



TUGAS AKHIR (RC-184803)

**ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN
PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR (STA 12+434
s/d STA 12+684)**

ALAM MAULANA
NRP: 03111745000002

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

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



TUGAS AKHIR (RC-184803)

**ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN
PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR (STA 12+434
s/d STA 12+684)**

ALAM MAULANA
NRP: 03111745000002

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

Dosen Pembimbing II
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019



FINAL PROJECT (RC-184803)

**ALTERNATIVE DESIGN OF EMBANKMENTS AND
SOIL GROUND IMPROVEMENT ON KRIAN-
LEGUNDI-BUNDER-MANYAR TOLL ROAD (STA
12+434 s/d STA 12+684)**

ALAM MAULANA
NRP: 03111745000002

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

Supervisor II
Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Environment, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2019

**ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN
PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR
(STA 12+434 s/d STA 12+684)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

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

Oleh :

ALAM MAULANA

NRP. 03111745000002

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

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

2. Putu Tantri Kumala Sari, ST., M.Eng.



Surabaya
Juli, 2019

**ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN
PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KRIAN-
LEGUNDI-BUNDER-MANYAR
(STA 12+434 s/d STA 12+684)**

Nama Mahasiswa : Alam Maulana
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK – ITS
Nomor Mahasiswa : 0311174500002
Dosen Pembimbing : 1. Prof.Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST.,MT

ABSTRAK

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi terbesar di Indonesia. Hal ini ditunjukkan dengan laju pertumbuhan ekonomi Provinsi Jawa Timur pada triwulan III 2017 mencapai 5,21%. Hal ini tidak terlepas dari dua kota industri penting di Jawa Timur yakni Sidoarjo dan Gresik. Laju pertumbuhan ekonomi yang besar mengakibatkan kedua kota tersebut perlu akses jalan yang cepat dan saling terintegrasi. Pemerintah sudah merencanakan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (KLBM) sepanjang 38,29 km sebagai solusi untuk mengurangi kemacetan serta mempermudah akses kedua kawasan industri tersebut.

Pada seksi II pengerjaan tol tersebut, tepatnya pada STA 12+434 s/d STA 12+684 akan dibangun jembatan yang melewati jalan raya yang menghubungkan Desa Katimoho barat dengan timur. Pada awalnya oprit jembatan direncanakan menggunakan pile slab dikarenakan kedalaman tanah lunak yang mencapai 14 meter. Tanah lunak yang relatif dalam dikhawatirkan akan mengakibatkan penurunan tidak seragam yang besar dan dapat mengganggu pengerjaan proyek jalan tol KLBM ini. Namun penggunaan pile slab dirasa kurang efektif mengingat harganya yang sangat mahal. Oleh sebab itu perlu direncanakan alternatif timbunan yang murah, aman terhadap longsor, dan penurunan tidak seragam yang dapat dikendalikan.

Pada penulisan tugas akhir ini akan memodifikasi desain awal oprit jembatan yang awalnya dengan konstruksi pile slab, dirubah menjadi timbunan tanah atau EPS geofom. Pemilihan material timbunan tanah ditinjau dari segi ekonomi dan ketersediaan material dilapangan. Namun penggunaan timbunan tanah dapat mengakibatkan penurunan tanah dasar akibat beban timbunan yang relatif berat. Untuk mengendalikan penurunan yang terjadi pada tanah dasar, maka pada timbunan tanah digunakan prefabricated vertical drain (PVD) untuk mempercepat penurunan yang terjadi. Dalam perencanaan timbunan tanah juga akan digunakan perkuatan berupa geotextile dan encapsulated stone column (ESC). Sedangkan untuk timbunan EPS geofom dipilih karena material tersebut lebih ringan daripada tanah ($\pm 1\%$ berat tanah), berat jenis yang ringan dapat mengurangi penurunan tanah dasar yang terjadi sehingga tidak memerlukan tambahan perkuatan.

Hasil dari perencanaan dan perhitungan biaya didapatkan alternatif yang paling efisien adalah menggunakan timbunan tanah dengan pemasangan PVD pola segitiga jarak 1,1 meter dan perkuatan timbunan berupa geotextile dengan kuat tarik 120 kN. Harga yang diperlukan untuk alternatif timbunan dan perbaikan tanah dasar tersebut sebesar 12,088 milyar rupiah.

Kata Kunci : Pile slab, EPS geofom, PVD, Geotextile, Encapsulated stone column, KLBM.

**ALTERNATIVE DESIGN OF EMBANKMENTS AND SOIL
GROUND IMPROVEMENT ON KRIAN-LEGUNDI-
BUNDER-MANYAR TOLL ROAD
(STA 12+434 s/d STA 12+684)**

Name : Alam Maulana
Department : Civil Engineering FTSLK – ITS
Student ID Number : 0311174500002
Supervisor : 1. Prof.Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST.,MT

ABSTRACT

East Java is one of the largest provinces in Indonesia. It is shown by the rate of economic growth of East Java in the third quarter of 2017 reaching 5,21%. This is inseparable from two important industrial cities in East Java, Sidoarjo and Gresik. The rapid rate of economic growth resulted in the two cities needing interconnected road access. The government has planned a 38,29 km Krian-Legundi-Bunder-Manyar toll road as a solution to reduce traffic jam and facilitate access to both industrial estates.

In section II of the toll road construction, at STA 12+434 up to STA 12+684 a bridge will be built that crosses the highway that connects Katimoho village. The approach bridge was planned to use pile slab due to the soft soil depth reaching 14 meters. Soft soil relatively deep is feared to differential settlement and could disrupt the construction of the KLBM toll road. However, use of pile slabs is considered to be less effective because the price is very expensive. Therefore, it is necessary to plan alternative embankments low cost, safe to sliding, and differential settlement can be controlled.

In this final assignment, the author will modify the initial design of the approach bridge which was initially constructed by the pile slab, converted into soil embankment or geofam EPS. The selection of soil embankment material in terms of economy and availability of material in the field. However, the use of

embankment can result a settlement in subgrade due to the relatively heavy load of embankment. To control the settlement that occurs in subgrade, prefabricated vertical drain (PVD) is used to accelerate the settlement. In the design of soil embankment, a geotextile and encapsulated stone column (ESC) will also be used. Whereas for geofom EPS embankment are chosen because the material is lighter than the soil ($\pm 1\%$ of the weight of the soil), a light density can reduce the subgrade degradation that occurs so that it does not require additional reinforcement.

The results of the design and calculation of costs obtained the most efficient alternative was to use landfill with the installation of PVD triangular patterns of 1,1 meters distance and reinforcement of embankments in the form of geotextile with tensile strength of 120 kN. The cost needed for alternative embankments and repairs to the subgrade is 12,088 billion rupiah.

Keyword : Pile slab, EPS geofom, PVD, Geotextile, Encapsulated stone column, KLBM.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena berkat, rahmat, dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Alternatif Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar pada Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (STA 12+434 s/d STA 12+684)” dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulis khususnya menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ayah, ibu, dan saudara atas doa serta dukungannya.
2. Ibu Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D dan Ibu Putu Tantri Kumala Sari, ST.,MT. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen pengajar dan staff di Departemen Teknik Sipil ITS atas bantuan dan ilmu-ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
4. Teman-teman S-1 Lintas Jalur 2017 Teknik Sipil ITS yang turut membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	10
1.3. Tujuan Penelitian.....	11
1.4. Batasan Masalah.....	12
1.5. Manfaat Penelitian	12
BAB II STUDI PUSTAKA.....	15
2.1. Tinjauan Umum.....	15
2.1.1. Jenis tanah	15
2.1.2. Perilaku tanah secara umum.....	16
2.2. Parameter Tanah.....	17
2.2.1. Stratigrafi tanah dan penentuan parameter tanah	17
2.2.2. Korelasi Parameter Tanah	20
2.3. Pemampatan Tanah.....	22
2.3.1. Pemampatan segera (<i>Immediate settlement</i>).....	22
2.3.2. Pemampatan konsolidasi primer (<i>Primary Consolidation</i>).....	24
2.3.3. Pemampatan konsolidasi sekunder (<i>Secondary Consolidation</i>).....	30
2.3.4. Waktu pemampatan konsolidasi.....	31
2.4. Stabilitas Lereng.....	33
2.4.1. Lereng menerus (<i>infinite slope</i>).....	33
2.4.2. Lereng tinggi terbatas (<i>finite slope</i>).....	35
2.5. Perbaikan Tanah dengan Timbunan (<i>Surcharge</i>).....	37
2.5.1. Perhitungan tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) dan timbunan akhir (H_{akhir}).....	38
2.5.2. Metode mempercepat pemampatan dengan PVD39	

2.5.3.	Pemampatan akibat beban bertahap.....	46
2.5.4.	Peningkatan daya dukung tanah akibat beban bertahap	48
2.6.	Alternatif Perencanaan Timbunan Tanah.....	50
2.6.1.	Perkuatan tanah dengan <i>geotextile</i>	50
2.6.2.	Perkuatan tanah dengan <i>encapsulated stone column</i>	56
2.7.	Alternatif Perencanaan Timbunan <i>Geofoam</i>	64
2.7.1.	Material <i>geofoam</i>	64
2.7.2.	Aplikasi EPS <i>geofoam</i>	66
2.7.3.	Perencanaan timbunan dengan <i>Geofoam</i>	67
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	79
3.1.	Bagan Alir	79
3.2.	Rincian Tahapan Perencanaan	81
BAB IV	ANALISA DATA TANAH DAN PERENCANAAN ..	85
4.1.	Data Tanah Dasar	85
4.1.1.	Korelasi nilai parameter tanah dasar.....	85
4.1.2.	Analisis parameter tanah metode Statistik.....	88
4.1.3.	Kondisi lapisan tanah di lokasi studi	90
4.2.	Data Tanah Timbunan.....	91
4.3.	Data Spesifikasi Bahan Untuk Perkuatan dan Perbaikan Tanah Dasar	93
BAB V	PERENCANAAN ALTERNATIF TIMBUNAN TANAH	95
5.1.	Perencanaan Tinggi Awal Timbunan Tanah	95
5.1.1.	Perhitungan tegangan <i>overburden</i> efektif dan prakonsolidasi efektif.....	95
5.1.2.	Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan dan perkerasan	97
5.2.	Waktu Pemampatan	107
5.3.	Perencanaan PVD.....	111
5.4.	Perhitungan Biaya PVD dan PHD.....	116
5.4.1.	Perhitungan biaya PVD	116
5.4.2.	Perhitungan biaya PHD	118

5.5. Penimbunan Bertahap	119
5.5.1. Perhitungan peningkatan <i>cohesion undrained</i> (Cu)	119
5.5.2. Tinggi timbunan kritis (Hcr)	124
5.5.3. Pemampatan akibat timbunan bertahap.....	125
5.6. Perhitungan <i>Rate of Settlement</i>	128
BAB VI PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN TANAH	
.....	131
6.1. Perkuatan Menggunakan <i>Geotextile</i>	131
6.1.1. Perhitungan kebutuhan <i>geotextile</i>	131
6.1.2. Cek stabilitas timbunan	137
6.1.3. Perhitungan volume dan biaya <i>geotextile</i>	140
6.2. Perkuatan Menggunakan <i>Encapsulated Stone Column</i>	142
6.2.1. Perhitungan kebutuhan <i>stone column</i> sebagai perkuatan	142
6.2.2. Perhitungan <i>geotextile</i> sebagai selubung <i>stone column</i>	145
6.2.3. Pemampatan tanah di sekitar <i>encapsulated stone column</i>	150
6.2.4. Perhitungan volume dan biaya <i>encapsulated stone column</i>	151
BAB VII PERENCANAAN ALTERNATIF TIMBUNAN GEOFOAM	
.....	155
7.1. Perencanaan Timbunan EPS <i>geofoam</i>	155
7.1.1. Preliminary desain timbunan	155
7.1.2. Perencanaan tinggi awal timbunan EPS <i>geofoam</i>	155
7.2. Perhitungan Stabilitas Timbunan Geofom	169
7.2.1. Cek Stabilitas timbunan geofom.....	169
7.2.2. Perhitungan potensi <i>uplift</i> pada muka air banjir 1 sisi.....	169
7.2.3. Perhitungan potensi <i>uplift</i> pada muka air banjir 2 sisi.....	171
7.2.4. Perhitungan potensi geser akibat muka air banjir....	173

7.2.5.	Perhitungan potensi geser akibat angin	175
7.2.6.	Perhitungan perbandingan kekuatan lentur bahan <i>geofoam</i> terhadap beban yang terjadi	177
7.3.	Perhitungan <i>rate of settlement</i>	179
7.4.	Perhitungan Volume dan Biaya EPS <i>Geofoam</i>	181
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN		183
8.1.	Kesimpulan	183
8.2.	Saran	184
DAFTAR PUSTAKA.....		185
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi tol KLBM.....	2
Gambar 1.2	Rute Pengerjaan Tol KLBM	3
Gambar 1.3	Peta lokasi jembatan pada STA 12+125 s.d STA 12+675	4
Gambar 1.4	Desain rencana awal jembatan pada STA 12 +125 sampai STA 12+675	4
Gambar 1.5	Potongan melintang rencana awal timbunan pada STA 12+225.....	5
Gambar 1.6	Hasil Bor Log Tol KLBM STA 12+496.....	6
Gambar 1.7	Potongan memanjang arah selatan hasil revisi desain	7
Gambar 1.8	Potongan memanjang arah utara hasil revisi desain	7
Gambar 1.9	Rencana timbunan tanah dengan perkuatan <i>geotextile</i>	9
Gambar 1.10	Rencana timbunan tanah dengan perkuatan <i>encapsulated stone column</i>	9
Gambar 1.11	Rencana alternatif timbunan EPS <i>geofoam</i>	10
Gambar 2.1	Distribusi tegangan vertikal dalam tanah.....	26
Gambar 2.2	Kurva I untuk beban timbunan bersisi miring.....	28
Gambar 2.3	Kurva I untuk beban timbunan tegak atau beban merata perkerasan	29
Gambar 2.4	Kurva hubungan antara e vs log t.....	30
Gambar 2.5	Macam tipe arah aliran pori dengan Uv tetap	31
Gambar 2.6	Kondisi kelongsoran tanpa aliran air	34
Gambar 2.7	Kondisi kelongsoran dengan aliran air.....	34
Gambar 2.8	Kondisi kelongsoran lurus	35
Gambar 2.9	Kondisi kelongsoran melingkar	36
Gambar 2.10	Kurva hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas beban yang bersesuaian dengan beban <i>traffic</i>	38

Gambar 2.11 Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan	39
Gambar 2.12 Konsolidasi akibat air pori mengalir arah radial ..	40
Gambar 2.13 Pola Penyusunan Bujursangkar PVD	41
Gambar 2.14 Pola Penyusunan Segitiga PVD	41
Gambar 2.15 Equivalen diameter untuk PVD.....	42
Gambar 2.16 Pemberian <i>preloading</i> secara bertahap	46
Gambar 2.17 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap	48
Gambar 2.18 Pembagian zona peningkatan nilai Cu	49
Gambar 2.19 Pembagian zona peningkatan nilai Cu dengan “berm” sebagai “counterweight”	49
Gambar 2.20 Kondisi <i>internal stability</i>	51
Gambar 2.21 Gaya yang terjadi pada <i>foundation stability</i>	52
Gambar 2.22 Gaya yang bekerja pada <i>overall stability</i>	53
Gambar 2.23 Pola pemasangan <i>encapsulated stone column</i>	57
Gambar 2.24 Analisa stabilitas ESC untuk timbunan	60
Gambar 2.25 Tegangan-tegangan yang bekerja pada ESC	60
Gambar 2.26 Asumsi <i>bulging</i> menurut <i>cavity expansion theory</i>	63
Gambar 2.27 EPS <i>geofom</i> pada konstruksi timbunan	66
Gambar 2.28 EPS <i>geofom</i> pada konstruksi stabilitas lereng....	67
Gambar 2.29 EPS <i>geofom</i> pada konstruksi dinding penahan ..	67
Gambar 2.30 Gaya uplift jika muka air pada satu sisi	69
Gambar 2.31 Gaya uplift jika muka air pada dua sisi	71
Gambar 2.32 Gaya angin yang bekerja pada timbunan	73
Gambar 2.33 Translasi akibat muka air banjir	75
Gambar 2.34 Konversi luasan roda truk	77
Gambar 3.1 Bagan alir pengerjaan tugas akhir	80
Gambar 4.1 Statigrafi tanah STA 12+299 s.d STA 12+496	86
Gambar 4. 2 Grafik parameter tanah menurut kedalaman	87
Gambar 4.3 Rencana alternatif oprit	91
Gambar 4.4 Sketsa potongan A-A	92

Gambar 4.5 Sketsa potongan B-B.....	92
Gambar 4.6 Sketsa potongan C-C.....	92
Gambar 4.7 Sketsa potongan D-D	93
Gambar 4.8 Sketsa potongan E-E	93
Gambar 5.1 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tanah lunak 14 m	104
Gambar 5.2 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tanah lunak 11,5 m	105
Gambar 5.3 Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk tanah lunak 14 m	105
Gambar 5.4 Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk tanah lunak 11,5 m	106
Gambar 5.5 Pemampatan tanah tanpa adanya perbaikan untuk tanah lunak 14 m.....	110
Gambar 5.6 Pemampatan tanah tanpa adanya perbaikan untuk tanah lunak 11,5 m.....	110
Gambar 5.7 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi total untuk pola pemasangan segitiga.....	115
Gambar 5.8 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi total untuk pola pemasangan segiempat	115
Gambar 5.9 Grafik hubungan antara tinggi timbunan dengan jumlah PVD per baris	117
Gambar 5.10 Analisa timbunan H_{cr}	124
Gambar 5.11 Grafik pemampatan akibat penimbunan bertahap pada kedalaman PVD 10 m dan tinggi akhir timbunan 8,7 m.....	128
Gambar 6.1 Output analisis timbunan H_{akhir} 8,7 m	132
Gambar 6.2 Panjang <i>geotextile</i> di depan bidang longsor.....	135
Gambar 6.3 Tekanan tanah aktif dan pasif tanah dasar	139
Gambar 6.4 Hubungan tinggi timbunan dengan jumlah lapis dan panjang total <i>geotextile</i>	141

Gambar 6.5 Sketsa pemasangan <i>stone column</i> pada timbunan tinggi akhir 8,7 m.....	143
Gambar 7.1 Rencana timbunan menggunakan alternatif EPS <i>geofom</i>	155
Gambar 7.2 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal <i>soil cover</i> 0,5 m pada tanah mampu mampat 14 m.....	165
Gambar 7.3 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal <i>soil cover</i> 0,5 m pada tanah mampu mampat 11,5 m...	165
Gambar 7.4 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal <i>soil cover</i> 1 m pada tanah mampu mampat 14 m.....	166
Gambar 7.5 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal <i>soil cover</i> 1 m pada tanah mampu mampat 11,5 m.....	166
Gambar 7.6 Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk kedalaman tanah lunak 14 m.....	167
Gambar 7.7 Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk kedalaman tanah lunak 11,5 m.....	167
Gambar 7.8 Hasil analisis stabilitas timbunan EPS <i>geofom</i> ..	169
Gambar 7.9 Letak beban truk yang bekerja pada timbunan.....	177

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi butiran tanah	16
Tabel 2.2 Derajat Konsolidasi dan Faktor Waktu.....	17
Tabel 2.3 Nilai Probabilitas (t)	19
Tabel 2.4 Korelasi Parameter Tanah berdasarkan N-SPT dan q_u	21
Tabel 2.5 Nilai Numerik Parameter Tanah untuk $G_s=2,7$ (Biarez & Favre).....	21
Tabel 2.6 Korelasi Kekuatan Geser <i>Undrained</i> Untuk Tanah Lempung	22
Tabel 2.7 Faktor Pengaruh Untuk Pondasi	23
Tabel 2.8 Harga – harga Angka Poisson (μ)	23
Tabel 2.9 Derajat Konsolidasi dan Faktor Waktu.....	32
Tabel 2.10 Nilai Faktor FS <i>Geotextile</i> Berdasarkan Penggunaannya.....	55
Tabel 2.11 Dimensi Eps <i>geofom</i>	64
Tabel 2.12 Spesifikasi Densitas Menurut ASTM D6817	65
Tabel 4.1 Rekapitulasi Nilai γ	89
Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Analisa Selang Kepercayaan γ	90
Tabel 4.3 Rekapitulasi Nilai Parameter Tanah yang Digunakan	91
Tabel 5.1 Rekapitulasi Perhitungan Tegangan <i>Overburden</i>	96
Tabel 5.2 Rekapitulasi Tegangan Prakonsolidasi Efektif	97
Tabel 5.3 Rekapitulasi Tegangan Vertikal Akibat Beban Timbunan	99
Tabel 5.4 Rekapitulasi Pemampatan Akibat Timbunan	100
Tabel 5.5 Rekapitulasi Pemampatan Akibat Perkerasan	102
Tabel 5.6 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan S_c ($Z_{tanah\ lunak} = 14\ m$)..	103
Tabel 5.7 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan S_c ($Z_{tanah\ lunak} = 11,5\ m$)	104
Tabel 5.8 Rekapitulasi Tinggi Awal, Tinggi Akhir, dan Pemampatan pada Alternatif Timbunan Tanah	106
Tabel 5.9 Rekapitulasi Besar Beban <i>Preloading</i>	107
Tabel 5.10 Nilai C_v Gabungan Kedalaman 14 m.....	108

Tabel 5.11 Nilai Cv Gabungan Kedalaman 11,5 m	108
Tabel 5.12 Rekapitulasi Nilai Fungsi Hambatan F(n)	112
Tabel 5.13 Derajat Konsolidasi Pola Segitiga Jarak 1,1 m	114
Tabel 5.14 Perhitungan Harga PVD	117
Tabel 5.15 Perhitungan Harga PHD	119
Tabel 5.16 Pertambahan Tegangan Akibat Beban Timbunan	120
Tabel 5.17 Tahapan Penimbunan H kritis.....	121
Tabel 5.18 Perubahan Tegangan Tiap Lapisan pada Derajat Konsolidasi $U < 100\%$	122
Tabel 5.19 Hasil Cu Baru pada H Kritis Minggu ke-7	123
Tabel 5.20 Besar Peningkatan Daya Dukung Setelah Pemasangan PVD dan <i>Preloading</i>	124
Tabel 5.21 Hasil Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Kedalaman Rencana PVD	126
Tabel 5.22 Perhitungan Sisa Pemampatan Akibat Tanah Lunak 1,5 m dan 4 m	129
Tabel 5.23 <i>Rate of Settlement</i> pada Kedalaman Tanah Lunak 1,5 m dan Tinggi Akhir Timbunan 8,7 m.....	130
Tabel 5.24 <i>Rate of Settlement</i> pada Kedalaman Tanah Lunak 4 m dan Tinggi Akhir Timbunan 8,1 m.....	130
Tabel 6.1 Output Analisis dengan Program Bantu	132
Tabel 6.2 Kebutuhan <i>Geotextile</i> pada Timbunan Zona E.....	133
Tabel 6.3 Kebutuhan Panjang Total <i>Geotextile</i> H Akhir 8,7 m	136
Tabel 6.4 Perhitungan Tekanan Tanah Dasar	139
Tabel 6.5 Rekapitulasi Volume dan Harga <i>Geotextile</i>	141
Tabel 6.6 Biaya Alternatif Timbunan Tanah dengan Perkuatan <i>Geotextile</i>	142
Tabel 6.7 Rekap Kebutuhan <i>Stone Colum</i> pada Tinggi Akhir 8,7 m	145
Tabel 6.8 Tegangan <i>Overburden</i> pada <i>Stone Column</i>	146
Tabel 6.9 Hasil Perhitungan Tegangan Pasif Tanah (σ_3)	147
Tabel 6.10 Hasil Perhitungan Tegangan Vertikal Ultimate <i>Stone Column</i> (σ_1)	148

Tabel 6.11 Pemampatan Tanah di Sekitar ESC pada Tinggi Timbunan Akhir 8,7 m	151
Tabel 6.12 Rekapitulasi Volume dan Harga <i>Encapsulated Stone Column</i>	152
Tabel 6.13 Biaya Alternatif Timbunan Tanah dengan Perkuatan <i>Encapsulated Stone Column</i> (ESC).....	153
Tabel 7.1 Rekapitulasi Tegangan Vertikal Akibat Beban Timbunan EPS <i>Geofoam</i>	158
Tabel 7.2 Rekapitulasi Pemampatan Akibat Timbunan EPS <i>Geofoam</i>	159
Tabel 7.3 Rekapitulasi Pemampatan Akibat Perkerasan	161
Tabel 7.4 Rekapitulasi Tegangan Vertikal Akibat <i>Soil Cover</i> ..	161
Tabel 7.5 Rekapitulasi Pemampatan Akibat <i>Soil Cover</i>	162
Tabel 7.6 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk <i>Soil Cover</i> 0,5 m dan $H_{mampat} = 14$ m.....	163
Tabel 7.7 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk <i>Soil Cover</i> 0,5 m dan $H_{mampat} = 11,5$ m.....	164
Tabel 7.8 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk <i>Soil Cover</i> 1 m dan $H_{mampat} = 14$ m.....	164
Tabel 7.9 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk <i>Soil Cover</i> 1 m dan $H_{mampat} = 11,5$ m.....	164
Tabel 7.10 Rekap Tinggi Awal, Tinggi Akhir, dan Pemampatan pada Timbunan <i>Geofoam</i> untuk <i>soil cover</i> 0,5 m....	168
Tabel 7.11 Rekap Tinggi Awal, Tinggi Akhir, dan Pemampatan pada Timbunan <i>Geofoam</i> untuk <i>soil cover</i> 1 m.....	168
Tabel 7.12 Rekap Daya Dukung Akibat <i>Uplift</i> 1 Sisi <i>Soil Cover</i> 0,5 m.....	171
Tabel 7.13 Rekap Daya Dukung Akibat <i>Uplift</i> 1 Sisi <i>Soil Cover</i> 1 m.....	171
Tabel 7.14 Rekap Daya Dukung Akibat <i>Uplift</i> 2 Sisi <i>Soil Cover</i> 0,5 m.....	172
Tabel 7.15 Rekap Daya Dukung Akibat <i>Uplift</i> 2 Sisi <i>Soil Cover</i> 1 m.....	172

Tabel 7.16 Rekap Gaya Geser Akibat Banjir untuk <i>Soil Cover</i> 0,5 m.....	174
Tabel 7.17 Rekap Gaya Geser Akibat Banjir untuk <i>Soil Cover</i> 1 m.....	174
Tabel 7.18 Rekap Gaya Geser Akibat Angin untuk <i>Soil Cover</i> 0,5 m.....	176
Tabel 7.19 Rekap Gaya Geser Akibat Angin untuk <i>Soil Cover</i> 1 m.....	176
Tabel 7.20 <i>Rate of Settlement</i> pada Kedalaman Tanah Lunak 11,5 m dan Tinggi Akhir Timbunan 8,7 m.....	180
Tabel 7.21 <i>Rate of Settlement</i> pada Kedalaman Tanah Lunak 14 m dan Tinggi Akhir Timbunan 8,1 m.....	180
Tabel 7. 22 Biaya Alternatif Timbunan EPS <i>geofom</i>	182

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jawa Timur merupakan salah satu provinsi terbesar di Indonesia. Hal ini ditunjukkan dengan laju pertumbuhan ekonomi Provinsi Jawa Timur pada triwulan III 2017 mencapai 5,21%, lebih tinggi dari rata-rata pertumbuhan ekonomi nasional sebesar 5,01% (<http://kominfo.jatimprov.go.id>). Hal ini tidak terlepas dari dua kota besar industri yakni Gresik dan Sidoarjo yang menjadi salah satu penyumbang pendapatan terbesar di provinsi Jawa Timur.

Besarnya laju ekonomi pada dua daerah tersebut mendorong pemerintah Provinsi Jawa Timur untuk mengembangkan infrastruktur khususnya jalan agar memudahkan akses perpindahan barang dan jasa guna melancarkan laju ekonomi. Tujuan dibangunnya infrastruktur jalan adalah agar kawasan industri yang terletak di daerah Sidoarjo dan Gresik dapat saling terintegrasi.

Pada daerah padat industri seperti di Sidoarjo dan Gresik, akses yang cepat dan saling terintegrasi akan mempermudah mobilisasi barang dan jasa. Oleh sebab itu, perlu dibangunnya jalan tol yang akan menghubungkan kawasan industri yang juga akan terintegrasi dengan pengembangan kawasan pelabuhan. Pemerintah sudah merencanakan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (KLBM) sepanjang 38,29 km sebagai solusi untuk mengurangi kemacetan serta mempermudah akses kedua kawasan industri tersebut. Dalam hal ini, lokasi pengerjaan tol KLBM yang menghubungkan kota *Sidoarjo* dan *Gresik* dapat dilihat pada Gambar 1.1.

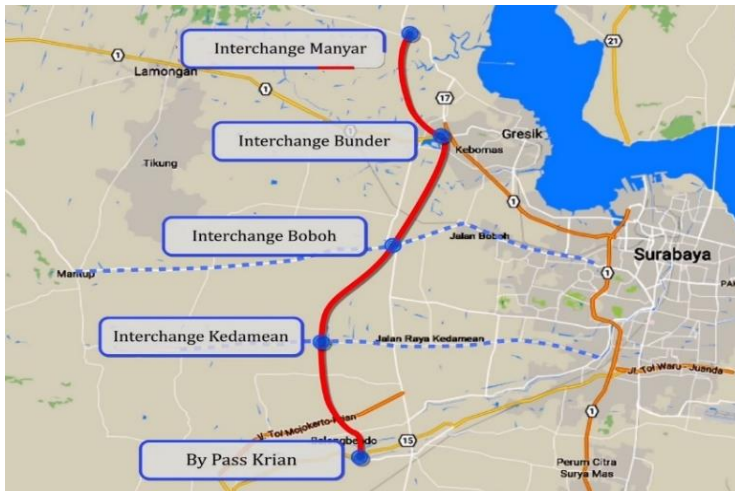


Gambar 1.1 Lokasi tol KLBM
(Sumber : <https://www.google.com/maps>)

Jalan tol KLBM yang dimulai pengerjaannya pada Juni 2017 melewati 2 kabupaten di Jawa Timur yaitu Sidoarjo pada *stasioning* awal dan Gresik pada *stasioning* akhir. Pembangunan dibagi menjadi 4 seksi yakni :

- Seksi I : Krian-Kedamean dengan Panjang 9,5 km.
- Seksi II : Kedamean-Boboh dengan Panjang 9,1 km.
- Seksi III : Boboh-Bunder dengan Panjang 10,57 km.
- Seksi IV : Bunder-Manyar dengan Panjang 9,12 km.

Pembagian 4 seksi tersebut diatas dapat dilihat pada Gambar 1.2 dengan memperlihatkan rute dari jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (KLBM).

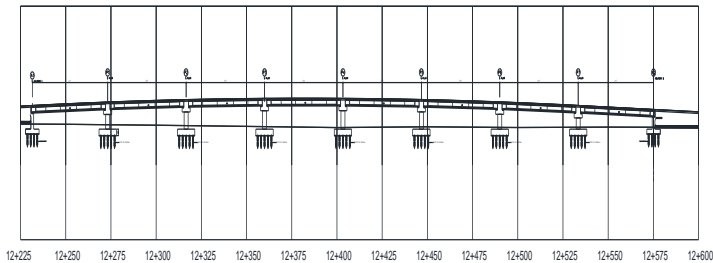


Gambar 1.2 Rute Pengerjaan Tol KLBM
(Sumber : <https://www.google.com/maps>)

Dalam pembangunan jalan tol KLBM ini banyak ditemui perlintasan-perlintasan sebidang seperti sungai dan jalan raya. Pada perlintasan sebidang tersebut perlu dibangunnya jembatan agar lalulintas jalan tol tidak terganggu. Contohnya dalam pengerjaan seksi II terdapat 5 jembatan yang harus dibangun untuk melewati sungai maupun jalan raya dibawahnya, salah satunya adalah jalan Tanjung Katimoho yang menghubungkan Desa Katimoho bagian barat dan bagian timur. Oleh sebab itu, perlu direncanakan jembatan agar tidak memutus jalan akses kedua desa tersebut. Desain rencana jembatan awal yang akan dibangun terletak pada STA 12+125 sampai STA 12+675 dengan pendekatan (*oprit*) menggunakan timbunan tanah dan jembatan pratekan dengan panjang 343,5 meter yang terdiri atas 7 pilar dan 2 abutment seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.3 dan Gambar 1.4.



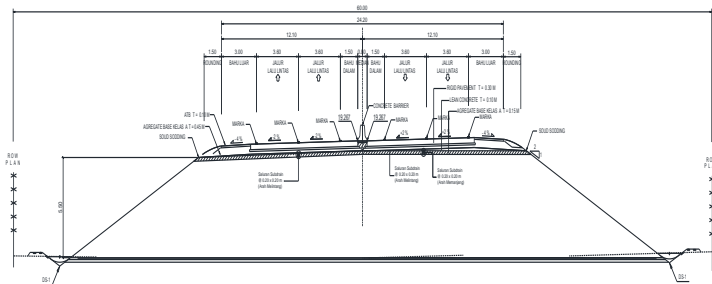
Gambar 1.3 Peta lokasi jembatan pada STA 12+125 s.d STA 12+675
(Sumber : Google Earth)



Gambar 1.4 Desain rencana awal jembatan pada STA 12 +125 sampai STA 12+675
(Sumber : ITS Kemitraan)

Pada desain awal ini, direncanakan jembatan membentang dari STA 12+225 sampai dengan STA 12+575 dengan *oprit* pada kedua sisi jembatan sampai dengan stasioning tinjauan. *Oprit* direncanakan menggunakan material timbunan tanah dengan kemiringan 1:2 dan ketinggian timbunan tertinggi mencapai 5,5 meter. Penampang dari rencana timbunan awal ini direncanakan

menggunakan timbunan tanah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5 Potongan melintang rencana awal timbunan pada STA 12+225
(Sumber : ITS Kemitraan)

Pada awalnya *oprit* didesain menggunakan timbunan tanah, namun terjadi kendala yakni kedalaman tanah lunak pada lokasi timbunan yang cenderung dalam. Kedalaman tanah lunak dengan nilai NSPT 10 terdapat pada kedalaman 14 meter dibawah permukaan tanah dengan konfigurasi tanah berupa tanah lanau kelempungan sampai dengan kedalaman 50 meter, kondisi muka air tanah pada saat bulan April terdapat pada kedalaman -7 meter dibawah permukaan tanah. konfigurasi hasil *bore log* tanah dasar tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.6. Untuk lebih jelasnya, hasil uji *bore log* pada STA 12+455 dan STA 12+496 dapat dilihat pada Lampiran 2.

Bore No. : P-8
 Project : Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Sekel I
 Location : Jawa Timur
 STA : 12+496
 GWL : -7.00 m

GPS (UTM) X = 670453
 Y = 9152197
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm
 Date Start : 26 April 2017
 Finish : 29 April 2017

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	UDS Depth SPT Depth		N1 (0-15)	N1 (15-30)	N2 (30-45)	N-SPT (IN/IN2)
0										
1										
2					1.50 - 2.00 m UDS	2.00 - 2.45 m SPT	1 /15	1 /15	1 /15	2
3		2	Lanau kelepungan	Coklat	3.50 - 4.00 m UDS	4.00 - 4.45 m SPT	1 /15	2 /15	2 /15	4
4		4			5.50 - 6.00 m UDS	6.00 - 6.45 m SPT	1 /15	2 /15	3 /15	5
5		5			7.50 - 8.00 m UDS	8.00 - 8.45 m SPT	1 /15	1 /15	3 /15	4
6		6								
7										
8					9.50 - 10.00 m UDS	10.00 - 10.45 m SPT	2 /15	3 /15	3 /15	6
9		8	Lanau kelepungan	Coklat muda	11.50 - 12.00 m UDS	12.00 - 12.45 m SPT	2 /15	3 /15	5 /15	8
10		8			13.50 - 14.00 m UDS	14.00 - 14.45 m SPT	2 /15	4 /15	7 /15	11
11		11								
12										
13										
14										
15										

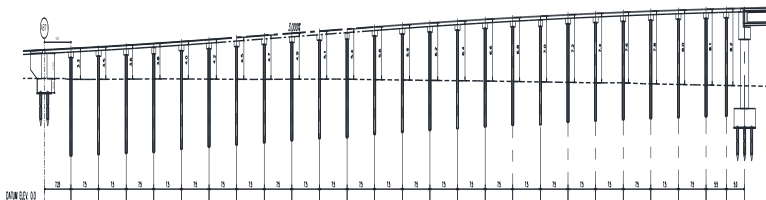
Gambar 1.6 Hasil Bor Log Tol KLBM STA 12+496
 (Sumber : ITS Kemitraan)

Kondisi tanah seperti yang ditampilkan Gambar 1.6 dapat menyebabkan berbagai masalah jika digunakan *oprit* bermaterial timbunan tanah. Masalah-masalah yang muncul akibat kedalaman tanah lunak yang relatif dalam adalah waktu konsolidasi yang sangat lama dan daya dukung tanah lunak yang rendah. Waktu konsolidasi tanah yang lama ini akan menyebabkan tanah tidak termampatkan secara maksimal dalam waktu rencana proyek, hal ini dikarenakan pemampatan yang terjadi pada tanah lunak berlempung bisa terjadi selama bertahun-tahun. Daya dukung pada tanah lunak tidak terlalu baik untuk menahan beban timbunan tanah yang ada di atasnya, dengan daya dukung yang rendah, timbunan rawan terhadap kelongsoran dan akibat pemampatan yang besar menyebabkan penurunan tidak seragam (*differential settlement*).

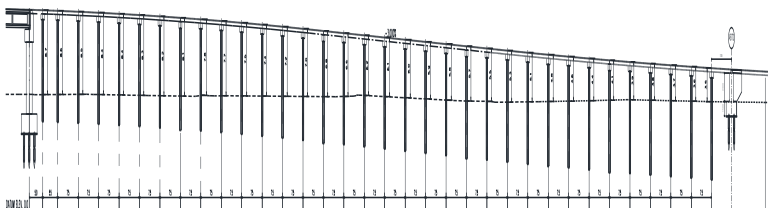
Berdasarkan permasalahan yang ada, kontraktor pelaksana PT Waskita Karya mengajukan revisi desain dengan menggunakan *Pile Slab*. Penggunaan *Pile Slab* tersebut direncanakan pada STA

12+143 sampai dengan STA 12+328 kemudian dilanjutkan STA 12+434 sampai dengan STA 12+684 dengan ketinggian *Pile Slab* tertinggi adalah 8,7 m. Penggunaan *Pile Slab* tersebut bertujuan untuk mengurangi resiko pemampatan yang besar dan kelongsoran akibat daya dukung tanah yang rendah. Dalam hal ini pihak kontraktor pelaksana merasa penggunaan *Pile Slab* dirasa tepat untuk menggantikan timbunan tanah untuk mempersingkat waktu penyelesaian permasalahan yang akan timbul.

Pile Slab direncanakan berjumlah 25 buah arah memanjang pada *oprit* sisi selatan dan 34 buah arah memanjang pada *oprit* sisi utara dengan jarak antar *Pile Slab* adalah 7,5 meter; jumlah *pile slab* pada arah melintang *oprit* untuk satu ruas adalah 7 buah. Konfigurasi desain penggunaan *Pile Slab* tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.7 untuk arah selatan dan Gambar 1.8 untuk arah utara.



Gambar 1.7 Potongan memanjang arah selatan hasil revisi desain
(Sumber : ITS Kemitraan)

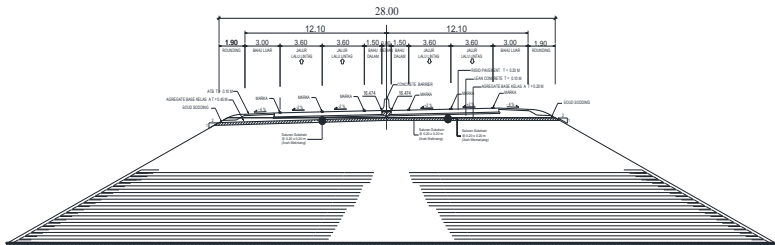


Gambar 1.8 Potongan memanjang arah utara hasil revisi desain
(Sumber : ITS Kemitraan)

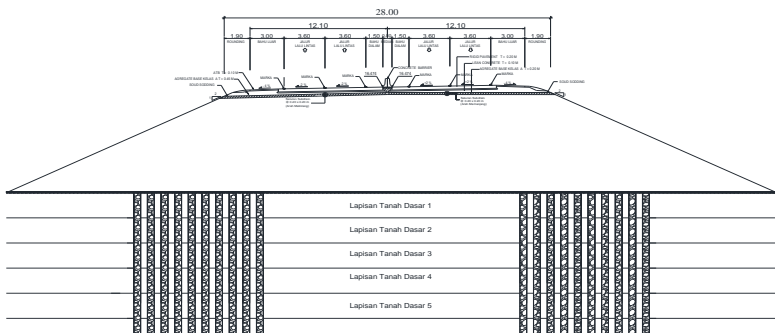
Mengingat penggunaan *Pile Slab* akan membutuhkan biaya konstruksi yang sangat mahal, maka perlu direncanakan kembali *oprit* dengan menggunakan timbunan. Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tersebut adalah stabilitas dari konstruksi *oprit*, yaitu tidak adanya pemampatan yang besarnya berlebihan, tidak ada *settlement*, tidak ada kelongsoran pada tebing; selain itu pemampatan harus dapat diselesaikan dengan cepat. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, dalam hal ini terdapat dua alternatif timbunan yang dapat digunakan yakni dengan timbunan bermaterial tanah dan timbunan bermaterial EPS *geofom*.

Timbunan tanah mempunyai keunggulan yakni bahan materialnya yang murah dan mudah ditemui, akan tetapi berat jenis yang tinggi mengakibatkan penggunaan timbunan tanah mempunyai resiko terhadap longsor dan pemampatan yang besar. Oleh karena itu penggunaan timbunan tanah pada daerah yang mempunyai kedalaman tanah lunak yang besar harus dibarengi dengan perkuatan dan perbaikan tanah. Dalam mencapai hal tersebut, perlu dilakukan analisis perkuatan dan perbaikan tanah yang diperlukan untuk kondisi tanah lunak (berlempung). Langkah awal dalam pelaksanaan timbunan tanah adalah dengan memadatkan timbunan dengan cara *preloading*. *Preloading* adalah metode menimbun timbunan dengan cara bertahap, hal ini bertujuan agar pemampatan yang terjadi dapat dikendalikan serta untuk mendapatkan besar daya dukung tanah baru akibat beban timbunan yang diletakkan di atasnya. Dikarenakan waktu pemampatan yang sangat lama pada tanah lunak, maka perlu direncanakan perbaikan tanah dasar menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) guna mempercepat pemampatan yang terjadi. Selain itu, timbunan tanah pada tanah lunak rawan akan terjadinya kelongsoran (*overall stability*), oleh karena itu perlu ditambahkan perkuatan agar timbunan aman terhadap kelongsoran. Dalam hal ini terdapat dua alternatif perkuatan timbunan yang dapat digunakan yakni *geotextile* dan *encapsulated stone column* (ESC). Penggunaan *geotextile* dan

encapsulated stone column bertujuan agar tanah timbunan aman terhadap *overall stability* dan tidak mengalami kelongsoran kembali. Penggunaan perkuatan pada alternatif timbunan tanah menggunakan *geotextile* dan *encapsulated stone column* dapat dilihat pada Gambar 1.9 dan Gambar 1.10.



Gambar 1.9 Rencana timbunan tanah dengan perkuatan *geotextile*
(Sumber : Penulis)



Gambar 1.10 Rencana timbunan tanah dengan perkuatan *encapsulated stone column*
(Sumber : Penulis)

Timbunan alternatif direncanakan menggunakan material ringan *Expanded Polystyrene (EPS) geofoam*. *EPS geofoam* dipilih karena material yang sangat ringan dengan densitas antara 10-100 kg/m³. Berat jenis yang ringan ini dapat mengurangi pemampatan yang tinggi pada tanah relatif lunak. Hal ini dikarenakan beban

1. Bagaimana merencanakan oprit timbunan yang stabil (tidak longsor dan tidak mampat) dengan menggunakan material tanah maupun material EPS *geofoam*?

Berdasarkan masalah utama diatas, maka selanjutnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi tanah di lokasi studi?
2. Berapa besar pemampatan (S_c) yang terjadi akibat timbunan yang menggunakan material tanah dan timbunan yang menggunakan material EPS *geofoam*?
3. Berapa besar beban *preloading* yang dibutuhkan untuk menghilangkan pemampatan akibat timbunan yang berupa tanah atau EPS *geofoam*?
4. Berapa lama waktu pemampatan pada tanah dasar tanpa dipasang PVD?
5. Berapa jarak dan pola pemasangan PVD yang efektif pada tanah dasar?
6. Berapa peningkatan daya dukung tanah dasar setelah *preloading*?
7. Berapa kebutuhan perkuatan untuk menjaga kestabilan pada timbunan tanah dan EPS *geofoam* (jika diperlukan)?
8. Apa yang perlu direncanakan agar timbunan dengan material EPS *Geofoam* stabil dan aman?
9. Alternatif mana yang membutuhkan biaya material paling ekonomis?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan diatas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah untuk dapat merencanakan oprit timbunan yang stabil dan ekonomis. Untuk mencapai hal tersebut dapat di perinci sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi tanah dasar sebelum adanya penambahan beban timbunan.
2. Mengetahui besar pemampatan (S_c) yang terjadi jika perencanaan *oprit* menggunakan timbunan dengan material tanah dan jika menggunakan material EPS *geofoam*.

3. Merencanakan besar beban *preloading* yang dibutuhkan untuk menghilangkan pemampatan akibat timbunan yang berupa material tanah dan material berbahan EPS *geofoam*.
4. Mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengalami pemampatan tanpa dipasang PVD.
5. Merencanakan jarak dan pola pemasangan PVD yang efektif pada tanah dasar.
6. Menganalisa peningkatan daya dukung tanah dasar setelah masa pentahapan timbunan selesai.
7. Merencanakan alternatif perkuatan yang digunakan untuk menjaga kestabilan pada timbunan dengan material tanah urugan atau EPS *geofoam* (jika diperlukan).
8. Merencanakan alternatif timbunan dengan menggunakan material EPS *Geofoam* dengan mempertimbangkan kestabilan dan keamanan timbunan.
9. Mengetahui total biaya material timbunan tanah maupun timbunan EPS *geofoam*.

1.4. Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk membatasi lingkup penelitian agar bisa terfokus khusus pada masalah yang dikaji, antara lain:

1. Data yang dipakai adalah data sekunder.
2. Alternatif perencanaan dilakukan pada STA 12+434 sampai dengan STA 12+684.
3. Tidak membahas perhitungan geometri, struktur atas jembatan, abutmen jembatan, drainase jalan, dan metode pelaksanaan.
4. Tidak menghitung tebal perkerasan jalan pada *oprit*.
5. Perhitungan biaya hanya sebatas biaya material saja.
6. Tidak menghitung RAB.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penulisan Tugas Akhir ini antara lain:

1. Memberikan alternatif kepada pelaksana proyek timbunan jalan tol KLBM dengan material selain *pile slab* beton.
2. Menambah wawasan penulis dalam hal perencanaan perkuaatan *oprit* jembatan.
3. Memberikan informasi tentang apa saja yang perlu diperhatikan dalam merencanakan timbunan jalan dengan material tanah maupun EPS *geofom*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

2.1.1. Jenis tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimi yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut (*transported soil*) (Hardiyatmo, 2012).

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis (Hardiyatmo, 2012).

Jenis tanah terdiri dari banyak campuran, atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur dengan

butiran-butiran ukuran lanau maupun pasir, dan mungkin terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm. Tabel 1.1 menunjukkan batas-batas interval ukuran butiran lempung, lanau, pasir dan kerikil menurut *Unified Soil Classification System*, ASTM, MIT, dan *International Nomenclature*.

Tabel 2.1 Klasifikasi butiran tanah

	1,7 mm	0,38	0,075								
Unified Class System	kasar	sedang	halus	butiran halus (lanau dan lempung)							
ASTM	2,0 mm	0,420	0,075	0,005	0,001						
	pasir sedang	pasir halus	lanau	lempung	lempung koloidal						
MIT nomenclature	2,0 mm										
	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus		
International nomenclature	2,0 mm	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm
	sangat kasar	kasar	sedang	halus	kasar	halus	kasar	halus	kasar	halus	sangat halus
	pasir			Mo	lanau			lempung			

(Sumber : Mekanika Tanah 1, Hardiyatmo, 2012)

2.1.2. Perilaku tanah secara umum

Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), atau lempung (*clay*), tergantung pada ukuran partikel yang ada pada tanah tersebut. Setiap jenis tanah memiliki perilakunya masing – masing, seperti tanah lempung yang umumnya mempunyai indeks plastisitas yang tinggi yang mengakibatkan tanah lempung cenderung mengalami kembang susut (*swelling soil*). Selain itu tanah berjenis lempung cenderung memiliki nilai kohesi yang tinggi, hal ini menyebabkan tanah lempung memiliki daya ikat antar butiran yang tinggi namun memiliki kemampuan meloloskan air yang rendah (nilai permeabilitas rendah). Berbeda dengan tanah pasir atau kerikil, ukuran butiran yang relatif besar mengakibatkan tanah jenis ini memiliki rongga antar butiran yang besar dan seragam. Oleh sebab

itu tanah pasir tidak memiliki daya ikat antar butiran yang tinggi (non kohesif) namun mempunyai kemampuan meloloskan air yang tinggi (nilai permeabilitas tinggi). Nilai permeabilitas pada jenis – jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Derajat Konsolidasi dan Faktor Waktu

JENIS TANAH	k (cm/det)	NAMA
Kerikil	$> 10^{-1}$	<i>High permeability</i>
kerikil halus/pasir	$10^{-1} - 10^{-3}$	<i>Medium permeability</i>
pasir sangat halus pasir lanau lanau tidak padat	$10^{-3} - 10^{-5}$	<i>Low permeability</i>
lanau padat lanau lempung lanau tidak murni	$10^{-5} - 10^{-7}$	<i>Very low permeability</i>
Lempung	$< 10^{-7}$	<i>Impervious (rapat air)</i>

(Sumber : Das, 1985)

2.2. Parameter Tanah

2.2.1. Stratigrafi tanah dan penentuan parameter tanah

a) Statigrafi

Stratigrafi tanah dibuat untuk mengetahui kondisi tanah dasar di daerah perencanaan. Sebelum membuat stratigrafi tanah, perlu dilakukan pendekatan statistik sederhana terhadap data – data tanah yang dimiliki. Pendekatan statistik yang digunakan adalah dengan pengambilan keputusan berdasarkan koefisien varian (CV) dari suatu distribusi nilai parameter tanah.

Beberapa persamaan statistik yang digunakan antara lain (ITS,1998)

- Rata – rata

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X}{n} \quad (2.1)$$

- Standar Deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

- Kofisien Varian

$$CV = \frac{STD}{U} \times 100\% \quad (2.3)$$

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

b) Penentuan parameter tanah

Analisa parameter tanah dilakukan untuk mendapatkan parameter yang akan digunakan untuk perencanaan perbaikan tanah. Metode yang digunakan adalah cara statistik dengan selang kepercayaan yang baik, yaitu selang yang pendek dengan derajat kepercayaan yang tinggi, oleh karena itu digunakan selang kepercayaan 90%. Bentuk umum selang kepercayaan adalah Batas Bawah < (Parameter tanah) < Batas Atas. Dengan menggunakan “probabilitas t” dan “probabilitas z” yaitu:

- Probabilitas t digunakan apabila $n < 30$

$$\bar{x} - t \left(db: \frac{\alpha}{s} \right) \frac{s}{\sqrt{n}} < (\mu) < \bar{x} + t \left(db: \frac{\alpha}{2} \right) \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (2.4)$$

- Probabilitas z digunakan apabila $n > 30$

$$\bar{x} - z \left(\frac{\alpha}{s} \right) \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < (\mu) < \bar{x} + z \left(\frac{\alpha}{2} \right) \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.5)$$

Dimana:

\bar{x}	= rata – rata
db	= derajat kebebasan
α	= tingkat kesalahan
s	= standar deviasi
n	= jumlah data
(μ)	= nilai parameter tanah

Tabel 2.3 Nilai Probabilitas (t)

V	<i>a</i>				
	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
1	3,078	6,3141	12,706	31,821	63,656
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750

Tabel 2.3 Nilai Probabilitas (t) (Lanjutan)

V	a				
	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
∞	12,82	1,645	1,960	2,326	2,576

2.2.2. Korelasi Parameter Tanah

Korelasi parameter tanah dilakukan untuk mengetahui parameter – parameter yang tidak terdapat pada data sekunder. Nilai korelasi parameter tanah didapatkan dengan pendekatan nilai SPT dan sondir. Nilai pembacaan N-SPT atau q_c selanjutnya di hubungkan dengan parameter tanah yang dicari. J.E Bowles (1984) merumuskan nilai korelasi parameter tanah seperti γ dan ϕ berdasarkan nilai N-SPT dan q_u yang ditunjukkan pada Tabel 2.4. Nilai C_v menggunakan nilai-nilai numerik parameter tanah (Biarez & Favre) pada Tabel 2.5. Untuk mendapatkan nilai *Cohesion Undrained* (C_u) menggunakan persamaan Mochtar (2006) yang ditunjukkan pada Tabel 2.6. sedangkan untuk C_c menggunakan rumus empiris terhadap nilai *water content* (Das, 1985) seperti pada Persamaan 2.6 berikut:

$$C_c = 0,009 \times (W_c - 10) \quad (2.6)$$

Dimana:

C_c = Koefisien konsolidasi

W_c = Kadar air (%)

Tabel 2.4 Korelasi Parameter Tanah berdasarkan N-SPT dan qu

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

(Sumber : J.E. Bowles, 1984)

Tabel 2.5 Nilai Numerik Parameter Tanah untuk G_s=2,7 (Biarez & Favre)

Tabel 1.2. Nilai-nilai numerik parameter tanah untuk G_s = 2.70 (Biarez & Favre)

Sifat tanah	γ_s		e	n	W_{ur}		K			C _v		σ		$m_v = 1/E$			
	g/cm ³	lb cb ft			%	g/cm ³	cm/s	ft/year	lugeon	cm ² /s	ft ² /year	bars	psi	cm ² /kg	ft ² /ton		
Silt, Clay	lumpur	0,5	31,25	4,40	0,80	163,0	1,31	10 ⁷	1,03 x 10 ⁷	10 ⁴			0,01	0,142	100	97,6	
		0,6	37,50	3,50	0,78	129,60	1,38						0,05	0,71	20	19,5	
		0,7	43,75	2,86	0,74	105,8	1,44	10 ⁶	1,03 x 10 ⁷	10 ³	1 x 10 ⁴	3,4					
		0,8	50,00	2,38	0,70	88,0	1,50				2 x 10 ⁴	6,8	0,1	1,42	10	9,76	
		0,9	56,25	2,00	0,67	74,1	1,57	10 ⁷	1,03 x 10 ⁷	10 ²	3 x 10 ⁴	10,1	0,5	7,05	2	1,95	
	m-s-rata	1,0	62,50	1,70	0,63	63,0	1,63	1 x 10 ⁶	1,03	10 ¹	5 x 10 ⁴	16,9	2	28,4	0,5	0,488	
		1,1	68,75	1,45	0,59	53,9	1,69	2 x 10 ⁶	2,06		6 x 10 ⁴	20,3	3	42,6	0,33	0,325	
		1,2	75,00	1,25	0,56	46,3	1,76	3 x 10 ⁶	3,10		7 x 10 ⁴	23,6	4	56,9	0,25	0,244	
		1,3	81,25	1,08	0,52	39,9	1,82	4 x 10 ⁶	4,13		8 x 10 ⁴	27,0	5	71,0	0,20	0,195	
		1,4	87,50	0,93	0,48	34,4	1,88	5 x 10 ⁶	5,17		9 x 10 ⁴	30,4	6	85,3	0,17	0,163	
Gravel, Sand	sand	1,5	93,75	0,80	0,44	29,6	1,94	6 x 10 ⁶	6,20		10 ³	33,8 x 10 ³	7	99,5	0,14	0,144	
		1,6	100,00	0,69	0,41	25,5	2,04	7 x 10 ⁶	7,24				8	113	0,12	0,122	
		1,7	106,25	0,59	0,37	21,8	2,07	8 x 10 ⁶	8,26				9	127	0,11	0,111	
		1,8	112,50	0,50	0,33	18,5	2,13	9 x 10 ⁶	9,30		10 ²	33,8 x 10 ²	10	142	0,10	0,0976	
		1,9	118,75	0,42	0,30	15,6	2,20	10 ¹	10,33	1			11	156	0,091	0,0887	
	gravel	2,0	125,00	0,35	0,26	13,0	2,26	10 ⁴	1,03 x 10 ²	10	10 ³	33,8 x 10 ³	12	170	0,083	0,0815	
		2,1	131,25	0,29	0,22	10,6	2,32	10 ³	1,03 x 10 ³	100			13	185	0,077	0,075	
		2,2	137,50	0,23	0,19	8,4	2,39	10 ²	1,03 x 10 ⁴	1000			14	199	0,073	0,07	
		2,3	143,75	0,17	0,15	6,4	2,45	10 ¹	1,03 x 10 ⁵	10000			15	213	0,064	0,065	
		2,4	150,00	0,13	0,11	4,63	2,51						20	284	0,050	0,0488	
2,5	156,25	0,080	0,074	2,96	2,57						50	710	0,020	0,0195			
2,6	162,50	0,038	0,037	1,42	2,64						100	1420	0,010	0,976 x 10 ⁻³			
2,7	168,75	0,000	0,000	0,00	2,70						500	7100	0,002	1,95 x 10 ⁻³			
											1000	14200	0,001	9,76 x 10 ⁻⁴			

Catatan : 100 kPa = 100 kN/m² = 1 bar = 1,02 kg/cm²

(Sumber : Herman Wahjudi, 2012)

Tabel 2.6 Korelasi Kekuatan Geser *Undrained* Untuk Tanah Lempung

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, C_u		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, q_c (dari Sondir)	
	kPa	ton/ m ²		kg/cm ²	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	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))

Selain korelasi parameter γ , C_u , W_c , C_c dan C_v diatas, terdapat pula korelasi untuk menentukan nilai C_s . Dalam menentukan C_s menggunakan persamaan Terzaghi & Peck, dari hubungan antara C_c untuk nilai *coefficient swelling index*, C_s adalah $C_s = 1/5 - 1/10 C_c$.

2.3. Pemampatan Tanah

Pemampatan pada tanah dasar terjadi akibat diberikannya beban diatas tanah dasar tersebut yang menyebabkan deformasi partikel tanah serta mengecilnya pori-pori tanah tersebut akibat keluarnya air atau udara dari dalam pori.

2.3.1. Pemampatan segera (*Immediate settlement*)

Penurunan segera (*Immediate settlement*) adalah penurunan yang berlangsung seketika (cepat) pada saat pembebanan terjadi. Biasanya terjadi dalam jangka waktu yang pendek antara 0 sampai kurang dari 7 hari. Umumnya terjadi pada lapisan tanah pasir atau jenis tanah dengan derajat kejenuhan kurang dari 90% (Wally, 2017). Penurunan yang terjadi relatif kecil serta bersifat elastis. Besar penurunan segera dapat didapatkan dengan menggunakan Persamaan:

$$S_i = P \cdot B \cdot \frac{1 - \mu}{E} \cdot I_p \quad (2.7)$$

Dimana:

- P = beban terbagi rata
 B = lebar pondasi
 I_p = faktor pengaruh
 μ = poisson ratio
 E = modulus young

Untuk besaran faktor pengaruh I_p dan poisson ratio μ , dapat menggunakan pendekatan yang ditampilkan pada Tabel 2.7 dan Tabel 2.8.

Tabel 2.7 Faktor Pengaruh Untuk Pondasi

Bentuk	Panjang	I_p					
	Lebar	L e n t u r					Kaku
		Pusat	Pojok	Tengah sisi terpendek	Tengah sisi terpanjang	Rata-rata	Rata-rata
Bulat	-	1.0	0.64	0.64	0.64	0.85	0.88
Bujur sangkar	1	1.12	0.56	0.76	0.76	0.95	0.82
Empat persegi panjang	1.5	1.36	0.67	0.89	0.97	1.15	1.06
	2.0	1.52	0.76	0.98	1.12	1.30	1.20
	3.0	1.78	0.88	1.11	1.35	1.52	-
	5.0	2.10	1.05	1.27	1.68	1.83	1.70
	10.0	2.53	1.26	1.49	2.12	2.25	2.10
	100.0	4.00	2.00	2.20	3.60	3.70	3.40
	1000.0	5.47	2.75	2.94	5.03	5.15	-
	10000.0	6.90	3.50	3.70	6.50	6.60	-

(Sumber : Mochtar, 2012)

Tabel 2.8 Harga – harga Angka Poisson (μ)

Jenis Tanah	Angka Poisson, μ
- Pasir lepas	0.20 - 0.40
- Pasir agak padat	0.05 - 0.40
- Pasir padat	0.20 - 0.43
- Pasir berlanau	0.20 - 0.40
- Lempung lembek	0.15 - 0.25
- Lempung agak kaku	0.20 - 0.50

(Sumber : Mochtar, 2012)

2.3.2. Pemampatan konsolidasi primer (*Primary Consolidation*)

Pemampatan konsolidasi primer disebabkan oleh penimbunan timbunan dengan tinggi tertentu di atas tanah lunak yang akan menyebabkan terjadinya penambahan tegangan pada tanah dasar, sehingga mengakibatkan adanya konsolidasi. Terdapat dua jenis konsolidasi berdasarkan tegangan yang diakibatkan, yaitu:

1. *Normally Consolidated Soil* (NC-Soil)

Tanah terkonsolidasi secara normal dimana tegan *overburden* efektif pada saat ini merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut.

2. *Over Consolidated Soil* (OC-Soil)

Tanah terkonsolidasi lebih, di mana tegangan *overburden* efektif saat ini adalah lebih kecil daripada tegan yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan sebelumnya. Tanah disebut sebagai NC-Soil atau OC-soil tergantung dari harga *Over Consolidation Ratio* (OCR), yang didefinisikan dengan persamaan:

$$\text{OCR} = \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \quad (2.8)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \sigma_o' &= \text{Effective overburden pressure} \\ &= (\gamma_{\text{timbunan}} - \gamma_w) \times \frac{1}{2} H_{\text{tinjau}} \\ \sigma_c' &= \text{Effective past overburden pressure} \\ &= \sigma_o' + \Delta\sigma_f \text{ (akibat fluktuasi air)} \end{aligned}$$

NC-Soil mempunyai harga OCR = 1 dan OC-Soil mempunyai OCR > 1. Secara umum besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah lempung setebal H per lapisan tanah yang dihitung pertengahan-tengah lapisan-I dapat dihitung dengan Persamaan Terzaghi (1942) adalah sebagai berikut:

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

$$S_c = \left[\frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{P'_o + \Delta P}{P'_o} \right] \quad (2.9)$$

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

- Bila $(P_o + \Delta p) \leq P_c$, maka:

$$S_c = \frac{C_s H}{1+e_0} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P}{P'_o} \right) \quad (2.10)$$

- Bila $(P_o + \Delta p) > P_c$, maka:

$$S_c = \frac{C_s H}{1+e_0} \log \left(\frac{P_c}{P'_o} \right) + \frac{C_c H}{1+e_0} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P}{P'_c} \right) \quad (2.11)$$

Dimana:

S_c = Besar pemampatan yang terjadi (m)

H = Tebal lapisan tanah (*Compressible Soil*) (m)

C_c = Indeks pemampatan (*Compression Index*)

C_s = Indeks pemuaiian (*Swelling Index*)

e_0 = Angka pori

P'_o = Tegangan *overburden* efektif (t/m^2)

P_c = Tegangan prakonsolidasi efektif (t/m^2)

ΔP = Penambahan beban vertikal (t/m^2)

Sehingga besar pemampatan total adalah :

$$S_c = \sum_{i=1}^n S_{ci} \quad (2.12)$$

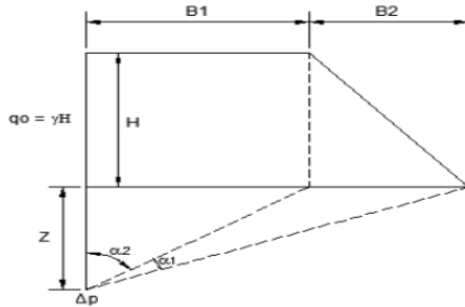
Dimana:

S_{ci} = besar pemampatan konsolidasi untuk lapisan ke-
I (m)

n = jumlah lapisan tanah yang dihitung besar pemampatan

ΔP merupakan tambahan tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah-tengah lapisan (Gambar 2.1). Menurut Braja M. Das (1985), dalam bukunya "*Principles of*

Foundation Engineering, Second Edition” diagram tengan tanah akibat timbunan dijelaskan pada Gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 2.1 Distribusi tegangan vertikal dalam tanah
(Sumber : Mochtar, 2012)

Besar penambahan beban, ΔP adalah :

$$\Delta P = \frac{q_0}{180} \left(\left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) \times (a_1 + a_2) - \left(\frac{B_1}{B_2} \times a_2 \right) \right) \quad (2.13)$$

Dimana:

- q_0 = beban timbunan (t/m^2), $q = \gamma_{\text{timbunan}} \times h_{\text{timbunan}}$
- ΔP = besar tegangan akibat pengaruh beban timbunan ditinjau di tengah- tengah lapisan (t/m^2)
- $a_1 = \tan^{-1} \left(\frac{B_1 + B_2}{Z} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{Z} \right)$ (radian)
- $a_2 = \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{Z} \right)$ (radian)
- B_1 = $\frac{1}{2}$ lebar timbunan
- B_2 = panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan

Nilai ΔP yang diperoleh adalah untuk $\frac{1}{2}$ bentuk timbunan, sehingga untuk bentuk timbunan bersisi miring yang simetris, nilai ΔP yang diperoleh harus dikalikan 2. Penentuan ΔP juga dapat digunakan dengan persamaan berikut.

Untuk Beban Trapesium

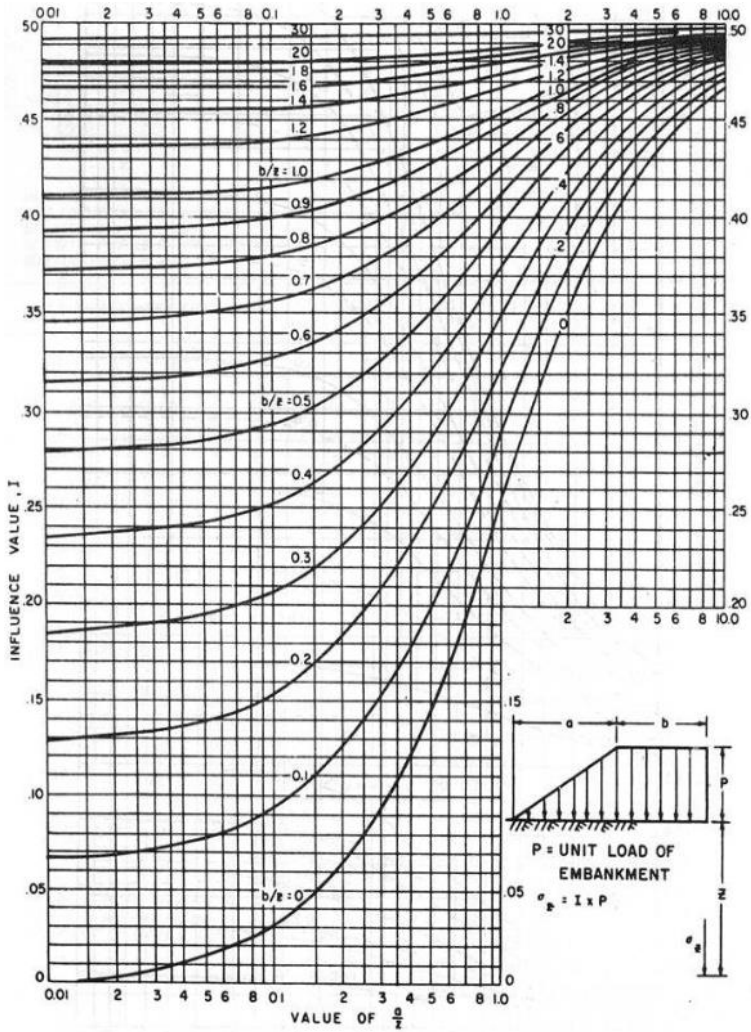
$$\Delta P = 2 \times I \times q_0 \quad (2.14)$$

Untuk Beban Persegi

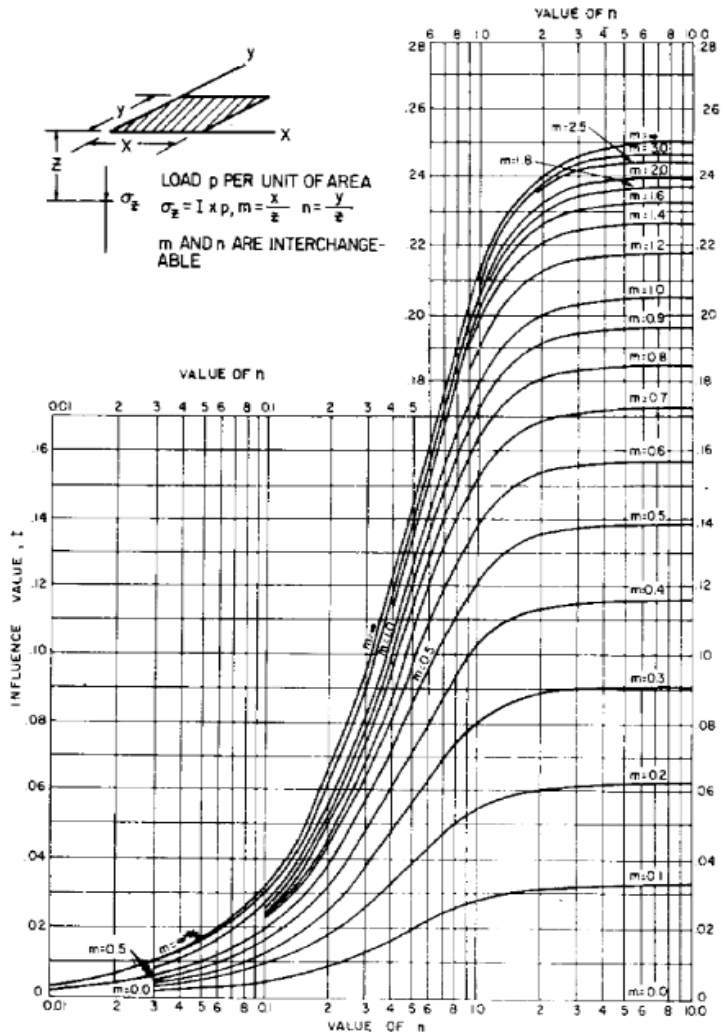
$$\Delta P = 4 \times I \times q_0 \quad (2.15)$$

Dimana:

- ΔP = besarnya penambahan tegangan vertikal akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau (ditengah-tengah lapisan ke-i) (t/m^2)
- q_0 = tegangan vertikal efektif dimuka tanah berupa timbunan
- I = Faktor pengaruh yang ditentukan berdasarkan kurva (NAVFAC DM-7, 1970) yang diberikan dalam Gambar 2.2 untuk beban timbunan bersisi miring atau trapesium, dan Gambar 2.3 untuk beban timbunan bersisi tegak atau beban merata perkerasan.



Gambar 2.2 Kurva I untuk beban timbunan bersisi miring
 (Sumber : NAVFAC DM-7, 1970)



Gambar 2.3 Kurva I untuk beban timbunan tegak atau beban merata perkerasan
 (Sumber : NAVFAC DM-7, 1970)

2.3.3. Pemampatan konsolidasi sekunder (*Secondary Consolidation*)

Pada akhir konsolidasi primer (setelah tegangan air pori $U = 0$), penurunan pada tanah masih tetap terjadi sebagai akibat dari penyesuaian plastis butiran tanah. Tahapan konsolidasi ini dinamakan konsolidasi sekunder. Besaran pemampatan sekunder dapat dihitung dengan Persamaan:

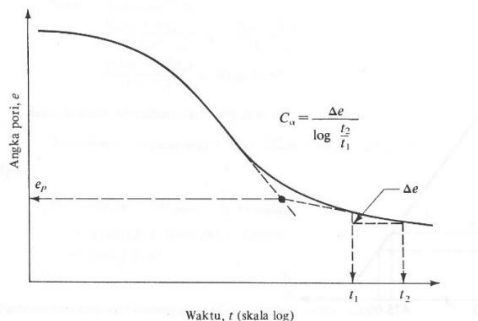
$$S_s = \frac{C_a}{1 + e_p} H \log \frac{t_2}{t_p} \quad (2.16)$$

Dimana:

- e_p = angka pori pada saat akhir pemadatan konsolidasi, $U=100\%$
- t_p = waktu saat $U = 100\%$
- t_2 = $t_p + \Delta t$
- H = tebal lapisan yang memampat
- C_a = indeks pemampatan sekunder

Harga C_a ditentukan dari kurva e vs $\log t$ (Gambar 2.4) dengan Persamaan:

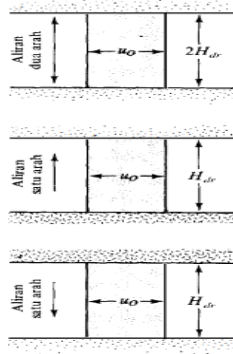
$$C_a = \frac{\Delta e}{\log t_2 - \log t_1} \quad (2.17)$$



Gambar 2.4 Kurva hubungan antara e vs $\log t$
(*Sumber* : Mochtar, 2012)

2.3.4. Waktu pemampatan konsolidasi

Pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar yang terjadi karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porus, yaitu keatas atau kebawah (*single drainage*) atau keatas dan kebawah (*double drainage*). Tanah yang dianggap mudah memampat adalah tanah lanau/lempung dengan rentang konsistensi dari sanagat lunak sampai menengah; atau *very soft to medium stiff soil*. Macam-macam tipe arah aliran pori dengan U_v tetap seperti dijelaskan pada Gambar 2.5 sebagai berikut:



Gambar 2.5 Macam tipe arah aliran pori dengan U_v tetap
(Sumber : Das, 1985)

Menurut Terzaghi, lama waktu konsolidasi (t) dapat dihitung dengan Persamaan:

$$t = \frac{T_v (H_{dr})^2}{C_v} \quad (2.18)$$

Dimana:

- t = waktu konsolidasi
- T_v = *time factor*, bergantung dari derajat konsolidasi U (%)
- H_{dr} = Jarak keluarnya air pori dari lapisan tanah (m)
- C_v = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal

Tabel 2.9 Derajat Konsolidasi dan Faktor Waktu

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	∞

(Sumber : Das, 1985)

Untuk jenis tanah heterogen yang memiliki nilai C_v yang berbeda antar lapisannya, harga C_v gabungan dapat dihitung dengan Persamaan:

$$C_v \text{ gabungan} = \frac{(\sum h)^2}{\left(\left(\frac{h_1}{\sqrt{C_{v1}}} \right) + \left(\frac{h_2}{\sqrt{C_{v2}}} \right) + \left(\frac{h_3}{\sqrt{C_{v3}}} \right) + \dots + \left(\frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}} \right) \right)^2} \quad (2.19)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \sum h &= \text{tebal perlapisan tanah ditinjau (m)} \\ C_v &= \text{harga } C_v \text{ pada tiap lapisan} \end{aligned}$$

Untuk menentukan derajat konsolidasi akibat aliran air pori secara vertikal, harga U_v digunakan Persamaan:

$$\text{Untuk } U_v \text{ antara } 0\% \text{ s.d } 60\%, U_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \quad (2.20)$$

$$\text{Untuk } U_v \text{ antara } > 60\%, U_v = (100-a)\% \quad (2.21)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} a &= 10 \left(\frac{1.781 - T_v}{0.933} \right) \\ T_v &= \frac{t \cdot C_v}{(H_{dr})^2} \\ H_{dr} &= \text{Jarak keluarnya air pori dari lapisan tanah (m)} \end{aligned}$$

- C_v = harga C_v tanah pada lapisan setebal lapisan yang ditinjau
 t = waktu konsolidasi

2.4. Stabilitas Lereng

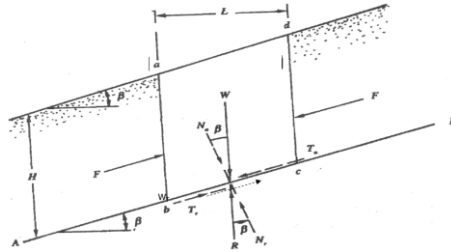
Suatu permukaan tanah yang miring, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng mempunyai banyak faktor, diantaranya kondisi tanah yang berlapis – lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, dan aliran rembesan air dalam.

Stabilitas lereng sangat dipengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menahan tekanan tanah terhadap keruntuhan. Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas plastis (*limit plastic equilibrium*). Adapun maksud analisis stabilitas lereng adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Hal ini pula yang melandasari apakah lereng tersebut stabil atau tidak, jika lereng tidak stabil dan cenderung akan mengalami kelongsoran, maka diperlukan perkuatan.

2.4.1. Lereng menerus (*infinite slope*)

Lereng menerus adalah lereng yang memiliki panjang dan kemiringan yang menerus (tidak terbatas). Lereng menerus identik dengan kemiringan dan tinggi lereng yang tidak berubah sepanjang segmennya. Lereng menerus biasanya berupa lereng alami di pegunungan dengan dua tipe kondisi kelongsoran yakni *infinite slope* tanpa aliran air dan dengan aliran air. Untuk kondisi kelongsoran tanpa aliran air dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan untuk kelongsoran dengan aliran air dapat dilihat pada Gambar 2.7.

- a) Tipe kelongsoran *infinite slope* tanpa aliran air



Gambar 2.6 Kondisi kelongsoran tanpa aliran air
(Sumber : Mochtar, 2012)

Tegangan normal (σ) akibat berat W dapat dicari dengan Persamaan:

$$\sigma = \frac{N_a}{bc} = \frac{\gamma \cdot L \cdot H \cdot \cos \beta}{\left[\frac{L}{\cos \beta} \right]} = \gamma \cdot H \cdot \cos^2 \beta \quad (2.22)$$

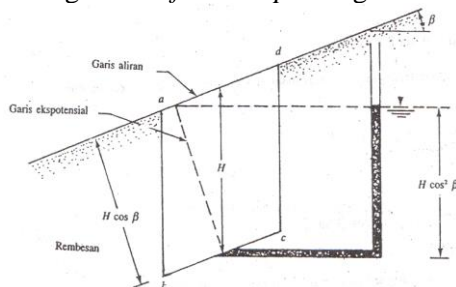
Tegangan geser (τ) akibat berat W dapat dicari dengan Persamaan:

$$\tau = \frac{T_a}{bc} = \frac{L \cdot H \cdot \gamma \sin \beta}{\left[\frac{L}{\cos \beta} \right]} = \gamma \cdot H \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta \quad (2.23)$$

Sehingga nilai stabilitas lereng dapat menggunakan Persamaan:

$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} = \frac{c + \gamma \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \varphi}{\gamma \cdot H \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta} \quad (2.24)$$

- b) Tipe kelongsoran *infinite slope* dengan aliran air



Gambar 2.7 Kondisi kelongsoran dengan aliran air
(Sumber : Mochtar, 2012)

Tegangan normal (σ) akibat berat W dapat dicari dengan Persamaan:

$$\sigma = \frac{N_a}{bc} = \frac{\gamma_{\text{sat}} \cdot L \cdot H \cdot \cos \beta}{\left[\frac{L}{\cos \beta} \right]} = \gamma_{\text{sat}} \cdot H \cdot \cos^2 \beta \quad (2.25)$$

Tegangan geser (τ) akibat berat W dapat dicari dengan Persamaan:

$$\tau_d = \frac{T_a}{bc} = \frac{L \cdot H \cdot \gamma_{\text{sat}} \cdot \sin \beta}{\left[\frac{L}{\cos \beta} \right]} = \gamma_{\text{sat}} \cdot H \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta \quad (2.26)$$

Sehingga nilai stabilitas lereng dapat menggunakan Persamaan:

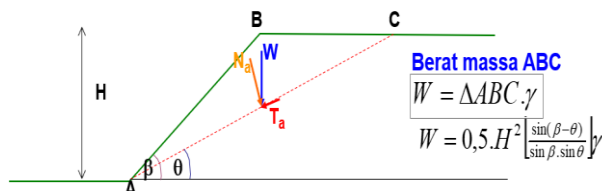
$$SF = \frac{\tau_f}{\tau_d} = \frac{c + \gamma' \cdot H \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \phi}{\gamma_{\text{sat}} \cdot H \cdot \cos \beta \cdot \sin \beta} \quad (2.27)$$

Pada kondisi kritis (seimbang), $\tau_f = \tau_d$

2.4.2. Lereng tinggi terbatas (*finite slope*)

Lereng tinggi terbatas adalah lereng yang menghubungkan tanah pada elevasi tertentu ke tanah yang lain dengan jarak pendek (tidak terlalu jauh) tetapi berada pada ketinggian yang berbeda. Terdapat dua tipe kelongsoran yakni tipe kelongsoran lurus (Gambar 2.8) dan tipe kelongsoran melingkar (Gambar 2.9).

a) Tipe kelongsoran lurus



Gambar 2.8 Kondisi kelongsoran lurus
(Sumber : Herman, 2015)

Tegangan normal (σ) akibat berat W dapat dicari dengan Persamaan:

$$\sigma = 0,5H \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \cos \theta \quad (2.28)$$

Tegangan geser (τ) akibat berat W dapat dicari dengan Persamaan:

$$\tau_d = 0,5H \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \sin \theta \quad (2.29)$$

Tegangan geser akan ditahan (diimbangi) oleh kuat geser tanah, sehingga:

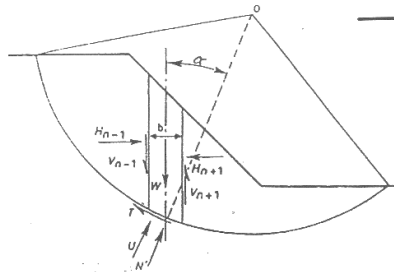
$$\tau_f = c + \sigma \tan \varphi \quad (2.30)$$

$$\tau_f = c + 0,5H \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \cos \theta \cdot \tan \varphi \quad (2.31)$$

Stabilitas lereng ditentukan dari perbandingan kuat geser tanah (τ_f) dengan tegangan geser tanah (τ), maka angka keamanan stabilitas lereng dapat menggunakan Persamaan:

$$SF = \frac{c + 0,5H \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \cos \theta \cdot \tan \varphi}{0,5H \left[\frac{\sin(\beta - \theta)}{\sin \beta} \right] \gamma \cdot \sin \theta} \quad (2.32)$$

b) Tipe kelongsoran melingkar



Gambar 2.9 Kondisi kelongsoran melingkar
(Sumber : Mochtar, 2012)

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keamanan kelongsoran melingkar (*overall stability*), salah satunya metode Fellenius yang persamaannya adalah sebagai berikut:

Angka keamanan untuk tanah pasir.

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^p (C'.\Delta L_N + [W_N.\cos \alpha_N - U.\Delta L_N].\tan \varphi')}{\sum_{n=1}^p W_N.\sin \alpha_N} \quad (2.33)$$

Angka keamanan untuk tanah lempung.

$$FS = \frac{\sum_{n=1}^p (C.\Delta L_N + W_N.\cos \alpha_N.\tan \varphi)}{\sum_{n=1}^p W_N.\sin \alpha_N} \quad (2.34)$$

Selain dengan menggunakan metode Fellenius, nilai keamanan pada kondisi kelongsoran melingkar (*overall stability*) juga bisa didapatkan dengan bantuan program bantu.

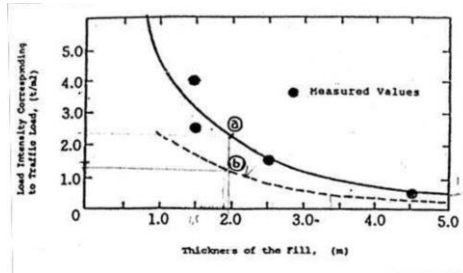
2.5. Perbaikan Tanah dengan Timbunan (*Surcharge*)

Pada dasarnya, perbaikan tanah dasar dengan metode *preloading* bertujuan untuk meningkatkan daya dukung dan kuat geser tanah serta menyelesaikan penurunan akibat proses pemampatan yang terjadi sebelumn infrastruktur dibangun di atasnya. Sehingga ketika infrastruktur telah selesai dibangun dan digunakan dalam jangka waktu sesuai umur rencana, tidak mengalami penurunan lagi akibat pemampatan tanah yang dapat membuat infrastruktur tersebut rusak atau terjadi penurunan yang tidak seragam (*differential settlement*).

Metode *Preloading* merupakan suatu metode perbaikan tanah lunak dengan cara diberikan beban berupa timbunan tanah (*Surcharge*) yang digunakan untuk mempercepat pemampatan sehingga akan meningkatkan daya dukung tanah dasar tersebut. Akibat adanya beban timbunan tersebut, maka lapisan tanah dibawahnya akan tertekan sehingga air yang berada di dalam pori-pori tanah akan tertekan keluar. Apabila penurunan akibat pemampatan yang diinginkan telah tercapai, sebagian timbunan *preloading* dapat dibongkar.

Besar tinggi timbunan yang dibongkar (H_{bongkar}) tergantung dari beban *traffic*. Untuk beban *traffic* harus diperhitungkan sebagai tambahan beban merata yang menyebabkan penurunan tanah. Menurut *Japan Road Associaton* (1986), beban *traffic* tersebut kemudian dapat dikorelasikan dalam tinggi timbunan

tambahan dan akan dibongkar (H_{bongkar}) saat waktu konsolidasi selesai. Semakin tinggi timbunan, semakin kecil pengaruh beban *traffic* terhadap penurunan tanah tersebut. Untuk tanah asli yang sudah memampat akibat PVD dapat diasumsikan pengaruh pada tanah dasar mengikuti kurva dari Gambar 2.10 sebagai berikut:



Gambar 2.10 Kurva hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas beban yang bersesuaian dengan beban *traffic*
(Sumber : Mochtar, 2000)

2.5.1. Perhitungan tinggi timbunan awal (H_{initial}) dan timbunan akhir (H_{akhir})

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

Kondisi awal:

$$q_{\text{awal}} = H_{\text{initial}} \times \gamma_{\text{timbunan}} \quad (2.35)$$

Setelah mengalami konsolidasi:

$$q_{\text{akhir}} = (H_{\text{initial}} \times \gamma_{\text{timbunan}}) - (Sc \times (\gamma_{\text{timbunan}} - \gamma'_{\text{timbunan}})) \quad (2.36)$$

Kondisi $\gamma_{\text{sat}} \neq \gamma_{\text{timbunan}}$ maka:

$$H_{\text{initial}} = \frac{q + (Sc(\gamma_{\text{timb}} - \gamma'_{\text{timb}}))}{\gamma_{\text{timb}}} \quad (2.37)$$

Kondisi $\gamma_{sat} = \gamma_{timbunan}$ maka:

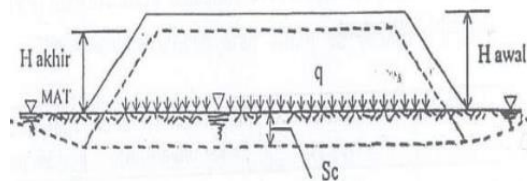
$$H_{initial} = \frac{q + (Sc \times \gamma_w)}{\gamma_{timb}} \quad (2.38)$$

$$H_{akhir} = (H_{initial} - SC_{timbunan} - SC_{pavement} - H_{bongkar-traffic}) + H_{pavement} \quad (2.39)$$

Dimana:

- $q_{initial}$ = Beban yang diasumsikan awal dalam perhitungan Sc sehingga didapat $H_{initial}$ untuk perhitungan.
- q_{akhir} = Beban akhir sebagai beban yang menyebabkan penurunan $H_{initial}$ untuk mencapai H_{final} rencana.
- $SC_{timbunan}$ = Penurunan tanah dibawah timbunan oleh beban.
- $SC_{pavement}$ = Penurunan akibat beban lalu lintas.
- $H_{bongkar-traffic}$ = Tinggi timbunan yang dapat dibongkar akibat pengaruh beban *traffic*.

Sketsa perencanaan tinggi timbunan saat mengalami pemampatan dapat dilihat pada Gambar 2.11 sebagai berikut.

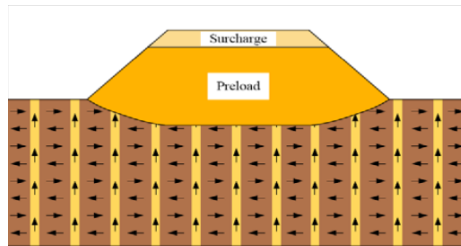


Gambar 2.11 Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan
(Sumber : Mochtar, 2000)

2.5.2. Metode mempercepat pemampatan dengan PVD

Kemampuan tanah lempung untuk meloloskan air (permeabilitas) sangat rendah sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk memampat. Untuk mempercepat terjadinya pemampatan ($U = 90\%$) dengan waktu efektif 6 bulan (24 minggu) perlu adanya pengurangan panjang jalur air pori. Oleh sebab itu diperlukannya pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk mengurangi jarak vertikal pemampatan menjadi radial

dengan bantuan PVD. Dengan kombinasi *preloading* yang dimana terdapat pembebanan di atasnya, air pori ditekan untuk keluar selama konsolidasi dan mengarah ke PVD. Selanjutnya air pori tersebut mengalir sepanjang jalur drainase vertikal yang telah diinstalasi seperti yang ditampilkan Gambar 2.12. Oleh sebab itu, pemasangan *vertical drain* dengan kombinasi preloading akan memperpendek jalur drainase, mempercepat proses konsolidasi, dan sekaligus meningkatkan kekuatan geser pada tanah.



