40%	7.17%	92.27%	92.82%
23	0.42%	7.33%	93.12%	93.62%
24	0.44%	7.49%	93.87%	94.33%

Tabel 28. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.15 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.53%	12.23%	13.57%
2	0.04%	2.16%	22.96%	24.63%
3	0.06%	2.65%	32.39%	34.18%
4	0.07%	3.06%	40.66%	42.47%
5	0.09%	3.42%	47.91%	49.69%
6	0.11%	3.74%	54.28%	56.00%
7	0.13%	4.04%	59.88%	61.50%
8	0.15%	4.32%	64.78%	66.31%
9	0.17%	4.59%	69.09%	70.51%
10	0.18%	4.83%	72.87%	74.18%
11	0.20%	5.07%	76.19%	77.40%
12	0.22%	5.30%	79.10%	80.21%
13	0.24%	5.51%	81.66%	82.67%
14	0.26%	5.72%	83.90%	84.82%
15	0.28%	5.92%	85.87%	86.71%
16	0.29%	6.12%	87.60%	88.36%
17	0.31%	6.30%	89.11%	89.80%
18	0.33%	6.49%	90.45%	91.07%
19	0.35%	6.66%	91.61%	92.17%
20	0.37%	6.84%	92.64%	93.14%
21	0.39%	7.01%	93.54%	93.99%
22	0.40%	7.17%	94.33%	94.74%
23	0.42%	7.33%	95.02%	95.39%
24	0.44%	7.49%	95.63%	95.96%

Tabel 29. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.2 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.53%	8.98%	10.37%
2	0.04%	2.16%	17.14%	18.94%
3	0.06%	2.65%	24.58%	26.58%
4	0.07%	3.06%	31.35%	33.45%
5	0.09%	3.42%	37.51%	39.65%
6	0.11%	3.74%	43.12%	45.25%
7	0.13%	4.04%	48.22%	50.32%
8	0.15%	4.32%	52.87%	54.91%
9	0.17%	4.59%	57.10%	59.07%
10	0.18%	4.83%	60.95%	62.84%
11	0.20%	5.07%	64.46%	66.26%
12	0.22%	5.30%	67.65%	69.36%
13	0.24%	5.51%	70.55%	72.17%
14	0.26%	5.72%	73.19%	74.73%
15	0.28%	5.92%	75.60%	77.04%
16	0.29%	6.12%	77.79%	79.15%
17	0.31%	6.30%	79.78%	81.06%
18	0.33%	6.49%	81.60%	82.79%
19	0.35%	6.66%	83.25%	84.37%
20	0.37%	6.84%	84.75%	85.79%
21	0.39%	7.01%	86.12%	87.09%
22	0.40%	7.17%	87.37%	88.27%
23	0.42%	7.33%	88.50%	89.34%
24	0.44%	7.49%	89.53%	90.32%

“halaman ini sengaja dikosongkan”



## Lampiran 12

### Rekapitulasi Perhitungan Derajat Konsolidasi pada PVD Segitiga

Tabel 1. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.60$  m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	47.45%	48.04%
2	0.02%	1.59%	72.39%	72.82%
3	0.03%	1.94%	85.49%	85.77%
4	0.04%	2.25%	92.37%	92.55%
5	0.05%	2.51%	95.99%	96.09%
6	0.06%	2.75%	97.89%	97.95%
7	0.07%	2.97%	98.89%	98.93%
8	0.08%	3.18%	99.42%	99.44%
9	0.09%	3.37%	99.69%	99.70%
10	0.10%	3.55%	99.84%	99.85%
11	0.11%	3.72%	99.92%	99.92%
12	0.12%	3.89%	99.96%	99.96%
13	0.13%	4.05%	99.98%	99.98%
14	0.14%	4.20%	99.99%	99.99%
15	0.15%	4.35%	99.99%	99.99%
16	0.16%	4.49%	100.00%	100.00%
17	0.17%	4.63%	100.00%	100.00%
18	0.18%	4.76%	100.00%	100.00%
19	0.19%	4.89%	100.00%	100.00%
20	0.20%	5.02%	100.00%	100.00%
21	0.21%	5.15%	100.00%	100.00%
22	0.22%	5.27%	100.00%	100.00%
23	0.23%	5.38%	100.00%	100.00%
24	0.24%	5.50%	100.00%	100.00%

Tabel 2. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.65$  m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	40.61%	41.28%
2	0.02%	1.59%	64.73%	65.29%
3	0.03%	1.94%	79.05%	79.46%
4	0.04%	2.25%	87.56%	87.84%
5	0.05%	2.51%	92.61%	92.80%
6	0.06%	2.75%	95.61%	95.73%
7	0.07%	2.97%	97.39%	97.47%
8	0.08%	3.18%	98.45%	98.50%
9	0.09%	3.37%	99.08%	99.11%
10	0.10%	3.55%	99.45%	99.47%
11	0.11%	3.72%	99.68%	99.69%
12	0.12%	3.89%	99.81%	99.81%
13	0.13%	4.05%	99.89%	99.89%
14	0.14%	4.20%	99.93%	99.93%
15	0.15%	4.35%	99.96%	99.96%
16	0.16%	4.49%	99.98%	99.98%
17	0.17%	4.63%	99.99%	99.99%
18	0.18%	4.76%	99.99%	99.99%
19	0.19%	4.89%	99.99%	100.00%
20	0.20%	5.02%	100.00%	100.00%
21	0.21%	5.15%	100.00%	100.00%
22	0.22%	5.27%	100.00%	100.00%
23	0.23%	5.38%	100.00%	100.00%
24	0.24%	5.50%	100.00%	100.00%

Tabel 3. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=0.70 m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	34.92%	35.65%
2	0.02%	1.59%	57.64%	58.31%
3	0.03%	1.94%	72.43%	72.97%
4	0.04%	2.25%	82.06%	82.46%
5	0.05%	2.51%	88.32%	88.62%
6	0.06%	2.75%	92.40%	92.61%
7	0.07%	2.97%	95.05%	95.20%
8	0.08%	3.18%	96.78%	96.88%
9	0.09%	3.37%	97.90%	97.98%
10	0.10%	3.55%	98.64%	98.68%
11	0.11%	3.72%	99.11%	99.15%
12	0.12%	3.89%	99.42%	99.44%
13	0.13%	4.05%	99.62%	99.64%
14	0.14%	4.20%	99.76%	99.77%
15	0.15%	4.35%	99.84%	99.85%
16	0.16%	4.49%	99.90%	99.90%
17	0.17%	4.63%	99.93%	99.94%
18	0.18%	4.76%	99.96%	99.96%
19	0.19%	4.89%	99.97%	99.97%
20	0.20%	5.02%	99.98%	99.98%
21	0.21%	5.15%	99.99%	99.99%
22	0.22%	5.27%	99.99%	99.99%
23	0.23%	5.38%	99.99%	100.00%
24	0.24%	5.50%	100.00%	100.00%

Tabel 4. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.75$  m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	30.19%	30.98%
2	0.02%	1.59%	51.27%	52.04%
3	0.03%	1.94%	65.98%	66.64%
4	0.04%	2.25%	76.25%	76.79%
5	0.05%	2.51%	83.42%	83.84%
6	0.06%	2.75%	88.43%	88.75%
7	0.07%	2.97%	91.92%	92.16%
8	0.08%	3.18%	94.36%	94.54%
9	0.09%	3.37%	96.06%	96.20%
10	0.10%	3.55%	97.25%	97.35%
11	0.11%	3.72%	98.08%	98.15%
12	0.12%	3.89%	98.66%	98.71%
13	0.13%	4.05%	99.07%	99.10%
14	0.14%	4.20%	99.35%	99.37%
15	0.15%	4.35%	99.54%	99.56%
16	0.16%	4.49%	99.68%	99.70%
17	0.17%	4.63%	99.78%	99.79%
18	0.18%	4.76%	99.85%	99.85%
19	0.19%	4.89%	99.89%	99.90%
20	0.20%	5.02%	99.92%	99.93%
21	0.21%	5.15%	99.95%	99.95%
22	0.22%	5.27%	99.96%	99.97%
23	0.23%	5.38%	99.97%	99.98%
24	0.24%	5.50%	99.98%	99.98%

Tabel 5. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=0.80 m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	26.26%	27.09%
2	0.02%	1.59%	45.63%	46.49%
3	0.03%	1.94%	59.91%	60.69%
4	0.04%	2.25%	70.44%	71.10%
5	0.05%	2.51%	78.20%	78.75%
6	0.06%	2.75%	83.93%	84.37%
7	0.07%	2.97%	88.15%	88.50%
8	0.08%	3.18%	91.26%	91.54%
9	0.09%	3.37%	93.56%	93.77%
10	0.10%	3.55%	95.25%	95.42%
11	0.11%	3.72%	96.50%	96.63%
12	0.12%	3.89%	97.42%	97.52%
13	0.13%	4.05%	98.09%	98.17%
14	0.14%	4.20%	98.60%	98.65%
15	0.15%	4.35%	98.96%	99.01%
16	0.16%	4.49%	99.24%	99.27%
17	0.17%	4.63%	99.44%	99.46%
18	0.18%	4.76%	99.58%	99.60%
19	0.19%	4.89%	99.69%	99.71%
20	0.20%	5.02%	99.77%	99.79%
21	0.21%	5.15%	99.83%	99.84%
22	0.22%	5.27%	99.88%	99.88%
23	0.23%	5.38%	99.91%	99.91%
24	0.24%	5.50%	99.93%	99.94%

Tabel 6. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.85$  m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	22.98%	23.85%
2	0.02%	1.59%	40.68%	41.63%
3	0.03%	1.94%	54.32%	55.21%
4	0.04%	2.25%	64.82%	65.61%
5	0.05%	2.51%	72.90%	73.58%
6	0.06%	2.75%	79.13%	79.71%
7	0.07%	2.97%	83.93%	84.40%
8	0.08%	3.18%	87.62%	88.01%
9	0.09%	3.37%	90.47%	90.79%
10	0.10%	3.55%	92.66%	92.92%
11	0.11%	3.72%	94.35%	94.56%
12	0.12%	3.89%	95.64%	95.81%
13	0.13%	4.05%	96.65%	96.78%
14	0.14%	4.20%	97.42%	97.53%
15	0.15%	4.35%	98.01%	98.10%
16	0.16%	4.49%	98.47%	98.54%
17	0.17%	4.63%	98.82%	98.87%
18	0.18%	4.76%	99.09%	99.13%
19	0.19%	4.89%	99.30%	99.33%
20	0.20%	5.02%	99.46%	99.49%
21	0.21%	5.15%	99.58%	99.61%
22	0.22%	5.27%	99.68%	99.70%
23	0.23%	5.38%	99.75%	99.77%
24	0.24%	5.50%	99.81%	99.82%

Tabel 7. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.90$  m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	20.23%	21.13%
2	0.02%	1.59%	36.37%	37.38%
3	0.03%	1.94%	49.24%	50.23%
4	0.04%	2.25%	59.51%	60.42%
5	0.05%	2.51%	67.70%	68.51%
6	0.06%	2.75%	74.24%	74.95%
7	0.07%	2.97%	79.45%	80.06%
8	0.08%	3.18%	83.61%	84.13%
9	0.09%	3.37%	86.92%	87.36%
10	0.10%	3.55%	89.57%	89.94%
11	0.11%	3.72%	91.68%	91.99%
12	0.12%	3.89%	93.36%	93.62%
13	0.13%	4.05%	94.71%	94.92%
14	0.14%	4.20%	95.78%	95.95%
15	0.15%	4.35%	96.63%	96.78%
16	0.16%	4.49%	97.31%	97.43%
17	0.17%	4.63%	97.86%	97.96%
18	0.18%	4.76%	98.29%	98.37%
19	0.19%	4.89%	98.64%	98.70%
20	0.20%	5.02%	98.91%	98.97%
21	0.21%	5.15%	99.13%	99.18%
22	0.22%	5.27%	99.31%	99.34%
23	0.23%	5.38%	99.45%	99.48%
24	0.24%	5.50%	99.56%	99.58%

Tabel 7. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.95$  m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	17.91%	18.83%
2	0.02%	1.59%	32.61%	33.68%
3	0.03%	1.94%	44.68%	45.76%
4	0.04%	2.25%	54.59%	55.61%
5	0.05%	2.51%	62.72%	63.66%
6	0.06%	2.75%	69.40%	70.24%
7	0.07%	2.97%	74.88%	75.62%
8	0.08%	3.18%	79.38%	80.03%
9	0.09%	3.37%	83.07%	83.64%
10	0.10%	3.55%	86.10%	86.60%
11	0.11%	3.72%	88.59%	89.02%
12	0.12%	3.89%	90.63%	91.00%
13	0.13%	4.05%	92.31%	92.62%
14	0.14%	4.20%	93.69%	93.95%
15	0.15%	4.35%	94.82%	95.04%
16	0.16%	4.49%	95.75%	95.94%
17	0.17%	4.63%	96.51%	96.67%
18	0.18%	4.76%	97.13%	97.27%
19	0.19%	4.89%	97.65%	97.76%
20	0.20%	5.02%	98.07%	98.17%
21	0.21%	5.15%	98.41%	98.50%
22	0.22%	5.27%	98.70%	98.77%
23	0.23%	5.38%	98.93%	98.99%
24	0.24%	5.50%	99.12%	99.17%



Tabel 8. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=1

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	15.94%	16.88%
2	0.02%	1.59%	29.33%	30.46%
3	0.03%	1.94%	40.60%	41.75%
4	0.04%	2.25%	50.06%	51.19%
5	0.05%	2.51%	58.02%	59.08%
6	0.06%	2.75%	64.71%	65.68%
7	0.07%	2.97%	70.34%	71.22%
8	0.08%	3.18%	75.06%	75.86%
9	0.09%	3.37%	79.04%	79.74%
10	0.10%	3.55%	82.38%	83.00%
11	0.11%	3.72%	85.19%	85.74%
12	0.12%	3.89%	87.55%	88.03%
13	0.13%	4.05%	89.53%	89.96%
14	0.14%	4.20%	91.20%	91.57%
15	0.15%	4.35%	92.60%	92.92%
16	0.16%	4.49%	93.78%	94.06%
17	0.17%	4.63%	94.77%	95.02%
18	0.18%	4.76%	95.61%	95.82%
19	0.19%	4.89%	96.31%	96.49%
20	0.20%	5.02%	96.90%	97.05%
21	0.21%	5.15%	97.39%	97.52%
22	0.22%	5.27%	97.81%	97.92%
23	0.23%	5.38%	98.16%	98.25%
24	0.24%	5.50%	98.45%	98.53%

Tabel 9. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=1.05m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	14.25%	15.22%
2	0.02%	1.59%	26.48%	27.64%
3	0.03%	1.94%	36.96%	38.18%
4	0.04%	2.25%	45.94%	47.16%
5	0.05%	2.51%	53.65%	54.81%
6	0.06%	2.75%	60.25%	61.35%
7	0.07%	2.97%	65.92%	66.93%
8	0.08%	3.18%	70.78%	71.70%
9	0.09%	3.37%	74.94%	75.79%
10	0.10%	3.55%	78.51%	79.28%
11	0.11%	3.72%	81.58%	82.26%
12	0.12%	3.89%	84.20%	84.82%
13	0.13%	4.05%	86.45%	87.00%
14	0.14%	4.20%	88.38%	88.87%
15	0.15%	4.35%	90.04%	90.47%
16	0.16%	4.49%	91.46%	91.84%
17	0.17%	4.63%	92.68%	93.02%
18	0.18%	4.76%	93.72%	94.02%
19	0.19%	4.89%	94.62%	94.88%
20	0.20%	5.02%	95.38%	95.62%
21	0.21%	5.15%	96.04%	96.25%
22	0.22%	5.27%	96.61%	96.78%
23	0.23%	5.38%	97.09%	97.25%
24	0.24%	5.50%	97.50%	97.64%