Gambar 2.12 Konsolidasi akibat air pori mengalir arah radial
(Sumber : Jaka, 2015)

Penentuan waktu konsolidasi didasarkan pada teori aliran air vertikal didalam kolom pasir dengan menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang konsolidasi linier satu dimensi. Teori tersebut menetapkan hubungan antara waktu, diameter drain, jarak antara drain, koefisien konsolidasi, dan rata-rata derajat konsolidasi. Penentuan waktu konsolidasi berdasarkan Barron (1948) dijelaskan dalam Persamaan:

$$t = \left(\frac{D^2}{8.C_h} \right) \cdot F(n) \cdot \ln \left(\frac{1}{1-U_h} \right) \quad (2.40)$$

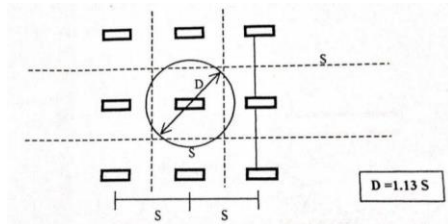
Dimana:

- t = lama waktu untuk mencapai U_h
- D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*
= $1,13 \times S$ untuk pada penyusunan bujursangkar,
Seperti pada Gambar 2.13

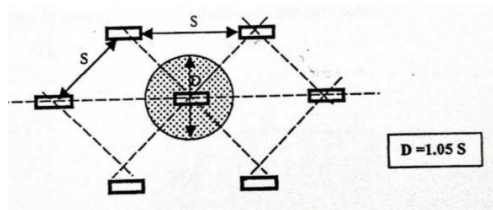
= $1,05 \times S$ untuk pada penyusunan segitiga, Seperti pada Gambar 2.14

C_h = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

\bar{U}_h = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial



Gambar 2.13 Pola Penyusunan Bujursangkar PVD
(Sumber : Mochtar, 2012)



Gambar 2.14 Pola Penyusunan Segitiga PVD
(Sumber : Mochtar, 2012)

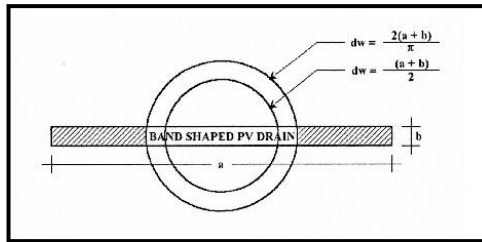
Fungsi $F(n)$ adalah merupakan fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD. oleh Hansbo (1979) harga $F(n)$ didefinisikan sebagai berikut:

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2-1} \right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2} \right) \right] \quad (2.41)$$

Dimana:

n = D/d_w

D = diameter ekuivalen dari *vertical drain* (ekuivalen terhadap bentuk lingkaran seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15)



Gambar 2.15 Equivalen diameter untuk PVD
(Sumber : Mochtar, 2012)

Pada umumnya $n > 20$ sehingga dapat dianggap $1/n = 0$ dan $\left(\frac{n}{n^2-1}\right)^2 \approx 1$; sehingga:

$$F(n) = \ln(n) - 3/4, \text{ atau} \quad (2.42)$$

$$F(n) = \ln(D/dw) - 3/4 \quad (2.43)$$

Hansbo (1979) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan persamaan yang dipengaruhi oleh faktor hambatan disebabkan jarak antar PVD dan faktor hambatan tanah yang terganggu (*disturbed*). Persamaan Hansbo (1979) dapat dilihat sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot Ch}\right) \cdot (F(n) + Fs + Fr) \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - U_h}\right) \quad (2.44)$$

Dimana:

- t = waktu yang diperlukan untuk mencapai U_h
- D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*
= $1,13 \times S$ untuk pada penyusunan bujursangkar (Gambar 2.13)
= $1,05 \times S$ untuk pada penyusunan segitiga (Gambar 2.14)
- S = jarak antara titik pusat PVD
- Ch = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

- $= (k_h.k_v) \cdot C_v$
 K_h/K_v = perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah radial dan vertikal, untuk tanah lempung yang jenuh air, harga $(k_h.k_v)$ berkisar antara 2 – 5
 $F(n)$ = faktor hambatan disebabkan jarak antar PVD
 F_r = faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri
 F_s = faktor hambatan tanah yang terganggu (*disturbed*)
 \bar{U}_h = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

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

$$F_r = \pi.z.(L-z) \cdot \left(\frac{k_h}{q_w}\right) \quad (2.45)$$

Dimana:

- Z = kedalaman titik yang ditinjau pada PVD terhadap permukaan tanah
 L = Panjang aliran
 k_h = koefisien permeabilitas arah horizontal dalam tanah yang tidak terganggu
 q_w = *discharge capacity* dari drain (tergantung dari jenis PVD)

Harga F_s merupakan faktor yang disebabkan oleh ada tidaknya perubahan pada tanah disekitar PVD akibat pemancangan PVD tersebut. Faktor ini memasukkan pengaruh "*disturbance*" (gangguan) terhadap tanah karena pemancangan tersebut (Hansbo,1979). F_s dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$F_s = \left(\frac{k_h}{k_s} - 1\right) \cdot \ln\left(\frac{ds}{dw}\right) \quad (2.46)$$

Dimana:

- K_s = koefisien permeabilitas arah horizontal pada tanah sudah terganggu.
 d_s = diameter daerah yang terganggu (*disturbed*) sekeliling PVD
 d_w = diameter lingkaran ekivalen untuk PVD

Adanya faktor F_s dan F_r cenderung memperlambat kecepatan konsolidasi. Faktor yang paling penting adalah $F(n)$ sedangkannya besar faktor (F_s) dapat mendekati atau bahkan sedikit lebih besar daripada $F(n)$, tergantung dari besarnya kerusakan pada tanahnya akibat pemancangan PVD. Dari data lapangan di dapatkan harga $F_s/F(n)$ berkisar antara 1 sampai 3; untuk memudahkan perencanaan maka dapat diasumsikan bahwa $F(n) = F_s$. Pengaruh perlawanan aliran (F_r) umumnya kecil maka dapat dianggap nol (Mochtar,2012). Dengan memasukan asumsi-asumsi diatas, Persamaan 2.40 berubah menjadi:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot Ch} \right) \cdot (2 \cdot F(n)) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{U}_h} \right) \quad (2.47)$$

Dimana:

- t = waktu yang diperlukan untuk mencapai U_h
 D = diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*
 = 1,13 x S untuk pada penyusunan bujursangkar (Gambar 2.13)
 = 1,05 x S untuk pada penyusunan segitiga (Gambar 2.14)
 Ch = koefisien konsolidasi untuk aliran air pori arah radial
 \bar{U}_h = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial
 $F(n)$ = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

Dengan memasukan harga t tertentu, dapat dicari harga U_h pada bagian lapis tanah yang dipasang PVD. selain konsolidasi akibat aliran air pori arah horisontal, juga terjadi konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal U_v . Harga U_v dicari dengan Persamaan 2.20 atau 2.21 sesuai parameternya. Untuk derajat konsolidasi akibat aliran air arah radial, harga U_h dapat dicari dengan Persamaan:

$$\bar{U}_h = \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times c_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \quad (2.48)$$

Dimana:

- \bar{U}_h = derajat konsolidasi arah radial (%)
- C_h = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial
= $(k_h.k_v) \cdot C_v$
- K_h/K_v = perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah radial dan vertikal, untuk tanah lempung yang jenuh air, harga $(k_h.k_v)$ berkisar antara 2 – 5
- D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*

Sehingga derajat konsolidasi rata-rata \bar{U} dapat dicari dengan Persamaan:

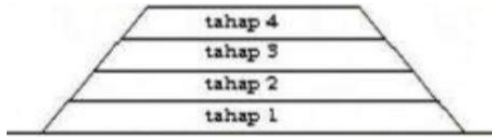
$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}_h).(1 - U_v)] \times 100\% \quad (2.49)$$

Dimana:

- \bar{U}_h = derajat konsolidasi arah horizontal (%)
- U_v = derajat konsolidasi arah vertikal (%)

2.5.3. Pemampatan akibat beban bertahap

Pada saat pelaksanaannya, timbunan tidak dapat langsung dilaksanakan sesuai dengan tinggi timbunan yang direncanakan. Oleh sebab itu, penimbunan dilakukan secara bertahap agar proses pemadatan dapat dilakukan dengan maksimal. Karena penimbunan bertahap, terjadi perubahan tegangan tanah yang mengakibatkan tanah dasar mampat akibat beban di atasnya. Pada Gambar 2.16 menerangkan pemberian timbunan dengan cara bertahap.



Gambar 2.16 Pemberian *preloading* secara bertahap
(Sumber : Mochtar, 2012)

Dengan ditinjau tegangan tanah awal (P_o') dan juga penambahan tegangan beban. Untuk penambahan tegangan beban maka digunakan persamaan (dalam t_i dan U total dari perhitungan PVD).

- ΔP_1 (Δ tegangan) akibat tahap penimbunan (1), dari 0 m s/d h_1 selama t_1 (derajat konsolidasi = U_1)

$$\Delta P_{1-U_1} = \left(\left(\frac{\sigma'_1}{P_o'} \right)^{U_1} \cdot P_o' \right) - P_o' \quad (2.50)$$

- ΔP_2 (Δ tegangan) akibat tahap penimbunan (2), dari h_1 m s/d h_2 selama t_2 (derajat konsolidasi = U_2)

$$\Delta P_{2-U_2} = \left(\left(\frac{\sigma'_2}{P_1'} \right)^{U_2} \cdot \sigma'_1 \right) - \sigma'_1 \quad (2.51)$$

Dengan adanya penambahan beban, maka tegangan tanah dilapisan yang ditinjau menjadi (dalam t_i dan U total dari perhitungan PVD) :

$$\sigma'_{\text{baru}} = P'_o + \left[\left(\left(\frac{\sigma'_1}{P'_o} \right)^{U1} \cdot P'_o \right) - P'_o \right] + \left[\left(\left(\frac{\sigma'_2}{P'_1} \right)^{U2} \cdot \sigma'_1 \right) - \sigma'_1 \right] + \left[\left(\left(\frac{\sigma'_n}{P'_i} \right)^{Un} \cdot \sigma'_i \right) - \sigma'_i \right] \quad (2.52)$$

Untuk selanjutnya dapat dihitung *consolidation settlement* pada penimbunan bertahap dapat dihitung dengan Persamaan:

- Rumus 1 apabila $P'_o + \Delta P1 \leq P_c$

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P1}{P'_o} \right) \quad (2.53)$$

- Rumus 2 apabila $P'_o + \Delta P1 + \Delta P2 > P_c$

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_c}{P'_o + \Delta P1} \right) + \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P1 + \Delta P2}{P'_c} \right) \quad (2.54)$$

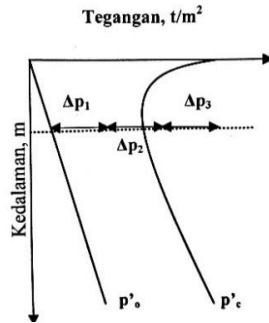
- Rumus 3 apabila $P'_o + \Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3 > P_c$

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3}{P'_o + \Delta P1 + \Delta P2} \right) \quad (2.55)$$

Dimana:

C_c	= indeks pemampatan (<i>compression index</i>)
C_s	= indeks pemuaiian (<i>swelling index</i>)
P'_o	= tegangan efektif <i>overburden</i>
ΔP	= penambahan tekanan vertikal
e_o	= angka pori

Untuk lebih jelasnya, perubahan teganan akibat penambahan beban bertahap dapat dilihat pada Gambar 2.17. Selanjutnya untuk kenaikan tegangan (ΔP), dipakai Persamaan 2.60 s.d 2.62 untuk menghitung pemampatan yang terjadi.



Gambar 2.17 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap
(Sumber : Mochtar, 2012)

2.5.4. Peningkatan daya dukung tanah akibat beban bertahap

Sebagai akibat terjadinya konsolidasi pada suatu lapisan tanah, maka lapisan tanah yang bersangkutan menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah juga meningkat sebagai akibat kenaikan harga C_u (*undrained shear strength*). Maka dari itu jika penimbunan dilakukan tanpa bantuan perkuatan masih bisa dilaksanakan dengan memperhatikan stabilitas akibat kenaikan nilai C_u dan penundaan tahap penimbunan jika stabilitasnya tidak memenuhi syarat. Namun jika timbunan dianalisis dengan bantuan perkuatan, maka kenaikan daya dukung tanah dasar tidaklah menjadi masalah lagi sehingga penimbunan dapat terus dilaksanakan tanpa adanya penundaan pentahapan dan tanpa terjadi kelongsoran (Mochtar, 2012). Oleh sebab itu, sebelum menghitung kebutuhan perkuatan tanah timbunan dapat diperiksa peningkatan daya dukung tanah dasar akibat penimbunan bertahap, sehingga didapat nilai C_u baru yang menjadi dasar untuk perhitungan perkuatan agar didapatkan perkuatan yang efektif sesuai dengan daya dukung tanah sebenarnya. Untuk menghitung nilai C_u baru dapat menggunakan Persamaan:

- a. Untuk $PI < 120\%$

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \cdot PI) \cdot \sigma_p' \quad (2.56)$$

b. Untuk $PI > 120\%$

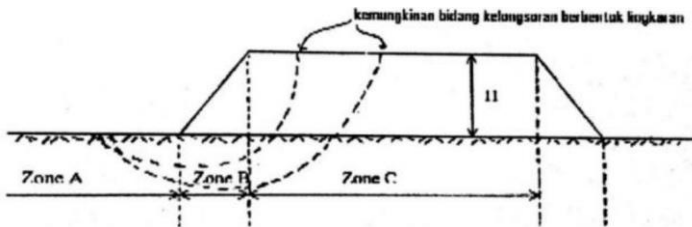
$$Cu \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0,0454 - 0,00004 \cdot PI) \cdot \sigma' \quad (2.57)$$

Dimana:

PI = *Plasticity Index*

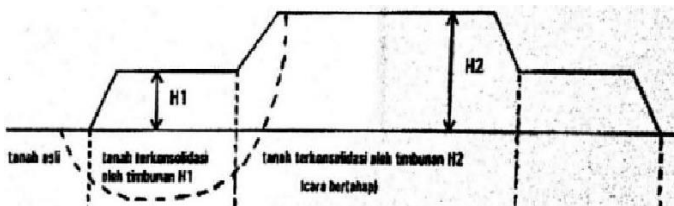
σ' = penambahan tegangan total (kg/cm²)

Pembagian zona oleh adanya peningkatan nilai Cu untuk diperiksa kestabilannya dengan menggunakan program bantu adalah berdasarkan Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Pembagian zona peningkatan nilai Cu
(Sumber : Mochtar, 2012)

Untuk bentuk timbunan dengan “*berm*” sebagai “*counterweight*” dapat digunakan asumsi seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Pembagian zona peningkatan nilai Cu dengan
“*berm*” sebagai “*counterweight*”
(Sumber : Mochtar, 2012)

Berdasarkan Gambar 2.18 dan Gambar 2.19 dapat dijelaskan sebagai berikut :

Zona A = Tanah dalam kondisi masih asli, $C_u = C_u$ asli

Zona B = Zona transisi, $C_u = \frac{C_{uA} + C_{uB}}{2}$

Zona C = Tanah terkonsolidasi dibawah timbunan H, nilai C_u di zona ini ditetapkan dengan berdasarkan nilai terbesar dari C_u lama dan C_u baru

2.6. Alternatif Perencanaan Timbunan Tanah

Pada umumnya timbunan oprit direncanakan menggunakan material tanah dengan kemiringan tertentu. Penggunaan material tanah ini didasarkan kepada kemudahan memperoleh material tanah yang dapat ditemui hampir di semua wilayah Indonesia. Namun dalam penggunaan timbunan tanah masih terdapat kekurangan yakni timbunan sering tidak stabil dan mudah longsor jika tinggi timbunan melampaui kemampuan tanah dasar untuk menahannya (daya dukung tanah dasar terlampaui). Oleh sebab itu perlu direncanakan perkuatan yang dapat mencegah timbunan tanah agar stabil dari kelongsoran. Perkuatan yang biasa digunakan diantaranya adalah *geotextile* dan *encapsulated stone column*.

2.6.1. Perkuatan tanah dengan *geotextile*

Geotextile adalah lembaran sintesis yang tipis, fleksibel, dan *permeable* yang digunakan untuk stabilisasi dan perbaikan tanah dengan sifat-sifat yang tahan terhadap senyawa-senyawa kimia, pelapukan, keausan, sinar untra violet, dan mikro organisme. Beberapa fungsi dari *geotextile* diantaranya:

1. Untuk perkuatan lereng timbunan yang memiliki kemiringan curam.
2. Kontruksi perkerasan jalan, berfungsi sebagai pemisah antara tanah dasar dan tanah *sub base*.
3. Sebagai separator pada lapisan tanah yang berada disisi sungai agar tidak terkena erosi.

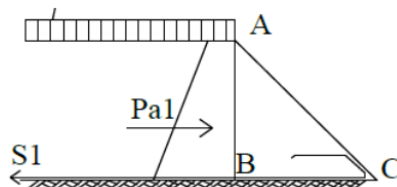
Pada perencanaan *geotextile* untuk perkuatan lereng timbunan yang memiliki kemiringan yang curam, perencanaan *geotextile* harus ditinjau berdasarkan stabilitas pada:

1. *Internal Stability*
2. *Foundation Stability*
3. *Overall Stability*

Sehingga dapat ditentukan jumlah *geotextile* dan mutu *geotextile* yang memenuhi ketiga syarat kestabilan tersebut. Untuk Penjelasan ketiga persyaratan tersebut, akan dijelaskan seperti dibawah ini.

a) *Internal Stability*

Kelongsoran internal terjadi akibat daya dukung material timbunan tidak mampu menahan dirinya sendiri, hal ini menyebabkan ketinggian timbunan rencana tidak dapat dipertahankan. Sistem stabilisasi internal merupakan sistem yang memperkuat tanah untuk mencapai kestabilan yang dibutuhkan. Sejak tahun 1960 terdapat dua cara yang sering digunakan di lapangan untuk menangani kelongsoran internal, yaitu *reinforced soils* dan *in-situ reinforcement*. *Reinforced soil* merupakan metode dengan cara menambahkan material perkuatan saat tanah diurug, sedangkan *in-situ reinforcement* merupakan sistem yang menambahkan material perkuatan dengan cara dimasukkan ke dalam tanah. Kondisi kestabilan *internal* dapat dijelaskan dalam Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Kondisi *internal stability*
(Sumber : Aditya, 2018)

Terdapat 2 syarat *internal stability* yang harus dipenuhi agar tidak terjadi longsor pada segmen ABC yaitu kontrol keadaan natural dan setelah adanya perkuatan. Syarat tidak terjadi

kegagalan pada lereng AC pada kondisi natural harus memenuhi Persamaan:

$$Pa_1 \leq \frac{(\text{Berat efektif ABC}) \times \tan \delta}{SF} \quad (2.58)$$

Dimana:

- δ = sudut geser antara dalam antara tanah timbunan dengan bahan *geotextile*, umumnya $\delta = \phi$
- SF = 1,25 untuk beban sementara
= 2 untuk beban tetap
- Pa1 = tekanan tanah aktif yang menekan segemen ABC

Sedangkan untuk syarat kekuatan bahan *geotextile* untuk perkuatan timbunan harus memenuhi Persamaan:

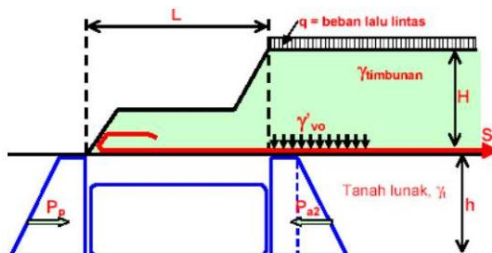
$$Pa_1 \leq \frac{S_1}{SF} \quad (2.59)$$

Dimana:

- S1 = kekuatan tarik bahan *geotextile*. Bila syarat ini tidak terpenuhi, digunakan beberapa lapis bahan. ($T_{\text{allow}} \times \text{jumlah layer}$)

b) *Foundation Stability*

Kondisi *foundation stability* divisualisasikan pada Gambar 2.21 sebagai berikut:



Gambar 2.21 Gaya yang terjadi pada *foundation stability*
(Sumber : Mochtar, 2012)

Kondisi *foundation stability* jika adanya *geotextile* tercapai bila:

$$P_{a2} \leq \frac{P_p + (2 \cdot C_u \cdot L) + T_{allow}}{SF} \quad (2.60)$$

Dimana:

- P_{a2} = tekanan tanah aktif dibawah timbunan
- P_p = tekanan tanah pasif dibidang *initiation* timbunan
- C_u = *Undrained Shear Strength* tanah lunak
- T_{allow} = kekuatan *geotextile* yang tersedia
- SF = 1,25 untuk beban sementara
= 2 untuk beban tetap

c) Overall Stability

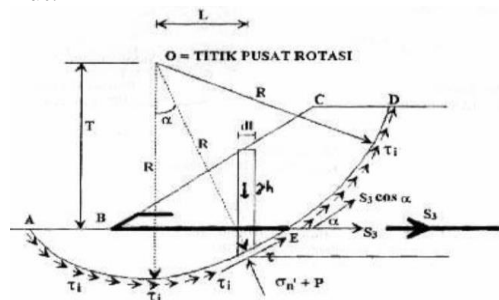
Kondisi *overall stability* tercapai bila momen penahan lebih besar dari momen penggerak, dengan begitu faktor keamanan akan meningkat. Maka momen penahan (M_R) dihitung dengan Persamaan:

$$M_R = R \sum \tau_i \cdot l_i + T_i \cdot S_i = M_{R_{eks}} + \Delta M_R \quad (2.61)$$

Dimana:

- S_i = gaya tarik *geotextile*
- T_i = jarak *geotextile* ke titik kelongsoran

Penjelasan dari Persamaan 2.61 dapat dijelaskan oleh Gambar 2.22 sebagai berikut:



Gambar 2.22 Gaya yang bekerja pada *overall stability*
(Sumber : Mochtar, 2012)

Selanjutnya sebagai syarat digunakan Persamaan:

$$SF = \frac{M_{\text{penahan}}}{M_{\text{pendorong}}} \quad (2.62)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} SF &= 1,25 \text{ untuk beban tetap} \\ SF &= 1,1 \text{ untuk beban sementara} \end{aligned}$$

d) Kebutuhan *geotextile*

Pada perencanaan *geotextile* harus dipertimbangkan kekuatan tarik ijin dari bahan *geotextile* tersebut dalam menerima atau memikul gaya geser saat terjadinya kelongsoran. Rumus kekuatan bahan *geotextile* dapat dicari dengan menggunakan Persamaan:

$$T_{\text{allow}} = T_{\text{ult}} \times \left(\frac{1}{FS_{\text{id}} \times FS_{\text{cr}} \times FS_{\text{cd}} \times FS_{\text{bd}}} \right) \quad (2.63)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} T_{\text{allow}} &= \text{kekuatan } geotextile \text{ yang tersedia} \\ T_{\text{ult}} &= \text{kekuatan ultimate } geotextile \\ FS_{\text{id}} &= \text{faktor keamanan akibat kerusakan pada saat} \\ &\quad \text{pemasangan} \\ FS_{\text{cr}} &= \text{faktor keamanan akibat rangkai} \\ FS_{\text{cd}} &= \text{faktor keamanan akibat pengaruh bahan-bahan} \\ &\quad \text{kimia} \\ FS_{\text{bd}} &= \text{faktor keamanan akibat pengaruh aktifitas biologi} \\ &\quad \text{dalam tanah} \end{aligned}$$

Harga FS_{id} , FS_{cr} , FS_{cd} , FS_{bd} merupakan faktor reduksi yang dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Nilai Faktor FS *Geotextile* Berdasarkan Penggunaannya

Penggunaan Geotextile	Faktor pemasangan	Faktor Rangkak	Faktor Kimia	Faktor Biologi
	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 Road	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	1,5–1,5	1,0–1,5	1,0–2,0	1,0–1,2
Flesible 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

(Sumber : Mochtar, 2012)

Panjang *geotextile* terpasang yang dibutuhkan pada satu sisi timbunan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$L_{\text{total}} = S_v + L_o + L_e + L_R \quad (2.64)$$

Dimana:

- S_v = panjang lipatan *geotextile* setebal tanah diperkuat (antara 25 – 30 cm)
- L_o = panjang penyaluran setelah S_v (biasanya diambil $\frac{1}{2}$ dari L_e)
- L_e = panjang *geotextile* berada dibelakang bidang longsor

$$= \frac{T_{\text{allow}} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E}$$
- τ_1 = tegangan geser antar tanah dasar dengan *geotextile*

$$= (C_{u1} + \sigma_v \cdot \tan \delta_1)$$
- τ_2 = tegangan geser antar tanah timbunan dengan *geotextile*

$$= (C_{u2} + \sigma_v \cdot \tan \delta_2)$$
- E = efesiensi diambil sebesar 80%
- FS = faktor aman sesuai penggunaan *geotextile*
- L_R = panjang *geotextile* didepan bidang longsor.

Untuk menghitung kekuatan momen penahan *geotextile* dapat menggunakan Persamaan:

$$M_{\text{geotextile}} = T_{\text{allow}} \times T_i \quad (2.65)$$

Oleh karena itu maka kekuatan momen seluruh *geotextile* harus lebih besar dari kebutuhan momen tambahan (ΔM_R), seperti Persamaan:

$$\Sigma M_{\text{geotextile}} > \Delta M_R \quad (2.66)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} \Sigma M_{\text{geotextile}} &= \text{total seluruh momen penahan } \textit{geotextile} \\ \Delta M_R &= \text{nilai tambahan momen penahan dari } M_{R \text{ existing}} \end{aligned}$$

2.6.2. Perkuatan tanah dengan *encapsulated stone column*

Encapsulated stone column adalah sebuah metode di mana kolom-kolom krikil ditanam ke dalam tanah yang sebelumnya telah dibungkus oleh *geotextile*. Prinsip kerja dari *encapsulated stone column* sama dengan *stone column*, hannya saja *encapsulated stone column* memiliki kelebihan lain yaitu kekuatan daya dukungnya dibantu oleh *geotextile*. Perencanaan *encapsulated stone column* dikontrol terhadap kapasitas daya dukung batas sebagai tiang tunggal dan grup, *overall stability*, serta *settlement* yang terjadi setelah dipasang *encapsulated stone column* tersebut. Di dalam perencanaan *encapsulated stone colum* hal-hal yang harus dipertimbangkan antara lain:

a) Diameter *encapsulated stone column* dan konsep unit cell

Diameter *encapsulated stone column* menentukan besarnya area *replacement ratio* dan besarnya distribusi tegangan pada tanah. Perencanaan diameter *encapsulated stone column* tergantung dari tipe tanah yang akan diperbaiki, beban yang harus didukung tanah, dan pola pemasangannya. *Encapsulated stone column* dan tanah lunak disekelilingnya tersebut disebut sebagai unit cell. Pola pemasangan *encapsulated stone column* akan mempengaruhi bentuk unit cell dimana pola pemasangannya

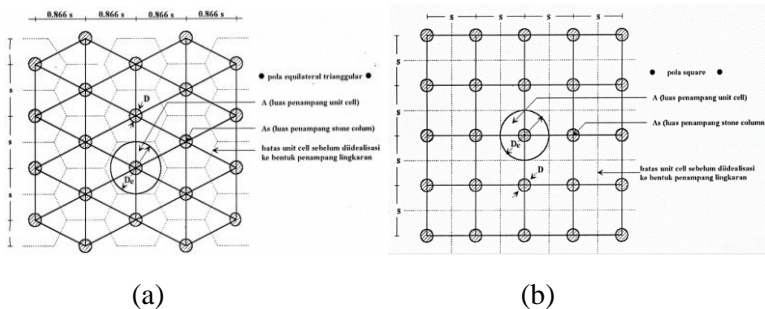
dibedakan menjadi dua pola, yaitu pola segitiga dan pola bujur sangkar. Pola pemasangan segitiga akan memberikan bentuk segienak pada penampang unit cell, dan pola bujursangkar akan memberikan bentuk bujur sangkar seperti yang ditampilkan Gambar 2.23. Kedua bentuk penampang tersebut dapat didekati dengan bentuk lingkaran yang mempunyai diameter D_w (diameter ekuivalen) sebagai berikut:

- Pola segitiga, $D_w = 1,05s$ (2.67)

- Pola bujur sangkar, $D_w = 1,13s$ (2.68)

Dimana:

S = jarak antar *encapsulated stone column*



Gambar 2.23 Pola pemasangan *encapsulated stone column*
 a) Pola segitiga b) pola bujur sangkar
 (Sumber : Mochtar, 2012)

b) Panjang dan jarak *encapsulated stone column*

Panjang *encapsulated stone column* yang direncanakan diukur dari muka tanah asli sampai dengan kedalaman aman rencana. Jarak *encapsulated stone column* adalah jarak antar pusat penampang, dengan demikian suatu kelompok *encapsulated stone column* mempunyai dua arah *spacing* yakni arah x dan arah y yang besarnya sama. Jarak *encapsulated stone column* biasanya diambil sebesar 1,5 sampai dengan 2,5 kali dari diameter rencana *encapsulated stone column*.

c) *Area replacement ratio*

Area replacement ratio adalah perbandingan antara luas penampang *encapsulated stone column* dengan luas tanah lunak di sekelilingnya dengan perumusan sebagai berikut:

$$as = \frac{As}{A} \text{ atau } as = C_1 \left(\frac{D}{s} \right)^2 \quad (2.69)$$

$$ac = \frac{Ac}{A} \text{ atau } ac = (1 - as) \quad (2.70)$$

Dimana:

as = *area replacement ratio encapsulated stone column*

ac = *area replacement ratio tanah lunak*

As = luas penampang *encapsulated stone column* (meter)

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

A = luas penampang unit cell (meter)

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times D_e^2$$

D = diameter *encapsulated stone column* (meter)

D_e = diameter penampang unit cell (meter)

S = jarak antara *encapsulated stone column* (meter)

C_1 = konstanta yang tergantung pada pola penyusunan *encapsulated stone column*, pola segitiga $C_1 = 0,907$ dan pola bujur sangkar $C_1 = \pi/4$

d) *Konsentrasi tegangan*

Pada saat beban *embankment* bekerja pada tanah, konsentrasi tegangan yang lebih besar terjadi pada *encapsulated stone column* dan pengurangan tegangan tegangan terjadi pada tanah disekitarnya. Faktor konsentrasi tegangan, n , adalah perbandingan tegangan antara tegangan pada *encapsulated stone column* dan tegangan pada tanah disekitarnya dengan Persamaan:

$$n = \sigma_s / \sigma_c \quad (2.71)$$

Dimana:

σ_s = tegangan pada *encapsulated stone column*

σ_c = tegangan tanah disekitar *encapsulated stone column*

Selain menggunakan Persamaan 2,71 diatas, nilai konsentrasi tegangan juga dapat diambil dengan nilai 4 sampai dengan 5.

Berdasarkan keseimbangan gaya-gaya vertikal yang ada sepanjang unit cell, maka tegangan rata-rata yang bekerja pada unit cell adalah fungsi dari *area replacement ratio* (as).

$$\sigma = \sigma_s \cdot as + \sigma_c \cdot (1 - as) \quad (2.72)$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, tegangan yang bekerja pada *encapsulated stone column* dan tegangan yang bekerja pada tanah lunak disekelilingnya dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\sigma_c = \sigma / (1 + (n - 1) \cdot as) = \mu_c \cdot \sigma \quad (2.73)$$

$$\sigma_s = n / (1 + (n - 1) \cdot as) = \mu_s \cdot \sigma \quad (2.74)$$

$$\mu_c = \frac{1}{[1 + (n - 1) \times as]} \quad (2.75)$$

$$\mu_s = \frac{n}{[1 + (n - 1) \times as]} \quad (2.76)$$

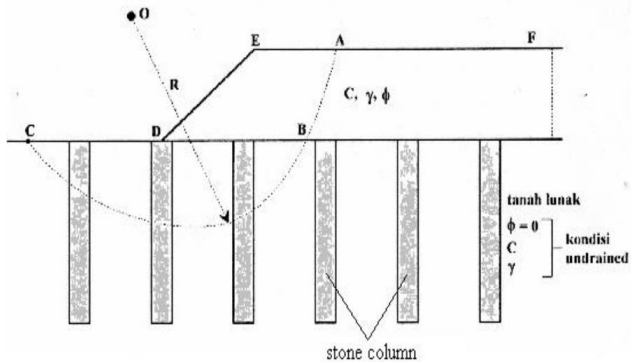
Dimana:

- n = faktor konsentrasi tegangan
- as = *area replacement ratio*
- σ = tegangan rata-rata di atas unit cell akibat beban luar
- σ_s = tegangan pada *encapsulated stone column* akibat beban luar
- σ_c = tegangan pada tanah lunak disekeliling *encapsulated stone column*
- μ_c = ratio tegangan pada tanah lunak
- μ_s = ratio tegangan pada *encapsulated stone column*

e) Daya dukung *encapsulated stone column* (ESC) untuk stabilitas timbunan.

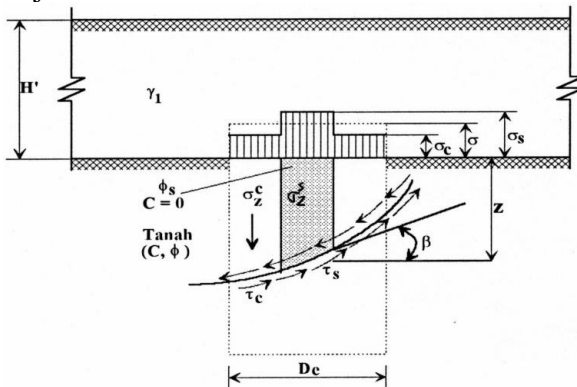
Stabilitas timbunan diatas tanah lunak yang diperkuat dengan bantuan *encapsulated stone column* secara teoritis dapat

dihitung dengan cara keruntuhan lingkaran seperti pada Gambar 2.24 berikut.



Gambar 2.24 Analisa stabilitas ESC untuk timbunan
(Sumber : Mochtar, 2017)

Analisa stabilitas ESC untuk timbunan pada tanah lunak berdasarkan tegangan-tegangan yang bekerja disekitar bidang runtuh timbunan. Gambar 2.25 menunjukkan tegangan-tegangan yang bekerja disekitar ESC.



Gambar 2.25 Tegangan-tegangan yang bekerja pada ESC
(Sumber : Mochtar, 2017)

Berdasarkan Gambar 2.25 tersebut, besar daya dukung ESC dapat dihitung dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Tegangan efektif pada *encapsulated stone column* (ESC) yang bekerja pada bidang longsor (σ_z^s)

$$\sigma_z^s = \sigma_s + \gamma'_{sc} \times Z_n \quad (2.77)$$

Dimana:

- σ_s = tegangan yang bekerja pada ESC
- γ'_{sc} = berat volume efektif ESC
- Z_n = panjang ESC yang terpotong bidang longsor

- Besar tegangan geser pada *encapsulated stone column* (τ_z^s)

$$\tau_z^s = \sigma_N^s \times \text{tg}\phi_s + C_s \quad (2.78)$$

Dimana:

- σ_N^s = tegangan normal ESC pada bidang longsor.
= $\sigma_z^s \times \cos^2 \beta$
- β = sudut kemiringan antara garis singgung permukaan bidang longsor dengan bidang horisontal.
- ϕ_s = sudut geser dalam ESC
- C_s = kohesi dari ESC

- Besar gaya geser maksimum akibat *encapsulated stone column* (ESC) pada bidang gelincir (P_z^s)

$$P_z^s = \tau_z^s \times \frac{A_s}{\cos \beta} \quad (2.79)$$

Dimana:

- A_s = luas penampang melintang ESC

- Tambahan momen penahan akibat adanya 1 ESC

$$\Delta Mr = P_z^s \times R \quad (2.80)$$

Dimana:

$$R = \text{jari-jari bidang longsor}$$

f) *Geotextile* sebagai selubung *stone column*

Tegangan vertikal yang diterima oleh ESC umumnya melebihi daya dukung dari ESC itu sendiri. Untuk meningkatkan daya dukung vertikal ESC, digunakan selubung yang berupa *geotextile* yang akan membungkus *stone column* tersebut. *Geotextile* sebagai selubung *stone column* berguna untuk menghindari potensi keruntuhan *bulging* akibat beban vertikal yang diterima *stone column* melebihi daya dukungnya. Perhitungan kebutuhan *geotextile* sebagai selubung *stone column* mengikuti perhitungan sebagai berikut:

- Tegangan horizontal pasif pada ESC (σ_3)

Tegangan horizontal pasif pada ESC disebabkan oleh tekanan tanah akibat beratnya sendiri (*overburden*). Besar tegangan horizontal tersebut dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_3 = (K_{O_s} \times \sigma_{v_0}) + C_u \left[1 + \text{Ln} \frac{E_c}{2C_u(1+\mu)} \right] \quad (2.81)$$

Dimana:

$$\begin{aligned} K_{O_s} &= \text{koefisien tegangan horizontal "at rest"} \\ \sigma_{v_0} &= \text{tegangan } \textit{overburden} \text{ tanah} \\ C_u &= \text{kekuatan geser undrained} \\ \mu &= \text{angka poisson ratio tanah} \\ E_c &= \text{modulus elastisitas tanah} \end{aligned}$$

- Tegangan vertikal ultimate ESC (σ_1)

Besar tegangan vertikal ultimate ESC menentukan apakah ESC tersebut dapat menahan beban vertikal di atasnya atau tidak. Jika besar tegangan vertikal melebihi tegangan

ultimate ESC, keruntuhan *bulging* mungkin dapat terjadi pada ESC tersebut. Besar tegangan vertikal ultimate ESC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

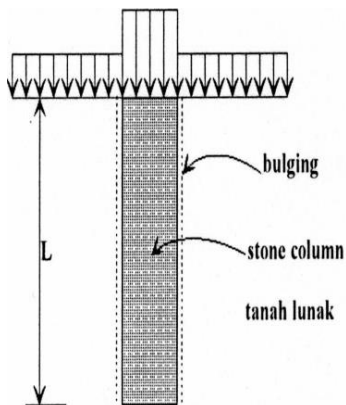
$$\sigma_1 = Kp_{sc} \times \sigma_3 \quad (2.82)$$

Dimana:

Kp_{sc} = koefisien tekanan pasif tanah pada ESC

- *Cavity expansion theory*

Berdasarkan *cavity expansion theory*, keruntuhan *bulging* yang terjadi pada ESC tidak hanya sepanjang 3D tapi sepanjang ESC tersebut. Gambar 2.26 berikut menunjukkan tipe keruntuhan *bulging* berdasarkan teori *cavity expansion*.



Gambar 2.26 Asumsi *bulging* menurut *cavity expansion theory*
(Sumber : Mochtar, 2017)

Berdasarkan gambar di atas, didapatkan daya dukung vertikal ultimate ESC adalah nilai rata-rata dari daya dukung vertikal tiap kedalaman ESC tersebut.

- Gaya pada *geotextile*

Selisih tegangan vertikal yang terjadi kemudian dikonversikan menjadi tegangan horizontal yang nantinya

akan ditahan *geotextile*. Besaran tegangan horizontal tersebut kemudian dikalikan keliling selubung ESC untuk mendapatkan besaran gaya yang bekerja pada selubung tersebut. Setelah gaya pada selubung didapatkan, besaran kuat tarik *geotextile* yang dibutuhkan dapat diketahui dengan persamaan:

$$Fr = W \times \tan(\delta) \quad (2.83)$$

Dimana:

- W = gaya pada selubung ESC
 δ = sudut geser antar kerikil dengan bahan *geotextile*
 = $(2/3 \times \phi_s)$

2.7. Alternatif Perencanaan Timbunan *Geofoam*

2.7.1. Material *geofoam*

Geofoam merupakan bahan geosintetik dengan bahan dasar *polystyrene*. Terdapat dua macam *geofoam*, yaitu *Expanded Polystyrene* (EPS) dan *Extruded Polystyrene* (XPS). Perbedaan keduanya terdapat pada proses pembuatan *geofoam* tersebut.

EPS *geofoam* yang digunakan untuk aplikasi geoteknik disebut dengan EPS blok *geofoam*, karena penggunaan EPS *geofoam* yang berbentuk blok – blok. EPS blok *geofoam* memiliki densitas yang sangat ringan dibandingkan dengan densitas tanah, yaitu 10 – 100 kg/m³ atau sekitar 1% dari densitas tanah. Untuk lebih jelasnya, propertis fisik dari EPS *geofoam* dijelaskan sebagai berikut:

a. Dimensi

EPS *geofoam* memiliki dimensi yang bermacam – macam sesuai dengan pemesanan dan fungsinya. Pada umumnya dimensi EPS *geofoam* ditunjukkan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Dimensi Eps *geofoam*

	Dimensi (mm)
Lebar	305 - 1219
Panjang	1219 - 4877
Tebal	25 - 1219

(Sumber : University of Illinois,2004)

b. Densitas

Densitas EPS *geofoam* berkisar antara 10 – 100 kg/m³, walaupun pada praktik di lapangan, densitas EPS dapat lebih kecil yaitu berkisar 11 – 38 kg/m³. Standar densitas EPS *geofoam* mengaju pada ASTM D6817 seperti pada Tabel 2.12 berikut.

Tabel 2.12 Spesifikasi Densitas Menurut ASTM D6817

Foam-Control EPS Geofoam Properties							
Property		ASTM D6817					
		EPS12	EPS15	EPS19	EPS22	EPS29	EPS39
Density ¹ , min.	lb/ft ³ (kg/m ³)	0.70 (11.2)	0.90 (14.4)	1.15 (18.4)	1.35 (21.6)	1.80 (28.8)	2.40 (38.4)
Compressive Resistance ¹ @ 1% deformation, min.	psi psf (kPa)	2.2 320 (15)	3.6 520 (25)	5.8 840 (40)	7.3 1050 (50)	10.9 1570 (75)	15.0 2160 (103)
Elastic Modulus ¹ , min	psi (kPa)	220 (1500)	360 (2500)	580 (4000)	730 (5000)	1090 (7500)	1500 (10300)
Flexural Strength ¹ , min.	psi (kPa)	10.0 (69)	25.0 (172)	30.0 (207)	40.0 (276)	50.0 (345)	60.0 (414)
Water Absorption ¹ by total immersion, max.	volume %	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0
Oxygen Index ¹ , min.	volume %	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
Bouyancy Force	lb/ft ³ (kg/m ³)	61.7 (990)	61.5 (980)	61.3 (980)	61.1 (980)	60.6 (970)	60.0 (960)
Additional Properties for Compressible Applications							
Compressive Resistance ¹ @ 5% deformation, min.	psi psf (kPa)	5.1 730 (35)	8.0 1150 (55)	13.1 1890 (90)	16.7 2400 (115)	24.7 3560 (170)	35.0 5040 (241)
Compressive Resistance ¹ @ 10% deformation, min.	psi psf (kPa)	5.8 840 (40)	10.2 1470 (70)	16.0 2300 (110)	19.6 2820 (135)	29.0 4190 (200)	40.0 5760 (276)

(Sumber : University of Illinois,2004)

c. *Flammibility*

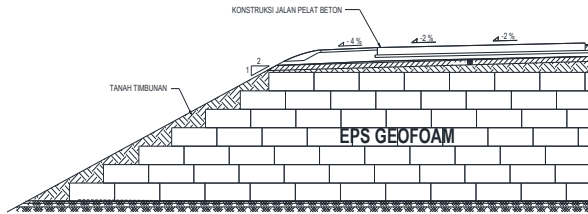
EPS *geofoam* memiliki propertis yang mudah terbakar, indeks oksigen menunjukkan persentase minimum oksigen yang diperlukan di lingkungan lapangan untuk *geofoam* terbakar. Material dengan indeks oksigen $\leq 21\%$ akan mudah terbakar pada udara dengan kadar oksigen 21% jika terdapat sumber api, sehingga indeks oksigen *geofoam* perlu berada diatas kandungan oksigen di udara. *Polystyrene* memiliki indeks oksigen 18%, namun EPS *geofoam* didesain dengan memiliki properties tahan api sehingga indek oksigennya minimum sebesar 24% (Tabel 2.12).

2.7.2. Aplikasi EPS *geof*oam

Densitas yang sangat rendah, yaitu kurang 1% dari densitas tanah, mengakibatkan EPS *geof*oam sering digunakan untuk solusi timbunan pada tanah – tanah yang memiliki daya dukung rendah. Beberapa pengaplikasian *geof*oam dijelaskan seperti dibawah ini.

a. Timbunan

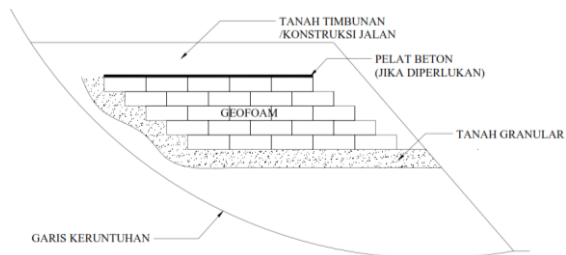
Aplikasi *geof*oam untuk timbunan digunakan pada tanah dasar lunak yang memiliki daya dukung yang rendah dan penurunan yang tinggi. Dengan mengandalkan densitas EPS *geof*oam yang ringan dapat meningkatkan stabilitas struktur dengan mengurangi beban yang bekerja pada tanah dasar dan mengurangi penurunan yang terjadi. Penggunaan EPS *geof*oam untuk timbunan jalan dapat dilihat pada Gambar 2.27.



Gambar 2.27 EPS *geof*oam pada konstruksi timbunan
(Sumber : penulis)

b. Stabilitas lereng

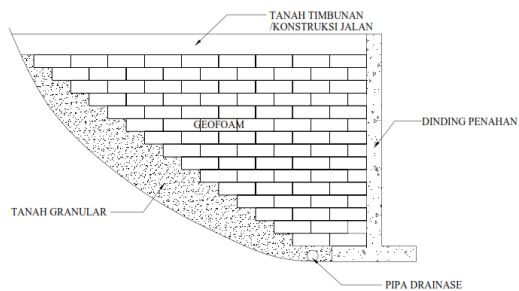
Pengaplikasian *geof*oam pada lereng akan mengurangi gaya pendorong lereng yang menyebabkan kelongsoran pada lereng. Gaya pendorong yang dihasilkan dengan menggunakan material tanah akan lebih besar jika dibandingkan material *geof*oam, hal ini diakibatkan densitas tanah yang lebih berat dibandingkan densitas *geof*oam. Penggunaan EPS *geof*oam untuk stabilitas lereng dapat dilihat pada Gambar 2.28.



Gambar 2.28 EPS *geofabric* pada konstruksi stabilitas lereng
(Sumber : Sasmita,2017)

c. Dinding penahan

Penggunaan EPS *geofabric* sebagai dinding penahan tanah bertujuan untuk mengurangi tekanan lateral yang bekerja pada dinding penahan. Pengaplikasian EPS *geofabric* adalah sebagai substitusi material tanah pada bagian tanah yang menghasilkan tekanan aktif tanah. Karena densitas EPS *geofabric* yang ringan, tegangan vertikal yang dihasilkan di belakang dinding penahan akan lebih kecil dibandingkan material tanah. Penggunaan EPS *geofabric* untuk dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 2.29.



Gambar 2.29 EPS *geofabric* pada konstruksi dinding penahan
(Sumber : Sasmita,2017)

2.7.3. Perencanaan timbunan dengan Geofabric

Dalam merencanakan EPS *geofabric* untuk timbunan jalan, terdapat beberapa hal yang harus di tinjau agar timbunan jalan aman dan layak digunakan. Hal tersebut meliputi:

a) *Bearing Capacity*

Bearing capacity atau biasa disebut daya dukung, sangat berpengaruh untuk material timbunan. Dalam hal penggunaan EPS *geofoam*, daya dukung tanah untuk menerima beban *geofoam* tergantung dari *undrained shear strength* (S_u). nilai S_u dari tanah dasar harus lebih besar daripada nilai $S_{u\ req}$ yang dibutuhkan. Nilai $S_{u\ req}$ untuk nilai *safety factor* 3 dapat dicari dengan Persamaan:

$$S_u = \frac{3}{5} \left\{ \left[\frac{(\sigma_{n,pavement} + \sigma_{n,traffic})T_w}{T_w + T_{EPS}} \right] + \frac{(\gamma_{EPS} \times T_{EPS})}{2} \right\} \quad (2.84)$$

Dimana:

$\sigma_{n,pavement}$	= tegangan normal akibat pavement diatas timbunan, Kpa
$\sigma_{n,traffic}$	= tegangan normal akibat beban <i>traffic</i> diatas timbunan, Kpa
T_w	= lebar jalan diatas timbunan (lebar atas timbunan), m
T_{EPS}	= tinggi rencana timbunan EPS <i>geofoam</i>

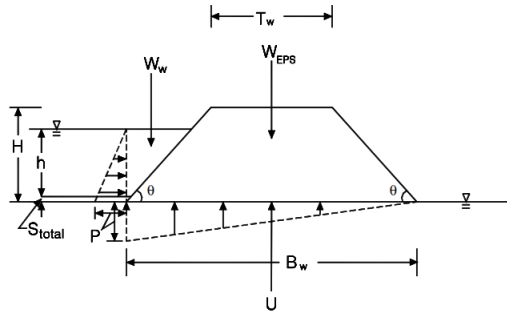
b) *Slope Stability*

Slope stability pada material EPS *geofoam* sama dengan *slope stability* material tanah. Tipe kelongsoran yang ditinjau adalah tipe kelongsoran *overall stability* dengan nilai *safety factor* yang dicari dengan Persamaan:

$$FS = \frac{\text{Momen penahan}}{\text{Momen pendorong}} \quad (2.85)$$

c) *Hydrostatic Uplift* akibat muka air banjir satu sisi (*Flotation*)

Gaya uplift adalah gaya angkat yang bekerja berlawanan dengan gravitasi. Gaya uplift bekerja apabila suatu material yang mempunyai luasan diletakan pada tanah yang terendam air. Pada kasus timbunan dengan material EPS *geofoam*, perlu pengecekan terhadap uplift dikarenakan berat EPS *geofoam* yang relatif ringan. Gaya *uplift* terjadi ketika kondisi timbunan *geofoam* mengalami banjir pada salah satu sisinya seperti yang ditunjukkan Gambar 2.30.



Gambar 2.30 Gaya uplift jika muka air pada satu sisi
(Sumber : University of Illinois,2004)

Kestabilan terhadap gaya *uplift* dapat dirumuskan dengan Persamaan:

$$FS = \frac{\sum N}{\sum U} \quad (2.86)$$

$$\sum N = W_{EPS} + W_w + W'_w + Q_{REQ} \quad (2.87)$$

$$\sum U = 1/2 \times \gamma_w \times (h + S_{total}) \times B_w \quad (2.88)$$

Dimana:

- W_{EPS} = berat timbunan EPS *geofom*
- W_w = berat air secara vertikal yang membebani sisi kiri timbunan
- S_{total} = total pemampatan yang terjadi pada timbunan
- h = tinggi muka air
- B_w = lebar bawah timbunan
- Q_{REQ} = beban tambahan yang dibutuhkan agar timbunan memenuhi persyaratan *safety factor*.

Nilai Q_{REQ} inilah yang nantinya dijadikan sebagai *soil cover* untuk timbunan EPS *geofom*. Penggunaan *soil cover* selain sebagai penambah tegangan *overburden*, yaitu sebagai pelindung material EPS *geofom* terhadap paparan radiasi ultraviolet. Untuk mendapatkan Q_{req} dapat menggunakan Persamaan:

$$Q_{\text{req}} = SF \times \left[\left(\frac{1}{2} \times \gamma_w \times (h + S_{\text{total}}) \times B_w \right) \right] - [(W_{\text{EPS}} + W_w)] \quad (2.89)$$

Dimana:

$$W_{\text{EPS}} = \text{Berat EPS } \textit{geofoam} = \frac{H(T_w + B_w)}{2} \times \gamma_{\text{EPS Dry}}$$

$$W_w = \frac{1}{2} \times (h + S_{\text{total}}) \times \left(\frac{sh}{sv} \times (h + S_{\text{total}}) \right) \times \gamma_w$$

h = tinggi timbunan

S_{total} = total pemampatan

B_w = lebar bawah timbunan

Menentukan berat *soil cover* dengan menggunakan Persamaan:

$$W_{\text{cover}} = 2 \times \left(\gamma_{\text{cover}} \times \frac{T_{\text{EPS}}}{\sin\theta} \times \frac{T_{\text{cover}}}{\cos\theta} \right) \quad (2.90)$$

Dikarenakan perhitungan W_{EPS} berdasarkan asumsi bahwa EPS blok menjangkau sampai tinggi timbunan, berat dari EPS yang setara dengan tinggi *pavement* harus dikurangi dengan total beban overbuden. Dimana tegangan Q_{req} harus memenuhi Persamaan:

$$Q_{\text{req}} < \left(\gamma_{\text{pavement}} \times T_{\text{pavement}} \times T_w \right) - \left(\gamma_{\text{EPS}} \times T_{\text{pavement}} \times T_w \right) + W_{\text{cover}} \quad (2.91)$$

Dimana:

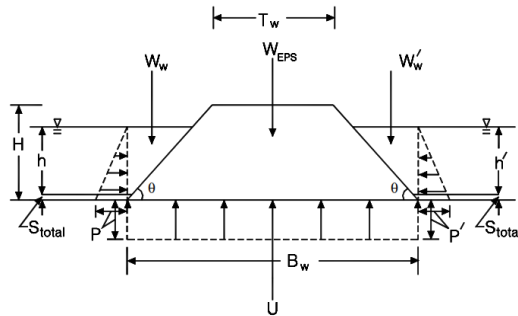
T_w = lebar atas timbunan

T_{pavement} = Tebal pavement

d) *Hydrostatic Uplift* akibat muka air banjir dua sisi (*Flotation*)

Selain gaya *uplift* pada saat banjir satu sisi, potensi lainnya yang mungkin terjadi dilapangan adalah banjir pada kedua sisi timbunan. banjir pada kedua sisi timbunan ini mempunyai pengaruh gaya *uplift* yang lebih besar jika dibandingkan dengan banjir satu sisi. Pada kasus timbunan dengan material EPS *geofoam*, perlu pengecekan terhadap uplift dikarenakan berat EPS *geofoam* yang relatif ringan. Jika gaya *uplift* yang bekerja lebih besar dari gaya perlawanan timbunan, maka timbunan akan terangkat dan kehilangan daya dukungnya. Gaya *uplift* terjadi

ketika kondisi timbunan *geofoam* mengalami banjir pada salah kedua sisinya seperti yang ditunjukkan Gambar 2.31.



Gambar 2.31 Gaya uplift jika muka air pada dua sisi
(Sumber : University of Illinois,2004)

Kestabilan terhadap gaya *uplift* dapat dirumuskan dengan Persamaan:

$$FS = \frac{\sum N}{\sum U} \quad (2.92)$$

$$\sum N = W_{EPS} + W_w + W'_w + Q_{REQ} \quad (2.93)$$

$$\sum U = \gamma_w \times (h + S_{total}) \times B_w \quad (2.94)$$

Dimana:

- W_{EPS} = berat timbunan EPS *geofoam*
- W_w = berat air secara vertikal yang membebani sisi kiri timbunan
- W'_w = berat air secara vertikal yang membebani sisi kanan timbunan
- S_{total} = total *settlement* yang terjadi pada timbunan
- h = tinggi muka air
- B_w = lebar bawah timbunan
- Q_{REQ} = beban tambahan yang dibutuhkan agar timbunan memenuhi persyaratan *safety factor*.

Nilai Q_{REQ} inilah yang nantinya dijadikan sebagai *soil cover* untuk timbunan EPS *geofoam*. Penggunaan *soil cover* selain sebagai penambah tegangan *overburden*, yaitu sebagai pelindung material EPS *geofoam* terhadap paparan radiasi ultraviolet. Untuk mendapatkan Q_{req} dapat menggunakan Persamaan:

$$Q_{req} = SF \times [(\gamma_w \times (h + S_{total}) \times B_w)] - [(W_{EPS} + W_w + W'_w)] \quad (2.95)$$

Menentukan berat *soil cover* dengan menggunakan Persamaan:

$$W_{cover} = 2 \times \left(\gamma_{cover} \times \frac{T_{EPS}}{\sin\theta} \times \frac{T_{cover}}{\cos\theta} \right) \quad (2.96)$$

Dikarenakan perhitungan W_{EPS} berdasarkan asumsi bahwa EPS blok menjangkau sampai tinggi timbunan, berat dari EPS yang setara dengan tinggi *pavement* harus dikurangi dengan total beban *overbuden*. Dimana tegangan Q_{req} harus memenuhi Persamaan:

$$Q_{req} < \left(\gamma_{pavement} \times T_{pavement} \times T_w \right) - \left(\gamma_{EPS} \times T_{pavement} \times T_w \right) + W_{cover} \quad (2.97)$$

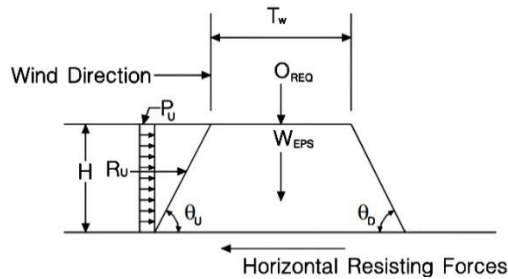
Dimana:

T_w = lebar atas timbunan

$T_{pavement}$ = Tebal pavement

e) Translasi Akibat Angin

Pada kondisi timbunan yang terletak pada tanah lapang, cenderung memiliki kecepatan angin yang tinggi. Kecepatan angin tersebut dapat menyebabkan gaya jika terjadi pada timbunan. Pada kasus ini, timbunan EPS *geofoam* yang memiliki berat jenis relatif kecil perlu ditinjau terhadap gaya angin yang bekerja. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa timbunan tidak berpindah terhadap gaya angin yang bekerja. Gaya angin yang bekerja pada timbunan dapat dilihat pada Gambar 2.32 sebagai berikut:



Gambar 2.32 Gaya angin yang bekerja pada timbunan
(Sumber : University of Illinois,2004)

Nilai *safety factor* untuk translasi pada timbunan adalah perbandingan antara gaya horizontal penahan dengan gaya horizontal pendorong. Nilai *safety factor* tersebut dapat ditentukan dengan Persamaan:

$$FS = \frac{\sum \text{Gaya horizontal penahan}}{\sum \text{Gaya horizontal pendorong}} = \frac{c \times A + (\sum N - \sum U) \tan \delta}{\sum HF} \quad (2.98)$$

Dimana:

- c = nilai kohesi sepanjang permukaan geser
- A = luasan permukaan geser yang dipertimbangkan
- $\sum N$ = Jumlah dari tegangan normal = $W_{EPS} + Q_{req}$
- $\sum U$ = jumlah gaya uplift yang terjadi
- δ = sudut geser dalam
- $\sum HF$ = Jumlah gaya horizontal pendorong = $R_u + R_D$
- R_u = *upwind force* = $P_u \times H$
- H = tinggi timbunan = $T_{EPS} + T_{Pavement}$

Nilai P_u adalah gaya angin tekan pada timbunan Besaran gaya – gaya tersebut ditentukan dengan Persamaan:

$$P_u = 0,75 V^2 \sin \theta_U \quad (2.99)$$

Dimana:

- V = kecepatan angin yang bekerja pada timbunan (m/dt)
- θ_U = sudut timbunan arah P_u

Jika pada proses analisis didapat bahwa timbunan tidak memenuhi persyaratan *safety factor*, maka perlu ditambahkan tegangan overburden tambahan yang bekerja pada timbunan tersebut. Tambahan tegangan tersebut direncanakan berupa *soil cover*. Penambahan tegangan tersebut dapat dirumuskan dengan Persamaan:

$$Q_{\text{req}} = \frac{SF \times (R_U)}{\tan \delta} - W_{\text{EPS}} \quad (2.100)$$

Dimana:

$$W_{\text{EPS}} = \text{Berat EPS } \textit{geofoam} = \frac{H(T_w + B_w)}{2} \times \gamma_{\text{EPS Dry}}$$

Menentukan berat *soil cover* dengan menggunakan Persamaan:

$$W_{\text{cover}} = 2 \times \left(\gamma_{\text{cover}} \times \frac{T_{\text{EPS}}}{\sin \theta} \times \frac{T_{\text{cover}}}{\cos \theta} \right) \quad (2.101)$$

Dikarenakan perhitungan W_{cover} berdasarkan asumsi bahwa EPS blok menjangkau sampai tinggi timbunan, berat dari EPS yang setara dengan tinggi *pavement* harus dikurangi dengan total beban overbuden. Dimana tegangan Q_{req} harus memenuhi Persamaan:

$$Q_{\text{req}} < \left(\gamma_{\text{pavement}} \times T_{\text{pavement}} \times T_w \right) - \left(\gamma_{\text{EPS}} \times T_{\text{pavement}} \times T_w \right) + W_{\text{cover}} \quad (2.102)$$

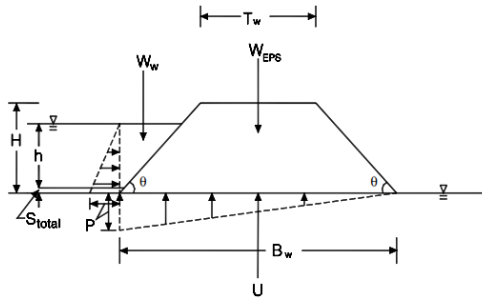
Dimana:

$$T_w = \text{lebar atas timbunan}$$

$$T_{\text{pavement}} = \text{Tebal pavement}$$

f) Translasi Akibat Air

Selain translasi akibat gaya angin, timbunan EPS *geofoam* juga perlu dicek terhadap translasi akibat air. Translasi akibat air ini disebabkan karena perbedaan muka air pada salah satu sisi timbunan pada saat banjir. Perbedaan muka air ini memberikan perbedaan tekanan antara sisi kanan dan sisi kiri timbunan, hal ini menyebabkan timbunan cenderung mengalami pergeseran searah gaya horizontal maksimum yang bekerja (translasi). Penjelasan tentang gaya translasi akibat air dapat dilihat pada Gambar 2.33.



Gambar 2.33 Translasi akibat muka air banjir
(Sumber : University of Illinois,2004)

Nilai *safety factor* untuk translasi pada timbunan adalah perbandingan antara gaya horizontal penahan dengan gaya horizontal mendorong. Nilai *safety factor* tersebut dapat ditentukan dengan Persamaan:

$$FS = \frac{\sum \text{Gaya horizontal penahan}}{\sum \text{Gaya horizontal mendorong}} = \frac{c \times A + (\sum N - \sum U) \tan \delta}{\sum HF} \quad (2.103)$$

Dimana:

- c = nilai kohesi sepanjang permukaan geser
- A = luasan permukaan geser yang dipertimbangkan
- $\sum N$ = Jumlah dari tegangan normal = $W_{EPS} + W_w + Q_{req}$
- $\sum U$ = jumlah gaya uplift yang terjadi = $\frac{1}{2} \times (\gamma_w \times (h + S_{total})) \times (B_w)$
- δ = sudut geser dalam
- $\sum HF$ = Jumlah gaya horizontal mendorong
- γ_w = berat jenis air
- h = tinggi vertikal muka air yang bekerja pada timbunan
- S_{total} = total *settlement* yang terjadi pada timbunan
- B_w = lebar bawah timbunan

Jika pada proses analisis didapat bahwa timbunan tidak memenuhi persyaratan *safety factor*, maka perlu ditambahkannya tegangan overburden tambahan yang bekerja pada timbunan

tersebut. Tambahan tegangan tersebut direncanakan berupa *soil cover*. Penambahan tegangan tersebut dapat dirumuskan dengan Persamaan:

$$\frac{Q_{\text{req}}}{W_{\text{EPS}} - W_{\text{water}}} = \frac{SF \times \left(\frac{1}{2}\right) \times (\gamma_w \times (h + S_{\text{total}})^2)}{\tan \delta} + \left(\frac{1}{2}(h + S_{\text{total}}) \times \gamma_w \times (B_w)\right) - \quad (2.104)$$

Dimana:

$$W_{\text{EPS}} = \text{Berat EPS } \textit{geofoam} = \frac{H(T_w + B_w)}{2} \times \gamma_{\text{EPS Dry}}$$

Menentukan berat *soil cover* dengan menggunakan Persamaan:

$$W_{\text{cover}} = 2 \times \left(\gamma_{\text{cover}} \times \frac{T_{\text{EPS}}}{\sin \theta} \times \frac{T_{\text{cover}}}{\cos \theta} \right) \quad (2.105)$$

Dikarenakan perhitungan W_{cover} berdasarkan asumsi bahwa EPS blok menjangkau sampai tinggi timbunan, berat dari EPS yang setara dengan tinggi *pavement* harus dikurangi dengan total beban overbuden. Dimana tegangan Q_{req} harus memenuhi Persamaan :

$$Q_{\text{req}} < \left(\gamma_{\text{pavement}} \times T_{\text{pavement}} \times T_w \right) - \left(\gamma_{\text{EPS}} \times T_{\text{pavement}} \times T_w \right) + W_{\text{cover}} \quad (2.106)$$

Dimana:

$$T_w = \text{lebar atas timbunan}$$

$$T_{\text{pavement}} = \text{Tebal pavement}$$

g) Tegangan yang terjadi pada EPS *geofoam*

Pemilihan bahan EPS *geofoam* berdasarkan kemampuan material tersebut untuk menahan beban yang diterima. Beban-beban yang akan diterima EPS *geofoam* untuk timbunan berupa beban mati akibat perkerasan dan beban hidup akibat lalu lintas. Beban lalu lintas yang dimaksud adalah beban akibat truk yang mengacu pada SNI 1725:2016 dimana besaran beban pada roda belakang truk sebesar 112,5 kN. Tegangan akibat kombinasi beban hidup dan mati tersebut yang harus mampu ditahan oleh EPS *geofoam*. Beban mati dan beban hidup dapat ditentukan dengan persamaan:

- Beban hidup

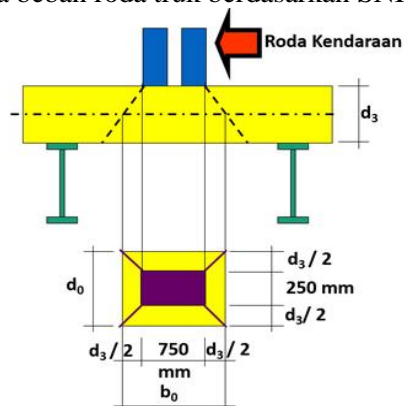
$$Q_L = LL_D \times (1+I) \quad (2.107)$$

Dimana:

LL_D = beban hidup akibat truk (112,5 kN)

I = *impact coefficient* (0,3)

Luasan yang terjadi pada permukaan perkerasan akibat beban truk adalah berbentuk lingkaran. Luasan akibat beban truk ini kemudian dikonversi menjadi bentuk persegi panjang ketika diteruskan oleh perkerasan. Gambar 2.34 berikut menunjukkan konversi luasan tegangan lingkaran menjadi persegi panjang akibat adanya beban roda truk berdasarkan SNI 1725:2016.



Gambar 2.34 Konversi luasan roda truk
(Sumber : SNI 1725:2016)

$$\text{Luasan bidang kritis } (A_k) = 2 \times (b_o + d_o) \times d_3 \quad (2.108)$$

- Beban mati

$$\sigma_{DL} = T \times \gamma_{\text{perkerasan}} \times \gamma_{UMS}$$

Dimana:

T	=	tebal perkerasan (m)
$\gamma_{\text{perkerasan}}$	=	berat volume perkerasan (kN/m ³)
γ_{UMS}	=	faktor pengecoran ditempat.

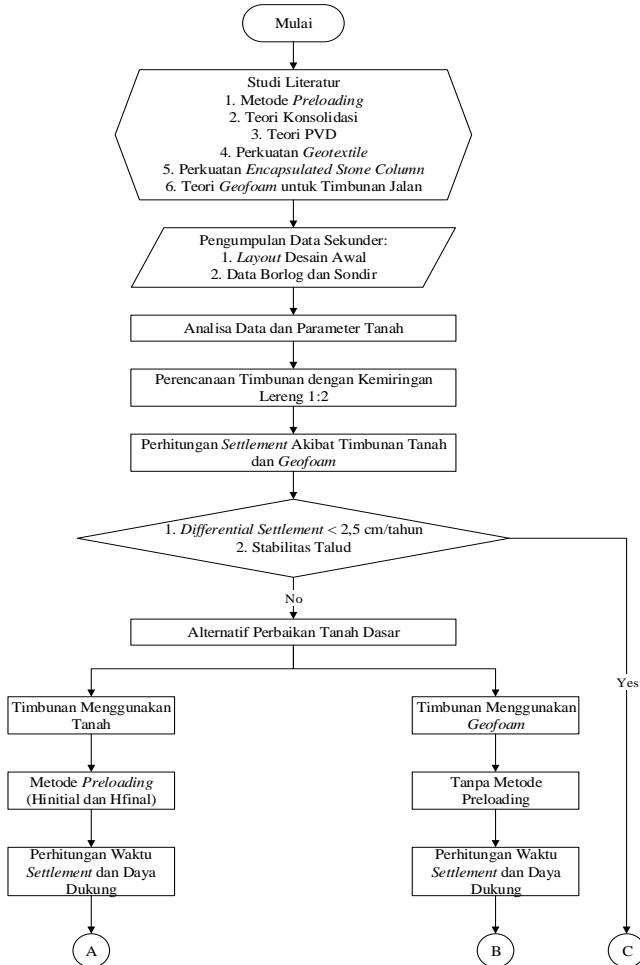
Kekuatan lentur minimal material EPS *geofom* yang harus dipenuhi untuk menerima beban-beban yang terjadi dapat menggunakan persamaan 2.109 dengan nilai tegangan total adalah penjumlahan akibat tegangan truk dan perkerasan.

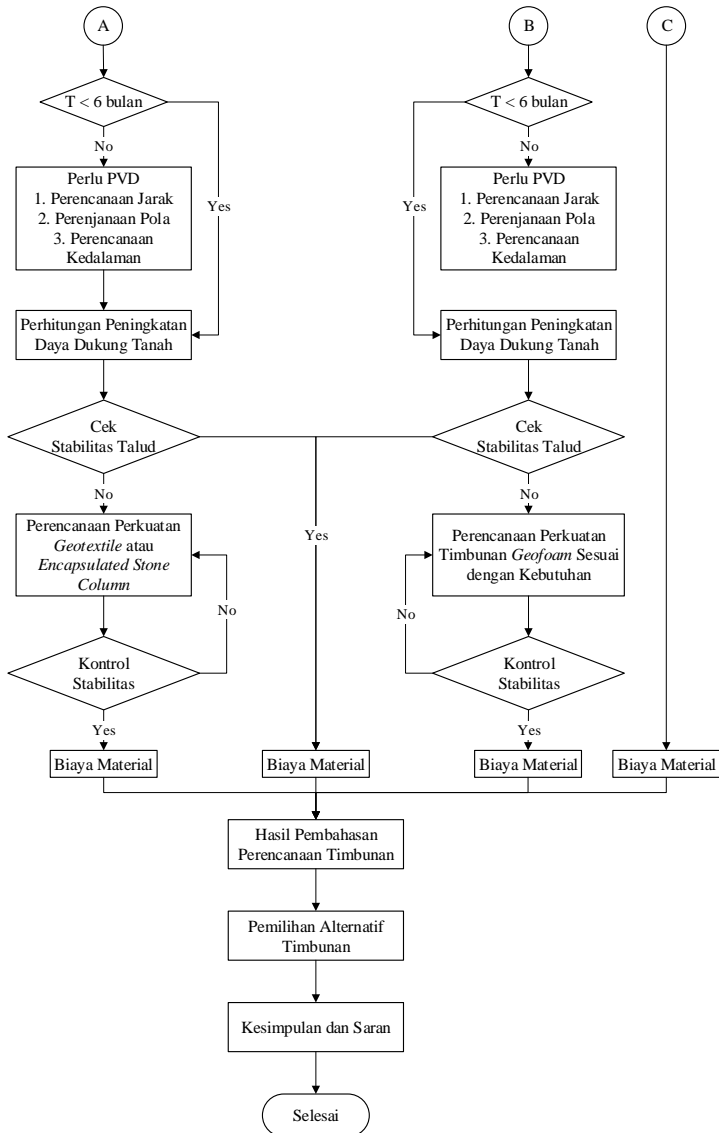
$$\sigma_{\text{EPS } \textit{geofom}} \geq \text{SF} \times \sigma_{\text{Total}} \quad (2.109)$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Alir

Pada bab ini menerangkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini seperti pada Gambar 3.1 berikut.





Gambar 3.1 Bagan alir pengerjaan tugas akhir
(Sumber : Penulis)

3.2. Rincian Tahapan Perencanaan

a) Studi literatur

Studi literatur dalam sebuah perencanaan bertujuan mengumpulkan referensi yang diperlukan untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh tentang teori-teori yang akan digunakan dalam pengerjaan tugas akhir. Berikut ini adalah beberapa teori yang digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan:

1. Teori pemampatan/*settlement*.
2. Teori waktu konsolidasi.
3. Teori *preloading*.
4. Teori Perencanaan *vertical drain*.
5. Teori perhitungan peningkatan daya dukung tanah akibat *preloading*.
6. Teori perencanaan *geotextile*.
7. Teori perencanaan *encapsulated stone column*.
8. Teori perencanaan EPS *geofom* untuk timbunan jalan.
9. Perhitungan stabilitas timbunan.
10. Referensi penggunaan program bantu.

b) Pengumpulan data sekunder

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapatkan dari instansi terkait. Beberapa data yang diperlukan dalam proses perhitungan antara lain:

1. *Layout* area lokasi.
2. Data Borlog dan Sondir.
3. Hasil tes laboratorium parameter-parameter tanah.

Dari *layout* gambar dizonafikasi sehingga didapat zona *station* yang akan ditinjau berdasarkan kedalaman tanah lunak dari setiap segmen penyelidikan tanah dilapangan. Untuk Analisa data tanah menggunakan Analisa statik. Parameter tanah yang berasal dari penyelidikan tanah dilapangan dan laboratorium kemudian dianalisa, maka akan didapatkan hasil data tanah yang digunakan untuk perhitungan pada tugas akhir ini.

c) Perencanaan timbunan tanah dan *geofoam*

Dalam perencanaan alternatif oprit pada tugas akhir ini akan digunakan dua material yaitu tanah dan EPS *geofoam*. EPS *geofoam* dipilih karena material yang sangat ringan dengan densitas antara 10-100 kg/m³, hal ini menyebabkan kemungkinan pemampatan pada tanah lunak dengan menggunakan material ini akan sangat kecil. Material tanah dipilih karena sumber daya yang mudah didapatkan, namun dengan berat jenis yang relatif tinggi, kemungkinan terjadi *differential settlement* akan besar. Untuk mengetahui besar pemampatan yang terjadi, perlu dianalisa akibat beban timbunan untuk masing-masing material tersebut.

d) Perencanaan perbaikan tanah metode *preloading*

Tahapan untuk perbaikan tanah dasar dengan metode *preloading* adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan H_{initial} dan H_{final} untuk masing-masing jenis timbunan.
 2. Perhitungan besar dan lama waktu pemampatan.
 3. Perencanaan *prefabricated vertical drain* untuk mempercepat waktu pemampatan.
 4. Perhitungan peningkatan daya dukung tanah dasar.
- Sehingga selanjutnya dapat diperiksa kestabilan tanah timbunan setelah adanya perbaikan pada tanah dasar tersebut.

e) Analisa Kestabilan Timbunan

Analisa kestabilan timbunan pada perencanaan oprit jembatan pada tol KLBM ini menggunakan program bantu Geo5. Apabila hasil analisis *safety factor* kurang dari *safety factor* rencana, maka timbunan tersebut tidak aman dan memerlukan perkuatan. Perkuatan yang digunakan untuk timbunan tanah *geotextile* dan *encapsulated stone column*, sedangkan perkuatan untuk timbunan EPS *geofoam* adalah *anchor*, *metal conenector*, dan *geogrid*.

f) Perhitungan Volume dan Biaya Material

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan kebutuhan material pada perbaikan tanah dasar dan perkuatan tanah timbunan, maka dapat dihitung total volume material yang dibutuhkan untuk masing-masing perbaikan dan perkuatan. Dari hasil perhitungan volume material tersebut akan didapatkan biaya total material yang dibutuhkan untuk masing-masing alternatif perencanaan timbunan.

g) Pemilihan Alternatif Timbunan

Setelah didapatkan total kebutuhan biaya untuk alternatif timbunan tanah dan alternatif timbunan EPS *geofom*, selanjutnya adalah pemilihan alternatif timbunan yang digunakan untuk oprit pada tol KLBM pada STA 12+434 sampai STA 12+684. Pemilihan alternatif timbunan berdasarkan efektifitas dari segi biaya material.

h) Kesimpulan

Dengan selesainya dilakukan proses analisa perhitungan mulai dari tahap perencanaan hingga tahap perhitungan biaya, maka dapat disimpulkan dari tugas akhir ini berisi tentang:

1. Hasil perencanaan perbaikan tanah dasar oprit serta volume dan biaya materialnya.
2. Hasil perencanaan perkuatan timbunan untuk alternatif timbunan tanah serta volume dan biaya materialnya.
3. Hasil perencanaan perkuatan timbunan untuk alternatif timbunan EPS *geofom* serta volume dan biaya materialnya.
4. Hasil pemilihan alternatif yang akan dilaksanakan dari kedua alternatif timbunan oprit yang dibandingkan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA TANAH DAN MATERIAL

Data umum perencanaan alternatif timbunan dan perkuatan tanah dasar pada jalan tol KLBM sebagai berikut:

- Deskripsi proyek : Jalan Tol KLBM
- Lokasi proyek : Krian
- Lokasi perencanaan : Sta 12+434 s/d 12+684
- Lebar atas timbunan : 28 m
- Kemiringan lereng : 1:2
- Kemiringan jalan maks. : 2%
- Alternatif perencanaan oprit : Tanah dan Geofam
- Kemiringan memanjang : 3%
- Panjang oprit : 250 m

4.1. Data Tanah Dasar

Data tanah dasar yang dipakai adalah data dari *Bore log* pada lokasi jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar yang dilakukan pada tahun 2017. Data tanah yang didapat adalah berupa N-SPT dari 4 titik bor yang tersebar di STA 12+299, STA 12+345, STA 12+455, dan STA 12+496. Berdasarkan data N-SPT dari 4 titik bor tersebut, kemudian akan dicari parameter-parameter tanah dengan cara korelasi N-SPT. Korelasi yang dilakukan hanya untuk tanah yang berjenis lanau kelempungan, hal ini dikarenakan pada rencana alternatif timbunan (STA 12+434 sampai STA 12+684) tanah dasar yang dominan berjenis lanau kelempungan. Hasil korelasi tersebut nantinya akan digunakan sebagai data awal dalam perencanaan alternatif timbunan dan perkuatan. Berikut ini adalah tahapan untuk mendapatkan data perencanaan awal dengan menggunakan korelasi N-SPT.

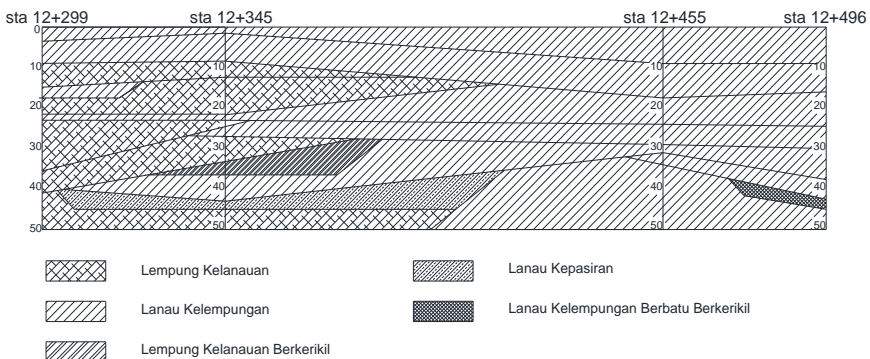
4.1.1. Korelasi nilai parameter tanah dasar

Semua data tanah yang akan di evaluasi menggunakan metode statistik dengan rentan kepercayaan 90% sehingga didapatkan satu data tanah yang mencakup keempat data tersebut.

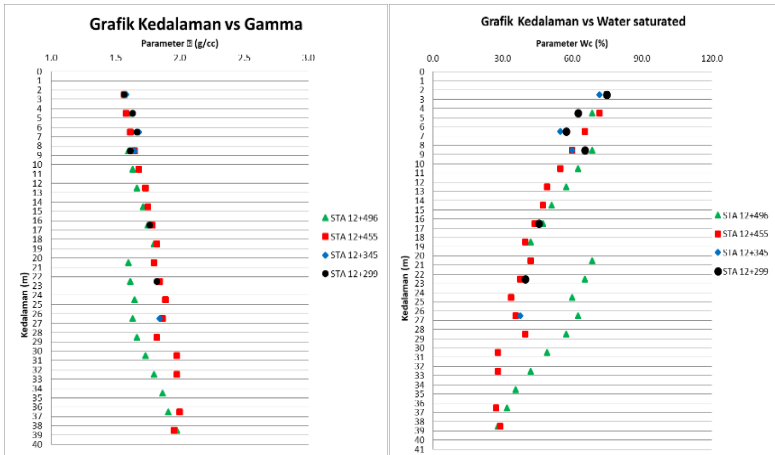
Nilai parameter tanah yang belum ada akan dicari dengan menggunakan metode korelasi diantaranya:

- Nilai γ menggunakan tabel korelasi N-SPT berdasarkan J.E. Bowless, 1984 yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.
- Nilai C_v dan W_c menggunakan nilai-nilai numerik parameter tanah Biarez & Favre yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.
- Nilai C_c menggunakan rumus empiris Terzaghi 7 Peck, dari hubungan antara *Liquid Limits* untuk nilai *cohesion index* dengan menggunakan Persamaan 2.6.
- Untuk nilai C_u menggunakan tabel persamaan Mochtar, 2012 yang dapat dilihat pada Tabel 2.6.
- Nilai C_s menggunakan persamaan Terzaghi & Peck, dari hubungan antara C_c untuk nilai *coefficient swelling index*, $C_s = 1/5$ sampai $1/10$ nilai C_c . Dalam perhitungan korelasi ini digunakan nilai $1/5 C_c$.
- Nilai e_0 didapatkan dari hubungan antara derajat kejenuhan, kadar air, dan spesifik graviti, dimana $S \times e = w \times G_s$. Disaat derajat tanah dalam kondisi jenuh ($S=100\%$), maka persamaannya menjadi $e = w \times G_s$.

Nilai parameter tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan konsistensi tanah yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan jenis tanah pada kedalaman yang sama seperti pada Gambar 4.2.

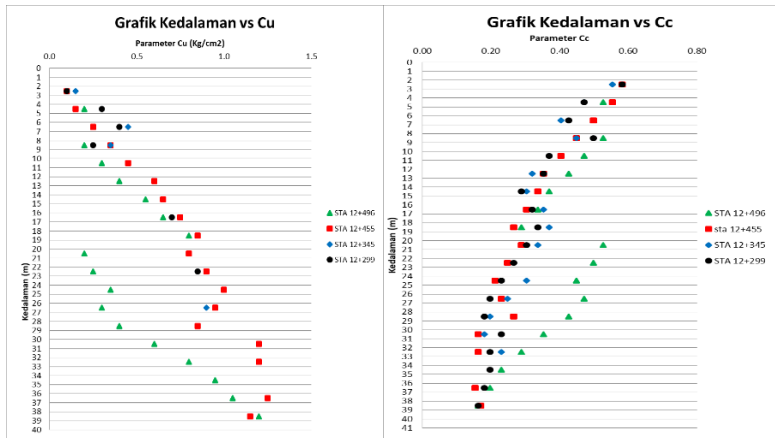


Gambar 4.1 Statigrafi tanah STA 12+299 s.d STA 12+496



(a)

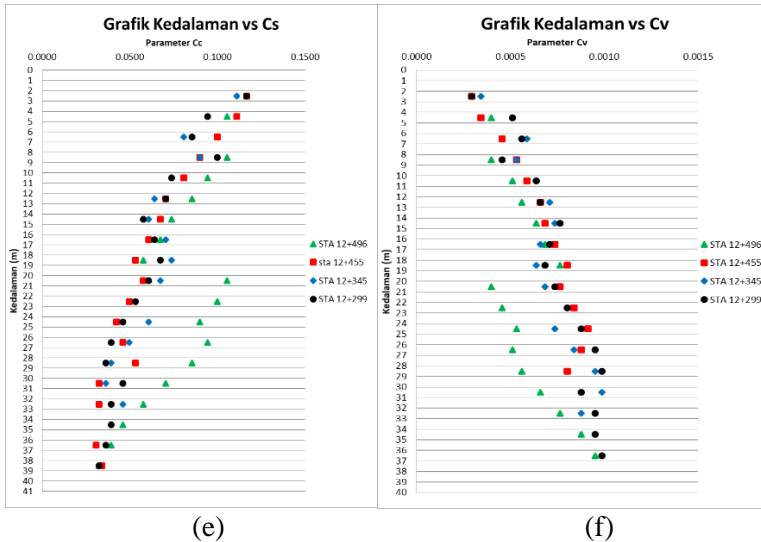
(b)



(c)

(d)

Gambar 4. 2 Grafik parameter tanah menurut kedalaman
(a) Gamma, (b) Kadar Air, (c) Cu, (d) Cc, (e) Cs, (f) Cv.



(e) (f)
Gambar 4.2 Grafik parameter tanah menurut kedalaman
 (b) Gamma, (b) Kadar Air, (c) Cu, (d) Cc, (e) Cs, (f) Cv.
 (lanjutan)

Dari Gambar 4.2 di atas, didapatkan nilai-nilai yang berdekatan pada kedalaman tertentu. Nilai-nilai yang berdekatan tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan metode statistik. Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan satu data dari kelompok data yang nilainya hampir sama. Analisis metode statistik akan dijelaskan pada Sub-bab selanjutnya.

4.1.2. Analisis parameter tanah metode Statistik

Data tanah dianalisis untuk menentukan parameter tanah yang digunakan pada perencanaan perbaikan tanah selanjutnya. Data tanah asli yang didapat dari pengujian lapangan pada Lampiran 2 dianalisis dengan menggunakan metode statistik selang pendek dengan derajat kepercayaan 90%.

Pada Gambar 4.2 menunjukkan sebaran titik nilai data tanah pada seluruh *bore log* dimana terdapat nilai yang hampir sama dan berbeda. Nilai yang berbeda jauh akan dihilangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih spesifik. Seluruh faktor tanah akan

dianalisis satu persatu berdasarkan jenis tanah dominan yaitu lanau kelempungan. Contoh analisis parameter tanah metode statistik untuk nilai γ dapat dilihat pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Nilai γ

Kedalaman	STA 12+496	STA 12+455	STA 12+345	STA 12+299
0-9	1.567	1.567	1.583	1.567
	1.600	1.583	1.633	1.633
	1.617	1.617	1.683	1.667
	1.600	1.650	1.650	1.617
10-20	1.633	1.683	Lempung Kelanauan	Lempung Kelanauan
	1.667	1.733		
	1.717	1.750		1.767
	1.750	1.783		Lempung Kelanauan
	1.800	1.822		
21-30	1.600	1.800	1.822	1.822
	1.617	1.844	1.822	Lempung Kelanauan
	1.650	1.889	Lempung	
	1.633	1.867	1.844	
	1.667	1.822	Lempung Kelanauan	
1.733	1.978			
31-34	1.800	1.978	Lempung Kelanauan	Lempung Kelanauan
	1.867	-		
35-39	1.911	2.000	Lempung Kelanauan	Lempung Kelanauan
	1.978	1.956	Berkerikil	

Tanah yang dianalisis pada setiap *bore log* digolongkan terhadap jenis dan konsistensi tanah yang sama. Nilai data yang jauh dari rentang data lainnya tidak dimasukkan kedalam perhitungan statistik. Kemungkinan data tersebut dihasilkan dari kesalahan pengujian atau ketidak tepatan korelasi dan bisa juga disebabkan oleh adanya lapisan lensa tipis pada kedalaman tersebut. Sehingga untuk contoh perhitungan nilai γ pada lapisan 0-9 meter berdasarkan Tabel 4.1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 N &= 16 \\
 V &= 16-1 = 15 \\
 \bar{x} &= 1,615
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum (X-\bar{x})^2 &= 0,0199 \\ \text{STD} &= \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0199}{15}} = 0,0364 \\ \text{Tdb} &= 1,341 \text{ (Tabel 2.3)} \\ a &= 10\%\end{aligned}$$

Kemudian menghitung batas atas dan batas bawah dari analisa statistik, untuk analisa batas atas dan batas bawah sebagai berikut:

$$\text{Batas Atas} = \bar{x} + \text{tdb} \times \frac{s}{\sqrt{n}} = 1,615 + \left(1,341 \times \frac{0,0364}{\sqrt{16}}\right) = 1,626$$

$$\text{Batas Bawah} = \bar{x} - \text{tdb} \times \frac{s}{\sqrt{n}} = 1,615 - \left(1,341 \times \frac{0,0364}{\sqrt{16}}\right) = 1,602$$

Untuk nilai γ yang dipakai adalah batas bawah. Pemilihan parameter ini berdasarkan asumsi kondisi kritis tanah. Berikut merupakan hasil analisis parameter γ menggunakan metode statistik.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Analisa Selang Kepercayaan γ

Kedalaman	N	V	Mean (X)	$\sum (X-\bar{x})^2$	STD	tdb	Batas Atas	Batas Bawah	γ
0-9	16	15	1.615	0.020	0.036	1.341	1.627	1.602	1.602
10-20	11	10	1.737	0.034	0.058	1.372	1.761	1.713	1.713
21-30	13	12	1.760	0.138	0.107	1.356	1.800	1.719	1.719
31-34	4	3	1.872	0.047	0.125	1.638	1.975	1.770	1.770
35-39	5	4	1.942	0.011	0.054	1.533	1.979	1.906	1.906

Analisis nilai parameter tanah lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.1.3. Kondisi lapisan tanah di lokasi studi

Kedalaman lapisan tanah *compressible* pada perencanaan kali ini terdapat dua kedalaman berbeda, yaitu 11,5 meter untuk timbunan yang berlokasi antara STA 12+434 sampai dengan STA 12+484 dan 14 meter untuk timbunan yang berlokasi antara STA 12+484 sampai dengan STA 12+684. Hasil analisis statistik pada Sub-bab sebelumnya kemudian digunakan sebagai data tanah perencanaan alternatif oprit yang berada pada STA 12+434 sampai dengan STA 12+684 tersebut. Rekapitulasi hasil dari perhitungan statistik yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rekapitulasi Nilai Parameter Tanah yang Digunakan

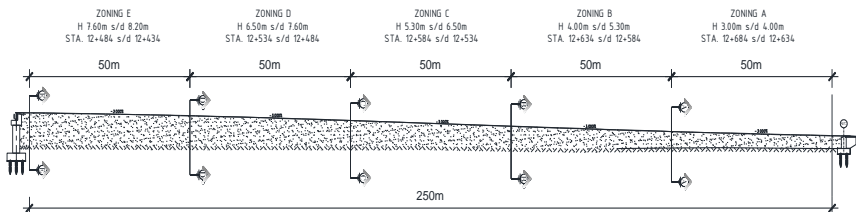
Kedalaman		Volumetric+ gravimetric					Konsolidasi			Atterberg Limits			Strength	
Dari	Sampai	Gs	e	Wc	γt	γsat	Cc	Cv	Cs	LL	PL	IP	φ	Cu
m	m													
0	2.5	2.68	1.83	68.26	1.6	1.6	0.524	0.00040	0.105	103.9	24.53	79.37	2	0.092
2.5	4.5	2.68	1.83	68.26	1.6	1.6	0.524	0.00040	0.105	103.9	24.53	79.37	2	0.17
4.5	6.5	2.68	1.83	68.26	1.6	1.6	0.524	0.00040	0.105	103.9	24.53	79.37	2	0.21
6.5	8.5	2.68	1.83	68.26	1.6	1.6	0.524	0.00040	0.105	103.9	24.53	79.37	2	0.22
8.5	10.5	2.68	1.53	57.11	1.71	1.71	0.361	0.00062	0.072	103.9	24.53	79.37	2	0.37
10.5	12.5	2.68	1.53	57.11	1.71	1.71	0.361	0.00062	0.072	103.9	24.53	79.37	2	0.37
12.5	14.5	2.68	1.53	57.11	1.71	1.71	0.361	0.00062	0.072	103.9	24.53	79.37	2	0.37
14.5	16.5	2.68	1.23	45.76	1.71	1.71	0.361	0.00065	0.072	103.9	24.53	79.37	2	0.45
16.5	18.5	2.68	1.23	45.76	1.71	1.71	0.361	0.00065	0.072	103.9	24.53	79.37	2	0.45
18.5	20.5	2.68	1.23	45.76	1.72	1.72	0.34	0.00065	0.072	103.9	24.53	79.37	2	0.45

4.2. Data Tanah Timbunan

Rencana spesifikasi teknis dari material timbunan tanah adalah sebagai berikut:

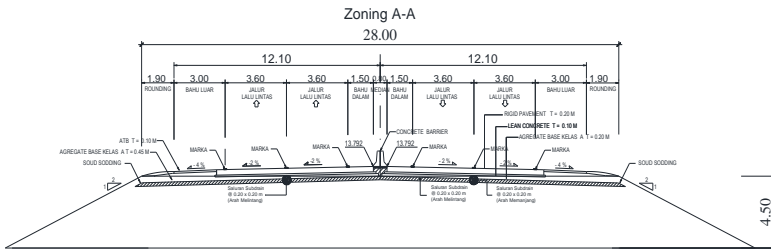
Jenis tanah : Pasir Batu
 γsat : 20 kN/m³
 γt : 20 kN/m³
 φ : 30°
 Cu : 0 kPa

Timbunan oprit yang direncanakan ditinjau menjadi 5 zoning dan 5 potongan seperti pada Gambar 4.3 dengan detail tiap zoning adalah sebagai berikut:



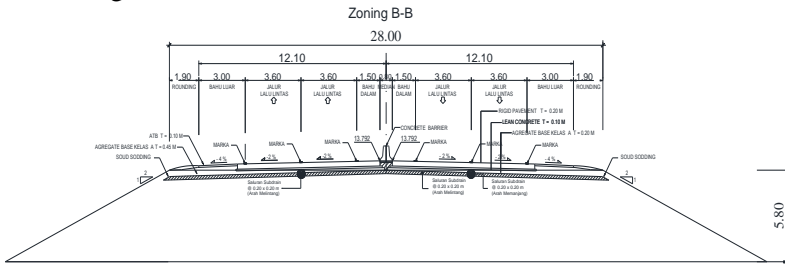
Gambar 4.3 Rencana alternatif oprit

- Zoning A : potongan A-A, Tinggi Timbunan 3,5 m s/d 4,5 m, Stasioning 12+684 s/d 12+634. Dengan sketsa potongan sebagai berikut:



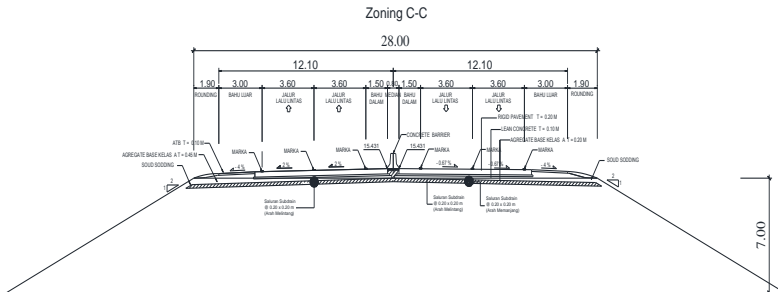
Gambar 4.4 Sketsa potongan A-A

- Zoning B : potongan B-B, Tinggi Timbunan 4,5 m s/d 5,8 m, Stasioning 12+634 s/d 12+584. Dengan sketsa potongan sebagai berikut:



Gambar 4.5 Sketsa potongan B-B

- Zoning C : potongan C-C, Tinggi Timbunan 5,8 m s/d 7,0 m, Stasioning 12+584 s/d 12+534. Dengan sketsa potongan sebagai berikut:



Gambar 4.6 Sketsa potongan C-C

2. *Geotextile*

Geotextile yang digunakan pada perencanaan perkuatan timbunan akan digunakan *geotextile* jenis woven yang diproduksi oleh Huesker dan distributor di Indonesia adalah PT Geotexhcnical Systemindo dengan spesifikasi bahan sebagai berikut.

Produk <i>geotextile</i>	= 120/120
Kuat tarik memanjang	= 120 kN/m
Kuat tarik melintang	= 120 kN/m

3. *Encapsulated Stone Column*

Encapsulated stone column yang digunakan untuk perkuatan timbunan terdiri dari dua material, yakni kerikil sebagai bahan utama *stone column* dan *geotextile* sebagai pembungkusnya. Masing-masing material memiliki spesifikasi bahan sebagai berikut.

Berat jenis kerikil	= 24	kN/m ³
Kuat geser kerikil	= 40°	
Kuat tarik Geotextile	= 120	kN/m

4. *EPS Geofoam*

EPS *geofoam* yang digunakan untuk perencanaan timbunan alternatif menggunakan produk The EPS Industry Alliance yang memiliki spesifikasi bahan sebagai berikut.

Produk EPS	= Geofoam 15
Berat jenis	= 0,0144 t/m ³
Elastis Modulus min	= 2500 kPa
<i>Flexural Strength</i> max	= 172 kPa
Panjang	= 2 m
Lebar	= 1 m
Tebal	= 0,61 m

BAB V

PERENCANAAN ALTERNATIF TIMBUNAN TANAH

Perencanaan oprit tol KLBM ini akan dilakukan dengan menggunakan dua alternatif timbunan. Alternatif pertama adalah timbunan oprit menggunakan material tanah dengan dua perkuatan yaitu *geotextile* atau *encapsulated stone column*. Alternatif kedua yaitu timbunan oprit menggunakan material EPS *geofoam*.

Perbaikan tanah dasar direncanakan menggunakan PVD (*prefabricated vertical drain*) dan *preloading* untuk mempercepat pemampatan tanah. Pemilihan metode perbaikan ini bertujuan agar pemampatan dapat dikendalikan sehingga sisa pemampatan yang terjadi relatif kecil dan tidak menimbulkan *differential settlement*.

5.1. Perencanaan Tinggi Awal Timbunan Tanah

5.1.1. Perhitungan tegangan *overburden* efektif dan prakonsolidasi efektif

Besar tegangan *overburden* yang dihitung sebesar tebal lapisan tanah *compressible*, lapisan tanah *compressible* adalah lapisan tanah yang mampu mampat jika terjadi penambahan beban di atasnya. Kedalaman lapisan tanah *compressible* pada perencanaan kali ini terdapat dua kedalaman berbeda, yaitu 11,5 meter untuk timbunan yang berlokasi antara STA 12+434 sampai dengan STA 12+484 dan 14 meter untuk timbunan yang berlokasi antara STA 12+484 sampai dengan STA 12+684. Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai pertambahan tegangan *overburden* efektif dan prakonsolidasi efektif.

Diketahui data:

Lapisan Pertama (H1)

- Tebal Per lapisan = 1 m
- Berat jenis tanah (γ_{sat}) = 16 kN/m³
- Berat jenis air (γ_w) = 10 kN/m³

Lapisan Kedua (H2)

- Tebal Per lapisan = 1 m
- Berat jenis tanah (γ_{sat}) = 16 kN/m³
- Berat jenis air (γ_w) = 10 kN/m³

Perhitungan tegangan overburden:

$$\begin{aligned} Po'1 &= (\gamma'1 \times \frac{1}{2} H1) \\ &= (16 \text{ kN/m}^3 - 10 \text{ kN/m}^3) \times 0,5 \times 1 \text{ m} \\ &= 3 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Po'2 &= (\gamma'1 \times H1) + (\gamma'2 \times \frac{1}{2} H2) \\ &= [(16 \text{ kN/m}^3 - 10 \text{ kN/m}^3) \times 1 \text{ m}] + \\ &\quad [(16 \text{ kN/m}^3 - 10 \text{ kN/m}^3) \times 0,5 \times 1 \text{ m}] \\ &= 9 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Perhitungan Tegangan *Overburden*

Elevasi dari tanah dasar		Titik Tinjau	H	Pusat	Z	γ_t	γ_w	γ'	Po'	
			m	m	m	KN/m3	KN/m3	KN/m3	KN/m2	
0	s/d	1	a	1	0.5	0.5	16.00	10	6.00	3.00
1	s/d	2	b	1	0.5	1.5	16.00	10	6.00	9.00
2	s/d	3	c	1	0.5	2.5	16.00	10	6.00	15.00
3	s/d	4	d	1	0.5	3.5	16.00	10	6.00	21.00
4	s/d	5	e	1	0.5	4.5	16.00	10	6.00	27.00
5	s/d	6	f	1	0.5	5.5	16.00	10	6.00	33.00
6	s/d	7	g	1	0.5	6.5	16.00	10	6.00	39.00
7	s/d	8	h	1	0.5	7.5	16.00	10	6.00	45.00
8	s/d	8.5	i	0.5	0.25	8.25	16.00	10	6.00	49.50
8.5	s/d	9	j	0.5	0.25	8.75	17.10	10	7.10	52.78
9	s/d	10	k	1	0.5	9.5	17.10	10	7.10	58.10
10	s/d	11	l	1	0.5	10.5	17.10	10	7.10	65.20
11	s/d	12	m	1	0.5	11.5	17.10	10	7.10	72.30
12	s/d	13	n	1	0.5	12.5	17.10	10	7.10	79.40
13	s/d	14	o	1	0.5	13.5	17.10	10	7.10	86.50

Perhitungan tegangan prakonsolidasi efektif:

$$H_{\text{fluktuasi}} = 1,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \Delta pf &= \text{fluktuasi muka air tanah} \times \gamma_w \\ &= 1,5 \text{ m} \times 10 \text{ kN/m}^3 \\ &= 15 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pc1' &= Po'1 + \Delta pf \\ &= 3 \text{ kN/m}^2 + 15 \text{ kN/m}^2 \\ &= 18 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pc2' &= Po'2 + \Delta pf \\ &= 9 \text{ kN/m}^2 + 15 \text{ kN/m}^2 \\ &= 24 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai OCR (*Over Consolidated Ratio*) dengan menggunakan Persamaan 2.8.

$$\begin{aligned} \text{OCR} &= \frac{P_c'}{P_o'} \\ &= \frac{18}{3} \\ &= 6 \text{ (over consolidated)} \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Tegangan Prakonsolidasi Efektif

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	H	Pusat	Z	yt	yw	y'	Po'	ΔPf	Pc'
				m	m	m	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²
0	s/d	1	a	1	0.5	0.5	16.00	10	6.00	3.00	15	18.00
1	s/d	2	b	1	0.5	1.5	16.00	10	6.00	9.00	15	24.00
2	s/d	3	c	1	0.5	2.5	16.00	10	6.00	15.00	15	30.00
3	s/d	4	d	1	0.5	3.5	16.00	10	6.00	21.00	15	36.00
4	s/d	5	e	1	0.5	4.5	16.00	10	6.00	27.00	15	42.00
5	s/d	6	f	1	0.5	5.5	16.00	10	6.00	33.00	15	48.00
6	s/d	7	g	1	0.5	6.5	16.00	10	6.00	39.00	15	54.00
7	s/d	8	h	1	0.5	7.5	16.00	10	6.00	45.00	15	60.00
8	s/d	8.5	i	0.5	0.25	8.25	16.00	10	6.00	49.50	15	64.50
8.5	s/d	9	j	0.5	0.25	8.75	17.10	10	7.10	52.78	15	67.78
9	s/d	10	k	1	0.5	9.5	17.10	10	7.10	58.10	15	73.10
10	s/d	11	l	1	0.5	10.5	17.10	10	7.10	65.20	15	80.20
11	s/d	12	m	1	0.5	11.5	17.10	10	7.10	72.30	15	87.30
12	s/d	13	n	1	0.5	12.5	17.10	10	7.10	79.40	15	94.40
13	s/d	14	o	1	0.5	13.5	17.10	10	7.10	86.50	15	101.50

5.1.2. Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan dan perkerasan

Dalam menentukan besarnya pemampatan yang diakibatkan beban timbunan, tinggi rencana timbunan akan menggunakan pendekatan per 1 meter hingga ketinggian 11 meter. Hal ini bertujuan agar penentuan besar pemampatan didapatkan dengan grafik pendekatan yang dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Menghitung besar penambahan tegangan vertikal akibat beban timbunan (Δp) dapat dihitung dengan Persamaan 2.13. Beban timbunan akan menggunakan pendekatan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_{\text{timb}} &= 3 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} = H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}} \\ &= 3 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\ &= 60 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{timb}} = 4 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}} \\
 &= 4 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 80 \text{ kN/m}^2 \\
 H_{\text{timb}} = 5 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}} \\
 &= 5 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 100 \text{ kN/m}^2 \\
 H_{\text{timb}} = 6 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}} \\
 &= 6 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 120 \text{ kN/m}^2 \\
 H_{\text{timb}} = 7 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}} \\
 &= 7 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 140 \text{ kN/m}^2 \\
 H_{\text{timb}} = 8 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}} \\
 &= 8 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 160 \text{ kN/m}^2 \\
 H_{\text{timb}} = 9 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}} \\
 &= 9 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 180 \text{ kN/m}^2 \\
 H_{\text{timb}} = 10 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}} \\
 &= 10 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 200 \text{ kN/m}^2 \\
 H_{\text{timb}} = 11 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{timb}} \\
 &= 11 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 220 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan dari timbunan tanah dengan kemiringan lereng 1:2 dengan ketinggian rencana 3 m pada titik tinjauan Z_1 (kedalaman 1 m) dan kedalaman tanah lunak 14 m.

$$\begin{aligned}
 H_{\text{timbunan}} &= 3 \text{ m} \\
 q_{\text{timbunan}} &= 60 \text{ kN/m}^2 \\
 B1 &= 0,5 \times L_{\text{timbunan}} \\
 &= 0,5 \times 28 \text{ m} \\
 &= 14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B2 &= 2 \times H_{\text{timbunan}} \\
 &= 2 \times 3 \text{ m} \\
 &= 6 \text{ m} \\
 Z &= 0,5 \text{ m} \\
 a_1 &= \tan^{-1} \left(\frac{B_1 + B_2}{z} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{14 \text{ m} + 6 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{14 \text{ m}}{0,5} \right) \\
 &= 0,613^\circ \\
 a_2 &= \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{14 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} \right) \\
 &= 87,95^\circ \\
 \Delta p &= \frac{q_0}{180} \left(\left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) \times (a_1 + a_2) - \left(\frac{B_1}{B_2} \times a_2 \right) \right) \\
 &= \frac{60 \text{ kN/m}^2}{180} \left(\left(\frac{20 \text{ m}}{6 \text{ m}} \right) \times (88,563) - \left(\frac{14 \text{ m}}{6 \text{ m}} \times 87,95 \right) \right) \\
 &= 30 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk satu sisi timbunan)} \\
 2\Delta p &= 2 \times \Delta p \\
 &= 2 \times 30 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 60 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk dua sisi timbunan)}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Rekapitulasi Tegangan Vertikal Akibat Beban Timbunan

Elevasi dari tanah dasar			H m	Z m	γ' kN/m ³	B1 m	α_2 °	Timbunan 1 sisi				ΔP 1 sisi kN/m ²	$2\Delta P$ kN/m ²
								B2 m	α_1 °	$(B_1+B_2)/$ (B2)	$(B_1)/(B_2)$		
0	s/d	1	1	0.5	6.00	14.00	87.95	6.00	0.61	3.33	2.33	30.00	60.00
1	s/d	2	1	1.5	6.00	14.00	83.88	6.00	1.83	3.33	2.33	29.99	59.98
2	s/d	3	1	2.5	6.00	14.00	79.88	6.00	3.00	3.33	2.33	29.96	59.92
3	s/d	4	1	3.5	6.00	14.00	75.96	6.00	4.11	3.33	2.33	29.89	59.78
4	s/d	5	1	4.5	6.00	14.00	72.18	6.00	5.14	3.33	2.33	29.77	59.54
5	s/d	6	1	5.5	6.00	14.00	68.55	6.00	6.07	3.33	2.33	29.60	59.19
6	s/d	7	1	6.5	6.00	14.00	65.10	6.00	6.90	3.33	2.33	29.37	58.73
7	s/d	8	1	7.5	6.00	14.00	61.82	6.00	7.62	3.33	2.33	29.08	58.15
8	s/d	8.5	0.5	8.25	6.00	14.00	59.49	6.00	8.09	3.33	2.33	28.82	57.65
8.5	s/d	9	0.5	8.75	7.10	14.00	57.99	6.00	8.38	3.33	2.33	28.64	57.28
9	s/d	10	1	9.5	7.10	14.00	55.84	6.00	8.75	3.33	2.33	28.34	56.68
10	s/d	11	1	10.5	7.10	14.00	53.13	6.00	9.17	3.33	2.33	27.90	55.80
11	s/d	12	1	11.5	7.10	14.00	50.60	6.00	9.50	3.33	2.33	27.42	54.85
12	s/d	13	1	12.5	7.10	14.00	48.24	6.00	9.75	3.33	2.33	26.92	53.84
13	s/d	14	1	13.5	7.10	14.00	46.04	6.00	9.94	3.33	2.33	26.39	52.78

2. Menghitung pemampatan akibat beban timbunan tanah

Data perhitungan pada lapisan pertama dengan kedalaman 1 m;

$$\begin{aligned} e_o &= 1,83 \\ C_c &= 0,524 \\ C_s &= 0,105 \\ P_o' &= 3 \text{ kN/m}^2 \\ P_c' &= 18 \text{ kN/m}^2 \\ 2\Delta p &= 60 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai OCR pada lapisan pertaman > 1 sehingga perhitungan pemampatan menggunakan Persamaan 2.54.

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{C_s H}{1+e_o} \log\left(\frac{P_c}{P_o'}\right) + \frac{C_c H}{1+e_o} \log\left(\frac{P_o'+\Delta P}{P_c'}\right) \\ &= \frac{0,105 \times 1 \text{ m}}{1+1,83} \log\left(\frac{18 \text{ kN/m}^2}{3 \text{ kN/m}^2}\right) + \frac{0,524 \times 1 \text{ m}}{1+1,83} \log\left(\frac{3 \text{ kN/m}^2 + 60 \text{ kN/m}^2}{18 \text{ kN/m}^2}\right) \\ &= 0,13 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan pemampatan akibat timbunan pada lapisan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.4

Tabel 5.4 Rekapitulasi Pemampatan Akibat Timbunan

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	2ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi	Sci	Sigma Sci
										< atau >			NC/OC	m	m
0	s/d	1	0.5	0.524	0.10	1.83	60.00	3.00	63.00	>	18.00	6.00	OC	0.130	0.130
1	s/d	2	1.5	0.524	0.10	1.83	59.98	9.00	68.98	>	24.00	2.67	OC	0.101	0.230
2	s/d	3	2.5	0.524	0.10	1.83	59.92	15.00	74.92	>	30.00	2.00	OC	0.085	0.315
3	s/d	4	3.5	0.524	0.10	1.83	59.78	21.00	80.78	>	36.00	1.71	OC	0.074	0.389
4	s/d	5	4.5	0.524	0.10	1.83	59.54	27.00	86.54	>	42.00	1.56	OC	0.065	0.454
5	s/d	6	5.5	0.524	0.10	1.83	59.19	33.00	92.19	>	48.00	1.45	OC	0.059	0.512
6	s/d	7	6.5	0.524	0.10	1.83	58.73	39.00	97.73	>	54.00	1.38	OC	0.053	0.565
7	s/d	8	7.5	0.524	0.10	1.83	58.15	45.00	103.15	>	60.00	1.33	OC	0.048	0.614
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.10	1.83	57.65	49.50	107.15	>	64.50	1.30	OC	0.023	0.636
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.07	1.53	57.28	52.78	110.05	>	67.78	1.28	OC	0.017	0.653
9	s/d	10	9.5	0.361	0.07	1.53	56.68	58.10	114.78	>	73.10	1.26	OC	0.031	0.684
10	s/d	11	10.5	0.361	0.07	1.53	55.80	65.20	121.00	>	80.20	1.23	OC	0.028	0.712
11	s/d	12	11.5	0.361	0.07	1.53	54.85	72.30	127.15	>	87.30	1.21	OC	0.026	0.737
12	s/d	13	12.5	0.361	0.07	1.53	53.84	79.40	133.24	>	94.40	1.19	OC	0.023	0.761
13	s/d	14	13.5	0.361	0.07	1.53	52.78	86.50	139.28	>	101.50	1.17	OC	0.022	0.782
Total Penurunan													0.7823	m	

3. Menghitung pemampatan akibat perkerasan jalan

Besarnya penambahan beban (Δ) akibat beban perkerasan jalan yang merupakan beban terbagi merata berbentuk persegi dapat dihitung dengan Persamaan 2.15.

Data perencanaan:

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Jalan} &= 28 \text{ m} \\
 h_{\text{rigid Pavement}} &= 0,2 \text{ m} \\
 h_{\text{lean concrete}} &= 0,1 \text{ m} \\
 h_{\text{agregat pondasi}} &= 0,2 \text{ m} \\
 Q_{\text{rigid Pavement}} &= 0,2 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 4,8 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{lean concrete}} &= 0,1 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 2,4 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{agregat pondasi}} &= 0,2 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 3,6 \text{ kN/m}^2 \\
 \hline
 Q \text{ Total} &= 10,8 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Sebagai contoh perhitungan pemampatan akibat beban perkerasan dengan ketinggian rencana 3 m pada titik tinjauan Z_1 (kedalaman 1 m), sehingga:

$$\begin{aligned}
 Z &= \text{Tinggi timbunan} + \frac{1}{2} \text{ tebal lapisan yang ditinjau} \\
 &= 3 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\
 &= 3,5 \text{ m} \\
 X &= 14 \text{ m} \\
 Y &= \infty \\
 m &= x/z \\
 &= 14 \text{ m} / 3,5 \text{ m} \\
 &= 4 \\
 n &= \infty
 \end{aligned}$$

Nilai faktor pengaruh akibat beban perkerasan diperoleh dari kurva NAVFAC pada Gambar 2.3 dimana merupakan konfigurasi antara harga m dan n , maka diperoleh hasil pembacaan $I = 0,25$. Hasil I ini untuk seperempat perkerasan jalan, untuk seluruh perkerasan maka harus dikalikan empat, sehingga;

$$\begin{aligned}
 \Delta p_{\text{perkerasan}} &= 4 \times I \times Q \text{ Total} \\
 &= 4 \times 0,25 \times 10,8 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 10,8 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$(P_o + \Delta p) = 3 \text{ kN/m}^2 + 10,8 \text{ kN/m}^2 \\ = 13,8 \text{ kN/m}^2$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa $(P_o + \Delta p) \leq P_c$, oleh sebab itu perhitungan pemampatan akibat perkerasan jalan menggunakan rumus pada Persamaan 2.53.

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P}{P'_o} \right) \\ S_c = \frac{0,105 \times 1 \text{ m}}{1 + 1,83} \log \left(\frac{13,8 \text{ kN/m}^2}{3} \right) \\ = 0,0245 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban perkerasan pada lapisan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Rekapitulasi Pemampatan Akibat Perkerasan

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah m	Akibat beban perkerasan				ΔP Kn/m ²	P_o' Kn/m ²	$P_o' + \Delta P$ Kn/m ²	Ket. (> atau <)	P_c' Kn/m ²	S_c (m)
				z (m)	m x/z	n y/z	I (grafik)						
0	s/d	1	0.5	3.5	4.000	∞	0.25	10.80	3.00	13.80	<	18.00	0.025
1	s/d	2	1.5	4.5	3.111	∞	0.248	10.71	9.00	19.71	<	24.00	0.013
2	s/d	3	2.5	5.5	2.545	∞	0.245	10.58	15.00	25.58	<	30.00	0.009
3	s/d	4	3.5	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	21.00	31.45	<	36.00	0.006
4	s/d	5	4.5	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	27.00	37.28	<	42.00	0.005
5	s/d	6	5.5	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	33.00	43.15	<	48.00	0.004
6	s/d	7	6.5	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	39.00	48.85	<	54.00	0.004
7	s/d	8	7.5	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	45.00	54.63	<	60.00	0.003
8	s/d	8.5	8.25	11.25	1.244	∞	0.222	9.59	49.50	59.09	<	64.50	0.001
8.5	s/d	9	8.75	11.75	1.191	∞	0.218	9.42	52.78	62.19	<	67.78	0.001
9	s/d	10	9.5	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	58.10	67.26	<	73.10	0.002
10	s/d	11	10.5	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	65.20	74.10	<	80.20	0.002
11	s/d	12	11.5	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	72.30	81.03	<	87.30	0.001
12	s/d	13	12.5	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	79.40	87.95	<	94.40	0.001
13	s/d	14	13.5	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	86.50	94.71	<	101.50	0.001
Total Penurunan												0.07814	

4. Menghitung tinggi timbunan awal dan akhir

Kondisi timbunan setelah mengalami pemampatan (S_c) dimana pada contoh perhitungan sebelumnya dengan beban timbunan tanah $q = 60 \text{ kN/m}^2$ dan kemiringan lereng 1:2 diperoleh S_c total akibat timbunan = 0,782 m dan akibat perkerasan sebesar = 0,078 m. Sehingga tinggi awal timbunan dapat diperoleh dengan Persamaan 2.37.

$$\begin{aligned}
 H_{\text{awal}} &= \frac{q + (Sc \times \gamma_w)}{\gamma_{\text{timb}}} \\
 &= \frac{60 \text{ kN/m}^2 + (0,782 \text{ m} \times 10 \text{ kN/m}^3)}{20 \text{ kN/m}^3} \\
 &= 3,391 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Beban lalu lintas setelah masa konstruksi timbunan dikonversikan menjadi beban *surchage* yang nantinya akan dibongkar setelah masa konstruksi timbunan selesai. Pada tinggi timbunan 3 m dan q timbunan sebesar 60 kN/m^3 didapatkan nilai Q_{traffic} dari hasil pembacaan kurva pada Gambar 2.10 sebesar 4 kN/m^2 , maka tinggi H_{bongkar} menjadi:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{bongkar}} &= \frac{q}{\gamma_{\text{timb}}} \\
 &= \frac{4 \text{ kN/m}^2}{20 \text{ kN/m}^3} \\
 &= 0,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga tinggi akhir (H_{akhir}) didapatkan dengan Persamaan 2.39.

$$\begin{aligned}
 H_{\text{akhir}} &= (H_{\text{initial}} - Sc_{\text{timbunan}} - Sc_{\text{Pavement}} - H_{\text{bongkar-traffic}}) + H_{\text{pavement}} \\
 &= (3,391 \text{ m} - 0,782 \text{ m} - 0,078 \text{ m} - 0,2 \text{ m}) + 0,5 \text{ m} \\
 &= 2,83 \text{ m}
 \end{aligned}$$

5. Kurva hubungan antara H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc

Berdasarkan hasil perhitungan dengan percobaan tinggi timbunan yang berbeda-beda, maka diperoleh harga H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk tiap masing-masing ketinggian timbunan dan lapisan tanah lunak 14 m dan 11 m, seperti pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7.

Ulangi semua langkah di atas pada kedalaman tanah lunak 14 meter dan 11,5 meter. Hasil dari seluruh perhitungan H_{awal} dan H_{akhir} dengan beberapa percobaan ketinggian timbunan dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 5.6 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc ($Z_{\text{tanah lunak}} = 14 \text{ m}$)

H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	H-traffic	H pav.	H final	Sc total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
3	60	0.78	3.39	0.08	0.2	0.5	2.83	0.86
4	80	0.98	4.49	0.08	0.125	0.5	3.81	1.06

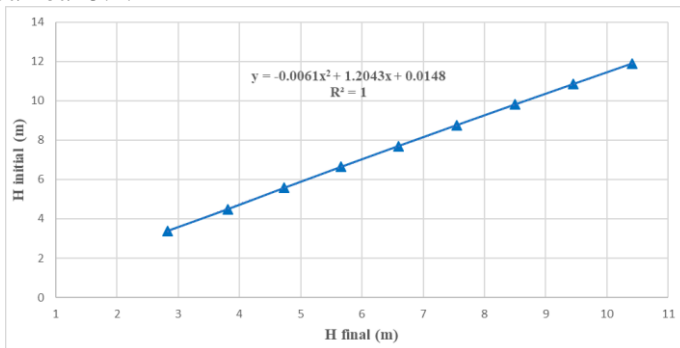
Tabel 5.6 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc ($Z_{tanah\ lunak} = 14\text{ m}$)
(Lanjutan)

H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	H-traffic	H pav.	H final	Sc total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
5	100	1.14	5.57	0.08	0.125	0.5	4.73	1.22
6	120	1.28	6.64	0.08	0.125	0.5	5.66	1.36
7	140	1.41	7.70	0.07	0.125	0.5	6.60	1.48
8	160	1.52	8.76	0.07	0.125	0.5	7.54	1.59
9	180	1.62	9.81	0.07	0.125	0.5	8.50	1.69
10	200	1.71	10.85	0.07	0.125	0.5	9.45	1.78
11	220	1.79	11.89	0.07	0.125	0.5	10.41	1.86

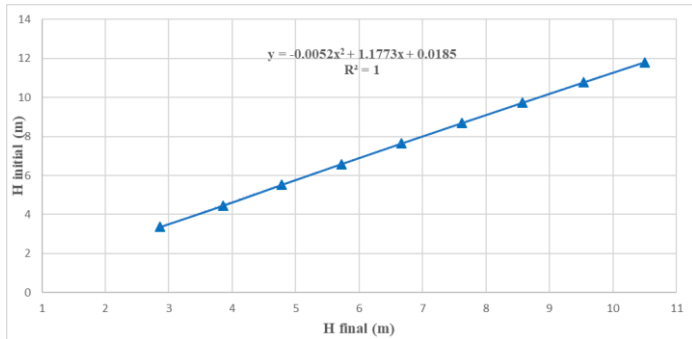
Tabel 5.7 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc ($Z_{tanah\ lunak} = 11,5\text{ m}$)

H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	H-traffic	H pav.	H final	Sc total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
3	60	0.72	3.36	0.08	0.2	0.5	2.86	0.80
4	80	0.90	4.45	0.07	0.125	0.5	3.85	0.97
5	100	1.05	5.52	0.07	0.125	0.5	4.78	1.12
6	120	1.17	6.59	0.07	0.125	0.5	5.72	1.24
7	140	1.28	7.64	0.07	0.125	0.5	6.66	1.35
8	160	1.38	8.69	0.07	0.125	0.5	7.62	1.45
9	180	1.46	9.73	0.07	0.125	0.5	8.58	1.53
10	200	1.54	10.77	0.07	0.125	0.5	9.54	1.61
11	220	1.61	11.81	0.07	0.125	0.5	10.50	1.68

Harga H_{awal} dan H_{akhir} pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 kemudian diplot menjadi kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} . Untuk kedalaman tanah lunak 14 m ditunjukkan oleh Gambar 5.1 dan untuk kedalaman tanah lunak 11,5 m ditunjukkan oleh Gambar 5.2.

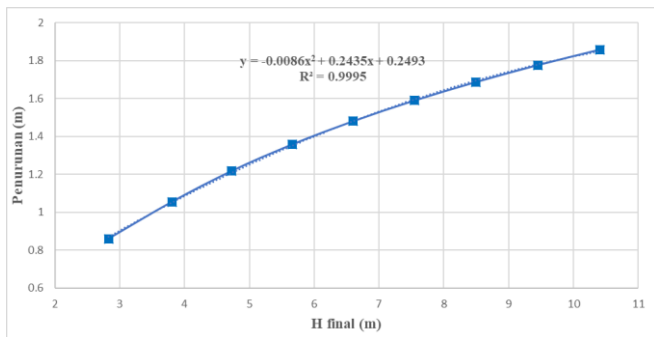


Gambar 5.1 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tanah lunak 14 m

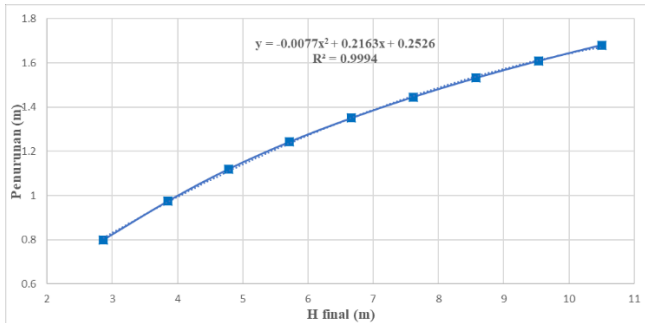


Gambar 5.2 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tanah lunak 11,5 m

Harga H_{akhir} dan pemampatan pada Tabel 5.6 dan Tabel 5.7 kemudian diplot menjadi kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan. Untuk kedalaman tanah lunak 14 m ditunjukkan oleh Gambar 5.3 dan untuk kedalaman tanah lunak 11,5 m ditunjukkan oleh Gambar 5.4.



Gambar 5.3 Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk tanah lunak 14 m



Gambar 5.4 Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk tanah lunak 11,5 m

Perhitungan H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk masing-masing tinggi timbunan rencana sesuai STA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan grafik hubungan pada Gambar 5.1 sampai dengan 5.4. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Tinggi Awal, Tinggi Akhir, dan Pemampatan pada Alternatif Timbunan Tanah

STA	Kemiringan Lereng 1:2			
	$Z_{\text{tanah lunak}}$	Tinggi Akhir	Tinggi Awal	Sc
	(m)	(m)	(m)	(m)
STA 12+434	11,5	8,7	9,86	1,55
STA 12+484	14	8,1	9,37	1,65
STA 12+534	14	7	8,15	1,53
STA 12+584	14	5,8	6,8	1,37
STA 12+634	14	4,5	5,31	1,17
STA 12+684	14	3,5	4,15	0,99

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan hasil pemampatan yang cukup besar pada beberapa tinjauan tinggi timbunan rencana (H_{akhir}). Oleh sebab itu pelaksanaan tinggi timbunan rencana

dilakukan dengan metode penimbunan bertahap (*preloading*) hingga besar pemampatan yang terjadi pada tanah dasar selesai.

Tinggi awal timbunan pada Tabel 5.8 kemudian dikalikan dengan berat jenis tanah timbunan untuk mengetahui besar beban *preloading* untuk menghilangkan pemampatan akibat timbunan tanah. Rekapitulasi besar beban *preloading* yang dibutuhkan untuk menghilangkan pemampatan pada alternatif timbunan tanah ditunjukkan pada Tabel 5.9 berikut:

Tabel 5.9 Rekapitulasi Besar Beban *Preloading*

STA	Tinggi Akhir	Timbunan Material Tanah			
		Tinggi Awal	Akibat Tanah	Akibat Perkerasan	Akibat Lalulintas
	(m)	(m)	(kN/m ²)	(kN/m ²)	(kN/m ²)
12+434	8.70	9.86	197.35	10.80	2.50
12+484	8.10	9.37	187.39	10.80	2.50
12+534	7.00	8.15	162.92	10.80	2.50
12+584	5.80	6.8	135.89	10.80	2.50
12+634	4.50	5.31	106.21	10.80	2.50
12+684	3.50	4.15	83.00	10.80	2.50

5.2. Waktu Pemampatan

Penurunan lapisan tanah disebabkan oleh keluarnya air pori akibat terdesak beban yang bekerja di atasnya. Pada kondisi normal air pori akan bergerak secara vertikal, kemampuan air pori bergerak secara vertikal ini disebut dengan koefisien konsolidasi vertikal (C_v). Nilai C_v diketahui dari hasil penyelidikan tanah uji di laboratorium. Setiap lapisan tanah memiliki nilai C_v yang beragam, maka untuk perhitungan pemampatan nilai C_v yang digunakan adalah harga C_v gabungan yang menggunakan Persamaan 2.19.

Perhitungan waktu pemampatan dilakukan untuk mengetahui apakah tanah dasar perlu dilakukan perbaikan atau tidak. Apabila waktu pemampatan yang terjadi melebihi waktu perencanaan proyek, maka diperlukan cara untuk mempercepat waktu pemampatan yang terjadi. Perhitungan C_v gabungan untuk kedalaman tanah lunak 14 m ditunjukkan oleh Tabel 5.10 dan untuk kedalaman tanah lunak 11,5 m ditunjukkan oleh Tabel 5.11.

Tabel 5.10 Nilai Cv Gabungan Kedalaman 14 m

Elevasi dari tanah dasar			H	Cv	H/vCv	Cv Gab cm2/dt	Cv Gab m2/tahun
			m	cm2/dtk			
0	s/d	1	1	0.000402	49.87547	0.00047	1.4865398
1	s/d	2	1	0.000402	49.87547		
2	s/d	3	1	0.000402	49.87547		
3	s/d	4	1	0.000402	49.87547		
4	s/d	5	1	0.000402	49.87547		
5	s/d	6	1	0.000402	49.87547		
6	s/d	7	1	0.000402	49.87547		
7	s/d	8	1	0.000402	49.87547		
8	s/d	8.5	0.5	0.000402	24.93773		
8.5	s/d	9	0.5	0.00062	20.08048		
9	s/d	10	1	0.00062	40.16097		
10	s/d	11	1	0.00062	40.16097		
11	s/d	12	1	0.00062	40.16097		
12	s/d	13	1	0.00062	40.16097		
13	s/d	14	1	0.00062	40.16097		
Total (H/vCv)					644.8268		
Total (H/vCv)^2					415801.6		

Tabel 5.11 Nilai Cv Gabungan Kedalaman 11,5 m

Elevasi dari tanah dasar			H	Cv	H/vCv	Cv Gab cm2/dt	Cv Gab m2/tahun
			m	cm2/dtk			
0	s/d	1	1	0.000402	49.87547	0.00045	1.407107
1	s/d	2	1	0.000402	49.87547		
2	s/d	3	1	0.000402	49.87547		
3	s/d	4	1	0.000402	49.87547		
4	s/d	5	1	0.000402	49.87547		
5	s/d	6	1	0.000402	49.87547		
6	s/d	7	1	0.000402	49.87547		
7	s/d	8	1	0.000402	49.87547		
8	s/d	8.5	0.5	0.000402	24.93773		
8.5	s/d	9	0.5	0.00062	20.08048		
9	s/d	10	1	0.00062	40.16097		
10	s/d	11	1	0.00062	40.16097		
11	s/d	11.5	0.5	0.00062	20.08048		
Total (H/vCv)					544.4244		
Total (H/vCv)^2					296397.9		

Hasil perhitungan menunjukkan nilai Cv gabungan = 1,486 m²/tahun untuk kedalaman tanah lunak 14 m dan 1,407 m²/tahun untuk kedalaman tanah lunak 11,5 m. Untuk umur rencana pemampatan 90% (U=90%) didapat Tv = 0,848 (Berdasarkan

Tabel 2.9). Dengan menggunakan Persamaan 2.18, didapatkan waktu konsolidasi normal sebagai berikut:

- Untuk Kedalaman tanah lunak 14 m

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

$$t = \frac{0,848 (14 \text{ m})^2}{1,486 \text{ m}^2/\text{tahun}}$$

$$= 112 \text{ tahun}$$

- Untuk Kedalaman tanah lunak 11,5 m

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

$$t = \frac{0,848 (11,5 \text{ m})^2}{1,407 \text{ m}^2/\text{tahun}}$$

$$= 80 \text{ tahun}$$

Dari perhitungan di atas, diketahui bahwa waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% sangat lama melebihi waktu rencana proyek sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah untuk mempercepat waktu konsolidasi. Untuk mengetahui pemampatan pertahun sesuai dengan waktu rencana jalan dapat menggunakan Persamaan 2.20 dan Persamaan 2.21 dengan contoh perhitungan tahun ke-1 pada kedalaman tanah lunak 14 m (STA 12+484) sebagai berikut:

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

$$= \frac{1 \times 1,48 \text{ m}^2/\text{tahun}}{(14 \text{ m})^2}$$

$$= 0,0075$$

Karena nilai T_v diantara 0% s/d 60%, maka U_v :

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

$$= \left(2 \sqrt{\frac{0,0075}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$= 9,83\%$$

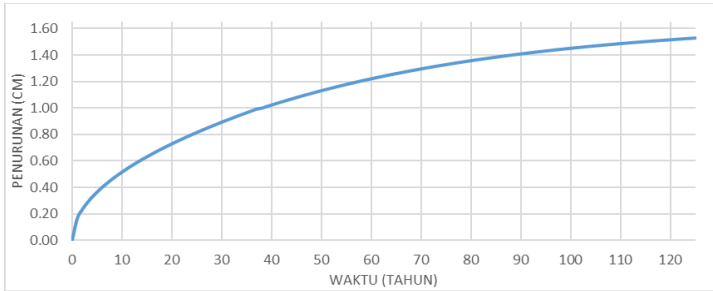
Didapatkan nilai penurunan pada tahun ke-1 sebesar.

$$S_c = U_v \times S_{c_{total}}$$

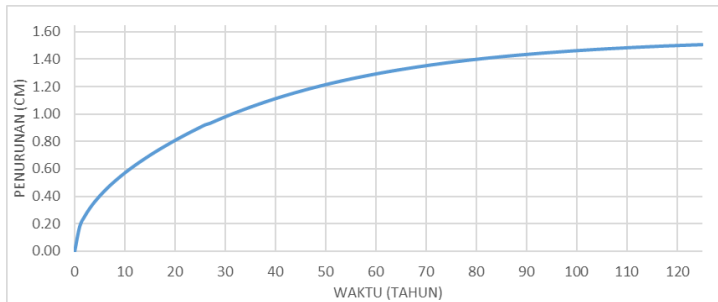
$$= 9,83\% \times 1,65 \text{ m}$$

$$= 0,16 \text{ m}$$

Untuk nilai penurunan pada tahun-tahun selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6.



Gambar 5.5 Pemampatan tanah tanpa adanya perbaikan untuk tanah lunak 14 m



Gambar 5.6 Pemampatan tanah tanpa adanya perbaikan untuk tanah lunak 11,5 m

Berdasarkan hasil analisis tersebut diketahui bahwa pemampatan pertahun tanpa adanya perbaikan berpotensi menimbulkan *differential settlement* ($>2,5$ cm/tahun) yang dapat merusak struktur jalan di atasnya. Sehingga perlu perbaikan tanah dasar untuk mempercepat waktu konsolidasi. Perbaikan yang digunakan adalah dengan menggunakan PVD (*Preabricated Vertical Drain*).

5.3. Perencanaan PVD

Metode percepatan pemampatan yang direncanakan yang direncanakan yaitu menggunakan PVD (*prefabricated vertical drain*) sebagai pengalir aliran air pori dalam konsolidasi arah radial dan PHD (*prefabricated horizontal drain*) dan PHD (*prefabricated horizontal drain*) sebagai pengalir air yang keluar dari PVD ke drainase sekitarnya.

Kedalaman tanah lunak pada lokasi terdapat dua kedalaman, yakni 14 m dan 11,5 m. Untuk menghindari kedalaman PVD yang tidak seragam, maka dalam perencanaan ini kedalaman rencana PVD kurang dari kedalaman tanah mampu mampat yaitu 10 m. Perencanaan PVD dilakukan menggunakan PVD GD-80 dengan lebar 100 mm dan tebal 3,5 mm pada setiap kedalaman tanah lunak yang dimampatkan (10 m). Langkah-langkah perhitungan PVD adalah sebagai berikut:

1. Untuk perhitungan nilai fungsi hambatan (f_n) menggunakan Persamaan 2.41 dengan contoh perhitungan pada jarak PVD 1,1 m dan pola segitiga sebagai berikut:

$$D_w = 65,89 \text{ mm (Gambar 2.15)}$$

$$D = 1,05 \times 1100 \text{ mm}$$

$$= 1155 \text{ mm}$$

$$n = D/D_w$$

$$= 1155 \text{ mm} / 65,89 \text{ mm}$$

$$= 17,53$$

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

$$= \left(\frac{17,53^2}{17,53^2-1} \right) \left[\ln(17,53) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4 \times 17,53^2} \right) \right]$$

$$= 2,12$$

Untuk hasil perhitungan masing-masing jarak dan pola pemasangan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut:

Tabel 5.12 Rekapitulasi Nilai Fungsi Hambatan $F(n)$

Pola	Jarak PVD	D	a	b	Dw	n	F(n)	
	S (m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			
Segitiga	0.4	420	100	3.5	65.890	6.374	1.124	
	0.5	525	100	3.5	65.890	7.968	1.343	
	0.6	630	100	3.5	65.890	9.561	1.522	
	0.7	735	100	3.5	65.890	11.155	1.673	
	0.8	840	100	3.5	65.890	12.748	1.805	
	0.9	945	100	3.5	65.890	14.342	1.921	
	1	1050	100	3.5	65.890	15.936	2.026	
	1.1	1155	100	3.5	65.890	17.529	2.120	
	1.2	1260	100	3.5	65.890	19.123	2.206	
	1.3	1365	100	3.5	65.890	20.716	2.286	
	1.4	1470	100	3.5	65.890	22.310	2.359	
	1.5	1575	100	3.5	65.890	23.903	2.428	
	1.6	1680	100	3.5	65.890	25.497	2.492	
	Segiempat	0.40	452	100	3.5	65.89	6.86	1.196
		0.50	565	100	3.5	65.89	8.57	1.415
		0.60	678	100	3.5	65.89	10.29	1.594
0.70		791	100	3.5	65.89	12.00	1.746	
0.80		904	100	3.5	65.89	13.72	1.877	
0.90		1017	100	3.5	65.89	15.43	1.994	
1.00		1130	100	3.5	65.89	17.15	2.098	
1.10		1243	100	3.5	65.89	18.86	2.193	
1.20		1356	100	3.5	65.89	20.58	2.279	
1.30		1469	100	3.5	65.89	22.29	2.359	
1.40		1582	100	3.5	65.89	24.01	2.432	
1.50		1695	100	3.5	65.89	25.72	2.501	
1.60		1808	100	3.5	65.89	27.44	2.565	

2. Perhitungan derajat konsolidasi horizontal (U_h) pola pemasangan PVD segi empat dan segi tiga. Perhitungan ini dihitung sampai dengan waktu efektif PVD sekaligus waktu yang tersedia di lapangan adalah 6 bulan (24 minggu) dapat menggunakan Persamaan 2.48. dengan data sebagai berikut:

$$\text{Durasi Waktu (t)} = 24 \text{ minggu}$$

$$\text{Koef. konsolidasi vertikal (C}_v\text{)} = 0,0258 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$\text{Koef. konsolidasi radial (C}_h\text{), } 4 \times C_v = 0,1032 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$D = 1,155 \text{ m}$$

$$F(n) = 2,12$$

Dengan data di atas, maka nilai derajat konsolidasi horizontal (U_h) pada minggu pertama menjadi:

$$\begin{aligned}
 U_h &= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{t \times 8 \times ch}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] \\
 &= \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\left(\frac{1 \times 8 \times 0,1032}{1,155^2 \times 2 \times 2,12} \right)}} \right) \right] \\
 &= 0,1358
 \end{aligned}$$

Selanjutnya hasil perhitungan U_h untuk masing-masing jarak dan pola pemasangan dapat dilihat pada Lampiran 4.

- Perhitungan derajat konsolidasi vertikal (U_v) untuk mengetahui kemampuan air pori tanah bergerak keluar secara vertikal sesuai dengan waktu rencana 6 bulan (24 minggu). Perhitungan dengan data berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Koef. konsolidasi vertikal } (C_v) &= 0,0258 \text{ m}^2/\text{minggu} \\
 \text{Hdr} &= 10 \text{ m} \\
 \text{Tv tahun ke-1} &= \frac{t \cdot C_v}{(\text{Hdr})^2} \\
 &= \frac{1 \times 0,0258 \text{ m}^2/\text{minggu}}{(10 \text{ m})^2} \\
 &= 2,58 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_v &= \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \\
 &= \left(2 \sqrt{\frac{2,58 \times 10^{-4}}{\pi}} \right) \\
 &= 0,0181
 \end{aligned}$$

Selanjutnya hasil perhitungan U_v untuk masing-masing jarak dan pola pemasangan dapat dilihat pada Lampiran 4.

- Perhitungan derajat konsolidasi total (U_{total}). Derajat konsolidasi total dihasilkan karena air pori yang bergerak keluar terbagi menjadi dua arah (lihat Gambar 2.12). Untuk mendapatkan nilai konsolidasi total (U_{total}) dapat

menggunakan Persamaan 2.49. Perhitungan U_{total} yang terjadi pada minggu pertama pemampatan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 U_h &= 0,1358 \\
 U_v &= 0,0181 \\
 U_{gab} &= [1 - (1 - \bar{U}_h).(1 - U_v)] \times 100\% \\
 &= [1 - (1 - 0,1358).(1 - 0,0181)] \times 100\% \\
 &= 15,14\%
 \end{aligned}$$

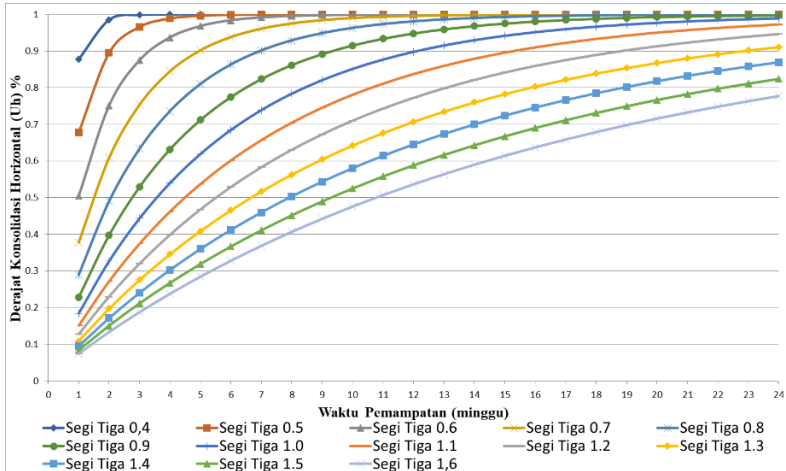
Untuk perhitungan U_{total} pada pola segitiga dengan jarak 1,1 m ditampilkan pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Derajat Konsolidasi Pola Segitiga Jarak 1,1 m

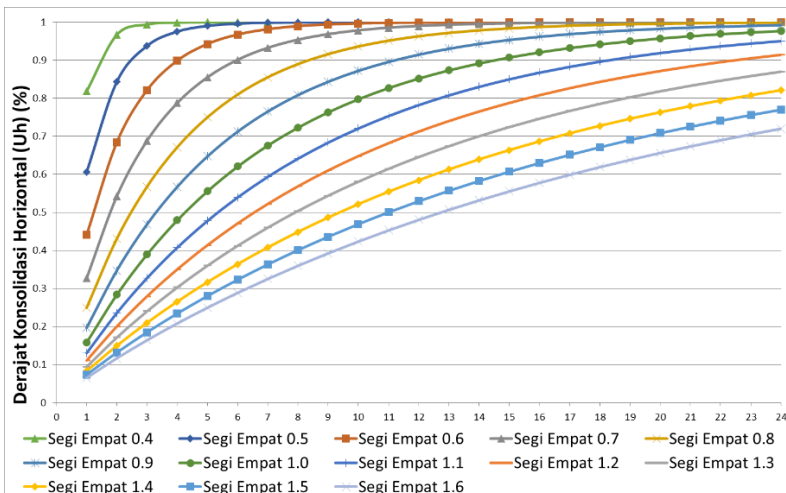
t (minggu)	T_v	U_v	U_h	U_{total} (%)
1	0.000	0.018	0.136	15.15%
2	0.001	0.026	0.253	27.23%
3	0.001	0.031	0.355	37.48%
4	0.001	0.036	0.442	46.25%
5	0.001	0.041	0.518	53.75%
6	0.002	0.044	0.583	60.19%
7	0.002	0.048	0.640	65.73%
8	0.002	0.051	0.689	70.49%
9	0.002	0.054	0.731	74.58%
10	0.003	0.057	0.768	78.10%
11	0.003	0.060	0.799	81.13%
12	0.003	0.063	0.826	83.74%
13	0.003	0.065	0.850	85.98%
14	0.004	0.068	0.870	87.92%
15	0.004	0.070	0.888	89.59%
16	0.004	0.072	0.903	91.02%
17	0.004	0.075	0.916	92.26%
18	0.005	0.077	0.928	93.33%
19	0.005	0.079	0.938	94.25%
20	0.005	0.081	0.946	95.04%
21	0.005	0.083	0.953	95.72%
22	0.006	0.085	0.960	96.31%
23	0.006	0.087	0.965	96.82%
24	0.006	0.089	0.970	97.26%

Perhitungan seluruh pola pemasangan dan jarak dihitung dengan cara yang sama seperti di atas dan dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil dari seluruh pola pemasangan dan jarak

kemudian dijadikan grafik seperti pada Gambar 5.7 dan Gambar 5.8 berikut:



Gambar 5.7 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi total untuk pola pemasangan segitiga



Gambar 5.8 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi total untuk pola pemasangan segiempat

Waktu pemampatan yang diijinkan apabila menggunakan PVD tidak lebih dari 24 minggu. Hal ini dikarenakan ketika PVD terpasang selama lebih dari 24 minggu dikhawatirkan sudah mengalami *clogging*/tersumbat sehingga tidak berfungsi secara maksimal. Maka dari itu dalam perencanaan digunakan pola pemasangan segitiga dengan jarak 1,1 m yang akan mencapai derajat konsolidasi minimal 90% dalam 24 minggu. Pola segitiga dipilih karena pengaruh konsolidasinya lebih efektif dibandingkan pola segiempat.

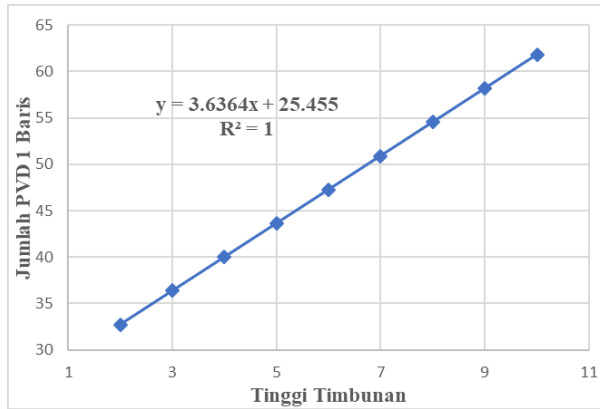
5.4. Perhitungan Biaya PVD dan PHD

5.4.1. Perhitungan biaya PVD

Pola pemasangan PVD adalah segitiga dengan jarak antar PVD 1,1 meter. PVD dipasang hingga atas tanah dasar dan pemasangan dilakukan pada lebar timbunan bagian bawah, dimana diantara tanah dasar dan timbunan. Tinggi jagaan PVD ditetapkan 1 m untuk pemasangan penyambungan PVD menuju PHD. Dalam perhitungan ini yang dicontohkan alternatif PVD di bawah timbunan setinggi 10 m, berikut adalah perhitungannya.

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi awal timbunan} &= 10 \text{ m} \\
 \text{Lebar timbunan atas} &= 28 \text{ m} \\
 \text{Kemiringan lereng} &= 1:2 \\
 \text{Lebar bawah timbunan} &= (4 \times 10 \text{ m}) + 28 \text{ m} \\
 &= 68 \text{ m} \\
 \text{Jumlah PVD 1 baris} &= 68 \text{ m} / 1,1 \text{ m} \\
 &= 62 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Setelah itu dicoba untuk tiap ketinggian timbunan hingga didapat grafik seperti pada Gambar 5.9. Setelah itu dihitung untuk tiap jarak tinjauan. Untuk mendapatkan jumlah kebutuhan PVD yang efektif tinjauan jarak yang digunakan adalah setiap 25 m.



Gambar 5.9 Grafik hubungan antara tinggi timbunan dengan jumlah PVD per baris

Untuk timbunan dengan tinggi akhir adalah 8,7 m dengan grafik pada Gambar 5.9 perhitungannya adalah sebagai berikut:

Tinggi awal timbunan = 9,86 m

Jumlah PVD 1 baris = 62 buah

Jarak memanjang PVD = $0,866 \times S$
 $= 0,866 \times 1,1 \text{ m}$
 $= 0,953 \text{ m}$

Panjang PVD per 25 m = $62 \text{ buah} \times \frac{25 \text{ m}}{0,953 \text{ m}} \times (10 \text{ m} + 1 \text{ m})$
 $= 17899 \text{ m}$

Total panjang PVD pada kemiringan lereng 1:2 dari STA 434 – 459 (25 m) adalah 17899 m. Harga PVD per meternya adalah Rp 3.500,-, sehingga total harga pemasangan PVD pada STA tersebut sebesar Rp 62.646.500,-. Untuk hasil perhitungan volume dan harga seluruh STA dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Perhitungan Harga PVD

STA	Tinggi Awal Timbunan	Lebar Timbunan Atas	Lebar Timbunan Bawah	Panjang Tinjauan	PVD 1 Baris	Jarak PVD Memanjang	Total Panjang PVD	Harga total
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
12+434 – 459	9.86	28	67.44	25	62	0.9526	17899	Rp 62,646,500
12+459 – 484	9.54	28	66.16	25	61	0.9526	17610	Rp 61,635,000

Tabel 5.14 Perhitungan Harga PVD (Lanjutan)

STA	Tinggi Awal Timbunan	Lebar Timbunan Atas	Lebar Timbunan Bawah	Panjang Tinjauan	PVD 1 Baris	Jarak PVD Memanjang	Total Panjang PVD	Harga total
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
12+484—509	9.37	28	65.48	25	60	0.9526	17322	Rp 60,627,000
12+509—534	8.7	28	62.80	25	58	0.9526	16744	Rp 58,604,000
12+534—559	8.15	28	60.60	25	56	0.9526	16167	Rp 56,584,500
12+559—584	7.13	28	56.52	25	52	0.9526	15012	Rp 52,542,000
12+584—609	6.8	28	55.20	25	51	0.9526	14723	Rp 51,530,500
12+609—634	6.11	28	52.44	25	48	0.9526	13857	Rp 48,499,500
12+634—659	5.31	28	49.24	25	45	0.9526	12991	Rp 45,468,500
12+659—684	4.38	28	45.52	25	42	0.9526	12125	Rp 42,437,500
Harga Total								Rp 540,575,000

5.4.2. Perhitungan biaya PHD

Material PHD digunakan untuk mempercepat penyaluran air tanah dari PVD menuju saluran drainase pembuangan. Pemasangan PHD searah dengan potongan melintang jalan dan menghubungkan 2 baris PVD. Panjang PHD adalah lebar bawah timbunan ditambah 2 meter sebagai *overlap* menuju drainase. Jarak antar PHD 2 kali jarak memanjang PVD, yakni 1,905 m. berikut perhitungan panjang PHD pada STA 12+534 – 559.

$$\text{Tinggi awal timbunan} = 9,86 \text{ m}$$

$$\text{Lebar timbunan atas} = 28 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan lereng} = 1:2$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang PHD per baris} &= (4 \times 9,86 \text{ m}) + 28 \text{ m} + 4 \text{ m} \\ &= 71,44 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang PHD Per 25 m} &= 71,44 \text{ m} \times \frac{25 \text{ m}}{1,905 \text{ m}} \\ &= 938 \text{ m} \end{aligned}$$

Total panjang PHD pada kemiringan lereng 1:2 dari STA 12+534 – 559 adalah 812 m. Harga PHD per meternya adalah Rp 27.000,-. Sehingga total harga pemasangan PHD pada alternatif timbunan tanah Rp 25.326.000,-. Untuk hasil perhitungan seluruh STA dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Perhitungan Harga PHD

STA	Tinggi Awal Timbunan	Lebar Timbunan Atas	Lebar Timbunan Bawah	Panjang Tinjauan	PHD 1 Baris	Jarak PVD Memanja	Total Panjang PVD	Harga total	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
12+434 — 459	9.86	28	67.44	25	71.44	1.91	938	Rp	25,326,000
12+459 — 484	9.54	28	66.16	25	70.16	1.91	921	Rp	24,867,000
12+484 — 509	9.37	28	65.48	25	69.48	1.91	912	Rp	24,624,000
12+509 — 534	8.7	28	62.8	25	66.8	1.91	877	Rp	23,679,000
12+534 — 559	8.15	28	60.6	25	64.6	1.91	848	Rp	22,896,000
12+559 — 584	7.13	28	56.52	25	60.52	1.91	795	Rp	21,465,000
12+584 — 609	6.8	28	55.2	25	59.2	1.91	777	Rp	20,979,000
12+609 — 634	6.11	28	52.44	25	56.44	1.91	741	Rp	20,007,000
12+634 — 659	5.31	28	49.24	25	53.24	1.91	699	Rp	18,873,000
12+659 — 684	4.38	28	45.52	25	49.52	1.91	650	Rp	17,550,000
Harga Total								Rp	220,266,000

5.5. Penimbunan Bertahap

Timbunan dalam masa konstruksinya dilakukan dengan cara bertahap. Kecepatan penimbunan dalam perencanaan ini adalah 50 cm/minggu dengan tinggi timbunan awal yang didapat dari perhitungan Sub-bab 5.1, untuk timbunan dengan tinggi akhir 8,7 m menghasilkan waktu pentahapan selama:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{awal}} &= 9,867 \text{ m} \\
 \text{Kecepatan penimbunan} &= 50 \text{ cm/minggu} \\
 \text{Jumlah tahapan} &= \frac{9,867 \text{ m}}{0,5 \text{ m/minggu}} \\
 &= 20 \text{ minggu (20 tahap)}
 \end{aligned}$$

5.5.1. Perhitungan peningkatan *cohesion undrained* (Cu)

Perhitungan peningkatan nilai Cu baru digunakan untuk mengetahui berapa nilai Cu setelah terjadi pemampatan akibat beban timbunan bertahap. Sehingga akibat timbunan bertahap terjadi peningkatan nilai parameter Cu dengan langkah – langkah perhitungan sebagai berikut:

1. Menghitung perubahan tegangan tiap lapisan tanah pada derajat konsolidasi, $U = 100\%$ umur 20 minggu, dengan beban penimbunan $0,5 \text{ m/minggu} = 10 \text{ kN/m}^3$. Contoh perhitungan hanya pada lapisan 1 tanah dasar dengan kedalaman tanah

lunak 11,5 m dan tinggi akhir timbunan 8,7 m adalah sebagai berikut.

$$\Delta p1 = 2 \times I \times q$$

Dimana:

$$\begin{aligned} q &= H_{\text{timbunan tahap ke-1}} \times \gamma_{\text{timbunan}} \\ &= 0,5 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\ &= 10 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$I = 0,5 \text{ (Pembacaan grafik pada Gambar 2.2)}$$

$$\begin{aligned} \Delta p1 &= 2 \times 0,5 \times 10 \text{ kN/m}^2 \\ &= 10 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Maka perhitungan tegangan akibat beban timbunan dapat dihitung.

$$\begin{aligned} \sigma1' &= P_o + \Delta p1 \\ &= 3 \text{ kN/m}^2 + 10 \text{ kN/m}^2 \\ &= 13 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan perubahan tegangan akibat beban bertahap dari tahap 1 hingga 20 dengan derajat konsolidasi 100% dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Pertambahan Tegangan Akibat Beban Timbunan

Elevasi dari tanah dasar			Po'	$\sigma1'$	$\sigma2'$	$\sigma3'$	$\sigma4'$	$\sigma5'$	$\sigma6'$	$\sigma7'$	$\sigma8'$	$\sigma9'$
			KN/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
			0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	
0	-	1	3.0	13.00	23.00	33.00	43.00	53.00	62.99	72.98	82.97	92.94
1	-	2	9.0	19.00	29.00	39.00	48.99	58.99	68.97	78.95	88.93	98.89
2	-	3	15.0	25.00	34.99	44.99	54.98	64.96	74.94	84.91	94.86	104.79
3	-	4	21.0	31.00	40.99	50.97	60.96	70.93	80.89	90.84	100.76	110.66
4	-	5	27.0	36.99	46.97	56.95	66.92	76.88	86.82	96.73	106.63	116.48
5	-	6	33.0	42.98	52.96	62.92	72.87	82.80	92.71	102.60	112.45	122.26
6	-	7	39.0	48.97	58.93	68.87	78.80	88.71	98.58	108.43	118.23	127.97
7	-	8	45.0	54.95	64.89	74.82	84.71	94.58	104.42	114.22	123.96	133.64
8	-	8.5	49.5	59.44	69.36	79.26	89.14	98.98	108.78	118.53	128.22	137.85
8.5	-	9	52.8	62.70	72.61	82.50	92.35	102.17	111.95	121.67	131.33	140.91
9	-	10	58.1	68.01	77.90	87.75	97.58	107.36	117.09	126.77	136.37	145.89
10	-	11	65.2	75.08	84.93	94.75	104.53	114.26	123.93	133.53	143.06	152.48
11	-	11.5	70.5	80.38	90.20	99.99	109.73	119.41	129.03	138.58	148.04	157.39

Tabel 5.16 Pertambahan Tegangan Akibat Beban Timbunan
(Lanjutan)

Elevasi dari tanah dasar		$\sigma_{10'}$	$\sigma_{11'}$	$\sigma_{12'}$	$\sigma_{13'}$	$\sigma_{14'}$	$\sigma_{15'}$	$\sigma_{16'}$	$\sigma_{17'}$	$\sigma_{18'}$	$\sigma_{19'}$	$\sigma_{20'}$	
		kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	
		5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	0.367422	
0	-	1	102.91	112.86	122.78	132.67	142.52	152.30	162.01	171.62	181.10	190.41	197.10
1	-	2	108.83	118.74	128.62	138.46	148.24	157.94	167.55	177.03	186.36	195.49	202.04
2	-	3	114.70	124.57	134.40	144.17	153.87	163.48	172.97	182.32	191.48	200.42	206.82
3	-	4	120.53	130.35	140.11	149.81	159.41	168.91	178.27	187.46	196.45	205.20	211.43
4	-	5	126.30	136.06	145.75	155.35	164.85	174.23	183.44	192.47	201.28	209.82	215.90
5	-	6	132.01	141.70	151.30	160.81	170.19	179.43	188.50	197.36	205.97	214.31	220.22
6	-	7	137.66	147.26	156.77	166.17	175.43	184.52	193.43	202.11	210.54	218.66	224.41
7	-	8	143.24	152.76	162.16	171.44	180.56	189.51	198.25	206.75	214.98	222.90	228.49
8	-	8.5	147.39	156.83	166.15	175.33	184.35	193.18	201.79	210.16	218.24	226.00	231.47
8.5	-	9	150.41	159.79	169.06	178.17	187.12	195.87	204.40	212.67	220.66	228.32	233.71
9	-	10	155.31	164.62	173.79	182.81	191.65	200.28	208.68	216.81	224.65	232.16	237.43
10	-	11	161.81	171.00	180.05	188.92	197.61	206.08	214.30	222.25	229.89	237.20	242.33
11	-	11.5	166.63	175.74	184.69	193.46	202.03	210.37	218.47	226.28	233.78	240.94	245.96

2. Setelah mendapatkan nilai perubahan tegangan akibat beban bertahap dengan $U = 100\%$, maka untuk mendapatkan nilai C_u baru harus menghitung penambahan tegangan efektif akibat beban H_{cr} apabila $U < 100\%$. Hasil analisis timbunan runtuh pada saat minggu ke-7 (3,5 m). Sehingga tahapan penimbunannya seperti ditampilkan Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Tahapan Penimbunan H kritis

Minggu Ke-	Tinggi timbunan (m)						
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
1	1						
2	2	1					
3	3	2	1				
4	4	3	2	1			
5	5	4	3	2	1		
6	6	5	4	3	2	1	
7	7	6	5	4	3	2	1

Untuk perhitungan tegangan efektif $U < 100\%$ dapat menggunakan Persamaan 2.50 dan 2.51 dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\Delta P_1' \text{ lapisan 1} = \left(\left(\frac{\sigma_1'}{P_o'} \right)^{U7} \cdot P_o' \right) - P_o'$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\left(\frac{13 \text{ kN/m}^2}{3 \text{ kN/m}^2} \right)^{0,6573} \cdot 3 \text{ kN/m}^2 \right) - 3 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 4,86 \text{ kN/m}^2 \\
 \Delta P2' \text{ lapisan 1} &= \left(\left(\frac{\sigma'_2}{\sigma'_1} \right)^{U_6} \cdot \sigma'_1 \right) - \sigma'_1 \\
 &= \left(\left(\frac{23 \text{ kN/m}^2}{13 \text{ kN/m}^2} \right)^{0,6019} \cdot 13 \text{ kN/m}^2 \right) - 13 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 5,33 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil semua perhitungan perubahan tegangan dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Perubahan Tegangan Tiap Lapisan pada Derajat Konsolidasi $U < 100\%$

Perubahan Teg.			Po`	ΔP1`	ΔP2`	ΔP3`	ΔP4`	ΔP5`	ΔP6`	ΔP7`	Σσ'	Σσ'
			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²		
Umur Timbunan			-	7	6	5	4	3	2	1		
U perminggu (%)			100	65.73%	60.19%	53.75%	46.25%	37.48%	27.23%	15.15%	kn/m ²	kg/cm ²
Kedalaman (m)												
0	s/d	1	3.00	4.86	5.33	4.93	4.30	3.50	2.55	1.42	29.89	0.299
1	s/d	2	9.00	5.71	5.51	5.01	4.34	3.53	2.57	1.43	37.08	0.371
2	s/d	3	15.00	5.98	5.61	5.06	4.37	3.55	2.58	1.43	43.58	0.436
3	s/d	4	21.00	6.12	5.68	5.10	4.39	3.56	2.58	1.43	49.87	0.499
4	s/d	5	27.00	6.21	5.72	5.12	4.41	3.57	2.59	1.43	56.06	0.561
5	s/d	6	33.00	6.26	5.75	5.14	4.42	3.58	2.59	1.43	62.17	0.622
6	s/d	7	39.00	6.29	5.77	5.15	4.43	3.58	2.59	1.43	68.24	0.682
7	s/d	8	45.00	6.32	5.78	5.16	4.43	3.57	2.58	1.43	74.27	0.743
8	s/d	8.5	49.50	6.33	5.79	5.16	4.42	3.57	2.58	1.42	78.76	0.788
8.5	s/d	9	52.78	6.33	5.79	5.16	4.42	3.56	2.57	1.42	82.03	0.820
9	s/d	10	58.10	6.34	5.79	5.15	4.41	3.56	2.57	1.42	87.33	0.873
10	s/d	11	65.20	6.34	5.78	5.14	4.40	3.55	2.56	1.41	94.38	0.944
11	s/d	11.5	70.53	6.33	5.78	5.13	4.39	3.53	2.55	1.40	99.64	0.996

- Setelah menghitung penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $< 100\%$, nilai C_u baru dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.56 dan Persamaan 2.57. Karena nilai *Plasticity Index* (PI) pada tanah ini kurang dari 120% maka C_u baru dihitung menggunakan Persamaan 2.56. Berikut adalah contoh perhitungan pada lapisan 1.

$$\begin{aligned}
 IP &= 79,37\% \\
 \Sigma\sigma' &= 0,299 \text{ kg/cm}^2 \\
 Cu &= 0,092 \text{ kg/cm}^2 \\
 Cu \text{ baru} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \cdot PI) \cdot \Sigma\sigma' \\
 &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \times 79,37) \cdot 0,299 \\
 &= 0,0925 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk nilai Cu baru tiap lapisan tanah menggunakan nilai rata-rata dari Cu baru sedalam lapisan tersebut. Untuk nilai Cu transisi adalah nilai rata-rata dari dari penjumlahan Cu lama dan Cu baru (lihat zona B pada Gambar 2.18). Hasil Cu baru dan Cu transisi pada tahap ke-9 dapat dilihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.19 Hasil Cu Baru pada H Kritis Minggu ke-7

Kedalaman (m)			PI	Cu Lama	Cu Baru	Cu Baru	Cu Pakai	Cu Transisi	Cu Transisi
			%	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ³	kg/cm ²	kg/cm ²
0	-	1	79.37	0.092	0.093	0.097	0.097	0.092	0.094
1	-	2	79.37	0.092	0.097			0.095	
2	-	3	79.37	0.092	0.101			0.097	
3	-	4	79.37	0.17	0.105	0.107	0.170	0.138	0.139
4	-	5	79.37	0.17	0.109			0.139	
5	-	6	79.37	0.21	0.113	0.115	0.210	0.161	0.162
6	-	7	79.37	0.21	0.117			0.163	
7	-	8	79.37	0.22	0.120	0.122	0.220	0.170	0.171
8	-	8.5	79.37	0.22	0.123			0.172	
8.5	-	9	79.37	0.37	0.125	0.131	0.370	0.248	0.250
9	-	10	79.37	0.37	0.129			0.249	
10	-	11	79.37	0.37	0.133			0.252	
11	-	11.5	79.37	0.37	0.136			0.253	

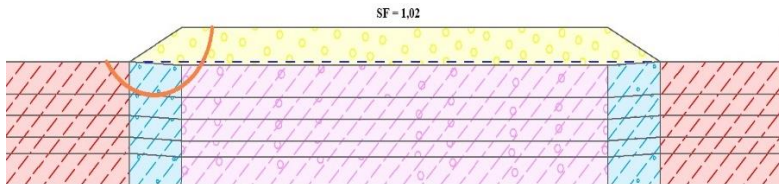
Untuk hasil perhitungan peningkatan tegangan dan nilai daya dukung (Cu) terhadap tinggi timbunan rencana sesuai dengan kedalaman tanah lunak dapat dilihat pada Lampiran 5. Rekapitulasi peningkatan daya dukung untuk beberapa variasi ketinggian akhir timbunan dapat dilihat pada Tabel 5.20 dengan rata – rata peningkatan daya dukung sebesar 23%.

Tabel 5.20 Besar Peningkatan Daya Dukung Setelah Pemasangan PVD dan *Preloading*

STA	Tinggi Akhir	Sebelum Peningkatan Nilai Cu	Setelah Peningkatan Nilai Cu
	(m)	(SF)	(SF)
12+434	8.70	0.63	0.78
12+484	8.10	0.65	0.8
12+534	7.00	0.67	0.82
12+584	5.80	0.71	0.88
12+634	4.50	0.79	0.9
12+684	3.50	0.92	0.98

5.5.2. Tinggi timbunan kritis (Hcr)

Tinggi penimbunan harus memperhatikan tinggi kritis timbunan (Hcr) yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar agar timbunan tidak mengalami kelongsoran. Karena penimbunan dilakukan secara bertahap, saat penimbunan bertahap mulai dilakukan, terjadi pemampatan yang mengakibatkan peningkatan daya dukung tanah dasar. Peningkatan daya dukung ini mempengaruhi tinggi kritis timbunan, dengan demikian perhitungan tinggi kritis timbunan harus mempertimbangkan peningkatan daya dukung akibat pentahapan. Berdasarkan Tabel 5.19 selanjutnya dilakukan analisis menggunakan program bantu Geo5 untuk mencari angka keamanan (SF) yang terjadi. Gambar 5.10 menunjukkan hasil analisis nilai SF yang terjadi pada pentahapan penimbunan ke-7.



Gambar 5.10 Analisa timbunan Hcr

Berdasarkan analisa di atas dihasilkan SF 1,02 sehingga dikhawatirkan untuk pentahapan selanjutnya timbunan mengalami

keruntuhan. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan penundaan pentahapan beberapa minggu sampai timbunan aman kembali. Pada proyek ini waktu yang disediakan terbatas sehingga pemilihan alternatif penundaan tidak digunakan.

Alternatif yang digunakan agar timbunan dapat mencapai tinggi rencana adalah menggunakan perkuatan. Perkuatan yang dimaksud akan dijelaskan pada Bab selanjutnya.

5.5.3. Pemampatan akibat timbunan bertahap

Adanya penambahan tegangan akibat beban tahapan timbunan perminggunya maka terjadi pemampatan tanah dasar yang telah dijelaskan pada Sub-bab 2.5. Pertambahan tegangan akibat timbunan bertahap dapat dilihat pada Tabel 5.16 untuk kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir timbunan 8,7 m. Berikut ini adalah contoh perhitungan besar pemampatan akibat beban bertahap dengan menggunakan Persamaan 2.53 – 2.55:

1. Akibat beban pentahapan ke-1

Diketahui data lapisan 1:

$$P_o' = 3 \text{ kN/m}^3$$

$$P_c' = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$(P_o' + \Delta P1) = \sigma 1' = 13 \text{ kN/m}^3$$

Karena $P_o' + \Delta P1 \leq P_c'$, maka perhitungan pemampatan yang terjadi menggunakan Persamaan 2.53 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_o' + \Delta P1}{P_o'} \right) \\ &= \frac{0,1048 \times 1 \text{ m}}{1 + 1,83} \log \left(\frac{13 \text{ kN/m}^3}{3 \text{ kN/m}^3} \right) \\ &= 0,023 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Akibat beban pentahapan ke-2

Diketahui data lapisan 1:

$$P_o' = 3 \text{ kN/m}^3$$

$$P_c' = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$(P_o' + \Delta P1 + \Delta P2) = \sigma 2' = 23 \text{ kN/m}^3$$

Karena $P_o' + \Delta P1 + \Delta P2 \geq P_c$, maka perhitungan pemampatan yang terjadi menggunakan rumus peralihan yang ditunjukkan pada Persamaan 2.54.

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_c}{P'_o + \Delta P1} \right) + \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P1 + \Delta P2}{P'_c} \right) \\ &= \frac{0,1048 \times 1 \text{ m}}{1 + 1,83} \log \left(\frac{18 \text{ kN/m}^3}{13 \text{ kN/m}^3} \right) + \frac{0,524 \times 1 \text{ m}}{1 + 1,83} \log \left(\frac{23 \text{ kN/m}^3}{18 \text{ kN/m}^3} \right) \\ &= 0,0249 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Akibat beban pentahapan ke-3

Diketahui data lapisan 1:

$$P_o' = 3 \text{ kN/m}^3$$

$$P_c' = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$(P_o' + \Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3) = \sigma_3' = 33 \text{ kN/m}^3$$

Karena $P_o' + \Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3 \geq P_c$, maka perhitungan pemampatan yang terjadi menggunakan Persamaan 2.55.

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3}{P'_o + \Delta P1 + \Delta P2} \right) \\ &= \frac{0,524 \times 1 \text{ m}}{1 + 1,83} \log \left(\frac{33 \text{ kN/m}^3}{23 \text{ kN/m}^3} \right) \\ &= 0,029 \text{ m} \end{aligned}$$

Pemampatan yang terjadi selama penimbunan bertahap tanpa adanya penundaan untuk masing-masing ketinggian timbunan rencana dapat dilihat pada Lampiran 5. Hasil Rekapitulasi pemampatan akibat timbunan bertahap pada kedalaman rencana PVD ditunjukkan pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21 Hasil Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Kedalaman Rencana PVD

Total Sc Dengan PVD (10 meter)	
Pentahapan Ke-	Sc (m)
1	0.071
2	0.120
3	0.161
4	0.131
5	0.110

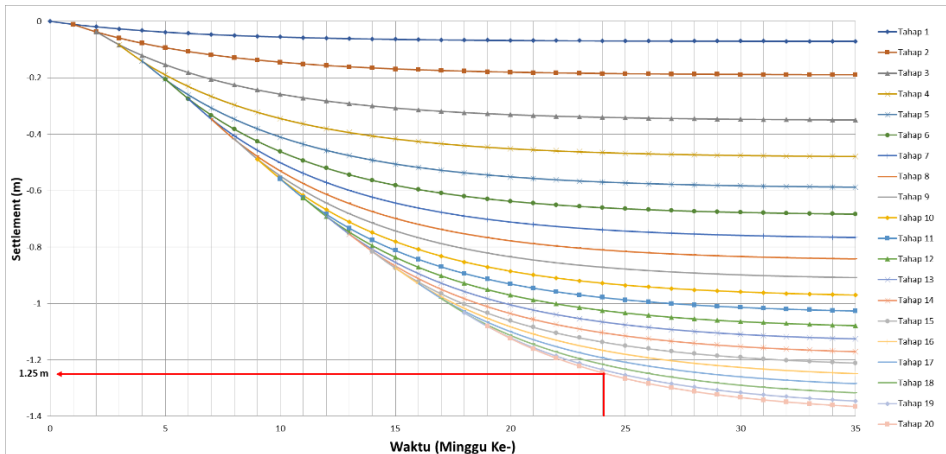
Tabel 5.21 Hasil Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Kedalaman Rencana PVD (Lanjutan)

Total Sc Dengan PVD (10 meter)	
Pentahapan Ke-	Sc (m)
6	0.096
7	0.085
8	0.076
9	0.069
10	0.063
11	0.058
12	0.053
13	0.049
14	0.046
15	0.043
16	0.040
17	0.037
18	0.034
19	0.032
20	0.022
Total Sc	1.395

Total pemampatan yang terjadi akibat beban timbunan bertahap pada kedalaman pemasangan PVD adalah 1,395 m. Rencana pemampatan yang akan dihilangkan dengan bantuan PVD adalah 90% dari pemampatan total. Didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\text{Pemampatan rencana} = 90\% \times 1,395 \text{ m} = 1,25 \text{ m}$$

Hasil penurunan akibat beban bertahap pada kedalaman rencana PVD tersebut kemudian dikalikan dengan derajat konsolidasi total (U_{total}) untuk mendapatkan grafik penurunan per minggu seperti pada Gambar 5.11 berikut:



Gambar 5.11 Grafik pemampatan akibat penimbunan bertahap pada kedalaman PVD 10 m dan tinggi akhir timbunan 8,7 m

Hasil pembacaan grafik tersebut menunjukkan bahwa pada minggu ke-24, pemampatan yang diselesaikan telah mencapai 1,25 m. Hasil ini sesuai dengan pemampatan yang ingin dihilangkan yaitu 90% dari pemampatan pada kedalaman pemasangan PVD.

5.6. Perhitungan *Rate of Settlement*

Pemasangan PVD yang tidak penuh sedalam kedalaman tanah lunak akan menyisakan kedalaman tanah lunak yang akan mampat sesuai dengan waktu normalnya. Jika pemampatan yang terjadi per tahunnya masih besar, dikhawatirkan dapat menimbulkan *differential settlement* yang akan merusak perkerasan di atasnya.

Pada perencanaan ini, terdapat dua kedalaman tanah lunak yaitu 14 m dan 11,5 m. Untuk perencanaan pemasangan PVD berada pada kedalaman 10 m. Hal ini menyebabkan masih tersisanya lapisan tanah lunak sedalam 4 m dan 1,5 m. Perlunya pengecekan untuk memastikan sisa tanah lunak tersebut masih memenuhi persyaratan penurunan pertahun. Untuk sisa penurunan tanah lunak 1,5 m pada ketinggian akhir timbunan 8,7 m dan tanah

lunak 4 m pada ketinggian akhir timbunan 8,1 m ditunjukkan pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22 Perhitungan Sisa Pemampatan Akibat Tanah Lunak 1,5 m dan 4 m

Sc Tanpa PVD (1,5 m)		Sc Tanpa PVD (4m)	
Pentahapan Ke-	Sc (m)	Pentahapan Ke-	Sc (m)
1	0.0026	1	0.006
2	0.0064	2	0.015
3	0.0100	3	0.024
4	0.0090	4	0.022
5	0.0081	5	0.020
6	0.0074	6	0.018
7	0.0068	7	0.017
8	0.0063	8	0.016
9	0.0059	9	0.015
10	0.0054	10	0.014
11	0.0051	11	0.013
12	0.0047	12	0.012
13	0.0044	13	0.011
14	0.0041	14	0.010
15	0.0039	15	0.010
16	0.0036	16	0.009
17	0.0033	17	0.008
18	0.0031	18	0.008
19	0.0029	19	0.005
20	0.0020	19	0.005
Total Sc	0.1050	Total Sc	0.252

Perhitungan nilai $Cv_{gabungan}$ menggunakan nilai yang telah didapat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11. Untuk arah aliran air pori tanah mengalir secara vertikal. Hal ini disebabkan oleh sisa waktu pemampatan yang menebihi waktu rencana PVD (6 bulan) sehingga PVD tidak lagi efektif untuk mengalirkan air. Tabel 5.23 dan 5.24 menunjukkan hasil perhitungan *rate of settlement* untuk masing-masing kedalaman tanah lunak.

Tabel 5.23 *Rate of Settlement* pada Kedalaman Tanah Lunak 1,5 m dan Tinggi Akhir Timbunan 8,7 m

Settlement Per Tahun				
Settlement =		0.1050	m	
Tahun ke-	T_v	U_v (%)	S_c (m)	Selisih
0	0	0	0	0
1	0.01064	11.64%	0.01222	0.01222
2	0.02128	16.46%	0.017282	0.005062
3	0.031919	20.16%	0.021166	0.003884
4	0.042559	23.28%	0.024441	0.003274
5	0.053199	26.03%	0.027326	0.002885

Tabel 5.24 *Rate of Settlement* pada Kedalaman Tanah Lunak 4 m dan Tinggi Akhir Timbunan 8,1 m

Settlement Per Tahun				
Settlement =		0.252	m	
Tahun ke-	T_v	U_v (%)	S_c (m)	Selisih
0	0	0	0	0
1	0.007584	9.83%	0.024721	0.024721
2	0.015169	13.90%	0.034961	0.01024
3	0.022753	17.02%	0.042819	0.007857
4	0.030338	19.65%	0.049443	0.006624
5	0.037922	21.97%	0.055279	0.005836

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa pemampatan pertahunnya tidak melebihi 2,5 cm. Hal ini membuktikan bahwa dengan pemasangan PVD sedalam 10 m, *rate of settlement* yang terjadi masih memenuhi persyaratan tidak lebih dari 2,5 cm per tahun, baik pada kedalaman tanah lunak 11,5 m maupun 14 m.

BAB VI

PERENCANAAN PERKUATAN TIMBUNAN TANAH

Perencanaan perkuatan timbunan tanah akan dilakukan dengan menggunakan perkuatan berupa *geotextile* atau *encapsulated stone column*. Kedua perkuatan itu akan dilakukan berdasarkan kondisi tanah lunak 14 m dan 11,5 m pada lima kondisi ketinggian timbunan rencana.

6.1. Perkuatan Menggunakan *Geotextile*

6.1.1. Perhitungan kebutuhan *geotextile*

Geotextile yang digunakan pada perkuatan ini adalah *Geotextile* Stabilenka dengan kuat tarik maksimal adalah 120 kN/m dan dapat dilihat pada Lampiran 10. Pemasangan *geotextile* dilakukan berlapis dengan jarak perlapisan (S_v) 0,25 meter dan jumlah lapis *geotextile* adalah 2 lapis. Berikut ini adalah langkah-langkah perencanaan perkuatan *geotextile* untuk alternatif timbunan tanah dengan contoh perhitungan dilakukan pada timbunan zoning E dengan tinggi akhir timbunan 8,7 m.

1. Data-data perencanaan:

$$\gamma_{\text{timb}} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$q_{\text{lalulintas}} = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$C_{\text{timbunan}} = 0 \text{ kPa}$$

$$C_{\text{top soil}} = 9,2 \text{ kPa}$$

$$\phi_{\text{timb}} = 30^\circ$$

$$\phi_{\text{top soil}} = 2^\circ$$

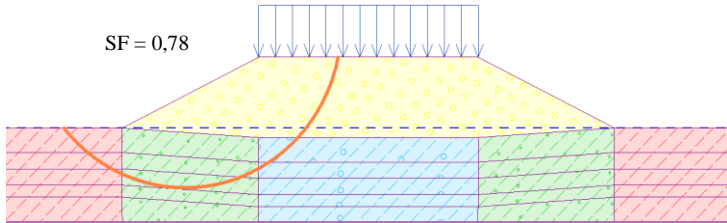
$$T_{\text{ult}} = 120 \text{ Kn/m}$$

2. Menghitung kuat tarik izin 1 lapis *geotextile* dengan Persamaan 2.63.

$$FS_{\text{id}} = 1,2; FS_{\text{cr}} = 2,1; FS_{\text{cd}} = 1,1 FS_{\text{bd}} = 1,1$$

$$\begin{aligned} T_{\text{allow}} &= T_{\text{ult}} \times \left(\frac{1}{FS_{\text{id}} \times FS_{\text{cr}} \times FS_{\text{cd}} \times FS_{\text{bd}}} \right) \\ &= 120 \text{ kN/m} \times \left(\frac{1}{1,2 \times 2,1 \times 1,1 \times 1,1} \right) \\ &= 39,355 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Menganalisis potensi terjadinya keruntuhan *overall* dengan bantuan program bantu Geo5 dengan hasil analisis seperti ditampilkan Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Output analisis timbunan H_{akhir} 8,7 m

Dari hasil analisis di atas, didapatkan data-data sebagai berikut:

- SF = 0,78
- Momen penahan = 19711,35 kN-m
- Momen pendorong = 25205,74 kN-m
- SF rencana = 1,5
- M. penahan rencana = SF rencana x M. dorong
= 1,5 x 25205,74 kN/m
= 37808,61 kN-m
- ΔMr = M. penahan rencana – M. Penahan
= 37808,61 kN-m – 19711,45 kN-m
= 18097,26 kN-m

Dengan cara yang sama, akan dilakukan 6 analisis untuk mendapatkan nilai ΔMr yang berbeda. Hasil tersebut nantinya akan digunakan sebagai penentu kebutuhan *geotextile*. Hasil analisis *overall stability* dapat dilihat pada Tabel 6.1 berikut.

Tabel 6.1 Output Analisis dengan Program Bantu

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center			SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	ΔMR (KN-m)
			x (m)	y (m)	R (m)				
1	0.99	11265.59	21.59	24.87	15.77	11434.22	17151.33	5885.74	

Tabel 6.1 Output Analisis dengan Program Bantu (Lanjutan)

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center			SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	Δ MR (KN-m)
			x (m)	y (m)	R (m)				
2	0.79	11749.57	22.68	22.26	15.61	1.5	14779.38	22169.07	10419.50
3	0.79	14962.46	22.66	21.4	16.82	1.5	19024.81	28537.22	13574.76
4	0.79	20035.98	22.74	21.84	19.02	1.5	25492.05	38238.08	18202.10
5	0.78	19711.35	23.71	21.26	18.76	1.5	25205.74	37808.61	18097.26
6	0.78	20177.75	23.01	24.08	19.91	1.5	25962.14	38943.21	18765.46

4. Menghitung berapa kebutuhan layer *geotextile* dengan tebal per-layer (S_v) = 25 cm dan menggunakan 2 lapis *geotextile* per-layer. Dengan menggunakan Persamaan 2.61 dapat diketahui momen penahan per-layer *geotextile*. Berikut ini adalah contoh perhitungan kebutuhan *geotextile* untuk nilai $\Delta M_r = 18097,26$ kN-m.

$$\begin{aligned} \text{Koordinat dasar timb} &= 10,333 \text{ m} \\ T_i \text{ geotex dasar timb} &= y - \text{koordinat dasar timbunan} \\ &= 21,26 \text{ m} - 10,333 \text{ m} \\ &= 10,927 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{geotextile } 1} &= T_{\text{allow}} \times T_i \\ &= 39,355 \text{ kN/m} \times 2 \times 10,927 \text{ m} \\ &= 860,05 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Untuk lapisan selanjutnya tetap menggunakan cara yang sama dengan panjang titik tinjauan (T_i) berubah mengikuti lapisan *geotextile* yang dipasang. Perhitungan dilanjutkan sampai jumlah total momen *geotextile* $\geq \Delta M_r$. Hasil perhitungan kebutuhan *geotextile* dapat dilihat pada Tabel 6.2 berikut.

Tabel 6.2 Kebutuhan *Geotextile* pada Timbunan Zona E

Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KNm')	Lengan momen (Ti)	Sisa Timb Tersedia Untuk Geotex	Mresisting	Δ MR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket
1 (bawah)	78.71	10.927	8.87	860.055	18097.26	860.055	Belum

Tabel 6.2 Kebutuhan *Geotextile* pada Timbunan Zona E
(Lanjutan)

Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KNm ²)	Lengan momen (Ti)	Sisa Timb Tersedia Untuk Geotex	Mresisting	ΔMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket
2	78.71	10.677	8.62	840.378	18097.26	1700.433	Belum
3	78.71	10.427	8.37	820.701		2521.133	Belum
4	78.71	10.177	8.12	801.023		3322.157	Belum
5	78.71	9.927	7.87	781.346		4103.503	Belum
6	78.71	9.677	7.62	761.669		4865.171	Belum
7	78.71	9.427	7.37	741.991		5607.163	Belum
8	78.71	9.177	7.12	722.314		6329.477	Belum
9	78.71	8.927	6.87	702.637		7032.113	Belum
10	78.71	8.677	6.62	682.959		7715.073	Belum
11	78.71	8.427	6.37	663.282		8378.355	Belum
12	78.71	8.177	6.12	643.605		9021.960	Belum
13	78.71	7.927	5.87	623.928		9645.887	Belum
14	78.71	7.677	5.62	604.250		10250.138	Belum
15	78.71	7.427	5.37	584.573		10834.71	Belum
16	78.71	7.177	5.12	564.896		11399.61	Belum
17	78.71	6.927	4.87	545.218		11944.82	Belum
18	78.71	6.677	4.62	525.541		12470.37	Belum
19	78.71	6.427	4.37	505.864		12976.23	Belum
20	78.71	6.177	4.12	486.187		13462.42	Belum
21	78.71	5.927	3.87	466.509		13928.93	Belum
22	78.71	5.677	3.62	446.832		14375.76	Belum
23	78.71	5.427	3.37	427.155		14802.91	Belum
24	78.71	5.177	3.12	407.477		15210.39	Belum
25	78.71	4.927	2.87	387.800		15598.21	Belum
26	78.71	4.677	2.62	368.123		15966.31	Belum
27	78.71	4.427	2.37	348.445		16314.76	Belum
28	78.71	4.177	2.12	328.768		16643.53	Belum
29	78.71	3.927	1.87	309.091		16952.62	Belum
30	78.71	3.677	1.62	289.414		17242.03	Belum
31	78.71	3.427	1.37	269.736		17511.77	Belum
32	78.71	3.177	1.12	250.059		17761.83	Belum
33	78.71	2.927	0.87	230.382		17992.21	Belum
34	78.71	2.677	0.62	210.704		18202.91	Memenuhi

5. Menghitung kebutuhan panjang *geotextile* dibelakang bidang longsor (L_e), didalam bidang longsor (L_r), dan panjang penyaluran (L_o). Berikut ini adalah contoh perhitungan pada lapisan terbawah timbunan.

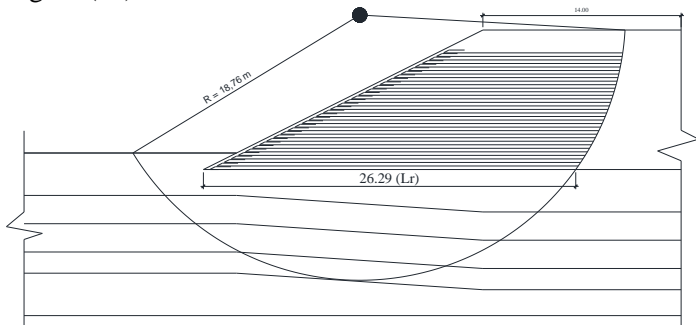
$$E = 80\%$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_v &= H_{\text{awal}} \times \gamma_{\text{timb}} \\
 &= 9,867 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 197,35 \text{ kN/m}^2 \\
 \tau_{\text{atas}} &= C_{u1} + \sigma_v \cdot \tan \delta_1 \\
 &= 0 + 197,35 \text{ kN/m}^2 \times \tan (2/3 \times 30) \\
 &= 71,83 \text{ kN/m}^2 \\
 \tau_{\text{bawah}} &= C_{u2} + \sigma_v \cdot \tan \delta_2 \\
 &= 9,2 + 197,35 \text{ kN/m}^2 \times \tan (2/3 \times 2) \\
 &= 13,79 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan Persamaan 2.64, panjang L_e dapat diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L_e &= \frac{T_{\text{allow}} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \\
 &= \frac{78,71 \text{ Kn/m} \times 1,5}{(71,83 \text{ kN/m}^2 + 13,79 \text{ kN/m}^2) \times 0,8} \\
 &= 1,72 \text{ m} \\
 &\approx 2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan panjang *geotextile* di depan bidang longsor (L_r), hasil analisis pada Tabel 6.2 kemudian dimodelkan seperti Gambar 6.2 di bawah ini. Dari gambar tersebut dapat diketahui panjang *geotextile* di depan bidang longsor (L_r).