Tabel 10. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=1.1m

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.12%	12.81%	13.79%
2	0.02%	1.59%	23.97%	25.18%
3	0.03%	1.94%	33.71%	35.00%
4	0.04%	2.25%	42.20%	43.50%
5	0.05%	2.51%	49.60%	50.87%
6	0.06%	2.75%	56.06%	57.27%
7	0.07%	2.97%	61.68%	62.82%
8	0.08%	3.18%	66.59%	67.65%
9	0.09%	3.37%	70.87%	71.85%
10	0.10%	3.55%	74.60%	75.50%
11	0.11%	3.72%	77.85%	78.68%
12	0.12%	3.89%	80.69%	81.44%
13	0.13%	4.05%	83.16%	83.84%
14	0.14%	4.20%	85.32%	85.94%
15	0.15%	4.35%	87.20%	87.76%
16	0.16%	4.49%	88.84%	89.34%
17	0.17%	4.63%	90.27%	90.72%
18	0.18%	4.76%	91.51%	91.92%
19	0.19%	4.89%	92.60%	92.96%
20	0.20%	5.02%	93.55%	93.87%
21	0.21%	5.15%	94.38%	94.66%
22	0.22%	5.27%	95.10%	95.35%
23	0.23%	5.38%	95.72%	95.95%
24	0.24%	5.50%	96.27%	96.48%

Tabel 12. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.15$  m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.02%	11.74%	12.64%
2	0.02%	1.44%	22.11%	23.23%
3	0.02%	1.77%	31.26%	32.47%
4	0.03%	2.04%	39.33%	40.57%
5	0.04%	2.28%	46.46%	47.68%
6	0.05%	2.50%	52.75%	53.92%
7	0.06%	2.70%	58.30%	59.42%
8	0.07%	2.88%	63.19%	64.25%
9	0.07%	3.06%	67.52%	68.51%
10	0.08%	3.22%	71.33%	72.26%
11	0.09%	3.38%	74.70%	75.55%
12	0.10%	3.53%	77.67%	78.46%
13	0.11%	3.67%	80.29%	81.02%
14	0.11%	3.81%	82.61%	83.27%
15	0.12%	3.95%	84.65%	85.26%
16	0.13%	4.08%	86.45%	87.00%
17	0.14%	4.20%	88.04%	88.55%
18	0.15%	4.32%	89.45%	89.90%
19	0.16%	4.44%	90.69%	91.10%
20	0.16%	4.56%	91.78%	92.16%
21	0.17%	4.67%	92.75%	93.09%
22	0.18%	4.78%	93.60%	93.90%
23	0.19%	4.89%	94.35%	94.63%
24	0.20%	4.99%	95.01%	95.26%

Tabel 13. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=1.20 m Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.02%	10.64%	11.55%
2	0.02%	1.44%	20.15%	21.30%
3	0.02%	1.77%	28.65%	29.91%
4	0.03%	2.04%	36.25%	37.55%
5	0.04%	2.28%	43.03%	44.33%
6	0.05%	2.50%	49.09%	50.37%
7	0.06%	2.70%	54.51%	55.74%
8	0.07%	2.88%	59.35%	60.53%
9	0.07%	3.06%	63.68%	64.79%
10	0.08%	3.22%	67.55%	68.59%
11	0.09%	3.38%	71.00%	71.98%
12	0.10%	3.53%	74.09%	75.00%
13	0.11%	3.67%	76.84%	77.70%
14	0.11%	3.81%	79.31%	80.10%
15	0.12%	3.95%	81.51%	82.24%
16	0.13%	4.08%	83.48%	84.15%
17	0.14%	4.20%	85.24%	85.86%
18	0.15%	4.32%	86.81%	87.38%
19	0.16%	4.44%	88.21%	88.74%
20	0.16%	4.56%	89.47%	89.95%
21	0.17%	4.67%	90.59%	91.03%
22	0.18%	4.78%	91.59%	91.99%
23	0.19%	4.89%	92.48%	92.85%
24	0.20%	4.99%	93.28%	93.62%

Tabel 14. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.6$  m 3/4Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.33%	46.73%	47.44%
2	0.03%	1.89%	71.63%	72.16%
3	0.04%	2.31%	84.89%	85.24%
4	0.06%	2.67%	91.95%	92.16%
5	0.07%	2.98%	95.71%	95.84%
6	0.08%	3.27%	97.72%	97.79%
7	0.10%	3.53%	98.78%	98.83%
8	0.11%	3.77%	99.35%	99.38%
9	0.13%	4.00%	99.65%	99.67%
10	0.14%	4.22%	99.82%	99.82%
11	0.15%	4.42%	99.90%	99.91%
12	0.17%	4.62%	99.95%	99.95%
13	0.18%	4.81%	99.97%	99.97%
14	0.20%	4.99%	99.99%	99.99%
15	0.21%	5.16%	99.99%	99.99%
16	0.22%	5.33%	100.00%	100.00%
17	0.24%	5.50%	100.00%	100.00%
18	0.25%	5.66%	100.00%	100.00%
19	0.27%	5.81%	100.00%	100.00%
20	0.28%	5.96%	100.00%	100.00%
21	0.29%	6.11%	100.00%	100.00%
22	0.31%	6.25%	100.00%	100.00%
23	0.32%	6.39%	100.00%	100.00%
24	0.33%	6.53%	100.00%	100.00%

Tabel 15. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.7$  m  $3/4H_{dr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.33%	34.33%	35.20%
2	0.03%	1.89%	56.87%	57.68%
3	0.04%	2.31%	71.67%	72.33%
4	0.06%	2.67%	81.40%	81.89%
5	0.07%	2.98%	87.78%	88.15%
6	0.08%	3.27%	91.98%	92.24%
7	0.10%	3.53%	94.73%	94.92%
8	0.11%	3.77%	96.54%	96.67%
9	0.13%	4.00%	97.73%	97.82%
10	0.14%	4.22%	98.51%	98.57%
11	0.15%	4.42%	99.02%	99.06%
12	0.17%	4.62%	99.36%	99.39%
13	0.18%	4.81%	99.58%	99.60%
14	0.20%	4.99%	99.72%	99.74%
15	0.21%	5.16%	99.82%	99.83%
16	0.22%	5.33%	99.88%	99.89%
17	0.24%	5.50%	99.92%	99.93%
18	0.25%	5.66%	99.95%	99.95%
19	0.27%	5.81%	99.97%	99.97%
20	0.28%	5.96%	99.98%	99.98%
21	0.29%	6.11%	99.99%	99.99%
22	0.31%	6.25%	99.99%	99.99%
23	0.32%	6.39%	99.99%	99.99%
24	0.33%	6.53%	100.00%	100.00%

Tabel 16. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.8$  m  $3/4H_{dr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	$T_v$	$U_v$	$U_h$	$U_{total}$
1	0.01%	1.33%	25.79%	26.78%
2	0.03%	1.89%	44.93%	45.97%
3	0.04%	2.31%	59.13%	60.07%
4	0.06%	2.67%	69.67%	70.48%
5	0.07%	2.98%	77.49%	78.16%
6	0.08%	3.27%	83.30%	83.84%
7	0.10%	3.53%	87.60%	88.04%
8	0.11%	3.77%	90.80%	91.15%
9	0.13%	4.00%	93.17%	93.45%
10	0.14%	4.22%	94.93%	95.15%
11	0.15%	4.42%	96.24%	96.41%
12	0.17%	4.62%	97.21%	97.34%
13	0.18%	4.81%	97.93%	98.03%
14	0.20%	4.99%	98.46%	98.54%
15	0.21%	5.16%	98.86%	98.92%
16	0.22%	5.33%	99.15%	99.20%
17	0.24%	5.50%	99.37%	99.41%
18	0.25%	5.66%	99.53%	99.56%
19	0.27%	5.81%	99.65%	99.67%
20	0.28%	5.96%	99.74%	99.76%
21	0.29%	6.11%	99.81%	99.82%
22	0.31%	6.25%	99.86%	99.87%
23	0.32%	6.39%	99.90%	99.90%
24	0.33%	6.53%	99.92%	99.93%



Tabel 17. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.9$  m  $3/4H_{dr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	T <sub>v</sub>	U <sub>v</sub>	U <sub>h</sub>	U <sub>total</sub>
1	0.01%	1.33%	19.85%	20.92%
2	0.03%	1.89%	35.76%	36.97%
3	0.04%	2.31%	48.51%	49.70%
4	0.06%	2.67%	58.74%	59.84%
5	0.07%	2.98%	66.93%	67.91%
6	0.08%	3.27%	73.49%	74.36%
7	0.10%	3.53%	78.75%	79.50%
8	0.11%	3.77%	82.97%	83.61%
9	0.13%	4.00%	86.35%	86.90%
10	0.14%	4.22%	89.06%	89.52%
11	0.15%	4.42%	91.23%	91.62%
12	0.17%	4.62%	92.97%	93.30%
13	0.18%	4.81%	94.37%	94.64%
14	0.20%	4.99%	95.49%	95.71%
15	0.21%	5.16%	96.38%	96.57%
16	0.22%	5.33%	97.10%	97.26%
17	0.24%	5.50%	97.68%	97.80%
18	0.25%	5.66%	98.14%	98.24%
19	0.27%	5.81%	98.51%	98.59%
20	0.28%	5.96%	98.80%	98.87%
21	0.29%	6.11%	99.04%	99.10%
22	0.31%	6.25%	99.23%	99.28%
23	0.32%	6.39%	99.38%	99.42%
24	0.33%	6.53%	99.51%	99.54%

Tabel 18. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1$  m  $3/4$ Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.33%	15.63%	16.75%
2	0.03%	1.89%	28.82%	30.16%
3	0.04%	2.31%	39.94%	41.33%
4	0.06%	2.67%	49.33%	50.68%
5	0.07%	2.98%	57.25%	58.52%
6	0.08%	3.27%	63.93%	65.11%
7	0.10%	3.53%	69.57%	70.64%
8	0.11%	3.77%	74.33%	75.29%
9	0.13%	4.00%	78.34%	79.20%
10	0.14%	4.22%	81.72%	82.49%
11	0.15%	4.42%	84.58%	85.26%
12	0.17%	4.62%	86.99%	87.59%
13	0.18%	4.81%	89.02%	89.55%
14	0.20%	4.99%	90.74%	91.20%
15	0.21%	5.16%	92.19%	92.59%
16	0.22%	5.33%	93.41%	93.76%
17	0.24%	5.50%	94.44%	94.74%
18	0.25%	5.66%	95.31%	95.57%
19	0.27%	5.81%	96.04%	96.27%
20	0.28%	5.96%	96.66%	96.86%
21	0.29%	6.11%	97.18%	97.35%
22	0.31%	6.25%	97.62%	97.77%
23	0.32%	6.39%	97.99%	98.12%
24	0.33%	6.53%	98.31%	98.42%

Tabel 19. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.1 \text{ m } 3/4\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.33%	12.56%	13.72%
2	0.03%	1.89%	23.53%	24.98%
3	0.04%	2.31%	33.13%	34.68%
4	0.06%	2.67%	41.53%	43.09%
5	0.07%	2.98%	48.87%	50.40%
6	0.08%	3.27%	55.29%	56.75%
7	0.10%	3.53%	60.90%	62.28%
8	0.11%	3.77%	65.81%	67.10%
9	0.13%	4.00%	70.11%	71.30%
10	0.14%	4.22%	73.86%	74.96%
11	0.15%	4.42%	77.14%	78.15%
12	0.17%	4.62%	80.01%	80.93%
13	0.18%	4.81%	82.52%	83.36%
14	0.20%	4.99%	84.72%	85.48%
15	0.21%	5.16%	86.63%	87.32%
16	0.22%	5.33%	88.31%	88.94%
17	0.24%	5.50%	89.78%	90.34%
18	0.25%	5.66%	91.06%	91.57%
19	0.27%	5.81%	92.19%	92.64%
20	0.28%	5.96%	93.17%	93.57%
21	0.29%	6.11%	94.02%	94.39%
22	0.31%	6.25%	94.77%	95.10%
23	0.32%	6.39%	95.43%	95.72%
24	0.33%	6.53%	96.00%	96.27%

Tabel 20. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.15 \text{ m } 3/4\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.33%	11.33%	12.51%
2	0.03%	1.89%	21.37%	22.86%
3	0.04%	2.31%	30.28%	31.89%
4	0.06%	2.67%	38.18%	39.83%
5	0.07%	2.98%	45.18%	46.82%
6	0.08%	3.27%	51.39%	52.98%
7	0.10%	3.53%	56.90%	58.42%
8	0.11%	3.77%	61.78%	63.22%
9	0.13%	4.00%	66.11%	67.47%
10	0.14%	4.22%	69.95%	71.22%
11	0.15%	4.42%	73.36%	74.53%
12	0.17%	4.62%	76.37%	77.47%
13	0.18%	4.81%	79.05%	80.06%
14	0.20%	4.99%	81.42%	82.35%
15	0.21%	5.16%	83.53%	84.38%
16	0.22%	5.33%	85.39%	86.17%
17	0.24%	5.50%	87.05%	87.76%
18	0.25%	5.66%	88.52%	89.17%
19	0.27%	5.81%	89.82%	90.41%
20	0.28%	5.96%	90.97%	91.51%
21	0.29%	6.11%	91.99%	92.48%
22	0.31%	6.25%	92.90%	93.34%
23	0.32%	6.39%	93.71%	94.11%
24	0.33%	6.53%	94.42%	94.78%

Tabel 21. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.2 \text{ m } 3/4\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.01%	1.33%	10.26%	11.46%
2	0.03%	1.89%	19.47%	20.99%
3	0.04%	2.31%	27.74%	29.41%
4	0.06%	2.67%	35.16%	36.89%
5	0.07%	2.98%	41.81%	43.55%
6	0.08%	3.27%	47.78%	49.49%
7	0.10%	3.53%	53.14%	54.80%
8	0.11%	3.77%	57.95%	59.54%
9	0.13%	4.00%	62.27%	63.78%
10	0.14%	4.22%	66.14%	67.57%
11	0.15%	4.42%	69.62%	70.96%
12	0.17%	4.62%	72.74%	73.99%
13	0.18%	4.81%	75.53%	76.71%
14	0.20%	4.99%	78.05%	79.14%
15	0.21%	5.16%	80.30%	81.32%
16	0.22%	5.33%	82.32%	83.26%
17	0.24%	5.50%	84.14%	85.01%
18	0.25%	5.66%	85.76%	86.57%
19	0.27%	5.81%	87.22%	87.97%
20	0.28%	5.96%	88.54%	89.22%
21	0.29%	6.11%	89.71%	90.34%
22	0.31%	6.25%	90.77%	91.35%
23	0.32%	6.39%	91.72%	92.25%
24	0.33%	6.53%	92.57%	93.05%