Gambar 6.2 Panjang *geotextile* di depan bidang longsor

Panjang *geotextile* penyaluran (L_o) diambil $\frac{1}{2}$ dari panjang L_e , dengan panjang minimal 1 m. Panjang total

geotextile dapat dihitung dengan Persamaan 2.64 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} L_{\text{total}} &= S_v + L_o + L_e + L_R \\ &= 0,25 \text{ m} + 1 \text{ m} + 2 \text{ m} + 26,29 \text{ m} \\ &= 29,54 \text{ m} \times 2 \text{ (rangkap)} \\ &= 59,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan seluruh kebutuhan panjang *geotextile* untuk satu sisi timbunan dengan tinggi akhir 8,7 m dapat dilihat pada Tabel 6.3 berikut:

Tabel 6.3 Kebutuhan Panjang Total *Geotextile* H Akhir 8,7 m

Lap. geotextile	H (Ti)	σ_v (Kn/m ²)	τ atas	τ bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	Lr dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)	Ket.
1 (bawah)	9.87	197.35	71.829	13.793	1.724	2.00	26.29	1.000	59.1	Menerus
2	9.62	192.35	70.009	70.009	1.054	1.50	25.97	1.000	57.4	Tidak menerus
3	9.37	187.35	68.189	68.189	1.082	1.50	25.64	1.000	56.8	Tidak menerus
4	9.12	182.35	66.369	66.369	1.112	1.50	25.30	1.000	56.1	Tidak menerus
5	8.87	177.35	64.550	64.550	1.143	1.50	24.96	1.000	55.4	Tidak menerus
6	8.62	172.35	62.730	62.730	1.176	1.50	24.62	1.000	54.7	Tidak menerus
7	8.37	167.35	60.910	60.910	1.211	1.50	24.26	1.000	54.0	Tidak menerus
8	8.12	162.35	59.090	59.090	1.249	1.50	23.91	1.000	53.3	Tidak menerus
9	7.87	157.35	57.270	57.270	1.288	1.50	23.54	1.000	52.6	Tidak menerus
10	7.62	152.35	55.450	55.450	1.331	1.50	23.18	1.000	51.9	Tidak menerus
11	7.37	147.35	53.630	53.630	1.376	1.50	22.81	1.000	51.1	Tidak menerus
12	7.12	142.35	51.811	51.811	1.424	1.50	22.43	1.000	50.4	Tidak menerus
13	6.87	137.35	49.991	49.991	1.476	1.50	22.05	1.000	49.6	Tidak menerus
14	6.62	132.35	48.171	48.171	1.532	2.00	21.66	1.000	49.8	Tidak menerus
15	6.37	127.35	46.351	46.351	1.592	2.00	21.27	1.000	49.0	Tidak menerus
16	6.12	122.35	44.531	44.531	1.657	2.00	20.88	1.000	48.3	Tidak menerus
17	5.87	117.35	42.711	42.711	1.728	2.00	20.48	1.000	47.5	Tidak menerus
18	5.62	112.35	40.891	40.891	1.805	2.00	20.08	1.000	46.7	Tidak menerus
19	5.37	107.35	39.072	39.072	1.889	2.00	19.67	1.000	45.8	Tidak menerus
20	5.12	102.35	37.252	37.252	1.981	2.00	19.26	1.000	45.0	Tidak menerus
21	4.87	97.35	35.432	35.432	2.083	2.50	18.84	1.500	46.2	Tidak menerus
22	4.62	92.35	33.612	33.612	2.195	2.50	18.42	1.500	45.3	Tidak menerus
23	4.37	87.35	31.792	31.792	2.321	2.50	18.00	1.500	44.5	Tidak menerus
24	4.12	82.35	29.972	29.972	2.462	2.50	17.58	1.500	43.7	Tidak menerus
25	3.87	77.35	28.153	28.153	2.621	3.00	17.15	1.500	43.8	Tidak menerus
26	3.62	72.35	26.333	26.333	2.802	3.00	16.71	1.500	42.9	Tidak menerus
27	3.37	67.35	24.513	24.513	3.010	3.50	16.27	2.000	44.0	Tidak menerus
28	3.12	62.35	22.693	22.693	3.252	3.50	15.83	2.000	43.2	Tidak menerus
29	2.87	57.35	20.873	20.873	3.535	4.00	15.39	2.000	43.3	Tidak menerus
30	2.62	52.35	19.053	19.053	3.873	4.00	14.94	2.000	42.4	Tidak menerus
31	2.37	47.35	17.233	17.233	4.282	4.50	14.49	2.500	43.5	Menerus
32	2.12	42.35	15.414	15.414	4.787	5.00	14.03	2.500	43.6	Menerus
33	1.87	37.35	13.594	13.594	5.428	5.50	13.57	3.000	44.6	Menerus
34	1.62	32.35	11.774	11.774	6.267	6.50	13.11	3.500	46.7	Menerus

Hasil perhitungan kebutuhan *geotextile* untuk masing-masing tinggi timbunan dihitung dengan cara yang sama seperti di atas dan dapat dilihat pada Lampiran 6.

6.1.2. Cek stabilitas timbunan

Kontrol stabilitas timbunan digunakan untuk memverifikasi apakah hasil perhitungan jumlah kebutuhan *geotextile* pada Sub-bab sebelumnya aman terhadap keruntuhan internal, pondasi, dan kelongsoran *overall*. Sesuai Sub-bab 2.6, stabilitas yang di cek untuk perkuatan *geotextile* meliputi *internal stability*, *overall stability*, dan *foundation stability*. Contoh perhitungan stabilitas timbunan dilakukan pada tinggi akhir timbunan 8,7 m sebagai berikut:

1. Perhitungan *internal stability* dengan mengikuti Gambar 2.20 dengan menggunakan Persamaan 2.58 dan 2.59.

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45-\phi/2) \\ &= \tan^2(45-30/2) \\ &= 0,33 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_a &= (1/2 \times H_{\text{timb}}^2 \times \gamma_{\text{timb}} \times K_a) + (q_{\text{lalin}} \times K_a \times H_{\text{timb}}) \\ &= (1/2 \times (8,7)^2 \times 20 \times 0,33) + (15 \times 0,33 \times 8,7) \\ &= 295,8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{abc}} &= \text{Luas } \triangle ABC \times \gamma_{\text{timb}} \\ &= 1513,8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- Cek stabilitas sebelum adanya *geotextile*

$$\begin{aligned} P_a &\leq \frac{\text{Berat } \triangle ABC \times \tan \delta}{\text{SF}} \\ 295,8 \text{ kN/m} &\leq \frac{1513,8 \text{ kN/m} \times \tan 2^\circ}{1,5} \end{aligned}$$

$$295,8 \text{ kN/m} \leq 35,24 \text{ kN/m} \quad \text{(Tidak memenuhi)}$$

Dari hasil di atas, dalam kondisi normal tanpa *geotextile* timbunan mengalami keruntuhan secara internal.

- Cek stabilitas setelah adanya *geotextile*

$$\begin{aligned} P_a &\leq T_{\text{allow}} \times \text{Jumlah} \\ 295,8 \text{ kN/m} &\leq 39,355 \text{ kN/m} \times 2 \times 34 \text{ lapis} \\ 295,8 \text{ kN/m} &\leq 2676,1 \text{ kN/m} \quad \text{(Memenuhi)} \end{aligned}$$

2. Perhitungan *foundation stability* dengan mengikuti Gambar 2.21 dan persamaan 2.60.

Data tanah:

$$\begin{aligned} \gamma_{\text{timb}} &= 20 \text{ kN/m}^3 \\ \phi_{\text{timb}} &= 30^\circ \\ \phi_{\text{soil}} &= 2^\circ \\ \gamma_{\text{tanah efektif lapis 1-4}} &= 6 \text{ kN/m}^3 \\ H_1 &= 3 \text{ m} \\ H_2 &= 2 \text{ m} \\ H_3 &= 2 \text{ m} \\ H_4 &= 1,5 \text{ m} \\ \text{Cu lapis 1} &= 9,2 \text{ kPa} \\ \text{Cu lapis 2} &= 17 \text{ kPa} \\ \text{Cu lapis 3} &= 21 \text{ kPa} \\ \text{Cu lapis 4} &= 22 \text{ kPa} \\ K_{a \text{ 1-4}} &= 0,933 ; K_{p \text{ 1-4}} = 1,072 \end{aligned}$$

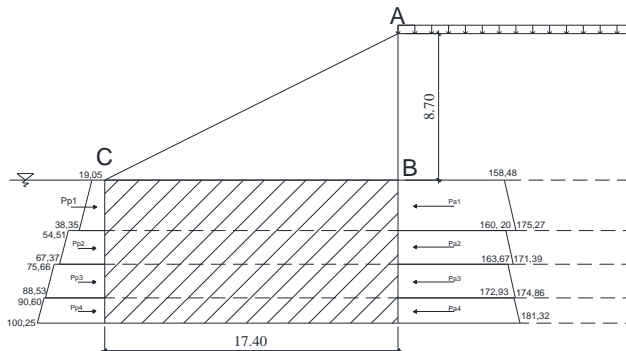
Perhitungan tekanan tanah aktif lapisan ke-1 sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sigma' \text{ atas} &= q_{\text{lalin}} + (\gamma_{\text{timb}} \times H_{\text{timb}}) \\ &= 15 \text{ kPa} + (20 \text{ kN/m}^3 \times 8,7 \text{ m}) \\ &= 189 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma' \text{ bawah} &= \sigma' \text{ atas} + (\gamma_{\text{tanah efektif lapis 1}} \times H_1) \\ &= 189 \text{ kN/m}^2 + (6 \text{ kN/m}^3 \times 3 \text{ m}) \\ &= 207 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_h' \text{ atas} &= \sigma' \text{ atas} \times K_a - 2\text{Cu}\sqrt{K_a} \\ &= 189 \text{ kN/m}^2 \times 0,933 - 2 \times 9,2 \text{ kPa} \times \sqrt{0,933} \\ &= 158,48 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_h' \text{ bawah} &= \sigma' \text{ bawah} \times K_a - 2\text{Cu}\sqrt{K_a} \\ &= 207 \text{ kN/m}^2 \times 0,933 - 2 \times 9,2 \text{ kPa} \times \sqrt{0,933} \\ &= 175,27 \text{ kN/m}^2 \\ P_{a1} &= \frac{\sigma_h' \text{ atas} + \sigma_h' \text{ bawah}}{2} \times H_1 \\ &= \frac{158,48 \text{ kN/m}^2 + 175,27 \text{ kN/m}^2}{2} \times 3 \text{ m} \\ &= 500,63 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Untuk lapisan tanah selanjutnya lakukan dengan cara yang sama pada tekanan tanah aktif dan pasif. Hasil rekapitulasi perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif dapat dilihat pada Tabel 6.4 serta visualisasinya dapat dilihat pada Gambar 6.3.

Tabel 6.4 Perhitungan Tekanan Tanah Dasar

Aktif				Pasif			
Tanah Lapisan 1							
$\sigma'v_{atas}$	=	189.00	kN/m ²	$\sigma'v_{atas}$	=	0.00	kN/m ²
$\sigma'v_{bawah}$	=	207.00	kN/m ²	$\sigma'v_{bawah}$	=	18.00	kN/m ²
$\sigma_{ha\ atas}$	=	158.48	kN/m ²	$\sigma_{ha\ atas}$	=	19.05	kN/m ²
$\sigma_{ha\ bawah}$	=	175.27	kN/m ²	$\sigma_{ha\ bawah}$	=	38.36	kN/m ²
Pa1	=	500.63	kN/m'	Pp1	=	86.11	kN/m'
Tanah Lapisan 2							
$\sigma'v_{atas}$	=	207.00	kN/m ²	$\sigma'v_{atas}$	=	18.00	kN/m ²
$\sigma'v_{bawah}$	=	219.00	kN/m ²	$\sigma'v_{bawah}$	=	30.00	kN/m ²
$\sigma_{ha\ atas}$	=	160.21	kN/m ²	$\sigma_{ha\ atas}$	=	54.51	kN/m ²
$\sigma_{ha\ bawah}$	=	171.40	kN/m ²	$\sigma_{ha\ bawah}$	=	67.38	kN/m ²
Pa2	=	331.60	kN/m'	Pp2	=	121.89	kN/m'
Tanah Lapisan 3							
$\sigma'v_{atas}$	=	219.00	kN/m ²	$\sigma'v_{atas}$	=	30.00	kN/m ²
$\sigma'v_{bawah}$	=	231.00	kN/m ²	$\sigma'v_{bawah}$	=	42.00	kN/m ²
$\sigma_{ha\ atas}$	=	163.67	kN/m ²	$\sigma_{ha\ atas}$	=	75.66	kN/m ²
$\sigma_{ha\ bawah}$	=	174.86	kN/m ²	$\sigma_{ha\ bawah}$	=	88.53	kN/m ²
Pa3	=	338.53	kN/m'	Pp3	=	164.19	kN/m'
Tanah Lapisan 4							
$\sigma'v_{atas}$	=	231.00	kN/m ²	$\sigma'v_{atas}$	=	42.00	kN/m ²
$\sigma'v_{bawah}$	=	240.00	kN/m ²	$\sigma'v_{bawah}$	=	51.00	kN/m ²
$\sigma_{ha\ atas}$	=	172.93	kN/m ²	$\sigma_{ha\ atas}$	=	90.60	kN/m ²
$\sigma_{ha\ bawah}$	=	181.32	kN/m ²	$\sigma_{ha\ bawah}$	=	100.25	kN/m ²
Pa4	=	265.69	kN/m'	Pp4	=	143.14	kN/m'
Pa total	=	1436.45	kN/m'	Pp total	=	515.33	kN/m'



Gambar 6.3 Tekanan tanah aktif dan pasif tanah dasar

- Cek stabilitas sebelum adanya *geotextile*

$$Pa \leq \frac{Pp + (2 \cdot C_u) \times L}{SF}$$

$$1436,45 \text{ kN/m} \leq \frac{515,333 \text{ kN/m} + (9,2 \text{ kPa} + 22 \text{ kPa}) \times 17,4 \text{ m}}{1,5}$$

$$1436,45 \text{ kN/m} > 705,47 \text{ kN/m} \text{ (**Tidak memenuhi**)}$$

- Cek stabilitas setelah adanya *geotextile*

$$Pa \leq \frac{Pp + (2 \cdot C_u \cdot L) + T_{allow}}{SF}$$

$$1436,45 \text{ kN/m} \leq \frac{515,333 + ((2/3 \times 9,2 + 22) \times 17,4) + (78,71)}{1,5}$$

$$1436,45 \text{ kN/m} < 1582,93 \text{ kN/m} \text{ (**Memenuhi**)}$$

3. Perhitungan *overall stability* berdasarkan Persamaan 2.61.

$$SF = \frac{M_{penahan}}{M_{pendorong}} = \frac{MR_{eksisting} + \Delta MR_{rencana}}{M_{pendorong}} \geq 1,5$$

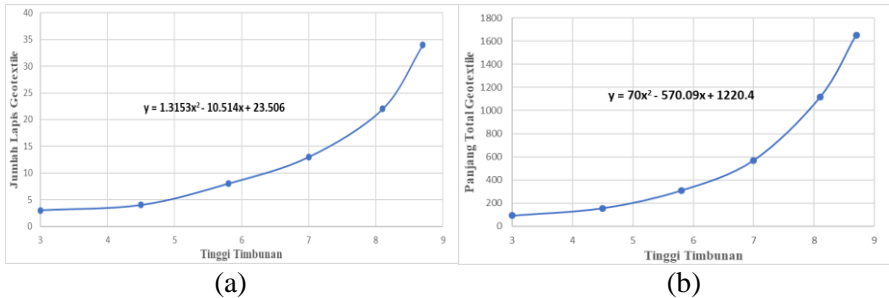
$$= \frac{19711,35 \text{ kNm} + 18202,91 \text{ kNm}}{25205,74 \text{ kNm}}$$

$$= 1,504 \text{ (**Memenuhi**)}$$

Hasil perhitungan stabilitas di atas menunjukkan bahwa *geotextile* yang digunakan sudah memenuhi persyaratan *internal stability*, *overall stability*, dan *foundation stability*. Oleh sebab itu dapat dilanjutkan untuk perhitungan volume dan biaya *geotextile*.

6.1.3. Perhitungan volume dan biaya *geotextile*

Panjang kebutuhan *geotextile* untuk masing-masing tinggi timbunan kemudian dikalikan jarak memanjang rencana pemasangan *geotextile* untuk mendapatkan luasan *geotextile* yang diperlukan. Hasil kebutuhan *geotextile* berdasarkan variasi tinggi timbunan kemudian dijadikan grafik hubungan tinggi timbunan dengan jumlah lapis dan panjang total *geotextile*. Untuk mendapatkan jumlah kebutuhan *geotextile* yang efektif, tinjauan jarak yang digunakan adalah setiap 25 m. Gambar 6.4 (a) menunjukkan hubungan antara tinggi timbunan dengan jumlah lapis *geotextile* dan Gambar 6.4 (b) menunjukkan hubungan antara tinggi timbunan dengan panjang total *geotextile* yang digunakan.



Gambar 6.4 Hubungan tinggi timbunan dengan jumlah lapis dan panjang total *geotextile*

Berdasarkan grafik hubungan di atas, didapatkan kebutuhan total *geotextile* untuk masing-masing ketinggian akhir timbunan. Luasan kebutuhan *geotextile* tersebut kemudian dikalikan harga *geotextile* yaitu Rp 14.000,-. Rekapitulasi harga kebutuhan *geotextile* untuk seluruh oprit ditunjukkan pada Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Rekapitulasi Volume dan Harga *Geotextile*

STA	Tinggi Timbunan	Jumlah Lapis Geotextile	Panjang Geotextile 1 sisi	Panjang Geotextile 2 sisi	Volume Geotextile 2 sisi	Harga Total Kebutuhan Geotextile
	(m)	(n)	(m)	(m)	(m ²)	
12+434 — 459	8.7	34	1652	3304	82609	Rp1,156,521,800
12+459 — 484	8.4	28	1371	2742	68550	Rp959,700,000
12+484 — 509	8.1	22	1115	2230	55745	Rp780,430,000
12+509 — 534	7.5	19	883	1766	44150	Rp618,100,000
12+534 — 559	7	13	569	1139	28470	Rp398,578,600
12+559 — 584	6.1	9	348	696	17400	Rp243,600,000
12+584 — 609	5.8	8	309	619	15467	Rp216,531,000
12+609 — 634	5.2	5	149	298	7450	Rp104,300,000
12+634 — 659	4.5	4	157	313	7835	Rp109,687,200
12+659 — 684	3.7	3	93	186	4640	Rp64,964,200
Harga Total						Rp4,652,412,800

Total biaya yang dibutuhkan untuk alternatif timbunan material tanah dengan menggunakan perkuatan *geotextile* dan perbaikan tanah dasar menggunakan PVD dapat dilihat pada Tabel 6.6 berikut:

Tabel 6.6 Biaya Alternatif Timbunan Tanah dengan Perkuatan *Geotextile*

Alternatif	Harga Material Perkuatan	Harga PVD	Harga PHD	Harga Material Timbunan	Harga Total
Timbunan Tanah dengan Perkuatan Geotextile	Rp4,652,412,800	Rp540,575,000	Rp220,266,000	Rp6,674,817,923	Rp12,088,071,723

6.2. Perkuatan Menggunakan *Encapsulated Stone Column*

6.2.1. Perhitungan kebutuhan *stone column* sebagai perkuatan

Pada perencanaan pola pemasangan *stone column* menggunakan pola segitiga dengan diameter 0,6 m dan jarak pemasangan 1,2 m. Panjang *stone column* harus memotong bidang longsor dengan angka keamanan (SF) 1,5. Hasil analisis menggunakan program bantu memberikan hasil SF 1,5 pada kedalaman 14 m. Daerah yang dipasang *stone column* tidak dipasang PVD karena selain untuk meningkatkan daya dukung tanah juga bisa mengalirkan air tanah keluar sehingga membantu mempercepat pemampatan. Contoh perhitungan *stone column* dilakukan pada tinggi akhir timbunan 8,7 m mengikuti tahap perencanaan yang telah dijelaskan pada Sub-bab 2.6.2 sebagai berikut:

1. Data perencanaan

$$\begin{aligned}
 \gamma_{\text{stone column}} &= 24 \text{ kN/m}^3 \\
 \Phi_{\text{stone column}} &= 40^\circ \\
 \text{Diameter cell (De)} &= 1,05 \times S = 1,05 \times 1,2 \text{ m} \\
 &= 1,26 \text{ m} \\
 \text{Internal friction} &= 0^\circ \\
 \text{Konsentrasi tegangan (n)} &= 5 \\
 \text{Luas penampang } \textit{stone column} \text{ (As)} &= 0,25\pi \times D^2 \\
 &= 0,25\pi \times 0,6^2 \\
 &= 0,283 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang unit cell (A)} &= 0,25\pi \times D_e^2 \\ &= 0,25\pi \times 1,26^2 \\ &= 1,247 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Area replacement ratio (Persamaan 2.69 dan 2.70)

$$\begin{aligned} - \text{ Stone column (as)} &= A_s/A \\ &= 0,283 \text{ m}^2 / 1,247 \text{ m}^2 \\ &= 0,227 \\ - \text{ Tanah lunak (ac)} &= (1 - as) \\ &= (1 - 0,227) \\ &= 0,773 \end{aligned}$$

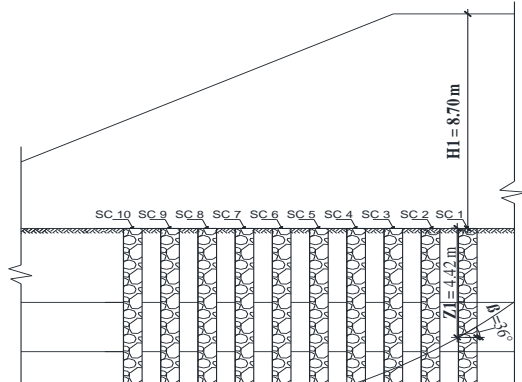
Rasio tegangan pada *stone column* (Persamaan 2.76)

$$\begin{aligned} - \mu_s &= \frac{n}{[1 + (n - 1) \times as]} \\ &= \frac{5}{[1 + (5 - 1) \times 0,227]} \\ &= 2,622 \end{aligned}$$

Rasio tegangan pada tanah lunak (Persamaan 2.75)

$$\begin{aligned} - \mu_c &= \frac{1}{[1 + (n - 1) \times as]} \\ &= \frac{1}{[1 + (5 - 1) \times 0,227]} \\ &= 0,524 \end{aligned}$$

2. Perhitungan kekuatan dan kebutuhan *stone column*



Gambar 6.5 Sketsa pemasangan *stone column* pada timbunan tinggi akhir 8,7 m

Contoh perhitungan *stone column* pada Gambar 6.5 digunakan *stone column* nomor 1 dengan menggunakan Persamaan 2.77 sampai 2.80 sebagai berikut:

Tinggi timbunan di atas *stone column* (H_n) = 8,7 m

Panjang *stone column* dalam bidang longsor (Z_n) = 4,42

Sudut *stone column* dengan bidang longsor (β) = 36°

Tegangan yang diterima *stone column* (σ_s)

$$\begin{aligned}\sigma_s &= \mu_s \times ((\gamma_{\text{tanah}} \times H_1) + q_{\text{lalin}}) \\ &= 2,622 \times ((20 \text{ kN/m}^3 \times 8,7 \text{ m}) + 15 \text{ kN/m}^2) \\ &= 495,54 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Tegangan efektif *stone column* pada bidang longsor (σ_z^s)

$$\begin{aligned}\sigma_z^s &= \sigma_s + \gamma'_{sc} \times Z_n \\ &= 495,54 \text{ kN/m}^2 + 14 \text{ kN/m}^3 \times 4,42 \text{ m} \\ &= 557,42 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Tegangan normal *stone column* pada bidang longsor (σ_N^s)

$$\begin{aligned}\sigma_N^s &= \sigma_z^s \times \cos^2 \beta \\ &= 557,42 \text{ kN/m}^2 \times \cos^2 36^\circ \\ &= 364,83 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Tegangan geser pada *stone column* (τ_z^s)

$$\begin{aligned}\tau_z^s &= \sigma_N^s \times \text{tg} \phi_s + C_s \\ &= 364,83 \text{ kN/m}^2 \times \text{tg} 40^\circ + 0 \\ &= 306,13 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Besar gaya geser 1 *stone column* pada bidang longsor (P_z^s)

$$\begin{aligned}P_z^s &= \tau_z^s \times \frac{A_s}{\cos \beta} \\ &= 306,13 \text{ kN/m}^2 \times \frac{0,283 \text{ m}^2}{\cos 36} \\ &= 106,99 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tambahan momen penahan akibat adanya 1 Sc (ΔMr)

$$\begin{aligned}\Delta Mr &= P_z^s \times R \\ &= 106,99 \text{ kN} \times 19,91 \text{ m} \\ &= 2130,17 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Perhitungan *stone column* selanjutnya menggunakan cara yang sama seperti di atas dengan nilai ΔMr terbesar berdasarkan Tabel 6.1 adalah 18765,46 kNm. Nilai ΔMr tersebut adalah untuk per meter panjang. Dikarenakan jarak

antar *stone column* adalah 1,2 m dengan pola pemasangan segitiga, maka untuk jarak antar *stone column* memanjang adalah 0,866 dari jarak antar *stone column* rencana. Maka nilai ΔMr menjadi.

$$\begin{aligned}\Delta Mr_{\text{rencana ESC}} &= (0,866 \times S) \times \Delta Mr_{\text{rencana program bantu}} \\ &= (0,866 \times 1,2 \text{ m}) \times 18765,46 \text{ kNm} \\ &= 19501,07 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Perhitungan jumlah kebutuhan *stone column* pada ketinggian timbunan akhir 7,8 m dapat dilihat pada Tabel 6.7 berikut:

Tabel 6.7 Rekap Kebutuhan *Stone Colum* pada Tinggi Akhir 8,7 m

NO	Hn	Zn	βn	σ_s	σ_z^s	σ_N^s	τ_z^s	P_z^s	R	ΔMr	ΔMr_{kum}	ΔMr	Kontrol
S.C	(m)	(m)	(^o)	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	(Kn)	(m)	KNm	KNm	KNm	
1	8.7	4.42	36	495.54	557.42	364.83	306.13	106.99	19.91	2130.17	2130.17		Belum
2	8.7	5.2	32	495.54	568.34	408.74	342.97	114.35	19.91	2276.68	4406.85		Belum
3	8.7	5.85	28	456.21	538.11	419.51	352.01	112.72	19.91	2244.30	6651.15		Belum
4	8.1	6.4	24	424.74	514.34	429.25	360.19	111.48	19.91	2219.53	8870.68		Belum
5	7.5	6.85	20	393.28	489.18	431.96	362.46	109.06	19.91	2171.37	11042.04	19501.07	Belum
6	6.9	7.21	16	361.82	462.76	427.60	358.80	105.54	19.91	2101.23	13143.28		Belum
7	6.3	7.49	12	330.36	435.22	416.40	349.40	101.00	19.91	2010.88	15154.16		Belum
8	5.7	7.68	8	298.89	406.41	398.54	334.42	95.48	19.91	1901.07	17055.23		Belum
9	5.1	7.8	5	267.43	376.63	373.77	313.63	89.02	19.91	1772.30	18827.54		Belum
10	4.5	7.83	1	235.97	345.59	345.48	289.90	81.98	19.91	1632.19	20459.73		Memenuhi

Dari Tabel 6.7 di atas didapatkan kebutuhan *stone column* pada tinggi timbunan 8,7 m adalah 10 buah untuk satu sisinya. Untuk perhitungan kebutuhan *stone column* untuk variasi tinggi timbunan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

6.2.2. Perhitungan *geotextile* sebagai selubung *stone column*

Untuk mengurangi resiko keruntuhan Bulging pada *stone column*, maka digunakan *geotextile* sebagai penahan tegangan horizontal yang terjadi pada *stone column*. Berikut ini adalah tahapan perencanaan selubung *geotextile* pada *stone column* pada ketinggian timbunan 8,7 m.

1. Menghitung tegangan *overburden* tiap lapisan tanah.

$$\begin{aligned}\sigma_{V0 \text{ lapisan } 1} &= (H_1 \times \gamma'_{\text{tanah } 1}) \\ &= (1 \text{ m} \times 6 \text{ kN/m}^3) \\ &= 6 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{V0} \text{ lapisan 2} &= \sigma_{V0} \text{ lapisan 1} + (H_2 \times \gamma'_{\text{tanah 2}}) \\
 &= 6 \text{ kN/m}^2 + (1 \text{ m} \times 6 \text{ kN/m}^3) \\
 &= 12 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Hitung seluruh tegangan *overburden* tiap lapisan tanah dengan menggunakan cara yang sama seperti di atas. Rekapitulasi perhitungan tegangan *overburden* pada kedalaman rencana ESC 14 m ditampilkan oleh Tabel 6.8 berikut:

Tabel 6.8 Tegangan *Overburden* pada *Stone Column*

Elevasi dari tanah dasar			H	γ'_{tnh}	$\sigma_{V0} \text{ tnh}$
			m	KN/m ³	KN/m ²
0	s/d	1	1	6.00	6.00
1	s/d	2	1	6.00	12.00
2	s/d	3	1	6.00	18.00
3	s/d	4	1	6.00	24.00
4	s/d	5	1	6.00	30.00
5	s/d	6	1	6.00	36.00
6	s/d	7	1	6.00	42.00
7	s/d	8	1	6.00	48.00
8	s/d	8.5	0.5	6.00	51.00
8.5	s/d	9	0.5	7.10	54.55
9	s/d	10	1	7.10	61.65
10	s/d	11	1	7.10	68.75
11	s/d	12	1	7.10	75.85
12	s/d	13	1	6.10	81.95
13	s/d	14	1	5.10	87.05

2. Menghitung besar tegangan horizontal pasif tanah (σ_3) sesuai dengan Persamaan 2.81.

Diketahui data:

- Poisson Ratio tanah (μ) = 0,45
- Modulus Young tanah (E_c) = $5 \times C_u$
= $5 \times 9,2 \text{ kN/m}^2$
= 46 kN/m^2
- $Ko_s = 0,64 + 0,001 \text{ PI}$
= $0,64 + 0,001 \times 79,37\%$
= 0,719

$$\begin{aligned}
 - \quad \sigma_3 &= (K_{o_s} \times \sigma_{v_0}) + C_u \left[1 + \text{Ln} \frac{E_c}{2C_u(1+\mu)} \right] \\
 &= (0,719 \times 6) + 9,2 \times \left[1 + \text{Ln} \frac{46}{2 \times 9,2 (1+0,45)} \right] \\
 &= 18,53 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Hitung seluruh tegangan horizontal pasif berdasarkan kedalaman dengan cara yang sama seperti di atas. Hasil perhitungan tegangan horizontal pasif dapat dilihat pada Tabel 6.9 berikut.

Tabel 6.9 Hasil Perhitungan Tegangan Pasif Tanah (σ_3)

Kedalaman Tanah			KO	σ_{v0}	σ_3
				KN/m ²	KN/m ²
0	s/d	1	0.719	6.00	18.53
1	s/d	2	0.719	12.00	22.84
2	s/d	3	0.719	18.00	39.21
3	s/d	4	0.719	24.00	43.53
4	s/d	5	0.719	30.00	54.02
5	s/d	6	0.719	36.00	58.34
6	s/d	7	0.719	42.00	64.20
7	s/d	8	0.719	48.00	68.51
8	s/d	8.5	0.719	51.00	70.67
8.5	s/d	9	0.719	54.55	96.40
9	s/d	10	0.719	61.65	101.50
10	s/d	11	0.719	68.75	106.61
11	s/d	12	0.719	75.85	111.72
12	s/d	13	0.719	81.95	116.11
13	s/d	14	0.719	87.05	119.78

3. Menghitung tegangan vertikal ultimate yang dapat didukung *stone column* dan tanah disekelilingnya (σ_1) dengan menggunakan Persamaan 2.82.

$$\begin{aligned}
 - \quad K_{p_{sc}} &= 4,6 \\
 - \quad \sigma_1 \uparrow &= K_{p_{sc}} \times \sigma_3 \\
 &= 4,6 \times 18,53 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 85,21 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama, hitung tegangan vertikal ultimate yang dapat didukung *stone column* sampai dengan kedalaman rencana pemasangan (14 m). Hasil perhitungan tersebut disajikan pada Tabel 6.10.

Tabel 6.10 Hasil Perhitungan Tegangan Vertikal Ultimate *Stone Column* (σ_1)

Kedalaman Tanah			σ_3 KN/m ²	KP (sc)	σ_1 KN/m ²
0	s/d	1	18.528	4.60	85.21
1	s/d	2	22.844	4.60	105.06
2	s/d	3	39.209	4.60	180.32
3	s/d	4	43.525	4.60	200.17
4	s/d	5	54.020	4.60	248.43
5	s/d	6	58.337	4.60	268.28
6	s/d	7	64.198	4.60	295.24
7	s/d	8	68.514	4.60	315.09
8	s/d	8.5	70.672	4.60	325.01
8.5	s/d	9	96.397	4.60	443.32
9	s/d	10	101.504	4.60	466.81
10	s/d	11	106.612	4.60	490.30
11	s/d	12	111.719	4.60	513.79
12	s/d	13	116.107	4.60	533.97
13	s/d	14	119.776	4.60	550.84

Dari Tabel 6.10 di atas diketahui bahwa *stone column* dapat menahan tegangan vertikal pada kedalaman 0 – 1 m adalah 85,21 kN/m² dan pada kedalaman 13 – 14 m dapat menahan 550,84 kN/m². Berdasarkan *cavity expansion theory* bulging terjadi sepanjang *stone column*, sehingga daya dukung yang terjadi adalah daya dukung rata-rata sepanjang *stone column* tersebut. Maka tegangan vertikal ultimate yang dapat didukung *stone column* menjadi.

$$\begin{aligned}\sigma_{1\text{rata-rata}} &= \frac{\sum \sigma_1}{n} \\ &= \frac{5021,83 \text{ kN/m}^2}{15} \\ &= 334,79 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

4. Menghitung tegangan vertikal yang diterima *stone column* akibat beban di atasnya.

$$\begin{aligned}\sigma_s &= \mu_s \times ((\gamma_{\text{tanah}} \times H1) + q_{\text{lalin}}) \\ &= 2,622 \times ((20 \text{ kN/m}^3 \times 8,7 \text{ m}) + 15 \text{ kN/m}^2) \\ &= 495,54 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

5. Menghitung selisih tegangan horizontal.

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_v &= \sigma_s - \sigma_{\text{rata-rata}} \\ &= 495,54 \text{ kN/m}^2 - 334,79 \text{ kN/m}^2 \\ &= 160,75 \text{ kN/m}^2 \\ \Delta\sigma_h &= \Delta\sigma_v / K_{p_{sc}} \\ &= 160,75 \text{ kN/m}^2 / 4,6 \\ &= 34,95 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

6. Menghitung gaya pada selubung, W

$$\begin{aligned}\text{Keliling selubung, K} &= \pi \times D \\ &= \pi \times 0,6 \text{ m} \\ &= 1,88 \text{ m} \\ \text{Gaya selubung, W} &= \Delta\sigma_h \times K \\ &= 34,95 \text{ kN/m}^2 \times 1,88 \text{ m} \\ &= 65,89 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

7. Menghitung kuat tarik *geotextile* yang dibutuhkan, Fr

$$\begin{aligned}Fr &= W \times \tan(\delta) \\ &= 65,89 \text{ kN/m} \times \tan(2/3 \times 40^\circ) \\ &= 33,09 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

8. Menghitung kebutuhan kuat tarik *geotextile*, T_{allow}

$$\begin{aligned}\text{Rencana kuat tarik } geotextile, T_{\text{ult}} &= 120 \text{ Kn/m} \\ FS_{id} &= 1,2; FS_{cr} = 2,1; FS_{cd} = 1,2 FS_{bd} = 1,1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{\text{allow}} &= T_{\text{ult}} \times \left(\frac{1}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \right) \\ &= 120 \text{ kN/m} \times \left(\frac{1}{1,2 \times 2,1 \times 1,2 \times 1,1} \right) \\ &= 36,07 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Karena $Fr = 33,09 \text{ kN/m} < T_{\text{allow}} = 36,07 \text{ kN/m}$, maka *stone column* hanya perlu diberi selubung *geotextile* sebanyak 1 lapis. Untuk perhitungan daya dukung tegangan

vertikal ultimate yang mampu didukung *stone column* untuk tinggi akhir timbunan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

Hasil perhitungan di atas didapatkan bahwa *encapsulated stone column* dapat digunakan sebagai alternatif perkuatan pada timbunan tanah.

6.2.3. Pemampatan tanah di sekitar *encapsulated stone column*

Pemampatan yang terjadi di sekitar *encapsulated stone column* tidak sama dengan daerah yang dipasang PVD. Karena tegangan *overburden* akibat tanah yang diterima lebih kecil dibandingkan dengan tegangan yang diterima *encapsulated stone column*. Hal ini dikarenakan konsentrasi tegangan pada tanah (μ_c) lebih kecil dari konsentrasi tegangan pada ESC (μ_s). Berikut ini adalah contoh perhitungan pemampatan tanah di sekitar ESC dengan tinggi akhir timbunan 8,7 m dan perhitungan dilakukan pada ESC no. 1 (lihat Gambar 6.5).

- Rasio tegangan pada tanah lunak (Persamaan 2.75)

$$\begin{aligned}\mu_c &= \frac{1}{[1 + (n - 1) \times as]} \\ &= \frac{1}{[1 + (5 - 1) \times 0,227]} \\ &= 0,524\end{aligned}$$

- Tambahan tegangan yang diterima tanah

$$\begin{aligned}H_n &= 8,7 \text{ m} \\ \gamma_{\text{timbunan}} &= 20 \text{ kN/m}^3 \\ \Delta P &= \mu_c \times H_n \times \gamma_{\text{timbunan}} \\ &= 0,524 \times 8,7 \text{ m} \times 20 \text{ kN/m}^3 \\ &= 91,24 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- Besar pemampatan yang terjadi pada kedalaman 0 s.d 1 m

$$\begin{aligned}P_{o'} &= 3 \text{ kN/m}^3 \\ P_{c'} &= 18 \text{ kN/m}^3 \\ \Delta P &= 91,24 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Karena nilai $P_{o'} + P_{c'} > \Delta P$, sehingga perhitungan pemampatan menggunakan Persamaan 2.54.

$$S_c = \frac{C_s H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_c}{P_{o'}} \right) + \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P_{o'} + \Delta P}{P_c} \right)$$

$$= \frac{0,105 \times 1\text{m}}{1+1,83} \log \left(\frac{18 \text{ kN/m}^2}{3 \text{ kN/m}^2} \right) + \frac{0,524 \times 1\text{m}}{1+1,83} \log \left(\frac{3 \text{ kN/m}^2 + 91,24 \text{ kN/m}^2}{18 \text{ kN/m}^2} \right)$$

$$= 0,162 \text{ m}$$

Hasil perhitungan pemampatan pada tanah di sekitar ESC pada lapisan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 6.11 dan untuk perhitungan pemampatan ESC lainnya berdasarkan variasi tinggi timbunan dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 6.11 Pemampatan Tanah di Sekitar ESC pada Tinggi Timbunan Akhir 8,7 m

Elevasi dari tanah dasar			μ_c	Hn (m)	ΔP (kN/m ²)	Po' (KN/m ²)	Po' + ΔP (KN/m ²)	Pc' (KN/m ²)	Sc (Oc) (m)
	s/d								
0	s/d	1	0.524	8.7	91.24	3.00	94.24	18.00	0.162
1	s/d	2				9.00	100.24	24.00	0.131
2	s/d	3				15.00	106.24	30.00	0.113
3	s/d	4				21.00	112.24	36.00	0.100
4	s/d	5				27.00	118.24	42.00	0.090
5	s/d	6				33.00	124.24	48.00	0.083
6	s/d	7				39.00	130.24	54.00	0.076
7	s/d	8				45.00	136.24	60.00	0.071
8	s/d	8.5				49.50	140.74	64.50	0.034
8.5	s/d	9				52.78	144.02	67.78	0.025
9	s/d	10				58.10	149.34	73.10	0.047
10	s/d	11				65.20	156.44	80.20	0.044
11	s/d	11.5	72.30	163.54	87.30	0.021			
Total Penurunan								0.995	

6.2.4. Perhitungan volume dan biaya *encapsulated stone column*

Pola pemasangan ESC (*encapsulated stone column*) adalah segitiga dengan jarak antar ESC 1,2 m. Kedalaman ESC untuk STA 12+434 – 584 adalah 14 m sedangkan untuk STA 12+584 – 684 adalah 11 m. Kedalaman pemasangan bergantung dari kedalaman tanah saat mencapai nilai SF rencana. Untuk memudahkan pada saat pelaksanaan, selubung *geotextile* digunakan pada seluruh perencanaan ESC. Berikut ini adalah contoh perhitungan volume dan biaya ESC pada STA 12+434 – 484.

- Jumlah ESC kedua sisi timbunan (n_{baris}) = 20 buah
- Kedalaman pemasangan ESC (Z_{stone}) = 14 m
- Jarak memanjang ESC ($S_{\text{memanjang}}$) = 0,866 x S

- $$= 0,866 \times 1,2 \text{ m}$$
- $$= 1,04$$
- Jumlah ESC memanjang ($n_{\text{memanjang}}$) = $20 \text{ buah} \times \frac{50 \text{ m}}{1,04 \text{ m}}$
= 963 buah
 - Volume isian kerikil ESC (V_{kerikil}) = $A_{\text{stone}} \times Z_{\text{stone}} \times n_{\text{memanjang}}$
= $(\frac{\pi}{4} \times 0,6^2) \times 14 \text{ m} \times 963$
= 3811,95 m³
 - Luas selubung *geotextile* (A_{geotex}) = $\pi \times D \times Z_{\text{stone}} \times n_{\text{memanjang}}$
= $\pi \times 0,6 \text{ m} \times 14 \text{ m} \times 963$
= 25412,97 m²
 - Harga kebutuhan kerikil = $V_{\text{kerikil}} \times \text{Harga satuan}$
= 3811,95 m³ x Rp 350.000
= Rp 1.334.180.993,-
 - Harga kebutuhan *geotextile* = $A_{\text{geotex}} \times \text{Harga satuan}$
= 25412,97 m² x Rp 14000
= Rp 355.781.598,-

Hasil perhitungan di atas menunjukkan bahwa harga yang dibutuhkan untuk perbaikan dengan menggunakan ESC pada STA 12+434 – 484 adalah Rp 1.334.180.993 untuk isian kerikil ESC dan Rp 355.781.598 untuk selubung *geotextile*. Harga total untuk perkuatan pada STA tersebut adalah Rp 1.689.962.591,-. Untuk perhitungan volume dan biaya STA lainnya dapat dilihat pada Tabel 6.12 berikut:

Tabel 6.12 Rekapitulasi Volume dan Harga *Encapsulated Stone Column*

STA	Tinggi Timbunan	Jumlah ESC 2 sisi	Panjang Stone Column	Jarak PVD Memanjang	Jumlah ESC memanjang	Volume Kerikil	Luas Geotextile	Harga total kebutuhan kerikil	Harga total kebutuhan geotextile	Harga total kebutuhan ESC
	(m)	(n)	(m)	(m)	(m)	(m ³)	(m ²)			
12+434 – 484	8.7	20	14	1.04	963	3811.95	25412.97	Rp 1,334,180,993	Rp355,781,598	Rp1,689,962,591
12+84 – 534	8.4	18	14	1.04	867	3431.94	22879.59	Rp 1,201,178,526	Rp320,314,274	Rp1,521,492,800
12+534 – 584	8.1	14	14	1.04	674	2667.97	17786.44	Rp 933,788,151	Rp249,010,174	Rp1,182,798,324

Tabel 6.12 Rekapitulasi Volume dan Harga *Encapsulated Stone Column* (Lanjutan)

STA	Tinggi Timbunan	Jumlah ESC 2 sisi	Panjang Stone Column	Jarak PVD Memanjang	Jumlah ESC memanja	Volume Kerikil	Luas Geotextile	Harga total kebutuhan kerikil	Harga total kebutuhan geotextile	Harga total kebutuhan ESC
	(m)	(n)	(m)	(m)	(m)	(m ³)	(m ²)			
12+584 –634	7.5	12	11	1.04	578	1797.68	11984.55	Rp 629,188,752	Rp167,783,667	Rp796,972,419
12+634 –684	7	8	11	1.04	385	1197.42	7982.79	Rp 419,096,314	Rp111,759,017	Rp530,855,331
Harga Total									Rp5,722,081,465	

Fungsi ESC yang sama dengan PVD membuat kebutuhan PVD dapat ditiadakan pada area yang dipasang ESC. Maka total biaya yang dibutuhkan untuk alternatif timbunan material tanah dengan menggunakan perkuatan *encapsulated stone column* dan perbaikan tanah dasar menggunakan PVD dapat dilihat pada Tabel 6.13 berikut:

Tabel 6.13 Biaya Alternatif Timbunan Tanah dengan Perkuatan *Encapsulated Stone Column* (ESC)

Alternatif	Harga Material Perkuatan	Harga PVD	Harga PHD	Harga Material Timbunan	Harga Total
Timbunan Tanah dengan Perkuatan ESC	Rp5,722,081,465	Rp395,080,000	Rp 220,266,000	Rp6,674,817,923	Rp13,012,245,389

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VII

PERENCANAAN ALTERNATIF TIMBUNAN GEOFOAM

Alternatif perencanaan timbunan menggunakan material EPS *geofoam* pada tol KLBM ini akan mencakup seluruh STA tinjauan. Material EPS *geofoam* dipilih sebagai alternatif karena memiliki berat jenis yang sangat ringan sehingga memudahkan pada saat pelaksanaan dan tidak perlunya perbaikan tanah dasar di bawah timbunan tersebut. Berikut adalah tahapan perhitungan timbunan menggunakan material EPS *geofoam*.

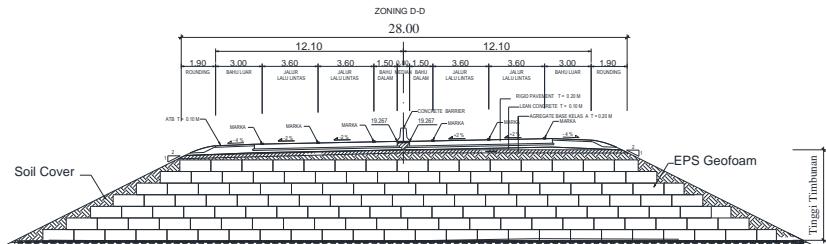
7.1. Perencanaan Timbunan EPS *geofoam*

7.1.1. Preliminary desain timbunan

Data perencanaan awal timbunan *geofoam* dilakukan pada tinggi akhir timbunan 8,7 m dan lebar timbunan 28 m dengan material EPS *geofoam* rencana memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Tipe *geofoam* = EPS15
- Berat jenis = 0,0144 t/m³
- Flexural Strength max = 172 kPa
- Soil cover rencana = 0,5 m dan 1 m

Contoh perencanaan timbunan menggunakan material EPS *geofoam* dapat dilihat pada Gambar 7.1, perhitungan selanjutnya akan menggunakan data perencanaan awal di atas.



Gambar 7.1 Rencana timbunan menggunakan alternatif EPS *geofoam*

7.1.2. Perencanaan tinggi awal timbunan EPS *geofoam*

Sama halnya pada Sub-bab 5.1, tinggi awal timbunan *geofoam* digunakan untuk mengetahui seberapa besar pemampatan

yang akan terjadi, sehingga tinggi awal penimbunan dilapangan dapat diketahui.

Berdasarkan Tabel 5.1 tegangan *overburden* dan Tabel 5.2 tegangan prakonsolidasi efektif, selanjutnya dapat diketahui pemampatan akibat beban timbunan dan perkerasan. Berikut adalah contoh perhitungan besar pemampatan akibat beban timbunan *geofoam* dan perkerasan dengan tebal *soil cover* 0,5 m.

1. Menghitung besar penambahan tegangan vertikal akibat beban timbunan (Δp) dapat dihitung dengan Persamaan 2.13. Beban timbunan akan menggunakan pendekatan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_{\text{timb}} = 3 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{geofoam}} \\ &= 3 \text{ m} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\ &= 0,432 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{timb}} = 4 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{geofoam}} \\ &= 4 \text{ m} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\ &= 0,576 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{timb}} = 5 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{geofoam}} \\ &= 5 \text{ m} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\ &= 0,72 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{timb}} = 6 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{geofoam}} \\ &= 6 \text{ m} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\ &= 0,864 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{timb}} = 7 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{geofoam}} \\ &= 7 \text{ m} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\ &= 1,008 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{timb}} = 8 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{geofoam}} \\ &= 8 \text{ m} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\ &= 1,152 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{timb}} = 9 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{geofoam}} \\ &= 9 \text{ m} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\ &= 1,296 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{timb}} = 10 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{geofoam}} \\
 &= 10 \text{ m} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 1,44 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{timb}} = 11 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timb}} &= H_{\text{timb}} \times \gamma_{\text{geofoam}} \\
 &= 11 \text{ m} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 1,584 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan dari timbunan EPS *geofoam* dengan ketinggian rencana 3 m dan kedalaman tanah lunak 14 m pada titik tinjauan Z_1 (kedalaman 1 m).

$$H_{\text{timbunan}} = 3 \text{ m}$$

$$q_{\text{timbunan}} = 0,432 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 B1 &= 0,5 \times L_{\text{timbunan}} \\
 &= 0,5 \times 28 \text{ m} \\
 &= 14 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B2 &= 2 \times H_{\text{timbunan}} \\
 &= 2 \times 3 \text{ m} \\
 &= 6 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$Z = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \tan^{-1} \left(\frac{B_1 + B_2}{z} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{14 \text{ m} + 6 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{14 \text{ m}}{0,5} \right) \\
 &= 0,613^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_2 &= \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{z} \right) \\
 &= \tan^{-1} \left(\frac{14 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} \right) \\
 &= 87,95^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{q_0}{180} \left(\left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) \times (a_1 + a_2) - \left(\frac{B_1}{B_2} \times a_2 \right) \right) \\
 &= \frac{0,432 \text{ Kn/m}^2}{180} \left(\left(\frac{20 \text{ m}}{6 \text{ m}} \right) \times (88,563) - \left(\frac{14 \text{ m}}{6 \text{ m}} \times 87,95 \right) \right) \\
 &= 0,216 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk satu sisi timbunan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2\Delta p &= 2 \times \Delta p \\
 &= 2 \times 0,216 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 0,432 \text{ kN/m}^2 \text{ (untuk dua sisi timbunan)}
 \end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 7.1 di bawah ini.

Tabel 7.1 Rekapitulasi Tegangan Vertikal Akibat Beban Timbunan EPS *Geofoam*

Elevasi dari tanah dasar		Titik Tinjau	H m	Z m	γ' kN/m ³	B1 m	α_2 °	Timbunan 1 sisi				2 ΔP		
								B2 m	α_1 °	(B1+B2)/ (B2)	(B1)/(B2)	ΔP 1 sisi kN/m ²	kN/m ²	
0	s/d	1	a	1	0.5	6.00	14.00	87.95	6.00	0.613	3.33	2.33	0.216	0.432
1	s/d	2	b	1	1.5	6.00	14.00	83.88	6.00	1.826	3.33	2.33	0.216	0.432
2	s/d	3	c	1	2.5	6.00	14.00	79.88	6.00	3.000	3.33	2.33	0.216	0.431
3	s/d	4	d	1	3.5	6.00	14.00	75.96	6.00	4.110	3.33	2.33	0.215	0.430
4	s/d	5	e	1	4.5	6.00	14.00	72.18	6.00	5.139	3.33	2.33	0.214	0.429
5	s/d	6	f	1	5.5	6.00	14.00	68.55	6.00	6.071	3.33	2.33	0.213	0.426
6	s/d	7	g	1	6.5	6.00	14.00	65.10	6.00	6.901	3.33	2.33	0.211	0.423
7	s/d	8	h	1	7.5	6.00	14.00	61.82	6.00	7.623	3.33	2.33	0.209	0.419
8	s/d	8.5	i	0.5	8.25	6.00	14.00	59.49	6.00	8.094	3.33	2.33	0.208	0.415
8.5	s/d	9	j	0.5	8.75	7.10	14.00	57.99	6.00	8.376	3.33	2.33	0.206	0.412
9	s/d	10	k	1	9.5	7.10	14.00	55.84	6.00	8.752	3.33	2.33	0.204	0.408
10	s/d	11	l	1	10.5	7.10	14.00	53.13	6.00	9.170	3.33	2.33	0.201	0.402
11	s/d	12	m	1	11.5	7.10	14.00	50.60	6.00	9.502	3.33	2.33	0.197	0.395
12	s/d	13	n	1	12.5	7.10	14.00	48.24	6.00	9.755	3.33	2.33	0.194	0.388
13	s/d	14	o	1	13.5	7.10	14.00	46.04	6.00	9.939	3.33	2.33	0.190	0.380

2. Menghitung pemampatan akibat beban timbunan EPS *geofoam*.

Data perhitungan pada lapisan pertama dengan kedalaman 1 m;

$$\begin{aligned}
 e_o &= 1,83 \\
 C_c &= 0,524 \\
 C_s &= 0,105 \\
 P_o' &= 3 \text{ kN/m}^2 \\
 P_c' &= 18 \text{ kN/m}^2 \\
 2\Delta p &= 0,432 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Nilai $p_o + 2\Delta p$ pada lapisan pertaman $< P_c'$ sehingga perhitungan pemampatan menggunakan Persamaan 2.53.

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{C_s H}{1+e_o} \log \left(\frac{P_o' + \Delta P}{P_o'} \right) \\
 &= \frac{0,105 \times 1 \text{ m}}{1+1,83} \log \left(\frac{3 \text{ kN/m}^2 + 0,432 \text{ kN/m}^2}{3 \text{ kN/m}^2} \right) \\
 &= 0,0022 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pemampatan akibat timbunan pada lapisan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Rekapitulasi Pemampatan Akibat Timbunan EPS *Geofom*

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	H	Z	Cc	Cs	eo	2ΔP	Po'	Po'+ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
												< atau >			
	s/d			m	m				kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		kN/m ²	m	m
0	s/d	1	a	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	0.432	3.00	3.432	<	18.00	0.0022	0.0022
1	s/d	2	b	1	1.5	0.524	0.1048	1.83	0.432	9.00	9.432	<	24.00	0.0008	0.0029
2	s/d	3	c	1	2.5	0.524	0.1048	1.83	0.431	15.00	15.431	<	30.00	0.0005	0.0034
3	s/d	4	d	1	3.5	0.524	0.1048	1.83	0.430	21.00	21.430	<	36.00	0.0003	0.0037
4	s/d	5	e	1	4.5	0.524	0.1048	1.83	0.429	27.00	27.429	<	42.00	0.0003	0.0040
5	s/d	6	f	1	5.5	0.524	0.1048	1.83	0.426	33.00	33.426	<	48.00	0.0002	0.0042
6	s/d	7	g	1	6.5	0.524	0.1048	1.83	0.423	39.00	39.423	<	54.00	0.0002	0.0043
7	s/d	8	h	1	7.5	0.524	0.1048	1.83	0.419	45.00	45.419	<	60.00	0.0001	0.0045
8	s/d	8.5	i	0.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	0.415	49.50	49.915	<	64.50	0.0001	0.0045
8.5	s/d	9	j	0.5	8.75	0.361	0.0722	1.53	0.412	52.78	53.187	<	67.78	0.0000	0.0046
9	s/d	10	k	1	9.5	0.361	0.0722	1.53	0.408	58.10	58.508	<	73.10	0.0001	0.0047
10	s/d	11	l	1	10.5	0.361	0.0722	1.53	0.402	65.20	65.602	<	80.20	0.0001	0.0048
11	s/d	12	m	1	11.5	0.361	0.0722	1.53	0.395	72.30	72.695	<	87.30	0.0001	0.0048
12	s/d	13	n	1	12.5	0.361	0.0722	1.53	0.388	79.40	79.788	<	94.40	0.0001	0.0049
13	s/d	14	o	1	13.5	0.361	0.0722	1.53	0.380	86.50	86.880	<	101.50	0.0001	0.0049
												Total penurunan	0.0049	m	

3. Menghitung pemampatan akibat perkerasan jalan

Besarnya penambahan beban (Δ) akibat beban perkerasan jalan yang merupakan beban terbagi merata berbentuk persegi dapat dihitung dengan Persamaan 2.15.

Data perencanaan:

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Jalan} &= 28 \text{ m} \\
 h_{\text{rigid Pavement}} &= 0,2 \text{ m} \\
 h_{\text{lean concrete}} &= 0,1 \text{ m} \\
 h_{\text{agregat pondasi}} &= 0,2 \text{ m} \\
 Q_{\text{rigid Pavement}} &= 0,2 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 4,8 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{lean concrete}} &= 0,1 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 2,4 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{\text{agregat pondasi}} &= 0,2 \text{ m} \times 18 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 3,6 \text{ kN/m}^2 \\
 \hline
 Q_{\text{Total}} &= 10,8 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Sebagai contoh perhitungan pemampatan akibat beban perkerasan dengan ketinggian rencana 3 m pada titik tinjauan Z_1 (kedalaman 1 m), sehingga:

$$\begin{aligned}
 Z &= \text{Tinggi timbunan} + \frac{1}{2} \text{ tebal lapisan yang ditinjau} \\
 &= 3 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\
 &= 3,5 \text{ m} \\
 X &= 14 \text{ m} \\
 Y &= \infty \\
 m &= x/z \\
 &= 14 \text{ m} / 3,5 \text{ m} \\
 &= 4 \\
 n &= \infty
 \end{aligned}$$

Nilai faktor pengaruh akibat beban perkerasan diperoleh dari kurva NAVFAC pada Gambar 2.3 dimana merupakan konfigurasi antara harga m dan n , maka diperoleh hasil pembacaan $I = 0,25$. Hasil I ini untuk seperempat perkerasan jalan, untuk seluruh perkerasan maka harus dikalikan empat, sehingga;

$$\begin{aligned}
 \Delta p_{\text{perkerasan}} &= 4 \times I \times Q \text{ Total} \\
 &= 4 \times 0,25 \times 10,8 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 10,8 \text{ kN/m}^2 \\
 (P_o + \Delta p) &= 3 \text{ kN/m}^2 + 10,8 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 13,8 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa $(P_o + \Delta p) \leq P_c$, oleh sebab itu perhitungan pemampatan akibat perkerasan jalan menggunakan rumus pada Persamaan 2.53.

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{C_s H}{1+e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P}{P'_o} \right) \\
 S_c &= \frac{0,105 \times 1 \text{ m}}{1+1,83} \log \left(\frac{13,8 \text{ kN/m}^2}{3} \right) \\
 &= 0,0245 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban perkerasan pada lapisan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 7.3

Tabel 7.3 Rekapitulasi Pemampatan Akibat Perkerasan

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah	Akibat beban perkerasan				I (grafik)	ΔP	P_o'	$P_o'+\Delta P$	Ket. (> atau <)	P_c'	Sci
				z	m	n	I (grafik)							
				m	(m)	x/z			y/z	Kn/m^2	Kn/m^2		Kn/m^2	
0	s/d	1	0.5	3.5	4.000	∞	0.25	10.80	3.00	13.80	<	18.00	0.0245	
1	s/d	2	1.5	4.5	3.111	∞	0.248	10.71	9.00	19.71	<	24.00	0.013	
2	s/d	3	2.5	5.5	2.545	∞	0.245	10.58	15.00	25.58	<	30.00	0.009	
3	s/d	4	3.5	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	21.00	31.45	<	36.00	0.006	
4	s/d	5	4.5	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	27.00	37.28	<	42.00	0.005	
5	s/d	6	5.5	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	33.00	43.15	<	48.00	0.004	
6	s/d	7	6.5	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	39.00	48.85	<	54.00	0.004	
7	s/d	8	7.5	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	45.00	54.63	<	60.00	0.003	
8	s/d	8.5	8.25	11.25	1.244	∞	0.222	9.59	49.50	59.09	<	64.50	0.001	
8.5	s/d	9	8.75	11.75	1.191	∞	0.218	9.42	52.78	62.19	<	67.78	0.001	
9	s/d	10	9.5	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	58.10	67.26	<	73.10	0.002	
10	s/d	11	10.5	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	65.20	74.10	<	80.20	0.002	
11	s/d	12	11.5	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	72.30	81.03	<	87.30	0.001	
12	s/d	13	12.5	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	79.40	87.95	<	94.40	0.001	
13	s/d	14	13.5	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	86.50	94.71	<	101.50	0.001	
											Total Penurunan	0.07814		

4. Menghitung pemampatan akibat adanya *soil cover*.

Soil cover berguna untuk melindungi EPS *geofoam* dari paparan sinar ultraviolet sekaligus memberi tambahan beban bagi stabilitas EPS *geofoam* untuk menahan gaya – gaya luar yang terjadi. Perhitungan pemampatan akibat *soil cover* sama seperti perhitungan pemampatan akibat timbunan tanah (poin 1 dan 2) dengan meniadakan nilai B1. Hal ini dikarenakan letak *soil cover* yang hanya ada di kedua sisi miring timbunan. Berikut ini adalah contoh hasil perhitungan penambahan tegangan vertikal akibat adanya beban *soil cover* 0,5 m pada tinggi akhir timbunan 3 m dan kedalaman tanah lunak 14 m ditunjukkan oleh Tabel 7.4 dan hasil pemampatan yang terjadi ditunjukkan oleh Tabel 7.5.

Tabel 7.4 Rekapitulasi Tegangan Vertikal Akibat *Soil Cover*

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Timbunan 1 Sisi							$2\Delta P$	
				Z	B1	$\alpha 2$	B2		$(B1+B2)/ (B2)$	$(B1)/(B2)$		ΔP kiri
							m	$\alpha 1$				
0	s/d	1	a	0.5	0.00	0.00	6.00	85.24	1.00	0.00	4.735	9.471
1	s/d	2	b	1.5	0.00	0.00	6.00	75.96	1.00	0.00	4.220	8.440
2	s/d	3	c	2.5	0.00	0.00	6.00	67.38	1.00	0.00	3.743	7.487
3	s/d	4	d	3.5	0.00	0.00	6.00	59.74	1.00	0.00	3.319	6.638
4	s/d	5	e	4.5	0.00	0.00	6.00	53.13	1.00	0.00	2.952	5.903
5	s/d	6	f	5.5	0.00	0.00	6.00	47.49	1.00	0.00	2.638	5.277
6	s/d	7	g	6.5	0.00	0.00	6.00	42.71	1.00	0.00	2.373	4.745

Tabel 7.4 Rekapitulasi Tegangan Vertikal Akibat *Soil Cover*
(Lanjutan)

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	B1	α_2	Timbunan 1 Sisi				2ΔP	
							B2	α_1	(B1+B2)/ (B2)	(B1)/(B2)		ΔP kiri
7	s/d	8	h	m	m	°	m	°			kN/m ²	kN/m ²
7	s/d	8	h	7.5	0.00	0.00	6.00	38.66	1.00	0.00	2.148	4.296
8	s/d	8.5	i	8.25	0.00	0.00	6.00	36.03	1.00	0.00	2.002	4.003
8.5	s/d	9	j	8.75	0.00	0.00	6.00	34.44	1.00	0.00	1.913	3.827
9	s/d	10	k	9.5	0.00	0.00	6.00	32.28	1.00	0.00	1.793	3.586
10	s/d	11	l	10.5	0.00	0.00	6.00	29.74	1.00	0.00	1.652	3.305
11	s/d	12	m	11.5	0.00	0.00	6.00	27.55	1.00	0.00	1.531	3.061
12	s/d	13	n	12.5	0.00	0.00	6.00	25.64	1.00	0.00	1.425	2.849
13	s/d	14	o	13.5	0.00	0.00	6.00	23.96	1.00	0.00	1.331	2.662

Tabel 7.5 Rekapitulasi Pemampatan Akibat *Soil Cover*

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Cc	Cs	eo	2ΔP	Po'	Po'+ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sc
											< atau >			
				m				kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		kN/m ²	m	m
0	s/d	1	a	0.5	0.524	0.1048	1.83	9.471	3.00	12.471	<	18.00	0.0229	0.0229
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	8.440	9.00	17.440	<	24.00	0.0106	0.0336
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	7.487	15.00	22.487	<	30.00	0.0065	0.0401
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.638	21.00	27.638	<	36.00	0.0044	0.0445
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	5.903	27.00	32.903	<	42.00	0.0032	0.0477
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	5.277	33.00	38.277	<	48.00	0.0024	0.0501
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	4.745	39.00	43.745	<	54.00	0.0018	0.0519
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	4.296	45.00	49.296	<	60.00	0.0015	0.0534
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	4.003	49.50	53.503	<	64.50	0.0006	0.0540
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	3.827	52.78	56.602	<	67.78	0.0004	0.0544
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	3.586	58.10	61.686	<	73.10	0.0007	0.0552
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	3.305	65.20	68.505	<	80.20	0.0006	0.0558
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	3.061	72.30	75.361	<	87.30	0.0005	0.0563
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	2.849	72.30	75.149	<	87.30	0.0005	0.0568
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	2.662	72.30	74.962	<	87.30	0.0004	0.0572
Total Penurunan												0.0572		m

5. Menghitung tinggi timbunan awal dan akhir

Tinggi timbunan awal dipengaruhi oleh pemampatan yang ditimbulkan oleh berat timbunan, dalam hal ini adalah EPS *geofoam*. Pada contoh perhitungan sebelumnya dengan beban timbunan $q = 0,432 \text{ kN/m}^2$ dan kemiringan lereng 1:2 diperoleh $S_{c_{\text{geofoam}}}$ total = 0,0049 m. sehingga tinggi awal timbunan dapat diperoleh dengan Persamaan 2.37.

$$\begin{aligned}
 H_{\text{awal}} &= \frac{q + (S_c \times \gamma_w)}{\gamma_{\text{timb}}} \\
 &= \frac{0,432 \text{ kN/m}^2 + (0,0049 \text{ m} \times 10 \text{ KN/m}^3)}{0,144 \text{ Kn/m}^3} \\
 &= 3,34 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga tinggi akhir (H_{akhir}) didapatkan dengan Persamaan 2.39.

$$\begin{aligned} H_{Aakhir} &= (H_{initial} - Sc_{timbunan} - Sc_{Pavement} - Sc_{soil\ cover}) + H_{pavement} \\ &= (3,34\text{ m} - 0,0049\text{ m} - 0,078\text{ m} - 0,057\text{ m}) + 0,5\text{ m} \\ &= 3,7\text{ m} \end{aligned}$$

6. Kurva hubungan antara H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc

Berdasarkan hasil perhitungan dengan percobaan tinggi timbunan yang berbeda-beda, maka diperoleh harga H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk tiap masing-masing ketinggian timbunan. Hasil perhitungan untuk *soil cover* 0,5 m pada kedalaman tanah lunak 14 m dan 11,5 m ditunjukkan oleh Tabel 7.6 dan Tabel 7.7, sedangkan untuk *soil cover* 1 m ditunjukkan pada Tabel 7.8 dan Tabel 7.9.

Ulangi semua langkah di atas pada kedalaman tanah lunak 14 m dan 11,5 m. Hasil dari seluruh perhitungan H_{awal} dan H_{akhir} dengan beberapa percobaan ketinggian timbunan dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel 7.6 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk *Soil Cover* 0,5 m dan $H_{mampat} = 14\text{ m}$

H timbunan	Q timb.	Sc timb	H initial	Sc Pav	Sc Cover	H pav.	H final	Sc Total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
3	0.432	0.0049	3.34	0.078	0.057	0.5	3.70	0.140
4	0.576	0.0065	4.45	0.077	0.061	0.5	4.81	0.145
5	0.72	0.0081	5.56	0.076	0.064	0.5	5.91	0.148
6	0.864	0.0096	6.67	0.075	0.065	0.5	7.02	0.150
7	1.008	0.0111	7.77	0.074	0.067	0.5	8.12	0.152
8	1.152	0.0125	8.87	0.073	0.068	0.5	9.22	0.153
9	1.296	0.0140	9.97	0.071	0.069	0.5	10.32	0.154
10	1.44	0.0154	11.07	0.070	0.070	0.5	11.41	0.155
11	1.584	0.0168	12.17	0.069	0.070	0.5	12.51	0.156

Tabel 7.7 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk *Soil Cover* 0,5 m dan $H_{mampat} = 11,5$ m

H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	Sc cover	H pav.	H final	Sc Total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
3	0.432	0.0048	3.33	0.075	0.056	0.5	3.70	0.136
4	0.576	0.0063	4.44	0.074	0.059	0.5	4.80	0.140
5	0.72	0.0078	5.54	0.073	0.062	0.5	5.90	0.143
6	0.864	0.0093	6.65	0.072	0.063	0.5	7.00	0.145
7	1.008	0.0107	7.74	0.071	0.065	0.5	8.10	0.147
8	1.152	0.0121	8.84	0.070	0.066	0.5	9.20	0.148
9	1.296	0.0135	9.94	0.069	0.067	0.5	10.29	0.149
10	1.44	0.0149	11.03	0.067	0.067	0.5	11.38	0.149
11	1.584	0.0162	12.13	0.066	0.068	0.5	12.48	0.150

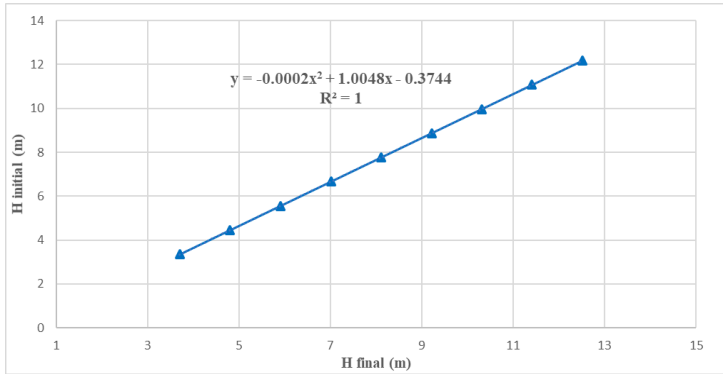
Tabel 7.8 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk *Soil Cover* 1 m dan $H_{mampat} = 14$ m

H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	Sc cover	H pav.	H final	Sc Total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
3	0.432	0.0049	3.34	0.078	0.110	0.5	3.65	0.193
4	0.576	0.0065	4.45	0.077	0.121	0.5	4.75	0.205
5	0.72	0.0081	5.56	0.076	0.130	0.5	5.85	0.214
6	0.864	0.0096	6.67	0.075	0.137	0.5	6.94	0.221
7	1.008	0.0111	7.77	0.074	0.143	0.5	8.04	0.228
8	1.152	0.0125	8.87	0.073	0.148	0.5	9.14	0.233
9	1.296	0.0140	9.97	0.071	0.153	0.5	10.23	0.238
10	1.44	0.0154	11.07	0.070	0.157	0.5	11.33	0.242
11	1.584	0.0168	12.17	0.069	0.161	0.5	12.42	0.246

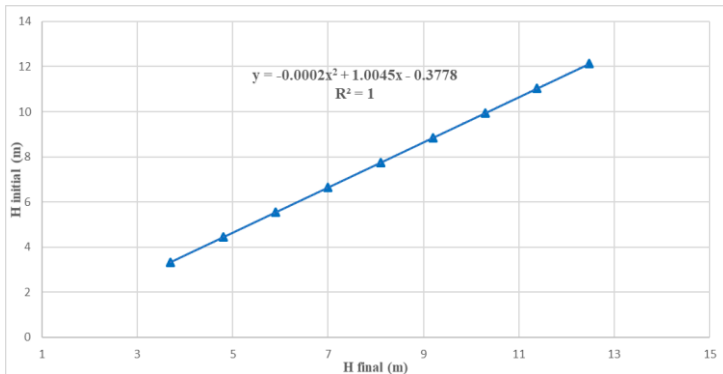
Tabel 7.9 Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk *Soil Cover* 1 m dan $H_{mampat} = 11,5$ m

H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	Sc cover	H pav.	H final	Sc Total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
3	0.432	0.0048	3.33	0.075	0.107	0.5	3.65	0.187
4	0.576	0.0063	4.44	0.074	0.118	0.5	4.74	0.199
5	0.72	0.0078	5.54	0.073	0.126	0.5	5.84	0.207
6	0.864	0.0093	6.65	0.072	0.133	0.5	6.93	0.214
7	1.008	0.0107	7.74	0.071	0.139	0.5	8.02	0.220
8	1.152	0.0121	8.84	0.070	0.143	0.5	9.12	0.226
9	1.296	0.0135	9.94	0.069	0.148	0.5	10.21	0.230
10	1.44	0.0149	11.03	0.067	0.152	0.5	11.30	0.234
11	1.584	0.0162	12.13	0.066	0.155	0.5	12.39	0.238

Harga H_{awal} dan H_{akhir} pada tabel di atas kemudian diplot menjadi kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} . Untuk tebal *soil cover* 0,5 m dengan kedalaman tanah lunak 14 m ditunjukkan oleh Gambar 7.2 dan untuk kedalaman tanah lunak 11,5 m ditunjukkan oleh Gambar 7.3.

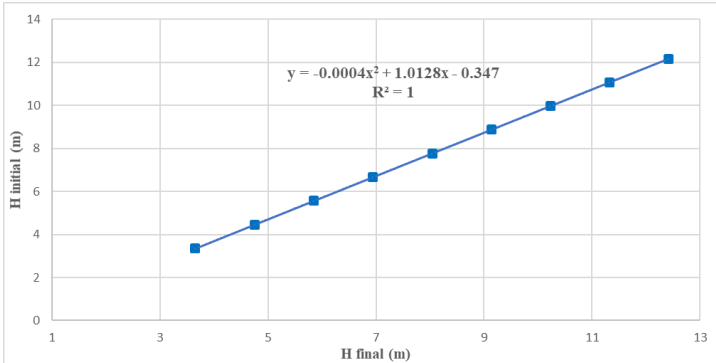


Gambar 7.2 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal *soil cover* 0,5 m pada tanah mampu mampat 14 m

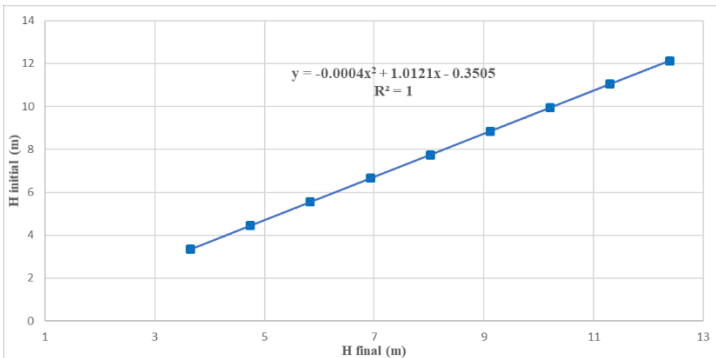


Gambar 7.3 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal *soil cover* 0,5 m pada tanah mampu mampat 11,5 m

Untuk tebal *soil cover* 1 m dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan 11,5 m. ditunjukkan pada Gambar 7.4 dan Gambar 7.5 berikut.



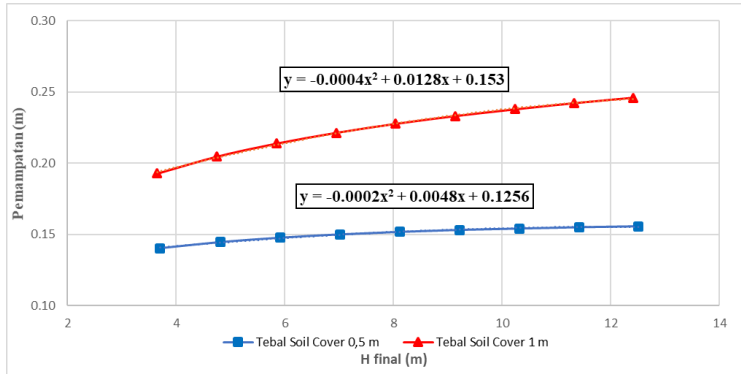
Gambar 7.4 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal *soil cover* 1 m pada tanah mampu mampat 14 m



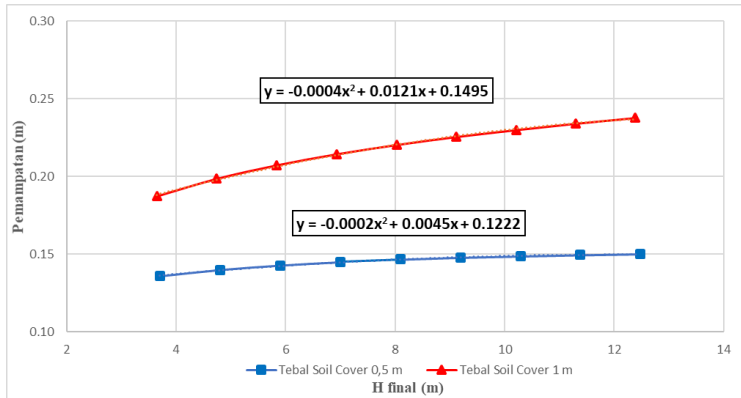
Gambar 7.5 Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal *soil cover* 1 m pada tanah mampu mampat 11,5 m

Harga H_{akhir} dan pemampatan untuk masing-masing tebal *soil cover* dan kedalaman tanah lunak kemudian diplot menjadi kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan. Untuk kedalaman tanah lunak 14 m dan 11 m hubungan H_{akhir} dengan

pemampatan pada masing-masing ketebalan *soil cover* ditunjukkan pada Gambar 7.6 dan Gambar 7.7.



Gambar 7.6 Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk kedalaman tanah lunak 14 m



Gambar 7.7 Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk kedalaman tanah lunak 11,5 m

Perhitungan H_{awal} , H_{akhir} , dan S_c untuk masing-masing tinggi timbunan rencana sesuai STA dapat dihitung dengan menggunakan persamaan grafik hubungan pada Gambar 7.1

sampai dengan 7.7 di atas. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 7.10 dan Tabel 7.11 di bawah ini.

Tabel 7.10 Rekap Tinggi Awal, Tinggi Akhir, dan Pemampatan pada Timbunan *Geofoam* untuk *soil cover* 0,5 m

STA	Kemiringan Lereng 1:2			
	Z_{mampat}	Tinggi Akhir	Tinggi Awal	Sc
	(m)	(m)	(m)	(m)
STA 12+434	11,5	8,7	8,35	0,15
STA 12+484	14	8,1	7,75	0,15
STA 12+534	14	7	6,65	0,15
STA 12+584	14	5,8	5,45	0,15
STA 12+634	14	4,5	4,14	0,14
STA 12+684	14	3,5	3,14	0,14

Tabel 7.11 Rekap Tinggi Awal, Tinggi Akhir, dan Pemampatan pada Timbunan *Geofoam* untuk *soil cover* 1 m

STA	Kemiringan Lereng 1:2			
	Z_{mampat}	Tinggi Akhir	Tinggi Awal	Sc
	(m)	(m)	(m)	(m)
STA 12+434	11,5	8,7	8,42	0,22
STA 12+484	14	8,1	7,83	0,23
STA 12+534	14	7	6,72	0,22
STA 12+584	14	5,8	5,51	0,21
STA 12+634	14	4,5	4,20	0,20
STA 12+684	14	3,5	3,19	0,19

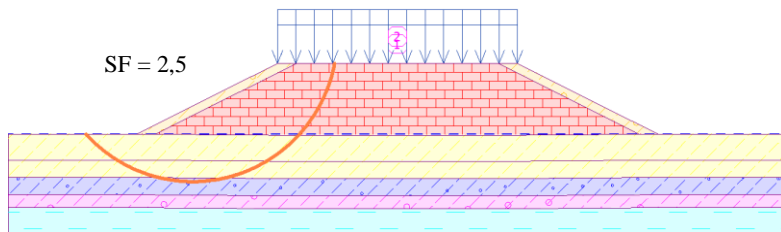
Berdasarkan tabel di atas, didapatkan hasil pemampatan pada penggunaan *soil cover* 0,5 m dan 1 m yaitu relatif kecil untuk beberapa tinjauan tinggi timbunan rencana (H_{akhir}). Oleh sebab itu pelaksanaan penimbunan tidak perlu menggunakan metode penimbunan bertahap (*preloading*) untuk menghilangkan pemampatannya.

7.2. Perhitungan Stabilitas Timbunan Geofoaam

Berat jenis EPS *geofoaam* yang relatif ringan membuat penggunaannya sebagai timbunan rawan akibat gaya-gaya luar yang terjadi. Untuk mengetahui apakah timbunan EPS *geofoaam* aman terhadap gaya-gaya luar yang terjadi, berikut adalah tahapan perencanaan timbunan menggunakan material EPS *geofoaam*.

7.2.1. Cek Stabilitas timbunan geofoaam

Timbunan EPS *geofoaam* perlu di cek terhadap *overall stability* untuk mengetahui daya dukung tanah dasar di bawah timbunan apakah mampu menahan berat di atasnya. Berikut ini adalah contoh hasil analisa stabilitas daya dukung tanah dasar pada tinggi akhir timbunan 8,7 m dengan adanya beban akibat perkerasan, beban lalulintas, dan asumsi *soil cover* 1 m ditunjukan pada Gambar 7.8.



Gambar 7.8 Hasil analisis stabilitas timbunan EPS *geofoaam*

Berdasarkan hasil analisis di atas, didapatkan nilai *safety factor* 2,5, maka dapat disimpulkan tanah dasar timbunan mampu menerima beban yang diakibatkan oleh timbunan EPS *geofoaam*, perkerasan, lalulintas, dan *soil cover* 1 m.

7.2.2. Perhitungan potensi *uplift* pada muka air banjir 1 sisi

Berat jenis EPS *geofoaam* yang lebih kecil dibandingkan berat jenis air mengakibatkan timbunan dengan bermaterial *geofoaam* rawan terhadap gaya angkat (*uplift*) akibat muka air banjir di daerah timbunan tersebut. Berikut adalah contoh perhitungan stabilitas terhadap gaya *uplift* muka air banjir 1 sisi pada timbunan dengan tinggi akhir 8,7 m, tebal *soil cover* 1 m dan muka air banjir yang terjadi 1 m.

1. Berat total EPS *geofoam*

$$\begin{aligned} W_{\text{EPS}} &= \frac{H(T_w + B_w)}{2} \times \gamma_{\text{EPS Dry}} \\ &= \frac{8,7 \text{ m}(28 \text{ m} + 57,21 \text{ m})}{2} \times 0,144 \text{ kN/m}^3 \\ &= 53,37 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

2. Gaya vertikal akibat air banjir

$$\begin{aligned} W_w &= \frac{1}{2} \times (h + S_{\text{total}}) \times \left(\frac{sh}{sv} \times (h + S_{\text{total}}) \right) \times \gamma_w \\ &= \frac{1}{2} \times (1 \text{ m} + 0,22 \text{ m}) \times \left(\frac{2}{1} \times (1 \text{ m} + 0,22 \text{ m}) \right) \times 10 \text{ kN/m}^3 \\ &= 14,99 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Tentukan gaya *overburden* tambahan di atas timbunan agar timbunan aman terhadap gaya *uplift* dengan menggunakan Persamaan 2.89.

$$\begin{aligned} Q_{\text{REQ}} &= SF \times \left[\left(\frac{1}{2} \times \gamma_w \times (h + S_{\text{total}}) \times B_w \right) \right] - [(W_{\text{EPS}} + W_w)] \\ &= 1,2 \times \left[\left(\frac{1}{2} \times 10 \times (1,22) \times 57,21 \right) \right] - [(53,37 + 14,99)] \\ &= 351,95 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4. Menghitung berat *soil cover* yang membebani timbunan dengan Persamaan 2.90.

$$\begin{aligned} W_{\text{cover}} &= 2 \times \left(\gamma_{\text{cover}} \times \frac{T_{\text{EPS}}}{\sin \theta} \times \frac{T_{\text{cover}}}{\cos \theta} \right) \\ &= 2 \times \left(20 \text{ kN/m}^3 \times \frac{8,2 \text{ m}}{\sin 27} \times \frac{1 \text{ m}}{\cos 27} \right) \\ &= 810,86 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

5. Dikarenakan perhitungan W_{EPS} berdasarkan asumsi bahwa EPS *geofoam* setinggi tinggi timbunan, maka berat dari EPS *geofoam* yang setara dengan tinggi perkerasan harus dikurangi dengan total beban *overburden*. Oleh sebab itu Q_{REQ} harus memenuhi Persamaan 2.91.

$$\begin{aligned} Q_{\text{REQ}} &< (\gamma_{\text{pavement}} \times T_{\text{pavement}} \times T_w) - (\gamma_{\text{EPS}} \times T_{\text{pavement}} \times T_w) + W_{\text{cover}} \\ 351,95 \text{ kN/m} &< (21,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 28 \text{ m}) - (0,144 \text{ kN/m}^3 \\ &\quad \times 0,5 \text{ m} \times 28 \text{ m}) + 810,86 \text{ kN/m} \\ 351,95 \text{ kN/m} &< 1111,24 \text{ Kn/m} \text{ (**Memenuhi**)} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa pada saat muka air banjir 1 m pada salah satu sisi, timbunan dapat menahan gaya *uplift* yang terjadi. Rekap hasil perhitungan terhadap gaya *uplift* 1 sisi dengan variasi ketinggian muka air banjir dapat dilihat pada Tabel 7.12 untuk tebal *soil cover* 0,5 m dan Tabel 7.13 untuk tebal *soil cover* 1 m.

Tabel 7.12 Rekap Daya Dukung Akibat *Uplift* 1 Sisi *Soil Cover* 0,5 m

h_{air} (m)	W_{EPS} KN/m'	W_{water} KN/m'	Bw (m)	(h+Stotal) (m)	γ_w (KN/m ³)	SF	Q_{REQ} KN/m'	Q_{all} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{all}$
0.5	54.60	4.18	59.16	0.646	10	1.2	170.61	705.81	Memenuhi
1	54.60	13.14	59.16	1.146	10	1.2	339.12	705.81	Memenuhi
1.5	54.60	27.10	59.16	1.646	10	1.2	502.64	705.81	Memenuhi
2	54.60	46.06	59.16	2.146	10	1.2	661.16	705.81	Memenuhi
2.5	54.60	70.02	59.16	2.646	10	1.2	814.68	705.81	Belum
3	54.60	98.99	59.16	3.146	10	1.2	963.20	705.81	Belum

Tabel 7.13 Rekap Daya Dukung Akibat *Uplift* 1 Sisi *Soil Cover* 1 m

h_{air} (m)	W_{EPS} KN/m'	W_{water} KN/m'	Bw (m)	(h+Stotal) (m)	γ_w (KN/m ³)	SF	Q_{REQ} KN/m'	Q_{all} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{all}$
0.5	53.38	5.25	57.21	0.724	10	1.2	190.07	1111.24	Memenuhi
1	53.38	14.99	57.21	1.224	10	1.2	351.95	1111.24	Memenuhi
1.5	53.38	29.74	57.21	1.724	10	1.2	508.84	1111.24	Memenuhi
2	53.38	49.48	57.21	2.224	10	1.2	660.72	1111.24	Memenuhi
2.5	53.38	74.23	57.21	2.724	10	1.2	807.61	1111.24	Memenuhi
3	53.38	103.97	57.21	3.224	10	1.2	949.49	1111.24	Memenuhi

Untuk perhitungan pada ketinggian timbunan lainnya menggunakan cara yang sama dan dapat dilihat pada Lampiran 9.

7.2.3. Perhitungan potensi *uplift* pada muka air banjir 2 sisi

Selain banjir 1 sisi, potensi lainnya yang mungkin terjadi adalah banjir pada kedua sisi timbunan. Banjir pada kedua sisi timbunan ini mempunyai pengaruh gaya *uplift* yang lebih besar jika dibandingkan dengan banjir satu sisi. Oleh sebab itu, pengecekan terhadap banjir 2 sisi perlu dilakukan untuk memastikan timbunan dengan material EPS *geofoam* aman. Berikut adalah contoh perhitungan stabilitas terhadap gaya *uplift* muka air banjir 2 sisi pada timbunan dengan tinggi akhir 8,7 m, tebal *soil cover* 1 m dan muka air banjir yang terjadi 1 m.

1. Tentukan gaya *overburden* tambahan di atas timbunan agar timbunan aman terhadap gaya *uplift* 2 sisi dengan menggunakan Persamaan 2.95.

$$\begin{aligned}
 Q_{REQ} &= SF \times [(\gamma_w \times (h + S_{total}) \times B_w)] - [(W_{EPS} + W_w + W_w')] \\
 &= 1,2 \times [(10 \times (1,22) \times 57,21)] - [(53,37 + 14,99 + 14,99)] \\
 &= 757,27 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

2. Dikarenakan perhitungan W_{EPS} berdasarkan asumsi bahwa EPS *geofoam* setinggi tinggi timbunan, maka berat dari EPS *geofoam* yang setara dengan tinggi perkerasan harus dikurangi dengan total beban *overburden*. Oleh sebab itu Q_{REQ} harus memenuhi Persamaan 2.97.

$$\begin{aligned}
 Q_{REQ} &< (\gamma_{pavement} \times T_{pavement} \times T_w) - (\gamma_{EPS} \times T_{pavement} \times T_w) + W_{cover} \\
 757,27 \text{ kN/m} &< (21,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 28 \text{ m}) - (0,144 \text{ kN/m}^3 \\
 &\quad \times 0,5 \text{ m} \times 28 \text{ m}) + 810,86 \text{ kN/m} \\
 757,27 \text{ kN/m} &< 1111,24 \text{ kN/m} \text{ (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa pada saat muka air banjir 1 m pada kedua sisi timbunan, timbunan dapat menahan gaya *uplift* yang terjadi. Rekap hasil perhitungan terhadap gaya *uplift* 2 sisi dengan variasi ketinggian muka air banjir dapat dilihat pada Tabel 7.14 untuk tebal *soil cover* 0,5 m dan Tabel 7.15 untuk tebal *soil cover* 1 m.

Tabel 7.14 Rekap Daya Dukung Akibat *Uplift* 2 Sisi *Soil Cover* 0,5 m

h_{air} (m)	W_{EPS} KN/m'	W_{water} KN/m'	B_w (m)	$(h+S_{total})$ (m)	γ_w (KN/m ³)	SF	Q_{REQ} KN/m'	Q_{all} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	54.60	4.18	59.16	0.646	10	1.2	395.81	705.81	Memenuhi
1	54.60	13.14	59.16	1.146	10	1.2	732.85	705.81	Belum
1.5	54.60	27.10	59.16	1.646	10	1.2	1059.88	705.81	Belum
2	54.60	46.06	59.16	2.146	10	1.2	1376.92	705.81	Belum
2.5	54.60	70.02	59.16	2.646	10	1.2	1683.95	705.81	Belum
3	54.60	98.99	59.16	3.146	10	1.2	1980.99	705.81	Belum

Tabel 7.15 Rekap Daya Dukung Akibat *Uplift* 2 Sisi *Soil Cover* 1 m

h_{air} (m)	W_{EPS} KN/m'	W_{water} KN/m'	B_w (m)	$(h+S_{total})$ (m)	γ_w (KN/m ³)	SF	Q_{REQ} KN/m'	Q_{all} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	53.38	5.25	57.21	0.724	10	1.2	433.51	1111.24	Memenuhi
1	53.38	14.99	57.21	1.224	10	1.2	757.28	1111.24	Memenuhi
1.5	53.38	29.74	57.21	1.724	10	1.2	1071.05	1111.24	Memenuhi

Tabel 7.15 Rekap Daya Dukung Akibat *Uplift* 2 Sisi *Soil Cover* 1 m
(Lanjutan)

h_{air} (m)	W_{EPS} KN/m'	W_{water} KN/m'	B_w (m)	$(h+S_{total})$ (m)	γ_w (KN/m ³)	SF	Q_{REQ} KN/m'	Q_{all} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{all}$
2	53.38	49.48	57.21	2.224	10	1.2	1374.82	1111.24	Belum
2.5	53.38	74.23	57.21	2.724	10	1.2	1668.59	1111.24	Belum
3	53.38	103.97	57.21	3.224	10	1.2	1952.36	1111.24	Belum

Untuk perhitungan pada ketinggian timbunan lainnya menggunakan cara yang sama dan dapat dilihat pada Lampiran 9.

7.2.4. Perhitungan potensi geser akibat muka air banjir

Selain potensi timbunan mengalami *uplift*, timbunan EPS *geofoam* yang terendam banjir juga memiliki potensi geser. Hal ini dikarenakan banjir pada salah satu sisi timbunan akan menekan timbunan EPS *geofoam* yang cenderung lebih ringan. Oleh sebab itu, pengecekan terhadap potensi geser akibat muka air banjir diperlukan untuk mengetahui apakah timbunan tersebut aman terhadap muka air banjir yang terjadi. Berikut ini adalah contoh perhitungan potensi geser akibat muka air banjir pada timbunan dengan tinggi akhir 8,7 m, tebal *soil cover* 1 m dan muka air banjir yang terjadi 1 m.

1. Menghitung gaya *overburden* yang dibutuhkan agar timbunan aman terhadap gaya geser akibat muka air banjir 1 m dengan menggunakan Persamaan 2.104.

$$\begin{aligned}
 h+S_{total} &= 1 \text{ m} + 0,22 = 1,22 \text{ m} \\
 \delta &= 2/3 \times \phi = 2/3 \times 30^\circ = 20^\circ \\
 B_w &= 57,21 \text{ m} \\
 Q_{REQ} &= \frac{SF \times \left(\frac{1}{2}\right) \times (\gamma_w \times (h + S_{total})^2)}{\tan \delta} + \left(\frac{1}{2}(h + S_{total}) \times \gamma_w \times (B_w)\right) - \\
 &\quad W_{EPS} - W_{water} \\
 &= \frac{1,2 \times \left(\frac{1}{2}\right) \times (10 \times (1,22)^2)}{\tan(20)} + \left(\frac{1}{2}((1,22) \times 10) \times 57,21\right) - \\
 &\quad 53,37 - 14,99 \\
 &= 306,61 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

2. Dikarenakan perhitungan W_{EPS} berdasarkan asumsi bahwa EPS *geofoam* setinggi tinggi timbunan, maka berat dari EPS *geofoam* yang setara dengan tinggi perkerasan harus dikurangi dengan total beban *overburden*. Oleh sebab itu Q_{REQ} harus memenuhi Persamaan 2.106.

$$Q_{REQ} < (\gamma_{pavement} \times T_{pavement} \times T_w) - (\gamma_{EPS} \times T_{pavement} \times T_w) + W_{cover}$$

$$306,61 \text{ kN/m} < (21,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 28 \text{ m}) - (0,144 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 28 \text{ m}) + 810,86 \text{ kN/m}$$

$$306,61 \text{ kN/m} < 1111,24 \text{ kN/m} \text{ (Memenuhi)}$$

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa pada saat muka air banjir 1 m, timbunan dapat menahan gaya geser yang terjadi. Rekap hasil perhitungan terhadap gaya geser dengan variasi ketinggian muka air banjir dapat dilihat pada Tabel 7.16 untuk tebal *soil cover* 0,5 m dan Tabel 7.17 untuk tebal *soil cover* 1 m.

Tabel 7.16 Rekap Gaya Geser Akibat Banjir untuk *Soil Cover* 0,5 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'	Q_{all} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	10	0.646	59.16	54.60	4.18	20	139.260	705.8143	Memenuhi
1	10	1.146	59.16	54.60	13.14	20	292.972	705.8143	Memenuhi
1.5	10	1.646	59.16	54.60	27.10	20	449.927	705.8143	Memenuhi
2	10	2.146	59.16	54.60	46.06	20	610.123	705.8143	Memenuhi
2.5	10	2.646	59.16	54.60	70.02	20	773.562	705.8143	Belum
3	10	3.146	59.16	54.60	98.99	20	940.244	705.8143	Belum

Tabel 7.17 Rekap Gaya Geser Akibat Banjir untuk *Soil Cover* 1 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'	Q_{all} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	10	0.724	57.21	53.38	5.25	20	157.270	1111.24	Memenuhi
1	10	1.224	57.21	53.38	14.99	20	306.614	1111.24	Memenuhi
1.5	10	1.724	57.21	53.38	29.74	20	459.201	1111.24	Memenuhi
2	10	2.224	57.21	53.38	49.48	20	615.030	1111.24	Memenuhi
2.5	10	2.724	57.21	53.38	74.23	20	774.102	1111.24	Memenuhi
3	10	3.224	57.21	53.38	103.97	20	936.416	1111.24	Memenuhi

Untuk perhitungan pada ketinggian timbunan lainnya menggunakan cara yang sama dan dapat dilihat pada Lampiran 9.

7.2.5. Perhitungan potensi geser akibat angin

Selain gaya akibat muka air banjir, timbunan EPS *geofoam* juga memiliki potensi geser akibat angin yang bekerja pada timbunan. Hal ini selain disebabkan oleh berat jenis EPS *geofoam* yang ringan, namun juga disebabkan oleh tinggi timbunan EPS *geofoam* itu sendiri. Semakin tinggi timbunan, maka semakin besar pula gaya angin yang bekerja. Oleh sebab itu, pengecekan keamanan timbunan terhadap potensi geser akibat angin diperlukan. Berikut ini adalah contoh perhitungan potensi geser akibat angin pada timbunan dengan tinggi akhir 8,7 m, tebal *soil cover* 1 m dan kecepatan angin 30 km/jam.

1. Menghitung tekanan angin yang bekerja pada timbunan menggunakan Persamaan 2.99.

$$V = 30 \text{ Km/jam} = 8,33 \text{ m/dtk}$$

$$\theta_U = 27^\circ$$

$$\begin{aligned} P_u &= 0,75 V^2 \sin \theta_U \\ &= 0,75 \cdot 8,33^2 \sin 27^\circ \\ &= 23,65 \text{ kPa} \end{aligned}$$

2. Menghitung gaya angin yang bekerja pada timbunan.

$$\delta = 2/3 \times \phi = 2/3 \times 30^\circ = 20^\circ$$

$$H_{\text{timb}} = 8,7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} R_u &= P_u \times H_{\text{timb}} \\ &= 23,65 \text{ kPa} \times 8,7 \text{ m} \\ &= 205,71 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3. Menghitung gaya *overburden* yang dibutuhkan agar timbunan aman terhadap gaya geser akibat muka air banjir 1 m dengan menggunakan Persamaan 2.100.

$$\begin{aligned} Q_{\text{REQ}} &= \frac{SF \times R_u}{\tan \delta} - W_{\text{EPS}} \\ &= \frac{1,2 \times 205,71 \text{ kN/m}}{\tan(20)} - 53,37 \text{ kN/m} \\ &= 624,86 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

4. Dikarenakan perhitungan W_{EPS} berdasarkan asumsi bahwa EPS *geofoam* setinggi tinggi timbunan, maka berat dari EPS

geofoam yang setara dengan tinggi perkerasan harus dikurangi dengan total beban *overburden*. Oleh sebab itu Q_{REQ} harus memenuhi Persamaan 2.102.

$$Q_{REQ} < (\gamma_{pavement} \times T_{pavement} \times T_w) - (\gamma_{EPS} \times T_{pavement} \times T_w) + W_{cover}$$

$$624,86 \text{ kN/m} < (21,6 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 28 \text{ m}) - (0,144 \text{ kN/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \times 28 \text{ m}) + 810,86 \text{ kN/m}$$

$$624,86 \text{ kN/m} < 1111,24 \text{ kN/m} \text{ (Memenuhi)}$$

Berdasarkan perhitungan di atas diketahui bahwa pada saat kecepatan angin 30 km/jam, timbunan masih dapat menahan gaya geser yang terjadi. Rekap hasil perhitungan terhadap gaya geser dengan variasi kecepatan angin dapat dilihat pada Tabel 7.18 untuk tebal *soil cover* 0,5 m dan Tabel 7.19 untuk tebal *soil cover* 1 m.

Tabel 7.18 Rekap Gaya Geser Akibat Angin untuk *Soil Cover* 0,5 m

V Rencana (km/jam)	Θ o	Pu kPa	H (m)	Ru KN/m'	δ o	W_{EPS} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Qall KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
10	27	2.63	8.7	22.86	20	54.60	20.76	705.81	Memenuhi
15	27	5.91	8.7	51.43	20	54.60	114.96	705.81	Memenuhi
20	27	10.51	8.7	91.43	20	54.60	246.84	705.81	Memenuhi
25	27	16.42	8.7	142.86	20	54.60	416.40	705.81	Memenuhi
30	27	23.65	8.7	205.71	20	54.60	623.64	705.81	Memenuhi
35	27	32.18	8.7	280.00	20	54.60	868.56	705.81	Belum
40	27	42.04	8.7	365.71	20	54.60	1151.15	705.81	Belum

Tabel 7.19 Rekap Gaya Geser Akibat Angin untuk *Soil Cover* 1 m

V Rencana (km/jam)	Θ o	Pu kPa	H (m)	Ru KN/m'	δ o	W_{EPS} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Qall KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
10	27	2.63	8.7	22.86	20	53.38	21.98	1111.24	Memenuhi
15	27	5.91	8.7	51.43	20	53.38	116.18	1111.24	Memenuhi
20	27	10.51	8.7	91.43	20	53.38	248.06	1111.24	Memenuhi
25	27	16.42	8.7	142.86	20	53.38	417.62	1111.24	Memenuhi
30	27	23.65	8.7	205.71	20	53.38	624.86	1111.24	Memenuhi
35	27	32.18	8.7	280.00	20	53.38	869.78	1111.24	Memenuhi
40	27	42.04	8.7	365.71	20	53.38	1152.38	1111.24	Belum

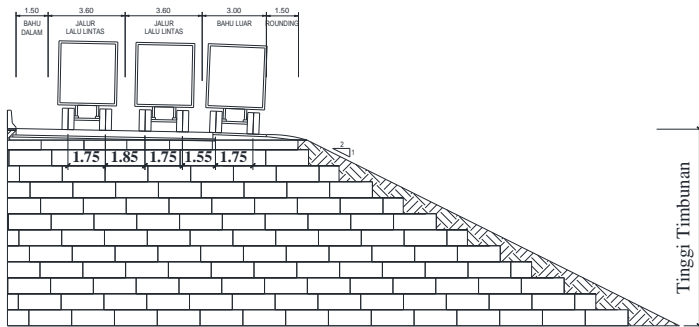
Untuk perhitungan pada ketinggian timbunan lainnya menggunakan cara yang sama dan dapat dilihat pada Lampiran 9.

7.2.6. Perhitungan perbandingan kekuatan lentur bahan *geofoam* terhadap beban yang terjadi

Setelah dipastikan timbunan EPS *geofoam* aman terhadap gaya-gaya luar yang terjadi, selanjutnya adalah pengecekan kekuatan lentur *geofoam* terhadap beban lalulintas yang bekerja. Pengecekan bertujuan untuk menentukan apakah kekuatan lentur dari EPS *geofoam* mampu menahan beban yang terjadi di atasnya. Ketika kekuatan lentur bahan *geofoam* lebih besar dari tegangan vertikal yang diterima, maka bahan tersebut mampu menahan beban yang terjadi di atasnya (fleksibilitasnya belum terlampaui). Sedangkan ketika kekuatan lentur bahan *geofoam* lebih kecil dari tegangan vertika yang diterima, maka bahan tersebut tidak mampu menahan beban yang terjadi di atasnya (fleksibilitasnya terlampaui). Berikut ini adalah perhitungan tegangan vertikal yang terjadi pada bahan EPS *geofoam* akibat beban perkerasan dan lalulintas.

1. Perkiraan beban lalulintas yang terjadi.

Berdasarkan SNI 1725:2016 beban lalulintas yang bekerja adalah beban truk dengan besaran beban tiap roda adalah 112,5 kN dengan asumsi lebar truk 2,75 m dan jarak antar roda 1,75 m. Beban truk tersebut kemudian dimodelkan berdasarkan rencana lajur jalan untuk mendapatkan jarak antar roda terdekat (kritis). Gambar 7.9 di bawah ini menunjukkan letak beban truk berdasarkan rencana lajur jalan.



Gambar 7.9 Letak beban truk yang bekerja pada timbunan

Berdasarkan Gambar 7.11 di atas, didapatkan jarak terdekat antar roda adalah 1,55 m. Jarak antar roda ini nantinya akan menjadi jarak beban yang bekerja pada lapisan atas EPS *geofom*.

2. Perhitungan bebanbeban yang bekerja pada bagian atas EPS *geofom* berdasarkan Sub-bab 2.7 (g) adalah sebagai berikut:

- Beban Hidup
 - Beban roda, LL_D = 112,5 kN
 - Impact coefficient, I = 0,3
 - Q_L = $LL_D \times (1+I)$
 - = 112,5 kN x (1+0,3)
 - = 146,25 kN

- Beban Mati
 - Tebal perkerasan, T = 0,5 m
 - $\gamma_{\text{perkerasan}}$ = 21,6 kN/m³
 - Υ_{UMS} = 1,3
 - σ_{DL} = $T \times \gamma_{\text{perkerasan}} \times \Upsilon_{\text{UMS}}$
 - = 0,5 x 21,6 kN/m³ x 1,3
 - = 14.04 kN/m²

3. Perhitungan teggangan yang terjadi pada EPS *geofom*.

Teggangan akibat beban truk yang diterima oleh EPS *geofom* kemudian diubah menjadi persegi panjang seperti Gambar 2.34 dengan perhitungan sebagai berikut:

- Tebal perkerasan (d_3) = 500 mm
- Panjang (b_o) = $(d_3/2 + 750 + d_3/2)$
- = $(500/2 + 750 \text{ mm} + 500/2)$
- = 1250 mm = 1,25 m
- Lebar (d_o) = $(d_3/2 + 250 + d_3/2)$
- = $(500/2 + 250 \text{ mm} + 500/2)$
- = 750 mm = 0,75 m
- Luas bidang kritis (A_K) = $2 \times (b_o + d_o) \times d_3$
- = $2 \times (0,75 \text{ m} + 1,25 \text{ m}) \times 0,5 \text{ m}$
- = 2 m²

Dikarenakan jarak kritis antar roda truk = 1,55 meter lebih besar dari panjang (b_o) 1,25 meter, maka tegangan antar roda tidak mengalami *overlap*. Oleh sebab itu, perhitungan tegangan akibat beban hidup di lapisan atas EPS *geofom* menjadi:

$$\begin{aligned}\sigma_{LL} &= Q_L / A_K \\ &= 146,3 \text{ kN} / 2 \text{ m}^2 \\ &= 73,13 \text{ kN/m}^2 \\ \sigma_{\text{Total}} &= \sigma_{LL} + \sigma_{DL} \\ &= 73,13 \text{ kN/m}^2 + 14.04 \text{ kN/m}^2 \\ &= 87,17 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

4. Menentukan kekuatan lentur minimal untuk timbunan EPS *geofom* di bawah perkerasan menggunakan Persamaan 2.109.

- *safety factor* = 1,2
- Tipe EPS *geofom* = EPS 15
- Kekuatan lentur = 172 kN/m²

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{EPS geofom}} &\geq SF \times \sigma_{\text{Total}} \\ 172 \text{ kN/m}^2 &\geq 1,2 \times 87,17 \text{ kN/m}^2 \\ 172 \text{ kN/m}^2 &\geq 104,6 \text{ kN/m}^2 \text{ (Memenuhi)}\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, tegangan yang diterima lapisan EPS *geofom* di bawah perkerasan lebih kecil dari kekuatan lentur bahan EPS *geofom*, maka dapat disimpulkan bahwa tipe EPS *geofom* dapat digunakan sebagai material timbunan.

7.3. Perhitungan *rate of settlement*

Perhitungan *rate of settlement* bertujuan untuk mengetahui pemampatan rata-rata pertahun tanah dasar akibat beban timbunan di atasnya. Nilai *rate of settlement* akan digunakan sebagai acuan apakah tanah dasar di bawah timbunan perlu adanya perbaikan atau tidak.

Perhitungan nilai $C_{v_{\text{gabungan}}}$ menggunakan nilai yang telah terdapat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11. untuk arah aliran air pori tanah mengalir secara vertikal dalam kondisi natural. Hal ini

dikarenakan tidak adanya PVD sebagai material percepatan aliran air pori. Hasil perhitungan *rate of settlement* pada kedalaman tanah lunak 11,5 m dan 14 m untuk tinggi akhir timbunan 8,7 m dan 8,1 m dapat dilihat pada Tabel 7.20 dan Tabel 7.21 di bawah ini.

Tabel 7.20 *Rate of Settlement* pada Kedalaman Tanah Lunak 11,5 m dan Tinggi Akhir Timbunan 8,7 m

Settlement Per Tahun Untuk Soil Cover 0,5 m					Settlement Per Tahun Untuk Soil Cover 1 m				
Tahun ke-	T_v	U_v (%)	Sc (m)	Selisih	Tahun ke-	T_v	U_v (%)	Sc (m)	Selisih
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.011	11.64%	0.017	0.017	1	0.011	11.64%	0.026	0.026
2	0.021	16.46%	0.024	0.007	2	0.021	16.46%	0.037	0.011
3	0.032	20.16%	0.029	0.005	3	0.032	20.16%	0.045	0.008
4	0.043	23.28%	0.034	0.005	4	0.043	23.28%	0.052	0.007
5	0.053	26.03%	0.038	0.004	5	0.053	26.03%	0.058	0.006
6	0.064	28.51%	0.042	0.004	6	0.064	28.51%	0.064	0.006
7	0.074	30.79%	0.045	0.003	7	0.074	30.79%	0.069	0.005
8	0.085	32.92%	0.048	0.003	8	0.085	32.92%	0.074	0.005
9	0.096	34.92%	0.051	0.003	9	0.096	34.92%	0.078	0.004
10	0.106	36.81%	0.054	0.003	10	0.106	36.81%	0.083	0.004

Tabel 7.21 *Rate of Settlement* pada Kedalaman Tanah Lunak 14 m dan Tinggi Akhir Timbunan 8,1 m

Settlement Per Tahun Untuk Soil Cover 0,5 m					Settlement Per Tahun Untuk Soil Cover 1 m				
Tahun ke-	T_v	U_v (%)	Sc (m)	Selisih	Tahun ke-	T_v	U_v (%)	Sc (m)	Selisih
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.008	9.83%	0.015	0.015	1	0.008	9.83%	0.023	0.023
2	0.015	13.90%	0.021	0.006	2	0.015	13.90%	0.032	0.009
3	0.023	17.02%	0.026	0.005	3	0.023	17.02%	0.039	0.007
4	0.030	19.65%	0.030	0.004	4	0.030	19.65%	0.045	0.006
5	0.038	21.97%	0.033	0.004	5	0.038	21.97%	0.051	0.005
6	0.046	24.07%	0.036	0.003	6	0.046	24.07%	0.055	0.005
7	0.053	26.00%	0.039	0.003	7	0.053	26.00%	0.060	0.004
8	0.061	27.79%	0.042	0.003	8	0.061	27.79%	0.064	0.004
9	0.068	29.48%	0.045	0.003	9	0.068	29.48%	0.068	0.004
10	0.076	31.08%	0.047	0.002	10	0.076	31.08%	0.072	0.004

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa pemampatan tahun pertama pada kedalaman tanah lunak 11,5 m untuk *soil cover* 1 m adalah 2,6 cm dan tahun selanjutnya 1,1 cm. Sedangkan pemampatan tahun pertama untuk *soil cover* 0,5 m adalah 1,7 cm dan tahun selanjutnya 0,7 cm.

Pemampatan yang terjadi pada tahun pertama untuk *soil cover* 1 m melebihi persyaratan pemampatan maksimal per tahun ($< 2,5$ cm/tahun), namun hal ini dapat abaikan dengan alasan pemampatan tahun berikutnya tidak lebih dari 2,5 cm/tahun. Ditinjau dari segi stabilitas, timbunan EPS *geofom* dengan *soil cover* 1 m aman terhadap muka air banjir sampai dengan 1 m untuk semua ketinggian timbunan dan mampu menahan kekuatan angin sampai dengan 35 km/jam. Jika dibandingkan dengan ketebalan *soil cover* 0,5 m yang aman terhadap muka air banjir sampai dengan 0,5 m dan kecepatan angin maksimum yang dapat ditanahan 30 km/jam, ketebalan *soil cover* 1 m lebih menguntungkan dari segi stabilitas. Sedangkan dari segi biaya, ketebalan *soil cover* dapat mengurangi volume EPS *geofom* yang digunakan pada timbunan. Harga EPS *geofom* yang lebih mahal dari material tanah menyebabkan penggunaan *soil cover* yang tebal akan lebih ekonomis untuk perencanaan timbunan dengan material EPS *geofom* ini. Berdasarkan hal tersebut, untuk alternatif timbunan bermaterial EPS *geofom* akan digunakan ketebalan *soil cover* 1 m tanpa menggunakan perbaikan tanah dasar.

7.4. Perhitungan Volume dan Biaya EPS Geofom

Tebal *soil cover* mempengaruhi dalam total harga yang diperlukan pada suatu timbunan EPS *geofom*. Semakin tebal *soil cover*, maka semakin kecil kebutuhan volume EPS *geofom* yang diperlukan. Harga EPS *geofom* yang lebih mahal dari tanah urug membuat total harga timbunan EPS *geofom* bergantung dari jumlah volume EPS *geofom* yang digunakan.

Perhitungan volume timbunan alternatif EPS *geofom* dilakukan berdasarkan ketebalan *soil cover* 0,5 m dan 1 m dengan menggunakan bantuan program bantu. Luasan timbunan total kemudian dikurangi dengan luasan *soil cover* pada kedua sisi timbunan untuk mengetahui luasan EPS *geofom* yang dibutuhkan. Kemudian masing – masing luasan dikalikan jarak memanjang timbunan tinjauan. Hasil dari perhitungan kebutuhan volume dan biaya tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.22 berikut:

Tabel 7.22 Biaya Alternatif Timbunan EPS *geofoam*

Alternatif	Harga Satuan <i>Soil Cover</i>	Harga Satuan EPS <i>Geofoam</i>	Volume <i>Soil Cover</i> (m ³)	Volume EPS <i>Geofoam</i> (m ³)	Harga Material <i>Soil Cover</i>	Harga Material EPS <i>Geofoam</i>	Harga Total
Timbunan EPS <i>Geofoam</i> dengan <i>Soil Cover</i> 1 m	Rp83,300	Rp623,500	6788.23	54463.52	Rp565,459,834	Rp33,958,002,264	Rp34,523,462,097
Timbunan EPS <i>Geofoam</i> dengan <i>Soil Cover</i> 0,5 m	Rp83,300	Rp623,500	3394.03	57857.72	Rp282,722,637	Rp36,074,288,486	Rp36,357,011,122

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1. Kesimpulan

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi tanah dasar dibawah timbunan merupakan tanah berjenis lanau kelempungan. Area studi memiliki dua kedalaman tanah lunak dengan nilai N SPT kurang dari 10. Untuk STA 12+434 sampai dengan STA 12+484 memiliki kedalaman tanah lunak 11,5 meter dan untuk STA 12+484 sampai dengan STA 12+684 memiliki kedalaman tanah lunak 14 meter.
2. Besar pemampatan yang terjadi untuk timbunan tanah dengan tinggi akhir 8,7 m adalah 1,55 m, sedangkan untuk timbunan EPS *geofoam* dengan tinggi akhir 8,7 m adalah 0,22 m. Untuk besar pemampatan pada variasi timbunan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.8 untuk timbunan material tanah dan Tabel 7.11 untuk timbunan material EPS *geofoam*.
3. Timbunan dengan material EPS *geofoam* tidak menggunakan metode *preloading*. Untuk timbunan tanah, beban *preloading* yang dibutuhkan pada ketinggian timbunan tertinggi 8,7 m adalah 197,35 kN/m². Untuk besar beban *preloading* pada variasi ketinggian timbunan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.9.
4. Waktu pemampatan yang terjadi tanpa perbaikan tanah dasar pada kedalaman tanah lunak 11,5 meter adalah 80 tahun dan untuk kedalaman tanah lunak 14 meter adalah 112 tahun.
5. PVD direncanakan dipasang pada kedalaman 10 meter baik pada kedalaman tanah lunak 11,5 meter maupun 14 meter. Pola pemasangan PVD yang efektif untuk menghilangkan 90% pemampatan pada waktu rencana 24 minggu adalah pola segitiga dengan jarak spasi 1,1 meter antar PVD.
6. Besar peningkatan daya dukung yang terjadi setelah adanya pemasangan PVD dan *preloading* untuk beberapa variasi

ketinggian akhir timbunan dapat dilihat pada Tabel 5.20 dengan rata – rata peningkatan daya dukung sebesar 23% dari nilai angka keamanan sebelumnya.

7. Kebutuhan perkuatan pada alternatif timbunan tanah dengan menggunakan perkuatan *geotextile* pada tinggi timbunan tertinggi 8,7 m adalah 34 lapis dengan panjang total 3304 m, sedangkan untuk perkuatan *encapsulated stone column* sebanyak 20 buah dengan panjang total 280. Untuk kebutuhan perkuatan pada variasi tinggi timbunan lainnya dapat dilihat pada Tabel 6.5 untuk alternatif *geotextile* dan Tabel 6.11 untuk *encapsulated stone column*. Untuk timbunan material EPS *geofoam*, asumsi muka air banjir yang terjadi dilapangan tidak melebihi 1 meter dengan kecepatan angin maksimal 30 km/jam tidak memerlukan tambahan perkuatan.
8. Pengecekan stabilitas EPS *geofoam* berupa *overall stability*, potensi *uplift* muka air banjir 1 sisi, potensi *uplift* muka air banjir 2 sisi, potensi geser akibat muka air banjir, potensi geser akibat angin, dan perbandingan kekuatan lentur bahan EPS *geofoam* terhadap beban yang terjadi.
9. Alternatif timbunan yang membutuhkan biaya material paling ekonomis adalah timbunan tanah dengan perkuatan *geotextile* dengan total biaya 12,088 milyar rupiah.

8.2. Saran

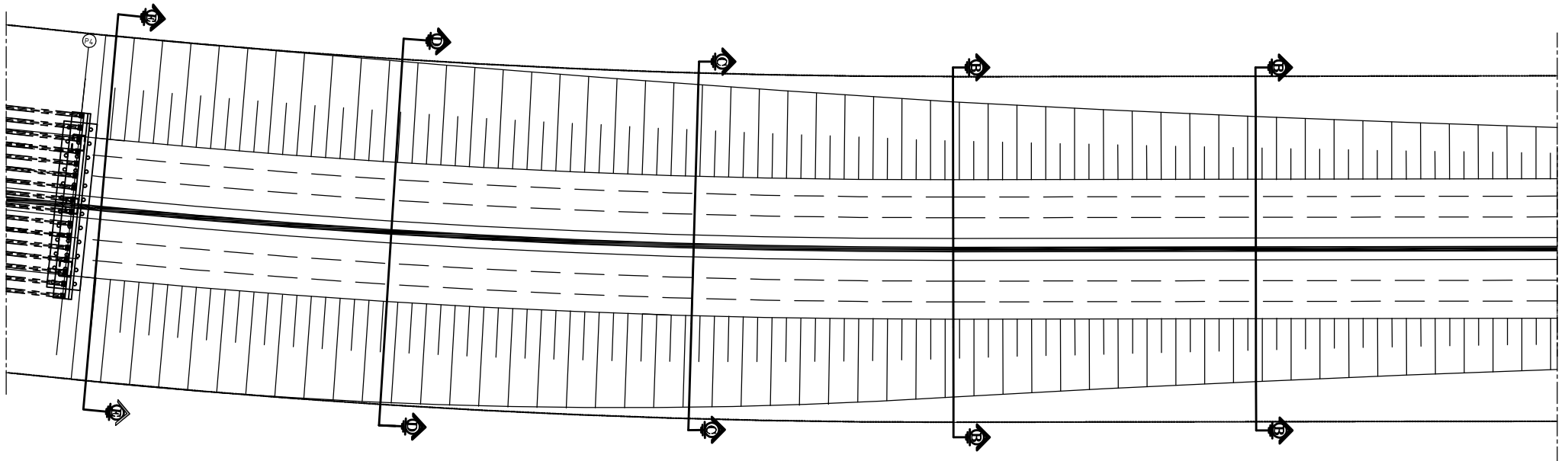
Adapun beberapa saran yang dapat penulis sampaikan, diantaranya:

1. Perhitungan korelasi tanah berdasarkan nilai N-SPT sebaiknya dilengkapi dengan data sondir, bor log, dan data pengujian tanah dilapangan lainnya agar didapatkan nilai yang mendekati kondisi tanah asli.
2. Perlu dilakukan pengecekan kondisi muka air banjir dan kecepatan angin yang mungkin terjadi di lapangan untuk menghasilkan perhitungan stabilitas timbunan EPS *geofoam* yang lebih akurat.

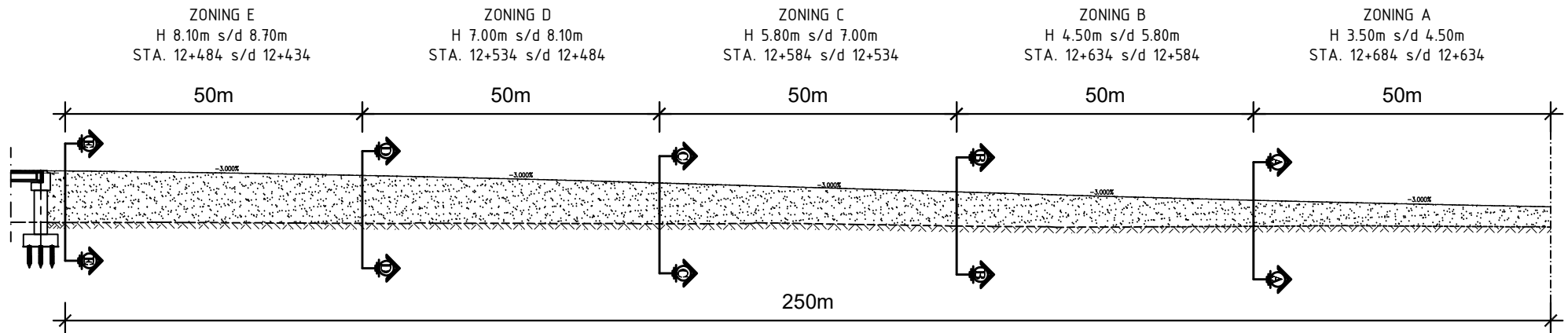
DAFTAR PUSTAKA

- Das, M. Braja. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis*. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. Erlangga. Jakarta.
- Das, M. Braja. 1990. *Principles of Foundation Engineering, Second Edition* .Brooks Cole.
- Mochtar, Indrasurya B. 2000. “*Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)*”. Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS. Surabaya.
- Mochtar, Noor E. 2012. *Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah*. Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS. Surabaya.
- Mochtar, Noor E. 2017. *Modul Ajar Stone Column*. Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS. Surabaya.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. *Mekanika Tanah 1*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. *Mekanika Tanah 2*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2014. *Analisis dan Perencanaan Fondasi 1, Edisi Ketiga*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- NAVFAC DM-7. 1986.*Design Manual 7.02, Foundation and Earth Structures*. Naval Facilities Engineering Command. Virginia.
- T. D. Stark, D. Arellano, J. S. Horvath, dan D. Leshchinsky. 2004. *Geofoam Applications in the Design and Construction of Highway Embankments*. National Academy of Sciences. USA.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAYOUT ALTERNATIF OPRIT TOL KLBM STA 12+434 s/d STA 12+684
 SKALA 1: 1000



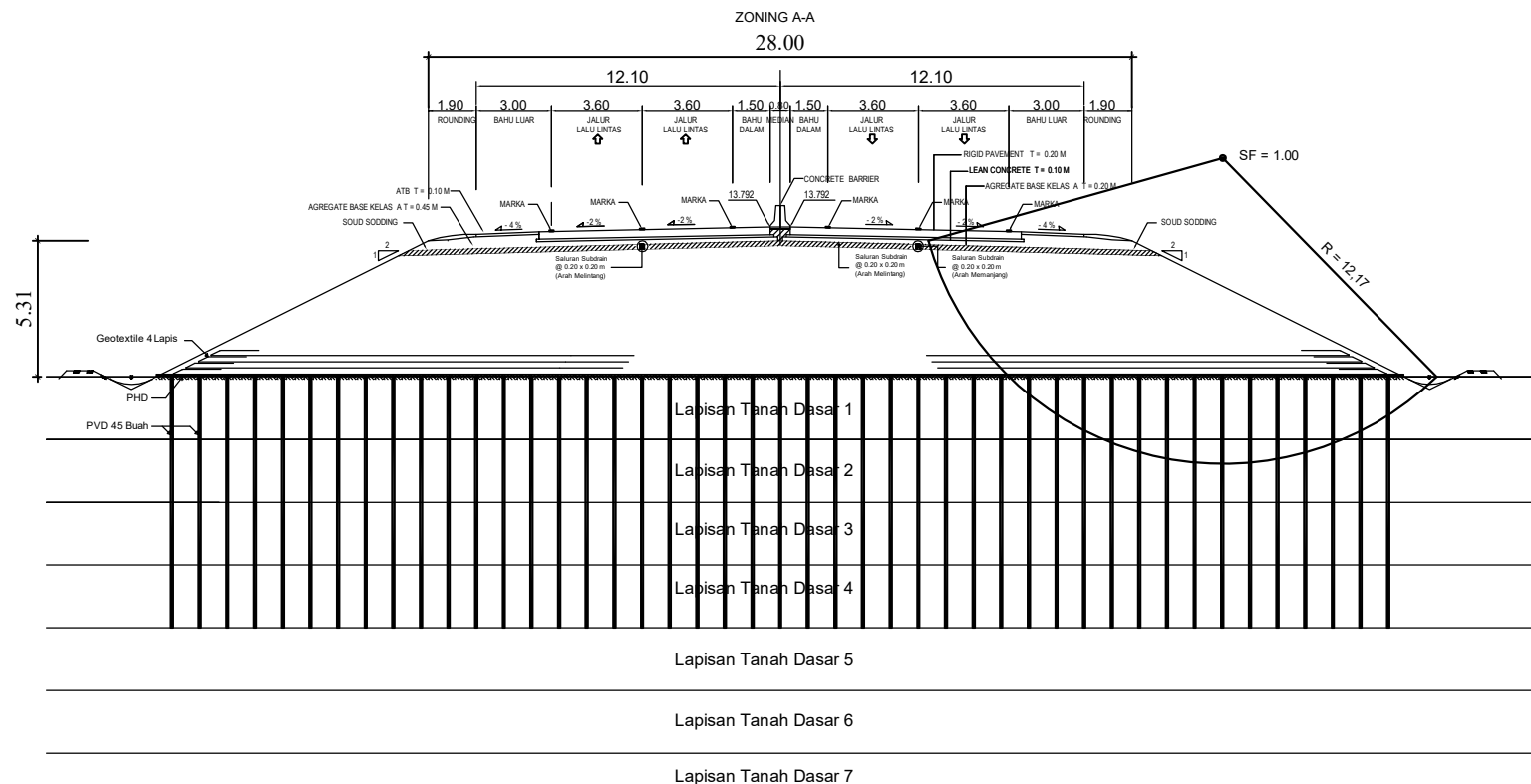
POTONGAN MEMANJANG ALTERNATIF OPRIT STA 12+434 s/d STA 12+684
 SKALA 1: 1000



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	1	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (0311174500002)

ALTERNATIF TIMBUNAN TANAH DENGAN PERKUATAN GEOTEXTILE PADA ZONA A DENGAN TINGGI AKHIR 4,5 METER



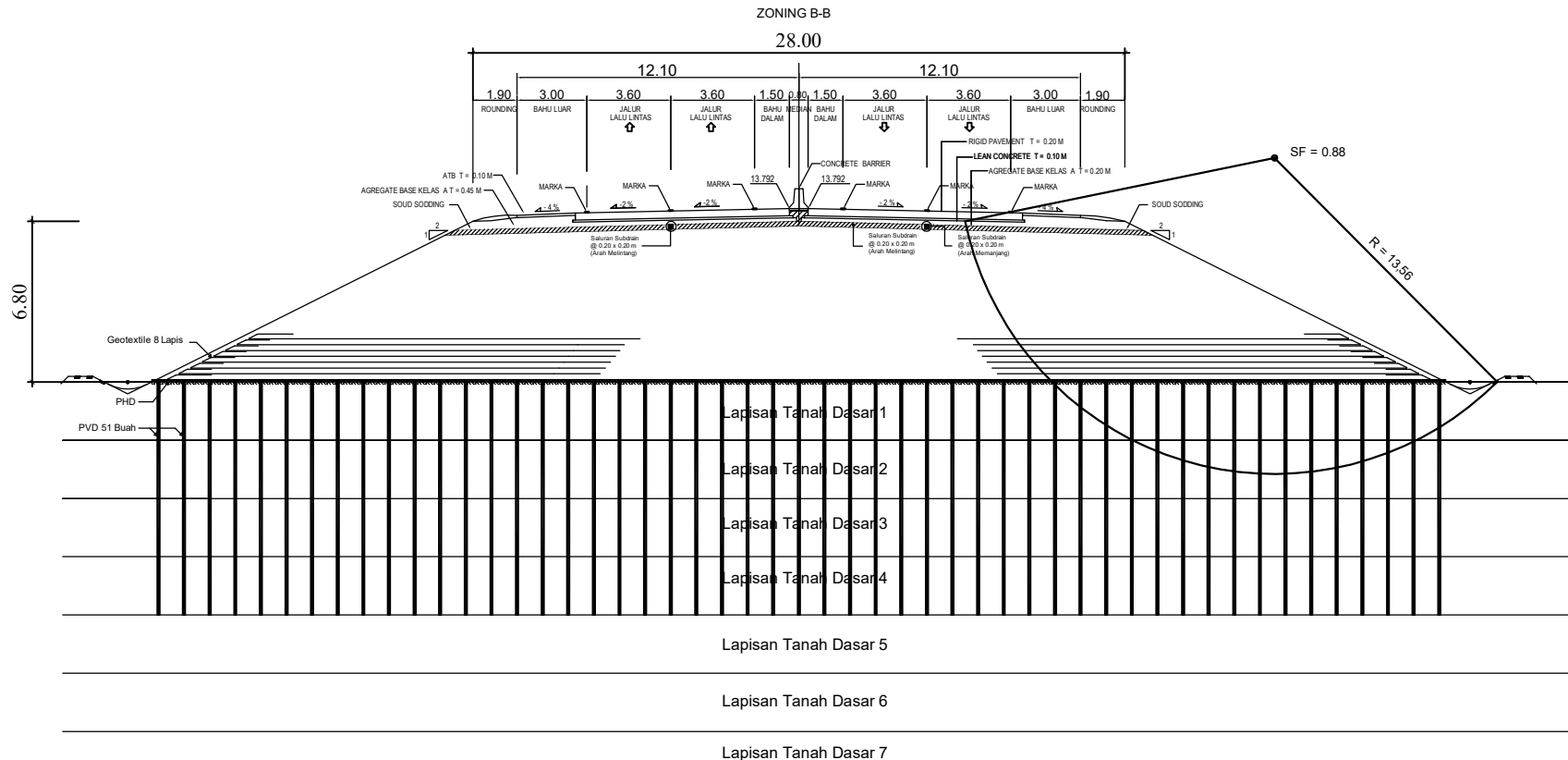
POTONGAN MELINTANG A-A (STA 12+634)
SKALA 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	2	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (03111745000002)

ALTERNATIF TIMBUNAN TANAH DENGAN PERKUATAN GEOTEXTILE PADA ZONA B DENGAN TINGGI AKHIR 5,8 METER



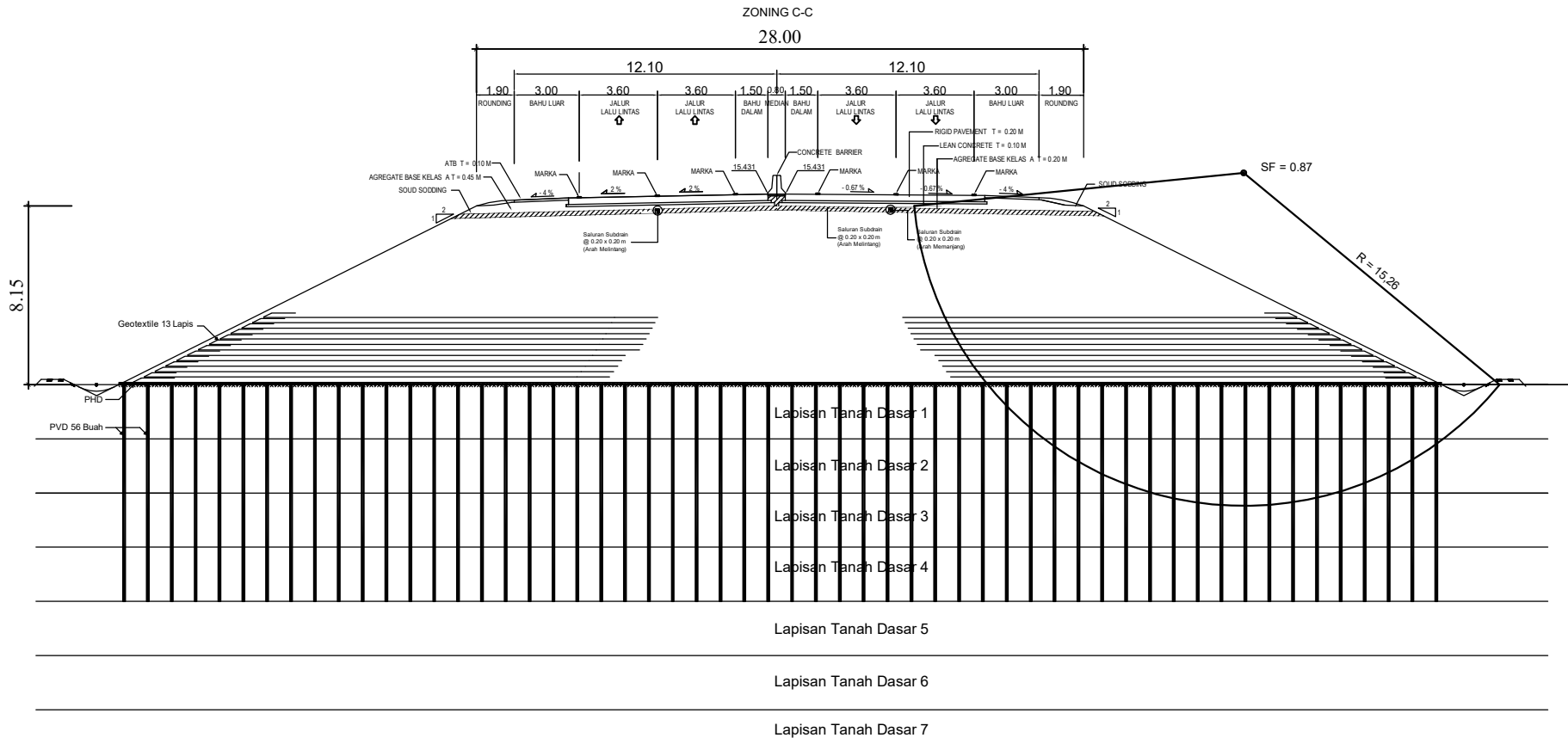
POTONGAN MELINTANG B-B (STA 12+584)
SKALA 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	3	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (0311174500002)

ALTERNATIF TIMBUNAN TANAH DENGAN PERKUATAN GEOTEXTILE PADA ZONA C DENGAN TINGGI AKHIR 7 METER



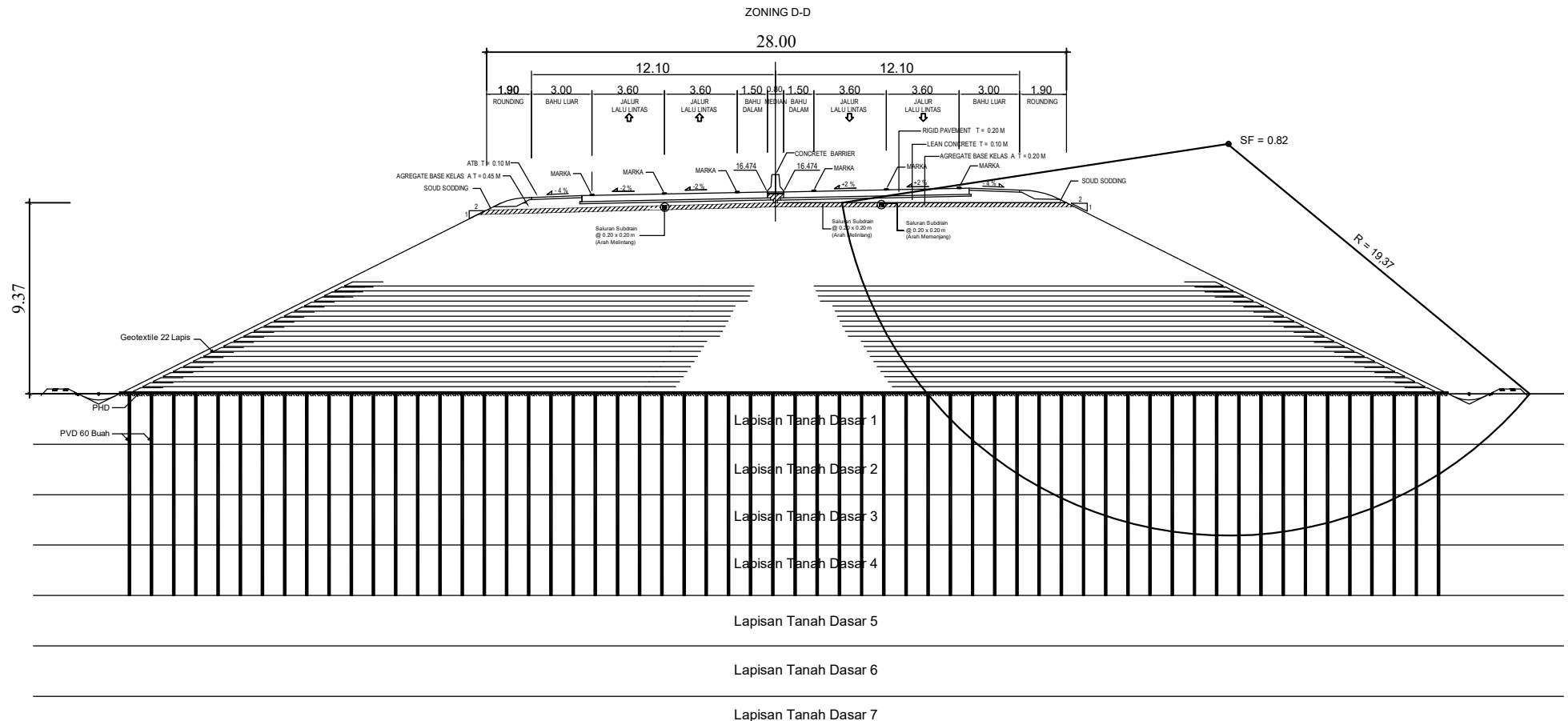
POTONGAN MELINTANG C-C (STA 12+534)
SKALA 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	4	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (0311174500002)

ALTERNATIF TIMBUNAN TANAH DENGAN PERKUATAN GEOTEXTILE PADA ZONA D DENGAN TINGGI AKHIR 8,1 METER



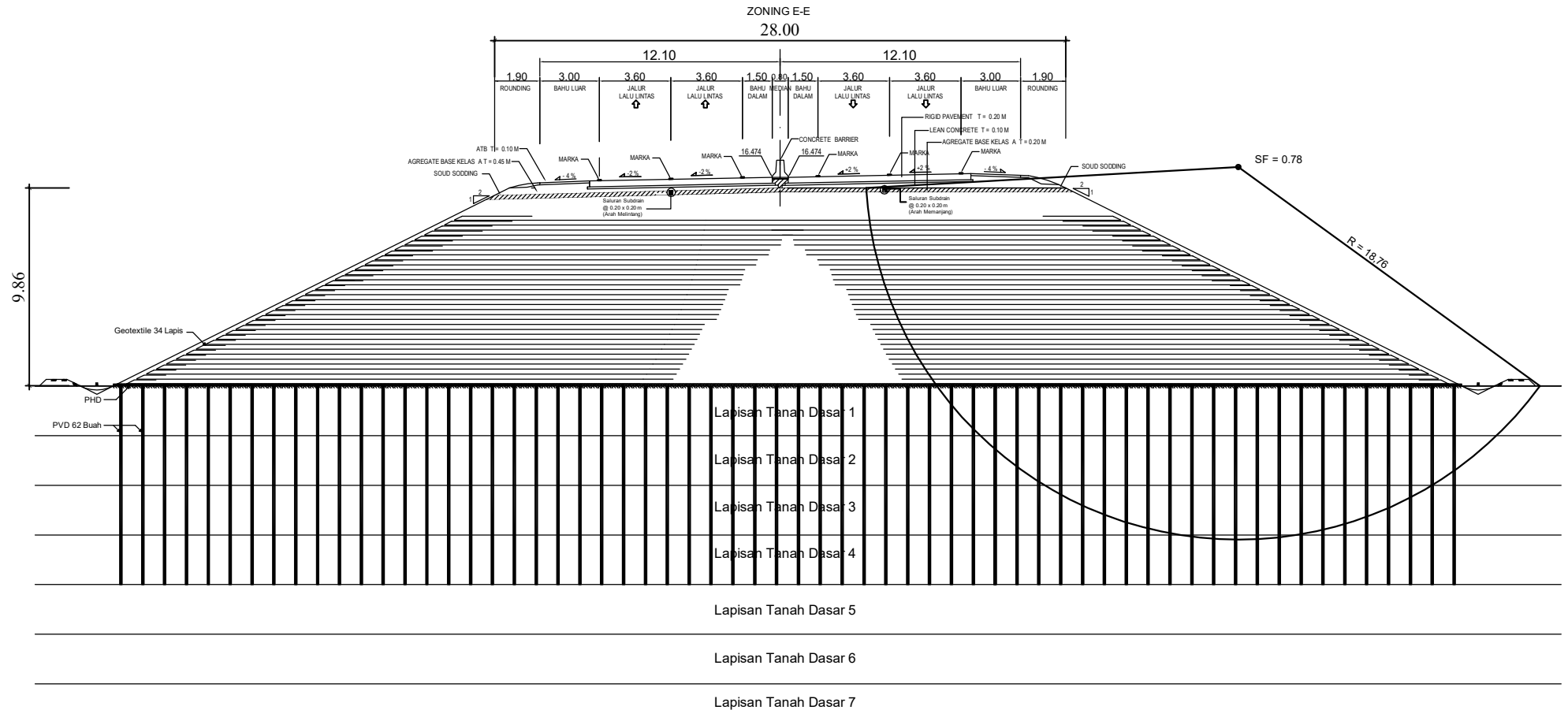
POTONGAN MELINTANG D-D (STA 12+484)
SKALA 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	5	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (0311174500002)

ALTERNATIF TIMBUNAN TANAH DENGAN PERKUATAN GEOTEXTILE PADA ZONA E DENGAN TINGGI AKHIR 8,7 METER



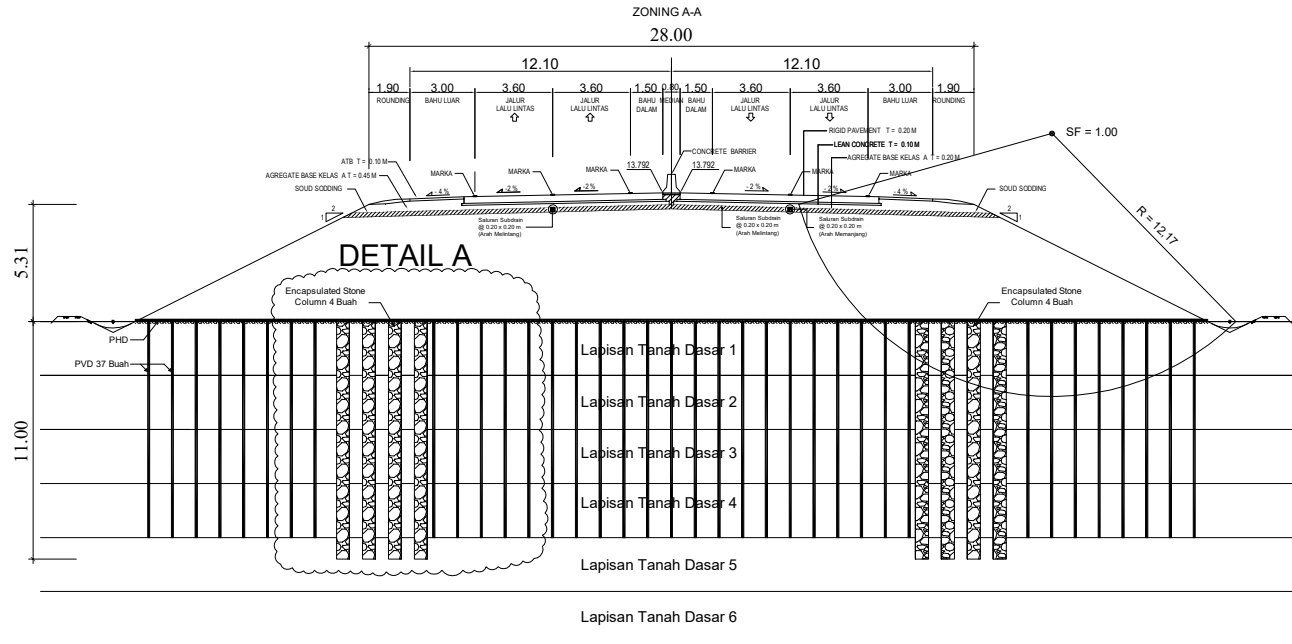
POTONGAN MELINTANG E-E (STA 12+434)
SKALA 1: 300



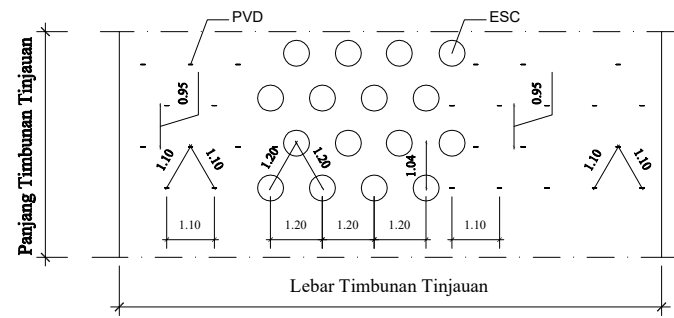
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	6	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (03111745000002)

DETAIL PERKUATAN ENCAPSULATED STONE COLUMN PADA ZONA A DENGAN TINGGI AKHIR 4,5 METER



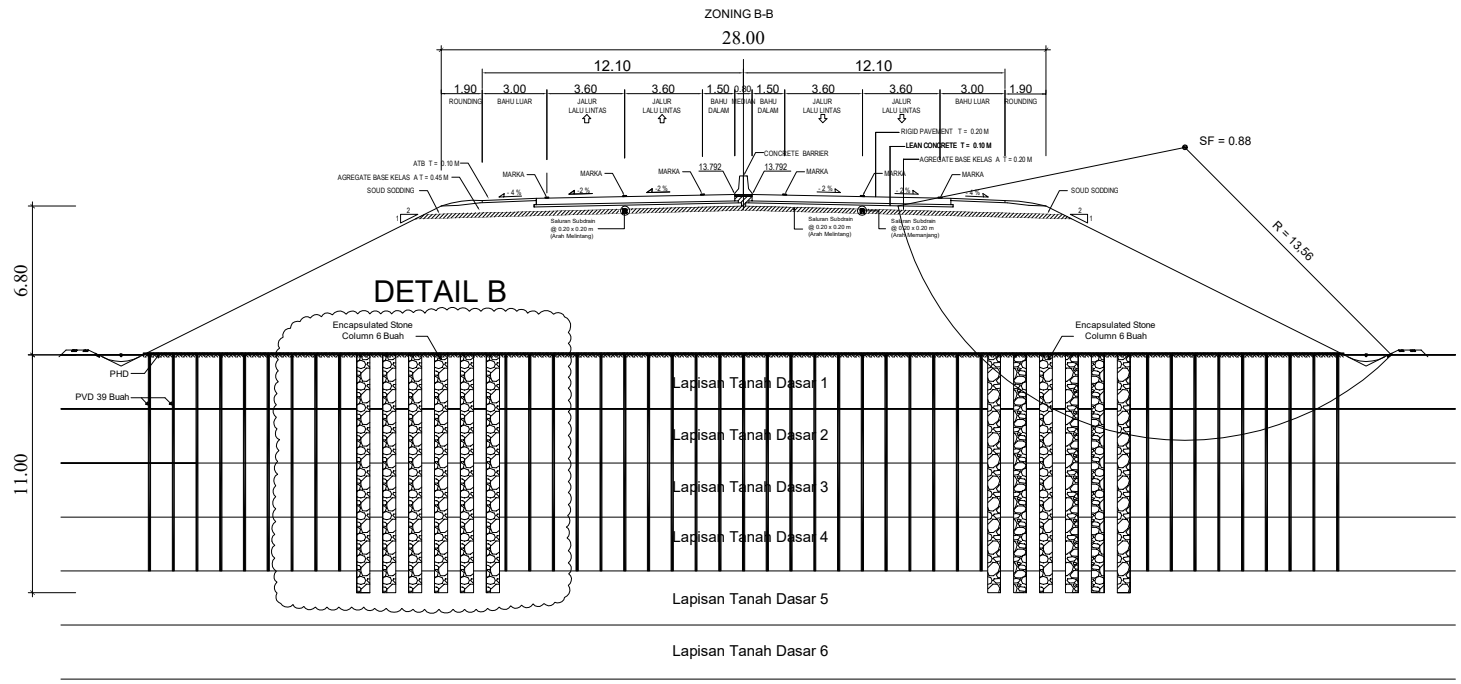
POTONGAN MELINTANG A-A (STA 12+634)
SKALA 1: 350



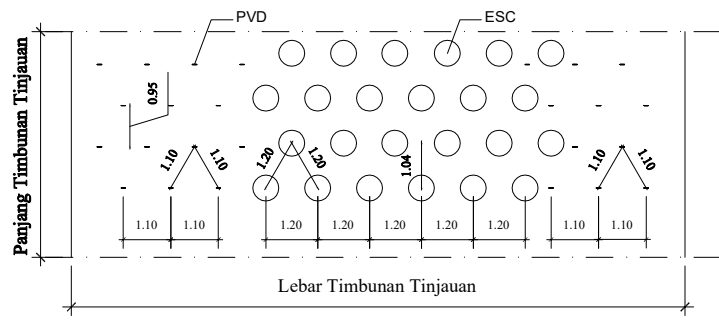
DETAIL A TAMPAK ATAS
SKALA 1: 175

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
		ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	7	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (0311174500002)

DETAIL PERKUATAN ENCAPSULATED STONE COLUMN PADA ZONA B DENGAN TINGGI AKHIR 5,8 METER



POTONGAN MELINTANG B-B (STA 12+584)
SKALA 1: 350



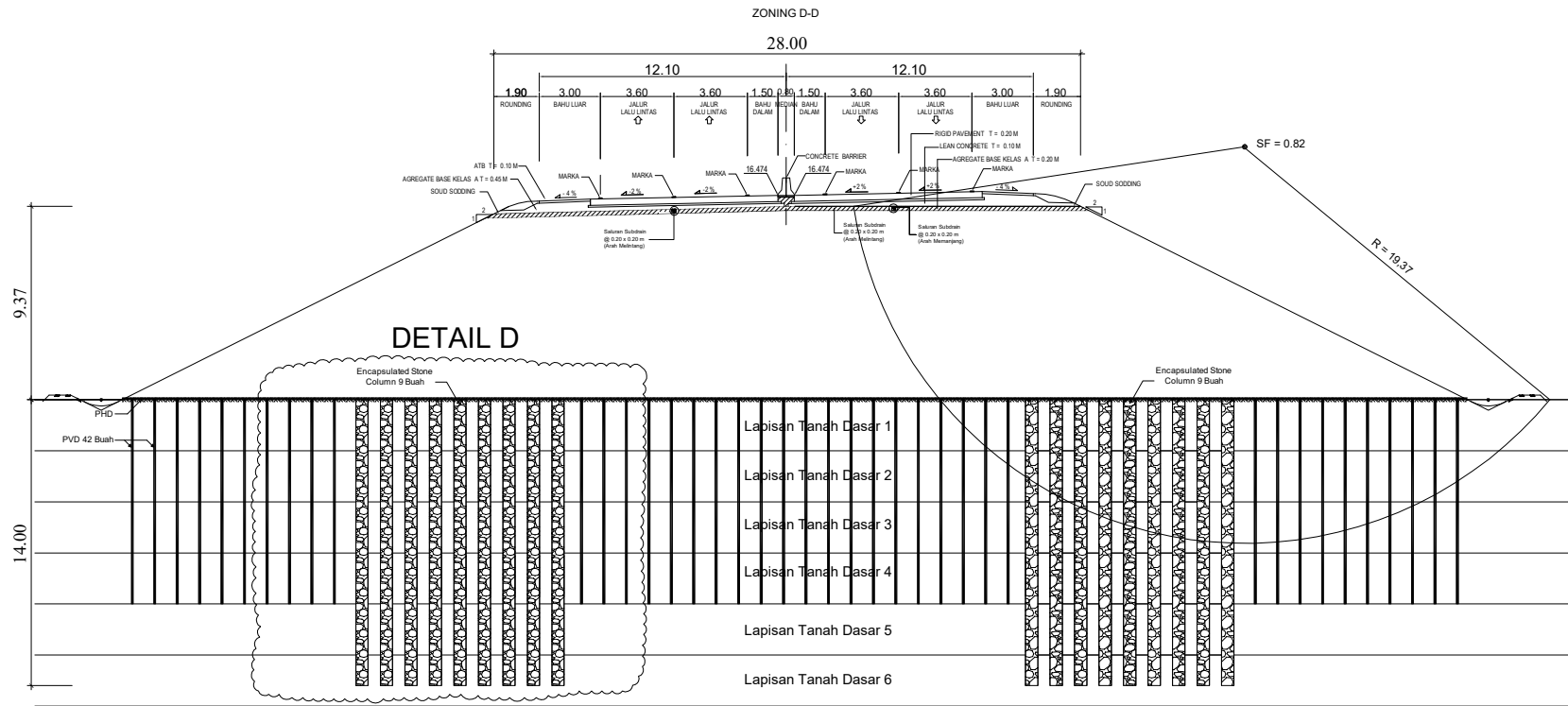
DETAIL B TAMPAK ATAS
SKALA 1: 175



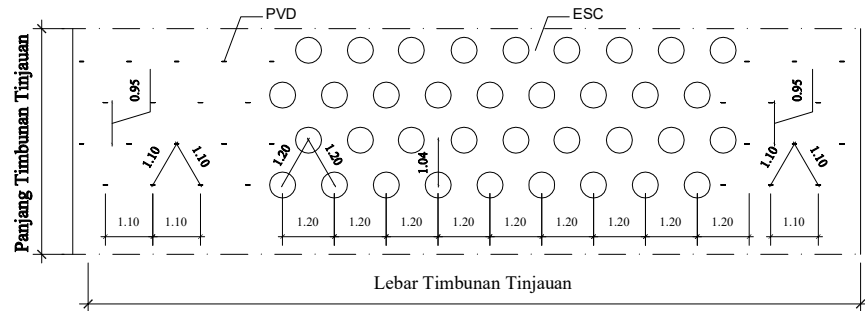
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	8	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (0311174500002)

DETAIL PERKUATAN ENCAPSULATED STONE COLUMN PADA ZONA D DENGAN TINGGI AKHIR 8,1 METER



POTONGAN MELINTANG D-D (STA 12+484)
SKALA 1: 350



DETAIL E TAMPAK ATAS
SKALA 1: 175



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

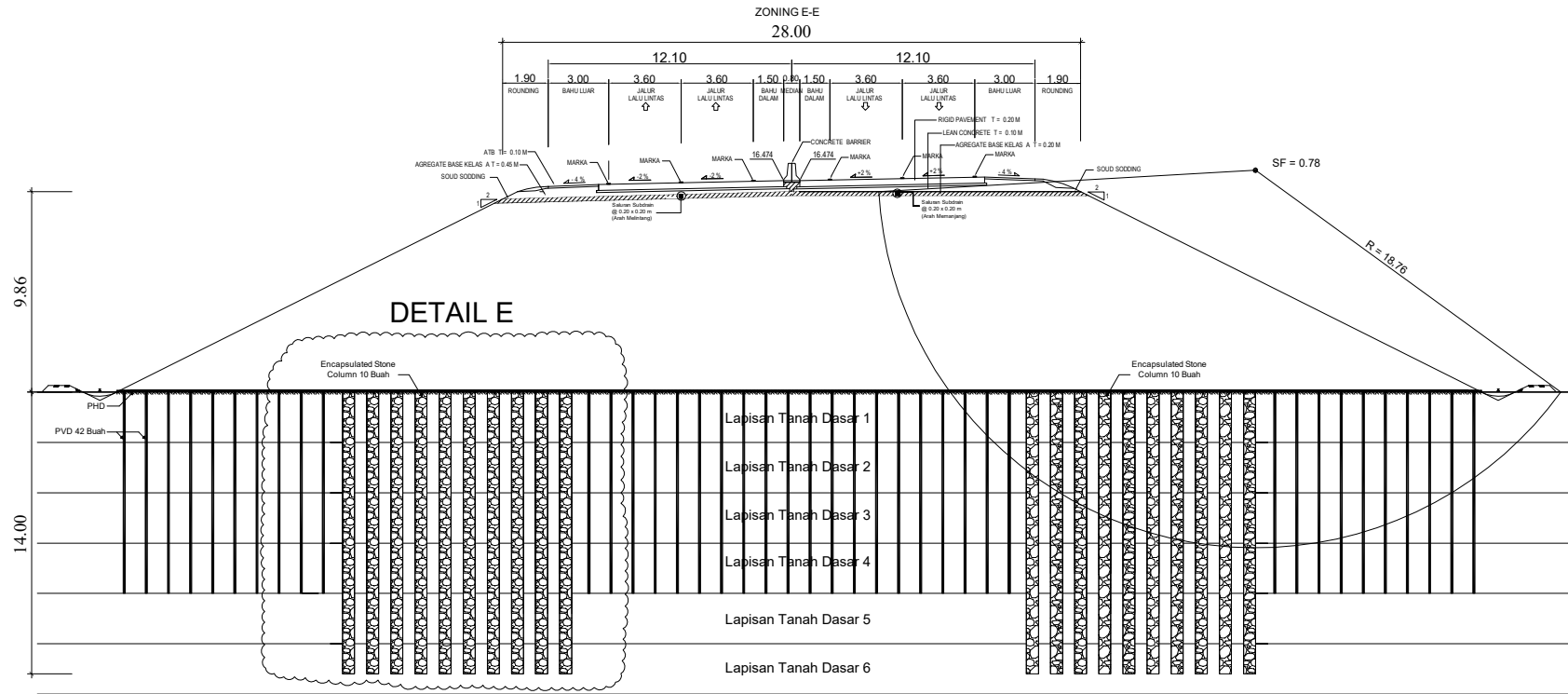
JUDUL TUGAS AKHIR
ALTERNATIF PERENCANAAN
TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH
DASAR PADA JALAN TOL KLBM
(STA 12+434 s/d 12+594)

No Lembar
Jml Lembar
10
16

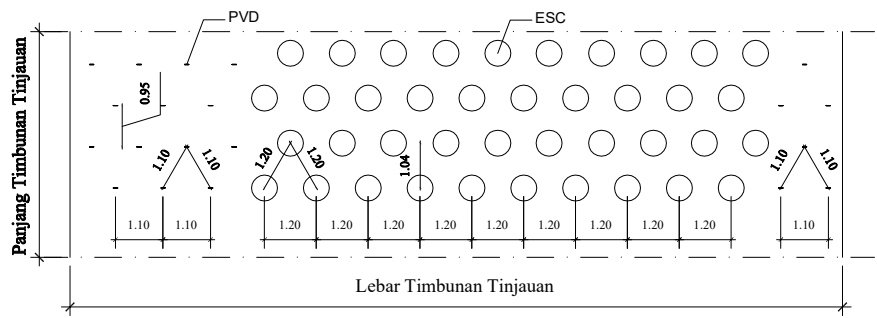
DOSEN PEMBIMBING
Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D
Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT

NAMA MAHASISWA
ALAM MAULANA
(0311174500002)

DETAIL PERKUATAN ENCAPSULATED STONE COLUMN PADA ZONA E DENGAN TINGGI AKHIR 8,7 METER



POTONGAN MELINTANG E-E (STA 12+434)
SKALA 1: 350



DETAIL E TAMPAK ATAS
SKALA 1: 175



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

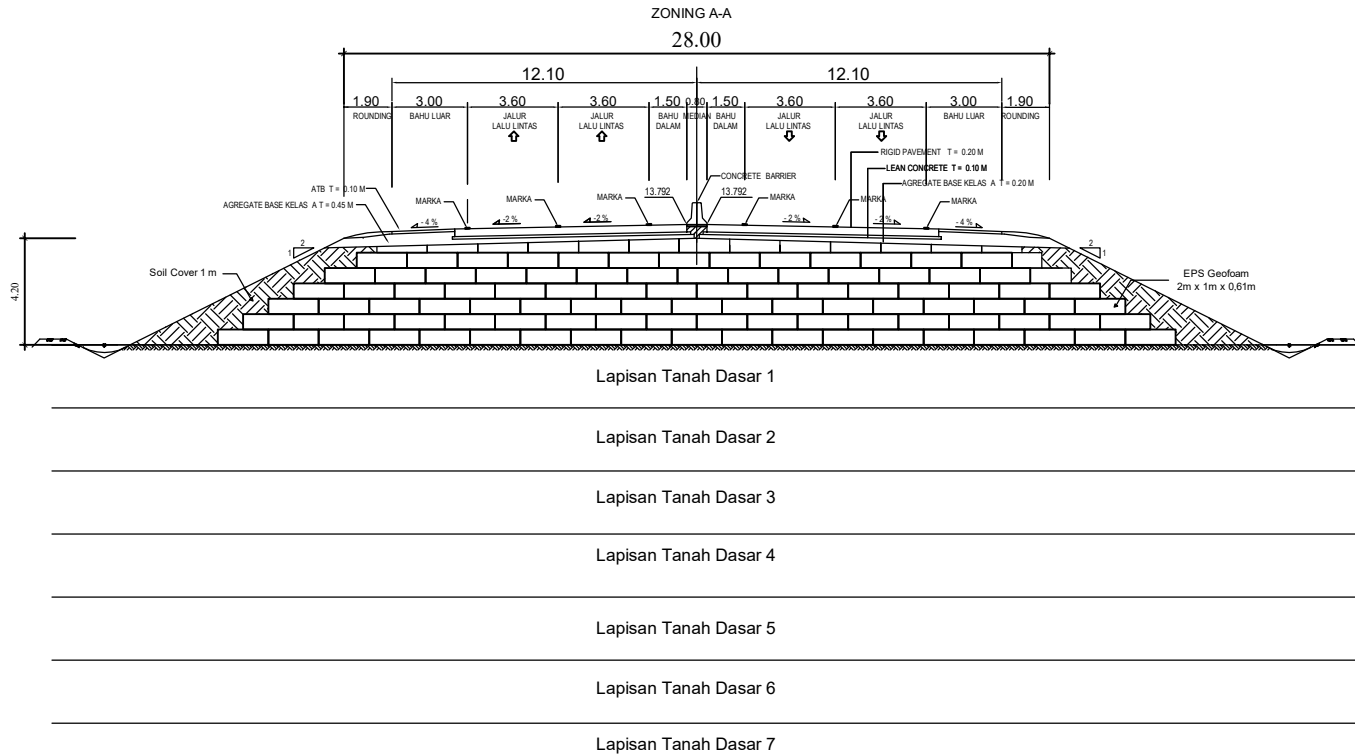
JUDUL TUGAS AKHIR
ALTERNATIF PERENCANAAN
TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH
DASAR PADA JALAN TOL KLBM
(STA 12+434 s/d 12+594)

No Lembar	Jml Lembar
11	16

DOSEN PEMBIMBING
Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D
Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT

NAMA MAHASISWA
ALAM MAULANA
(0311174500002)

ALTERNATIF TIMBUNAN EPS GEOFOAM PADA ZONA A DENGAN TINGGI AKHIR 4,5 METER



POTONGAN MELINTANG A-A (STA 12+634)
SKALA 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR
ALTERNATIF PERENCANAAN
TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH
DASAR PADA JALAN TOL KLBM
(STA 12+434 s/d 12+594)

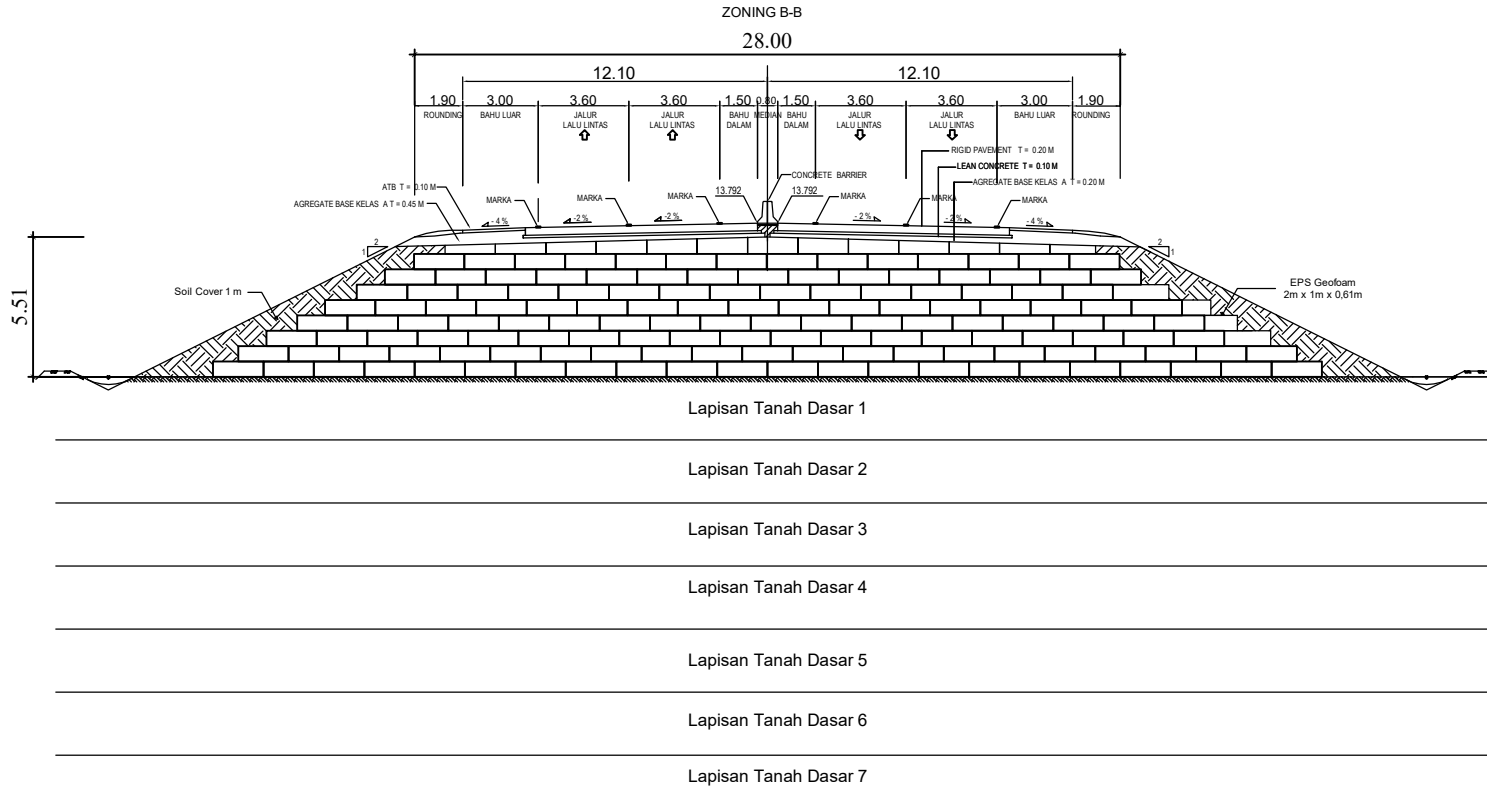
No Lembar
12

Jml Lembar
16

DOSEN PEMBIMBING
Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D
Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT

NAMA MAHASISWA
ALAM MAULANA
(0311174500002)

ALTERNATIF TIMBUNAN EPS GEOFOAM PADA ZONA B DENGAN TINGGI AKHIR 5,8 METER



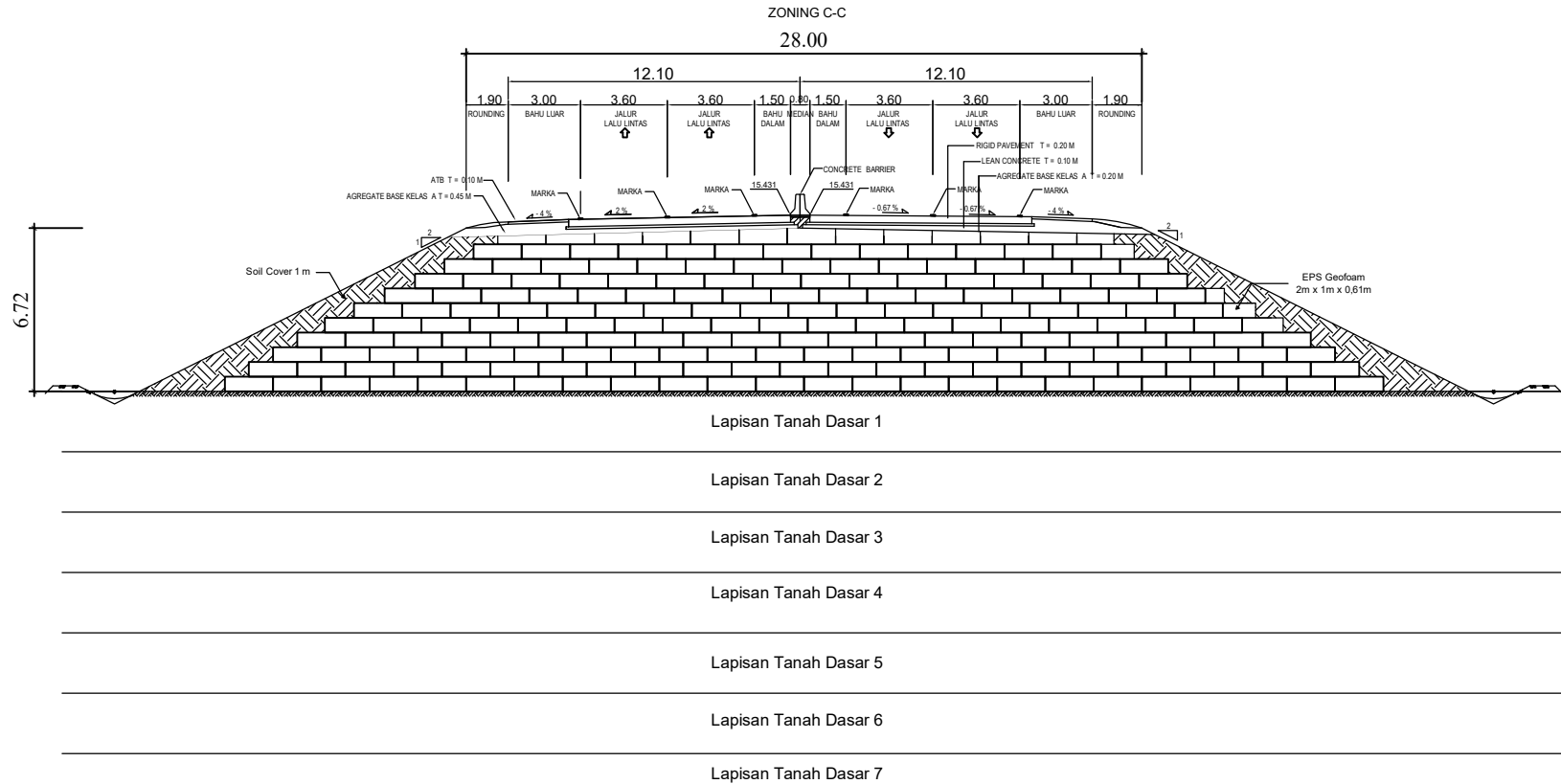
POTONGAN MELINTANG B-B (STA 12+584)
SKALA 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	13	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (0311174500002)

ALTERNATIF TIMBUNAN EPS GEOFOAM PADA ZONA C DENGAN TINGGI AKHIR 7 METER



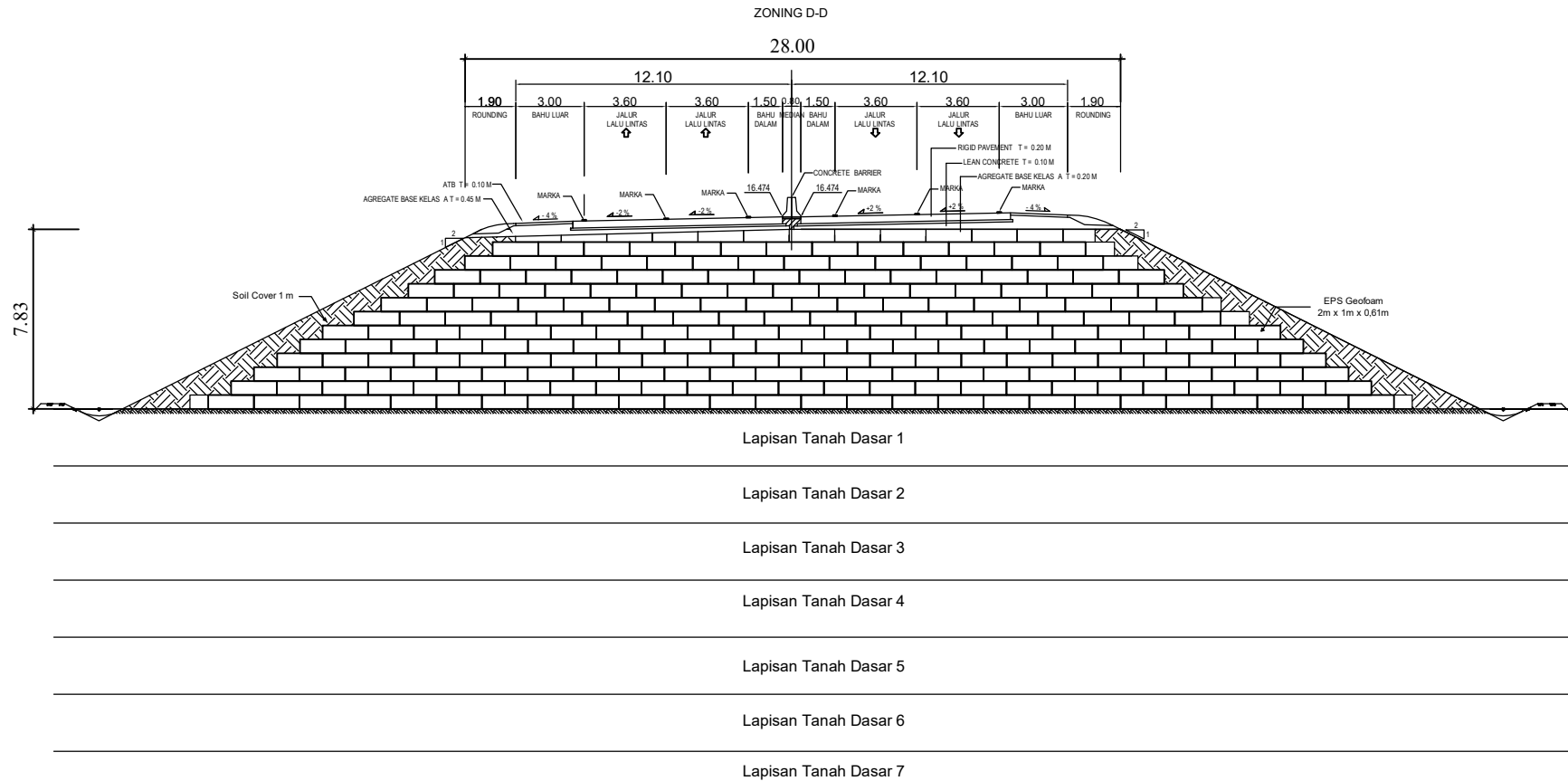
POTONGAN MELINTANG C-C (STA 12+534)
SKALA 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	14	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (0311174500002)

ALTERNATIF TIMBUNAN EPS GEOFOAM PADA ZONA D DENGAN TINGGI AKHIR 8,1 METER



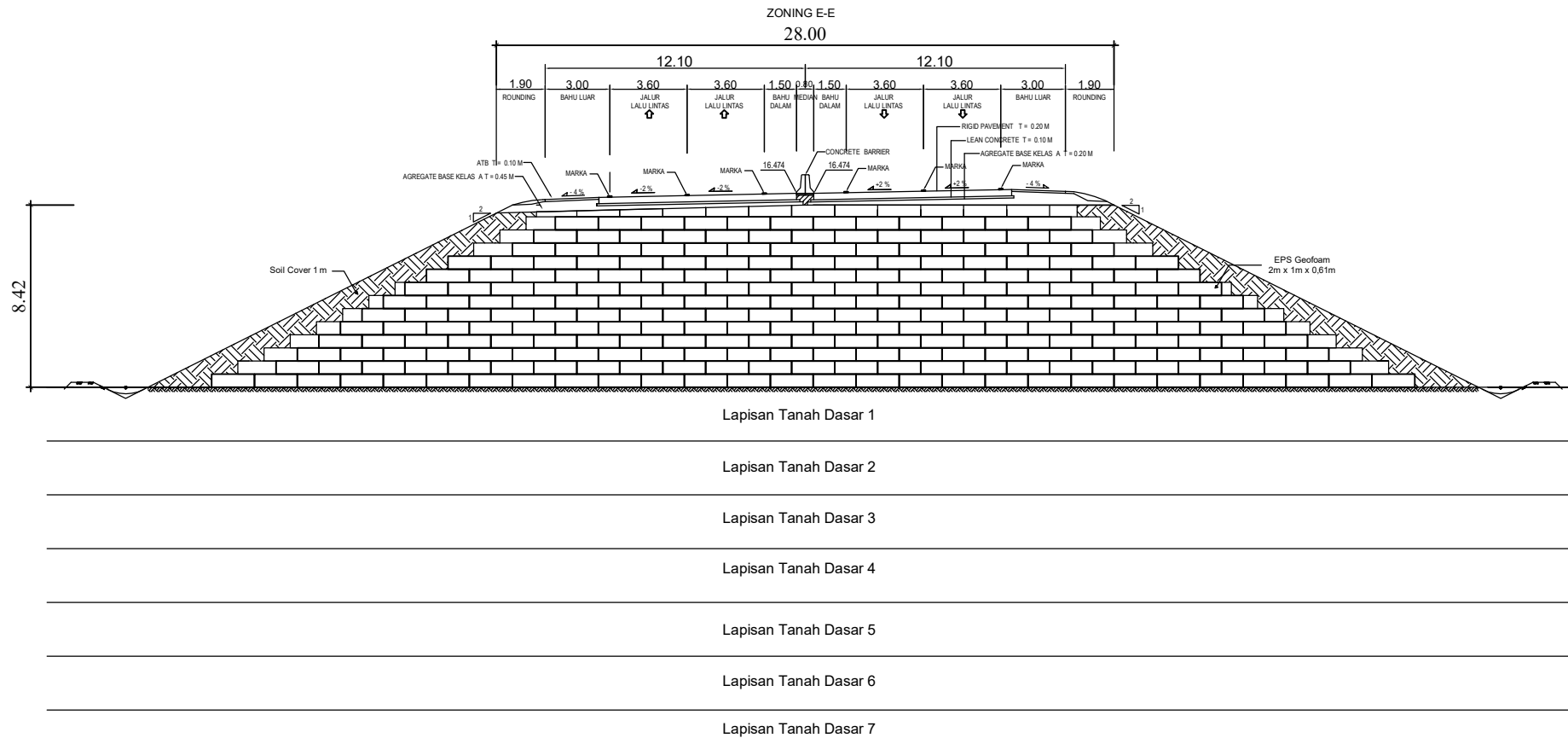
POTONGAN MELINTANG D-D (STA 12+484)
SKALA 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR	No Lembar	Jml Lembar	DOSEN PEMBIMBING	NAMA MAHASISWA
ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH DASAR PADA JALAN TOL KLBM (STA 12+434 s/d 12+594)	15	16	Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT	ALAM MAULANA (0311174500002)

ALTERNATIF TIMBUNAN EPS GEOFOAM PADA ZONA E DENGAN TINGGI AKHIR 8,7 METER



POTONGAN MELINTANG E-E (STA 12+434)
SKALA 1: 300



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR
ALTERNATIF PERENCANAAN
TIMBUNAN DAN PERBAIKAN TANAH
DASAR PADA JALAN TOL KLBM
(STA 12+434 s/d 12+594)

No Lembar
16

Jml Lembar
16

DOSEN PEMBIMBING
Prof.Ir. Noor Endah,M.Sc., Ph.D
Putu Tantri Kumana Sari, ST.,MT

NAMA MAHASISWA
ALAM MAULANA
(0311174500002)

Lampiran 2 Data Tanah

BORE LOG

Bore No. : P-3
 Project : Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Seksi I
 Location : Jawa Timur
 STA : 12+299
 GWL : -5.40 m

GPS (UTM) X = 670433
 Y = 9192032
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm
 Date : 24 April 2017
 Finish : 26 April 2017

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	UDS Depth		N1 (0-15)	N2 (15-30)	N3 (30-45)	N-SPT (N2+N3)
					SPT Depth	UDS				
0										
1										
2			Lanau kelepungan	Coklat	1.50 - 2.00 m	UDS	1	1	1	2
3		2			2.00 - 2.45 m	SPT				
4		6			3.50 - 4.00 m	UDS	2	3	3	6
5					4.00 - 4.45 m	SPT				
6		8	Lanau kelepungan	Abu-abu	5.50 - 6.00 m	UDS	2	3	5	8
7					6.00 - 6.45 m	SPT				
8		5			7.50 - 8.00 m	UDS	2	2	3	5
9					8.00 - 8.45 m	SPT				
10		11	Lempung kelanauan	Coklat	9.50 - 10.00 m	UDS	3	5	6	11
11					10.00 - 10.45 m	SPT				
12		12			11.50 - 12.00 m	UDS	3	5	7	12
13					12.00 - 12.45 m	SPT				
14		16			13.50 - 14.00 m	UDS	4	7	9	16
15					14.00 - 14.45 m	SPT				
16		14	Lanau kelepungan	Abu-abu	15.50 - 16.00 m	UDS	4	6	8	14
17					16.00 - 16.45 m	SPT				
18		13	Lempung kelanauan	Coklat	17.50 - 18.00 m	UDS	4	5	8	13
19					18.00 - 18.45 m	SPT				
20		15			19.50 - 20.00 m	UDS	5	7	8	15
21					20.00 - 20.45 m	SPT				
22		17	Lanau kelepungan	Coklat	21.50 - 22.00 m	UDS	6	8	9	17
23					22.00 - 22.45 m	SPT				
24		19			23.50 - 24.00 m	UDS	5	7	12	19
25					24.00 - 24.45 m	SPT				
26		21	Lempung kelanauan	Coklat	25.50 - 26.00 m	UDS	4	8	13	21
27					26.00 - 26.45 m	SPT				
28		22			27.50 - 28.00 m	UDS	5	10	12	22
29					28.00 - 28.45 m	SPT				
30		19			29.50 - 30.00 m	UDS	6	8	11	19
					30.00 - 30.45 m	SPT				

BORE LOG

Bore No. : P-4
 Project : Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Seksi I
 Location : Jawa Timur
 STA : 12+345
 GWL : -6.75 m

GPS (UTM) X = 670439
 Y = 9192072
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm
 Date : 20 April 2017
 Start : 20 April 2017
 Finish : 23 April 2017