Tabel 22. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.6 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.49%	46.29%	47.09%
2	0.03%	2.11%	71.15%	71.76%
3	0.05%	2.58%	84.50%	84.90%
4	0.07%	2.98%	91.68%	91.92%
5	0.09%	3.33%	95.53%	95.68%
6	0.10%	3.65%	97.60%	97.69%
7	0.12%	3.94%	98.71%	98.76%
8	0.14%	4.21%	99.31%	99.34%
9	0.16%	4.47%	99.63%	99.64%
10	0.17%	4.71%	99.80%	99.81%
11	0.19%	4.94%	99.89%	99.90%
12	0.21%	5.16%	99.94%	99.95%
13	0.23%	5.37%	99.97%	99.97%
14	0.24%	5.57%	99.98%	99.98%
15	0.26%	5.77%	99.99%	99.99%
16	0.28%	5.96%	100.00%	100.00%
17	0.30%	6.14%	100.00%	100.00%
18	0.31%	6.32%	100.00%	100.00%
19	0.33%	6.49%	100.00%	100.00%
20	0.35%	6.66%	100.00%	100.00%
21	0.37%	6.83%	100.00%	100.00%
22	0.38%	6.99%	100.00%	100.00%
23	0.40%	7.14%	100.00%	100.00%
24	0.42%	7.30%	100.00%	100.00%

Tabel 23. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.7 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.49%	33.96%	34.94%
2	0.03%	2.11%	56.38%	57.30%
3	0.05%	2.58%	71.19%	71.94%
4	0.07%	2.98%	80.98%	81.54%
5	0.09%	3.33%	87.44%	87.85%
6	0.10%	3.65%	91.70%	92.01%
7	0.12%	3.94%	94.52%	94.74%
8	0.14%	4.21%	96.38%	96.53%
9	0.16%	4.47%	97.61%	97.72%
10	0.17%	4.71%	98.42%	98.50%
11	0.19%	4.94%	98.96%	99.01%
12	0.21%	5.16%	99.31%	99.35%
13	0.23%	5.37%	99.55%	99.57%
14	0.24%	5.57%	99.70%	99.72%
15	0.26%	5.77%	99.80%	99.81%
16	0.28%	5.96%	99.87%	99.88%
17	0.30%	6.14%	99.91%	99.92%
18	0.31%	6.32%	99.94%	99.95%
19	0.33%	6.49%	99.96%	99.96%
20	0.35%	6.66%	99.98%	99.98%
21	0.37%	6.83%	99.98%	99.98%
22	0.38%	6.99%	99.99%	99.99%
23	0.40%	7.14%	99.99%	99.99%
24	0.42%	7.30%	100.00%	100.00%

Tabel 24. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.8 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.49%	25.49%	26.60%
2	0.03%	2.11%	44.49%	45.66%
3	0.05%	2.58%	58.64%	59.71%
4	0.07%	2.98%	69.18%	70.10%
5	0.09%	3.33%	77.04%	77.80%
6	0.10%	3.65%	82.89%	83.52%
7	0.12%	3.94%	87.25%	87.76%
8	0.14%	4.21%	90.50%	90.90%
9	0.16%	4.47%	92.92%	93.24%
10	0.17%	4.71%	94.73%	94.98%
11	0.19%	4.94%	96.07%	96.27%
12	0.21%	5.16%	97.07%	97.22%
13	0.23%	5.37%	97.82%	97.94%
14	0.24%	5.57%	98.38%	98.47%
15	0.26%	5.77%	98.79%	98.86%
16	0.28%	5.96%	99.10%	99.15%
17	0.30%	6.14%	99.33%	99.37%
18	0.31%	6.32%	99.50%	99.53%
19	0.33%	6.49%	99.63%	99.65%
20	0.35%	6.66%	99.72%	99.74%
21	0.37%	6.83%	99.79%	99.81%
22	0.38%	6.99%	99.85%	99.86%
23	0.40%	7.14%	99.89%	99.89%
24	0.42%	7.30%	99.91%	99.92%



Tabel 25. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=0.9$  m  $2/3H_{dr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	$T_v$	$U_v$	$U_h$	$U_{total}$
1	0.02%	1.49%	19.61%	20.81%
2	0.03%	2.11%	35.38%	36.74%
3	0.05%	2.58%	48.06%	49.40%
4	0.07%	2.98%	58.24%	59.49%
5	0.09%	3.33%	66.44%	67.55%
6	0.10%	3.65%	73.02%	74.00%
7	0.12%	3.94%	78.31%	79.17%
8	0.14%	4.21%	82.57%	83.30%
9	0.16%	4.47%	85.98%	86.61%
10	0.17%	4.71%	88.73%	89.26%
11	0.19%	4.94%	90.94%	91.39%
12	0.21%	5.16%	92.72%	93.10%
13	0.23%	5.37%	94.15%	94.46%
14	0.24%	5.57%	95.30%	95.56%
15	0.26%	5.77%	96.22%	96.44%
16	0.28%	5.96%	96.96%	97.14%
17	0.30%	6.14%	97.56%	97.71%
18	0.31%	6.32%	98.04%	98.16%
19	0.33%	6.49%	98.42%	98.52%
20	0.35%	6.66%	98.73%	98.82%
21	0.37%	6.83%	98.98%	99.05%
22	0.38%	6.99%	99.18%	99.24%
23	0.40%	7.14%	99.34%	99.39%
24	0.42%	7.30%	99.47%	99.51%

Tabel 26. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1$  m  $2/3H_{dr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.49%	15.44%	16.70%
2	0.03%	2.11%	28.49%	30.00%
3	0.05%	2.58%	39.53%	41.09%
4	0.07%	2.98%	48.87%	50.39%
5	0.09%	3.33%	56.76%	58.20%
6	0.10%	3.65%	63.44%	64.77%
7	0.12%	3.94%	69.08%	70.30%
8	0.14%	4.21%	73.86%	74.96%
9	0.16%	4.47%	77.89%	78.88%
10	0.17%	4.71%	81.30%	82.19%
11	0.19%	4.94%	84.19%	84.97%
12	0.21%	5.16%	86.63%	87.32%
13	0.23%	5.37%	88.70%	89.30%
14	0.24%	5.57%	90.44%	90.97%
15	0.26%	5.77%	91.92%	92.38%
16	0.28%	5.96%	93.16%	93.57%
17	0.30%	6.14%	94.22%	94.57%
18	0.31%	6.32%	95.11%	95.42%
19	0.33%	6.49%	95.87%	96.14%
20	0.35%	6.66%	96.50%	96.74%
21	0.37%	6.83%	97.04%	97.25%
22	0.38%	6.99%	97.50%	97.68%
23	0.40%	7.14%	97.89%	98.04%
24	0.42%	7.30%	98.21%	98.34%

Tabel 27. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi  $S=1.1 \text{ m } 2/3\text{Hdr}$ 

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.49%	12.40%	13.70%
2	0.03%	2.11%	23.26%	24.88%
3	0.05%	2.58%	32.78%	34.51%
4	0.07%	2.98%	41.11%	42.86%
5	0.09%	3.33%	48.41%	50.13%
6	0.10%	3.65%	54.81%	56.46%
7	0.12%	3.94%	60.41%	61.97%
8	0.14%	4.21%	65.32%	66.78%
9	0.16%	4.47%	69.62%	70.98%
10	0.17%	4.71%	73.39%	74.64%
11	0.19%	4.94%	76.69%	77.84%
12	0.21%	5.16%	79.58%	80.63%
13	0.23%	5.37%	82.11%	83.07%
14	0.24%	5.57%	84.33%	85.20%
15	0.26%	5.77%	86.27%	87.06%
16	0.28%	5.96%	87.97%	88.69%
17	0.30%	6.14%	89.46%	90.11%
18	0.31%	6.32%	90.77%	91.35%
19	0.33%	6.49%	91.91%	92.44%
20	0.35%	6.66%	92.92%	93.39%
21	0.37%	6.83%	93.80%	94.22%
22	0.38%	6.99%	94.56%	94.94%
23	0.40%	7.14%	95.24%	95.58%
24	0.42%	7.30%	95.83%	96.13%

Tabel 28. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=1.15 m 2/3Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.49%	11.19%	12.51%
2	0.03%	2.11%	21.12%	22.78%
3	0.05%	2.58%	29.95%	31.75%
4	0.07%	2.98%	37.78%	39.64%
5	0.09%	3.33%	44.74%	46.58%
6	0.10%	3.65%	50.92%	52.71%
7	0.12%	3.94%	56.41%	58.13%
8	0.14%	4.21%	61.29%	62.92%
9	0.16%	4.47%	65.62%	67.16%
10	0.17%	4.71%	69.47%	70.90%
11	0.19%	4.94%	72.88%	74.22%
12	0.21%	5.16%	75.92%	77.16%
13	0.23%	5.37%	78.61%	79.76%
14	0.24%	5.57%	81.00%	82.06%
15	0.26%	5.77%	83.13%	84.10%
16	0.28%	5.96%	85.01%	85.91%
17	0.30%	6.14%	86.69%	87.51%
18	0.31%	6.32%	88.18%	88.93%
19	0.33%	6.49%	89.50%	90.18%
20	0.35%	6.66%	90.68%	91.30%
21	0.37%	6.83%	91.72%	92.28%
22	0.38%	6.99%	92.65%	93.16%
23	0.40%	7.14%	93.47%	93.94%
24	0.42%	7.30%	94.20%	94.62%

Tabel 29. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi S=1.2 m 2/3Hdr

Perhitungan Derajat Konsolidasi Total				
t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	0.02%	1.49%	10.13%	11.47%
2	0.03%	2.11%	19.24%	20.94%
3	0.05%	2.58%	27.43%	29.30%
4	0.07%	2.98%	34.78%	36.72%
5	0.09%	3.33%	41.39%	43.34%
6	0.10%	3.65%	47.33%	49.25%
7	0.12%	3.94%	52.67%	54.53%
8	0.14%	4.21%	57.46%	59.26%
9	0.16%	4.47%	61.78%	63.48%
10	0.17%	4.71%	65.65%	67.27%
11	0.19%	4.94%	69.13%	70.66%
12	0.21%	5.16%	72.26%	73.69%
13	0.23%	5.37%	75.07%	76.41%
14	0.24%	5.57%	77.60%	78.85%
15	0.26%	5.77%	79.87%	81.03%
16	0.28%	5.96%	81.91%	82.99%
17	0.30%	6.14%	83.74%	84.74%
18	0.31%	6.32%	85.39%	86.31%
19	0.33%	6.49%	86.87%	87.72%
20	0.35%	6.66%	88.20%	88.99%
21	0.37%	6.83%	89.40%	90.12%
22	0.38%	6.99%	90.47%	91.14%
23	0.40%	7.14%	91.44%	92.05%
24	0.42%	7.30%	92.30%	92.87%

### Lampiran 13

#### Rekapitulasi Rate of Settlement Panjang Settlement

Tabel 1. Rate of Settlement hdr

Sc PVD	0.77	m		
Sc sisa	0.145	m		
Penurunan pada waktu rencana jalan dengan PVD				
Tahun Ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)	
1	0.39%	7.06%	1.03	OK
2	0.78%	9.99%	1.45	OK
3	1.17%	12.23%	1.78	OK
4	1.57%	14.12%	2.05	OK
5	1.96%	15.79%	2.29	OK
6	2.35%	17.30%	2.51	OK
7	2.74%	18.68%	2.71	OK
8	3.13%	19.97%	2.90	OK
9	3.52%	21.18%	3.08	OK
10	3.92%	22.33%	3.25	OK
11	4.31%	23.42%	3.40	OK
12	4.70%	24.46%	3.55	OK
13	5.09%	25.46%	3.70	OK
14	5.48%	26.42%	3.84	OK
15	5.87%	27.35%	3.97	OK
16	6.27%	28.24%	4.10	OK
17	6.66%	29.11%	4.23	OK
18	7.05%	29.96%	4.35	OK
19	7.44%	30.78%	4.47	OK
20	7.83%	31.58%	4.59	OK

Tabel 2. Rate of Settlement  $\frac{3}{4}$  hdr

Hdr	15	m		
Sc PVD	0.738	m		
Sc sisa	0.179	m		
Penurunan pada waktu rencana jalan dengan PVD				
Tahun Ke	Tv	Uv (%)	Sc (cm)	
1	0.67%	9.24%	1.65	OK
2	1.34%	13.06%	2.33	OK
3	2.01%	16.00%	2.86	OK
4	2.68%	18.47%	3.30	OK
5	3.35%	20.65%	3.69	OK
6	4.02%	22.62%	4.04	OK
7	4.69%	24.44%	4.36	OK
8	5.36%	26.12%	4.66	OK
9	6.03%	27.71%	4.95	OK
10	6.70%	29.21%	5.21	OK
11	7.37%	30.63%	5.47	OK
12	8.04%	32.00%	5.71	OK
13	8.71%	33.30%	5.95	OK
14	9.38%	34.56%	6.17	OK
15	10.05%	35.77%	6.39	OK
16	10.72%	36.94%	6.60	OK
17	11.39%	38.08%	6.80	OK
18	12.06%	39.19%	7.00	OK
19	12.73%	40.26%	7.19	OK
20	13.40%	41.31%	7.37	OK

“halaman ini sengaja dikosongkan”



**Lampiran 14**  
Rekapitulasi Perhitungan Timbunan bertahap

Tabel 1. Perhitungan Timbunan Bertahap Ke-2

Kedalaman	z (m)	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	q0	2 $\Delta\sigma$		Sc	
0	- 1	0.5	0.310	1.810	1.900	1.900	Rumus 2	0.041
1	- 2	1	1.740	3.240	1.900	1.900	Rumus 2	0.018
2	- 3	1.5	3.171	4.671	1.900	1.900	Rumus 2	0.012
3	- 4	2	4.601	6.101	1.900	1.900	Rumus 2	0.009
4	- 5	2.5	6.031	7.531	1.900	1.900	Rumus 2	0.007
5	- 6	3	7.462	8.962	1.900	1.899	Rumus 2	0.006
6	- 7	3.5	8.892	10.392	1.900	1.899	Rumus 2	0.005
7	- 8	4	10.322	11.822	1.900	1.899	Rumus 2	0.004
8	- 9	4.5	11.753	13.253	1.900	1.898	Rumus 2	0.004
9	- 10	5	13.183	14.683	1.900	1.897	Rumus 2	0.004
10	- 11	5.5	14.613	16.113	1.900	1.896	Rumus 2	0.003
11	- 12	6	16.044	17.544	1.900	1.895	Rumus 2	0.003
12	- 13	6.5	17.474	18.974	1.900	1.894	Rumus 2	0.003
13	- 14	7	18.928	20.428	1.900	1.893	Rumus 2	0.002
14	- 15	7.5	20.393	21.893	1.900	1.891	Rumus 2	0.002
15	- 16	8	21.858	23.358	1.900	1.889	Rumus 2	0.002
16	- 17	8.5	23.323	24.823	1.900	1.887	Rumus 2	0.002
17	- 18	9	24.884	26.384	1.900	1.885	Rumus 2	0.002
18	- 19	9	26.491	27.991	1.900	1.885	Rumus 2	0.002
19	- 19	9	28.099	29.599	1.900	1.885	Rumus 2	0.001
Sc Kum =								0.131