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT)		DESCRIPTION	COLOUR	UDS Depth		N1 (0-15)	N2 (15-30)	N3 (30-45)	N-SPT (N2+N3)
		N / 30 cm				SPT Depth	SPT Depth				
0		0	20	40	60	80					
1				Lanau kelepungan	Coklat						
2				Lanau kelepungan	Abu-abu	1.50 - 2.00 m	UDS	1 /15	1 /15	2 /15	3
3						2.00 - 2.45 m	SPT				
4				Lanau kelepungan	Abu-abu	3.50 - 4.00 m	UDS	2 /15	2 /15	4 /15	6
5						4.00 - 4.45 m	SPT				
6				Lanau kelepungan	Abu-abu	5.50 - 6.00 m	UDS	2 /15	3 /15	6 /15	9
7						6.00 - 6.45 m	SPT				
8				Lanau kelepungan	Abu-abu	7.50 - 8.00 m	UDS	2 /15	3 /15	4 /15	7
9						8.00 - 8.45 m	SPT				
10				Lempung kelanauan	Coklat muda	9.50 - 10.00 m	UDS	3 /15	5 /15	6 /15	11
11						10.00 - 10.45 m	SPT				
12				Lempung kelanauan	Coklat muda	11.50 - 12.00 m	UDS	3 /15	6 /15	8 /15	14
13						12.00 - 12.45 m	SPT				
14				Lempung kelanauan	Coklat	13.50 - 14.00 m	UDS	4 /15	7 /15	8 /15	15
15						14.00 - 14.45 m	SPT				
16				Lempung kelanauan	Coklat	15.50 - 16.00 m	UDS	4 /15	6 /15	6 /15	12
17						16.00 - 16.45 m	SPT				
18				Lempung kelanauan	Coklat	17.50 - 18.00 m	UDS	4 /15	5 /15	6 /15	11
19						18.00 - 18.45 m	SPT				
20				Lempung kelanauan	Coklat	19.50 - 20.00 m	UDS	5 /15	5 /15	8 /15	13
21						20.00 - 20.45 m	SPT				
22				Lanau kelepungan	Coklat muda	21.50 - 22.00 m	UDS	4 /15	7 /15	10 /15	17
23				Lempung kelanauan	Coklat	23.50 - 24.00 m	UDS	4 /15	6 /15	9 /15	15
24				Lanau kelepungan	Abu-abu	25.50 - 26.00 m	UDS	5 /15	8 /15	10 /15	18
25				Lempung kelanauan	Coklat	24.00 - 24.45 m	SPT				
26				Lanau kelepungan	Abu-abu	25.50 - 26.00 m	UDS	5 /15	8 /15	10 /15	18
27				Lempung kelanauan	Coklat	26.00 - 26.45 m	SPT				
28				Lempung kelanauan	Coklat	27.50 - 28.00 m	UDS	5 /15	9 /15	12 /15	21
29						28.00 - 28.45 m	SPT				
30				Lempung kelanauan	Coklat	29.50 - 30.00 m	UDS	4 /15	9 /15	13 /15	22
						30.00 - 30.45 m	SPT				

BORE LOG

Bore No. : P-7
 Project : Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Seksi I
 Location : Jawa Timur
 STA : 12+455
 GWL : -5.70 m

GPS (UTM) X = 670449
 Y = 9192152
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm
 Date : 21 April 2017
 Start : 21 April 2017
 Finish : 25 April 2017

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	UDS Depth		N1 (0-15)	N2 (15-30)	N3 (30-45)	N-SPT (N2-N3)
					SPT	Depin				
0		0	Lanau kelepungan	Coklat	1.50 - 2.00 m	UDS	1 /15	1 /15	1 /15	2
2		SPT								
3		3			4.00 - 4.45 m	UDS	1 /15	1 /15	2 /15	3
4						SPT				
5		5			5.50 - 6.00 m	UDS	2 /15	2 /15	3 /15	5
6						SPT				
7		7	6.00 - 6.45 m	UDS	2 /15	3 /15	4 /15	7		
8				SPT						
9		9	7.50 - 8.00 m	UDS	2 /15	3 /15	4 /15	7		
10				SPT						
11		12	9.50 - 10.00 m	UDS	3 /15	4 /15	5 /15	9		
12				SPT						
13		13	10.00 - 10.45 m	UDS	3 /15	5 /15	7 /15	12		
14				SPT						
15		13	13.50 - 14.00 m	UDS	3 /15	6 /15	7 /15	13		
16				SPT						
17		15	15.50 - 16.00 m	UDS	4 /15	6 /15	9 /15	15		
18				SPT						
19		17	17.50 - 18.00 m	UDS	4 /15	8 /15	9 /15	17		
20				SPT						
21		16	18.00 - 18.45 m	UDS	4 /15	7 /15	9 /15	16		
22				SPT						
23		18	19.50 - 20.00 m	UDS	6 /15	8 /15	10 /15	18		
24				SPT						
25	20	21.50 - 22.00 m	UDS	6 /15	9 /15	11 /15	20			
26			SPT							
27	19	23.50 - 24.00 m	UDS	5 /15	7 /15	12 /15	19			
28			SPT							
29	17	25.50 - 26.00 m	UDS	6 /15	7 /15	10 /15	17			
30			SPT							
30	24	27.50 - 28.00 m	UDS	8 /15	9 /15	15 /15	24			
			SPT							
		28.00 - 28.45 m	UDS							
		28.00 - 28.45 m	SPT							
		29.50 - 30.00 m	UDS							
		29.50 - 30.45 m	SPT							

BORE LOG

Bore No. : P-8
 Project : Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Seksi I
 Location : Jawa Timur
 STA : 12+496
 GWL : -7.00 m

GPS (UTM) X = 670453
 Y = 9192197
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm
 Date : 26 April 2017
 Start : 29 April 2017
 Finish : 29 April 2017

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	UDS Depth		N1 (0-15)	N2 (15-30)	N3 (30-45)	N-SPT (N2+N3)	
					SPT Depth						
0		0									
1											
2											
3			2	Lanau kelepungan	Coklat	1.50 - 2.00 m	UDS	1 /15	1 /15	1 /15	2
4											
5		4									
6											
7			5								
8			4								
9			4								
10			6	Lanau kelepungan	Coklat muda	9.50 - 10.00 m	UDS	2 /15	3 /15	3 /15	6
11											
12		8									
13											
14			11								
15			11								
16			13	Lanau kelepungan	Coklat	15.50 - 16.00 m	UDS	4 /15	6 /15	7 /15	13
17											
18		13									
19											
20			16								
21			4								
22			4								
23			5								
24			5								
25			7	Lanau kelepungan	Coklat muda	23.50 - 24.00 m	UDS	2 /15	3 /15	4 /15	7
26											
27		7									
28											
29			6								
30		6									
31		8									
32		8									
33		12									
34		12									

BORE LOG

Bore No. : P-8
 Project : Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar Seksi I
 Location : Jawa Timur
 STA : 12+469
 GWL : -7.00 m

GPS (UTM) X = 670453
 Y = 9152197
 Diameter of Bore : 73 mm
 Diameter of Casing : 89 mm
 Date : 26 April 2017
 Finish : 29 April 2017

DEPTH (m)	BOR E LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	UDS Depth SPT Depth	N			
						N1 (0-15)	N2 (15-30)	N3 (30-45)	N SPT (N2+N3)
30		0 20 40 60 80	Lanau kelepungan	Coklat	30.00 - 30.45 m SPT	3 /15	4 /15	8 /15	12
31		31.50 - 32.00 m UDS			4 /15	6 /15	10 /15	16	
32		32.00 - 32.45 m SPT	4 /15	6 /15	10 /15	16			
33		33.50 - 34.00 m UDS	6 /15	8 /15	11 /15	19			
34		34.00 - 34.45 m SPT	6 /15	8 /15	11 /15	19			
35		35.50 - 36.00 m UDS	6 /15	9 /15	12 /15	21			
36		36.00 - 36.45 m SPT	6 /15	9 /15	12 /15	21			
37		37.50 - 38.00 m UDS	9 /15	11 /15	13 /15	24			
38		38.00 - 38.45 m SPT	9 /15	11 /15	13 /15	24			
39		39.50 - 40.00 m UDS	10 /15	12 /15	14 /15	26			
40	40.00 - 40.45 m SPT	10 /15	12 /15	14 /15	26				
41	41.50 - 42.00 m UDS	8 /15	10 /15	13 /15	23				
42	42.00 - 42.45 m SPT	8 /15	10 /15	13 /15	23				
43	43.50 - 44.00 m UDS	13 /15	17 /15	26 /15	43				
44	44.00 - 44.45 m SPT	13 /15	17 /15	26 /15	43				
45	45.50 - 46.00 m UDS	13 /15	16 /15	18 /15	34				
46	46.00 - 46.45 m SPT	13 /15	16 /15	18 /15	34				
47	47.50 - 48.00 m UDS	8 /15	12 /15	14 /15	26				
48	48.00 - 48.45 m SPT	8 /15	12 /15	14 /15	26				
49	49.50 - 50.00 m UDS	10 /15	14 /15	15 /15	29				
50	50.00 - 50.45 m SPT	10 /15	14 /15	15 /15	29				
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
59									
60									

Analisis Data Tanah

Analisa Statistik Gamma														
Kedalaman	Rentan	STA 12+496	STA 12+455	STA 12+345	STA 12+299	N	V	Mean (X)	S2	STD	tdb	Batas Atas	Batas Bawah	Y
2.5	0-9	1.567	1.567	1.583	1.567	16	15	1.615	0.020	0.036	1.341	1.63	1.60	1.60
4.5		1.600	1.583	1.633	1.633									
6.5		1.617	1.617	1.683	1.667									
8.5		1.600	1.650	1.650	1.617									
10.5	10-20	1.633	1.683			11	10	1.737	0.034	0.058	1.372	1.76	1.71	1.71
12.5		1.667	1.733											
14.5		1.717	1.750											
16.5		1.750	1.783		1.767									
18.5		1.800	1.822											
20.5	21-30	1.600	1.800			13	12	1.760	0.138	0.107	1.356	1.80	1.72	1.72
22.5		1.617	1.844	1.822	1.822									
24.5		1.650	1.889											
26.5		1.633	1.867	1.844										
28.5		1.667	1.822											
30.5	31-34	1.733	1.978			4	3	1.872	0.047	0.125	1.638	1.97	1.77	1.77
32.5		1.800	1.978											
34.5		1.867												
36.5	35-39	1.911	2.000			5	4	1.942	0.011	0.054	1.533	1.98	1.91	1.91
38.5		1.978	1.956											

Analisa Statistik Wc														
Kedalaman	Rentan	STA 12+496	STA 12+455	STA 12+345	STA 12+299	N	V	Mean (X)	S2	STD	tdb	Batas Atas	Batas Bawah	Wc
2.5	0-9	74.762	74.762	71.633	74.762	16	15	66.131	602.58	6.34	1.341	68.26	64.01	68.26
4.5		68.550	71.633	62.383	62.383									
6.5		65.467	65.467	54.911	57.439									
8.5		68.550	59.967	59.967	65.467									
10.5	10-15	62.383	54.911			6	5	53.720	158.27	5.63	1.476	57.11	50.33	57.11
12.5		57.439	49.195											
14.5		51.005	47.386											
16.5	16-20	47.386	43.811		45.576	5	4	43.694	36.19	3.01	1.533	45.76	41.63	45.76
18.5		42.033	39.663											
20.5	21-29	68.550	42.033			13	12	47.643	1983.88	12.86	1.356	52.48	42.81	52.48
22.5		65.467	37.659	39.663	39.663									
24.5		59.967	33.585											
26.5		62.383	35.622	37.659										
28.5		57.439	39.663											
30.5	30-34	49.195	28.051			4	3	36.833	334.11	10.55	1.638	45.48	28.19	45.48
32.5		42.033	28.051											
34.5	35-39	35.622				5	4	30.337	47.75	3.45	1.533	32.71	27.97	32.71
36.5		31.911	27.140											
38.5		28.051	28.962											

Analisa Statistik Cv														
Kedalaman	Rentan	STA 12+496	STA 12+455	STA 12+345	STA 12+299	N	V	Mean (X)	S2	STD	tdb	Batas Atas	Batas Bawah	Cv
2.5	0-9	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	16	15	0.0004	1.49E-07	0.00010	1.341	0.00047	0.00040	0.00040
4.5		0.0004	0.0003	0.0005	0.0005									
6.5		0.0005	0.0005	0.0006	0.0006									
8.5		0.0004	0.0005	0.0005	0.0005									
10.5	10-15	0.0005	0.0006	0.0006	0.0006	12	11	0.0007	5.80E-08	0.00007	1.363	0.00068	0.00062	0.00062
12.5		0.0006	0.0007	0.0007	0.0007									
14.5		0.0006	0.0007	0.0007	0.0008									
16.5	16-21	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	12	11	0.0007	1.17E-07	0.00010	1.363	0.00073	0.00065	0.00065
18.5		0.0008	0.0008	0.0006	0.0007									
20.5		0.0004	0.0008	0.0007	0.0007									
22.5	22-29	0.0005	0.0008	0.0008	0.0008	16	15	0.0008	2.31E-06	0.00039	1.341	0.00091	0.00065	0.00065
24.5		0.0005	0.0009	0.0007	0.0009									
26.5		0.0005	0.0009	0.0008	0.0010									
28.5		0.0006	0.0008	0.0010	0.0010									
30.5	30-34	0.0007		0.0010	0.0009	6	5	0.0009	7.34E-08	0.00012	1.476	0.00093	0.00078	0.00078
32.5		0.0008		0.0009	0.0010									
34.5	35-39	0.0009			0.0010	4	3	0.0009	6.52E-09	0.00005	1.638	0.00098	0.00090	0.00090
36.5		0.0010			0.0010									
38.5														

Analisa Statistik Cs

Kedalaman	Rentan	STA 12+496	STA 12+455	STA 12+345	STA 12+299	N	V	Mean (X)	S2	STD	tdb	Batas Atas	Batas Bawah	Cs
2.5	0-9	0.1166	0.1166	0.1109	0.1166	16	15	0.101	0.0020	0.011	1.341	0.105	0.097	0.105
4.5		0.1054	0.1109	0.0943	0.0943									
6.5		0.0998	0.0998	0.0808	0.0854									
8.5		0.1054	0.0899	0.0899	0.0998									
10.5	10-15	0.0943	0.0808	0.0738	0.0738	12	11	0.073	0.0012	0.010	1.363	0.077	0.069	0.077
12.5		0.0854	0.0706	0.0640	0.0706									
14.5		0.0738	0.0673	0.0609	0.0577									
16.5	16-21	0.0673	0.0609	0.0706	0.0640	12	11	0.067	0.0020	0.013	1.363	0.072	0.062	0.072
18.5		0.0577	0.0534	0.0738	0.0673									
20.5		0.1054	0.0577	0.0673	0.0609									
22.5	22-29	0.0998	0.0498	0.0534	0.0534	16	15	0.0587	0.0353	0.049	1.341	0.075	0.042	0.075
24.5		0.0899	0.0425	0.0609	0.0461									
26.5		0.0943	0.0461	0.0498	0.0394									
28.5		0.0854	0.0534	0.0394	0.0362									
30.5	30-34	0.0706	0.0325	0.0362	0.0461	8	7	0.045	0.0012	0.013	1.415	0.052	0.038	0.052
32.5		0.0577	0.0325	0.0461	0.0394									
34.5	35-39	0.0461			0.0394	8	7	0.036	0.0002	0.005	1.415	0.039	0.034	0.039
36.5		0.0394	0.0309		0.0362									
38.5		0.0325	0.0341		0.0325									

Analisa Statistik Cc														
Kedalaman	Rentan	STA 12+496	STA 12+455	STA 12+345	STA 12+299	N	V	Mean (X)	S2	STD	tdb	Batas Atas	atas Bawa	Cc
2.5	0-9	0.583	0.583	0.555	0.583	16	15	0.505	0.049	0.057	1.341	0.524	0.486	0.524
4.5		0.527	0.555	0.471	0.471									
6.5		0.499	0.499	0.404	0.427									
8.5		0.527	0.450	0.450	0.499									
10.5	10-20	0.471	0.404	0.369	0.369	20	19	0.347	0.046	0.049	1.328	0.362	0.332	0.362
12.5		0.427	0.353	0.320	0.353									
14.5		0.369	0.336	0.304	0.288									
16.5		0.336	0.304	0.353	0.320									
18.5		0.288	0.267	0.369	0.336									
20.5	21-30	0.527	0.288	0.336	0.304	20	19	0.308	0.220	0.108	1.328	0.340	0.276	0.340
22.5		0.499	0.249	0.267	0.267									
24.5		0.450	0.212	0.304	0.231									
26.5		0.471	0.231	0.249	0.197									
28.5		0.427	0.267	0.197	0.181									
30.5	31-34	0.353	0.162	0.181	0.231	8	7	0.226	0.031	0.066	1.415	0.259	0.192	0.259
32.5		0.288	0.162	0.231	0.197									
34.5	35-39	0.231			0.197	8	7	0.182	0.004	0.025	1.415	0.195	0.169	0.195
36.5		0.197	0.154		0.181									
38.5		0.162	0.171		0.162									

Analisa Statistik Cu

Kedalaman	Rentan	STA 12+496	STA 12+455	STA 12+345	STA 12+299	N	V	Mean (X)	S2	STD	tdb	Batas Atas	atas Bawa	Cu
2.5	0-2.5	0.100	0.100	0.150	0.100	4	3	0.11	0.002	0.025	1.638	0.133	0.092	0.092
4.5	2.5-4.5	0.200	0.150	0.300	0.300	4	3	0.24	0.017	0.075	1.638	0.299	0.176	0.176
6.5	4.5-6.5	0.200	0.250	0.350	0.250	4	3	0.26	0.012	0.063	1.638	0.314	0.211	0.211
8.5	6.5-8.5	0.200	0.350	0.350	0.250	4	3	0.29	0.017	0.075	1.638	0.349	0.226	0.226
10.5	8.5-14.5	0.300	0.450			5	4	0.46	0.057	0.119	1.533	0.542	0.378	0.378
12.5		0.400	0.600											
14.5		0.550												
16.5	14.5-18.5	0.650	0.750		0.700	5	4	0.62	0.233	0.241	1.533	0.785	0.455	0.455
18.5		0.200	0.800											
20.5	21-30	0.200	0.800			13	12	0.66	1.116	0.305	1.356	0.776	0.547	0.547
22.5		0.250	0.900	0.850	0.850									
24.5		0.350	1.000											
26.5		0.300	0.950	0.900										
28.5		0.400	0.850											
30.5	31-34	0.600	1.200			4	3	0.95	0.270	0.300	1.638	1.196	0.704	0.704
32.5		0.800	1.200											
34.5	35-39	0.950	0.000			6	5	0.93	1.103	0.470	1.476	1.216	0.650	0.650
36.5		1.050	1.250											
38.5		1.200	1.150											

Lampiran 3

Perhitungan tinggi awal, tinggi akhir, dan pemampatan timbunan material tanah

Kedalaman Tanah Lunak 14 m

Penurunan akibat variasi $q = 60 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	OCR	Cek Kondisi	Sci	Sigma Sci
			m				KN/m3	KN/m2	KN/m2	KN/m2	< atau >	KN/m2		NC/OC	m	m
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.999	3.00	62.999	>	18.00	6.00	OC	0.1296	0.1296
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.982	9.00	68.982	>	24.00	2.67	OC	0.1007	0.2303
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.916	15.00	74.916	>	30.00	2.00	OC	0.0848	0.3150
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.776	21.00	80.776	>	36.00	1.71	OC	0.0737	0.3887
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.540	27.00	86.540	>	42.00	1.56	OC	0.0653	0.4540
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.194	33.00	92.194	>	48.00	1.45	OC	0.0585	0.5125
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	58.732	39.00	97.732	>	54.00	1.38	OC	0.0530	0.5654
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	58.153	45.00	103.153	>	60.00	1.33	OC	0.0482	0.6137
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	57.647	49.50	107.147	>	64.50	1.30	OC	0.0225	0.6362
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	57.276	52.78	110.051	>	67.78	1.28	OC	0.0166	0.6528
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	56.676	58.10	114.776	>	73.10	1.26	OC	0.0308	0.6836
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	55.799	65.20	120.999	>	80.20	1.23	OC	0.0280	0.7116
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	54.848	72.30	127.148	>	87.30	1.21	OC	0.0256	0.7372
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	53.837	79.40	133.237	>	94.40	1.19	OC	0.0235	0.7607
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	52.781	86.50	139.281	>	101.50	1.17	OC	0.0216	0.7823
														Total Penurunan	0.7823 m	

Penurunan akibat variasi $q = 80 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	OCR	Cek Kondisi	Sci	Sigma Sci
			m				KN/m3	KN/m2	KN/m2	KN/m2	< atau >	KN/m2		NC/OC	m	m
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.999	3.00	82.999	>	18.00	6.00	OC	0.1518	0.1518
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.978	9.00	88.978	>	24.00	2.67	OC	0.1212	0.2729
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.902	15.00	94.902	>	30.00	2.00	OC	0.1038	0.3767
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.738	21.00	100.738	>	36.00	1.71	OC	0.0914	0.4681
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.460	27.00	106.460	>	42.00	1.56	OC	0.0819	0.5501
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.052	33.00	112.052	>	48.00	1.45	OC	0.0742	0.6243
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	78.505	39.00	117.505	>	54.00	1.38	OC	0.0678	0.6920
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	77.817	45.00	122.817	>	60.00	1.33	OC	0.0622	0.7543
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	77.212	49.50	126.712	>	64.50	1.30	OC	0.0293	0.7836
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	76.768	52.78	129.543	>	67.78	1.28	OC	0.0216	0.8052
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	76.046	58.10	134.146	>	73.10	1.26	OC	0.0405	0.8457
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	74.986	65.20	140.186	>	80.20	1.23	OC	0.0372	0.8828
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	73.830	72.30	146.130	>	87.30	1.21	OC	0.0343	0.9171
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	72.594	79.40	151.994	>	94.40	1.19	OC	0.0317	0.9487
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	71.295	86.50	157.795	>	101.50	1.17	OC	0.0293	0.9780
														Total Penurunan	0.9780 m	

Penurunan akibat variasi $q = 100 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >					
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.999	3.00	102.999	>	18.00	6.00	OC	0.1691	0.1691
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.976	9.00	108.976	>	24.00	2.67	OC	0.1375	0.3066
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.891	15.00	114.891	>	30.00	2.00	OC	0.1192	0.4258
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.708	21.00	120.708	>	36.00	1.71	OC	0.1060	0.5317
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.399	27.00	126.399	>	42.00	1.56	OC	0.0957	0.6275
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	98.943	33.00	131.943	>	48.00	1.45	OC	0.0874	0.7148
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	98.330	39.00	137.330	>	54.00	1.38	OC	0.0803	0.7951
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	97.556	45.00	142.556	>	60.00	1.33	OC	0.0742	0.8694
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	96.873	49.50	146.373	>	64.50	1.30	OC	0.0351	0.9044
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	96.370	52.78	149.145	>	67.78	1.28	OC	0.0260	0.9304
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	95.550	58.10	153.650	>	73.10	1.26	OC	0.0489	0.9793
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	94.342	65.20	159.542	>	80.20	1.23	OC	0.0452	1.0245
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	93.017	72.30	166.317	>	87.30	1.21	OC	0.0419	1.0664
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	91.595	79.40	170.995	>	94.40	1.19	OC	0.0390	1.1053
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	90.092	86.50	176.592	>	101.50	1.17	OC	0.0363	1.1416
Total Penurunan															1.1416	m

Penurunan akibat variasi $q = 120 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >					
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.999	3.00	122.999	>	18.00	6.00	OC	0.1834	0.1834
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.974	9.00	128.974	>	24.00	2.67	OC	0.1510	0.3344
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.883	15.00	134.883	>	30.00	2.00	OC	0.1321	0.4665
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.686	21.00	140.686	>	36.00	1.71	OC	0.1183	0.5848
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.351	27.00	146.351	>	42.00	1.56	OC	0.1075	0.6923
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	118.858	33.00	151.858	>	48.00	1.45	OC	0.0987	0.7910
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	118.192	39.00	157.192	>	54.00	1.38	OC	0.0912	0.8821
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	117.349	45.00	162.349	>	60.00	1.33	OC	0.0847	0.9668
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	116.603	49.50	166.103	>	64.50	1.30	OC	0.0402	1.0070
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	116.053	52.78	168.828	>	67.78	1.28	OC	0.0298	1.0368
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	115.153	58.10	173.253	>	73.10	1.26	OC	0.0563	1.0931
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	113.823	65.20	179.023	>	80.20	1.23	OC	0.0523	1.1454
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	112.361	72.30	184.661	>	87.30	1.21	OC	0.0488	1.1942
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	110.783	79.40	190.183	>	94.40	1.19	OC	0.0455	1.2397
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	109.109	86.50	195.609	>	101.50	1.17	OC	0.0426	1.2824
Total Penurunan															1.2824	m

Penurunan akibat variasi $q = 140 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek	Sci	Sigma Sci	
											< atau >			Kondisi NC/OC	m	m	
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.999	3.00	142.999	>	18.00	6.00	OC	0.1955	0.1955	
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.973	9.00	148.973	>	24.00	2.67	OC	0.1626	0.3581	
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.876	15.00	154.876	>	30.00	2.00	OC	0.1432	0.5013	
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.667	21.00	160.667	>	36.00	1.71	OC	0.1290	0.6303	
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.313	27.00	166.313	>	42.00	1.56	OC	0.1178	0.7481	
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	138.789	33.00	171.789	>	48.00	1.45	OC	0.1086	0.8567	
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	138.081	39.00	177.081	>	54.00	1.38	OC	0.1008	0.9574	
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	137.182	45.00	182.182	>	60.00	1.33	OC	0.0940	1.0514	
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	136.385	49.50	185.885	>	64.50	1.30	OC	0.0447	1.0961	
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	135.796	52.78	188.571	>	67.78	1.28	OC	0.0332	1.1293	
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	134.831	58.10	192.931	>	73.10	1.26	OC	0.0630	1.1923	
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	133.401	65.20	198.601	>	80.20	1.23	OC	0.0587	1.2511	
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	131.823	72.30	204.123	>	87.30	1.21	OC	0.0550	1.3060	
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	130.115	79.40	209.515	>	94.40	1.19	OC	0.0515	1.3575	
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	128.297	86.50	214.797	>	101.50	1.17	OC	0.0484	1.4060	
														Total Penurunan	1.4060 m		

Penurunan akibat variasi $q = 160 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek	Sci	Sigma Sci	
											< atau >			Kondisi NC/OC	m	m	
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.999	3.00	162.999	>	18.00	6.00	OC	0.2060	0.2060	
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.972	9.00	168.972	>	24.00	2.67	OC	0.1728	0.3788	
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.871	15.00	174.871	>	30.00	2.00	OC	0.1529	0.5317	
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.653	21.00	180.653	>	36.00	1.71	OC	0.1384	0.6701	
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.282	27.00	186.282	>	42.00	1.56	OC	0.1269	0.7971	
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	158.734	33.00	191.734	>	48.00	1.45	OC	0.1174	0.9145	
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	157.990	39.00	196.990	>	54.00	1.38	OC	0.1093	1.0238	
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	157.046	45.00	202.046	>	60.00	1.33	OC	0.1023	1.1261	
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	156.206	49.50	205.706	>	64.50	1.30	OC	0.0488	1.1749	
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	155.585	52.78	208.360	>	67.78	1.28	OC	0.0363	1.2112	
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	154.566	58.10	212.666	>	73.10	1.26	OC	0.0690	1.2802	
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	153.053	65.20	218.253	>	80.20	1.23	OC	0.0646	1.3448	
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	151.378	72.30	223.678	>	87.30	1.21	OC	0.0606	1.4054	
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	149.561	79.40	228.961	>	94.40	1.19	OC	0.0570	1.4625	
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	147.621	86.50	234.121	>	101.50	1.17	OC	0.0538	1.5162	
														Total Penurunan	1.5162 m		

Penurunan akibat variasi $q = 180 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m3	$2\Delta P$ kN/m2	Po' kN/m2	Po'+ ΔP kN/m2	Ket	Pc' kN/m2	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >					
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.999	3.00	182.999	>	18.00	6.00	OC	0.2154	0.2154
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.971	9.00	188.971	>	24.00	2.67	OC	0.1818	0.3971
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.866	15.00	194.866	>	30.00	2.00	OC	0.1616	0.5588
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.641	21.00	200.641	>	36.00	1.71	OC	0.1469	0.7056
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.257	27.00	206.257	>	42.00	1.56	OC	0.1351	0.8407
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	178.688	33.00	211.688	>	48.00	1.45	OC	0.1254	0.9661
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	177.916	39.00	216.916	>	54.00	1.38	OC	0.1171	1.0832
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	176.933	45.00	221.933	>	60.00	1.33	OC	0.1098	1.1930
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	176.059	49.50	225.559	>	64.50	1.30	OC	0.0525	1.2455
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	175.411	52.78	228.186	>	67.78	1.28	OC	0.0392	1.2846
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	174.347	58.10	232.447	>	73.10	1.26	OC	0.0745	1.3592
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	172.763	65.20	237.963	>	80.20	1.23	OC	0.0699	1.4291
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	171.007	72.30	243.307	>	87.30	1.21	OC	0.0658	1.4949
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	169.096	79.40	248.496	>	94.40	1.19	OC	0.0621	1.5570
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	167.051	86.50	253.551	>	101.50	1.17	OC	0.0587	1.6158
														Total Penurunan	1.6158	m

Penurunan akibat variasi $q = 200 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m3	$2\Delta P$ kN/m2	Po' kN/m2	Po'+ ΔP kN/m2	Ket	Pc' kN/m2	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >					
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.999	3.00	202.999	>	18.00	6.00	OC	0.2237	0.2237
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.970	9.00	208.970	>	24.00	2.67	OC	0.1898	0.4135
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.863	15.00	214.863	>	30.00	2.00	OC	0.1695	0.5830
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.631	21.00	220.631	>	36.00	1.71	OC	0.1545	0.7375
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.236	27.00	226.236	>	42.00	1.56	OC	0.1425	0.8801
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	198.650	33.00	231.650	>	48.00	1.45	OC	0.1326	1.0127
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	197.854	39.00	236.854	>	54.00	1.38	OC	0.1241	1.1369
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	196.839	45.00	241.839	>	60.00	1.33	OC	0.1167	1.2536
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	195.935	49.50	245.435	>	64.50	1.30	OC	0.0559	1.3095
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	195.265	52.78	248.040	>	67.78	1.28	OC	0.0417	1.3512
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	194.162	58.10	252.262	>	73.10	1.26	OC	0.0796	1.4308
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	192.519	65.20	257.719	>	80.20	1.23	OC	0.0749	1.5057
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	190.693	72.30	262.993	>	87.30	1.21	OC	0.0707	1.5763
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	188.703	79.40	268.103	>	94.40	1.19	OC	0.0668	1.6432
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	186.568	86.50	273.068	>	101.50	1.17	OC	0.0633	1.7065
														Total Penurunan	1.7065	m

Penurunan akibat variasi $q = 220 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >					
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.999	3.00	222.999	>	18.00	6.00	OC	0.2313	0.2313
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.969	9.00	228.969	>	24.00	2.67	OC	0.1972	0.4284
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.860	15.00	234.860	>	30.00	2.00	OC	0.1767	0.6051
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.622	21.00	240.622	>	36.00	1.71	OC	0.1615	0.7666
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.218	27.00	246.218	>	42.00	1.56	OC	0.1494	0.9159
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	218.618	33.00	251.618	>	48.00	1.45	OC	0.1393	1.0552
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	217.802	39.00	256.802	>	54.00	1.38	OC	0.1307	1.1859
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	216.760	45.00	261.760	>	60.00	1.33	OC	0.1231	1.3090
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	215.831	49.50	265.331	>	64.50	1.30	OC	0.0590	1.3680
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	215.142	52.78	267.917	>	67.78	1.28	OC	0.0441	1.4121
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	214.006	58.10	272.106	>	73.10	1.26	OC	0.0843	1.4964
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	212.312	65.20	277.512	>	80.20	1.23	OC	0.0795	1.5799
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	210.427	72.30	282.727	>	87.30	1.21	OC	0.0751	1.6510
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	208.368	79.40	287.768	>	94.40	1.19	OC	0.0712	1.7222
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	206.156	86.50	292.656	>	101.50	1.17	OC	0.0676	1.7898
														Total Penurunan	1.7898	m

Kedalaman Tanah Lunak 11,5 m

Penurunan akibat variasi $q = 60 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m	
											< atau >						
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.999	3.00	62.999	>	18.00	6.00	OC	0.1296	0.1296	
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.982	9.00	68.982	>	24.00	2.67	OC	0.1007	0.2303	
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.916	15.00	74.916	>	30.00	2.00	OC	0.0848	0.3150	
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.776	21.00	80.776	>	36.00	1.71	OC	0.0737	0.3887	
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.540	27.00	86.540	>	42.00	1.56	OC	0.0653	0.4540	
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	59.194	33.00	92.194	>	48.00	1.45	OC	0.0585	0.5125	
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	58.732	39.00	97.732	>	54.00	1.38	OC	0.0530	0.5654	
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	58.153	45.00	103.153	>	60.00	1.33	OC	0.0482	0.6137	
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	57.647	49.50	107.147	>	64.50	1.30	OC	0.0225	0.6362	
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	57.276	52.78	110.051	>	67.78	1.28	OC	0.0166	0.6528	
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	56.676	58.10	114.776	>	73.10	1.26	OC	0.0308	0.6836	
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	55.799	65.20	120.999	>	80.20	1.23	OC	0.0280	0.7116	
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	55.092	70.53	125.617	>	85.53	1.21	OC	0.0131	0.7247	
															Total Penurunan	0.7247	m

-L3-

Penurunan akibat variasi $q = 80 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >					
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.999	3.00	82.999	>	18.00	6.00	OC	0.1518	0.1518
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.978	9.00	88.978	>	24.00	2.67	OC	0.1212	0.2729
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.902	15.00	94.902	>	30.00	2.00	OC	0.1038	0.3767
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.738	21.00	100.738	>	36.00	1.71	OC	0.0914	0.4681
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.460	27.00	106.460	>	42.00	1.56	OC	0.0819	0.5501
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	79.052	33.00	112.052	>	48.00	1.45	OC	0.0742	0.6243
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	78.505	39.00	117.505	>	54.00	1.38	OC	0.0678	0.6920
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	77.817	45.00	122.817	>	60.00	1.33	OC	0.0622	0.7543
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	77.212	49.50	126.712	>	64.50	1.30	OC	0.0293	0.7836
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	76.768	52.78	129.543	>	67.78	1.28	OC	0.0216	0.8052
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	76.046	58.10	134.146	>	73.10	1.26	OC	0.0405	0.8457
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	74.986	65.20	140.186	>	80.20	1.23	OC	0.0372	0.8828
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	74.127	70.53	144.652	>	85.53	1.21	OC	0.0175	0.9003
Total Penurunan														0.9003 m		

Penurunan akibat variasi $q = 100 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >					
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.999	3.00	102.999	>	18.00	6.00	OC	0.1691	0.1691
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.976	9.00	108.976	>	24.00	2.67	OC	0.1375	0.3066
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.891	15.00	114.891	>	30.00	2.00	OC	0.1192	0.4258
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.708	21.00	120.708	>	36.00	1.71	OC	0.1060	0.5317
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	99.399	27.00	126.399	>	42.00	1.56	OC	0.0957	0.6275
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	98.943	33.00	131.943	>	48.00	1.45	OC	0.0874	0.7148
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	98.330	39.00	137.330	>	54.00	1.38	OC	0.0803	0.7951
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	97.556	45.00	142.556	>	60.00	1.33	OC	0.0742	0.8694
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	96.873	49.50	146.373	>	64.50	1.30	OC	0.0351	0.9044
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	96.370	52.78	149.145	>	67.78	1.28	OC	0.0260	0.9304
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	95.550	58.10	153.650	>	73.10	1.26	OC	0.0489	0.9793
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	94.342	65.20	159.542	>	80.20	1.23	OC	0.0452	1.0245
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	93.358	70.53	163.883	>	85.53	1.21	OC	0.0213	1.0458
Total Penurunan														1.0458 m		

Penurunan akibat variasi $q = 120 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			NC/OC		
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.999	3.00	122.999	>	18.00	6.00	OC	0.1834	0.1834
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.974	9.00	128.974	>	24.00	2.67	OC	0.1510	0.3344
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.883	15.00	134.883	>	30.00	2.00	OC	0.1321	0.4665
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.686	21.00	140.686	>	36.00	1.71	OC	0.1183	0.5848
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	119.351	27.00	146.351	>	42.00	1.56	OC	0.1075	0.6923
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	118.858	33.00	151.858	>	48.00	1.45	OC	0.0987	0.7910
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	118.192	39.00	157.192	>	54.00	1.38	OC	0.0912	0.8821
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	117.349	45.00	162.349	>	60.00	1.33	OC	0.0847	0.9668
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	116.603	49.50	166.103	>	64.50	1.30	OC	0.0402	1.0070
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	116.053	52.78	168.828	>	67.78	1.28	OC	0.0298	1.0368
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	115.153	58.10	173.253	>	73.10	1.26	OC	0.0563	1.0931
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	113.823	65.20	179.023	>	80.20	1.23	OC	0.0523	1.1454
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	112.738	70.53	183.263	>	85.53	1.21	OC	0.0248	1.1702
													Total Penurunan	1.1702	m	

Penurunan akibat variasi $q = 140 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			NC/OC		
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.999	3.00	142.999	>	18.00	6.00	OC	0.1955	0.1955
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.973	9.00	148.973	>	24.00	2.67	OC	0.1626	0.3581
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.876	15.00	154.876	>	30.00	2.00	OC	0.1432	0.5013
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.667	21.00	160.667	>	36.00	1.71	OC	0.1290	0.6303
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	139.313	27.00	166.313	>	42.00	1.56	OC	0.1178	0.7481
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	138.789	33.00	171.789	>	48.00	1.45	OC	0.1086	0.8567
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	138.081	39.00	177.081	>	54.00	1.38	OC	0.1008	0.9574
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	137.182	45.00	182.182	>	60.00	1.33	OC	0.0940	1.0514
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	136.385	49.50	185.885	>	64.50	1.30	OC	0.0447	1.0961
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	135.796	52.78	188.571	>	67.78	1.28	OC	0.0332	1.1293
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	134.831	58.10	192.931	>	73.10	1.26	OC	0.0630	1.1923
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	133.401	65.20	198.601	>	80.20	1.23	OC	0.0587	1.2511
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	132.230	70.53	202.755	>	85.53	1.21	OC	0.0279	1.2790
													Total Penurunan	1.2790	m	

Penurunan akibat variasi $q = 160 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			Kondisi NC/OC		
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.999	3.00	162.999	>	18.00	6.00	OC	0.2060	0.2060
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.972	9.00	168.972	>	24.00	2.67	OC	0.1728	0.3788
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.871	15.00	174.871	>	30.00	2.00	OC	0.1529	0.5317
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.653	21.00	180.653	>	36.00	1.71	OC	0.1384	0.6701
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	159.282	27.00	186.282	>	42.00	1.56	OC	0.1269	0.7971
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	158.734	33.00	191.734	>	48.00	1.45	OC	0.1174	0.9145
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	157.990	39.00	196.990	>	54.00	1.38	OC	0.1093	1.0238
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	157.046	45.00	202.046	>	60.00	1.33	OC	0.1023	1.1261
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	156.206	49.50	205.706	>	64.50	1.30	OC	0.0488	1.1749
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	155.585	52.78	208.360	>	67.78	1.28	OC	0.0363	1.2112
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	154.566	58.10	212.666	>	73.10	1.26	OC	0.0690	1.2802
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	153.053	65.20	218.253	>	80.20	1.23	OC	0.0646	1.3448
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	151.811	70.53	222.336	>	85.53	1.21	OC	0.0308	1.3756
Total Penurunan														1.3756 m		

Penurunan akibat variasi $q = 180 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			Kondisi NC/OC		
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.999	3.00	182.999	>	18.00	6.00	OC	0.2154	0.2154
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.971	9.00	188.971	>	24.00	2.67	OC	0.1818	0.3971
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.866	15.00	194.866	>	30.00	2.00	OC	0.1616	0.5588
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.641	21.00	200.641	>	36.00	1.71	OC	0.1469	0.7056
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	179.257	27.00	206.257	>	42.00	1.56	OC	0.1351	0.8407
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	178.688	33.00	211.688	>	48.00	1.45	OC	0.1254	0.9661
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	177.916	39.00	216.916	>	54.00	1.38	OC	0.1171	1.0832
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	176.933	45.00	221.933	>	60.00	1.33	OC	0.1098	1.1930
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	176.059	49.50	225.559	>	64.50	1.30	OC	0.0525	1.2455
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	175.411	52.78	228.186	>	67.78	1.28	OC	0.0392	1.2846
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	174.347	58.10	232.447	>	73.10	1.26	OC	0.0745	1.3592
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	172.763	65.20	237.963	>	80.20	1.23	OC	0.0699	1.4291
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	171.461	70.53	241.986	>	85.53	1.21	OC	0.0334	1.4625
Total Penurunan														1.4625 m		

Penurunan akibat variasi $q = 200 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >					
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.999	3.00	202.999	>	18.00	6.00	OC	0.2237	0.2237
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.970	9.00	208.970	>	24.00	2.67	OC	0.1898	0.4135
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.863	15.00	214.863	>	30.00	2.00	OC	0.1695	0.5830
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.631	21.00	220.631	>	36.00	1.71	OC	0.1545	0.7375
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	199.236	27.00	226.236	>	42.00	1.56	OC	0.1425	0.8801
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	198.650	33.00	231.650	>	48.00	1.45	OC	0.1326	1.0127
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	197.854	39.00	236.854	>	54.00	1.38	OC	0.1241	1.1369
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	196.839	45.00	241.839	>	60.00	1.33	OC	0.1167	1.2536
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	195.935	49.50	245.435	>	64.50	1.30	OC	0.0959	1.3095
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	195.265	52.78	248.040	>	67.78	1.28	OC	0.0417	1.3512
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	194.162	58.10	252.262	>	73.10	1.26	OC	0.0796	1.4308
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	192.519	65.20	257.719	>	80.20	1.23	OC	0.0749	1.5057
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	191.166	70.53	261.691	>	85.53	1.21	OC	0.0358	1.5415
													Total Penurunan	1.5415 m		

Penurunan akibat variasi $q = 220 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	OCR	Cek Kondisi NC/OC	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >					
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.999	3.00	222.999	>	18.00	6.00	OC	0.2313	0.2313
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.969	9.00	228.969	>	24.00	2.67	OC	0.1972	0.4284
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.860	15.00	234.860	>	30.00	2.00	OC	0.1767	0.6051
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.622	21.00	240.622	>	36.00	1.71	OC	0.1615	0.7666
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	219.218	27.00	246.218	>	42.00	1.56	OC	0.1494	0.9159
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	218.618	33.00	251.618	>	48.00	1.45	OC	0.1393	1.0552
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	217.802	39.00	256.802	>	54.00	1.38	OC	0.1307	1.1859
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	216.760	45.00	261.760	>	60.00	1.33	OC	0.1231	1.3090
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	215.831	49.50	265.331	>	64.50	1.30	OC	0.0990	1.3680
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	215.142	52.78	267.917	>	67.78	1.28	OC	0.0441	1.4121
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	214.006	58.10	272.106	>	73.10	1.26	OC	0.0843	1.4964
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	212.312	65.20	277.512	>	80.20	1.23	OC	0.0795	1.5759
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	210.915	70.53	281.440	>	85.53	1.21	OC	0.0381	1.6139
													Total Penurunan	1.6139 m		

Penurunan akibat beban perkerasan

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 3 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar	Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan					ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma		
					z	m	n	I (grafik)	Kn/m ²								Kn/m ²	Kn/m ²
					(m)	x/z	y/z											
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	3.5	4.000	∞	0.25	10.80	3.00	13.80	<	18.00	0.025	0.025	
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	4.5	3.111	∞	0.248	10.71	9.00	19.71	<	24.00	0.013	0.037	
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	5.5	2.545	∞	0.245	10.58	15.00	25.58	<	30.00	0.009	0.046	
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	21.00	31.45	<	36.00	0.006	0.052	
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	27.00	37.28	<	42.00	0.005	0.057	
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	33.00	43.15	<	48.00	0.004	0.062	
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	39.00	48.85	<	54.00	0.004	0.065	
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	45.00	54.63	<	60.00	0.003	0.068	
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	11.25	1.244	∞	0.222	9.59	49.50	59.09	<	64.50	0.001	0.070	
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	11.75	1.191	∞	0.218	9.42	52.78	62.19	<	67.78	0.001	0.071	
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	58.10	67.26	<	73.10	0.002	0.073	
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	65.20	74.10	<	80.20	0.002	0.074	
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	72.30	81.03	<	87.30	0.001	0.076	
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	79.40	87.95	<	94.40	0.001	0.077	
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	86.50	94.71	<	101.50	0.001	0.078	
													Total Penurunan	0.07814	m			

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 4 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar	Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan					ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma		
					z	m	n	I (grafik)	Kn/m ²								Kn/m ²	Kn/m ²
					(m)	x/z	y/z											
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	4.5	3.111	∞	0.248	10.71	3.00	13.71	<	18.00	0.024	0.024	
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	5.5	2.545	∞	0.245	10.58	9.00	19.58	<	24.00	0.013	0.037	
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	15.00	25.45	<	30.00	0.009	0.045	
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	21.00	31.28	<	36.00	0.006	0.052	
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	27.00	37.15	<	42.00	0.005	0.057	
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	33.00	42.85	<	48.00	0.004	0.061	
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	39.00	48.63	<	54.00	0.004	0.065	
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	45.00	54.42	<	60.00	0.003	0.068	
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	12.25	1.143	∞	0.215	9.29	49.50	58.79	<	64.50	0.001	0.069	
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	12.75	1.098	∞	0.212	9.16	52.78	61.93	<	67.78	0.001	0.070	
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	58.10	67.00	<	73.10	0.002	0.072	
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	65.20	73.93	<	80.20	0.002	0.074	
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	72.30	80.85	<	87.30	0.001	0.075	
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	79.40	87.61	<	94.40	0.001	0.076	
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	86.50	94.54	<	101.50	0.001	0.077	
													Total Penurunan	0.07722	m			

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 5 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma
							z	m	n	I (grafik)							
							(m)	x/z	y/z								
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	5.5	2.545	∞	0.245	10.58	3.00	13.58	<	18.00	0.024	0.024
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	9.00	19.45	<	24.00	0.012	0.037
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	15.00	25.28	<	30.00	0.008	0.045
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	21.00	31.15	<	36.00	0.006	0.051
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	27.00	36.85	<	42.00	0.005	0.056
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	33.00	42.63	<	48.00	0.004	0.061
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	39.00	48.42	<	54.00	0.003	0.064
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	45.00	54.16	<	60.00	0.003	0.067
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	13.25	1.057	∞	0.207	8.94	49.50	58.44	<	64.50	0.001	0.068
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	13.75	1.018	∞	0.206	8.90	52.78	61.67	<	67.78	0.001	0.069
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	58.10	66.83	<	73.10	0.002	0.071
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	65.20	73.75	<	80.20	0.002	0.073
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	72.30	80.51	<	87.30	0.001	0.074
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	79.40	87.44	<	94.40	0.001	0.075
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	86.50	94.23	<	101.50	0.001	0.076
Total Penurunan															0.07617	m	

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 6 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma
							z	m	n	I (grafik)							
							(m)	x/z	y/z								
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	3.00	13.45	<	18.00	0.024	0.024
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	9.00	19.28	<	24.00	0.012	0.036
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	15.00	25.15	<	30.00	0.008	0.045
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	21.00	30.85	<	36.00	0.006	0.051
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	27.00	36.63	<	42.00	0.005	0.056
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	33.00	42.42	<	48.00	0.004	0.060
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	39.00	48.16	<	54.00	0.003	0.063
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	45.00	53.90	<	60.00	0.003	0.066
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	14.25	0.982	∞	0.205	8.86	49.50	58.36	<	64.50	0.001	0.067
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	14.75	0.949	∞	0.202	8.73	52.78	61.50	<	67.78	0.001	0.068
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	58.10	66.65	<	73.10	0.002	0.070
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	65.20	73.41	<	80.20	0.001	0.072
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	72.30	80.34	<	87.30	0.001	0.073
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	79.40	87.13	<	94.40	0.001	0.074
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	86.50	94.02	<	101.50	0.001	0.075
Total Penurunan															0.07507	m	

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 7 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar	Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	P_o'	$P_o'+\Delta P$	Ket. (> atau <)	P_c'	Sci	Sci sigma		
					z	m	n	I (grafik)									
					(m)	x/z	y/z										
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	3.00	13.28	<	18.00	0.024	0.024
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	9.00	19.15	<	24.00	0.012	0.036
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	15.00	24.85	<	30.00	0.008	0.044
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	21.00	30.63	<	36.00	0.006	0.050
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	27.00	36.42	<	42.00	0.005	0.055
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	33.00	42.16	<	48.00	0.004	0.059
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	39.00	47.90	<	54.00	0.003	0.062
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	45.00	53.73	<	60.00	0.003	0.065
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	15.25	0.918	∞	0.2	8.64	49.50	58.14	<	64.50	0.001	0.066
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	15.75	0.889	∞	0.198	8.55	52.78	61.33	<	67.78	0.001	0.067
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	58.10	66.31	<	73.10	0.002	0.069
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	65.20	73.24	<	80.20	0.001	0.070
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	72.30	80.03	<	87.30	0.001	0.072
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	79.40	86.92	<	94.40	0.001	0.073
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	86.50	93.84	<	101.50	0.001	0.074
												Total Penurunan	0.07388	m			

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 8 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar	Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	P_o'	$P_o'+\Delta P$	Ket. (> atau <)	P_c'	Sci	Sci sigma		
					z	m	n	I (grafik)									
					(m)	x/z	y/z										
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	3.00	13.15	<	18.00	0.024	0.024
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	9.00	18.85	<	24.00	0.012	0.036
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	15.00	24.63	<	30.00	0.008	0.044
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	21.00	30.42	<	36.00	0.006	0.050
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	27.00	36.16	<	42.00	0.005	0.054
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	33.00	41.90	<	48.00	0.004	0.058
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	39.00	47.73	<	54.00	0.003	0.061
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	45.00	53.55	<	60.00	0.003	0.064
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	16.25	0.862	∞	0.193	8.34	49.50	57.84	<	64.50	0.001	0.065
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	16.75	0.836	∞	0.19	8.21	52.78	60.98	<	67.78	0.001	0.066
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	58.10	66.14	<	73.10	0.002	0.068
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	65.20	72.93	<	80.20	0.001	0.069
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	72.30	79.82	<	87.30	0.001	0.071
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	79.40	86.74	<	94.40	0.001	0.072
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	21.5	0.651	∞	0.166	7.17	86.50	93.67	<	101.50	0.001	0.073
												Total Penurunan	0.07264	m			

Akibat beban perkerasan dengan $H_{timb} = 9\text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma
							z	m	n	I (grafik)							
							(m)	x/z	y/z								
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	3.00	12.85	<	18.00	0.023	0.023
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	9.00	18.63	<	24.00	0.012	0.035
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	15.00	24.42	<	30.00	0.008	0.043
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	21.00	30.16	<	36.00	0.006	0.049
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	27.00	35.90	<	42.00	0.005	0.053
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	33.00	41.73	<	48.00	0.004	0.057
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	39.00	47.55	<	54.00	0.003	0.060
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	45.00	53.21	<	60.00	0.003	0.063
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	17.25	0.812	∞	0.188	8.12	49.50	57.62	<	64.50	0.001	0.064
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	17.75	0.789	∞	0.186	8.04	52.78	60.81	<	67.78	0.001	0.065
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	58.10	65.83	<	73.10	0.002	0.067
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	65.20	72.72	<	80.20	0.001	0.068
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	72.30	79.64	<	87.30	0.001	0.069
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	21.5	0.651	∞	0.166	7.17	79.40	86.57	<	94.40	0.001	0.070
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	22.5	0.622	∞	0.161	6.96	86.50	93.46	<	101.50	0.001	0.071
Total Penurunan															0.07124	m	

Akibat beban perkerasan dengan $H_{timb} = 10\text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma
							z	m	n	I (grafik)							
							(m)	x/z	y/z								
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	3.00	12.63	<	18.00	0.023	0.023
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	9.00	18.42	<	24.00	0.012	0.035
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	15.00	24.16	<	30.00	0.008	0.042
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	21.00	29.90	<	36.00	0.006	0.048
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	27.00	35.73	<	42.00	0.005	0.053
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	33.00	41.55	<	48.00	0.004	0.056
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	39.00	47.21	<	54.00	0.003	0.059
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	45.00	53.04	<	60.00	0.003	0.062
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	18.25	0.767	∞	0.182	7.86	49.50	57.36	<	64.50	0.001	0.063
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	18.75	0.747	∞	0.179	7.73	52.78	60.51	<	67.78	0.001	0.064
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	58.10	65.62	<	73.10	0.002	0.065
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	65.20	72.54	<	80.20	0.001	0.067
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	21.5	0.651	∞	0.166	7.17	72.30	79.47	<	87.30	0.001	0.068
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	22.5	0.622	∞	0.161	6.96	79.40	86.36	<	94.40	0.001	0.069
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	23.5	0.596	∞	0.157	6.78	86.50	93.28	<	101.50	0.001	0.070
Total Penurunan															0.06994	m	

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 11 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar		Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma	
						z	m	n	I (grafik)								
		m				(m)	x/z	y/z		Kn/m^2	Kn/m^2	Kn/m^2		Kn/m^2	(m)	(m)	
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	3.00	12.42	<	18.00	0.023	0.023
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	9.00	18.16	<	24.00	0.011	0.034
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	15.00	23.90	<	30.00	0.007	0.042
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	21.00	29.73	<	36.00	0.006	0.047
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	27.00	35.55	<	42.00	0.004	0.052
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	33.00	41.21	<	48.00	0.004	0.055
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	39.00	47.04	<	54.00	0.003	0.058
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	45.00	52.73	<	60.00	0.003	0.061
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	19.25	0.727	∞	0.176	7.60	49.50	57.10	<	64.50	0.001	0.062
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	19.75	0.709	∞	0.174	7.52	52.78	60.29	<	67.78	0.001	0.063
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	58.10	65.44	<	73.10	0.001	0.064
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	21.5	0.651	∞	0.166	7.17	65.20	72.37	<	80.20	0.001	0.066
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	22.5	0.622	∞	0.161	6.96	72.30	79.26	<	87.30	0.001	0.067
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	23.5	0.596	∞	0.157	6.78	79.40	86.18	<	94.40	0.001	0.068
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	24.5	0.571	∞	0.153	6.61	86.50	93.11	<	101.50	0.001	0.069
														Total Penurunan	0.06860	m	

Perhitungan tinggi final dan total pemampatan kedalaman tanah

lunak 14 m

H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	H-traffic	H pav.	H final	Sc total
m	kn/m^2	m	m	m	m	m	m	m
3	60	0.782	3.39	0.078	0.2	0.5	2.83	0.86
4	80	0.98	4.49	0.077	0.125	0.5	3.81	1.06
5	100	1.14	5.57	0.076	0.125	0.5	4.73	1.22
6	120	1.28	6.64	0.075	0.125	0.5	5.66	1.36
7	140	1.41	7.70	0.074	0.125	0.5	6.60	1.48
8	160	1.52	8.76	0.073	0.125	0.5	7.54	1.59
9	180	1.62	9.81	0.071	0.125	0.5	8.50	1.69
10	200	1.71	10.85	0.070	0.125	0.5	9.45	1.78
11	220	1.79	11.89	0.069	0.125	0.5	10.41	1.86

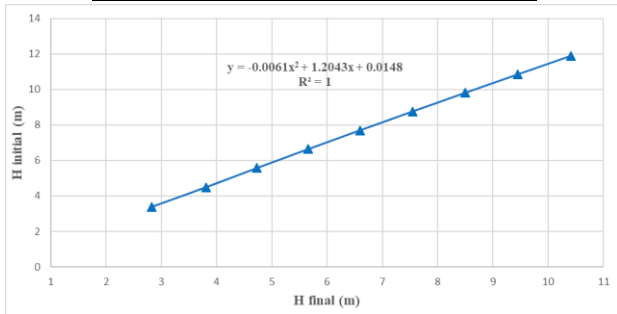
Perhitungan tinggi final dan total pemampatan kedalaman tanah

lunak 11,5 m

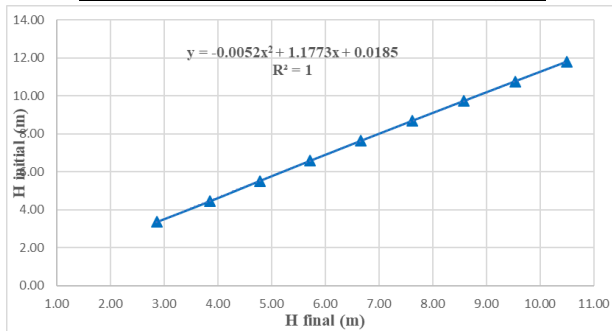
H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	H-traffic	H pav.	H final	Sc total
m	kn/m^2	m	m	m	m	m	m	m
3	60	0.725	3.36	0.075	0.2	0.5	2.86	0.80
4	80	0.900	4.45	0.074	0.125	0.5	3.85	0.97
5	100	1.046	5.52	0.073	0.125	0.5	4.78	1.12
6	120	1.170	6.59	0.072	0.125	0.5	5.72	1.24
7	140	1.279	7.64	0.071	0.125	0.5	6.66	1.35
8	160	1.376	8.69	0.070	0.125	0.5	7.62	1.45
9	180	1.463	9.73	0.069	0.125	0.5	8.58	1.53
10	200	1.542	10.77	0.067	0.125	0.5	9.54	1.61
11	220	1.614	11.81	0.066	0.125	0.5	10.50	1.68

Dari tabel tinggi final, tinggi initial, dan total pemampatan dibuat grafik seperti berikut:

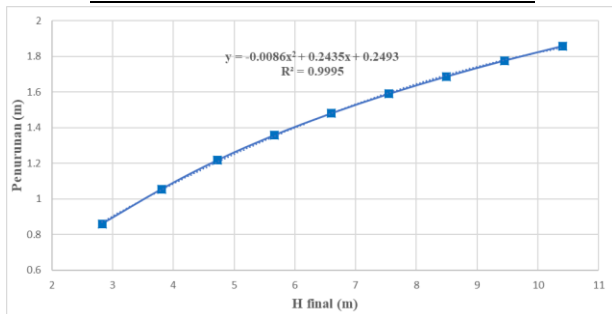
Untuk Kedalaman Tanah Lunak 14 m



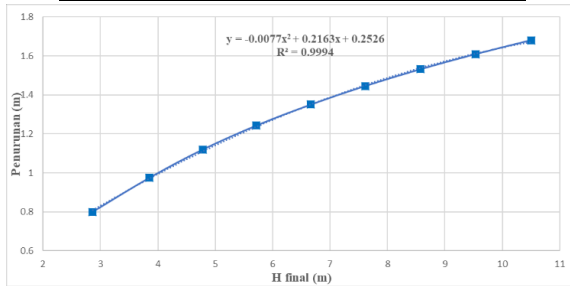
Untuk Kedalaman Tanah Lunak 11,5 m



Untuk Kedalaman Tanah Lunak 14 m



Untuk Kedalaman Tanah Lunak 11,5 m



Harga H awal dan S_c dapat diperoleh dari kurva hubungan dengan H akhir dimana harga tersebut didapatkan dengan persamaan grafis pada kurva diatas.

Lampiran 4

Waktu Konsolidasi

Penurunan lapisan tanah dapat diperkirakan dengan memakai koefisien konsolidasi (C_v). Untuk tanah yang berlapis maka digunakan harga C_v rata-rata seperti berikut:

Kedalaman tanah lunak 14 m

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	H m	$\gamma t = \gamma_{sat}$ KN/m ³	Konsolidasi			H/VcV	Cv Gab cm ² /dt	Cv Gab m ² /tahun
						Cc	Cv cm ² /dtk	Cs			
0	s/d	1	a	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547	0.00047	1.4865398
1	s/d	2	b	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
2	s/d	3	c	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
3	s/d	4	d	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
4	s/d	5	e	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
5	s/d	6	f	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
6	s/d	7	g	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
7	s/d	8	h	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
8	s/d	8.5	i	0.5	1.60	0.524	0.000402	0.1048	24.93773		
8.5	s/d	9	j	0.5	1.71	0.361	0.00062	0.0722	20.08048		
9	s/d	10	k	1	1.71	0.361	0.00062	0.0722	40.16097		
10	s/d	11	l	1	1.71	0.361	0.00062	0.0722	40.16097		
11	s/d	12	m	1	1.71	0.361	0.00062	0.0722	40.16097		
12	s/d	13	n	1	1.71	0.361	0.00062	0.0722	40.16097		
13	s/d	14	o	1	1.71	0.361	0.00062	0.0722	40.16097		
Total (H/VcV)									644.8268		
Total (H/VcV) ²									415801.6		

Kedalaman tanah lunak 11,5 m

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	H m	$\gamma t = \gamma_{sat}$ KN/m ³	Konsolidasi			H/VcV	Cv Gab cm ² /dt	Cv Gab m ² /tahun
						Cc	Cv cm ² /dtk	Cs			
0	s/d	1	a	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547	0.00045	1.407107
1	s/d	2	b	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
2	s/d	3	c	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
3	s/d	4	d	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
4	s/d	5	e	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
5	s/d	6	f	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
6	s/d	7	g	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
7	s/d	8	h	1	1.60	0.524	0.000402	0.1048	49.87547		
8	s/d	8.5	i	0.5	1.60	0.524	0.000402	0.1048	24.93773		
8.5	s/d	9	j	0.5	1.71	0.361	0.00062	0.0722	20.08048		
9	s/d	10	k	1	1.71	0.361	0.00062	0.0722	40.16097		
10	s/d	11	l	1	1.71	0.361	0.00062	0.0722	40.16097		
11	s/d	11.5	m	0.5	1.71	0.361	0.00062	0.0722	20.08048		
Total (H/VcV)									544.4244		
Total (H/VcV) ²									296397.9		

Waktu pemampatan normal pada tanah lunak 14 m

Menentukan Waktu Konsolidasi Normal (t)	
Uv	= 90%
$t = \frac{T_{90\%}(HDR)^2}{Cv}$	t = 112 Tahun
	Maka waktu pemampatan > 6 Bulan

Waktu pemampatan normal pada tanah lunak 11,5 m

Menentukan Waktu Konsolidasi Normal (t)	
Uv	= 90%
$t = \frac{T_{90\%}(HDR)^2}{Cv}$	t = 80 Tahun
	Maka waktu pemampatan > 6 Bulan

Karena waktu pemampatan yang terjadi sangat lama, sehingga perlu perbaikan tanah untuk mempercepat pemampatan yaitu dengan menggunakan PVD.

Perencanaan PVD

Faktor hambatan F(n)

Pola Segitiga							Pola Segi Empat						
Jarak PVD	D	a	b	Dw	n	F(n)	Jarak PVD	D	a	b	Dw	n	F(n)
S (m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)			S (m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
0.40	420	100	3.5	65.89	6.37	1.124	0.40	452	100	3.5	65.89	6.86	1.196
0.50	525	100	3.5	65.89	7.97	1.343	0.50	565	100	3.5	65.89	8.57	1.415
0.60	630	100	3.5	65.89	9.56	1.522	0.60	678	100	3.5	65.89	10.29	1.594
0.70	735	100	3.5	65.89	11.15	1.673	0.70	791	100	3.5	65.89	12.00	1.746
0.80	840	100	3.5	65.89	12.75	1.805	0.80	904	100	3.5	65.89	13.72	1.877
0.90	945	100	3.5	65.89	14.34	1.921	0.90	1017	100	3.5	65.89	15.43	1.994
1.00	1050	100	3.5	65.89	15.94	2.026	1.00	1130	100	3.5	65.89	17.15	2.098
1.10	1155	100	3.5	65.89	17.53	2.120	1.10	1243	100	3.5	65.89	18.86	2.193
1.20	1260	100	3.5	65.89	19.12	2.206	1.20	1356	100	3.5	65.89	20.58	2.279
1.30	1365	100	3.5	65.89	20.72	2.286	1.30	1469	100	3.5	65.89	22.29	2.359
1.40	1470	100	3.5	65.89	22.31	2.359	1.40	1582	100	3.5	65.89	24.01	2.432
1.50	1575	100	3.5	65.89	23.90	2.428	1.50	1695	100	3.5	65.89	25.72	2.501
1.60	1680	100	3.5	65.89	25.50	2.492	1.60	1808	100	3.5	65.89	27.44	2.565

Derajat konsolidasi horizontal pola segitiga

Derajat Konsolidasi Horizontal (Uh) Pola Segitiga (%)														
t	S (m)	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60
	D (m)	0.420	0.525	0.630	0.735	0.840	0.945	1.050	1.155	1.260	1.365	1.470	1.575	1.680
(minggu)	F(n)	1.124	1.343	1.522	1.673	1.805	1.921	2.026	2.120	2.206	2.286	2.359	2.428	2.492
1		87.54%	67.22%	49.51%	36.66%	27.68%	21.38%	16.88%	13.58%	11.12%	9.24%	7.78%	6.62%	5.70%
2		98.45%	89.26%	74.51%	59.88%	47.70%	38.19%	30.90%	25.32%	21.00%	17.62%	14.95%	12.81%	11.07%
3		99.81%	96.48%	87.13%	74.59%	62.18%	51.41%	42.56%	35.46%	29.78%	25.23%	21.56%	18.59%	16.14%
4		99.98%	98.85%	93.50%	83.90%	72.65%	61.80%	52.26%	44.22%	37.59%	32.14%	27.67%	23.98%	20.92%
5		100.00%	99.62%	96.72%	89.80%	80.22%	69.97%	60.31%	51.80%	44.53%	38.41%	33.29%	29.01%	25.43%
6		100.00%	99.88%	98.34%	93.54%	85.70%	76.39%	67.01%	58.34%	50.69%	44.10%	38.48%	33.72%	29.68%
7		100.00%	99.96%	99.16%	95.91%	89.66%	81.44%	72.58%	64.00%	56.17%	49.26%	43.26%	38.11%	33.69%
8		100.00%	99.99%	99.58%	97.41%	92.52%	85.41%	77.21%	68.89%	61.05%	53.95%	47.68%	42.21%	37.47%
9		100.00%	100.00%	99.79%	98.36%	94.59%	88.53%	81.05%	73.12%	65.38%	58.20%	51.75%	46.04%	41.03%
10		100.00%	100.00%	99.89%	98.96%	96.09%	90.98%	84.25%	76.77%	69.23%	62.06%	55.50%	49.61%	44.39%
11		100.00%	100.00%	99.95%	99.34%	97.17%	92.91%	86.91%	79.92%	72.65%	65.57%	58.96%	52.95%	47.56%
12		100.00%	100.00%	99.97%	99.58%	97.95%	94.43%	89.12%	82.65%	75.69%	68.75%	62.15%	56.06%	50.55%
13		100.00%	100.00%	99.99%	99.74%	98.52%	95.62%	90.95%	85.00%	78.39%	71.64%	65.10%	58.98%	53.37%
14		100.00%	100.00%	99.99%	99.83%	98.93%	96.55%	92.48%	87.04%	80.79%	74.26%	67.81%	61.69%	56.03%
15		100.00%	100.00%	100.00%	99.89%	99.23%	97.29%	93.75%	88.80%	82.93%	76.63%	70.31%	64.23%	58.53%
16		100.00%	100.00%	100.00%	99.93%	99.44%	97.87%	94.80%	90.32%	84.83%	78.79%	72.62%	66.60%	60.90%
17		100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.60%	98.33%	95.68%	91.64%	86.51%	80.75%	74.75%	68.81%	63.13%
18		100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.71%	98.68%	96.41%	92.77%	88.01%	82.53%	76.72%	70.88%	65.23%
19		100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.79%	98.97%	97.02%	93.75%	89.34%	84.14%	78.53%	72.81%	67.21%
20		100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.85%	99.19%	97.52%	94.60%	90.53%	85.61%	80.20%	74.61%	69.08%
21		100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.89%	99.36%	97.94%	95.33%	91.58%	86.94%	81.74%	76.29%	70.84%
22		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.92%	99.50%	98.29%	95.97%	92.52%	88.14%	83.16%	77.86%	72.50%
23		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.94%	99.60%	98.58%	96.52%	93.35%	89.24%	84.47%	79.33%	74.07%
24		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.69%	98.82%	96.99%	94.09%	90.23%	85.68%	80.70%	75.55%
25		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.76%	99.02%	97.40%	94.75%	91.14%	86.79%	81.98%	76.94%
26		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.81%	99.18%	97.75%	95.33%	91.95%	87.82%	83.17%	78.26%
27		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.85%	99.32%	98.06%	95.85%	92.70%	88.76%	84.28%	79.50%
28		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.88%	99.43%	98.32%	96.31%	93.37%	89.64%	85.33%	80.66%
29		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.91%	99.53%	98.55%	96.72%	93.98%	90.44%	86.30%	81.77%
30		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.93%	99.61%	98.75%	97.09%	94.54%	91.19%	87.21%	82.81%
31		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.94%	99.68%	98.92%	97.41%	95.04%	91.87%	88.05%	83.79%
32		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.95%	99.73%	99.06%	97.70%	95.50%	92.50%	88.84%	84.71%
33		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.78%	99.19%	97.95%	95.92%	93.09%	89.58%	85.58%
34		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.81%	99.30%	98.18%	96.29%	93.63%	90.27%	86.40%
35		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.84%	99.40%	98.38%	96.64%	94.12%	90.92%	87.18%

Derajat konsolidasi horizontal pola segiempat

Derajat Konsolidasi Horizontal (Uh) Pola Segiempat (%)

Derajat Konsolidasi Horizontal (Uh) Pola Segiempat (%)														
t (minggu)	S (m)	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60
	D (m)	0.452	0.565	0.678	0.791	0.904	1.017	1.130	1.243	1.356	1.469	1.582	1.695	1.808
F(n)	1.196	1.415	1.594	1.746	1.877	1.994	2.098	2.193	2.279	2.359	2.432	2.501	2.565	
1		81.54%	59.91%	43.07%	31.47%	23.59%	18.14%	14.28%	11.47%	9.38%	7.79%	6.56%	5.58%	4.80%
2		96.59%	83.93%	67.59%	53.04%	41.61%	32.99%	26.52%	21.63%	17.88%	14.97%	12.68%	10.85%	9.38%
3		99.37%	93.56%	81.55%	67.82%	55.38%	45.14%	37.01%	30.62%	25.58%	21.60%	18.41%	15.83%	13.73%
4		99.88%	97.42%	89.50%	77.95%	65.91%	55.09%	46.00%	38.57%	32.56%	27.70%	23.76%	20.53%	17.87%
5		99.98%	98.96%	94.02%	84.89%	73.95%	63.24%	53.71%	45.62%	38.89%	33.34%	28.76%	24.97%	21.82%
6		100.00%	99.58%	96.60%	89.64%	80.09%	69.91%	60.32%	51.86%	44.62%	38.53%	33.43%	29.16%	25.57%
7		100.00%	99.83%	98.06%	92.90%	84.79%	75.37%	65.99%	57.38%	49.82%	43.32%	37.79%	33.11%	29.15%
8		100.00%	99.93%	98.90%	95.14%	88.38%	79.83%	70.84%	62.27%	54.52%	47.73%	41.87%	36.85%	32.55%
9		100.00%	99.97%	99.37%	96.67%	91.12%	83.49%	75.01%	66.60%	58.79%	51.80%	45.68%	40.37%	35.79%
10		100.00%	99.99%	99.64%	97.72%	93.21%	86.49%	78.58%	70.43%	62.66%	55.56%	49.24%	43.70%	38.88%
11		100.00%	100.00%	99.80%	98.43%	94.81%	88.94%	81.63%	73.82%	66.16%	59.02%	52.57%	46.84%	41.81%
12		100.00%	100.00%	99.88%	98.93%	96.04%	90.94%	84.26%	76.82%	69.33%	62.21%	55.68%	49.81%	44.61%
13		100.00%	100.00%	99.93%	99.26%	96.97%	92.59%	86.50%	79.48%	72.21%	65.16%	58.59%	52.61%	47.27%
14		100.00%	100.00%	99.96%	99.50%	97.69%	93.93%	88.43%	81.84%	74.82%	67.87%	61.30%	55.26%	49.80%
15		100.00%	100.00%	99.98%	99.65%	98.23%	95.03%	90.08%	83.92%	77.18%	70.37%	63.84%	57.76%	52.21%
16		100.00%	100.00%	99.99%	99.76%	98.65%	95.93%	91.50%	85.76%	79.32%	72.68%	66.21%	60.12%	54.51%
17		100.00%	100.00%	99.99%	99.84%	98.97%	96.67%	92.71%	87.40%	81.26%	74.81%	68.42%	62.34%	56.69%
18		100.00%	100.00%	100.00%	99.89%	99.21%	97.28%	93.75%	88.84%	83.02%	76.77%	70.49%	64.45%	58.77%
19		100.00%	100.00%	100.00%	99.92%	99.40%	97.77%	94.65%	90.12%	84.61%	78.58%	72.43%	66.43%	60.75%
20		100.00%	100.00%	100.00%	99.95%	99.54%	98.17%	95.41%	91.26%	86.05%	80.25%	74.24%	68.30%	62.64%
21		100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.65%	98.51%	96.07%	92.26%	87.36%	81.79%	75.93%	70.07%	64.43%
22		100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.73%	98.78%	96.63%	93.15%	88.55%	83.21%	77.50%	71.74%	66.14%
23		100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.79%	99.00%	97.11%	93.93%	89.62%	84.51%	78.98%	73.32%	67.77%
24		100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.84%	99.18%	97.52%	94.63%	90.60%	85.72%	80.36%	74.81%	69.32%
25		100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.88%	99.33%	97.88%	95.24%	91.48%	86.83%	81.64%	76.22%	70.79%
26		100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.91%	99.45%	98.18%	95.79%	92.28%	87.86%	82.85%	77.55%	72.19%
27		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.93%	99.55%	98.44%	96.27%	93.00%	88.80%	83.97%	78.80%	73.53%
28		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.95%	99.63%	98.66%	96.70%	93.66%	89.68%	85.02%	79.98%	74.80%
29		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.70%	98.85%	97.08%	94.25%	90.48%	86.01%	81.10%	76.01%
30		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.75%	99.02%	97.41%	94.79%	91.22%	86.92%	82.16%	77.16%
31		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.80%	99.16%	97.71%	95.28%	91.91%	87.78%	83.15%	78.26%
32		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.83%	99.28%	97.97%	95.72%	92.54%	88.58%	84.09%	79.31%
33		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.86%	99.38%	98.21%	96.12%	93.12%	89.33%	84.98%	80.30%
34		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.89%	99.47%	98.41%	96.49%	93.65%	90.03%	85.82%	81.25%
35		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.91%	99.54%	98.59%	96.82%	94.15%	90.68%	86.61%	82.15%

Derajat konsolidasi gabungan pola segitiga

Derajat Konsolidasi Gabungan (U-gab) Pola Segitiga (%)														
t	S (m)	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60
(minggu)	D (m)	0.420	0.525	0.630	0.735	0.840	0.945	1.050	1.155	1.260	1.365	1.470	1.575	1.680
	F(n)	1.124	1.343	1.522	1.673	1.805	1.921	2.026	2.120	2.206	2.286	2.359	2.428	2.492
1		87.76%	67.82%	50.43%	37.81%	28.99%	22.81%	18.38%	15.15%	12.73%	10.88%	9.45%	8.32%	7.41%
2		98.49%	89.53%	75.16%	60.91%	49.04%	39.78%	32.68%	27.23%	23.02%	19.73%	17.13%	15.04%	13.35%
3		99.81%	96.59%	87.54%	75.38%	63.37%	52.93%	44.37%	37.48%	31.98%	27.58%	24.03%	21.14%	18.78%
4		99.98%	98.89%	93.74%	84.49%	73.64%	63.18%	53.99%	46.25%	39.85%	34.60%	30.29%	26.73%	23.79%
5		100.00%	99.64%	96.85%	90.22%	81.02%	71.18%	61.92%	53.75%	46.77%	40.90%	35.99%	31.89%	28.45%
6		100.00%	99.88%	98.42%	93.83%	86.33%	77.44%	68.48%	60.19%	52.88%	46.58%	41.21%	36.66%	32.80%
7		100.00%	99.96%	99.20%	96.11%	90.15%	82.33%	73.89%	65.73%	58.28%	51.69%	45.98%	41.08%	36.87%
8		100.00%	99.99%	99.60%	97.54%	92.90%	86.15%	78.38%	70.49%	63.04%	56.31%	50.36%	45.17%	40.67%
9		100.00%	100.00%	99.80%	98.45%	94.88%	89.15%	82.08%	74.58%	67.26%	60.47%	54.37%	48.97%	44.24%
10		100.00%	100.00%	99.90%	99.02%	96.31%	91.50%	85.15%	78.10%	70.99%	64.24%	58.05%	52.50%	47.58%
11		100.00%	100.00%	99.95%	99.38%	97.34%	93.34%	87.70%	81.13%	74.29%	67.64%	61.43%	55.78%	50.72%
12		100.00%	100.00%	99.97%	99.61%	98.08%	94.78%	89.80%	83.74%	77.21%	70.71%	64.53%	58.82%	53.66%
13		100.00%	100.00%	99.99%	99.75%	98.62%	95.90%	91.55%	85.98%	79.80%	73.49%	67.38%	61.66%	56.42%
14		100.00%	100.00%	99.99%	99.84%	99.00%	96.79%	92.99%	87.92%	82.10%	76.00%	69.99%	64.29%	59.01%
15		100.00%	100.00%	100.00%	99.90%	99.28%	97.48%	94.19%	89.59%	84.13%	78.27%	72.40%	66.74%	61.45%
16		100.00%	100.00%	100.00%	99.94%	99.48%	98.02%	95.18%	91.02%	85.93%	80.33%	74.61%	69.02%	63.73%
17		100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.63%	98.45%	96.00%	92.26%	87.52%	82.19%	76.64%	71.14%	65.88%
18		100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.73%	98.78%	96.69%	93.33%	88.93%	83.87%	78.51%	73.12%	67.90%
19		100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.81%	99.05%	97.25%	94.25%	90.19%	85.40%	80.22%	74.96%	69.80%
20		100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.86%	99.25%	97.72%	95.04%	91.30%	86.77%	81.80%	76.67%	71.59%
21		100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.90%	99.41%	98.11%	95.72%	92.28%	88.02%	83.25%	78.26%	73.26%
22		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.93%	99.54%	98.43%	96.31%	93.15%	89.15%	84.59%	79.74%	74.84%
23		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.95%	99.64%	98.70%	96.82%	93.93%	90.17%	85.82%	81.12%	76.32%
24		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.72%	98.92%	97.26%	94.61%	91.10%	86.95%	82.41%	77.72%
25		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.78%	99.10%	97.63%	95.22%	91.94%	87.99%	83.61%	79.03%
26		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.83%	99.26%	97.96%	95.76%	92.70%	88.94%	84.73%	80.27%
27		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.86%	99.38%	98.24%	96.24%	93.39%	89.82%	85.76%	81.43%
28		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.89%	99.49%	98.48%	96.66%	94.01%	90.63%	86.73%	82.52%
29		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.92%	99.58%	98.69%	97.04%	94.57%	91.38%	87.64%	83.55%
30		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.93%	99.65%	98.87%	97.37%	95.08%	92.06%	88.48%	84.51%
31		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.95%	99.71%	99.03%	97.67%	95.54%	92.69%	89.26%	85.42%
32		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.76%	99.16%	97.93%	95.96%	93.27%	89.99%	86.28%
33		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.80%	99.27%	98.17%	96.34%	93.81%	90.67%	87.08%
34		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.83%	99.37%	98.37%	96.69%	94.30%	91.30%	87.84%
35		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.86%	99.46%	98.56%	97.00%	94.75%	91.89%	88.55%

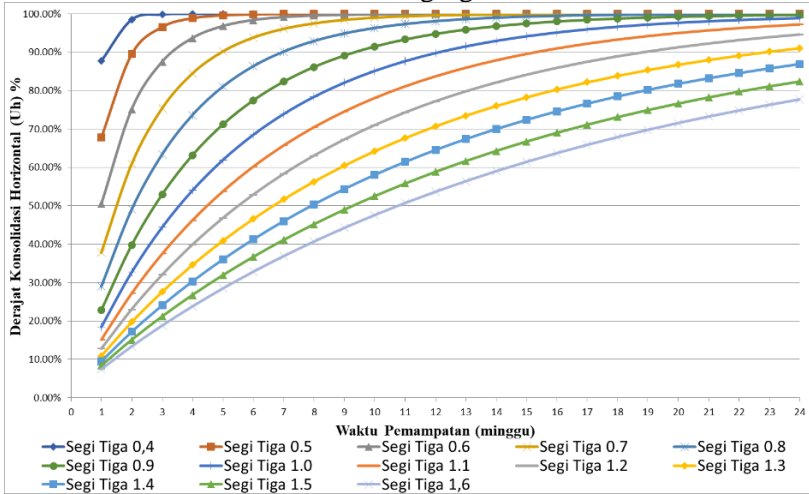
Derajat konsolidasi gabungan pola segiempat

Derajat Konsolidasi Gabungan (U-gab) Pola Segiempat (%)

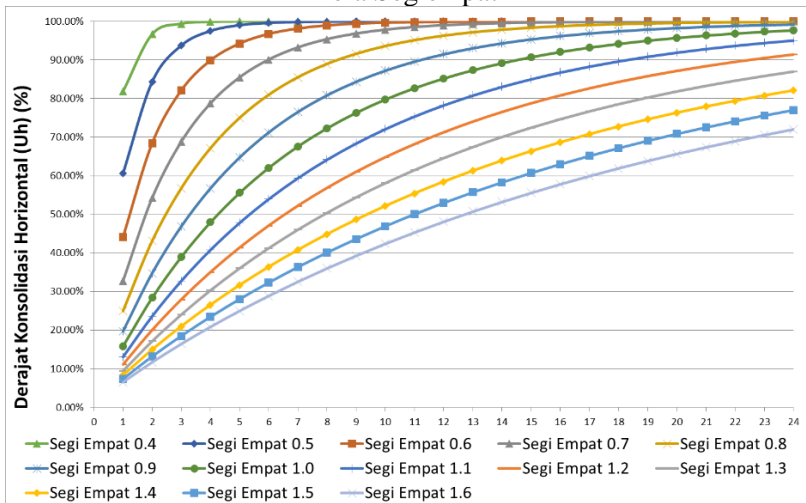
t (minggu)	S (m)	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60
	D (m)	0.452	0.565	0.678	0.791	0.904	1.017	1.130	1.243	1.356	1.469	1.582	1.695	1.808
	F(n)	1.196	1.415	1.594	1.746	1.877	1.994	2.098	2.193	2.279	2.359	2.432	2.501	2.565
1		81.87%	60.64%	44.10%	32.71%	24.97%	19.62%	15.83%	13.08%	11.02%	9.46%	8.25%	7.29%	6.53%
2		96.68%	84.34%	68.42%	54.24%	43.11%	34.71%	28.40%	23.63%	19.99%	17.15%	14.92%	13.14%	11.70%
3		99.39%	93.76%	82.13%	68.83%	56.78%	46.87%	38.99%	32.79%	27.92%	24.06%	20.97%	18.47%	16.44%
4		99.89%	97.51%	89.88%	78.75%	67.14%	56.72%	47.96%	40.80%	35.01%	30.32%	26.52%	23.41%	20.85%
5		99.98%	99.01%	94.26%	85.50%	75.01%	64.73%	55.59%	47.82%	41.37%	36.04%	31.64%	28.01%	24.99%
6		100.00%	99.60%	96.75%	90.10%	80.98%	71.24%	62.08%	54.00%	47.08%	41.26%	36.38%	32.30%	28.88%
7		100.00%	99.84%	98.16%	93.24%	85.52%	76.55%	67.62%	59.42%	52.22%	46.03%	40.77%	36.32%	32.55%
8		100.00%	99.94%	98.95%	95.39%	88.97%	80.87%	72.34%	64.20%	56.86%	50.41%	44.85%	40.08%	36.01%
9		100.00%	99.97%	99.41%	96.85%	91.60%	84.39%	76.37%	68.41%	61.03%	54.42%	48.63%	43.61%	39.28%
10		100.00%	99.99%	99.66%	97.85%	93.60%	87.26%	79.80%	72.12%	64.80%	58.11%	52.15%	46.93%	42.38%
11		100.00%	100.00%	99.81%	98.53%	95.13%	89.60%	82.74%	75.39%	68.19%	61.48%	55.42%	50.04%	45.31%
12		100.00%	100.00%	99.89%	98.99%	96.29%	91.51%	85.24%	78.28%	71.26%	64.58%	58.46%	52.96%	48.09%
13		100.00%	100.00%	99.94%	99.31%	97.17%	93.07%	87.39%	80.82%	74.03%	67.43%	61.29%	55.71%	50.72%
14		100.00%	100.00%	99.97%	99.53%	97.84%	94.34%	89.22%	83.07%	76.52%	70.05%	63.92%	58.29%	53.21%
15		100.00%	100.00%	99.98%	99.68%	98.36%	95.38%	90.78%	85.05%	78.78%	72.45%	66.38%	60.72%	55.57%
16		100.00%	100.00%	99.99%	99.78%	98.75%	96.23%	92.12%	86.80%	80.82%	74.66%	68.66%	63.01%	57.81%
17		100.00%	100.00%	99.99%	99.85%	99.04%	96.92%	93.26%	88.34%	82.66%	76.69%	70.78%	65.16%	59.93%
18		100.00%	100.00%	100.00%	99.90%	99.27%	97.48%	94.23%	89.70%	84.32%	78.56%	72.76%	67.18%	61.94%
19		100.00%	100.00%	100.00%	99.93%	99.44%	97.95%	95.07%	90.90%	85.83%	80.27%	74.61%	69.08%	63.86%
20		100.00%	100.00%	100.00%	99.95%	99.58%	98.32%	95.78%	91.96%	87.18%	81.85%	76.32%	70.87%	65.67%
21		100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.68%	98.63%	96.39%	92.90%	88.41%	83.30%	77.92%	72.56%	67.39%
22		100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.75%	98.88%	96.91%	93.73%	89.52%	84.63%	79.42%	74.15%	69.02%
23		100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.81%	99.09%	97.36%	94.46%	90.52%	85.86%	80.81%	75.64%	70.57%
24		100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.86%	99.25%	97.74%	95.11%	91.43%	86.99%	82.10%	77.05%	72.04%
25		100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.89%	99.39%	98.07%	95.68%	92.25%	88.03%	83.31%	78.37%	73.44%
26		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.92%	99.50%	98.35%	96.18%	92.99%	88.98%	84.43%	79.62%	74.76%
27		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.94%	99.59%	98.59%	96.62%	93.66%	89.86%	85.48%	80.80%	76.02%
28		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.95%	99.67%	98.79%	97.02%	94.27%	90.67%	86.46%	81.90%	77.22%
29		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.96%	99.73%	98.96%	97.36%	94.81%	91.41%	87.37%	82.95%	78.35%
30		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.97%	99.78%	99.11%	97.67%	95.31%	92.09%	88.22%	83.93%	79.43%
31		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.82%	99.24%	97.94%	95.76%	92.72%	89.01%	84.85%	80.46%
32		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.98%	99.85%	99.35%	98.18%	96.16%	93.30%	89.75%	85.72%	81.43%
33		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.88%	99.45%	98.39%	96.53%	93.83%	90.44%	86.54%	82.35%
34		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.90%	99.53%	98.58%	96.86%	94.32%	91.08%	87.32%	83.23%
35		100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	99.99%	99.92%	99.59%	98.74%	97.16%	94.78%	91.68%	88.05%	84.06%

Hasil dari seluruh pola pemasangan dan jarak kemudian dijadikan grafik seperti berikut:

Pola Segitiga



Pola Segiempat



Waktu pemampatan yang diijinkan apabila menggunakan PVD tidak lebih dari 6 bulan. Hal ini dikarenakan ketika PVD terpasang selama lebih dari 6 bulan dikawatirkan sudah mengalami penyumbatan sehingga tidak berfungsi secara maksimal. Maka dari itu dalam perencanaan digunakan pola pemasangan segitiga dengan jarak 1,1 meter yang akan mencapai derajat konsolidasi lebih dari 90% dalam waktu 24 minggu.