Tabel 2. Perhitungan Timbunan Bertahap Ke-3

Kedalaman			z (m)	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	q0	$2\Delta\sigma$		Sc
0	-	1	0.5	0.310	1.810	2.850	2.850	Rumus 2	0.067
1	-	2	1	1.740	3.240	2.850	2.850	Rumus 2	0.035
2	-	3	1.5	3.171	4.671	2.850	2.850	Rumus 2	0.024
3	-	4	2	4.601	6.101	2.850	2.850	Rumus 2	0.019
4	-	5	2.5	6.031	7.531	2.850	2.849	Rumus 2	0.015
5	-	6	3	7.462	8.962	2.850	2.849	Rumus 2	0.013
6	-	7	3.5	8.892	10.392	2.850	2.849	Rumus 2	0.011
7	-	8	4	10.322	11.822	2.850	2.848	Rumus 2	0.010
8	-	9	4.5	11.753	13.253	2.850	2.847	Rumus 2	0.009
9	-	10	5	13.183	14.683	2.850	2.846	Rumus 2	0.008
10	-	11	5.5	14.613	16.113	2.850	2.844	Rumus 2	0.007
11	-	12	6	16.044	17.544	2.850	2.843	Rumus 2	0.007
12	-	13	6.5	17.474	18.974	2.850	2.841	Rumus 2	0.006
13	-	14	7	18.928	20.428	2.850	2.839	Rumus 2	0.006
14	-	15	7.5	20.393	21.893	2.850	2.836	Rumus 2	0.005
15	-	16	8	21.858	23.358	2.850	2.833	Rumus 2	0.005
16	-	17	8.5	23.323	24.823	2.850	2.830	Rumus 2	0.005
17	-	18	9	24.884	26.384	2.850	2.827	Rumus 2	0.004
18	-	19	9	26.491	27.991	2.850	2.827	Rumus 2	0.004
19	-	19	9	28.099	29.599	2.850	2.827	Rumus 2	0.002
Sc Kum =									0.262

Tabel 3. Perhitungan Timbunan Bertahap Ke-4

Kedalaman			z (m)	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	q0	$2\Delta\sigma$		Sc
0	-	1	0.5	0.310	1.810	3.800	3.800	Rumus 2	0.086
1	-	2	1	1.740	3.240	3.800	3.800	Rumus 2	0.049
2	-	3	1.5	3.171	4.671	3.800	3.800	Rumus 2	0.035
3	-	4	2	4.601	6.101	3.800	3.800	Rumus 2	0.028
4	-	5	2.5	6.031	7.531	3.800	3.799	Rumus 2	0.023
5	-	6	3	7.462	8.962	3.800	3.799	Rumus 2	0.020
6	-	7	3.5	8.892	10.392	3.800	3.798	Rumus 2	0.017
7	-	8	4	10.322	11.822	3.800	3.797	Rumus 2	0.015
8	-	9	4.5	11.753	13.253	3.800	3.796	Rumus 2	0.014
9	-	10	5	13.183	14.683	3.800	3.794	Rumus 2	0.012
10	-	11	5.5	14.613	16.113	3.800	3.792	Rumus 2	0.011
11	-	12	6	16.044	17.544	3.800	3.790	Rumus 2	0.010
12	-	13	6.5	17.474	18.974	3.800	3.787	Rumus 2	0.010
13	-	14	7	18.928	20.428	3.800	3.784	Rumus 2	0.009
14	-	15	7.5	20.393	21.893	3.800	3.781	Rumus 2	0.008
15	-	16	8	21.858	23.358	3.800	3.777	Rumus 2	0.008
16	-	17	8.5	23.323	24.823	3.800	3.773	Rumus 2	0.007
17	-	18	9	24.884	26.384	3.800	3.768	Rumus 2	0.006
18	-	19	9	26.491	27.991	3.800	3.768	Rumus 2	0.006
19	-	19	9	28.099	29.599	3.800	3.768	Rumus 2	0.003
Sc Kum =									0.376

“halaman ini sengaja dikosongkan”

### Lampiran 15

Rekapitulasi Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi tiap Tahapan  
Tabel 2. Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi Tahap 1

Kedalaman			$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$ (t/m <sup>2</sup> )
			0%	37%	29%	21%	11%	
0	-	1	0.31	0.21	0.39	0.46		1.05
1	-	2	1.74	0.30	0.46	0.49		1.25
2	-	3	3.17	0.32	0.48	0.51		1.31
3	-	4	4.60	0.33	0.50	0.52		1.35
4	-	5	6.03	0.33	0.51	0.53		1.38
5	-	6	7.46	0.34	0.52	0.54		1.39
6	-	7	8.89	0.34	0.52	0.55		1.41
7	-	8	10.32	0.34	0.53	0.55		1.42
8	-	9	11.75	0.34	0.53	0.55		1.42
9	-	10	13.18	0.34	0.53	0.56		1.43
10	-	11	14.61	0.34	0.53	0.56		1.43
11	-	12	16.04	0.34	0.53	0.56		1.44
12	-	13	17.47	0.34	0.54	0.56		1.44
13	-	14	18.93	0.02	0.04	0.05		0.12
14	-	15	20.39	0.02	0.04	0.05		0.12
15	-	16	21.86	0.02	0.04	0.05		0.12
16	-	17	23.32	0.02	0.04	0.05		0.12
17	-	18	24.88	0.02	0.04	0.05		0.12
18	-	19	26.49	0.02	0.04	0.05		0.12
19	-	20	28.10	0.02	0.04	0.05		0.12

Tabel 2. Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi Tahap 2

Kedalaman			$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$
			0%	37%	29%	21%	11%	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	0.31	0.21	0.39			0.60
1	-	2	1.74	0.30	0.46			0.76
2	-	3	3.17	0.32	0.48			0.80
3	-	4	4.60	0.33	0.50			0.83
4	-	5	6.03	0.33	0.51			0.84
5	-	6	7.46	0.34	0.52			0.85
6	-	7	8.89	0.34	0.52			0.86
7	-	8	10.32	0.34	0.53			0.86
8	-	9	11.75	0.34	0.53			0.87
9	-	10	13.18	0.34	0.53			0.87
10	-	11	14.61	0.34	0.53			0.87
11	-	12	16.04	0.34	0.53			0.88
12	-	13	17.47	0.34	0.54			0.88
13	-	14	18.93	0.02	0.04			0.07
14	-	15	20.39	0.02	0.04			0.07
15	-	16	21.86	0.02	0.04			0.07
16	-	17	23.32	0.02	0.04			0.07
17	-	18	24.88	0.02	0.04			0.07
18	-	19	26.49	0.02	0.04			0.07
19	-	20	28.10	0.02	0.04			0.07

Tabel 3. Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi Tahap 3

Kedalaman			$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$
			0%	37%	29%	21%	11%	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	0.31	0.21				0.21
1	-	2	1.74	0.30				0.30
2	-	3	3.17	0.32				0.32
3	-	4	4.60	0.33				0.33
4	-	5	6.03	0.33				0.33
5	-	6	7.46	0.34				0.34
6	-	7	8.89	0.34				0.34
7	-	8	10.32	0.34				0.34
8	-	9	11.75	0.34				0.34
9	-	10	13.18	0.34				0.34
10	-	11	14.61	0.34				0.34
11	-	12	16.04	0.34				0.34
12	-	13	17.47	0.34				0.34
13	-	14	18.93	0.02				0.02
14	-	15	20.39	0.02				0.02
15	-	16	21.86	0.02				0.02
16	-	17	23.32	0.02				0.02
17	-	18	24.88	0.02				0.02
18	-	19	26.49	0.02				0.02
19	-	20	28.10	0.02				0.02

Tabel 4. Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi Tahap 4

Kedalaman	$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$ (t/m <sup>2</sup> )
	0%	36.72%	29.30%	20.94%	11.47%	
0	- 1	0.31				0.00
1	- 2	1.74				0.00
2	- 3	3.17				0.00
3	- 4	4.60				0.00
4	- 5	6.03				0.00
5	- 6	7.46				0.00
6	- 7	8.89				0.00
7	- 8	10.32				0.00
8	- 9	11.75				0.00
9	- 10	13.18				0.00
10	- 11	14.61				0.00
11	- 12	16.04				0.00
12	- 13	17.47				0.00
13	- 14	18.93				0.00
14	- 15	20.39				0.00
15	- 16	21.86				0.00
16	- 17	23.32				0.00
17	- 18	24.88				0.00
18	- 19	26.49				0.00
19	- 20	28.10				0.00



**Lampiran 16**  
**Rekapitulasi Peninkatan Harga Cu pada tiap Tahapan**

***Tabel 1. Peninkatan Harga Cu pada Tahap 1***

Kedalaman			Cu Lama	Cu Lama	$\Delta\sigma$	Cu baru			Cu Transisi
			kPa	(t/m <sup>2</sup> )		t/m <sup>2</sup>	kPa	kPa	kPa
0	-	1	5.00	0.50	0.008	0.508	5.083	5.10	2.55
1	-	2	5.00	0.50	0.010	0.510	5.098		
2	-	3	5.00	0.50	0.010	0.510	5.103		
3	-	4	5.00	0.50	0.011	0.511	5.106		
4	-	5	5.00	0.50	0.011	0.511	5.108		
5	-	6	5.00	0.50	0.011	0.511	5.109		
6	-	7	5.00	0.50	0.011	0.511	5.110	5.11	2.56
7	-	8	5.00	0.50	0.011	0.511	5.111		
8	-	9	5.00	0.50	0.011	0.511	5.112		
9	-	10	5.00	0.50	0.011	0.511	5.112		
10	-	11	5.00	0.50	0.011	0.511	5.113		
11	-	12	5.00	0.50	0.011	0.511	5.113		
12	-	13	11.93	1.19	0.068	1.261	12.608	12.61	6.30
13	-	14	11.93	1.19	0.005	1.198	11.984	11.98	5.99
14	-	15	11.93	1.19	0.006	1.198	11.984		
15	-	16	11.93	1.19	0.006	1.198	11.984		
16	-	17	24.76	2.48	0.009	2.486	24.857	24.86	12.43
17	-	18	24.76	2.48	0.009	2.486	24.857		
18	-	19	24.76	2.48	0.009	2.486	24.857		
19	-	20	24.76	2.48	0.009	2.486	24.857		

Tabel 2. Peningkatan Harga Cu pada Tahap 2

Kedalaman			Cu Lama	Cu Lama	$\Delta\sigma$	Cu baru	Cu baru	kPa	Cu Transisi
			kPa	(t/m <sup>2</sup> )		t/m <sup>2</sup>	kPa		kPa
0	-	1	5.00	0.50	0.005	0.505	5.047	5.06	2.53
1	-	2	5.00	0.50	0.006	0.506	5.060		
2	-	3	5.00	0.50	0.006	0.506	5.063		
3	-	4	5.00	0.50	0.007	0.507	5.065		
4	-	5	5.00	0.50	0.007	0.507	5.066		
5	-	6	5.00	0.50	0.007	0.507	5.067		
6	-	7	5.00	0.50	0.007	0.507	5.068	5.07	2.53
7	-	8	5.00	0.50	0.007	0.507	5.068		
8	-	9	5.00	0.50	0.007	0.507	5.068		
9	-	10	5.00	0.50	0.007	0.507	5.068		
10	-	11	5.00	0.50	0.007	0.507	5.069		
11	-	12	5.00	0.50	0.007	0.507	5.069		
12	-	13	11.93	1.19	0.041	1.234	12.342	12.34	6.17
13	-	14	11.93	1.19	0.003	1.196	11.960	11.96	5.98
14	-	15	11.93	1.19	0.003	1.196	11.960		
15	-	16	11.93	1.19	0.003	1.196	11.960		
16	-	17	24.76	2.48	0.005	2.482	24.817	24.82	12.41
17	-	18	24.76	2.48	0.005	2.482	24.817		
18	-	19	24.76	2.48	0.005	2.482	24.817		
19	-	20	24.76	2.48	0.005	2.482	24.817		
	-		24.76	2.48	0.005	2.482	24.817		

Tabel 3. Peninkatan Harga Cu pada Tahap3

Kedalaman			Cu Lama kPa	Cu Lama (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$	Cu baru t/m <sup>2</sup>	Cu baru kPa	Cu Transisi kPa	Cu Transisi kPa
0	-	1	5.00	0.50	0.002	0.502	5.016	5.02	2.51
1	-	2	5.00	0.50	0.002	0.502	5.024		
2	-	3	5.00	0.50	0.003	0.503	5.025		
3	-	4	5.00	0.50	0.003	0.503	5.026		
4	-	5	5.00	0.50	0.003	0.503	5.026		
5	-	6	5.00	0.50	0.003	0.503	5.026	5.03	2.51
6	-	7	5.00	0.50	0.003	0.503	5.027		
7	-	8	5.00	0.50	0.003	0.503	5.027		
8	-	9	5.00	0.50	0.003	0.503	5.027		
9	-	10	5.00	0.50	0.003	0.503	5.027		
10	-	11	5.00	0.50	0.003	0.503	5.027	12.09	6.05
11	-	12	5.00	0.50	0.003	0.503	5.027		
12	-	13	11.93	1.19	0.016	1.209	12.090	12.09	6.05
13	-	14	11.93	1.19	0.001	1.194	11.941	11.94	5.97
14	-	15	11.93	1.19	0.001	1.194	11.941		
15	-	16	11.93	1.19	0.001	1.194	11.941	24.78	12.39
16	-	17	24.76	2.48	0.002	2.478	24.784		
17	-	18	24.76	2.48	0.002	2.478	24.784		
18	-	19	24.76	2.48	0.002	2.478	24.784		
19	-	20	24.76	2.48	0.002	2.478	24.784		

Tabel 4. Peninkatan Harga Cu pada Tahap 4

Kedalaman			Cu Lama kPa	Cu Lama (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$	Cu baru t/m <sup>2</sup>	Cu baru kPa	Cu Transisi kPa
0	-	1	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	5.00
1	-	2	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
2	-	3	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
3	-	4	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
4	-	5	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
5	-	6	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
6	-	7	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	5.00
7	-	8	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
8	-	9	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
9	-	10	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
10	-	11	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
11	-	12	5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	
12	-	13	11.93	1.19	0.000	1.193	11.929	11.93
13	-	14	11.93	1.19	0.000	1.193	11.929	11.93
14	-	15	11.93	1.19	0.000	1.193	11.929	
15	-	16	11.93	1.19	0.000	1.193	11.929	
16	-	17	24.76	2.48	0.000	2.476	24.765	24.76
17	-	18	24.76	2.48	0.000	2.476	24.765	
18	-	19	24.76	2.48	0.000	2.476	24.765	
19	-	20	24.76	2.48	0.000	2.476	24.765	