Lampiran 5
Timbunan bertahap

Jadwal penimbunan bertahap zona E dengan kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir 8,7 m

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

Nilai ΔP tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir 8,7 m

Perubahan Teg.			Po'	ΔP1'	ΔP2'	ΔP3'	ΔP4'	ΔP5'	ΔP6'	ΔP7'	ΔP8'	ΔP9'	ΔP10'
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)													
0	s/d	1	3.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.99	9.98	9.96
1	s/d	2	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.97	9.96	9.94
2	s/d	3	15.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.98	9.97	9.95	9.93	9.91
3	s/d	4	21.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.97	9.96	9.95	9.93	9.90	9.87
4	s/d	5	27.00	9.99	9.98	9.98	9.97	9.96	9.94	9.92	9.89	9.86	9.81
5	s/d	6	33.00	9.98	9.97	9.96	9.95	9.93	9.91	9.88	9.85	9.81	9.75
6	s/d	7	39.00	9.97	9.96	9.95	9.93	9.91	9.88	9.84	9.80	9.75	9.68
7	s/d	8	45.00	9.95	9.94	9.92	9.90	9.87	9.84	9.79	9.74	9.68	9.60
8	s/d	8.5	49.50	9.94	9.92	9.90	9.87	9.84	9.80	9.75	9.69	9.62	9.54
8.5	s/d	9	52.78	9.93	9.91	9.88	9.85	9.82	9.78	9.72	9.66	9.58	9.49
9	s/d	10	58.10	9.91	9.89	9.86	9.82	9.78	9.73	9.67	9.60	9.52	9.42
10	s/d	11	65.20	9.88	9.85	9.82	9.78	9.73	9.67	9.60	9.52	9.43	9.32
11	s/d	11.5	70.53	9.86	9.82	9.78	9.74	9.68	9.62	9.55	9.46	9.36	9.24

Nilai ΔP tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir 8,7 m

Perubahan Teg.			Po'	ΔP11'	ΔP12'	ΔP13'	ΔP14'	ΔP15'	ΔP16'	ΔP17'	ΔP18'	ΔP19'	ΔP120'
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)													
0	s/d	1	3.00	9.95	9.92	9.89	9.85	9.79	9.71	9.61	9.48	9.31	6.70
1	s/d	2	9.00	9.92	9.88	9.84	9.78	9.70	9.61	9.48	9.33	9.13	6.55
2	s/d	3	15.00	9.87	9.83	9.77	9.70	9.61	9.49	9.34	9.16	8.94	6.39
3	s/d	4	21.00	9.82	9.77	9.69	9.61	9.50	9.36	9.19	8.99	8.75	6.23
4	s/d	5	27.00	9.76	9.69	9.61	9.50	9.37	9.22	9.03	8.81	8.54	6.07
5	s/d	6	33.00	9.69	9.61	9.51	9.38	9.24	9.07	8.86	8.62	8.34	5.91
6	s/d	7	39.00	9.60	9.51	9.40	9.26	9.10	8.91	8.68	8.42	8.13	5.75
7	s/d	8	45.00	9.51	9.41	9.28	9.12	8.95	8.74	8.50	8.23	7.92	5.59
8	s/d	8.5	49.50	9.44	9.32	9.18	9.02	8.83	8.61	8.36	8.08	7.76	5.47
8.5	s/d	9	52.78	9.39	9.26	9.12	8.95	8.75	8.53	8.27	7.98	7.66	5.39
9	s/d	10	58.10	9.31	9.17	9.02	8.84	8.63	8.40	8.13	7.84	7.51	5.28
10	s/d	11	65.20	9.19	9.05	8.88	8.69	8.47	8.22	7.95	7.64	7.31	5.13
11	s/d	11.5	70.53	9.10	8.95	8.77	8.57	8.35	8.09	7.81	7.50	7.16	5.02

Perubahan tegangan tiap tahapan penimbunan dengan kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir 8,7 m

Elevasi dari tanah dasar			Z	Po'	σ1'	σ2'	σ3'	σ4'	σ5'	σ6'	σ7'	σ8'	σ9'	σ10'
			m	KN/m2	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
					0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
0	s/d	1	0.5	3.00	13.00	23.00	33.00	43.00	53.00	62.99	72.98	82.97	92.94	102.91
1	s/d	2	1.5	9.00	19.00	29.00	39.00	48.99	58.99	68.97	78.95	88.93	98.89	108.83
2	s/d	3	2.5	15.00	25.00	34.99	44.99	54.98	64.96	74.94	84.91	94.86	104.79	114.70
3	s/d	4	3.5	21.00	31.00	40.99	50.97	60.96	70.93	80.89	90.84	100.76	110.66	120.53
4	s/d	5	4.5	27.00	36.99	46.97	56.95	66.92	76.88	86.82	96.73	106.63	116.48	126.30
5	s/d	6	5.5	33.00	42.98	52.96	62.92	72.87	82.80	92.71	102.60	112.45	122.26	132.01
6	s/d	7	6.5	39.00	48.97	58.93	68.87	78.80	88.71	98.58	108.43	118.23	127.97	137.66
7	s/d	8	7.5	45.00	54.95	64.89	74.82	84.71	94.58	104.42	114.22	123.96	133.64	143.24
8	s/d	8.5	8.25	49.50	59.44	69.36	79.26	89.14	98.98	108.78	118.53	128.22	137.85	147.39
8.5	s/d	9	8.75	52.78	62.70	72.61	82.50	92.35	102.17	111.95	121.67	131.33	140.91	150.41
9	s/d	10	9.5	58.10	68.01	77.90	87.75	97.58	107.36	117.09	126.77	136.37	145.89	155.31
10	s/d	11	10.5	65.20	75.08	84.93	94.75	104.53	114.26	123.93	133.53	143.06	152.48	161.81
11	s/d	11.5	11.25	70.53	80.38	90.20	99.99	109.73	119.41	129.03	138.58	148.04	157.39	166.63

Perubahan tegangan tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir 8,7 m (Lanjutan)

Elevasi dari tanah dasar			Z	Po'	σ11'	σ12'	σ13'	σ14'	σ15'	σ16'	σ17'	σ18'	σ19'	σ20'	
			m	KN/m2	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
					5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	0.37	
0	s/d	1	0.5	3.00	112.86	122.78	132.67	142.52	152.30	162.01	171.62	181.10	190.41	197.10	
1	s/d	2	1.5	9.00	118.74	128.62	138.46	148.24	157.94	167.55	177.03	186.36	195.49	202.04	
2	s/d	3	2.5	15.00	124.57	134.40	144.17	153.87	163.48	172.97	182.32	191.48	200.42	206.82	
3	s/d	4	3.5	21.00	130.35	140.11	149.81	159.41	168.91	178.27	187.46	196.45	205.20	211.43	
4	s/d	5	4.5	27.00	136.06	145.75	155.35	164.85	174.23	183.44	192.47	201.28	209.82	215.90	
5	s/d	6	5.5	33.00	141.70	151.30	160.81	170.19	179.43	188.50	197.36	205.97	214.31	220.22	
6	s/d	7	6.5	39.00	147.26	156.77	166.17	175.43	184.52	193.43	202.11	210.54	218.66	224.41	
7	s/d	8	7.5	45.00	152.76	162.16	171.44	180.56	189.51	198.25	206.75	214.98	222.90	228.49	
8	s/d	8.5	8.25	49.50	156.83	166.15	175.33	184.35	193.18	201.79	210.16	218.24	226.00	231.47	
8.5	s/d	9	8.75	52.78	159.79	169.06	178.17	187.12	195.87	204.40	212.67	220.66	228.32	233.71	
9	s/d	10	9.5	58.10	164.62	173.79	182.81	191.65	200.28	208.68	216.81	224.65	232.16	237.43	
10	s/d	11	10.5	65.20	171.00	180.05	188.92	197.61	206.08	214.30	222.25	229.89	237.20	242.33	
11	s/d	11.5	11.25	70.53	175.74	184.69	193.46	202.03	210.37	218.47	226.28	233.78	240.94	245.96	

Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi U<100% dengan kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir 8,7 m

Perubahan Teg.			Po'	ΔP1'	ΔP2'	ΔP3'	ΔP4'	ΔP5'	ΔP6'	ΔP7'	ΔP8'	ΔP9'	ΔP10'	ΔP11'
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Umur Timbunan			-	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
U permunggu (%)			1	95.0%	94.2%	93.3%	92.3%	91.0%	89.6%	87.9%	86.0%	83.7%	81.1%	78.1%
Kedalaman (m)			1	95.0%	94.2%	93.3%	92.3%	91.0%	89.6%	87.9%	86.0%	83.7%	81.1%	78.1%
0	s/d	1	3.00	9.09	9.26	9.21	9.13	9.01	8.87	8.70	8.51	8.28	8.01	7.69
1	s/d	2	9.00	9.31	9.30	9.23	9.14	9.02	8.87	8.70	8.50	8.27	7.99	7.67
2	s/d	3	15.00	9.37	9.33	9.25	9.14	9.02	8.87	8.70	8.49	8.25	7.97	7.64
3	s/d	4	21.00	9.40	9.34	9.25	9.14	9.01	8.86	8.68	8.47	8.23	7.94	7.60
4	s/d	5	27.00	9.42	9.34	9.25	9.14	9.00	8.85	8.66	8.45	8.19	7.90	7.56
5	s/d	6	33.00	9.42	9.34	9.24	9.13	8.99	8.83	8.64	8.41	8.16	7.85	7.51
6	s/d	7	39.00	9.42	9.33	9.23	9.11	8.97	8.80	8.60	8.38	8.11	7.80	7.45
7	s/d	8	45.00	9.41	9.32	9.21	9.09	8.94	8.77	8.56	8.33	8.06	7.74	7.38
8	s/d	8.5	49.50	9.40	9.31	9.20	9.07	8.91	8.74	8.53	8.29	8.01	7.69	7.32
8.5	s/d	9	52.78	9.39	9.30	9.19	9.05	8.90	8.72	8.50	8.26	7.98	7.65	7.28
9	s/d	10	58.10	9.38	9.28	9.16	9.03	8.87	8.68	8.46	8.22	7.93	7.60	7.22
10	s/d	11	65.20	9.36	9.25	9.13	8.99	8.82	8.63	8.40	8.15	7.85	7.52	7.14
11	s/d	11.5	70.53	9.34	9.23	9.10	8.95	8.78	8.58	8.36	8.10	7.80	7.46	7.07

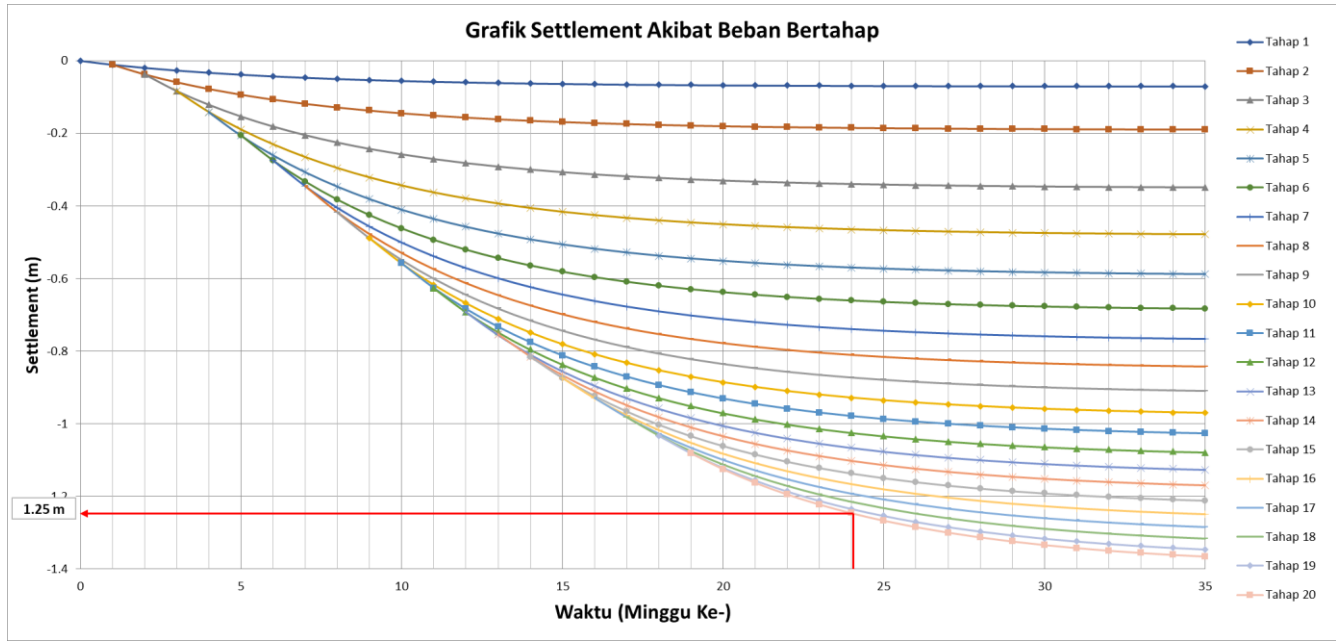
Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi U<100% dengan kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir 8,7 m (Lanjutan)

Perubahan Teg.			Po'	ΔP12'	ΔP13'	ΔP14'	ΔP15'	ΔP16'	ΔP17'	ΔP18'	ΔP19'	ΔP20'	Σσ'	Σσ'
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²		
Umur Timbunan			-	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
U permunggu (%)			1	74.6%	70.5%	65.7%	60.2%	53.8%	46.2%	37.5%	27.2%	15.1%	kn/m2	kg/cm ²
Kedalaman (m)			1	74.6%	70.5%	65.7%	60.2%	53.8%	46.2%	37.5%	27.2%	15.1%	kn/m2	kg/cm ²
0	s/d	1	3.00	7.32	6.89	6.39	5.81	5.14	4.37	3.49	2.49	1.00	141.67	1.416713
1	s/d	2	9.00	7.29	6.86	6.35	5.77	5.09	4.32	3.44	2.44	0.98	147.55	1.475544
2	s/d	3	15.00	7.26	6.82	6.30	5.71	5.03	4.26	3.38	2.40	0.96	153.14	1.531424
3	s/d	4	21.00	7.22	6.77	6.25	5.65	4.97	4.19	3.32	2.34	0.93	158.57	1.585707
4	s/d	5	27.00	7.16	6.71	6.18	5.58	4.90	4.12	3.26	2.29	0.91	163.87	1.638673
5	s/d	6	33.00	7.10	6.64	6.11	5.50	4.82	4.05	3.19	2.24	0.88	169.05	1.690451
6	s/d	7	39.00	7.04	6.57	6.03	5.42	4.73	3.97	3.12	2.18	0.86	174.11	1.741133
7	s/d	8	45.00	6.96	6.48	5.94	5.33	4.65	3.89	3.05	2.13	0.84	179.08	1.790799
8	s/d	8.5	49.50	6.90	6.42	5.88	5.27	4.58	3.83	2.99	2.09	0.82	182.74	1.827431
8.5	s/d	9	52.78	6.86	6.38	5.83	5.22	4.54	3.78	2.96	2.06	0.81	185.43	1.854345
9	s/d	10	58.10	6.79	6.31	5.76	5.15	4.47	3.72	2.91	2.02	0.79	189.85	1.898475
10	s/d	11	65.20	6.70	6.21	5.67	5.05	4.38	3.64	2.84	1.97	0.77	195.66	1.956632
11	s/d	11.5	70.53	6.63	6.14	5.59	4.98	4.31	3.58	2.78	1.93	0.75	199.98	1.999785

Nilai perubahan Cu pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir 8,7 m

Kedalaman (m)			PI	Cu Lama	Cu Baru	Cu Baru	Cu Pakai	Cu Transisi	Cu Transisi
			%	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
0	s/d	1	79.37	0.092	0.163	0.166	0.166	0.127	0.129
1	s/d	2	79.37	0.092	0.167			0.129	
2	s/d	3	79.37	0.092	0.170	0.175	0.175	0.131	0.173
3	s/d	4	79.37	0.17	0.173			0.172	
4	s/d	5	79.37	0.17	0.177	0.182	0.210	0.173	0.196
5	s/d	6	79.37	0.21	0.180			0.195	
6	s/d	7	79.37	0.21	0.183	0.188	0.220	0.197	0.204
7	s/d	8	79.37	0.22	0.186			0.203	
8	s/d	8.5	79.37	0.22	0.189	0.195	0.370	0.204	0.282
8.5	s/d	9	79.37	0.37	0.190			0.280	
9	s/d	10	79.37	0.37	0.193	0.195	0.370	0.282	0.282
10	s/d	11	79.37	0.37	0.197			0.283	
11	s/d	11.5	79.37	0.37	0.200			0.285	

Grafik pemampatan akibat beban bertahap pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 11,5 m dan tinggi akhir 8,7 m



Pemampatan per tahapan akibat adanya PVD 10 meter dan sisa pemampatan pertahapan yang tidak dipasang PVD

Total Sc Dengan PVD (10 meter)			Sc Tanpa PVD (1,5 m)		
No	Sc	Satuan	No	SC	Satuan
1	0.0708	meter	1	0.002559	meter
2	0.1202	meter	2	0.006404	meter
3	0.1607	meter	3	0.009967	meter
4	0.1306	meter	4	0.008964	meter
5	0.1104	meter	5	0.008134	meter
6	0.0959	meter	6	0.007434	meter
7	0.0847	meter	7	0.006835	meter
8	0.0759	meter	8	0.006313	meter
9	0.0687	meter	9	0.005853	meter
10	0.0627	meter	10	0.005443	meter
11	0.0576	meter	11	0.005072	meter
12	0.0532	meter	12	0.004733	meter
13	0.0493	meter	13	0.00442	meter
14	0.0458	meter	14	0.004128	meter
15	0.0427	meter	15	0.003854	meter
16	0.0397	meter	16	0.003593	meter
17	0.0370	meter	17	0.003345	meter
18	0.0345	meter	18	0.003105	meter
19	0.0320	meter	19	0.002874	meter
20	0.0220	meter	20	0.001965	meter
Total Sc	1.3945	Meter	Total Sc	0.104994	Meter

Rate of settlement yang terjadi pada tanah yang tidak dipasang PVD

Settlement Pertahun				
Settlement	=	0.1050	m	
Tahun ke-	T_v	U_v (%)	Sc (m)	Selisih
0	0	0	0	0
1	0.01	11.64%	0.01	0.012
2	0.02	16.46%	0.02	0.005
3	0.03	20.16%	0.02	0.004
4	0.04	23.28%	0.02	0.003
5	0.05	26.03%	0.03	0.003

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai *rate of settlement* pada tahun pertama penimbunan sebesar 1,2 cm/tahun dan kurang dari 2,5 cm/tahun. Maka timbunan aman terhadap kemungkinan terjadi *differential settlement*.

Jadwal penimbunan bertahap zona D dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 8,1 m

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

Nilai ΔP tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 8,1 m

Perubahan Teg.			Po`	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P9'$
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)												
0	s/d	1	3.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.97
1	s/d	2	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.97	9.95
2	s/d	3	15.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.98	9.97	9.96	9.95	9.92
3	s/d	4	21.00	9.99	9.99	9.99	9.98	9.97	9.96	9.94	9.92	9.89
4	s/d	5	27.00	9.99	9.98	9.98	9.97	9.95	9.93	9.91	9.88	9.84
5	s/d	6	33.00	9.98	9.97	9.96	9.95	9.93	9.90	9.87	9.83	9.78
6	s/d	7	39.00	9.97	9.95	9.94	9.92	9.90	9.86	9.83	9.78	9.72
7	s/d	8	45.00	9.95	9.93	9.91	9.89	9.86	9.82	9.77	9.71	9.65
8	s/d	8.5	49.50	9.93	9.91	9.89	9.86	9.83	9.78	9.73	9.66	9.58
8.5	s/d	9	52.78	9.92	9.90	9.87	9.84	9.80	9.75	9.69	9.62	9.54
9	s/d	10	58.10	9.90	9.88	9.84	9.81	9.76	9.71	9.64	9.56	9.47
10	s/d	11	65.20	9.87	9.84	9.80	9.76	9.70	9.64	9.56	9.48	9.37
11	s/d	12	72.30	9.83	9.80	9.75	9.70	9.64	9.57	9.48	9.38	9.27
12	s/d	13	79.40	9.79	9.75	9.70	9.65	9.57	9.49	9.39	9.28	9.16
13	s/d	14	86.50	9.74	9.69	9.64	9.60	9.49	9.40	9.29	9.18	9.04

Nilai ΔP tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 8,1 m (Lanjutan)

Perubahan Teg.			$\Delta P10'$	$\Delta P11'$	$\Delta P12'$	$\Delta P13'$	$\Delta P14'$	$\Delta P15'$	$\Delta P16'$	$\Delta P17'$	$\Delta P18'$	$\Delta P19'$
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)												
0	s/d	1	9.96	9.94	9.91	9.87	9.82	9.76	9.66	9.55	9.39	6.80
1	s/d	2	9.93	9.90	9.87	9.81	9.75	9.66	9.55	9.40	9.22	6.66
2	s/d	3	9.90	9.86	9.81	9.74	9.66	9.55	9.42	9.25	9.04	6.51
3	s/d	4	9.85	9.80	9.74	9.65	9.55	9.43	9.27	9.08	8.85	6.35
4	s/d	5	9.79	9.73	9.65	9.56	9.44	9.29	9.11	8.90	8.65	6.19
5	s/d	6	9.72	9.65	9.56	9.44	9.31	9.14	8.95	8.71	8.44	6.02
6	s/d	7	9.65	9.56	9.45	9.32	9.17	8.99	8.77	8.52	8.23	5.86
7	s/d	8	9.56	9.46	9.34	9.19	9.02	8.82	8.59	8.33	8.02	5.70
8	s/d	8.5	9.49	9.38	9.25	9.09	8.91	8.70	8.46	8.18	7.87	5.58
8.5	s/d	9	9.44	9.32	9.18	9.02	8.83	8.61	8.36	8.08	7.76	5.50
9	s/d	10	9.36	9.23	9.08	8.91	8.71	8.48	8.23	7.94	7.61	5.38
10	s/d	11	9.25	9.11	8.95	8.76	8.55	8.31	8.04	7.74	7.41	5.23
11	s/d	12	9.13	8.98	8.81	8.61	8.39	8.14	7.86	7.55	7.21	5.09
12	s/d	13	9.01	8.85	8.66	8.46	8.22	7.96	7.68	7.36	7.02	4.94
13	s/d	14	8.89	8.71	8.52	8.30	8.06	7.79	7.50	7.18	6.84	4.81

**Perubahan tegangan tiap tahapan penimbunan dengan kedalaman tanah lunak
14 m dan tinggi akhir 8,1 m**

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Po'	σ1'	σ2'	σ3'	σ4'	σ5'	σ6'	σ7'	σ8'	σ9'	σ10'
				m	KN/m2	kn/m ² 0.5	kn/m ² 1	kn/m ² 1.5	kn/m ² 2	kn/m ² 2.5	kn/m ² 3	kn/m ² 3.5	kn/m ² 4	kn/m ² 4.5	kn/m ² 5
0	s/d	1	a	0.5	3.00	13.00	23.00	33.00	43.00	53.00	62.99	72.98	82.96	92.94	102.90
1	s/d	2	b	1.5	9.00	19.00	29.00	39.00	48.99	58.98	68.97	78.95	88.92	98.87	108.80
2	s/d	3	c	2.5	15.00	25.00	34.99	44.99	54.98	64.96	74.94	84.90	94.84	104.77	114.66
3	s/d	4	d	3.5	21.00	30.99	40.99	50.97	60.95	70.92	80.88	90.82	100.74	110.62	120.47
4	s/d	5	e	4.5	27.00	36.99	46.97	56.95	66.91	76.86	86.80	96.71	106.59	116.43	126.22
5	s/d	6	f	5.5	33.00	42.98	52.95	62.91	72.86	82.78	92.69	102.56	112.39	122.18	131.90
6	s/d	7	g	6.5	39.00	48.97	58.92	68.86	78.78	88.68	98.54	108.37	118.15	127.87	137.51
7	s/d	8	h	7.5	45.00	54.95	64.88	74.80	84.69	94.54	104.36	114.14	123.85	133.50	143.06
8	s/d	8.5	i	8.25	49.50	59.43	69.35	79.24	89.10	98.93	108.71	118.43	128.10	137.68	147.17
8.5	s/d	9	j	8.75	52.78	62.70	72.60	82.47	92.31	102.11	111.87	121.56	131.18	140.72	150.16
9	s/d	10	k	9.5	58.10	68.00	77.88	87.72	97.53	107.29	117.00	126.64	136.20	145.67	155.04
10	s/d	11	l	10.5	65.20	75.07	84.91	94.71	104.47	114.17	123.81	133.37	142.85	152.22	161.47
11	s/d	12	m	11.5	72.30	82.13	91.93	101.68	111.38	121.02	130.58	140.07	149.45	158.71	167.85
12	s/d	13	n	12.5	79.40	89.19	98.94	108.64	118.29	127.85	137.34	146.73	156.01	165.17	174.18
13	s/d	14	o	13.5	86.50	96.24	105.94	115.57	125.17	134.66	144.06	153.36	162.53	171.57	180.46

**Perubahan tegangan tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan
tinggi akhir 8,1 m (Lanjutan)**

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Po'	σ11'	σ12'	σ13'	σ14'	σ15'	σ16'	σ17'	σ18'	σ19'
				m	KN/m2	kn/m ² 5.5	kn/m ² 6	kn/m ² 6.5	kn/m ² 7	kn/m ² 7.5	kn/m ² 8	kn/m ² 8.5	kn/m ² 9	kn/m ² 0.37
0	s/d	1	a	0.5	3.00	112.84	122.75	132.62	142.45	152.20	161.87	171.41	180.80	187.61
1	s/d	2	b	1.5	9.00	118.71	128.57	138.39	148.14	157.80	167.35	176.75	185.97	192.63
2	s/d	3	c	2.5	15.00	124.52	134.33	144.07	153.73	163.28	172.69	181.94	190.98	197.49
3	s/d	4	d	3.5	21.00	130.27	140.01	149.66	159.21	168.64	177.91	186.99	195.84	202.18
4	s/d	5	e	4.5	27.00	135.95	145.60	155.15	164.59	173.88	182.99	191.89	200.54	206.73
5	s/d	6	f	5.5	33.00	141.55	151.11	160.55	169.86	179.00	187.95	196.66	205.10	211.12
6	s/d	7	g	6.5	39.00	147.07	156.52	165.85	175.02	184.00	192.78	201.30	209.53	215.39
7	s/d	8	h	7.5	45.00	152.52	161.85	171.05	180.07	188.89	197.49	205.81	213.84	219.54
8	s/d	8.5	i	8.25	49.50	156.55	165.79	174.88	183.79	192.49	200.95	209.13	216.99	222.57
8.5	s/d	9	j	8.75	52.78	159.49	168.67	177.69	186.52	195.13	203.50	211.58	219.34	224.84
9	s/d	10	k	9.5	58.10	164.27	173.35	182.27	190.98	199.46	207.69	215.62	223.23	228.62
10	s/d	11	l	10.5	65.20	170.58	179.53	188.30	196.85	205.16	213.20	220.94	228.35	233.58
11	s/d	12	m	11.5	72.30	176.83	185.64	194.25	202.64	210.77	218.63	226.18	233.39	238.48
12	s/d	13	n	12.5	79.40	183.03	191.69	200.15	208.37	216.33	224.01	231.37	238.39	243.33
13	s/d	14	o	13.5	86.50	189.17	197.69	205.99	214.04	221.83	229.33	236.51	243.34	248.15

Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $U < 100\%$ dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 8,1 m

Perubahan Teg.			Po'	ΔP1'	ΔP2'	ΔP3'	ΔP4'	ΔP5'	ΔP6'	ΔP7'	ΔP8'	ΔP9'	ΔP10'
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Umur Timbunan			-	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
U perminggu (%)													
Kedalaman (m)			1	94.2%	93.3%	92.3%	91.0%	89.6%	87.9%	86.0%	83.7%	81.1%	78.1%
0	s/d	1	3.00	8.95	9.14	9.09	8.99	8.86	8.69	8.50	8.27	8.00	7.69
1	s/d	2	9.00	9.20	9.19	9.11	9.00	8.86	8.70	8.50	8.27	7.99	7.67
2	s/d	3	15.00	9.27	9.22	9.13	9.01	8.86	8.69	8.49	8.25	7.98	7.65
3	s/d	4	21.00	9.31	9.23	9.13	9.01	8.86	8.68	8.48	8.23	7.95	7.62
4	s/d	5	27.00	9.32	9.24	9.13	9.00	8.85	8.67	8.46	8.21	7.92	7.58
5	s/d	6	33.00	9.33	9.24	9.13	8.99	8.83	8.65	8.43	8.17	7.88	7.53
6	s/d	7	39.00	9.33	9.23	9.11	8.97	8.81	8.62	8.39	8.13	7.83	7.47
7	s/d	8	45.00	9.32	9.22	9.10	8.95	8.78	8.58	8.35	8.08	7.77	7.41
8	s/d	8.5	49.50	9.31	9.20	9.08	8.93	8.75	8.55	8.31	8.04	7.72	7.36
8.5	s/d	9	52.78	9.30	9.19	9.06	8.91	8.73	8.53	8.29	8.01	7.69	7.32
9	s/d	10	58.10	9.29	9.17	9.04	8.88	8.70	8.49	8.24	7.96	7.63	7.26
10	s/d	11	65.20	9.26	9.14	9.00	8.84	8.65	8.43	8.18	7.89	7.56	7.18
11	s/d	12	72.30	9.23	9.11	8.96	8.79	8.60	8.37	8.11	7.81	7.48	7.09
12	s/d	13	79.40	9.20	9.07	8.91	8.75	8.54	8.30	8.04	7.73	7.39	7.00
13	s/d	14	86.50	9.15	9.02	8.86	8.71	8.47	8.23	7.96	7.65	7.30	6.90

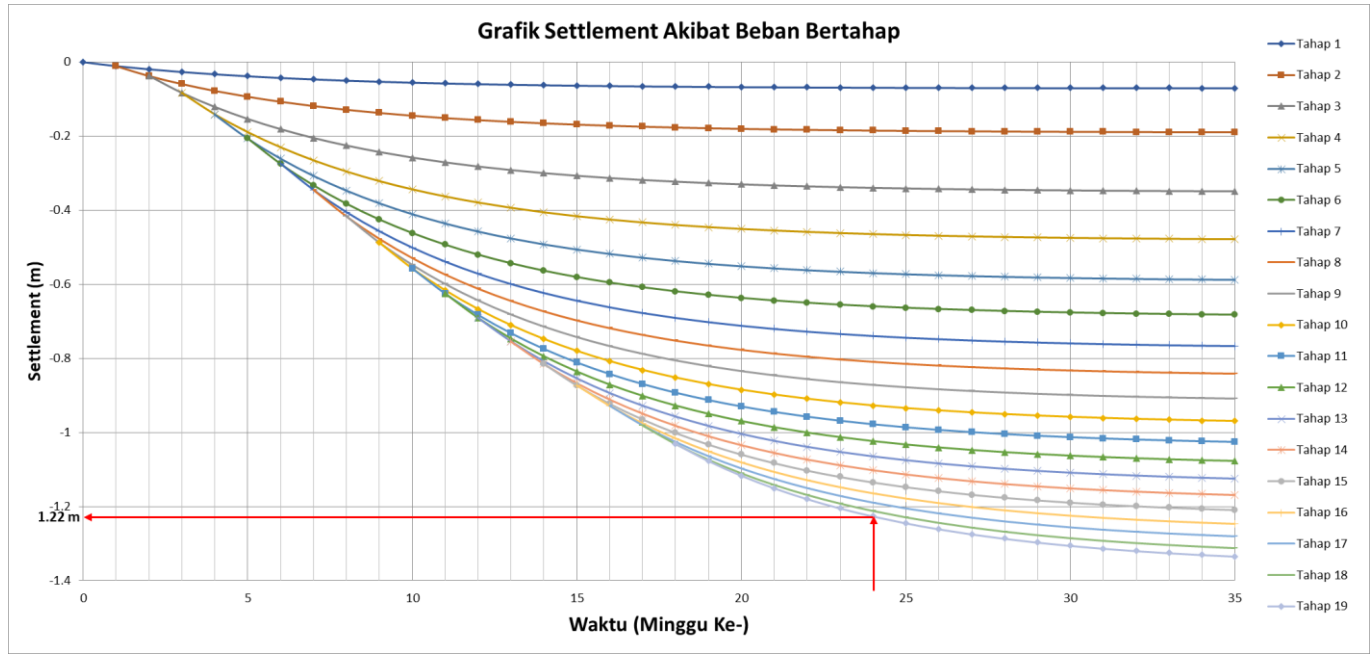
Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $U < 100\%$ dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 8,1 m (Lanjutan)

Perubahan Teg.			Po'	ΔP11'	ΔP12'	ΔP13'	ΔP14'	ΔP15'	ΔP16'	ΔP17'	ΔP18'	ΔP19'	Σσ'	Σσ'
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²		
Umur Timbunan			-	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
U perminggu (%)														
Kedalaman (m)			1	74.6%	70.5%	65.7%	60.2%	53.8%	46.2%	37.5%	27.2%	15.1%	kn/m ²	kg/cm ²
0	s/d	1	3.00	7.33	6.90	6.40	5.83	5.16	4.40	3.51	2.51	1.01	132.24	1.32
1	s/d	2	9.00	7.30	6.87	6.37	5.79	5.12	4.35	3.47	2.46	0.99	138.22	1.38
2	s/d	3	15.00	7.27	6.83	6.33	5.74	5.06	4.29	3.41	2.42	0.97	143.88	1.44
3	s/d	4	21.00	7.23	6.79	6.27	5.68	5.00	4.23	3.35	2.37	0.95	149.38	1.49
4	s/d	5	27.00	7.19	6.73	6.21	5.61	4.93	4.16	3.29	2.32	0.93	154.74	1.55
5	s/d	6	33.00	7.13	6.67	6.14	5.54	4.85	4.08	3.22	2.26	0.90	159.98	1.60
6	s/d	7	39.00	7.07	6.60	6.07	5.46	4.77	4.01	3.15	2.21	0.88	165.11	1.65
7	s/d	8	45.00	7.00	6.52	5.99	5.38	4.69	3.93	3.08	2.15	0.85	170.14	1.70
8	s/d	8.5	49.50	6.94	6.46	5.92	5.31	4.63	3.87	3.03	2.11	0.84	173.85	1.74
8.5	s/d	9	52.78	6.90	6.42	5.88	5.26	4.58	3.82	2.99	2.09	0.82	176.58	1.77
9	s/d	10	58.10	6.84	6.35	5.81	5.20	4.51	3.76	2.94	2.05	0.81	181.04	1.81
10	s/d	11	65.20	6.75	6.26	5.71	5.10	4.42	3.68	2.87	1.99	0.78	186.92	1.87
11	s/d	12	72.30	6.65	6.16	5.62	5.01	4.33	3.60	2.80	1.94	0.76	192.73	1.93
12	s/d	13	79.40	6.56	6.06	5.52	4.91	4.24	3.52	2.73	1.89	0.74	198.49	1.98
13	s/d	14	86.50	6.46	5.96	5.42	4.81	4.15	3.44	2.67	1.84	0.72	204.21	2.04

Nilai perubahan Cu pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 8,1 m

Kedalaman (m)			PI	Cu Lama	Cu Baru	Cu Baru	Cu Pakai	Cu Transisi	Cu Transisi
			%	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
0	s/d	1	79.37	0.092	0.157	0.161	0.161	0.124	0.126
1	s/d	2	79.37	0.092	0.161			0.126	
2	s/d	3	79.37	0.092	0.164			0.128	
3	s/d	4	79.37	0.17	0.168	0.169	0.170	0.169	0.170
4	s/d	5	79.37	0.17	0.171			0.171	
5	s/d	6	79.37	0.21	0.174	0.176	0.210	0.192	0.193
6	s/d	7	79.37	0.21	0.178			0.194	
7	s/d	8	79.37	0.22	0.181	0.182	0.220	0.200	0.201
8	s/d	8.5	79.37	0.22	0.183			0.202	
8.5	s/d	9	79.37	0.37	0.185			0.277	
9	s/d	10	79.37	0.37	0.188	0.190	0.370	0.279	0.280
10	s/d	11	79.37	0.37	0.191			0.281	
11	s/d	11.5	79.37	0.37	0.195			0.282	

Grafik pemampatan akibat beban bertahap pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 8,1 m



Pemampatan per tahapan akibat adanya PVD 10 meter dan sisa pemampatan
pertahanan yang tidak dipasang PVD

Total Sc Dengan PVD (10 meter)			Sc Tanpa PVD (4m)		
No	Sc	Satuan	No	SC	Satuan
1	0.0708	meter	1	0.0061	meter
2	0.1201	meter	2	0.0152	meter
3	0.1606	meter	3	0.0242	meter
4	0.1305	meter	4	0.0219	meter
5	0.1104	meter	5	0.0200	meter
6	0.0958	meter	6	0.0183	meter
7	0.0847	meter	7	0.0169	meter
8	0.0759	meter	8	0.0157	meter
9	0.0686	meter	9	0.0146	meter
10	0.0626	meter	10	0.0135	meter
11	0.0575	meter	11	0.0126	meter
12	0.0530	meter	12	0.0118	meter
13	0.0491	meter	13	0.0110	meter
14	0.0456	meter	14	0.0102	meter
15	0.0423	meter	15	0.0095	meter
16	0.0394	meter	16	0.0089	meter
17	0.0366	meter	17	0.0082	meter
18	0.0340	meter	18	0.0076	meter
19	0.0234	meter	19	0.0052	meter
Total Sc	1.3609	Meter	Total Sc	0.252	Meter

Rate of settlement yang terjadi pada tanah yang tidak dipasang PVD

Settlement Pertahun				
Settlement		0.2516	m	
Tahun ke-	T_v	U_v (%)	Sc (m)	Selisih
0	0	0	0	0
1	0.008	9.83%	0.02	0.0247
2	0.015	13.90%	0.03	0.0102
3	0.023	17.02%	0.04	0.0079
4	0.030	19.65%	0.05	0.0066
5	0.038	21.97%	0.06	0.0058

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai *rate of settlement* pada tahun pertama penimbunan sebesar 2,47 cm/tahun dan kurang dari 2,5 cm/tahun. Maka timbunan aman terhadap kemungkinan terjadi *differential settlement*.

Jadwal penimbunan bertahap zona C dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 7 m

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

Nilai ΔP tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 7 m

Perubahan Teg.			Po`	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)											
0	s/d	1	3.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98
1	s/d	2	9.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.97	9.96
2	s/d	3	15.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.97	9.95	9.93
3	s/d	4	21.00	9.99	9.99	9.98	9.97	9.96	9.94	9.92	9.89
4	s/d	5	27.00	9.99	9.98	9.97	9.95	9.94	9.91	9.88	9.84
5	s/d	6	33.00	9.97	9.96	9.95	9.93	9.91	9.87	9.83	9.78
6	s/d	7	39.00	9.96	9.94	9.92	9.90	9.87	9.82	9.77	9.71
7	s/d	8	45.00	9.94	9.92	9.89	9.86	9.82	9.77	9.71	9.63
8	s/d	8.5	49.50	9.92	9.89	9.86	9.82	9.78	9.72	9.65	9.56
8.5	s/d	9	52.78	9.90	9.87	9.84	9.80	9.75	9.68	9.61	9.51
9	s/d	10	58.10	9.88	9.84	9.80	9.76	9.70	9.63	9.54	9.44
10	s/d	11	65.20	9.84	9.80	9.75	9.69	9.62	9.54	9.45	9.33
11	s/d	12	72.30	9.79	9.75	9.69	9.62	9.55	9.45	9.34	9.22
12	s/d	13	79.40	9.74	9.69	9.62	9.57	9.46	9.35	9.23	9.10
13	s/d	14	86.50	9.68	9.62	9.55	9.51	9.36	9.25	9.12	8.97

Nilai ΔP tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 7 m (Lanjutan)

Perubahan Teg.			Po`	$\Delta P9'$	$\Delta P10'$	$\Delta P11'$	$\Delta P12'$	$\Delta P13'$	$\Delta P14'$	$\Delta P15'$	$\Delta P16'$	$\Delta P17'$
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)												
0	s/d	1	3.00	9.96	9.94	9.92	9.88	9.82	9.75	9.64	9.51	2.75
1	s/d	2	9.00	9.94	9.91	9.87	9.81	9.74	9.64	9.51	9.35	2.69
2	s/d	3	15.00	9.90	9.86	9.80	9.73	9.64	9.52	9.36	9.17	2.64
3	s/d	4	21.00	9.85	9.79	9.73	9.64	9.52	9.38	9.20	8.97	2.58
4	s/d	5	27.00	9.79	9.72	9.63	9.53	9.39	9.22	9.02	8.77	2.52
5	s/d	6	33.00	9.71	9.63	9.53	9.40	9.25	9.06	8.83	8.56	2.45
6	s/d	7	39.00	9.63	9.53	9.41	9.27	9.09	8.89	8.64	8.35	2.39
7	s/d	8	45.00	9.54	9.42	9.29	9.12	8.93	8.70	8.44	8.13	2.32
8	s/d	8.5	49.50	9.46	9.33	9.19	9.01	8.80	8.57	8.29	7.97	2.28
8.5	s/d	9	52.78	9.40	9.27	9.12	8.93	8.72	8.47	8.19	7.87	2.25
9	s/d	10	58.10	9.32	9.18	9.01	8.81	8.59	8.33	8.04	7.71	2.20
10	s/d	11	65.20	9.20	9.04	8.86	8.65	8.41	8.14	7.84	7.50	2.14
11	s/d	12	72.30	9.07	8.90	8.70	8.48	8.23	7.95	7.64	7.29	2.08
12	s/d	13	79.40	8.94	8.75	8.55	8.31	8.05	7.76	7.44	7.09	2.02
13	s/d	14	86.50	8.80	8.61	8.39	8.15	7.88	7.58	7.25	6.90	1.96

Perubahan tegangan tiap tahapan penimbunan dengan kedalaman tanah
lunak 14 m dan tinggi akhir 7 m

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Po'	σ1'	σ2'	σ3'	σ4'	σ5'	σ6'	σ7'	σ8'	σ9'
				m	KN/m2	kn/m ² 0.5	kn/m ² 1	kn/m ² 1.5	kn/m ² 2	kn/m ² 2.5	kn/m ² 3	kn/m ² 3.5	kn/m ² 4	kn/m ² 4.5
0	s/d	1	a	0.5	3.00	13.00	23.00	33.00	43.00	52.99	62.99	72.97	82.95	92.92
1	s/d	2	b	1.5	9.00	19.00	29.00	38.99	48.99	58.98	68.96	78.93	88.89	98.83
2	s/d	3	c	2.5	15.00	25.00	34.99	44.98	54.97	64.95	74.92	84.87	94.79	104.69
3	s/d	4	d	3.5	21.00	30.99	40.98	50.96	60.94	70.90	80.84	90.76	100.65	110.50
4	s/d	5	e	4.5	27.00	36.99	46.96	56.93	66.89	76.82	86.74	96.62	106.46	116.25
5	s/d	6	f	5.5	33.00	42.97	52.94	62.89	72.82	82.72	92.60	102.43	112.21	121.92
6	s/d	7	g	6.5	39.00	48.96	58.90	68.82	78.72	88.59	98.41	108.19	117.90	127.53
7	s/d	8	h	7.5	45.00	54.94	64.85	74.74	84.60	94.42	104.19	113.89	123.52	133.06
8	s/d	8.5	i	8.25	49.50	59.42	69.31	79.17	89.00	98.77	108.49	118.14	127.70	137.16
8.5	s/d	9	j	8.75	52.78	62.68	72.55	82.39	92.19	101.94	111.62	121.23	130.74	140.14
9	s/d	10	k	9.5	58.10	67.98	77.82	87.63	97.38	107.08	116.71	126.25	135.69	145.00
10	s/d	11	l	10.5	65.20	75.04	84.84	94.59	104.28	113.91	123.45	132.90	142.23	151.42
11	s/d	12	m	11.5	72.30	82.09	91.84	101.53	111.15	120.70	130.15	139.49	148.71	157.78
12	s/d	13	n	12.5	79.40	89.14	98.83	108.45	118.02	127.48	136.83	146.07	155.16	164.10
13	s/d	14	o	13.5	86.50	96.18	105.81	115.35	124.86	134.23	143.48	152.60	161.57	170.37

Perubahan tegangan tiap tahapan penimbunan dengan kedalaman tanah
lunak 14 m dan tinggi akhir 7 m (Lanjutan)

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Po'	σ10'	σ11'	σ12'	σ13'	σ14'	σ15'	σ16'	σ17'
				m	KN/m2	kn/m ² 5	kn/m ² 5.5	kn/m ² 6	kn/m ² 6.5	kn/m ² 7	kn/m ² 7.5	kn/m ² 8	kn/m ² 8.5
0	s/d	1	a	0.5	3.00	102.86	112.78	122.65	132.47	142.22	151.86	161.37	164.11
1	s/d	2	b	1.5	9.00	108.73	118.60	128.41	138.15	147.79	157.30	166.65	169.34
2	s/d	3	c	2.5	15.00	114.55	124.35	134.08	143.72	153.24	162.60	171.77	174.41
3	s/d	4	d	3.5	21.00	120.30	130.02	139.66	149.18	158.56	167.75	176.73	179.31
4	s/d	5	e	4.5	27.00	125.97	135.60	145.12	154.52	163.74	172.76	181.53	184.05
5	s/d	6	f	5.5	33.00	131.55	141.08	150.49	159.73	168.79	177.62	186.19	188.64
6	s/d	7	g	6.5	39.00	137.06	146.47	155.74	164.83	173.72	182.36	190.71	193.09
7	s/d	8	h	7.5	45.00	142.48	151.77	160.89	169.82	178.53	186.97	195.10	197.42
8	s/d	8.5	i	8.25	49.50	146.49	155.68	164.69	173.49	182.06	190.35	198.32	200.60
8.5	s/d	9	j	8.75	52.78	149.42	158.53	167.46	176.18	184.65	192.84	200.71	202.95
9	s/d	10	k	9.5	58.10	154.18	163.19	172.00	180.59	188.92	196.95	204.66	206.86
10	s/d	11	l	10.5	65.20	160.46	169.32	177.97	186.38	194.52	202.36	209.86	212.00
11	s/d	12	m	11.5	72.30	166.68	175.38	183.87	192.10	200.05	207.69	214.98	217.06
12	s/d	13	n	12.5	79.40	172.85	181.40	189.71	197.77	205.53	212.97	220.07	222.09
13	s/d	14	o	13.5	86.50	178.97	187.36	195.51	203.38	210.96	218.21	225.11	227.07

**Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $U < 100\%$
dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 7 m**

Perubahan Teg.			Po`	ΔP1`	ΔP2`	ΔP3`	ΔP4`	ΔP5`	ΔP6`	ΔP7`	ΔP8`	ΔP9`
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Umur Timbunan			-	17	16	15	14	13	12	11	10	9
U perminggu (%)			1	92.3%	91.0%	89.6%	87.9%	86.0%	83.7%	81.1%	78.1%	74.6%
Kedalaman (m)												
0	s/d	1	3.00	8.61	8.85	8.78	8.65	8.47	8.25	7.99	7.68	7.32
1	s/d	2	9.00	8.93	8.92	8.81	8.66	8.48	8.25	7.99	7.67	7.31
2	s/d	3	15.00	9.03	8.95	8.83	8.67	8.48	8.25	7.98	7.66	7.29
3	s/d	4	21.00	9.07	8.97	8.84	8.67	8.47	8.24	7.96	7.64	7.26
4	s/d	5	27.00	9.10	8.98	8.84	8.67	8.46	8.22	7.93	7.60	7.22
5	s/d	6	33.00	9.10	8.98	8.83	8.65	8.44	8.19	7.90	7.56	7.17
6	s/d	7	39.00	9.10	8.97	8.82	8.63	8.41	8.16	7.86	7.51	7.11
7	s/d	8	45.00	9.10	8.96	8.79	8.60	8.38	8.11	7.81	7.45	7.04
8	s/d	8.5	49.50	9.08	8.94	8.77	8.57	8.34	8.08	7.76	7.40	6.99
8.5	s/d	9	52.78	9.07	8.93	8.76	8.56	8.32	8.05	7.73	7.37	6.95
9	s/d	10	58.10	9.06	8.91	8.73	8.52	8.28	8.00	7.68	7.31	6.89
10	s/d	11	65.20	9.03	8.87	8.69	8.47	8.22	7.94	7.61	7.23	6.80
11	s/d	12	72.30	8.99	8.83	8.64	8.41	8.16	7.87	7.53	7.15	6.71
12	s/d	13	79.40	8.95	8.78	8.58	8.37	8.09	7.79	7.45	7.06	6.62
13	s/d	14	86.50	8.90	8.72	8.52	8.32	8.01	7.70	7.36	6.96	6.52

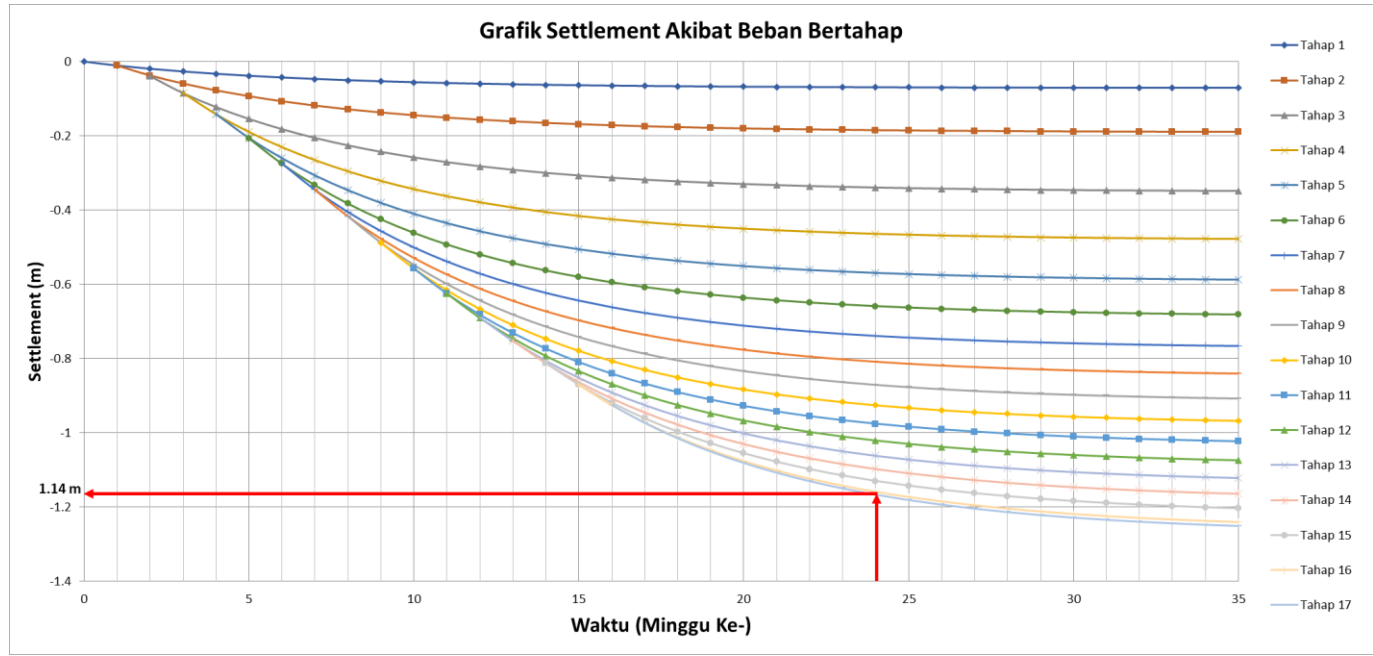
**Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $U < 100\%$ dengan
kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 7 m (Lanjutan)**

Perubahan Teg.			Po`	ΔP10`	ΔP11`	ΔP12`	ΔP13`	ΔP14`	ΔP15`	ΔP16`	ΔP17`	Σσ'	Σσ'
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²			
Umur Timbunan			-	8	7	6	5	4	3	2	1		
U perminggu (%)			1	70.5%	65.7%	60.2%	53.8%	46.2%	37.5%	27.2%	15.1%	kn/m ²	kg/cm ²
Kedalaman (m)													
0	s/d	1	3.00	6.90	6.41	5.85	5.19	4.42	3.54	2.53	0.41	112.85	1.13
1	s/d	2	9.00	6.88	6.39	5.81	5.15	4.38	3.50	2.49	0.41	119.02	1.19
2	s/d	3	15.00	6.86	6.35	5.77	5.10	4.33	3.44	2.45	0.40	124.82	1.25
3	s/d	4	21.00	6.82	6.31	5.72	5.04	4.27	3.39	2.40	0.39	130.44	1.30
4	s/d	5	27.00	6.77	6.25	5.66	4.97	4.20	3.32	2.35	0.38	135.91	1.36
5	s/d	6	33.00	6.71	6.19	5.59	4.90	4.13	3.26	2.29	0.37	141.27	1.41
6	s/d	7	39.00	6.65	6.12	5.51	4.82	4.05	3.19	2.24	0.36	146.51	1.47
7	s/d	8	45.00	6.57	6.04	5.43	4.74	3.97	3.12	2.18	0.35	151.64	1.52
8	s/d	8.5	49.50	6.51	5.97	5.36	4.68	3.91	3.06	2.14	0.34	155.43	1.55
8.5	s/d	9	52.78	6.47	5.93	5.32	4.63	3.87	3.03	2.11	0.34	158.21	1.58
9	s/d	10	58.10	6.41	5.86	5.25	4.56	3.81	2.97	2.07	0.33	162.75	1.63
10	s/d	11	65.20	6.32	5.77	5.15	4.47	3.72	2.90	2.01	0.32	168.74	1.69
11	s/d	12	72.30	6.22	5.67	5.06	4.38	3.64	2.83	1.96	0.31	174.65	1.75
12	s/d	13	79.40	6.12	5.57	4.96	4.29	3.55	2.76	1.91	0.30	180.53	1.81
13	s/d	14	86.50	6.02	5.47	4.86	4.19	3.47	2.69	1.86	0.30	186.36	1.86

Nilai perubahan Cu pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 7 m

Kedalaman (m)			PI	Cu Lama	Cu Baru	Cu Baru	Cu Pakai	Cu Transisi	Cu Transisi
			%	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
0	s/d	1	79.37	0.092	0.145	0.148	0.148	0.118	0.120
1	s/d	2	79.37	0.092	0.149			0.120	
2	s/d	3	79.37	0.092	0.152			0.122	
3	s/d	4	79.37	0.17	0.156	0.157	0.170	0.163	0.164
4	s/d	5	79.37	0.17	0.159			0.165	
5	s/d	6	79.37	0.21	0.163	0.164	0.210	0.186	0.187
6	s/d	7	79.37	0.21	0.166			0.188	
7	s/d	8	79.37	0.22	0.169	0.170	0.220	0.195	0.195
8	s/d	8.5	79.37	0.22	0.171			0.196	
8.5	s/d	9	79.37	0.37	0.173	0.182	0.370	0.272	0.276
9	s/d	10	79.37	0.37	0.176			0.273	
10	s/d	11	79.37	0.37	0.180			0.275	
11	s/d	12	79.37	0.37	0.184			0.277	
12	s/d	13	79.37	0.37	0.187			0.279	
13	s/d	14	79.37	0.37	0.191			0.280	

Grafik pemampatan akibat beban bertahap pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 7 m



Pemampatan per tahapan akibat adanya PVD 10 meter dan sisa pemampatan pertahun yang tidak dipasang PVD

Total Sc Dengan PVD (10 meter)			Sc Tanpa PVD (4m)		
No	Sc	Satuan	No	SC	Satuan
1	0.0707	meter	1	0.006064	meter
2	0.1199	meter	2	0.015001	meter
3	0.1605	meter	3	0.024065	meter
4	0.1304	meter	4	0.0218	meter
5	0.1102	meter	5	0.019831	meter
6	0.0956	meter	6	0.018172	meter
7	0.0845	meter	7	0.016727	meter
8	0.0756	meter	8	0.01545	meter
9	0.0683	meter	9	0.014304	meter
10	0.0622	meter	10	0.013265	meter
11	0.0570	meter	11	0.012311	meter
12	0.0525	meter	12	0.011426	meter
13	0.0484	meter	13	0.010597	meter
14	0.0447	meter	14	0.009813	meter
15	0.0413	meter	15	0.009067	meter
16	0.0382	meter	16	0.008351	meter
17	0.0106	meter	17	0.002328	meter
Total Sc	1.2708	Meter	Total Sc	0.228572	Meter

Rate of settlement yang terjadi pada tanah yang tidak dipasang PVD

Settlement Pertahun				
Settlement =		0.2286	m	
Tahun ke-	T_v	U_v (%)	Sc (m)	Selisih
0	0	0	0	0
1	0.008	9.83%	0.0225	0.0225
2	0.015	13.90%	0.0318	0.0093
3	0.023	17.02%	0.0389	0.0071
4	0.030	19.65%	0.0449	0.0060
5	0.038	21.97%	0.0502	0.0053

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai *rate of settlement* pada tahun pertama penimbunan sebesar 2,25 cm/tahun dan kurang dari 2,5 cm/tahun. Maka timbunan aman terhadap kemungkinan terjadi *differential settlement*.

Jadwal penimbunan bertahap zona B dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 5,8 m

Tahapan Penimbunan														
Tahapan Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Minggu ke-	0													
	1	1												
	2	2	1											
	3	3	2	1										
	4	4	3	2	1									
	5	5	4	3	2	1								
	6	6	5	4	3	2	1							
	7	7	6	5	4	3	2	1						
	8	8	7	6	5	4	3	2	1					
	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
	11	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
	12	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	13	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
14	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Nilai ΔP tiap tahanan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 5,8 m

Perubahan Teg.			Po`	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)										
0	s/d	1	3.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98
1	s/d	2	9.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.96
2	s/d	3	15.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.97	9.95	9.93
3	s/d	4	21.00	9.99	9.99	9.98	9.96	9.95	9.92	9.89
4	s/d	5	27.00	9.98	9.97	9.96	9.94	9.91	9.88	9.83
5	s/d	6	33.00	9.97	9.95	9.93	9.91	9.87	9.83	9.77
6	s/d	7	39.00	9.95	9.92	9.90	9.86	9.82	9.76	9.69
7	s/d	8	45.00	9.92	9.89	9.85	9.81	9.75	9.68	9.60
8	s/d	8.5	49.50	9.89	9.86	9.82	9.77	9.70	9.62	9.52
8.5	s/d	9	52.78	9.87	9.84	9.79	9.73	9.66	9.57	9.47
9	s/d	10	58.10	9.84	9.80	9.74	9.68	9.60	9.50	9.39
10	s/d	11	65.20	9.79	9.74	9.67	9.60	9.51	9.40	9.26
11	s/d	12	72.30	9.73	9.67	9.60	9.51	9.40	9.28	9.14
12	s/d	13	79.40	9.67	9.60	9.51	9.44	9.30	9.16	9.00
13	s/d	14	86.50	9.60	9.52	9.42	9.37	9.18	9.03	8.86

Nilai ΔP tiap tahanan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 5,8 m (Lanjutan)

Perubahan Teg.			Po`	$\Delta P8'$	$\Delta P9'$	$\Delta P10'$	$\Delta P11'$	$\Delta P12'$	$\Delta P13'$	$\Delta P14'$
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)										
0	s/d	1	3.00	9.97	9.95	9.92	9.87	9.81	9.72	5.67
1	s/d	2	9.00	9.94	9.91	9.86	9.80	9.72	9.60	5.59
2	s/d	3	15.00	9.90	9.85	9.79	9.71	9.60	9.45	5.49
3	s/d	4	21.00	9.84	9.78	9.70	9.60	9.46	9.29	5.38
4	s/d	5	27.00	9.78	9.70	9.60	9.47	9.31	9.11	5.26
5	s/d	6	33.00	9.69	9.60	9.48	9.33	9.15	8.92	5.14
6	s/d	7	39.00	9.60	9.49	9.35	9.18	8.97	8.72	5.01
7	s/d	8	45.00	9.49	9.36	9.20	9.01	8.78	8.51	4.88
8	s/d	8.5	49.50	9.40	9.26	9.09	8.88	8.64	8.36	4.79
8.5	s/d	9	52.78	9.34	9.19	9.01	8.79	8.54	8.25	4.72
9	s/d	10	58.10	9.25	9.08	8.89	8.66	8.40	8.09	4.63
10	s/d	11	65.20	9.11	8.93	8.72	8.48	8.20	7.88	4.50
11	s/d	12	72.30	8.97	8.77	8.55	8.29	8.00	7.68	4.37
12	s/d	13	79.40	8.82	8.61	8.37	8.10	7.80	7.47	4.25
13	s/d	14	86.50	8.67	8.45	8.20	7.92	7.61	7.27	4.13

Perubahan tegangan tiap tahapan penimbunan dengan kedalaman tanah
lunak 14 m dan tinggi akhir 5,8 m

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Po'	σ_1'	σ_2'	σ_3'	σ_4'	σ_5'	σ_6'	σ_7'
				m	KN/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
0	s/d	1	a	0.5	3.00	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5
						13.00	23.00	33.00	43.00	52.99	62.98	72.96
1	s/d	2	b	1.5	9.00	19.00	29.00	38.99	48.99	58.97	68.95	78.91
2	s/d	3	c	2.5	15.00	25.00	34.99	44.98	54.96	64.93	74.88	84.81
3	s/d	4	d	3.5	21.00	30.99	40.98	50.95	60.92	70.86	80.78	90.67
4	s/d	5	e	4.5	27.00	36.98	46.95	56.91	66.85	76.76	86.64	96.48
5	s/d	6	f	5.5	33.00	42.97	52.92	62.85	72.75	82.63	92.45	102.22
6	s/d	7	g	6.5	39.00	48.95	58.87	68.77	78.63	88.45	98.21	107.90
7	s/d	8	h	7.5	45.00	54.92	64.81	74.66	84.47	94.23	103.91	113.51
8	s/d	8.5	i	8.25	49.50	59.39	69.25	79.07	88.83	98.53	108.16	117.68
8.5	s/d	9	j	8.75	52.78	62.65	72.48	82.27	92.01	101.67	111.24	120.71
9	s/d	10	k	9.5	58.10	67.94	77.74	87.48	97.16	106.76	116.26	125.64
10	s/d	11	l	10.5	65.20	74.99	84.73	94.40	104.00	113.51	122.90	132.17
11	s/d	12	m	11.5	72.30	82.03	91.71	101.30	110.81	120.22	129.50	138.64
12	s/d	13	n	12.5	79.40	89.07	98.67	108.18	117.62	126.92	136.08	145.08
13	s/d	14	o	13.5	86.50	96.10	105.61	115.04	124.41	133.59	142.62	151.48

Perubahan tegangan tiap tahapan penimbunan dengan kedalaman tanah
lunak 14 m dan tinggi akhir 5,8 m (Lanjutan)

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Po'	σ_8'	σ_9'	σ_{10}'	σ_{11}'	σ_{12}'	σ_{13}'	σ_{14}'
				m	KN/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
0	s/d	1	a	0.5	3.00	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
						82.93	92.88	102.80	112.67	122.48	132.20	137.87
1	s/d	2	b	1.5	9.00	88.85	98.75	108.62	118.42	128.13	137.73	143.32
2	s/d	3	c	2.5	15.00	94.71	104.56	114.36	124.07	133.66	143.12	148.61
3	s/d	4	d	3.5	21.00	100.52	110.30	120.00	129.60	139.07	148.36	153.73
4	s/d	5	e	4.5	27.00	106.25	115.95	125.55	135.02	144.33	153.44	158.71
5	s/d	6	f	5.5	33.00	111.91	121.51	130.99	140.32	149.47	158.39	163.53
6	s/d	7	g	6.5	39.00	117.50	126.98	136.33	145.50	154.47	163.19	168.21
7	s/d	8	h	7.5	45.00	123.00	132.36	141.57	150.58	159.36	167.87	172.76
8	s/d	8.5	i	8.25	49.50	127.08	136.34	145.43	154.31	162.95	171.31	176.09
8.5	s/d	9	j	8.75	52.78	130.05	139.24	148.25	157.05	165.59	173.84	178.56
9	s/d	10	k	9.5	58.10	134.89	143.97	152.86	161.52	169.91	178.00	182.63
10	s/d	11	l	10.5	65.20	141.28	150.21	158.93	167.40	175.60	183.48	187.98
11	s/d	12	m	11.5	72.30	147.60	156.37	164.92	173.21	181.21	188.89	193.26
12	s/d	13	n	12.5	79.40	153.90	162.51	170.88	178.98	186.79	194.26	198.51
13	s/d	14	o	13.5	86.50	160.15	168.59	176.79	184.71	192.32	199.59	203.72

Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $U < 100\%$ dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 5,8 m

Perubahan Teg.			Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Umur Timbunan			-	14	13	12	11	10	9	8	7
U perminggu (%)			1	87.9%	86.0%	83.7%	81.1%	78.1%	74.6%	70.5%	65.7%
Kedalaman (m)											
0	s/d	1	3.00	7.89	8.23	8.12	7.90	7.62	7.28	6.88	6.41
1	s/d	2	9.00	8.36	8.33	8.16	7.93	7.64	7.29	6.88	6.40
2	s/d	3	15.00	8.50	8.38	8.19	7.94	7.64	7.29	6.87	6.38
3	s/d	4	21.00	8.57	8.41	8.20	7.94	7.64	7.27	6.85	6.35
4	s/d	5	27.00	8.60	8.43	8.21	7.94	7.62	7.25	6.82	6.32
5	s/d	6	33.00	8.62	8.43	8.20	7.92	7.60	7.22	6.78	6.27
6	s/d	7	39.00	8.62	8.42	8.18	7.90	7.57	7.18	6.73	6.22
7	s/d	8	45.00	8.61	8.40	8.16	7.87	7.53	7.13	6.68	6.15
8	s/d	8.5	49.50	8.60	8.38	8.13	7.83	7.49	7.09	6.63	6.10
8.5	s/d	9	52.78	8.59	8.37	8.11	7.81	7.46	7.06	6.59	6.06
9	s/d	10	58.10	8.57	8.34	8.08	7.77	7.42	7.01	6.54	6.00
10	s/d	11	65.20	8.53	8.30	8.03	7.71	7.35	6.94	6.46	5.92
11	s/d	12	72.30	8.49	8.25	7.97	7.65	7.28	6.86	6.37	5.83
12	s/d	13	79.40	8.44	8.19	7.91	7.60	7.20	6.77	6.28	5.74
13	s/d	14	86.50	8.38	8.13	7.83	7.55	7.11	6.68	6.19	5.64

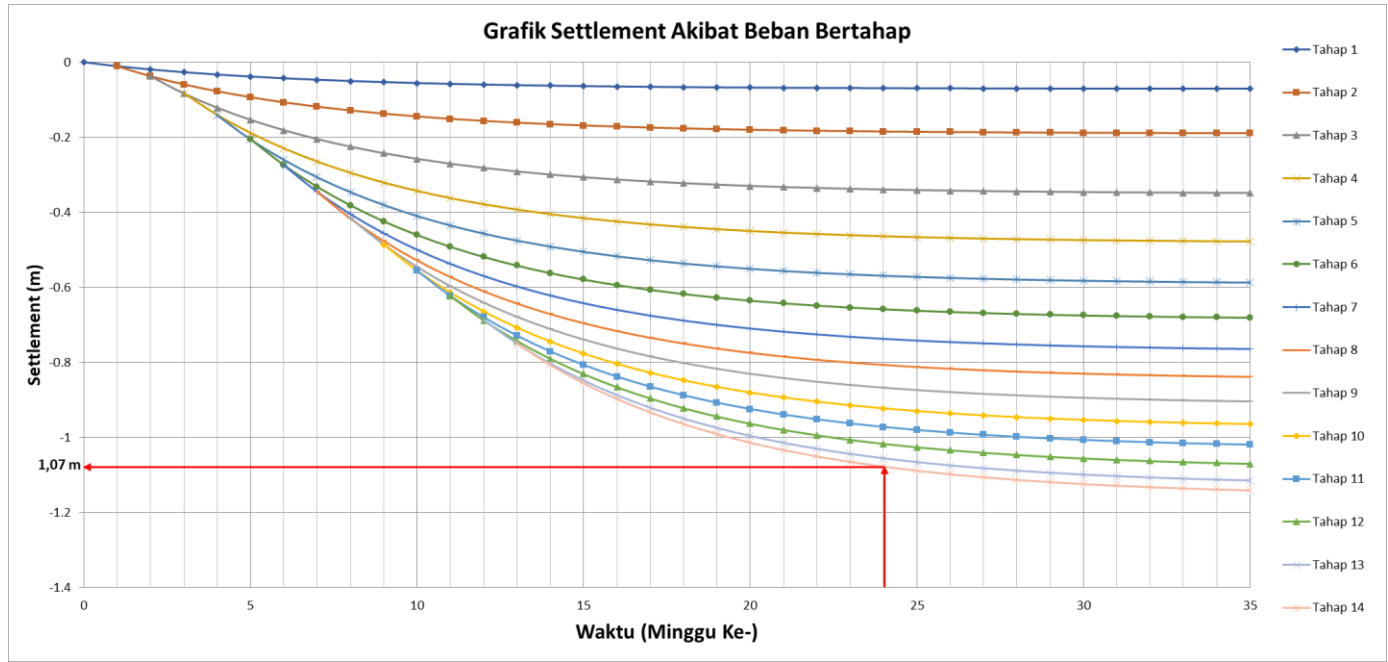
Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $U < 100\%$ dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 5,8 m (Lanjutan)

Perubahan Teg.			Po'	$\Delta P9'$	$\Delta P10'$	$\Delta P11'$	$\Delta P12'$	$\Delta P13'$	$\Delta P14'$	$\Sigma\sigma'$	$\Sigma\sigma'$
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²		
Umur Timbunan			-	6	5	4	3	2	1		
U perminggu (%)			1	60.2%	53.8%	46.2%	37.5%	27.2%	15.1%	kn/m ²	kg/cm ²
Kedalaman (m)											
0	s/d	1	3.00	5.85	5.21	4.45	3.58	2.57	0.84	85.85	0.86
1	s/d	2	9.00	5.84	5.18	4.43	3.55	2.55	0.83	92.37	0.92
2	s/d	3	15.00	5.81	5.15	4.39	3.51	2.51	0.82	98.40	0.98
3	s/d	4	21.00	5.78	5.11	4.35	3.47	2.47	0.80	104.23	1.04
4	s/d	5	27.00	5.74	5.06	4.29	3.42	2.43	0.79	109.91	1.10
5	s/d	6	33.00	5.68	5.01	4.24	3.36	2.38	0.77	115.48	1.15
6	s/d	7	39.00	5.62	4.94	4.17	3.30	2.33	0.75	120.93	1.21
7	s/d	8	45.00	5.55	4.87	4.10	3.23	2.27	0.73	126.28	1.26
8	s/d	8.5	49.50	5.50	4.81	4.04	3.18	2.23	0.72	130.24	1.30
8.5	s/d	9	52.78	5.46	4.77	4.00	3.15	2.21	0.71	133.13	1.33
9	s/d	10	58.10	5.40	4.71	3.95	3.10	2.17	0.69	137.84	1.38
10	s/d	11	65.20	5.31	4.63	3.86	3.03	2.11	0.67	144.06	1.44
11	s/d	12	72.30	5.22	4.54	3.78	2.96	2.06	0.66	150.21	1.50
12	s/d	13	79.40	5.13	4.45	3.70	2.89	2.01	0.64	156.33	1.56
13	s/d	14	86.50	5.03	4.36	3.62	2.82	1.95	0.62	162.41	1.62

Nilai perubahan Cu pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 5,8 m

Kedalaman (m)			PI	Cu Lama	Cu Baru	Cu Baru	Cu Pakai	Cu Transisi	Cu Transisi
			%	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
0	s/d	1	79.37	0.092	0.128	0.132	0.132	0.110	0.112
1	s/d	2	79.37	0.092	0.132			0.112	
2	s/d	3	79.37	0.092	0.136			0.114	
3	s/d	4	79.37	0.17	0.139	0.141	0.170	0.155	0.156
4	s/d	5	79.37	0.17	0.143			0.156	
5	s/d	6	79.37	0.21	0.146	0.148	0.210	0.178	0.179
6	s/d	7	79.37	0.21	0.150			0.180	
7	s/d	8	79.37	0.22	0.153	0.154	0.220	0.187	0.187
8	s/d	8.5	79.37	0.22	0.156			0.188	
8.5	s/d	9	79.37	0.37	0.157			0.166	
9	s/d	10	79.37	0.37	0.160	0.265			
10	s/d	11	79.37	0.37	0.164	0.267			
11	s/d	12	79.37	0.37	0.168	0.269			
12	s/d	13	79.37	0.37	0.172	0.271			
13	s/d	14	79.37	0.37	0.176	0.273			

Grafik pemampatan akibat beban bertahap pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 5,8 m



Pemampatan per tahapan akibat adanya PVD 10 meter dan sisa pemampatan pertahun yang tidak dipasang PVD

Total Sc Dengan PVD (10 meter)			Sc Tanpa PVD (4m)		
No	Sc	Satuan	No	SC	Satuan
1	0.0707	meter	1	0.006026	meter
2	0.1197	meter	2	0.014656	meter
3	0.1603	meter	3	0.023862	meter
4	0.1302	meter	4	0.021593	meter
5	0.1100	meter	5	0.01959	meter
6	0.0954	meter	6	0.017905	meter
7	0.0841	meter	7	0.016429	meter
8	0.0752	meter	8	0.015116	meter
9	0.0678	meter	9	0.01393	meter
10	0.0616	meter	10	0.012846	meter
11	0.0562	meter	11	0.011843	meter
12	0.0515	meter	12	0.010905	meter
13	0.0472	meter	13	0.010019	meter
14	0.0260	meter	14	0.005529	meter
Total Sc	1.1560	Meter	Total Sc	0.20025	Meter

Rate of settlement yang terjadi pada tanah yang tidak dipasang PVD

Settlement Pertahun				
Settlement =		0.2003	m	
Tahun ke-	T_v	U_v (%)	Sc (m)	Selisih
0	0	0	0	0
1	0.008	9.83%	0.020	0.020
2	0.015	13.90%	0.028	0.008
3	0.023	17.02%	0.034	0.006
4	0.030	19.65%	0.039	0.005
5	0.038	21.97%	0.044	0.005

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai *rate of settlement* pada tahun pertama penimbunan sebesar 2,0 cm/tahun dan kurang dari 2,5 cm/tahun. Maka timbunan aman terhadap kemungkinan terjadi *differential settlement*.

Jadwal penimbunan bertahap zona A dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 4,5 m

Tahapan Penimbunan											
Tahapan Penimbunan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Minggu ke-	0										
	1	1									
	2	2	1								
	3	3	2	1							
	4	4	3	2	1						
	5	5	4	3	2	1					
	6	6	5	4	3	2	1				
	7	7	6	5	4	3	2	1			
	8	8	7	6	5	4	3	2	1		
	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	11	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2

Nilai ΔP tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan
tinggi akhir 4,5 m

Perubahan Teg.			Po`	$\Delta P1`$	$\Delta P2`$	$\Delta P3`$	$\Delta P4`$	$\Delta P5`$	$\Delta P6`$
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)									
0	s/d	1	3.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.99	9.98
1	s/d	2	9.00	10.00	10.00	9.99	9.99	9.98	9.96
2	s/d	3	15.00	10.00	9.99	9.98	9.97	9.96	9.93
3	s/d	4	21.00	9.99	9.98	9.97	9.95	9.92	9.88
4	s/d	5	27.00	9.97	9.96	9.94	9.91	9.87	9.82
5	s/d	6	33.00	9.95	9.93	9.90	9.86	9.81	9.74
6	s/d	7	39.00	9.92	9.89	9.85	9.80	9.74	9.65
7	s/d	8	45.00	9.89	9.85	9.80	9.73	9.65	9.55
8	s/d	8.5	49.50	9.85	9.80	9.74	9.67	9.58	9.46
8.5	s/d	9	52.78	9.83	9.77	9.71	9.62	9.52	9.40
9	s/d	10	58.10	9.78	9.72	9.64	9.55	9.44	9.30
10	s/d	11	65.20	9.72	9.64	9.55	9.44	9.31	9.16
11	s/d	12	72.30	9.64	9.55	9.45	9.33	9.18	9.01
12	s/d	13	79.40	9.56	9.46	9.34	9.24	9.04	8.86
13	s/d	14	86.50	9.46	9.35	9.22	9.16	8.90	8.70

Nilai ΔP tiap tahapan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan
tinggi akhir 4,5 m (Lanjutan)

Perubahan Teg.			Po`	$\Delta P7`$	$\Delta P8`$	$\Delta P9`$	$\Delta P10`$	$\Delta P11`$
Satuan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Kedalaman (m)								
0	s/d	1	3.00	9.97	9.95	9.92	9.86	9.80
1	s/d	2	9.00	9.94	9.90	9.85	9.78	9.69
2	s/d	3	15.00	9.89	9.84	9.77	9.67	9.56
3	s/d	4	21.00	9.83	9.76	9.66	9.53	9.40
4	s/d	5	27.00	9.75	9.66	9.54	9.38	9.22
5	s/d	6	33.00	9.66	9.54	9.39	9.21	9.03
6	s/d	7	39.00	9.54	9.41	9.24	9.02	8.83
7	s/d	8	45.00	9.42	9.26	9.06	8.83	8.62
8	s/d	8.5	49.50	9.32	9.14	8.93	8.68	8.46
8.5	s/d	9	52.78	9.24	9.06	8.84	8.57	8.35
9	s/d	10	58.10	9.13	8.93	8.69	8.42	8.18
10	s/d	11	65.20	8.97	8.76	8.50	8.21	7.96
11	s/d	12	72.30	8.81	8.57	8.30	8.00	7.75
12	s/d	13	79.40	8.64	8.39	8.11	7.79	7.53
13	s/d	14	86.50	8.47	8.20	7.91	7.58	7.32

Perubahan tegangan tiap tahapan penimbunan dengan kedalaman tanah
lunak 14 m dan tinggi akhir 4,5 m

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Po'	σ1'	σ2'	σ3'	σ4'	σ5'	σ6'
				m	KN/m2	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
						0.5	1	1.5	2	2.5	3
0	s/d	1	a	0.5	3.00	13.00	23.00	33.00	42.99	52.99	62.97
1	s/d	2	b	1.5	9.00	19.00	29.00	38.99	48.98	58.96	68.92
2	s/d	3	c	2.5	15.00	25.00	34.99	44.97	54.94	64.90	74.83
3	s/d	4	d	3.5	21.00	30.99	40.97	50.93	60.88	70.80	80.68
4	s/d	5	e	4.5	27.00	36.97	46.93	56.87	66.78	76.66	86.48
5	s/d	6	f	5.5	33.00	42.95	52.88	62.79	72.65	82.46	92.21
6	s/d	7	g	6.5	39.00	48.92	58.82	68.67	78.48	88.21	97.87
7	s/d	8	h	7.5	45.00	54.89	64.73	74.53	84.26	93.91	103.45
8	s/d	8.5	i	8.25	49.50	59.35	69.16	78.90	88.57	98.14	107.60
8.5	s/d	9	j	8.75	52.78	62.60	72.37	82.08	91.70	101.22	110.62
9	s/d	10	k	9.5	58.10	67.88	77.60	87.25	96.80	106.23	115.53
10	s/d	11	l	10.5	65.20	74.92	84.56	94.11	103.56	112.87	122.03
11	s/d	12	m	11.5	72.30	81.94	91.50	100.95	110.28	119.46	128.47
12	s/d	13	n	12.5	79.40	88.96	98.42	107.76	117.00	126.05	134.90
13	s/d	14	o	13.5	86.50	95.96	105.32	114.54	123.70	132.60	141.30

Perubahan tegangan tiap tahapan penimbunan dengan kedalaman tanah
lunak 14 m dan tinggi akhir 4,5 m (Lanjutan)

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Po'	σ7'	σ8'	σ9'	σ10'	σ11'
				m	KN/m2	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
						3.5	4	4.5	5	5.5
0	s/d	1	a	0.5	3.00	72.94	82.89	92.81	102.67	112.47
1	s/d	2	b	1.5	9.00	78.86	88.76	98.62	108.39	118.09
2	s/d	3	c	2.5	15.00	84.72	94.56	104.33	114.00	123.55
3	s/d	4	d	3.5	21.00	90.51	100.27	109.93	119.47	128.87
4	s/d	5	e	4.5	27.00	96.23	105.89	115.42	124.80	134.03
5	s/d	6	f	5.5	33.00	101.86	111.40	120.79	130.00	139.04
6	s/d	7	g	6.5	39.00	107.41	116.82	126.05	135.07	143.90
7	s/d	8	h	7.5	45.00	112.87	122.13	131.20	140.02	148.64
8	s/d	8.5	i	8.25	49.50	116.92	126.06	134.99	143.66	152.12
8.5	s/d	9	j	8.75	52.78	119.86	128.92	137.76	146.33	154.68
9	s/d	10	k	9.5	58.10	124.66	133.59	142.29	150.71	158.89
10	s/d	11	l	10.5	65.20	131.00	139.76	148.26	156.46	164.43
11	s/d	12	m	11.5	72.30	137.28	145.85	154.16	162.15	169.90
12	s/d	13	n	12.5	79.40	143.54	151.93	160.04	167.83	175.36
13	s/d	14	o	13.5	86.50	149.76	157.97	165.88	173.46	180.78

Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $U < 100\%$
dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 4,5 m

Perubahan Teg.			Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²
Umur Timbunan			-	11	10	9	8	7	6
U perminggu (%)			1	81.1%	78.1%	74.6%	70.5%	65.7%	60.2%
Kedalaman (m)									
0	s/d	1	3.00	6.86	7.30	7.11	6.77	6.33	5.80
1	s/d	2	9.00	7.50	7.43	7.17	6.80	6.35	5.81
2	s/d	3	15.00	7.70	7.51	7.20	6.82	6.36	5.81
3	s/d	4	21.00	7.79	7.55	7.22	6.82	6.35	5.79
4	s/d	5	27.00	7.84	7.57	7.23	6.82	6.33	5.77
5	s/d	6	33.00	7.87	7.58	7.22	6.80	6.31	5.73
6	s/d	7	39.00	7.87	7.57	7.20	6.77	6.27	5.69
7	s/d	8	45.00	7.87	7.55	7.17	6.73	6.22	5.64
8	s/d	8.5	49.50	7.85	7.53	7.14	6.70	6.18	5.59
8.5	s/d	9	52.78	7.84	7.51	7.12	6.67	6.15	5.56
9	s/d	10	58.10	7.82	7.48	7.08	6.63	6.10	5.50
10	s/d	11	65.20	7.78	7.43	7.03	6.56	6.03	5.43
11	s/d	12	72.30	7.73	7.37	6.96	6.49	5.95	5.34
12	s/d	13	79.40	7.67	7.30	6.89	6.44	5.87	5.26
13	s/d	14	86.50	7.60	7.23	6.81	6.38	5.78	5.17

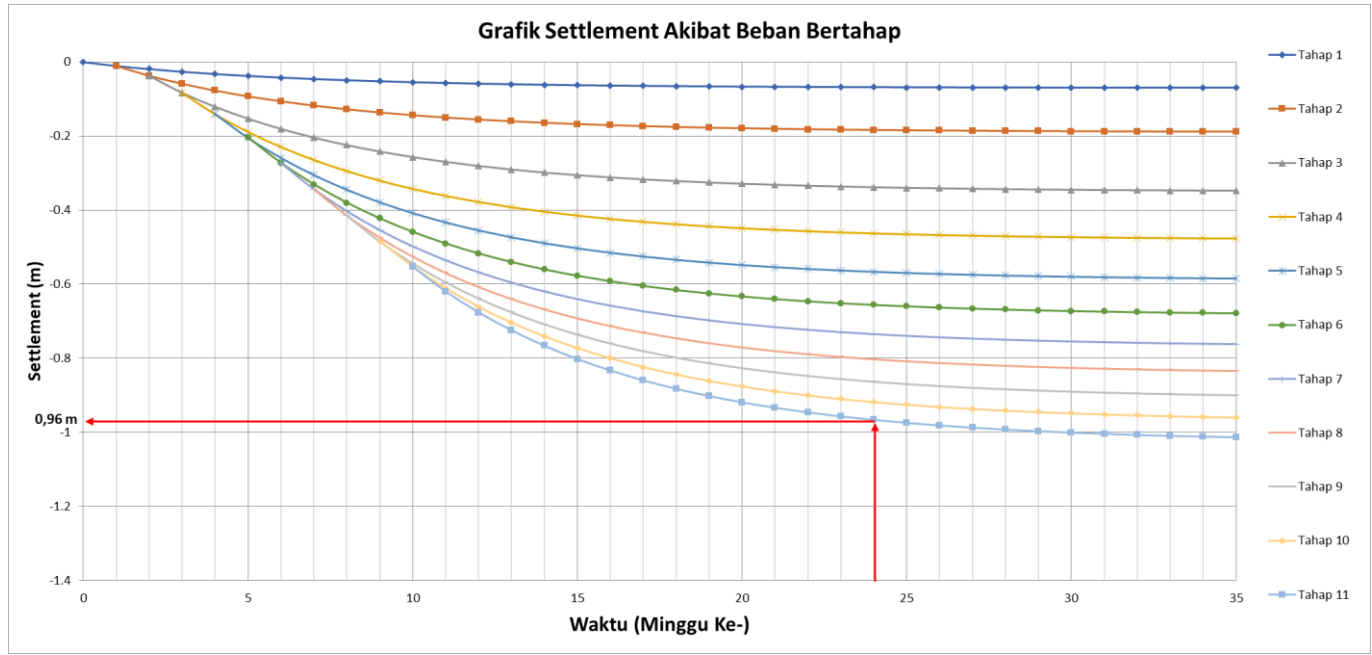
Penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $U < 100\%$ dengan
kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 4,5 m (Lanjutan)

Perubahan Teg.			Po'	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P9'$	$\Delta P10'$	$\Delta P11'$	$\Sigma \sigma'$	$\Sigma \sigma'$
Tinggi Penimbunan			kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²		
Umur Timbunan			-	5	4	3	2	1		
U perminggu (%)			1	53.8%	46.2%	37.5%	27.2%	15.1%	kn/m ²	kg/cm ²
Kedalaman (m)										
0	s/d	1	3.00	5.18	4.44	3.59	2.59	1.43	60.38	0.60
1	s/d	2	9.00	5.18	4.43	3.57	2.57	1.42	67.23	0.67
2	s/d	3	15.00	5.16	4.42	3.55	2.55	1.40	73.47	0.73
3	s/d	4	21.00	5.14	4.39	3.52	2.52	1.38	79.48	0.79
4	s/d	5	27.00	5.11	4.35	3.48	2.48	1.36	85.35	0.85
5	s/d	6	33.00	5.07	4.31	3.43	2.44	1.33	91.09	0.91
6	s/d	7	39.00	5.02	4.25	3.38	2.40	1.30	96.73	0.97
7	s/d	8	45.00	4.96	4.19	3.32	2.35	1.27	102.27	1.02
8	s/d	8.5	49.50	4.91	4.14	3.28	2.31	1.25	106.38	1.06
8.5	s/d	9	52.78	4.88	4.11	3.24	2.28	1.23	109.37	1.09
9	s/d	10	58.10	4.82	4.05	3.20	2.24	1.21	114.24	1.14
10	s/d	11	65.20	4.74	3.98	3.13	2.19	1.18	120.68	1.21
11	s/d	12	72.30	4.66	3.90	3.06	2.14	1.15	127.06	1.27
12	s/d	13	79.40	4.58	3.82	2.99	2.08	1.12	133.41	1.33
13	s/d	14	86.50	4.49	3.74	2.92	2.03	1.09	139.74	1.40

Nilai perubahan Cu pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 4,5 m

Kedalaman (m)			PI	Cu Lama	Cu Baru	Cu Baru	Cu Pakai	Cu Transisi	Cu Transisi
			%	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
0	s/d	1	79.37	0.092	0.112	0.116	0.116	0.102	0.104
1	s/d	2	79.37	0.092	0.116			0.104	
2	s/d	3	79.37	0.092	0.120			0.106	
3	s/d	4	79.37	0.17	0.124	0.126	0.170	0.147	0.148
4	s/d	5	79.37	0.17	0.127			0.149	
5	s/d	6	79.37	0.21	0.131	0.133	0.210	0.171	0.171
6	s/d	7	79.37	0.21	0.135			0.172	
7	s/d	8	79.37	0.22	0.138	0.139	0.220	0.179	0.180
8	s/d	8.5	79.37	0.22	0.141			0.180	
8.5	s/d	9	79.37	0.37	0.143	0.152	0.370	0.256	0.261
9	s/d	10	79.37	0.37	0.146			0.258	
10	s/d	11	79.37	0.37	0.150			0.260	
11	s/d	12	79.37	0.37	0.154			0.262	
12	s/d	13	79.37	0.37	0.158			0.264	
13	s/d	14	79.37	0.37	0.162			0.266	

Grafik pemampatan akibat beban bertahap pada timbunan dengan kedalaman tanah lunak 14 m dan tinggi akhir 4,5 m



Pemampatan per tahapan akibat adanya PVD 10 meter dan sisa pemampatan pertahun yang tidak dipasang PVD

Total Sc Dengan PVD (10 meter)			Sc Tanpa PVD (4m)		
No	Sc	Satuan	No	SC	Satuan
1	0.0707	meter	1	0.0060	meter
2	0.1192	meter	2	0.0141	meter
3	0.1601	meter	3	0.0235	meter
4	0.1299	meter	4	0.0213	meter
5	0.1096	meter	5	0.0192	meter
6	0.0949	meter	6	0.0175	meter
7	0.0835	meter	7	0.0160	meter
8	0.0744	meter	8	0.0146	meter
9	0.0669	meter	9	0.0133	meter
10	0.0605	meter	10	0.0122	meter
11	0.0551	meter	11	0.0112	meter
Total Sc	1.0247	Meter	Total Sc	0.1689	Meter

Rate of settlement yang terjadi pada tanah yang tidak dipasang PVD

Settlement Pertahun				
Settlement =		0.1689	m	
Tahun ke-	T_v	U_v (%)	Sc (m)	Selisih
0	0	0	0	0
1	0.008	9.83%	0.017	0.017
2	0.015	13.90%	0.023	0.007
3	0.023	17.02%	0.029	0.005
4	0.030	19.65%	0.033	0.004
5	0.038	21.97%	0.037	0.004

Berdasarkan tabel diatas didapatkan nilai *rate of settlement* pada tahun pertama penimbunan sebesar 1,7 cm/tahun dan kurang dari 2,5 cm/tahun. Maka timbunan aman terhadap kemungkinan terjadi *differential settlement*.