## Lampiran 17

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan SF terkecil 1

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.1	2.51	23.359	5.501	20.177	20.177	0.522	0.6
2	1.9	2.31	21.165	21.165	18.569	38.746	0.356	0.4
3	1.7	2.11	18.971	18.971	16.962	55.708	0.397	0.4
4	1.5	1.91	16.777	16.777	15.354	71.062	0.449	0.5
5	1.3	1.71	14.583	14.583	13.746	84.808	0.517	0.6
6	1.1	1.51	12.389	12.389	12.138	96.946	0.608	0.7
7	0.9	1.31	10.195	10.195	10.531	107.477	0.739	0.8
8	0.7	1.11	8.001	8.001	8.923	116.400	0.942	1.0
9	0.5	0.91	5.807	5.807	7.315	123.715	1.298	1.3
10	0.3	0.71	3.613	3.613	5.707	129.422	2.086	2.1
11	0.1	0.51	1.419	1.419	4.100	133.522	5.309	5.4

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan Radius Terjauh 1

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.1	3.68	23.359	5.501	29.58222222	29.58222222	0.52226	0.6
2	1.9	3.48	21.165	21.165	27.9744928	57.55671498	0.356073	0.4
3	1.7	3.28	18.971	18.971	26.3667633	83.92347826	0.397252	0.4
4	1.5	3.08	16.777	16.777	24.7590338	108.6825121	0.4492	0.5
5	1.3	2.88	14.583	14.583	23.1513043	131.8338164	0.51678	0.6
6	1.1	2.68	12.389	12.389	21.5435749	153.3773913	0.608294	0.7
7	0.9	2.48	10.195	10.195	19.9358454	173.3132367	0.739194	0.8
8	0.7	2.28	8.001	8.001	18.3281159	191.6413527	0.94188	1
9	0.5	2.08	5.807	5.807	16.7203865	208.3617391	1.297709	1.3
10	0.3	1.88	3.613	3.613	15.112657	223.4743961	2.085632	2.1
11	0.1	1.68	1.419	1.419	13.5049275	236.9793237	5.309175	5.4

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan SF terkecil 2

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.1	2.59	23.036	5.552	20.8200966	20.82009662	0.527217	0.6
2	1.9	2.39	20.842	20.842	19.2123671	40.03246377	0.361583	0.4
3	1.7	2.19	18.648	18.648	17.6046377	57.63710145	0.404122	0.5
4	1.5	1.99	16.454	16.454	15.9969082	73.63400966	0.458005	0.5
5	1.3	1.79	14.261	14.261	14.3891787	88.02318841	0.528467	0.6
6	1.1	1.59	12.067	12.067	12.7814493	100.8046377	0.624552	0.7
7	0.9	1.39	9.873	9.873	11.1737198	111.9783575	0.763341	0.8
8	0.7	1.19	7.679	7.679	9.56599034	121.5443478	0.981439	1
9	0.5	0.99	5.485	5.485	7.95826087	129.5026087	1.374014	1.4
10	0.3	0.79	3.291	3.291	6.3505314	135.8531401	2.290024	2.3
11	0.1	0.59	1.097	1.097	4.74280193	140.595942	6.870072	6.9

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan Radius Terjauh 2

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.1	2.99	23.036	5.552	24.0355556	24.0355556	0.527217	0.6
2	1.9	2.79	20.842	20.842	22.4278261	46.46338164	0.361583	0.4
3	1.7	2.59	18.648	18.648	20.8200966	67.28347826	0.404122	0.5
4	1.5	2.39	16.454	16.454	19.2123671	86.49584541	0.458005	0.5
5	1.3	2.19	14.261	14.261	17.6046377	104.1004831	0.528467	0.6
6	1.1	1.99	12.067	12.067	15.9969082	120.0973913	0.624552	0.7
7	0.9	1.79	9.873	9.873	14.3891787	134.48657	0.763341	0.8
8	0.7	1.59	7.679	7.679	12.7814493	147.2680193	0.981439	1
9	0.5	1.39	5.485	5.485	11.1737198	158.4417391	1.374014	1.4
10	0.3	1.19	3.291	3.291	9.56599034	168.0077295	2.290024	2.3
11	0.1	0.99	1.097	1.097	7.95826087	175.9659903	6.870072	6.9



Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan SF terkecil 3

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.1	2.99	23.036	5.552	24.0355556	24.0355556	0.527217	0.6
2	1.9	2.79	20.842	20.842	22.4278261	46.46338164	0.361583	0.4
3	1.7	2.59	18.648	18.648	20.8200966	67.28347826	0.404122	0.5
4	1.5	2.39	16.454	16.454	19.2123671	86.49584541	0.458005	0.5
5	1.3	2.19	14.261	14.261	17.6046377	104.1004831	0.528467	0.6
6	1.1	1.99	12.067	12.067	15.9969082	120.0973913	0.624552	0.7
7	0.9	1.79	9.873	9.873	14.3891787	134.48657	0.763341	0.8
8	0.7	1.59	7.679	7.679	12.7814493	147.2680193	0.981439	1
9	0.5	1.39	5.485	5.485	11.1737198	158.4417391	1.374014	1.4
10	0.3	1.19	3.291	3.291	9.56599034	168.0077295	2.290024	2.3
11	0.1	0.99	1.097	1.097	7.95826087	175.9659903	6.870072	6.9

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan Radius Terjauh 3

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.1	3.82	23.036	5.552	30.7076329	30.70763285	0.527217	0.6
2	1.9	3.62	20.842	20.842	29.0999034	59.80753623	0.361583	0.4
3	1.7	3.42	18.648	18.648	27.4921739	87.29971014	0.404122	0.5
4	1.5	3.22	16.454	16.454	25.8844444	113.1841546	0.458005	0.5
5	1.3	3.02	14.261	14.261	24.276715	137.4608696	0.528467	0.6
6	1.1	2.82	12.067	12.067	22.6689855	160.1298551	0.624552	0.7
7	0.9	2.62	9.873	9.873	21.061256	181.1911111	0.763341	0.8
8	0.7	2.42	7.679	7.679	19.4535266	200.6446377	0.981439	1
9	0.5	2.22	5.485	5.485	17.8457971	218.4904348	1.374014	1.4
10	0.3	2.02	3.291	3.291	16.2380676	234.7285024	2.290024	2.3
11	0.1	1.82	1.097	1.097	14.6303382	249.3588406	6.870072	6.9

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan SF terkecil 4

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.1	2.59	23.036	5.552	20.8200966	20.82009662	0.527217	0.6
2	1.9	2.39	20.842	20.842	19.2123671	40.03246377	0.361583	0.4
3	1.7	2.19	18.648	18.648	17.6046377	57.63710145	0.404122	0.5
4	1.5	1.99	16.454	16.454	15.9969082	73.63400966	0.458005	0.5
5	1.3	1.79	14.261	14.261	14.3891787	88.02318841	0.528467	0.6
6	1.1	1.59	12.067	12.067	12.7814493	100.8046377	0.624552	0.7
7	0.9	1.39	9.873	9.873	11.1737198	111.9783575	0.763341	0.8
8	0.7	1.19	7.679	7.679	9.56599034	121.5443478	0.981439	1
9	0.5	0.99	5.485	5.485	7.95826087	129.5026087	1.374014	1.4
10	0.3	0.79	3.291	3.291	6.3505314	135.8531401	2.290024	2.3
11	0.1	0.59	1.097	1.097	4.74280193	140.595942	6.870072	6.9

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan Radius Terjauh 4

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.1	2.99	23.036	5.552	24.0355556	24.03555556	0.527217	0.6
2	1.9	2.79	20.842	20.842	22.4278261	46.46338164	0.361583	0.4
3	1.7	2.59	18.648	18.648	20.8200966	67.28347826	0.404122	0.5
4	1.5	2.39	16.454	16.454	19.2123671	86.49584541	0.458005	0.5
5	1.3	2.19	14.261	14.261	17.6046377	104.1004831	0.528467	0.6
6	1.1	1.99	12.067	12.067	15.9969082	120.0973913	0.624552	0.7
7	0.9	1.79	9.873	9.873	14.3891787	134.48657	0.763341	0.8
8	0.7	1.59	7.679	7.679	12.7814493	147.2680193	0.981439	1
9	0.5	1.39	5.485	5.485	11.1737198	158.4417391	1.374014	1.4
10	0.3	1.19	3.291	3.291	9.56599034	168.0077295	2.290024	2.3
11	0.1	0.99	1.097	1.097	7.95826087	175.9659903	6.870072	6.9

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan SF terkecil 5

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.10	2.67	23.04	5.55	21.46	21.46	0.53	0.60
2	1.90	2.47	20.84	20.84	19.86	41.32	0.36	0.40
3	1.70	2.27	18.65	18.65	18.25	59.57	0.40	0.50
4	1.50	2.07	16.45	16.45	16.64	76.21	0.46	0.50
5	1.30	1.87	14.26	14.26	15.03	91.24	0.53	0.60
6	1.10	1.67	12.07	12.07	13.42	104.66	0.62	0.70
7	0.90	1.47	9.87	9.87	11.82	116.48	0.76	0.80
8	0.70	1.27	7.68	7.68	10.21	126.69	0.98	1.00
9	0.50	1.07	5.48	5.48	8.60	135.29	1.37	1.40
10	0.30	0.87	3.29	3.29	6.99	142.28	2.29	2.30
11	0.10	0.67	1.10	1.10	5.39	147.67	6.87	6.90

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Le dengan Radius Terjauh 5

Jumlah	Hi	Ti	$\tau_1$	$\tau_2$	Mgeotxtile	$\Sigma$ Mgeotextile	Le	Le Pakai
n	m	m	Kn/m <sup>2</sup>	kn/m <sup>2</sup>	KNm	KNm	m	m
1	2.1	4.11	23.036	5.552	33.0388406	33.03884058	0.527217	0.6
2	1.9	3.91	20.842	20.842	31.43111111	64.46995169	0.361583	0.4
3	1.7	3.71	18.648	18.648	29.8233816	94.29333333	0.404122	0.5
4	1.5	3.51	16.454	16.454	28.2156522	122.5089855	0.458005	0.5
5	1.3	3.31	14.261	14.261	26.6079227	149.1169082	0.528467	0.6
6	1.1	3.11	12.067	12.067	25.0001932	174.1171014	0.624552	0.7
7	0.9	2.91	9.873	9.873	23.3924638	197.5095652	0.763341	0.8
8	0.7	2.71	7.679	7.679	21.7847343	219.2942995	0.981439	1
9	0.5	2.51	5.485	5.485	20.1770048	239.4713043	1.374014	1.4
10	0.3	2.31	3.291	3.291	18.5692754	258.0405797	2.290024	2.3
11	0.1	2.11	1.097	1.097	16.9615459	275.0021256	6.870072	6.9

**Lampiran 18**  
Rekapitulasi Perhitungan Panjang Geotextile

Tabel 1. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan SF terkecil 1

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.50	1.00	6.10	14.00
2	0.40	4.30	1.00	5.70	12.00
3	0.40	4.20	1.00	5.60	12.00
4	0.50	4.00	1.00	5.50	12.00
5	0.60	3.80	1.00	5.40	12.00
6	0.70	3.60	1.00	5.30	12.00
7	0.80	3.30	1.00	5.10	12.00
8	1.00	3.10	1.00	5.10	12.00
9	1.30	2.80	1.00	5.10	12.00
10	2.10	2.60	1.00	5.70	12.00
11	5.40	2.30	1.00	8.70	18.00

Tabel 2. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan radius terjauh 1

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.30	1.00	5.90	12.00
2	0.40	4.20	1.00	5.60	12.00
3	0.40	4.00	1.00	5.40	12.00
4	0.50	0.00	1.00	1.50	4.00
5	0.60	0.00	1.00	1.60	4.00
6	0.70	0.00	1.00	1.70	4.00
7	0.80	0.00	1.00	1.80	4.00



Tabel 3. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan SF terkecil 2

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.50	1.00	6.10	14.00
2	0.40	4.30	1.00	5.70	12.00
3	0.50	4.20	1.00	5.70	12.00
4	0.50	4.00	1.00	5.50	12.00
5	0.60	3.80	1.00	5.40	12.00
6	0.70	3.80	1.00	5.50	12.00
7	0.80	3.30	1.00	5.10	12.00
8	1.00	3.10	1.00	5.10	12.00
9	1.40	2.90	1.00	5.30	12.00
10	2.30	2.60	1.00	5.90	12.00

Tabel 4. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan Radius Terjauh 2

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.40	1.00	6.00	12.00
2	0.40	4.20	1.00	5.60	12.00
3	0.50	4.10	1.00	5.60	12.00
4	0.50	3.90	1.00	5.40	12.00
5	0.60	3.70	1.00	5.30	12.00
6	0.70	3.50	1.00	5.20	12.00
7	0.80	3.30	1.00	5.10	12.00
8	1.00	3.10	1.00	5.10	12.00
9	1.40	2.80	1.00	5.20	12.00

Tabel 5. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan SF terkecil 3

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.40	1.00	6.00	12.00
2	0.40	4.30	1.00	5.70	12.00
3	0.50	4.10	1.00	5.60	12.00
4	0.50	3.90	1.00	5.40	12.00
5	0.60	3.70	1.00	5.30	12.00
6	0.70	3.50	1.00	5.20	12.00
7	0.80	3.30	1.00	5.10	12.00
8	1.00	3.10	1.00	5.10	12.00
9	1.40	2.90	1.00	5.30	12.00

Tabel 6. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan Radius terjauh 3

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.30	1.00	5.90	12.00
2	0.40	4.20	1.00	5.60	12.00
3	0.50	4.00	1.00	5.50	12.00
4	0.50	3.80	1.00	5.30	12.00
5	0.60	3.70	1.00	5.30	12.00
6	0.70	3.50	1.00	5.20	12.00
7	0.80	3.30	1.00	5.10	12.00

Tabel 7. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan SF terkecil 4

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.50	1.00	6.10	14.00
2	0.40	4.30	1.00	5.70	12.00
3	0.50	4.20	1.00	5.70	12.00
4	0.50	4.00	1.00	5.50	12.00
5	0.60	3.80	1.00	5.40	12.00
6	0.70	3.60	1.00	5.30	12.00
7	0.80	3.30	1.00	5.10	12.00
8	1.00	3.10	1.00	5.10	12.00
9	1.40	2.90	1.00	5.30	12.00
10	2.30	2.60	1.00	5.90	12.00
11	6.90	2.30	1.00	10.20	22.00

Tabel 8. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan Radius terjauh 4

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.40	1.00	6.00	12.00
2	0.40	4.20	1.00	5.60	12.00
3	0.50	4.10	1.00	5.60	12.00
4	0.50	3.90	1.00	5.40	12.00
5	0.60	3.70	1.00	5.30	12.00
6	0.70	3.50	1.00	5.20	12.00
7	0.80	3.30	1.00	5.10	12.00
8	1.00	3.10	1.00	5.10	12.00
9	1.40	2.80	1.00	5.20	12.00

Tabel 9. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan SF terkecil 5

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.50	1.00	6.10	14.00
2	0.40	4.30	2.00	6.70	14.00
3	0.50	4.10	3.00	7.60	16.00
4	0.50	4.00	4.00	8.50	18.00
5	0.60	3.80	5.00	9.40	20.00
6	0.70	3.60	6.00	10.30	22.00
7	0.80	3.30	7.00	11.10	24.00
8	1.00	3.10	8.00	12.10	26.00
9	1.40	3.10	9.00	13.50	28.00
10	2.30	2.90	10.00	15.20	32.00
11	6.90	2.30	11.00	20.20	42.00

Tabel 10. Rekapitulasi Panjang Geotextile dengan Radius terjauh 5

Total Panjang Geotextile					
n	Le	Ld	Lo	Ltotal	Lpakai
1	0.60	4.30	1.00	5.90	12.00
2	0.40	4.10	1.00	5.50	11.00
3	0.50	4.00	1.00	5.50	11.00
4	0.50	3.80	1.00	5.30	10.60
5	0.60	3.70	1.00	5.30	10.60
6	0.70	3.50	1.00	5.20	10.40



## Lampiran 19

Rekapitulasi perhitungan Bertahap pada tanah terstabilisasi kapur

Tabel 1. Perhitungan Bertahap 1 Pada Stabilisasi Kapur

Kedalaman	z (m)	$\sigma'o$	$\sigma'c$	$q_0$	$2\Delta\sigma$	$2\Delta\sigma + \sigma'o$		$Sc$	
0	- 1	0.5	0.392	1.892	0.950	0.950	1.342	Rumus 1	0.00137
1	- 2	1	1.904	3.404	0.950	0.950	2.854	Rumus 1	0.00609
2	- 3	1.5	3.335	4.835	0.950	0.950	4.285	Rumus 1	0.00377
3	- 4	2	4.765	6.265	0.950	0.950	5.715	Rumus 1	0.00274
4	- 5	2.5	6.195	7.695	0.950	0.950	7.145	Rumus 1	0.00215
5	- 6	3	7.626	9.126	0.950	0.950	8.575	Rumus 1	0.00177
6	- 7	3.5	9.056	10.556	0.950	0.949	10.005	Rumus 1	0.00150
7	- 8	4	10.486	11.986	0.950	0.949	11.435	Rumus 1	0.00128
8	- 9	4.5	11.917	13.417	0.950	0.949	12.865	Rumus 1	0.00113
9	- 10	5	13.347	14.847	0.950	0.948	14.295	Rumus 1	0.00101
10	- 11	5.5	14.777	16.277	0.950	0.947	15.725	Rumus 1	0.00092
11	- 12	6	16.208	17.708	0.950	0.947	17.154	Rumus 1	0.00084
12	- 13	6.5	17.638	19.138	0.950	0.946	18.584	Rumus 1	0.00077
13	- 14	7	19.091	20.591	0.950	0.945	20.036	Rumus 1	0.00068
14	- 15	7.5	20.557	22.057	0.950	0.944	21.500	Rumus 1	0.00064
15	- 16	8	22.022	23.522	0.950	0.942	22.964	Rumus 1	0.00059
16	- 17	8.5	23.487	24.987	0.950	0.941	24.428	Rumus 1	0.00056
17	- 18	9	25.047	26.547	0.950	0.939	25.987	Rumus 1	0.00050
18	- 19	9	26.655	28.155	0.950	0.939	27.594	Rumus 1	0.00047
								Sc Kum =	0.02876

Tabel 2. Perhitungan Bertahap 2

Kedalaman			z (m)	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	q0	$2\Delta\sigma$	$2\Delta\sigma + \sigma'_o$		Sc
0	-	1	1	0.784	2.284	1.900	1.900	2.684	Rumus 2	0.00209
1	-	2	1	2.188	3.688	1.900	1.900	4.088	Rumus 2	0.01561
2	-	3	1.5	3.429	4.929	1.900	1.900	5.329	Rumus 2	0.01134
3	-	4	2	4.669	6.169	1.900	1.900	6.569	Rumus 2	0.00892
4	-	5	2.5	5.910	7.410	1.900	1.899	7.809	Rumus 2	0.00736
5	-	6	3	7.150	8.650	1.900	1.899	9.049	Rumus 2	0.00626
6	-	7	3.5	8.390	9.890	1.900	1.899	10.289	Rumus 2	0.00533
7	-	8	4	9.631	11.131	1.900	1.898	11.529	Rumus 2	0.00472
8	-	9	4.5	10.871	12.371	1.900	1.897	12.768	Rumus 2	0.00423
9	-	10	5	12.112	13.612	1.900	1.896	14.008	Rumus 2	0.00383
10	-	11	5.5	13.352	14.852	1.900	1.895	15.247	Rumus 2	0.00350
11	-	12	6	14.593	16.093	1.900	1.893	16.486	Rumus 2	0.00322
12	-	13	6.5	15.856	17.356	1.900	1.891	17.748	Rumus 2	0.00286
13	-	14	7	17.143	18.643	1.900	1.889	19.032	Rumus 2	0.00265
14	-	15	7.5	18.430	19.930	1.900	1.887	20.317	Rumus 2	0.00247
15	-	16	8	19.717	21.217	1.900	1.884	21.601	Rumus 2	0.00231
16	-	17	8.5	21.099	22.599	1.900	1.881	22.980	Rumus 2	0.00205
17	-	18	9	22.576	24.076	1.900	1.878	24.454	Rumus 2	0.00191
18	-	19	9	23.315	23.315	1.900	1.878	25.193	Rumus 2	0.00000
									Sc Kum =	0.09069

Tabel 3. Perhitungan Bertahap 3

Kedalaman			z (m)	$\sigma'o$	$\sigma'c$	q0	$2\Delta\sigma$	$2\Delta\sigma+\sigma'o$		Sc
0	-	1	0.3	0.235	1.735	2.850	2.850	3.085	Rumus 2	0.00543
1	-	2	1	1.791	3.291	2.850	2.850	4.641	Rumus 2	0.03504
2	-	3	1.5	3.297	4.797	2.850	2.850	6.147	Rumus 2	0.02431
3	-	4	2	4.803	6.303	2.850	2.850	7.653	Rumus 2	0.01870
4	-	5	2.5	6.309	7.809	2.850	2.849	9.159	Rumus 2	0.01521
5	-	6	3	7.816	9.316	2.850	2.849	10.664	Rumus 2	0.01282
6	-	7	3.5	9.322	10.822	2.850	2.848	12.170	Rumus 2	0.01084
7	-	8	4	10.828	12.328	2.850	2.847	13.675	Rumus 2	0.00955
8	-	9	4.5	12.335	13.835	2.850	2.845	15.180	Rumus 2	0.00853
9	-	10	5	13.841	15.341	2.850	2.844	16.685	Rumus 2	0.00770
10	-	11	5.5	15.347	16.847	2.850	2.842	18.189	Rumus 2	0.00702
11	-	12	6	16.854	18.354	2.850	2.839	19.693	Rumus 2	0.00644
12	-	13	6.5	18.383	19.883	2.850	2.836	21.219	Rumus 2	0.00572
13	-	14	7	19.920	21.420	2.850	2.833	22.753	Rumus 2	0.00531
14	-	15	7.5	21.456	22.956	2.850	2.829	24.285	Rumus 2	0.00495
15	-	16	8	22.993	24.493	2.850	2.825	25.818	Rumus 2	0.00463
16	-	17	8.5	24.624	26.124	2.850	2.821	27.445	Rumus 2	0.00411
17	-	18	9	26.284	27.784	2.850	2.816	29.100	Rumus 2	0.00386
18	-	19	9	26.506	26.506	2.850	2.816	29.321	Rumus 2	0.00000
										0.19020

Tabel 4. Perhitungan Bertahap 4

Kedalaman			z (m)	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	q0	$2\Delta\sigma$	$2\Delta\sigma+\sigma'_o$		Sc
0	-	1	0.3	0.235	1.735	3.800	3.800	4.035	Rumus 2	0.00693
1	-	2	1	1.791	3.291	3.800	3.800	5.591	Rumus 2	0.04907
2	-	3	1.5	3.297	4.797	3.800	3.800	7.097	Rumus 2	0.03513
3	-	4	2	4.803	6.303	3.800	3.799	8.603	Rumus 2	0.02751
4	-	5	2.5	6.309	7.809	3.800	3.799	10.108	Rumus 2	0.02264
5	-	6	3	7.816	9.316	3.800	3.798	11.614	Rumus 2	0.01924
6	-	7	3.5	9.322	10.822	3.800	3.797	13.119	Rumus 2	0.01638
7	-	8	4	10.828	12.328	3.800	3.795	14.624	Rumus 2	0.01449
8	-	9	4.5	12.335	13.835	3.800	3.793	16.128	Rumus 2	0.01299
9	-	10	5	13.841	15.341	3.800	3.791	17.632	Rumus 2	0.01177
10	-	11	5.5	15.347	16.847	3.800	3.788	19.135	Rumus 2	0.01076
11	-	12	6	16.854	18.354	3.800	3.785	20.638	Rumus 2	0.00990
12	-	13	6.5	18.383	19.883	3.800	3.781	22.164	Rumus 2	0.00881
13	-	14	7	19.920	21.420	3.800	3.776	23.696	Rumus 2	0.00819
14	-	15	7.5	21.456	22.956	3.800	3.771	25.227	Rumus 2	0.00765
15	-	16	8	22.993	24.493	3.800	3.766	26.758	Rumus 2	0.00717
16	-	17	8.5	24.624	26.124	3.800	3.759	28.383	Rumus 2	0.00638
17	-	18	9	26.284	27.784	3.800	3.752	30.036	Rumus 2	0.00599
18	-	19	9	26.506	26.506	3.800	3.752	30.258	Rumus 2	0.00000
									sc kum =	0.28099

## Lampiran 20

Rekapitulasi Perubahan Tegangan pada tanah terstabilisasi kapur

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Tahap 1 pada Stabilisasi Kapur

Kedalaman			$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$
			0%	6.82%	5.91%	4.82%	3.41%	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	0.39	0.03	0.07	0.10		0.21
1	-	2	2.07	0.05	0.09	0.11		0.25
2	-	3	3.74	0.06	0.10	0.12		0.27
3	-	4	5.42	0.06	0.10	0.12		0.28
4	-	5	7.10	0.06	0.10	0.12		0.28
5	-	6	8.77	0.06	0.10	0.12		0.29
6	-	7	10.45	0.06	0.10	0.13		0.29
7	-	8	12.12	0.06	0.11	0.13		0.29
8	-	9	13.66	0.06	0.11	0.13		0.30
9	-	10	15.12	0.06	0.11	0.13		0.30
10	-	11	16.59	0.06	0.11	0.13		0.30
11	-	12	18.06	0.06	0.11	0.13		0.30
12	-	13	19.52	0.06	0.11	0.13		0.30
13	-	14	20.99	0.06	0.11	0.13		0.30
14	-	15	22.45	0.06	0.11	0.13		0.30
15	-	16	23.92	0.06	0.11	0.13		0.30
16	-	17	25.48	0.06	0.11	0.13		0.30
17	-	18	27.08	0.06	0.11	0.13		0.30
18	-	19	28.69	0.06	0.11	0.13		0.30

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Tahap 2

Kedalaman			$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$
			0%	6.82%	5.91%	4.82%	3.41%	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	0.39	0.03	0.07			0.11
1	-	2	2.07	0.05	0.09			0.14
2	-	3	3.74	0.06	0.10			0.15
3	-	4	5.42	0.06	0.10			0.16
4	-	5	7.10	0.06	0.10			0.16
5	-	6	8.77	0.06	0.10			0.16
6	-	7	10.45	0.06	0.10			0.17
7	-	8	12.12	0.06	0.11			0.17
8	-	9	13.66	0.06	0.11			0.17
9	-	10	15.12	0.06	0.11			0.17
10	-	11	16.59	0.06	0.11			0.17
11	-	12	18.06	0.06	0.11			0.17
12	-	13	19.52	0.06	0.11			0.17
13	-	14	20.99	0.06	0.11			0.17
14	-	15	22.45	0.06	0.11			0.17
15	-	16	23.92	0.06	0.11			0.17
16	-	17	25.48	0.06	0.11			0.17
17	-	18	27.08	0.06	0.11			0.17
18	-	19	28.69	0.06	0.11			0.17

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Tahap 3

Kedalaman			$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$
			0%	7%	6%	5%	3%	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	0.39	0.03				0.03
1	-	2	2.07	0.05				0.05
2	-	3	3.74	0.06				0.06
3	-	4	5.42	0.06				0.06
4	-	5	7.10	0.06				0.06
5	-	6	8.77	0.06				0.06
6	-	7	10.45	0.06				0.06
7	-	8	12.12	0.06				0.06
8	-	9	13.66	0.06				0.06
9	-	10	15.12	0.06				0.06
10	-	11	16.59	0.06				0.06
11	-	12	18.06	0.06				0.06
12	-	13	19.52	0.06				0.06
13	-	14	20.99	0.06				0.06
14	-	15	22.45	0.06				0.06
15	-	16	23.92	0.06				0.06
16	-	17	25.48	0.06				0.06
17	-	18	27.08	0.06				0.06
18	-	19	28.69	0.06				0.06

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Tahap 4

Kedalaman			$\sigma'_o$	$2\Delta\sigma_1$	$2\Delta\sigma_2$	$2\Delta\sigma_3$	$2\Delta\sigma_4$	$\Sigma\sigma'$
			0%	7%	6%	5%	3%	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	39%					0.00
1	-	2	207%					0.00
2	-	3	374%					0.00
3	-	4	542%					0.00
4	-	5	710%					0.00
5	-	6	877%					0.00
6	-	7	1045%					0.00
7	-	8	1212%					0.00
8	-	9	1366%					0.00
9	-	10	1512%					0.00
10	-	11	1659%					0.00
11	-	12	1806%					0.00
12	-	13	1952%					0.00
13	-	14	2099%					0.00
14	-	15	2245%					0.00
15	-	16	2392%					0.00
16	-	17	2548%					0.00
17	-	18	2708%					0.00
18	-	19	2869%					0.00



### *Lampiran 21*

## Rekapitulasi Peningkatan Harga Cu pada Stabilisasi Kapur

Tabel 1. Peningkatan Harga Cu Tahap 1

Cu Lama kPa	Cu Lama (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$	Cu baru t/m <sup>2</sup>	Cu baru		Cu Transisi
				kPa	kPa	kPa
73.00	7.30	0.008	7.308	73.080	73.08	36.54
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001	5.00	2.50
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.002		
5.00	0.50	0.001	0.501	5.006	5.01	2.50
5.00	0.50	0.001	0.501	5.006		
5.00	0.50	0.001	0.501	5.006		
5.00	0.50	0.001	0.501	5.006		
5.00	0.50	0.001	0.501	5.007		
11.93	1.19	0.001	1.194	11.939	11.94	5.97
11.93	1.19	0.001	1.194	11.939		
11.93	1.19	0.001	1.194	11.939		
11.93	1.19	0.001	1.194	11.939		
24.76	2.48	0.002	2.478	24.781	24.78	12.39
24.76	2.48	0.002	2.478	24.781		
24.76	2.48	0.002	2.478	24.781		
24.76	2.48	0.002	2.478	24.781		

Tabel 2. Peningkatan Harga Cu Tahap 2

Cu Lama kPa	Cu Lama (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$	Cu baru t/m <sup>2</sup>	Cu baru kPa		Cu Transisi kPa
73.00	7.30	0.004	7.304	73.041	73.04	36.52
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	5.00	2.50
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.004	5.00	2.50
5.00	0.50	0.000	0.500	5.004		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.004		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.004		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.004		
11.93	1.19	0.001	1.193	11.935	11.93	5.97
11.93	1.19	0.001	1.193	11.935		
11.93	1.19	0.001	1.193	11.935		
11.93	1.19	0.001	1.193	11.935		
24.76	2.48	0.001	2.477	24.774	24.77	12.39
24.76	2.48	0.001	2.477	24.774		
24.76	2.48	0.001	2.477	24.774		
24.76	2.48	0.001	2.477	24.774		

Tabel 3. Peningkatan Harga Cu Tahap 3

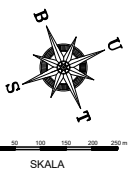
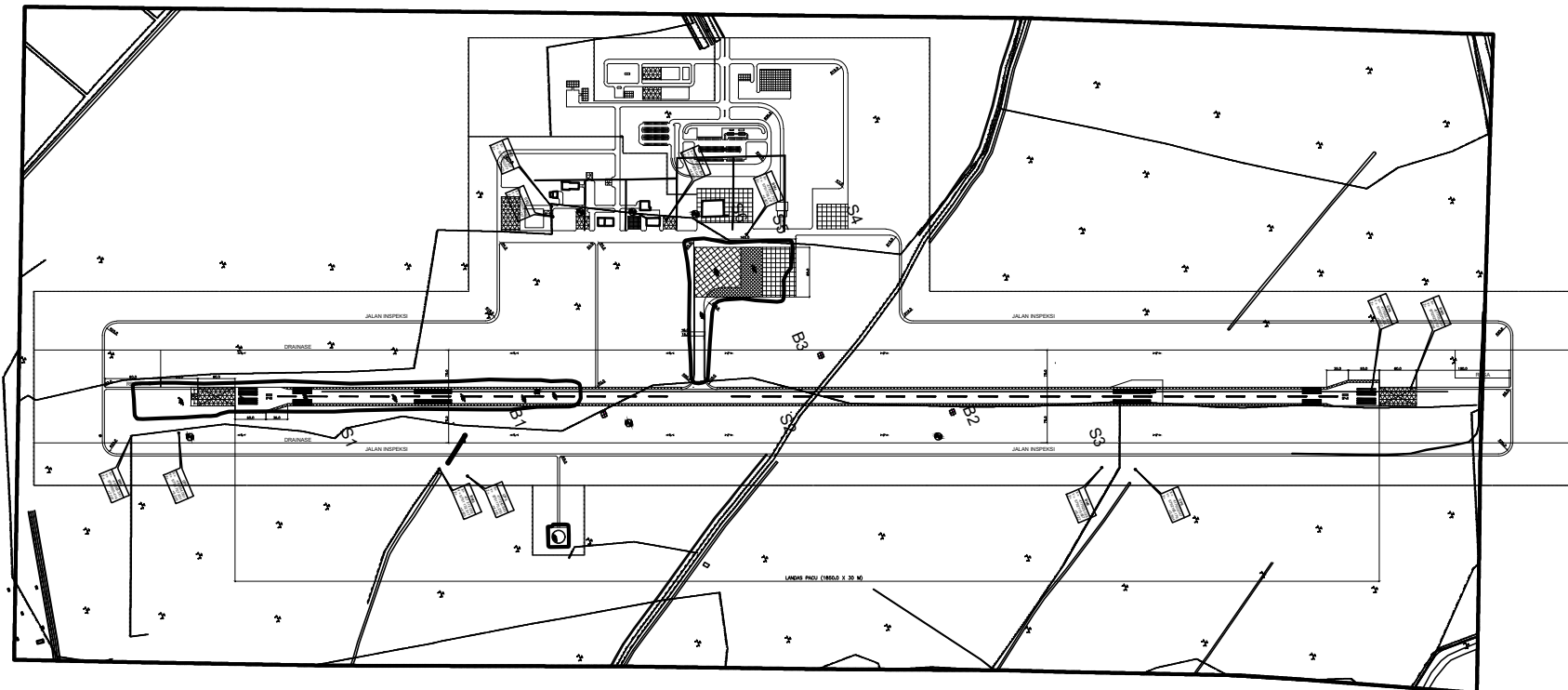
Cu Lama	Cu Lama	$\Delta\sigma$	Cu baru	Cu baru		Cu Transisi
kPa	(t/m <sup>2</sup> )		t/m <sup>2</sup>	kPa	kPa	kPa
73.00	7.30	0.001	7.301	73.013	73.01	36.51
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	5.00	2.50
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001	5.00	2.50
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.001		
11.93	1.19	0.000	1.193	11.931	11.93	5.97
11.93	1.19	0.000	1.193	11.931		
11.93	1.19	0.000	1.193	11.931		
11.93	1.19	0.000	1.193	11.931		
24.76	2.48	0.000	2.477	24.768	24.77	12.38
24.76	2.48	0.000	2.477	24.768		
24.76	2.48	0.000	2.477	24.768		
24.76	2.48	0.000	2.477	24.768		

Tabel 4. Peningkatan Harga Cu Tahap 4

Cu Lama kPa	Cu Lama (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$	Cu baru t/m <sup>2</sup>	Cu baru kPa		Cu Transisi kPa
73.00	7.30	0.000	7.300	73.000	73.00	36.50
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	5.00	2.50
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000	5.00	2.50
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
5.00	0.50	0.000	0.500	5.000		
11.93	1.19	0.000	1.193	11.929	11.93	5.96
11.93	1.19	0.000	1.193	11.929		
11.93	1.19	0.000	1.193	11.929		
11.93	1.19	0.000	1.193	11.929		
24.76	2.48	0.000	2.476	24.765	24.76	12.38
24.76	2.48	0.000	2.476	24.765		
24.76	2.48	0.000	2.476	24.765		
24.76	2.48	0.000	2.476	24.765		

Legenda

- : Jalan Raya
- : Saluran Air
- : Sungai
- : Plengsengan
- : Garis Cros.
- : Grid
- : BM
- : Bangunan
- ✱ : Semak-semak
- : Tiang Listrik
- : Sawah
- : Batas lahan



PEMERINTAN KABUPATEN PASER  
 DINAS PERHUBUNGAN  
 D.I Panjatan (Tapis) Tana Paser Kode Pos 76211  
 Telp/Fax : 3546-5235009, 0543-5235010  
 Email : perhubunganpaser@gmail.com

NAMA KEGIATAN

SURVEY TOPOGRAFI

NAMA PEKERJAAN

EVALUASI KAJIAN TEKNIS LANJUTAN PEMBANGUNAN  
 BANDAR UDARA KABUPATEN PASER - KALTIM

LOKASI :

DESA RANTAU PANJANG

KECAMATAN TANAH GROGOT

KABUPATEN TANAH PASER

MENGETAHUI / MENYETUJUI

DIPERIKSA

PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN

KONSULTAN PERENCANA :

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 BADAN PENGEMBANGAN DAN PENGELOLA USAHA (BPPU)  
 Kampus ITS Sukolilo - Surabaya, 60111

DIREKTUR UTAMA

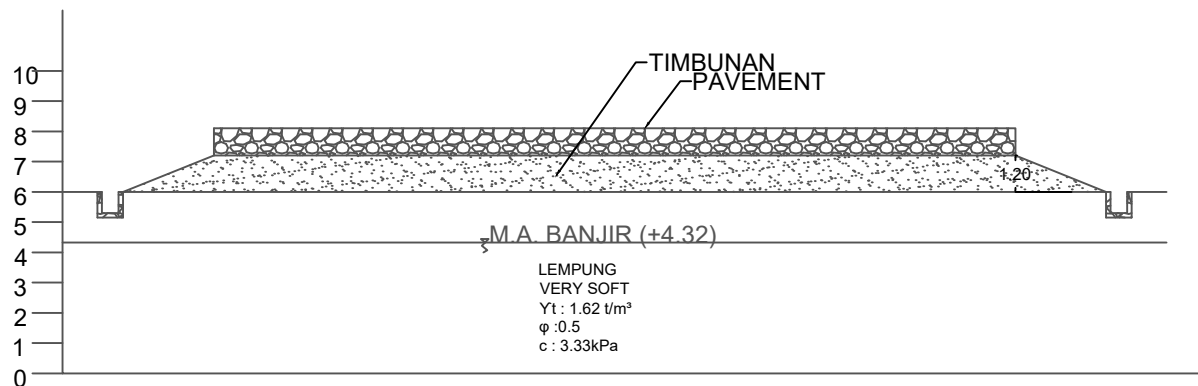
LBR	JUDUL GAMBAR	SKALA
	PETA TOPOGRAFI	1 : 1000

KODE	JML LBR	NO LBR
	1	1

LBR	REVISI GAMBAR	TTD

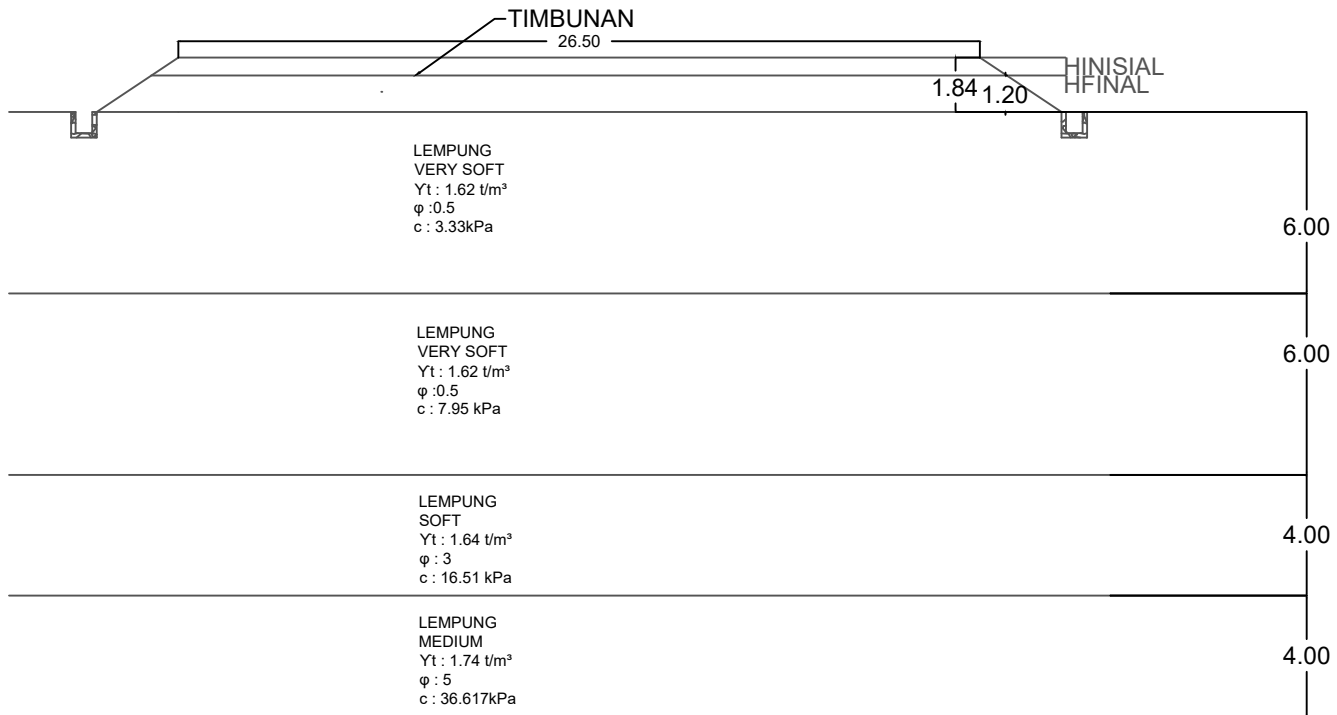
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

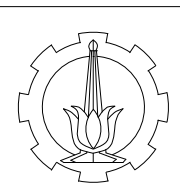


TIMBUNAN RENCANA  
1:250

	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NO.LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
		TUGAS AKHIR	1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT 2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST., MT	ANISAH NABILAH SALEH 03111640000136	1	7

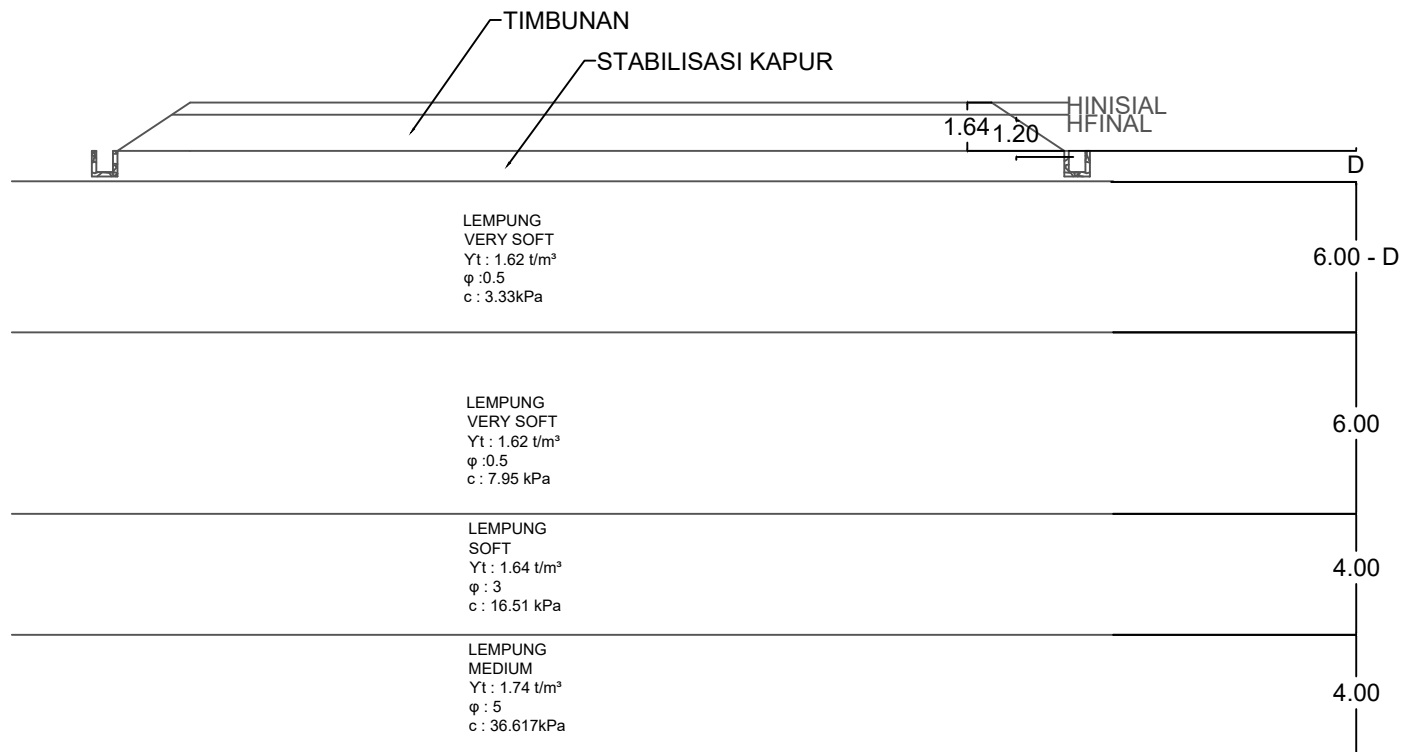


TINGGI TIMBUNAN RENCANA PADA PVD DAN GEOTEXTILE  
1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NO.LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
TUGAS AKHIR	1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT 2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST., MT	ANISAH NABILAH SALEH 03111640000136	2	7



TINGGI TIMBUNAN RENCANA PADA  
STABILISASI KAPUR DAN GEOTEXTILE  
1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA & NRP MAHASISWA

NO.LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

TUGAS AKHIR

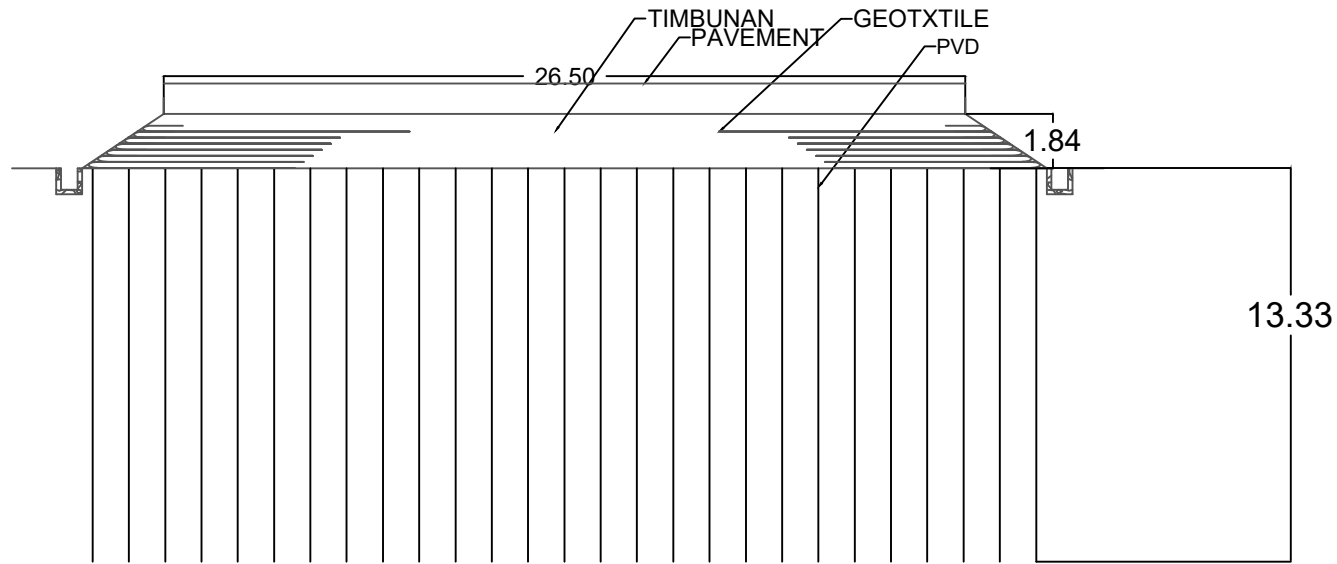
1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT  
2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST., MT

ANISAH NABILAH SALEH  
03111640000136

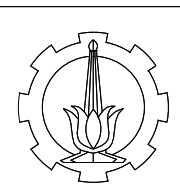
3

7





RENCANA PVD DAN GEOTEXTILE  
1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA & NRP MAHASISWA

NO.LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

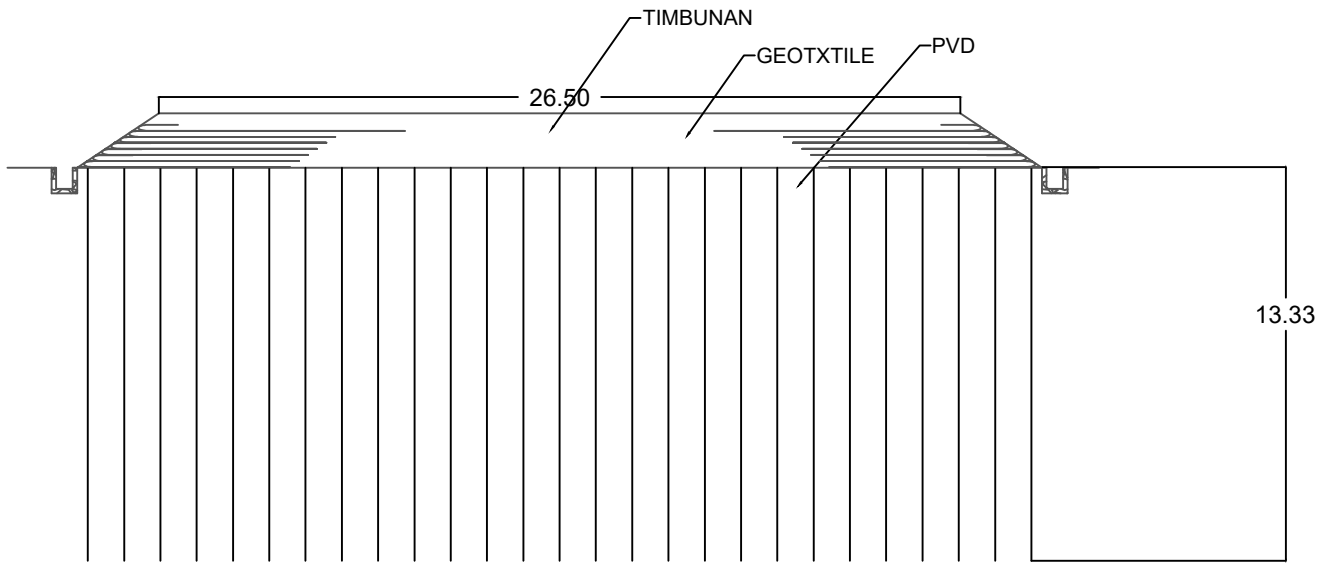
TUGAS AKHIR

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT  
2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST., MT

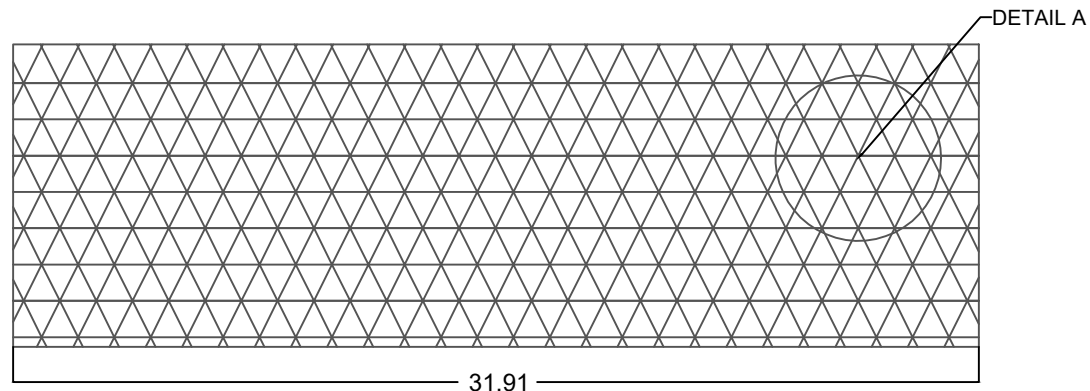
ANISAH NABILAH SALEH  
03111640000136

4

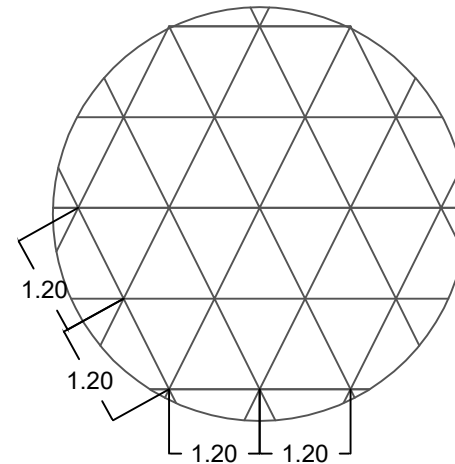
7



TAMPAK SAMPING PERENCANAAN PVD  
1:250



TAMPAK ATAS PERENCANAAN PVD  
1:250



DETAIL A  
1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA & NRP MAHASISWA

NO.LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

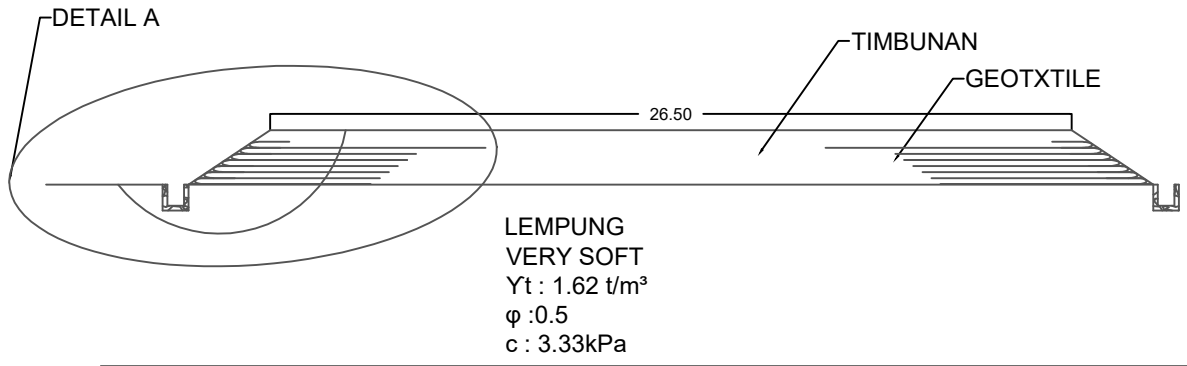
TUGAS AKHIR

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT  
2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST., MT

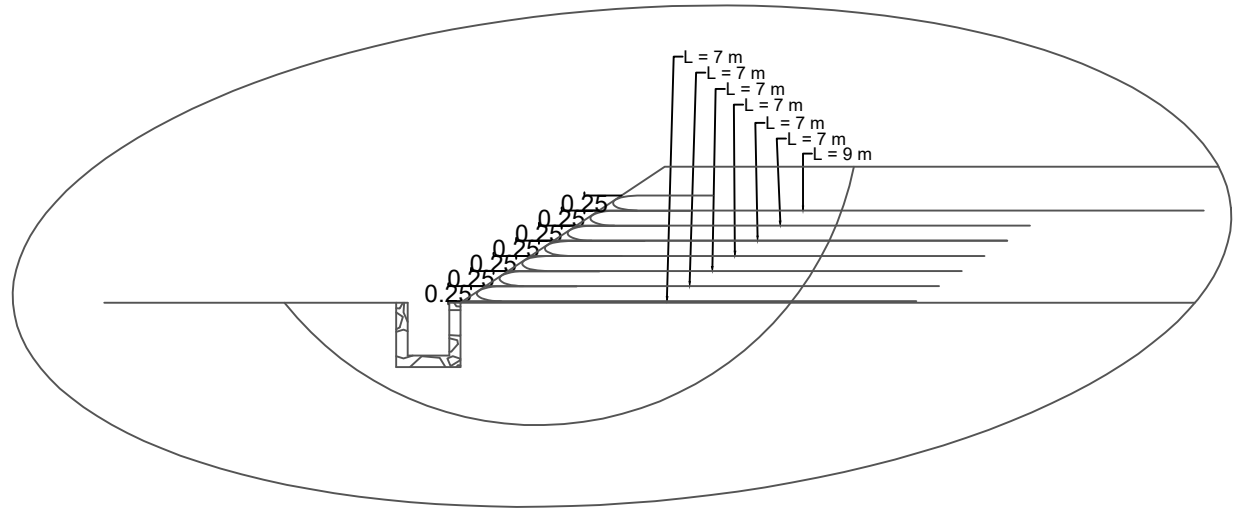
ANISAH NABILAH SALEH  
03111640000136

5

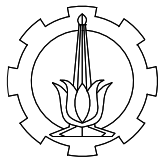
7



TAMPAK SAMPING PERENCANAAN GEOTEXTILE  
1:250



DETAIL A  
1:100



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA & NRP MAHASISWA

NO.LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

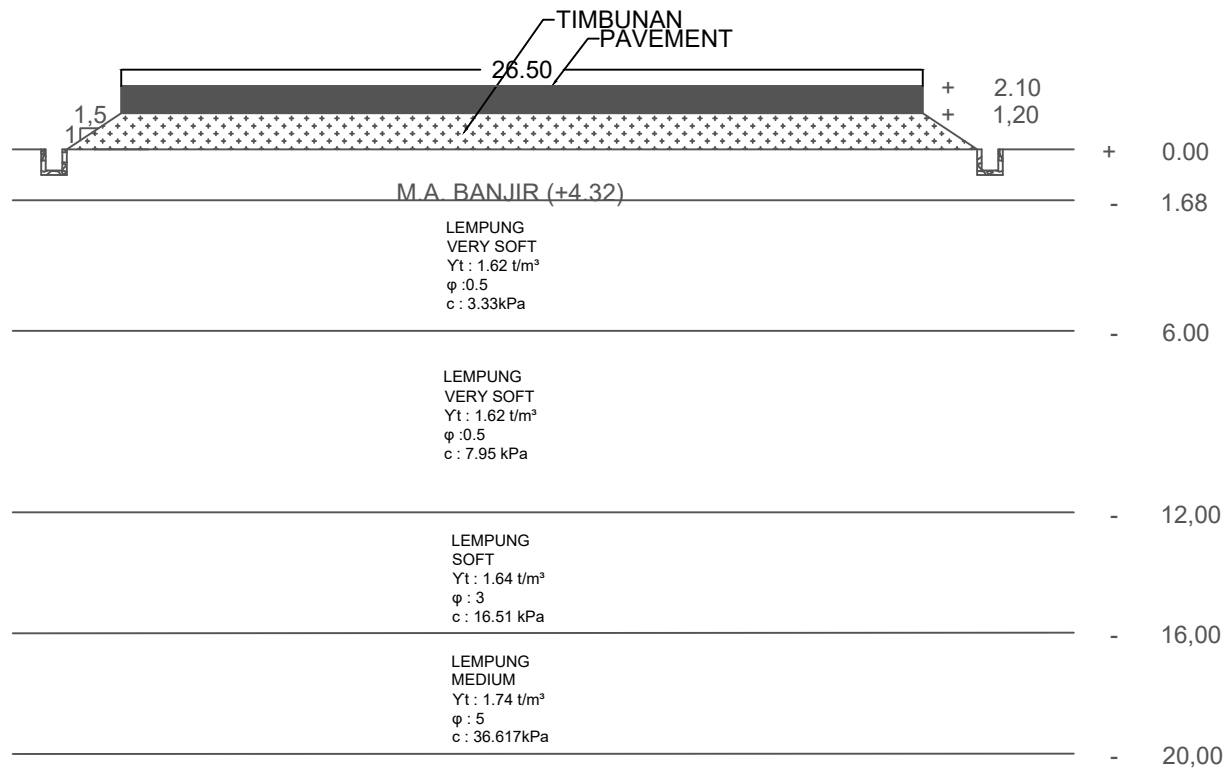
TUGAS AKHIR

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT  
2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST., MT

ANISAH NABILAH SALEH  
03111640000136

6

7



TIMBUNAN RENCANA  
1:250



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA & NRP MAHASISWA

NO.LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

TUGAS AKHIR

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT  
2. Dr. Trihanyndio Rendy S., ST., MT

ANISAH NABILAH SALEH  
03111640000136

7

7