Lampiran 6
Perkuatan Geotextile

Desain Geotextile

Kuat Tarik (KN/m)	FS _{id}	F _{Scr}	F _{Scd}	F _{Sbd}	Sfrencana	T Allow (kN/m)
120	1.2	2.1	1.1	1.1	1.5	39.355

Penggunaan Geotekstile	Faktor Pemasangan FS _p	Faktor Rangkak FS _{CR}	Faktor Kimia FS _{CD}	Faktor Biologi FS _{BP}
Separation	1,1 – 2,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Cushioning	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,2
Unpaved roads	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Walls	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Embankments	1,1 – 2,0	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Bearing capacity	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Slope stablitation	1,1 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Pavement overlays	1,1 – 1,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Railroads	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
Flexible form	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Silt fences	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

Hasil Analisis dari program bantu pada timbunan tinggi 8,7 m

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center			SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	ΔMR (KN-m)
			x (m)	y (m)	R (m)				
1	0.99	11265.59	21.59	24.87	15.77	1.5	11434.22	17151.33	5885.74
2	0.79	11749.57	22.68	22.26	15.61	1.5	14779.38	22169.07	10419.50
3	0.79	14962.46	22.66	21.4	16.82	1.5	19024.81	28537.22	13574.76
4	0.79	20035.98	22.74	21.84	19.02	1.5	25492.05	38238.08	18202.10
5	0.78	19711.35	23.71	21.26	18.76	1.5	25205.74	37808.61	18097.26
6	0.78	20177.75	23.01	24.08	19.91	1.5	25962.14	38943.21	18765.46

Kebutuhan Jumlah Geotextile		
Asumsi Lapis Per Layer (Sv)	=	0.25 m
H Initial	=	9.87 m
Jarak Bebas Maksimal Muka Tanah Timbunan	=	1.00 m
Jarak Tersedia untuk Pemasangan Geotextile	=	8.87 m
Koordinat Dasar Timbunan	=	10.333 m
Ti (Ordinat Gelincir - Ordinat Dasar Timbunan)	=	10.927 m

Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KN/m)	Lengan Timb (Ton)	Sisa Timb Tersedia Untuk Geotex	Mresisting	AMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket	SF	H (Ti)	e'v (KN/m ²)	↑atas	↑bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	Ld dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)
1 (bawah)	78.71	10.927	8.87	860.055		860.055	Belum	1.5	9.87	197.35	71.829	13.793	1.724	2.00	26.293	1.000	59.1
2	78.71	10.677	8.62	840.378		1700.433	Belum	1.5	9.62	192.35	70.009	70.009	1.054	1.50	25.969	1.000	57.4
3	78.71	10.427	8.37	820.701		2521.133	Belum	1.5	9.37	187.35	68.189	68.189	1.082	1.50	25.639	1.000	56.8
4	78.71	10.177	8.12	801.023		3322.157	Belum	1.5	9.12	182.35	66.369	66.369	1.112	1.50	25.304	1.000	56.1
5	78.71	9.927	7.87	781.346		4103.503	Belum	1.5	8.87	177.35	64.550	64.550	1.143	1.50	24.962	1.000	55.4
6	78.71	9.677	7.62	761.669		4865.171	Belum	1.5	8.62	172.35	62.730	62.730	1.176	1.50	24.616	1.000	54.7
7	78.71	9.427	7.37	741.991		5607.163	Belum	1.5	8.37	167.35	60.910	60.910	1.211	1.50	24.263	1.000	54.0
8	78.71	9.177	7.12	722.314		6329.477	Belum	1.5	8.12	162.35	59.090	59.090	1.249	1.50	23.906	1.000	53.3
9	78.71	8.927	6.87	702.637		7032.113	Belum	1.5	7.87	157.35	57.270	57.270	1.288	1.50	23.544	1.000	52.6
10	78.71	8.677	6.62	682.959		7715.073	Belum	1.5	7.62	152.35	55.450	55.450	1.331	1.50	23.177	1.000	51.9
11	78.71	8.427	6.37	663.282		8378.355	Belum	1.5	7.37	147.35	53.630	53.630	1.376	1.50	22.805	1.000	51.1
12	78.71	8.177	6.12	643.605		9021.960	Belum	1.5	7.12	142.35	51.811	51.811	1.424	1.50	22.428	1.000	50.4
13	78.71	7.927	5.87	623.928		9645.887	Belum	1.5	6.87	137.35	49.991	49.991	1.476	1.50	22.047	1.000	49.6
14	78.71	7.677	5.62	604.250		10280.138	Belum	1.5	6.62	132.35	48.171	48.171	1.532	2.00	21.661	1.000	49.8
15	78.71	7.427	5.37	584.573		10834.71	Belum	1.5	6.37	127.35	46.351	46.351	1.592	2.00	21.271	1.000	49.0
16	78.71	7.177	5.12	564.896		11399.61	Belum	1.5	6.12	122.35	44.531	44.531	1.657	2.00	20.877	1.000	48.3
17	78.71	6.927	4.87	545.218		11944.82	Belum	1.5	5.87	117.35	42.711	42.711	1.728	2.00	20.478	1.000	47.5
18	78.71	6.677	4.62	525.541	18097.26	12470.37	Belum	1.5	5.62	112.35	40.891	40.891	1.805	2.00	20.076	1.000	46.7
19	78.71	6.427	4.37	505.864		12976.23	Belum	1.5	5.37	107.35	39.072	39.072	1.889	2.00	19.669	1.000	45.8
20	78.71	6.177	4.12	486.187		13462.42	Belum	1.5	5.12	102.35	37.252	37.252	1.981	2.00	19.258	1.000	45.0
21	78.71	5.927	3.87	466.509		13928.93	Belum	1.5	4.87	97.35	35.432	35.432	2.083	2.50	18.843	1.500	46.2
22	78.71	5.677	3.62	446.832		14375.76	Belum	1.5	4.62	92.35	33.612	33.612	2.195	2.50	18.424	1.500	45.3
23	78.71	5.427	3.37	427.155		14802.91	Belum	1.5	4.37	87.35	31.792	31.792	2.321	2.50	18.002	1.500	44.5
24	78.71	5.177	3.12	407.477		15210.39	Belum	1.5	4.12	82.35	29.972	29.972	2.462	2.50	17.576	1.500	43.7
25	78.71	4.927	2.87	387.800		15598.19	Belum	1.5	3.87	77.35	28.153	28.153	2.621	3.00	17.145	1.500	43.8
26	78.71	4.677	2.62	368.123		15966.31	Belum	1.5	3.62	72.35	26.333	26.333	2.802	3.00	16.712	1.500	42.9
27	78.71	4.427	2.37	348.445		16314.76	Belum	1.5	3.37	67.35	24.513	24.513	3.010	3.50	16.274	2.000	44.0
28	78.71	4.177	2.12	328.768		16643.53	Belum	1.5	3.12	62.35	22.693	22.693	3.252	3.50	15.833	2.000	43.2
29	78.71	3.927	1.87	309.091		16952.62	Belum	1.5	2.87	57.35	20.873	20.873	3.535	4.00	15.388	2.000	43.3
30	78.71	3.677	1.62	289.414		17242.03	Belum	1.5	2.62	52.35	19.053	19.053	3.873	4.00	14.94	2.000	42.4
31	78.71	3.427	1.37	269.736		17511.77	Belum	1.5	2.37	47.35	17.233	17.233	4.282	4.50	14.488	2.500	43.5
32	78.71	3.177	1.12	250.059		17761.83	Belum	1.5	2.12	42.35	15.414	15.414	4.787	5.00	14.033	2.500	43.6
33	78.71	2.927	0.87	230.382		17992.21	Belum	1.5	1.87	37.35	13.594	13.594	5.428	5.50	13.574	3.000	44.6
34	78.71	2.677	0.62	210.704		18202.91	Memenuhi	1.5	1.62	32.35	11.774	11.774	6.267	6.50	13.112	3.500	46.7

Hasil Analisis dari program bantu pada timbunan tinggi 8,1 m

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center			SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	ΔMR (KN-m)
			x (m)	y (m)	R (m)				
1	0.98	7925.66	20.38	22.83	13.7	1.5	8083.32	12124.98	4199.32
2	0.89	9830.74	20.48	23.78	15.42	1.5	11046.96	16570.44	6739.70
3	0.81	12303.01	21.57	22.44	16.23	1.5	15167.93	22751.90	10448.89
4	0.81	18412.58	23.02	23	18.97	1.5	22633.68	33950.52	15537.94
5	0.82	20117.84	23.16	22.52	19.37	1.5	24417.78	36626.67	16508.83
6	0.8	17940.38	22.58	23.68	19.15	1.5	22324.87	33487.31	15546.93

Kebutuhan Jumlah Geotextile			
Asumsi Lapis Per Layer (Sv)	=	0.25	m
H Initial	=	9.37	m
Jarak Bebas Maksimal Muka Tanah Timbunan	=	1.00	m
Jarak Tersedia untuk Pemasangan Geotextile	=	8.37	m
Koordinat Dasar Timbunan	=	10.231	m
Ti (Ordinat Gelincir - Ordinat Dasar Timbunan)	=	12.289	m

Lap. geotextile	Kuat tarik atlow geotextile (KN/m ²)	Lengan momen (Ti)	Sisa Timb Tersedia Untuk Geotex	M resisting	AMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket	SF	H (Ti)	σ ^v (KN/m ²)	τ atas	τ bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	L dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)
1 (bawah)	78.71	12.289	8.37	967.257	16508.83	967.257	Belum	1.5	9.37	187.39	68.204	13.562	1.805	2.00	25.671	1.000	57.8
2	78.71	12.039	8.12	947.580		1914.837	Belum	1.5	9.12	182.39	66.384	66.384	1.112	1.50	25.372	1.000	56.2
3	78.71	11.789	7.87	927.902		2842.739	Belum	1.5	8.87	177.39	64.564	64.564	1.143	1.50	25.067	1.000	55.6
4	78.71	11.539	7.62	908.225		3750.964	Belum	1.5	8.62	172.39	62.744	62.744	1.176	1.50	24.756	1.000	55.0
5	78.71	11.289	7.37	888.548		4639.512	Belum	1.5	8.37	167.39	60.924	60.924	1.211	1.50	24.438	1.000	54.4
6	78.71	11.039	7.12	868.871		5508.383	Belum	1.5	8.12	162.39	59.104	59.104	1.248	1.50	24.115	1.000	53.7
7	78.71	10.789	6.87	849.193		6357.576	Belum	1.5	7.87	157.39	57.285	57.285	1.288	1.50	23.785	1.000	53.1
8	78.71	10.539	6.62	829.516		7187.092	Belum	1.5	7.62	152.39	55.465	55.465	1.330	1.50	23.45	1.000	52.4
9	78.71	10.289	6.37	809.839		7996.930	Belum	1.5	7.37	147.39	53.645	53.645	1.376	1.50	23.109	1.000	51.7
10	78.71	10.039	6.12	790.161		8787.092	Belum	1.5	7.12	142.39	51.825	51.825	1.424	1.50	22.763	1.000	51.0
11	78.71	9.789	5.87	770.484		9557.576	Belum	1.5	6.87	137.39	50.005	50.005	1.476	1.50	22.412	1.000	50.3
12	78.71	9.539	5.62	750.807		10308.383	Belum	1.5	6.62	132.39	48.185	48.185	1.531	2.00	22.056	1.000	50.6
13	78.71	9.289	5.37	731.129		11039.512	Belum	1.5	6.37	127.39	46.366	46.366	1.591	2.00	21.695	1.000	49.9
14	78.71	9.039	5.12	711.452		11750.964	Belum	1.5	6.12	122.39	44.546	44.546	1.656	2.00	21.33	1.000	49.2
15	78.71	8.789	4.87	691.775		12442.739	Belum	1.5	5.87	117.39	42.726	42.726	1.727	2.00	20.959	1.000	48.4
16	78.71	8.539	4.62	672.098		13114.837	Belum	1.5	5.62	112.39	40.906	40.906	1.804	2.00	20.584	1.000	47.7
17	78.71	8.289	4.37	652.420		13767.257	Belum	1.5	5.37	107.39	39.086	39.086	1.888	2.00	20.205	1.000	46.9
18	78.71	8.039	4.12	632.743		14400.000	Belum	1.5	5.12	102.39	37.266	37.266	1.980	2.00	19.821	1.000	46.1
19	78.71	7.789	3.87	613.066		15013.066	Belum	1.5	4.87	97.39	35.446	35.446	2.082	2.50	19.433	1.500	47.4
20	78.71	7.539	3.62	593.388		15606.454	Belum	1.5	4.62	92.39	33.627	33.627	2.194	2.50	19.041	1.500	46.6
21	78.71	7.289	3.37	573.711		16180.165	Belum	1.5	4.37	87.39	31.807	31.807	2.320	2.50	18.644	1.500	45.8
22	78.71	7.039	3.12	554.034		16734.199	Memenuhi	1.5	4.12	82.39	29.987	29.987	2.461	2.50	18.244	1.500	45.0

Hasil Analisis dari program bantu pada timbunan tinggi 7 m

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center			SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	ΔMR (KN-m)
			x (m)	y (m)	R (m)				
1	1.08	4898.13	19.79	20.93	11.2	1.5	4541.09	6811.64	1913.51
2	0.89	5463.1	20.62	20.03	11.62	1.5	6108.83	9163.25	3700.15
3	0.87	5768.63	21.03	20.08	11.92	1.5	6647.66	9971.49	4202.86
4	0.84	9693.27	20.82	21.21	14.96	1.5	11524.63	17286.95	7593.68
5	0.87	11409.41	21.63	20.02	15.26	1.5	13159.23	19738.85	8329.44
6	0.82	8423.63	20.99	19.9	13.83	1.5	10236.34	15354.51	6930.88

Kebutuhan Jumlah Geotextile			
Asumsi Lapis Per Layer (Sv)	=	0.25	m
H Initial	=	8.146	m
Jarak Bebas Maksimal Muka Tanah Timbunan	=	1.00	m
Jarak Tersedia untuk Pemasangan Geotextile	=	7.15	m
Koordinat Dasar Timbunan	=	10.354	m
Ti (Ordinat Gelincir - Ordinat Dasar Timbunan)	=	9.666	m

Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KNm')	Lengan momen (Ti)	Sisa Timb Tersedia Untuk Geotex	M resisting	ΔMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket	SF	H(Ti)	σ'v (Kn/m ²)	τ atas	τ bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	Ld dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)
1 (bawah)	78.71	9.666	7.15	760.803	8329.44	760.803	Belum	1.5	8.15	162.92	39.298	12.992	2.041	2.50	20.73	1.500	50.0
2	78.71	9.416	6.90	741.126		1501.928	Belum	1.5	7.90	157.92	57.478	57.478	1.284	1.50	20.431	1.000	46.4
3	78.71	9.166	6.65	721.448		2223.377	Belum	1.5	7.65	152.92	55.658	55.658	1.326	1.50	20.122	1.000	45.7
4	78.71	8.916	6.40	701.771		2925.148	Belum	1.5	7.40	147.92	53.838	53.838	1.371	1.50	19.806	1.000	45.1
5	78.71	8.666	6.15	682.094		3607.241	Belum	1.5	7.15	142.92	52.019	52.019	1.419	1.50	19.483	1.000	44.5
6	78.71	8.416	5.90	662.416		4269.658	Belum	1.5	6.90	137.92	50.199	50.199	1.470	1.50	19.151	1.000	43.8
7	78.71	8.166	5.65	642.739		4912.397	Belum	1.5	6.65	132.92	48.379	48.379	1.525	2.00	18.813	1.000	44.1
8	78.71	7.916	5.40	623.062		5535.458	Belum	1.5	6.40	127.92	46.559	46.559	1.585	2.00	18.468	1.000	43.4
9	78.71	7.666	5.15	603.384		6138.843	Belum	1.5	6.15	122.92	44.739	44.739	1.649	2.00	18.117	1.000	42.7
10	78.71	7.416	4.90	583.707		6722.550	Belum	1.5	5.90	117.92	42.919	42.919	1.719	2.00	17.759	1.000	42.0
11	78.71	7.166	4.65	564.030		7286.580	Belum	1.5	5.65	112.92	41.100	41.100	1.795	2.00	17.395	1.000	41.3
12	78.71	6.916	4.40	544.353		7830.933	Belum	1.5	5.40	107.92	39.280	39.280	1.879	2.00	17.025	1.000	40.6
13	78.71	6.666	4.15	524.675		8355.608	Memenuhi	1.5	5.15	102.92	37.460	37.460	1.970	2.00	16.649	1.000	39.8

Hasil Analisis dari program bantu pada timbunan tinggi 5,8 m

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center			SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	ΔMR (KN-m)
			x (m)	y (m)	R (m)				
1	1.21	4348.3	19.39	21.39	11.26	1.5	3593.50	5390.25	1041.95
2	1	4291.66	20.14	20.03	10.95	1.5	4289.28	6433.92	2142.26
3	0.91	3900.29	18.87	19.25	10.73	1.5	4303.10	6454.65	2554.36
4	0.86	3610.66	19.99	18.24	10.1	1.5	4210.53	6315.80	2705.14
5	0.9	6370.04	19.68	20.91	13.35	1.5	7072.22	10608.33	4238.29
6	0.88	7127.55	20.17	20.02	13.56	1.5	8082.36	12123.54	4995.99

Kebutuhan Jumlah Geotextile			
Asumsi Lapis Per Layer (Sv)	=	0.25	m
H Initial	=	6.79	m
Jarak Bebas Maksimal Muka Tanah Timbunan	=	1.00	m
Jarak Tersedia untuk Pemasangan Geotextile	=	5.79	m
Koordinat Dasar Timbunan	=	10.506	m
Ti (Ordinat Gelincir - Ordinat Dasar Timbunan)	=	9.514	m

Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KNm ²)	Lengan momen (Ti)	Sisa Timb Tersedia Untuk Geotex	M resisting	ΔMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket	SF	H (Ti)	σ _v (KN/m ²)	τ atas	τ bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	Ld dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)
1 (bawah)	78.71	9.514	5.79	748.839	4995.99	748.839	Belum	1.5	6.79	135.89	49.460	12.363	2.387	2.50	16.82	1.500	42.1
2	78.71	9.264	5.54	729.162		1478.001	Belum	1.5	6.54	130.89	47.640	47.640	1.549	2.00	16.56	1.000	39.6
3	78.71	9.014	5.29	709.484		2187.485	Belum	1.5	6.29	125.89	45.820	45.820	1.610	2.00	16.288	1.000	39.1
4	78.71	8.764	5.04	689.807		2877.292	Belum	1.5	6.04	120.89	44.001	44.001	1.677	2.00	16.005	1.000	38.5
5	78.71	8.514	4.79	670.130		3547.422	Belum	1.5	5.79	115.89	42.181	42.181	1.749	2.00	15.712	1.000	37.9
6	78.71	8.264	4.54	650.453		4197.875	Belum	1.5	5.54	110.89	40.361	40.361	1.828	2.00	15.409	1.000	37.3
7	78.71	8.014	4.29	630.775		4828.650	Belum	1.5	5.29	105.89	38.541	38.541	1.915	2.00	15.096	1.000	36.7
8	78.71	7.764	4.04	611.098		5439.748	Memenuhi	1.5	5.04	100.89	36.721	36.721	2.009	2.50	14.775	1.500	38.1

Hasil Analisis dari program bantu pada timbunan tinggi 4,5 m

No.	SF (bishop)	Moment resisting (KN-m)	circle center			SF Rencana	Momen Dorong (KN-m)	Momen Rencana (KN-m)	ΔMR (KN-m)
			x (m)	y (m)	R (m)				
1	1.38	2109.56	17.93	19.6	8.89	1.5	1523.40	2285.10	175.54
2	1.29	2388.96	18.16	19.67	9.29	1.5	1850.08	2775.12	386.16
3	1.11	2691.72	18.42	19.21	9.65	1.5	2429.95	3644.93	953.21
4	0.92	2498.06	19.33	17.32	9	1.5	2712.44	4068.66	1570.60
5	1	4958.08	20.38	19.29	12.17	1.5	4941.80	7412.70	2454.62
6	0.9	2608.49	19.23	17.4	9.25	1.5	2890.29	4335.44	1726.95

Kebutuhan Jumlah Geotextile			
Asumsi Lapis Per Layer (Sv)	=	0.25	m
H Initial	=	5.31	m
Jarak Bebas Maksimal Muka Tanah Timbunan	=	1.00	m
Jarak Tersedia untuk Pemasangan Geotextile	=	4.31	m
Koordinat Dasar Timbunan	=	10.69	m
Ti (Ordinat Gelincir - Ordinat Dasar Timbunan)	=	8.6	m

Lap. geotextile	Kuat tarik allow geotextile (KN/m ²)	Lengan momen (Ti)	Sisa Timb Tersedia Untuk Geotex	M resisting	ΔMR (KN-m)	Mres kumulatif	Ket	SF	H (Ti)	σ'v (KN/m ²)	τ atas	τ bawah	Le belakang bidang (meter)	Le pakai (meter)	Ld dalam bidang (meter)	Lo (meter)	L Total (meter)
1 (bawah)	78.71	8.6	4.31	676.899	2454.62	676.899	Belum	1.5	5.31	106.21	38.658	11.672	2.932	3.00	15.611	1.500	40.7
2	78.71	8.35	4.06	657.222		1334.120	Belum	1.5	5.06	101.21	36.838	36.838	2.003	2.50	15.354	1.500	39.2
3	78.71	8.1	3.81	637.544		1971.665	Belum	1.5	4.81	96.21	35.018	35.018	2.107	2.50	15.083	1.500	38.7
4	78.71	7.85	3.56	617.867		2589.532	Memenuhi	1.5	4.56	91.21	33.199	33.199	2.223	2.50	14.8	1.500	38.1

Lampiran 7
Perkuatan *Encapsulated Stone Column*

Data umum perencanaan

Data Stone Column							
Y Stone Column	Ø Stone Column	Jarak Rencana	Diameter Cell (De)	Diameter	Internal Friction	n	Jarak Memanjang
KN/m3	°	m	m	m	°	(4-5)	m
24	40	1.2	1.26	0.6	0	5	1.04

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 8,7 m

NO	Dia.	As	S	De	A	as	ac	n	µs	µc
S.C	S.C	S.C	2D	(1,05 S)	U.cell					
	(m)	(m2)	(m)	(m)	(m2)					
1	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
2	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
3	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
4	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
5	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
6	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
7	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
8	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
9	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 8,7 m

(lanjutan)

NO	φs	Hn	Zn	βn	σs	σ _s ^s	σ _N ^s	τ _z ^s	P _z ^s	R	ΔMr	ΔMr.kum	ΔMr	Kontrol
S.C	(°)	(m)	(m)	(°)	kn/m2	kn/m2	kn/m2	kn/m2	(Kn)	(m)	KNm	KNm	KNm	
1	40	8.7	4.42	36	495.54	557.42	364.83	306.13	106.99	19.91	2130.17	2130.17		Belum
2	40	8.7	5.2	32	495.54	568.34	408.74	342.97	114.35	19.91	2276.68	4406.85		Belum
3	40	8.7	5.85	28	456.21	538.11	419.51	352.01	112.72	19.91	2244.30	6651.15		Belum
4	40	8.1	6.4	24	424.74	514.34	429.25	360.19	111.48	19.91	2219.53	8870.68		Belum
5	40	7.5	6.85	20	393.28	489.18	431.96	362.46	109.06	19.91	2171.37	11042.04		Belum
6	40	6.9	7.21	16	361.82	462.76	427.60	358.80	105.54	19.91	2101.23	13143.28		Belum
7	40	6.3	7.49	12	330.36	435.22	416.40	349.40	101.00	19.91	2010.88	15154.16		Belum
8	40	5.7	7.68	8	298.89	406.41	398.54	334.42	95.48	19.91	1901.07	17055.23		Belum
9	40	5.1	7.8	5	267.43	376.63	373.77	313.63	89.02	19.91	1772.30	18827.54		Belum
10	40	4.5	7.83	1	235.97	345.59	345.48	289.90	81.98	19.91	1632.19	20459.73		Memenuhi

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 8,1 m

NO	Dia.	As	S	De	A	as	ac	n	μ_s	μ_c
S.C	S.C	S.C	2D	(1,05 S)	U.cell					
	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m ²)					
1	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
2	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
3	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
4	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
5	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
6	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
7	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
8	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
9	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 8,1 m

(lanjutan)

NO	ϕ_s	Hn	Zn	βn	σ_s	σ_z^s	σ_N^s	τ_z^s	P_z^s	R	ΔMr	ΔMr_{kum}	ΔMr	Kontrol
S.C	(⁽⁰⁾)	(m)	(m)	(⁽⁰⁾)	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	(Kn)	(m)	KNm	KNm	KNm	
1	40	8.1	5.48	33	464.07	540.79	380.38	319.17	107.60	19.37	2084.29	2084.29	17155.98	Belum
2	40	8.1	6.16	28	464.07	550.31	429.02	359.99	115.28	19.37	2232.95	4317.24		Belum
3	40	8.1	6.74	25	424.74	519.10	426.39	357.78	111.62	19.37	2162.05	6479.29		Belum
4	40	7.5	7.21	21	393.28	494.22	430.75	361.44	109.47	19.37	2120.36	8599.65		Belum
5	40	6.9	7.6	17	361.82	468.22	428.20	359.30	106.23	19.37	2057.70	10657.35		Belum
6	40	6.3	7.9	13	330.36	440.96	418.64	351.28	101.94	19.37	1974.49	12631.84		Belum
7	40	5.7	8.13	10	298.89	412.71	400.27	335.87	96.43	19.37	1867.83	14499.66		Belum
8	40	5.1	8.27	6	267.43	383.21	379.02	318.04	90.42	19.37	1751.41	16251.08		Belum
9	40	4.5	8.34	2	235.97	352.73	352.30	295.61	83.63	19.37	1619.99	17871.07		Memenuhi

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 7 m

NO	Dia.	As	S	De	A	as	ac	n	μ_s	μ_c
S.C	S.C	S.C	2D	(1,05 S)	U.cell					
	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m ²)					
1	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
2	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
3	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
4	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
5	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
6	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
7	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
8	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
9	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 7 m (lanjutan)

NO	ϕ_s	Hn	Zn	βn	σ_s	σ_z^s	σ_N^s	τ_z^s	P_z^s	R	ΔMr	$\Delta Mr.kum$	ΔMr	Kontrol
S.C	(^o)	(m)	(m)	(^o)	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	(Kn)	(m)	KNm	KNm	KNm	
1	40	7	3.45	40	406.39	454.69	266.82	223.89	82.64	15.26	1261.05	1261.05	8655.95	Belum
2	40	7	4.3	34	406.39	466.59	320.69	269.09	91.77	15.26	1400.46	2661.51		Belum
3	40	7	5	29	367.06	437.06	334.34	280.54	90.69	15.26	1383.96	4045.47		Belum
4	40	6.4	5.57	24	335.60	413.58	345.16	289.62	89.64	15.26	1367.89	5413.36		Belum
5	40	5.8	6.01	19	304.14	388.28	347.12	291.27	87.10	15.26	1329.15	6742.50		Belum
6	40	5.2	6.34	14	272.68	361.44	340.28	285.53	83.20	15.26	1269.68	8012.19		Belum
7	40	4.6	6.57	10	241.21	333.19	323.15	271.15	77.85	15.26	1187.98	9200.16		Memenuhi

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 5,8 m

NO	Dia.	As	S	De	A	as	ac	n	μ_s	μ_c
S.C	S.C	S.C	2D	(1,05 S)	U.cell					
	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m ²)					
1	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
2	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
3	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
4	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
5	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
6	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
7	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
8	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
9	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 5,8 m

(lanjutan)

NO	ϕ_s	Hn	Zn	βn	σ_s	σ_z^s	σ_N^s	τ_z^s	P_z^s	R	ΔMr	ΔMr_{kum}	ΔMr	Kontrol
S.C	(^o)	(m)	(m)	(^o)	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	(Kn)	(m)	KNm	KNm	KNm	
1	40	5.8	2.02	41	343.47	371.75	211.74	177.67	66.56	13.56	902.59	902.59		Belum
2	40	5.8	2.89	34	343.47	383.93	263.87	221.42	75.51	13.56	1023.97	1926.56		Belum
3	40	5.8	3.58	28	304.14	354.26	276.18	231.74	74.21	13.56	1006.28	2932.85	5191.83	Belum
4	40	5.2	4.11	23	272.68	330.22	279.80	234.78	72.12	13.56	977.89	3910.73		Belum
5	40	4.6	4.52	17	241.21	304.49	278.46	233.66	69.08	13.56	936.78	4847.52		Belum
6	40	4	4.8	12	209.75	276.95	264.98	222.34	64.27	13.56	871.51	5719.03		Memenuhi

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 4,5 m

NO	Dia.	As	S	De	A	as	ac	n	μ_s	μ_c
S.C	S.C	S.C	2D	(1,05 S)	U.cell					
	(m)	(m ²)	(m)	(m)	(m ²)					
1	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
2	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
3	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
4	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
5	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
6	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
7	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
8	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524
9	0.6	0.283	1.2	1.26	1.247	0.227	0.773	5	2.622	0.524

Jumlah kebutuhan ESC pada tinggi timbunan akhir 4,5 m

(lanjutan)

NO	ϕ_s	Hn	Zn	β_n	σ_s	σ_z^s	σ_N^s	τ_z^s	P_z^s	R	ΔMr	$\Delta Mr.$ kum	ΔMr	Kontrol
S.C	⁽⁰⁾	(m)	(m)	⁽⁰⁾	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	kn/m ²	(Kn)	(m)	KNm	KNm	KNm	
1	40	4.5	2.95	30	275.30	316.60	237.45	199.24	65.05	12.17	791.65	791.65	2550.84	Belum
2	40	4.5	3.51	23	275.30	324.44	274.91	230.67	70.85	12.17	862.29	1653.94		Belum
3	40	4.5	3.92	17	235.97	290.85	265.99	223.19	65.99	12.17	803.08	2457.02		Belum
4	40	3.9	4.19	11	204.51	263.17	253.59	212.78	61.29	12.17	745.89	3202.91		Memenuhi

-L7-

Perhitungan geotextile sebagai selubung.

Perhitungan pada ketinggian timbunan 8,7 m.

Data Tanah

Kedalaman		Strength		Koef. Persamaan Stone Column		
Dari	Sampai	ϕ	Cu	Poisson	Y. Moduls	$Cu(1+\ln(Ec/2Cu(1+v)))$
m		$^{\circ}$	kg/cm ²	μ	E	
0	2.5	2	0.092	0.45	46	14.21
2.5	4.5	2	0.17	0.45	85	26.26
4.5	6.5	2	0.21	0.45	105	32.44
6.5	8.5	2	0.22	0.45	110	33.98
8.5	10.5	2	0.37	0.45	185	57.15
10.5	12.5	2	0.37	0.45	185	57.15
12.5	14.5	2	0.37	0.45	185	57.15
14.5	16.5	2	0.45	0.45	225	69.51
16.5	18.5	2	0.45	0.45	225	69.51
18.5	20.5	2	0.45	0.45	225	69.51

Tegangan pasif tanah kondisi *at rest*

Kedalaman Tanah			K0	σ_0	σ_3
				KN/m ²	KN/m ²
0	s/d	1	0.719	6.00	18.53
1	s/d	2	0.719	12.00	22.84
2	s/d	3	0.719	18.00	39.21
3	s/d	4	0.719	24.00	43.53
4	s/d	5	0.719	30.00	54.02
5	s/d	6	0.719	36.00	58.34
6	s/d	7	0.719	42.00	64.20
7	s/d	8	0.719	48.00	68.51
8	s/d	8.5	0.719	51.00	70.67
8.5	s/d	9	0.719	54.55	96.40
9	s/d	10	0.719	61.65	101.50
10	s/d	11	0.719	68.75	106.61
11	s/d	12	0.719	75.85	111.72
12	s/d	13	0.719	81.95	116.11
13	s/d	14	0.719	87.05	119.78

Tegangan yang diterima geotextile

Kedalaman Tanah			σ_3	KP (sc)	σ_1	Cavity Expansion	$\sigma_v(sc)\downarrow$	Δq_1	$\Delta \sigma_1$
			KN/m ²		KN/m ²				
0	s/d	1	18.528	4.60	85.21	334.79	495.53508	160.75	34.95317
1	s/d	2	22.844	4.60	105.06				
2	s/d	3	39.209	4.60	180.32				
3	s/d	4	43.525	4.60	200.17				
4	s/d	5	54.020	4.60	248.43				
5	s/d	6	58.337	4.60	268.28				
6	s/d	7	64.198	4.60	295.24				
7	s/d	8	68.514	4.60	315.09				
8	s/d	8.5	70.672	4.60	325.01				
8.5	s/d	9	96.397	4.60	443.32				
9	s/d	10	101.504	4.60	466.81				
10	s/d	11	106.612	4.60	490.30				
11	s/d	12	111.719	4.60	513.79				
12	s/d	13	116.107	4.60	533.97				
13	s/d	14	119.776	4.60	550.84				

Besar kuat tarik geotextile yang dibutuhkan

Keliling Selubung	W1	Fr1
K, (m)	KN/m	KN/m
1.88	65.89	33.08878

Spesifikasi geotextile yang digunakan

Kuat Tarik (KN/m)	FSid	FScr	FScd	FSbd	Sfencana	T Allow (kN/m)
120	1.2	2.1	1.2	1.1	1.5	36.075

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 3

Perhitungan tinggi awal, tinggi akhir, dan pemampatan timbunan material EPS Geofom

Kedalaman Tanah Lunak 14 m

Penurunan akibat variasi $q = 0,432 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	2ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.432	3.00	3.432	<	18.00	0.0022	0.0022
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.432	9.00	9.432	<	24.00	0.0008	0.0029
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.431	15.00	15.431	<	30.00	0.0005	0.0034
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.430	21.00	21.430	<	36.00	0.0003	0.0037
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.429	27.00	27.429	<	42.00	0.0003	0.0040
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.426	33.00	33.426	<	48.00	0.0002	0.0042
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.423	39.00	39.423	<	54.00	0.0002	0.0043
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.419	45.00	45.419	<	60.00	0.0001	0.0045
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.415	49.50	49.915	<	64.50	0.0001	0.0045
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.412	52.78	53.187	<	67.78	0.0000	0.0046
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.408	58.10	58.508	<	73.10	0.0001	0.0047
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.402	65.20	65.602	<	80.20	0.0001	0.0048
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.395	72.30	72.695	<	87.30	0.0001	0.0048
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.388	79.40	79.788	<	94.40	0.0001	0.0049
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.380	86.50	86.880	<	101.50	0.0001	0.0049
											Total Penurunan	0.0049	m	

Penurunan akibat variasi $q = 0,576 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	2ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.576	3.00	3.576	<	18.00	0.0028	0.0028
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.576	9.00	9.576	<	24.00	0.0010	0.0038
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.575	15.00	15.575	<	30.00	0.0006	0.0044
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.574	21.00	21.574	<	36.00	0.0004	0.0049
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.572	27.00	27.572	<	42.00	0.0003	0.0052
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.569	33.00	33.569	<	48.00	0.0003	0.0055
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.565	39.00	39.565	<	54.00	0.0002	0.0057
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.560	45.00	45.560	<	60.00	0.0002	0.0059
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.556	49.50	50.056	<	64.50	0.0001	0.0060
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.553	52.78	53.328	<	67.78	0.0001	0.0061
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.548	58.10	58.648	<	73.10	0.0001	0.0062
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.540	65.20	65.740	<	80.20	0.0001	0.0063
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.532	72.30	72.832	<	87.30	0.0001	0.0064
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.523	79.40	79.923	<	94.40	0.0001	0.0064
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.513	86.50	87.013	<	101.50	0.0001	0.0065
											Total Penurunan	0.0065	m	

Penurunan akibat variasi $q = 0,72 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m				KN/m3	kN/m2	kN/m2	kN/m2	< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.720	3.00	3.720	<	18.00	0.0035	0.0035
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.720	9.00	9.720	<	24.00	0.0012	0.0047
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.719	15.00	15.719	<	30.00	0.0008	0.0055
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.718	21.00	21.718	<	36.00	0.0005	0.0060
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.716	27.00	27.716	<	42.00	0.0004	0.0064
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.712	33.00	33.712	<	48.00	0.0003	0.0068
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.708	39.00	39.708	<	54.00	0.0003	0.0070
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.702	45.00	45.702	<	60.00	0.0002	0.0073
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.697	49.50	50.197	<	64.50	0.0001	0.0074
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.694	52.78	53.469	<	67.78	0.0001	0.0075
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.688	58.10	58.788	<	73.10	0.0001	0.0076
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.679	65.20	65.879	<	80.20	0.0001	0.0078
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.670	72.30	72.970	<	87.30	0.0001	0.0079
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.659	79.40	80.059	<	94.40	0.0001	0.0080
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.649	86.50	87.149	<	101.50	0.0001	0.0081
											Total Penurunan	0.0081	m	

Penurunan akibat variasi $q = 0,864 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m				KN/m3	kN/m2	kN/m2	kN/m2	< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.864	3.00	3.864	<	18.00	0.0041	0.0041
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.864	9.00	9.864	<	24.00	0.0015	0.0055
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.863	15.00	15.863	<	30.00	0.0009	0.0064
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.862	21.00	21.862	<	36.00	0.0006	0.0071
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.859	27.00	27.859	<	42.00	0.0005	0.0076
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.856	33.00	33.856	<	48.00	0.0004	0.0080
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.851	39.00	39.851	<	54.00	0.0003	0.0084
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.845	45.00	45.845	<	60.00	0.0003	0.0087
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.840	49.50	50.340	<	64.50	0.0001	0.0088
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.836	52.78	53.611	<	67.78	0.0001	0.0089
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.829	58.10	58.929	<	73.10	0.0002	0.0091
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.820	65.20	66.020	<	80.20	0.0002	0.0092
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.809	72.30	73.109	<	87.30	0.0001	0.0094
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.798	79.40	80.198	<	94.40	0.0001	0.0095
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.786	86.50	87.286	<	101.50	0.0001	0.0096
											Total Penurunan	0.0096	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,008 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m3	$2\Delta P$ kN/m2	Po' kN/m2	Po'+ ΔP kN/m2	Ket	Pc' kN/m2	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.008	3.00	4.008	<	18.00	0.0047	0.0047
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.008	9.00	10.008	<	24.00	0.0017	0.0064
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.007	15.00	16.007	<	30.00	0.0010	0.0074
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.006	21.00	22.006	<	36.00	0.0008	0.0082
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.003	27.00	28.003	<	42.00	0.0006	0.0088
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.999	33.00	33.999	<	48.00	0.0005	0.0092
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.994	39.00	39.994	<	54.00	0.0004	0.0096
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.988	45.00	45.988	<	60.00	0.0003	0.0100
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.982	49.50	50.482	<	64.50	0.0002	0.0101
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.978	52.78	53.753	<	67.78	0.0001	0.0103
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.971	58.10	59.071	<	73.10	0.0002	0.0105
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.960	65.20	66.160	<	80.20	0.0002	0.0106
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.949	72.30	73.249	<	87.30	0.0002	0.0108
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.937	79.40	80.337	<	94.40	0.0001	0.0110
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.924	86.50	87.424	<	101.50	0.0001	0.0111
											Total Penurunan	0.0111	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,152 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m3	$2\Delta P$ kN/m2	Po' kN/m2	Po'+ ΔP kN/m2	Ket	Pc' kN/m2	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.152	3.00	4.152	<	18.00	0.0052	0.0052
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.152	9.00	10.152	<	24.00	0.0019	0.0072
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.151	15.00	16.151	<	30.00	0.0012	0.0084
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.149	21.00	22.149	<	36.00	0.0009	0.0092
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.147	27.00	28.147	<	42.00	0.0007	0.0099
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.143	33.00	34.143	<	48.00	0.0005	0.0104
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.138	39.00	40.138	<	54.00	0.0005	0.0109
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.131	45.00	46.131	<	60.00	0.0004	0.0113
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.125	49.50	50.625	<	64.50	0.0002	0.0115
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.120	52.78	53.895	<	67.78	0.0001	0.0116
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.113	58.10	59.213	<	73.10	0.0002	0.0118
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.102	65.20	66.302	<	80.20	0.0002	0.0120
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.090	72.30	73.390	<	87.30	0.0002	0.0122
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.077	79.40	80.477	<	94.40	0.0002	0.0124
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.063	86.50	87.563	<	101.50	0.0002	0.0125
											Total Penurunan	0.0125	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,296 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	$Po'+\Delta P$	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m				KN/m3	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.296	3.00	4.296	<	18.00	0.0058	0.0058
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.296	9.00	10.296	<	24.00	0.0022	0.0079
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.295	15.00	16.295	<	30.00	0.0013	0.0093
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.293	21.00	22.293	<	36.00	0.0010	0.0102
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.291	27.00	28.291	<	42.00	0.0008	0.0110
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.287	33.00	34.287	<	48.00	0.0006	0.0116
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.281	39.00	40.281	<	54.00	0.0005	0.0121
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.274	45.00	46.274	<	60.00	0.0004	0.0126
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.268	49.50	50.768	<	64.50	0.0002	0.0128
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.263	52.78	54.038	<	67.78	0.0001	0.0129
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.255	58.10	59.355	<	73.10	0.0003	0.0132
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.244	65.20	66.444	<	80.20	0.0002	0.0134
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.231	72.30	73.531	<	87.30	0.0002	0.0136
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.217	79.40	80.617	<	94.40	0.0002	0.0138
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.203	86.50	87.703	<	101.50	0.0002	0.0140
Total Penurunan												0.0140	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,44 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	$Po'+\Delta P$	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m				KN/m3	kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.440	3.00	4.440	<	18.00	0.0063	0.0063
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.440	9.00	10.440	<	24.00	0.0024	0.0087
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.439	15.00	16.439	<	30.00	0.0015	0.0102
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.437	21.00	22.437	<	36.00	0.0011	0.0112
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.434	27.00	28.434	<	42.00	0.0008	0.0121
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.430	33.00	34.430	<	48.00	0.0007	0.0127
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.425	39.00	40.425	<	54.00	0.0006	0.0133
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.417	45.00	46.417	<	60.00	0.0005	0.0138
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.411	49.50	50.911	<	64.50	0.0002	0.0140
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.406	52.78	54.181	<	67.78	0.0002	0.0142
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.398	58.10	59.498	<	73.10	0.0003	0.0145
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.386	65.20	66.586	<	80.20	0.0003	0.0148
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.373	72.30	73.673	<	87.30	0.0002	0.0150
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.359	79.40	80.759	<	94.40	0.0002	0.0152
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.343	86.50	87.843	<	101.50	0.0002	0.0154
Total Penurunan												0.0154	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,584 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m								< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.584	3.00	4.584	<	18.00	0.0068	0.0068
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.584	9.00	10.584	<	24.00	0.0026	0.0094
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.583	15.00	16.583	<	30.00	0.0016	0.0110
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.581	21.00	22.581	<	36.00	0.0012	0.0122
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.578	27.00	28.578	<	42.00	0.0009	0.0131
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.574	33.00	34.574	<	48.00	0.0007	0.0139
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.568	39.00	40.568	<	54.00	0.0006	0.0145
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.561	45.00	46.561	<	60.00	0.0005	0.0151
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.554	49.50	51.054	<	64.50	0.0002	0.0153
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.549	52.78	54.324	<	67.78	0.0002	0.0155
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.541	58.10	59.641	<	73.10	0.0003	0.0158
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.529	65.20	66.729	<	80.20	0.0003	0.0161
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.515	72.30	73.815	<	87.30	0.0003	0.0164
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.500	79.40	80.900	<	94.40	0.0002	0.0166
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.484	86.50	87.984	<	101.50	0.0002	0.0168
											Total Penurunan	0.0168	m	

Kedalaman Tanah Lunak 11,5 m

Penurunan akibat variasi $q = 0,432 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m								< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.432	3.00	3.432	<	18.00	0.0022	0.0022
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.432	9.00	9.432	<	24.00	0.0008	0.0029
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.431	15.00	15.431	<	30.00	0.0005	0.0034
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.430	21.00	21.430	<	36.00	0.0003	0.0037
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.429	27.00	27.429	<	42.00	0.0003	0.0040
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.426	33.00	33.426	<	48.00	0.0002	0.0042
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.423	39.00	39.423	<	54.00	0.0002	0.0043
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.419	45.00	45.419	<	60.00	0.0001	0.0045
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.415	49.50	49.915	<	64.50	0.0001	0.0045
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.412	52.78	53.187	<	67.78	0.0000	0.0046
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.408	58.10	58.508	<	73.10	0.0001	0.0047
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.402	65.20	65.602	<	80.20	0.0001	0.0048
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.397	70.53	70.927	<	85.53	0.0000	0.0048
											Total Penurunan	0.0048	m	

Penurunan akibat variasi $q = 0,576 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m				kN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.576	3.00	3.576	<	18.00	0.0028	0.0028
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.576	9.00	9.576	<	24.00	0.0010	0.0038
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.575	15.00	15.575	<	30.00	0.0006	0.0044
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.574	21.00	21.574	<	36.00	0.0004	0.0049
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.572	27.00	27.572	<	42.00	0.0003	0.0052
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.569	33.00	33.569	<	48.00	0.0003	0.0055
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.565	39.00	39.565	<	54.00	0.0002	0.0057
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.560	45.00	45.560	<	60.00	0.0002	0.0059
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.556	49.50	50.056	<	64.50	0.0001	0.0060
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.553	52.78	53.328	<	67.78	0.0001	0.0061
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.548	58.10	58.648	<	73.10	0.0001	0.0062
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.540	65.20	65.740	<	80.20	0.0001	0.0063
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.534	70.53	71.059	<	85.53	0.0000	0.0063
Total Penurunan												0.0063	m	

Penurunan akibat variasi $q = 0,72 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m				kN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.720	3.00	3.720	<	18.00	0.0035	0.0035
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.720	9.00	9.720	<	24.00	0.0012	0.0047
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.719	15.00	15.719	<	30.00	0.0008	0.0055
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.718	21.00	21.718	<	36.00	0.0005	0.0060
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.716	27.00	27.716	<	42.00	0.0004	0.0064
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.712	33.00	33.712	<	48.00	0.0003	0.0068
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.708	39.00	39.708	<	54.00	0.0003	0.0070
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.702	45.00	45.702	<	60.00	0.0002	0.0073
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.697	49.50	50.197	<	64.50	0.0001	0.0074
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.694	52.78	53.469	<	67.78	0.0001	0.0075
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.688	58.10	58.788	<	73.10	0.0001	0.0076
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.679	65.20	65.879	<	80.20	0.0001	0.0078
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.672	70.53	71.197	<	85.53	0.0001	0.0078
Total Penurunan												0.0078	m	

Penurunan akibat variasi $q = 0,864 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m								< atau >			
	s/d						KN/m3	kN/m2	kN/m2	kN/m2		kN/m2	m	m
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.864	3.00	3.864	<	18.00	0.0041	0.0041
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.864	9.00	9.864	<	24.00	0.0015	0.0055
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.863	15.00	15.863	<	30.00	0.0009	0.0064
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.862	21.00	21.862	<	36.00	0.0006	0.0071
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.859	27.00	27.859	<	42.00	0.0005	0.0076
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.856	33.00	33.856	<	48.00	0.0004	0.0080
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.851	39.00	39.851	<	54.00	0.0003	0.0084
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.845	45.00	45.845	<	60.00	0.0003	0.0087
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.840	49.50	50.340	<	64.50	0.0001	0.0088
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.836	52.78	53.611	<	67.78	0.0001	0.0089
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.829	58.10	58.929	<	73.10	0.0002	0.0091
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.820	65.20	66.020	<	80.20	0.0002	0.0092
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.812	70.53	71.337	<	85.53	0.0001	0.0093
Total Penurunan												0.0093	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,008 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z	Cc	Cs	eo	γ'	ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
			m								< atau >			
	s/d						KN/m3	kN/m2	kN/m2	kN/m2		kN/m2	m	m
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.008	3.00	4.008	<	18.00	0.0047	0.0047
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.008	9.00	10.008	<	24.00	0.0017	0.0064
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.007	15.00	16.007	<	30.00	0.0010	0.0074
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.006	21.00	22.006	<	36.00	0.0008	0.0082
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.003	27.00	28.003	<	42.00	0.0006	0.0088
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.999	33.00	33.999	<	48.00	0.0005	0.0092
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.994	39.00	39.994	<	54.00	0.0004	0.0096
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.988	45.00	45.988	<	60.00	0.0003	0.0100
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	0.982	49.50	50.482	<	64.50	0.0002	0.0101
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.978	52.78	53.753	<	67.78	0.0001	0.0103
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.971	58.10	59.071	<	73.10	0.0002	0.0105
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.960	65.20	66.160	<	80.20	0.0002	0.0106
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	0.952	70.53	71.477	<	85.53	0.0001	0.0107
Total Penurunan												0.0107	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,152 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	$2\Delta P$ kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.152	3.00	4.152	<	18.00	0.0052	0.0052
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.152	9.00	10.152	<	24.00	0.0019	0.0072
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.151	15.00	16.151	<	30.00	0.0012	0.0084
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.149	21.00	22.149	<	36.00	0.0009	0.0092
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.147	27.00	28.147	<	42.00	0.0007	0.0099
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.143	33.00	34.143	<	48.00	0.0005	0.0104
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.138	39.00	40.138	<	54.00	0.0005	0.0109
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.131	45.00	46.131	<	60.00	0.0004	0.0113
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.125	49.50	50.625	<	64.50	0.0002	0.0115
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.120	52.78	53.895	<	67.78	0.0001	0.0116
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.113	58.10	59.213	<	73.10	0.0002	0.0118
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.102	65.20	66.302	<	80.20	0.0002	0.0120
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.093	70.53	71.618	<	85.53	0.0001	0.0121
Total Penurunan												0.0121	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,296 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	$2\Delta P$ kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.296	3.00	4.296	<	18.00	0.0058	0.0058
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.296	9.00	10.296	<	24.00	0.0022	0.0079
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.295	15.00	16.295	<	30.00	0.0013	0.0093
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.293	21.00	22.293	<	36.00	0.0010	0.0102
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.291	27.00	28.291	<	42.00	0.0008	0.0110
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.287	33.00	34.287	<	48.00	0.0006	0.0116
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.281	39.00	40.281	<	54.00	0.0005	0.0121
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.274	45.00	46.274	<	60.00	0.0004	0.0126
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.268	49.50	50.768	<	64.50	0.0002	0.0128
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.263	52.78	54.038	<	67.78	0.0001	0.0129
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.255	58.10	59.355	<	73.10	0.0003	0.0132
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.244	65.20	66.444	<	80.20	0.0002	0.0134
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.235	70.53	71.760	<	85.53	0.0001	0.0135
Total Penurunan												0.0135	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,44 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	$2\Delta P$ kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.440	3.00	4.440	<	18.00	0.0063	0.0063
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.440	9.00	10.440	<	24.00	0.0024	0.0087
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.439	15.00	16.439	<	30.00	0.0015	0.0102
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.437	21.00	22.437	<	36.00	0.0011	0.0112
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.434	27.00	28.434	<	42.00	0.0008	0.0121
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.430	33.00	34.430	<	48.00	0.0007	0.0127
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.425	39.00	40.425	<	54.00	0.0006	0.0133
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.417	45.00	46.417	<	60.00	0.0005	0.0138
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	1.411	49.50	50.911	<	64.50	0.0002	0.0140
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.406	52.78	54.181	<	67.78	0.0002	0.0142
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.398	58.10	59.498	<	73.10	0.0003	0.0145
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.386	65.20	66.586	<	80.20	0.0003	0.0148
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	1.376	70.53	71.901	<	85.53	0.0001	0.0149
Total Penurunan												0.0149	m	

Penurunan akibat variasi $q = 1,584 \text{ kN/m}^2$

Elevasi dari tanah dasar			z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	$2\Delta P$ kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m
											< atau >			
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	11.809	3.00	14.809	<	18.00	0.0257	0.0257
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	11.428	9.00	20.428	<	24.00	0.0132	0.0389
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	11.050	15.00	26.050	<	30.00	0.0089	0.0477
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	10.677	21.00	31.677	<	36.00	0.0066	0.0544
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	10.309	27.00	37.309	<	42.00	0.0052	0.0596
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	9.950	33.00	42.950	<	48.00	0.0042	0.0638
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	9.599	39.00	48.599	<	54.00	0.0035	0.0673
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	9.259	45.00	54.259	<	60.00	0.0030	0.0704
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	9.011	49.50	58.511	<	64.50	0.0013	0.0717
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	8.849	52.78	61.624	<	67.78	0.0010	0.0727
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	8.612	58.10	66.712	<	73.10	0.0017	0.0744
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	8.307	65.20	73.507	<	80.20	0.0015	0.0759
11	s/d	11.5	11.25	0.361	0.0722	1.53	7.10	8.086	70.53	78.611	<	85.53	0.0007	0.0765
Total Penurunan												0.0765	m	

Penurunan akibat beban perkerasan

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 3 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar	Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan					ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma		
					z	m	n	I (grafik)	Kn/m ²								Kn/m ²	Kn/m ²
					(m)	x/z	y/z											
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	3.5	4.000	∞	0.25	10.80	3.00	13.80	<	18.00	0.025	0.025	
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	4.5	3.111	∞	0.248	10.71	9.00	19.71	<	24.00	0.013	0.037	
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	5.5	2.545	∞	0.245	10.58	15.00	25.58	<	30.00	0.009	0.046	
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	21.00	31.45	<	36.00	0.006	0.052	
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	27.00	37.28	<	42.00	0.005	0.057	
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	33.00	43.15	<	48.00	0.004	0.062	
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	39.00	48.85	<	54.00	0.004	0.065	
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	45.00	54.63	<	60.00	0.003	0.068	
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	11.25	1.244	∞	0.222	9.59	49.50	59.09	<	64.50	0.001	0.070	
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	11.75	1.191	∞	0.218	9.42	52.78	62.19	<	67.78	0.001	0.071	
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	58.10	67.26	<	73.10	0.002	0.073	
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	65.20	74.10	<	80.20	0.002	0.074	
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	72.30	81.03	<	87.30	0.001	0.076	
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	79.40	87.95	<	94.40	0.001	0.077	
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	86.50	94.71	<	101.50	0.001	0.078	
													Total Penurunan	0.07814	m			

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 4 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar	Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan					ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma		
					z	m	n	I (grafik)	Kn/m ²								Kn/m ²	Kn/m ²
					(m)	x/z	y/z											
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	4.5	3.111	∞	0.248	10.71	3.00	13.71	<	18.00	0.024	0.024	
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	5.5	2.545	∞	0.245	10.58	9.00	19.58	<	24.00	0.013	0.037	
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	15.00	25.45	<	30.00	0.009	0.045	
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	21.00	31.28	<	36.00	0.006	0.052	
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	27.00	37.15	<	42.00	0.005	0.057	
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	33.00	42.85	<	48.00	0.004	0.061	
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	39.00	48.63	<	54.00	0.004	0.065	
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	45.00	54.42	<	60.00	0.003	0.068	
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	12.25	1.143	∞	0.215	9.29	49.50	58.79	<	64.50	0.001	0.069	
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	12.75	1.098	∞	0.212	9.16	52.78	61.93	<	67.78	0.001	0.070	
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	58.10	67.00	<	73.10	0.002	0.072	
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	65.20	73.93	<	80.20	0.002	0.074	
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	72.30	80.85	<	87.30	0.001	0.075	
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	79.40	87.61	<	94.40	0.001	0.076	
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	86.50	94.54	<	101.50	0.001	0.077	
													Total Penurunan	0.07722	m			

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 5 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma
							z	m	n	I (grafik)							
							(m)	x/z	y/z								
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	5.5	2.545	∞	0.245	10.58	3.00	13.58	<	18.00	0.024	0.024
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	9.00	19.45	<	24.00	0.012	0.037
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	15.00	25.28	<	30.00	0.008	0.045
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	21.00	31.15	<	36.00	0.006	0.051
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	27.00	36.85	<	42.00	0.005	0.056
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	33.00	42.63	<	48.00	0.004	0.061
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	39.00	48.42	<	54.00	0.003	0.064
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	45.00	54.16	<	60.00	0.003	0.067
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	13.25	1.057	∞	0.207	8.94	49.50	58.44	<	64.50	0.001	0.068
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	13.75	1.018	∞	0.206	8.90	52.78	61.67	<	67.78	0.001	0.069
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	58.10	66.83	<	73.10	0.002	0.071
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	65.20	73.75	<	80.20	0.002	0.073
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	72.30	80.51	<	87.30	0.001	0.074
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	79.40	87.44	<	94.40	0.001	0.075
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	86.50	94.23	<	101.50	0.001	0.076
Total Penurunan															0.07617	m	

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 6 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma
							z	m	n	I (grafik)							
							(m)	x/z	y/z								
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.5	2.154	∞	0.242	10.45	3.00	13.45	<	18.00	0.024	0.024
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	9.00	19.28	<	24.00	0.012	0.036
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	15.00	25.15	<	30.00	0.008	0.045
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	21.00	30.85	<	36.00	0.006	0.051
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	27.00	36.63	<	42.00	0.005	0.056
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	33.00	42.42	<	48.00	0.004	0.060
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	39.00	48.16	<	54.00	0.003	0.063
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	45.00	53.90	<	60.00	0.003	0.066
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	14.25	0.982	∞	0.205	8.86	49.50	58.36	<	64.50	0.001	0.067
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	14.75	0.949	∞	0.202	8.73	52.78	61.50	<	67.78	0.001	0.068
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	58.10	66.65	<	73.10	0.002	0.070
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	65.20	73.41	<	80.20	0.001	0.072
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	72.30	80.34	<	87.30	0.001	0.073
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	79.40	87.13	<	94.40	0.001	0.074
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	86.50	94.02	<	101.50	0.001	0.075
Total Penurunan															0.07507	m	

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 7 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar	Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	P_o'	$P_o'+\Delta P$	Ket. (> atau <)	P_c'	Sci	Sci sigma		
					z	m	n	I (grafik)									
					(m)	x/z	y/z										
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	7.5	1.867	∞	0.238	10.28	3.00	13.28	<	18.00	0.024	0.024
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	9.00	19.15	<	24.00	0.012	0.036
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	15.00	24.85	<	30.00	0.008	0.044
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	21.00	30.63	<	36.00	0.006	0.050
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	27.00	36.42	<	42.00	0.005	0.055
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	33.00	42.16	<	48.00	0.004	0.059
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	39.00	47.90	<	54.00	0.003	0.062
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	45.00	53.73	<	60.00	0.003	0.065
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	15.25	0.918	∞	0.2	8.64	49.50	58.14	<	64.50	0.001	0.066
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	15.75	0.889	∞	0.198	8.55	52.78	61.33	<	67.78	0.001	0.067
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	58.10	66.31	<	73.10	0.002	0.069
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	65.20	73.24	<	80.20	0.001	0.070
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	72.30	80.03	<	87.30	0.001	0.072
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	79.40	86.92	<	94.40	0.001	0.073
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	86.50	93.84	<	101.50	0.001	0.074
												Total Penurunan	0.07388	m			

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 8 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar	Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	P_o'	$P_o'+\Delta P$	Ket. (> atau <)	P_c'	Sci	Sci sigma		
					z	m	n	I (grafik)									
					(m)	x/z	y/z										
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	8.5	1.647	∞	0.235	10.15	3.00	13.15	<	18.00	0.024	0.024
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	9.00	18.85	<	24.00	0.012	0.036
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	15.00	24.63	<	30.00	0.008	0.044
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	21.00	30.42	<	36.00	0.006	0.050
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	27.00	36.16	<	42.00	0.005	0.054
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	33.00	41.90	<	48.00	0.004	0.058
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	39.00	47.73	<	54.00	0.003	0.061
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	45.00	53.55	<	60.00	0.003	0.064
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	16.25	0.862	∞	0.193	8.34	49.50	57.84	<	64.50	0.001	0.065
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	16.75	0.836	∞	0.19	8.21	52.78	60.98	<	67.78	0.001	0.066
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	58.10	66.14	<	73.10	0.002	0.068
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	65.20	72.93	<	80.20	0.001	0.069
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	72.30	79.82	<	87.30	0.001	0.071
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	79.40	86.74	<	94.40	0.001	0.072
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	21.5	0.651	∞	0.166	7.17	86.50	93.67	<	101.50	0.001	0.073
												Total Penurunan	0.07264	m			

Akibat beban perkerasan dengan $H_{timb} = 9\text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma
							z	m	n	I (grafik)							
							(m)	x/z	y/z								
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	9.5	1.474	∞	0.228	9.85	3.00	12.85	<	18.00	0.023	0.023
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	9.00	18.63	<	24.00	0.012	0.035
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	15.00	24.42	<	30.00	0.008	0.043
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	21.00	30.16	<	36.00	0.006	0.049
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	27.00	35.90	<	42.00	0.005	0.053
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	33.00	41.73	<	48.00	0.004	0.057
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	39.00	47.55	<	54.00	0.003	0.060
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	45.00	53.21	<	60.00	0.003	0.063
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	17.25	0.812	∞	0.188	8.12	49.50	57.62	<	64.50	0.001	0.064
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	17.75	0.789	∞	0.186	8.04	52.78	60.81	<	67.78	0.001	0.065
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	58.10	65.83	<	73.10	0.002	0.067
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	65.20	72.72	<	80.20	0.001	0.068
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	72.30	79.64	<	87.30	0.001	0.069
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	21.5	0.651	∞	0.166	7.17	79.40	86.57	<	94.40	0.001	0.070
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	22.5	0.622	∞	0.161	6.96	86.50	93.46	<	101.50	0.001	0.071
															Total Penurunan	0.07124	m

Akibat beban perkerasan dengan $H_{timb} = 10\text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP	Po'	Po'+ ΔP	Ket. (> atau <)	Pc'	Sci	Sci sigma
							z	m	n	I (grafik)							
							(m)	x/z	y/z								
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	10.5	1.333	∞	0.223	9.63	3.00	12.63	<	18.00	0.023	0.023
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	9.00	18.42	<	24.00	0.012	0.035
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	15.00	24.16	<	30.00	0.008	0.042
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	21.00	29.90	<	36.00	0.006	0.048
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	27.00	35.73	<	42.00	0.005	0.053
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	33.00	41.55	<	48.00	0.004	0.056
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	39.00	47.21	<	54.00	0.003	0.059
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	45.00	53.04	<	60.00	0.003	0.062
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	18.25	0.767	∞	0.182	7.86	49.50	57.36	<	64.50	0.001	0.063
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	18.75	0.747	∞	0.179	7.73	52.78	60.51	<	67.78	0.001	0.064
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	19.5	0.718	∞	0.174	7.52	58.10	65.62	<	73.10	0.002	0.065
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	65.20	72.54	<	80.20	0.001	0.067
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	21.5	0.651	∞	0.166	7.17	72.30	79.47	<	87.30	0.001	0.068
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	22.5	0.622	∞	0.161	6.96	79.40	86.36	<	94.40	0.001	0.069
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	23.5	0.596	∞	0.157	6.78	86.50	93.28	<	101.50	0.001	0.070
															Total Penurunan	0.06994	m

Akibat beban perkerasan dengan $H_{\text{timb}} = 11 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Pusat Tanah m	Cc	Cs	eo	Akibat beban perkerasan				ΔP Kn/m ²	Po' Kn/m ²	Po'+ ΔP Kn/m ²	Ket. (> atau <)	Pc' Kn/m ²	Sci (m)	Sci sigma (m)
							z (m)	m x/z	n y/z	I (grafik)							
0	s/d	1	0.5	0.524	0.1048	1.83	11.5	1.217	∞	0.218	9.42	3.00	12.42	<	18.00	0.023	0.023
1	s/d	2	1.5	0.524	0.1048	1.83	12.5	1.120	∞	0.212	9.16	9.00	18.16	<	24.00	0.011	0.034
2	s/d	3	2.5	0.524	0.1048	1.83	13.5	1.037	∞	0.206	8.90	15.00	23.90	<	30.00	0.007	0.042
3	s/d	4	3.5	0.524	0.1048	1.83	14.5	0.966	∞	0.202	8.73	21.00	29.73	<	36.00	0.006	0.047
4	s/d	5	4.5	0.524	0.1048	1.83	15.5	0.903	∞	0.198	8.55	27.00	35.55	<	42.00	0.004	0.052
5	s/d	6	5.5	0.524	0.1048	1.83	16.5	0.848	∞	0.19	8.21	33.00	41.21	<	48.00	0.004	0.055
6	s/d	7	6.5	0.524	0.1048	1.83	17.5	0.800	∞	0.186	8.04	39.00	47.04	<	54.00	0.003	0.058
7	s/d	8	7.5	0.524	0.1048	1.83	18.5	0.757	∞	0.179	7.73	45.00	52.73	<	60.00	0.003	0.061
8	s/d	8.5	8.25	0.524	0.1048	1.83	19.25	0.727	∞	0.176	7.60	49.50	57.10	<	64.50	0.001	0.062
8.5	s/d	9	8.75	0.361	0.0722	1.53	19.75	0.709	∞	0.174	7.52	52.78	60.29	<	67.78	0.001	0.063
9	s/d	10	9.5	0.361	0.0722	1.53	20.5	0.683	∞	0.17	7.34	58.10	65.44	<	73.10	0.001	0.064
10	s/d	11	10.5	0.361	0.0722	1.53	21.5	0.651	∞	0.166	7.17	65.20	72.37	<	80.20	0.001	0.066
11	s/d	12	11.5	0.361	0.0722	1.53	22.5	0.622	∞	0.161	6.96	72.30	79.26	<	87.30	0.001	0.067
12	s/d	13	12.5	0.361	0.0722	1.53	23.5	0.596	∞	0.157	6.78	79.40	86.18	<	94.40	0.001	0.068
13	s/d	14	13.5	0.361	0.0722	1.53	24.5	0.571	∞	0.153	6.61	86.50	93.11	<	101.50	0.001	0.069
														Total Penurunan	0.06860	m	

Penurunan akibat beban soil cover 1 m

Penurunan akibat soil cover pada $H_{\text{timb}} = 3 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	2 ΔP KN/m ²	Po' KN/m ²	Po'+ ΔP KN/m ²	Ket. < atau >	Pc' KN/m ²	Sci m	Sigma Sci m
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	20.257	9.00	29.257	>	24.00	0.0317	0.0893
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	17.968	15.00	32.968	>	30.00	0.0187	0.1080
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	15.932	21.00	36.932	>	36.00	0.0107	0.1187
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	14.168	27.00	41.168	<	42.00	0.0068	0.1255
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	12.664	33.00	45.664	<	48.00	0.0052	0.1307
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	11.389	39.00	50.389	<	54.00	0.0041	0.1349
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	10.309	45.00	55.309	<	60.00	0.0033	0.1382
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	9.607	49.50	59.107	<	64.50	0.0014	0.1396
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	9.184	52.78	61.959	<	67.78	0.0010	0.1406
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	8.607	58.10	66.707	<	73.10	0.0017	0.1423
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	7.932	65.20	73.132	<	80.20	0.0014	0.1437
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	7.347	72.30	79.647	<	87.30	0.0012	0.1449
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	6.838	72.30	79.138	<	87.30	0.0011	0.1461
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	6.390	72.30	78.690	<	87.30	0.0010	0.1471
													Total Penurunan	0.1471	m

Penurunan akibat soil cover pada $H_{\text{timb}} = 4 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Cc	Cs	eo	γ'	$2\Delta P$	Po'	$Po'+\Delta P$	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
				m				KN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	< atau >			
0	s/d	1	a	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	23.046	3.00	26.046	>	18.00	0.0585	0.0585
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	21.168	9.00	30.168	>	24.00	0.0342	0.0927
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	19.372	15.00	34.372	>	30.00	0.0221	0.1148
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	17.699	21.00	38.699	>	36.00	0.0145	0.1293
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	16.171	27.00	43.171	>	42.00	0.0093	0.1386
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	14.798	33.00	47.798	<	48.00	0.0060	0.1446
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	13.575	39.00	52.575	<	54.00	0.0048	0.1494
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	12.493	45.00	57.493	<	60.00	0.0039	0.1533
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	11.765	49.50	61.265	<	64.50	0.0017	0.1550
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	11.316	52.78	64.091	<	67.78	0.0012	0.1562
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	10.694	58.10	68.794	<	73.10	0.0021	0.1583
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	9.948	65.20	75.148	<	80.20	0.0018	0.1601
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	9.287	72.30	81.587	<	87.30	0.0015	0.1616
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	8.698	72.30	80.998	<	87.30	0.0014	0.1630
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	8.174	72.30	80.474	<	87.30	0.0013	0.1643
Total Penurunan													0.1643	m	

Penurunan akibat soil cover pada $H_{\text{timb}} = 5 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z	Cc	Cs	eo	γ'	$2\Delta P$	Po'	$Po'+\Delta P$	Ket	Pc'	Sci	Sigma Sci
				m				KN/m ³	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	< atau >			
0	s/d	1	a	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	23.237	3.00	26.237	>	18.00	0.0591	0.0591
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	21.725	9.00	30.725	>	24.00	0.0356	0.0948
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	20.257	15.00	35.257	>	30.00	0.0241	0.1189
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.856	21.00	39.856	>	36.00	0.0169	0.1358
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	17.539	27.00	44.539	>	42.00	0.0118	0.1476
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	16.317	33.00	49.317	>	48.00	0.0082	0.1558
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	15.194	39.00	54.194	>	54.00	0.0055	0.1613
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	14.168	45.00	59.168	<	60.00	0.0044	0.1657
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	13.461	49.50	62.961	<	64.50	0.0019	0.1677
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	13.017	52.78	65.792	<	67.78	0.0014	0.1690
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	12.392	58.10	70.492	<	73.10	0.0024	0.1714
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	11.627	65.20	76.827	<	80.20	0.0020	0.1735
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	10.936	72.30	83.236	<	87.30	0.0017	0.1752
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	10.309	72.30	82.609	<	87.30	0.0017	0.1769
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	9.741	72.30	82.041	<	87.30	0.0016	0.1784
Total Penurunan													0.1784	m	

Penurunan akibat soil cover pada $H_{\text{timb}} = 6 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar		Titik Tinjau	Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m	
											< atau >				
0	s/d	1	a	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	23.364	3.00	26.364	>	18.00	0.0595	0.0595
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	22.100	9.00	31.100	>	24.00	0.0366	0.0961
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	20.862	15.00	35.862	>	30.00	0.0255	0.1216
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	19.664	21.00	40.664	>	36.00	0.0185	0.1401
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.518	27.00	45.518	>	42.00	0.0136	0.1537
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	17.434	33.00	50.434	>	48.00	0.0100	0.1637
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	16.415	39.00	55.415	>	54.00	0.0073	0.1710
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	15.465	45.00	60.465	>	60.00	0.0052	0.1763
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	14.798	49.50	64.298	<	64.50	0.0021	0.1784
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	14.374	52.78	67.149	<	67.78	0.0015	0.1799
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	13.769	58.10	71.869	<	73.10	0.0026	0.1825
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	13.017	65.20	78.217	<	80.20	0.0023	0.1847
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	12.325	72.30	84.625	<	87.30	0.0020	0.1867
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	11.688	72.30	83.988	<	87.30	0.0019	0.1886
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	11.102	72.30	83.402	<	87.30	0.0018	0.1903
Total Penurunan												0.1903	m		

Penurunan akibat soil cover pada $H_{\text{timb}} = 7 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar		Titik Tinjau	Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m	
											< atau >				
0	s/d	1	a	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	23.455	3.00	26.455	>	18.00	0.0598	0.0598
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	22.369	9.00	31.369	>	24.00	0.0373	0.0971
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	21.300	15.00	36.300	>	30.00	0.0265	0.1236
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	20.257	21.00	41.257	>	36.00	0.0196	0.1432
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	19.248	27.00	46.248	>	42.00	0.0149	0.1581
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.281	33.00	51.281	>	48.00	0.0113	0.1694
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	17.359	39.00	56.359	>	54.00	0.0087	0.1781
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	16.486	45.00	61.486	>	60.00	0.0066	0.1847
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	15.864	49.50	65.364	>	64.50	0.0027	0.1874
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	15.465	52.78	68.240	>	67.78	0.0018	0.1891
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	14.891	58.10	72.991	<	73.10	0.0028	0.1919
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	14.168	65.20	79.368	<	80.20	0.0024	0.1944
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	13.493	72.30	85.793	<	87.30	0.0021	0.1965
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	12.864	72.30	85.164	<	87.30	0.0020	0.1985
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	12.278	72.30	84.578	<	87.30	0.0019	0.2005
Total Penurunan												0.2005	m		

Penurunan akibat soil cover pada $H_{\text{timb}} = 8 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m
												< atau >			
0	s/d	1	a	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	23.523	3.00	26.523	>	18.00	0.0600	0.0600
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	22.572	9.00	31.572	>	24.00	0.0378	0.0978
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	21.632	15.00	36.632	>	30.00	0.0272	0.1250
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	20.710	21.00	41.710	>	36.00	0.0205	0.1456
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	19.811	27.00	46.811	>	42.00	0.0158	0.1614
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.941	33.00	51.941	>	48.00	0.0124	0.1738
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.104	39.00	57.104	>	54.00	0.0097	0.1835
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	17.303	45.00	62.303	>	60.00	0.0077	0.1912
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	16.726	49.50	66.226	>	64.50	0.0032	0.1943
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	16.354	52.78	69.129	>	67.78	0.0022	0.1965
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	15.813	58.10	73.913	>	73.10	0.0035	0.2000
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	15.127	65.20	80.327	>	80.20	0.0027	0.2027
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	14.478	72.30	86.778	<	87.30	0.0023	0.2050
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	13.867	72.30	86.167	<	87.30	0.0022	0.2071
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	13.292	72.30	85.592	<	87.30	0.0021	0.2092
												Total Penurunan	0.2092	m	

Penurunan akibat soil cover pada $H_{\text{timb}} = 9 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar			Titik Tinjau	Z m	Cc	Cs	eo	γ' KN/m ³	ΔP kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m
												< atau >			
0	s/d	1	a	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	23.576	3.00	26.576	>	18.00	0.0602	0.0602
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	22.730	9.00	31.730	>	24.00	0.0382	0.0984
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	21.891	15.00	36.891	>	30.00	0.0278	0.1262
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	21.066	21.00	42.066	>	36.00	0.0212	0.1474
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	20.257	27.00	47.257	>	42.00	0.0166	0.1640
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	19.469	33.00	52.469	>	48.00	0.0132	0.1772
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.705	39.00	57.705	>	54.00	0.0106	0.1877
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	17.968	45.00	62.968	>	60.00	0.0085	0.1962
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	17.434	49.50	66.934	>	64.50	0.0036	0.1999
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	17.087	52.78	69.862	>	67.78	0.0025	0.2023
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	16.580	58.10	74.680	>	73.10	0.0042	0.2065
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	15.932	65.20	81.132	>	80.20	0.0033	0.2098
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	15.314	72.30	87.614	>	87.30	0.0026	0.2124
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	14.726	72.30	87.026	<	87.30	0.0023	0.2147
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	14.168	72.30	86.468	<	87.30	0.0022	0.2169
												Total Penurunan	0.2169	m	

Penurunan akibat soil cover pada $H_{\text{timb}} = 10 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar		Titik Tinjau	Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	$2\Delta P$ kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m	
											< atau >				
0	s/d	1	a	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	23.618	3.00	26.618	>	18.00	0.0603	0.0603
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	22.856	9.00	31.856	>	24.00	0.0386	0.0988
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	22.100	15.00	37.100	>	30.00	0.0282	0.1271
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	21.353	21.00	42.353	>	36.00	0.0217	0.1488
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	20.619	27.00	47.619	>	42.00	0.0172	0.1660
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	19.900	33.00	52.900	>	48.00	0.0138	0.1799
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	19.199	39.00	58.199	>	54.00	0.0113	0.1911
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.518	45.00	63.518	>	60.00	0.0092	0.2003
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.022	49.50	67.522	>	64.50	0.0040	0.2043
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	17.699	52.78	70.474	>	67.78	0.0028	0.2071
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	17.225	58.10	75.325	>	73.10	0.0047	0.2118
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	16.613	65.20	81.813	>	80.20	0.0038	0.2156
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	16.027	72.30	88.327	>	87.30	0.0031	0.2186
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	15.465	72.30	87.765	>	87.30	0.0027	0.2213
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	14.928	72.30	87.228	<	87.30	0.0023	0.2236
Total Penurunan												0.2236	m		

Penurunan akibat soil cover pada $H_{\text{timb}} = 11 \text{ m}$

Elevasi dari tanah dasar		Titik Tinjau	Z m	Cc	Cs	eo	γ' kN/m ³	$2\Delta P$ kN/m ²	Po' kN/m ²	Po'+ ΔP kN/m ²	Ket	Pc' kN/m ²	Sci m	Sigma Sci m	
											< atau >				
0	s/d	1	a	0.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	23.653	3.00	26.653	>	18.00	0.0604	0.0604
1	s/d	2	b	1.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	22.960	9.00	31.960	>	24.00	0.0388	0.0992
2	s/d	3	c	2.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	22.271	15.00	37.271	>	30.00	0.0286	0.1278
3	s/d	4	d	3.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	21.589	21.00	42.589	>	36.00	0.0222	0.1500
4	s/d	5	e	4.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	20.917	27.00	47.917	>	42.00	0.0177	0.1677
5	s/d	6	f	5.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	20.257	33.00	53.257	>	48.00	0.0144	0.1821
6	s/d	7	g	6.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	19.611	39.00	58.611	>	54.00	0.0118	0.1939
7	s/d	8	h	7.5	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.980	45.00	63.980	>	60.00	0.0098	0.2037
8	s/d	8.5	i	8.25	0.524	0.1048	1.83	6.00	18.518	49.50	68.018	>	64.50	0.0043	0.2080
8.5	s/d	9	j	8.75	0.361	0.0722	1.53	7.10	18.216	52.78	70.991	>	67.78	0.0030	0.2110
9	s/d	10	k	9.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	17.772	58.10	75.872	>	73.10	0.0052	0.2161
10	s/d	11	l	10.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	17.196	65.20	82.396	>	80.20	0.0042	0.2204
11	s/d	12	m	11.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	16.641	72.30	88.941	>	87.30	0.0035	0.2239
12	s/d	13	n	12.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	16.105	72.30	88.405	>	87.30	0.0031	0.2270
13	s/d	14	o	13.5	0.361	0.0722	1.53	7.10	15.591	72.30	87.891	>	87.30	0.0028	0.2297
Total Penurunan												0.2297	m		

Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk *Soil Cover* 0,5 m dan
 $H_{mampat} = 14$ m

H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	Sc cover	H pav.	H final	Sc Total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
3	0.432	0.0049	3.34	0.078	0.065	0.5	3.695	0.148
4	0.576	0.0065	4.45	0.077	0.069	0.5	4.800	0.153
5	0.72	0.0081	5.56	0.076	0.072	0.5	5.904	0.157
6	0.864	0.0096	6.67	0.075	0.075	0.5	7.007	0.159
7	1.008	0.0111	7.77	0.074	0.076	0.5	8.108	0.161
8	1.152	0.0125	8.87	0.073	0.078	0.5	9.208	0.163
9	1.296	0.0140	9.97	0.071	0.079	0.5	10.307	0.164
10	1.44	0.0154	11.07	0.070	0.080	0.5	11.405	0.165
11	1.584	0.0168	12.17	0.069	0.080	0.5	12.501	0.166

Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk *Soil Cover* 0,5 m dan
 $H_{mampat} = 11,5$ m

H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	Sc cover	H pav.	H final	Sc Total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
3	0.432	0.0048	3.33	0.075	0.064	0.5	3.689	0.144
4	0.576	0.0063	4.44	0.074	0.068	0.5	4.791	0.148
5	0.72	0.0078	5.54	0.073	0.070	0.5	5.892	0.151
6	0.864	0.0093	6.65	0.072	0.072	0.5	6.991	0.154
7	1.008	0.0107	7.74	0.071	0.074	0.5	8.089	0.156
8	1.152	0.0121	8.84	0.070	0.075	0.5	9.186	0.157
9	1.296	0.0135	9.94	0.069	0.076	0.5	10.281	0.158
10	1.44	0.0149	11.03	0.067	0.077	0.5	11.375	0.159
11	1.584	0.0162	12.13	0.066	0.077	0.5	12.467	0.159

Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk *Soil Cover* 1 m dan
 $H_{mampat} = 14$ m

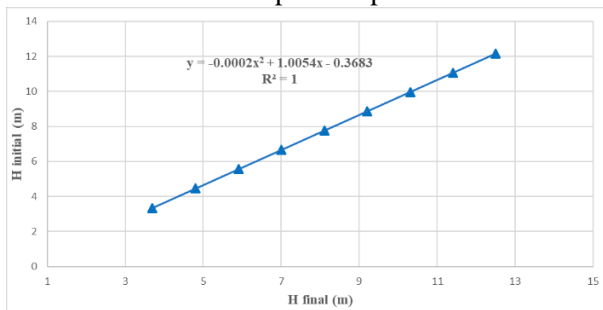
H timbunan	Q timb.	Sc timb.	H initial	Sc Pav.	Sc cover	H pav.	H final	Sc Total
m	kn/m ²	m	m	m	m	m	m	m
3	0.432	0.0049	3.34	0.078	0.147	0.5	3.61	0.230
4	0.576	0.0065	4.45	0.077	0.164	0.5	4.70	0.248
5	0.72	0.0081	5.56	0.076	0.178	0.5	5.80	0.263
6	0.864	0.0096	6.67	0.075	0.190	0.5	6.89	0.275
7	1.008	0.0111	7.77	0.074	0.200	0.5	7.98	0.285
8	1.152	0.0125	8.87	0.073	0.209	0.5	9.08	0.294
9	1.296	0.0140	9.97	0.071	0.217	0.5	10.17	0.302
10	1.44	0.0154	11.07	0.070	0.224	0.5	11.26	0.309
11	1.584	0.0168	12.17	0.069	0.230	0.5	12.35	0.315

Rekapitulasi H_{awal} , H_{akhir} , dan Sc untuk *Soil Cover* 1 m dan $H_{\text{mampat}} = 11,5 \text{ m}$

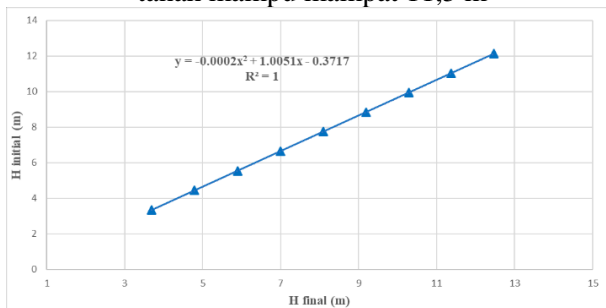
H timbunan m	Q timb. kn/m ²	Sc timb. m	H initial m	Sc Pav. m	Sc cover m	H pav. m	H final m	Sc Total m
3	0.432	0.0048	3.33	0.075	0.144	0.5	3.61	0.224
4	0.576	0.0063	4.44	0.074	0.161	0.5	4.70	0.241
5	0.72	0.0078	5.54	0.073	0.174	0.5	5.79	0.255
6	0.864	0.0093	6.65	0.072	0.186	0.5	6.88	0.267
7	1.008	0.0107	7.74	0.071	0.195	0.5	7.97	0.277
8	1.152	0.0121	8.84	0.070	0.204	0.5	9.06	0.286
9	1.296	0.0135	9.94	0.069	0.211	0.5	10.15	0.293
10	1.44	0.0149	11.03	0.067	0.217	0.5	11.23	0.299
11	1.584	0.0162	12.13	0.066	0.222	0.5	12.32	0.305

Dari tabel tinggi final, tinggi initial, dan total pemampatan dibuat grafik seperti berikut:

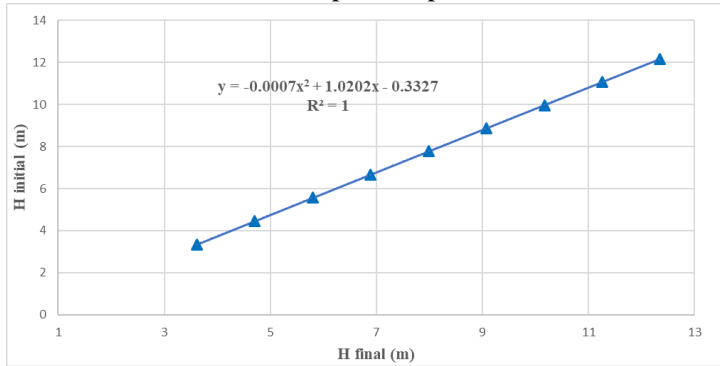
Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal *soil cover* 0,5 m pada tanah mampu mampat 14 m



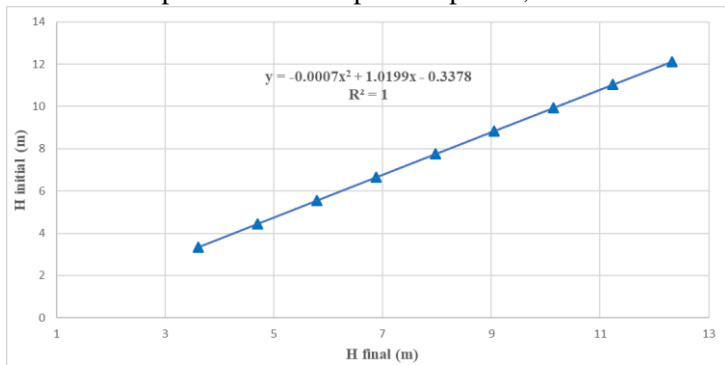
Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal *soil cover* 0,5 m pada tanah mampu mampat 11,5 m



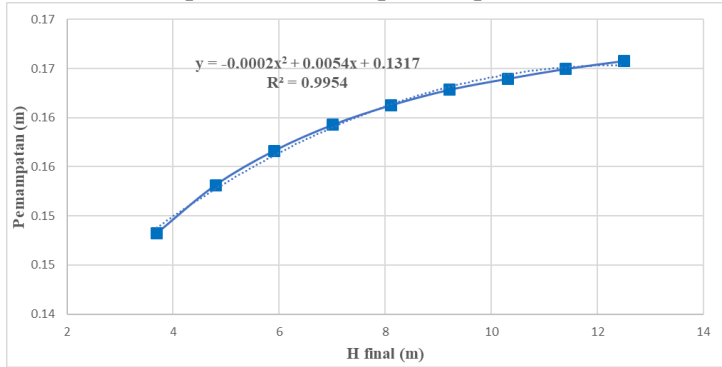
Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal *soil cover* 1 m pada tanah mampu mampat 14 m



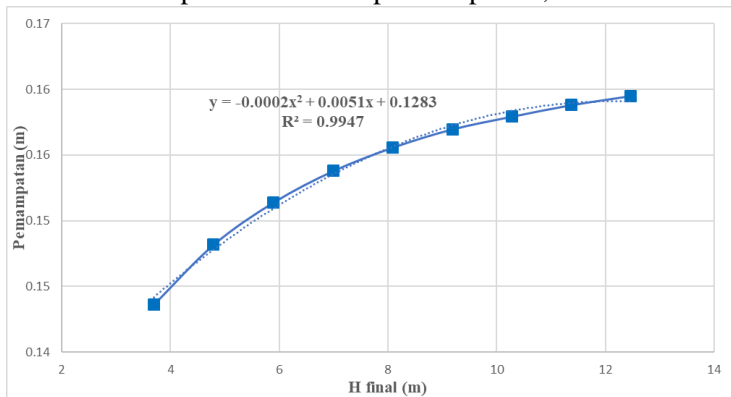
Kurva hubungan H_{awal} dan H_{akhir} untuk tebal *soil cover* 1 m pada tanah mampu mampat 11,5 m



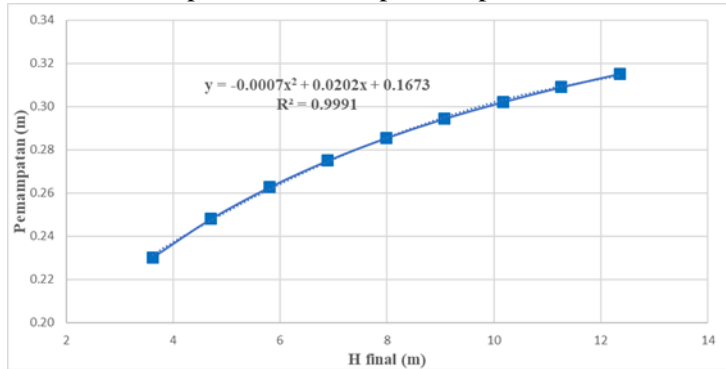
Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk tebal *soil cover* 0,5 m pada tanah mampu mampat 14 m



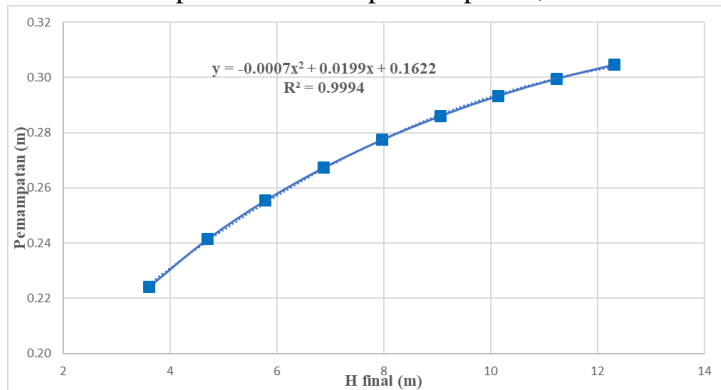
Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk tebal *soil cover* 0,5 m pada tanah mampu mampat 11,5 m



Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk tebal *soil cover* 1 m pada tanah mampu Mambat 14 m



Kurva hubungan H_{akhir} dan pemampatan untuk tebal *soil cover* 1 m pada tanah mampu mambat 11,5 m



Harga H_{awal} dan S_c dapat diperoleh dari kurva hubungan dengan H_{akhir} dimana harga tersebut didapatkan dengan persamaan grafis pada kurva diatas.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 9
Stabilitas timbunan EPS geofom

Tinggi Timbunan 8,7 meter

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 1 sisi

Berat geofom untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	lebar Bwh	gamma EP	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m ³)	KN/m'
8.7	28	59.16	0.144	54.59702

Berat geofom untuk soil cover 1 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	Lebar Bwh	gamma EP	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m ³)	KN/m'
8.7	28	57.21	0.144	53.375544

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m ³)			KN/m'
0.5	0.1462	10	2	1	4.176
1	0.1462	10	2	1	13.138
1.5	0.1462	10	2	1	27.100
2	0.1462	10	2	1	46.062
2.5	0.1462	10	2	1	70.024
3	0.1462	10	2	1	98.986

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 1 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m ³)			KN/m'
0.5	0.2245	10	2	1	5.249
1	0.2245	10	2	1	14.994
1.5	0.2245	10	2	1	29.739
2	0.2245	10	2	1	49.484
2.5	0.2245	10	2	1	74.229
3	0.2245	10	2	1	103.974

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} (KN/m ²)	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Q_{all} (KN/m ²)	Q_{REQ} (KN/m ²)	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	170.606488	Memenuhi
1	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	339.124368	Memenuhi
1.5	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	502.642248	Memenuhi
2	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	661.160128	Memenuhi
2.5	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	814.678008	Belum
3	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	963.195888	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} (KN/m ²)	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Q_{all} (KN/m ²)	Q_{REQ} (KN/m ²)	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	190.065351	Memenuhi
1	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	351.950411	Memenuhi
1.5	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	508.835471	Memenuhi
2	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	660.720531	Memenuhi
2.5	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	807.605591	Memenuhi
3	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	949.490651	Memenuhi

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 2 sisi

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} (KN/m ²)	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Q_{all} (KN/m ²)	Q_{REQ} (KN/m ²)	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	395.81	Memenuhi
1	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	732.84576	Belum
1.5	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	1059.88152	Belum
2	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	1376.91728	Belum
2.5	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	1683.95304	Belum
3	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	1980.9888	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} (KN/m ²)	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Q_{all} (KN/m ²)	Q_{REQ} (KN/m ²)	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	433.506246	Memenuhi
1	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	757.276366	Memenuhi
1.5	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	1071.04649	Memenuhi
2	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	1374.81661	Belum
2.5	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	1668.58673	Belum
3	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	1952.35685	Belum

Cek kemungkinan geser akibat muka air banjir

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	$h+Stotal$ (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.6462	59.16	54.59702	4.176	20	139.2605
1	10	1.1462	59.16	54.59702	13.138	20	292.9723
1.5	10	1.6462	59.16	54.59702	27.100	20	449.9266
2	10	2.1462	59.16	54.59702	46.062	20	610.1232
2.5	10	2.6462	59.16	54.59702	70.024	20	773.5623
3	10	3.1462	59.16	54.59702	98.986	20	940.2439

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 1 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	$h+Stotal$ (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.7245	57.21	53.375544	5.249	20	157.2698
1	10	1.2245	57.21	53.375544	14.994	20	306.6143
1.5	10	1.7245	57.21	53.375544	29.739	20	459.2012
2	10	2.2245	57.21	53.375544	49.484	20	615.0305
2.5	10	2.7245	57.21	53.375544	74.229	20	774.1023
3	10	3.2245	57.21	53.375544	103.974	20	936.4164

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	139.260	Memenuhi
1	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	292.972	Memenuhi
1.5	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	449.927	Memenuhi
2	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	610.123	Memenuhi
2.5	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	773.562	Belum
3	8.2	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	940.244	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	157.270	Memenuhi
1	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	306.614	Memenuhi
1.5	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	459.201	Memenuhi
2	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	615.030	Memenuhi
2.5	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	774.102	Memenuhi
3	8.2	20	27	810.8606	21.6	0.5	28	0.144	1111.2446	936.416	Memenuhi

Cek kemungkinan geser akibat angin

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

V Rencana (km/jam)	V Rencana (m/s)	Θ °	Pu kPa	H (m)	Ru KN/m'	δ °	W_{EPS} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	T_{cover} (m)	T_{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	8.7	22.857	20	54.59702	20.76242	0.5	8.2
15	4.17	27	5.91	8.7	51.429	20	54.59702	114.9617	0.5	8.2
20	5.56	27	10.51	8.7	91.429	20	54.59702	246.8407	0.5	8.2
25	6.94	27	16.42	8.7	142.857	20	54.59702	416.3995	0.5	8.2
30	8.33	27	23.65	8.7	205.714	20	54.59702	623.6379	0.5	8.2
35	9.72	27	32.18	8.7	280.000	20	54.59702	868.5561	0.5	8.2
40	11.11	27	42.04	8.7	365.715	20	54.59702	1151.154	0.5	8.2

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m (lanjutan)

V Rencana (km/jam)	V Rencana (m/s)	γ_{cover} (KN/m ³)	Θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m'	Cek
10	2.78	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	Memenuhi
15	4.17	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	Memenuhi
20	5.56	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	Memenuhi
25	6.94	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	Memenuhi
30	8.33	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	Memenuhi
35	9.72	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	Belum
40	11.11	20	27	405.4303	21.6	0.5	28	0.144	705.8143	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	Pu kPa	H (m)	Ru KN/m'	δ °	W_{EPS} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	T_{cover} (m)	T_{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	8.7	22.857	20	53.37554	21.9839	1	8.2
15	4.17	27	5.91	8.7	51.429	20	53.37554	116.1832	1	8.2
20	5.56	27	10.51	8.7	91.429	20	53.37554	248.0622	1	8.2
25	6.94	27	16.42	8.7	142.857	20	53.37554	417.621	1	8.2
30	8.33	27	23.65	8.7	205.714	20	53.37554	624.8594	1	8.2
35	9.72	27	32.18	8.7	280.000	20	53.37554	869.7776	1	8.2
40	11.11	27	42.04	8.7	365.715	20	53.37554	1152.375	1	8.2

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m (lanjutan)

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	γ_{cover} (KN/m ³)	Θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m'	Cek
10	2.78	20	27	810.861	21.6	0.5	28	0.144	1111.245	Memenuhi
15	4.17	20	27	810.861	21.6	0.5	28	0.144	1111.245	Memenuhi
20	5.56	20	27	810.861	21.6	0.5	28	0.144	1111.245	Memenuhi
25	6.94	20	27	810.861	21.6	0.5	28	0.144	1111.245	Memenuhi
30	8.33	20	27	810.861	21.6	0.5	28	0.144	1111.245	Memenuhi
35	9.72	20	27	810.861	21.6	0.5	28	0.144	1111.245	Memenuhi
40	11.11	20	27	810.861	21.6	0.5	28	0.144	1111.245	Belum

Tinggi Timbunan 8,1 meter

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 1 sisi

Berat geofoam untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	Lebar Bwh	Gamma EPS	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m ³)	KN/m'
8.1	28	56.76	0.144	49.43203

Berat geofoam untuk soil cover 1 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	Lebar Bwh	Gamma EPS	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m ³)	KN/m'
8.1	28	54.85	0.144	48.31812

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m ³)			KN/m'
0.5	0.1514	10	2	1	4.243
1	0.1514	10	2	1	13.256
1.5	0.1514	10	2	1	27.270
2	0.1514	10	2	1	46.283
2.5	0.1514	10	2	1	70.297
3	0.1514	10	2	1	99.311

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 1 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m ³)			KN/m'
0.5	0.2304	10	2	1	5.335
1	0.2304	10	2	1	15.140
1.5	0.2304	10	2	1	29.944
2	0.2304	10	2	1	49.748
2.5	0.2304	10	2	1	74.553
3	0.2304	10	2	1	104.357

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	168.152	Memenuhi
1	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	329.418	Memenuhi
1.5	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	485.685	Memenuhi
2	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	636.951	Memenuhi
2.5	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	783.217	Belum
3	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	924.484	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	235.051	Memenuhi
1	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	389.797	Memenuhi
1.5	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	539.542	Memenuhi
2	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	684.288	Memenuhi
2.5	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	824.034	Memenuhi
3	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	958.779	Memenuhi

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 2 sisi

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	385.7356	Memenuhi
1	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	708.2684	Belum
1.5	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	1020.801	Belum
2	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	1323.334	Belum
2.5	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	1615.867	Belum
3	7.6	20	27	375.765	21.6	0.5	28	0.144	676.149	1898.4	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	421.7841	Memenuhi
1	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	731.2754	Memenuhi
1.5	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	1030.767	Memenuhi
2	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	1320.258	Belum
2.5	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	1599.749	Belum
3	7.6	20	27	751.529	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	1869.241	Belum

Cek kemungkinan geser akibat muka air banjir

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.6514	56.76	49.43203	4.243	20	138.175
1	10	1.1514	56.76	49.43203	13.256	20	285.92
1.5	10	1.6514	56.76	49.43203	27.270	20	436.907
2	10	2.1514	56.76	49.43203	46.283	20	591.138
2.5	10	2.6514	56.76	49.43203	70.297	20	748.61
3	10	3.1514	56.76	49.43203	99.311	20	909.325

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 1 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.7304	54.85	48.31812	5.335	20	155.4639
1	10	1.2304	54.85	48.31812	15.140	20	298.9469
1.5	10	1.7304	54.85	48.31812	29.944	20	445.6723
2	10	2.2304	54.85	48.31812	49.748	20	595.6401
2.5	10	2.7304	54.85	48.31812	74.553	20	748.8504
3	10	3.2304	54.85	48.31812	104.357	20	905.3032

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	7.6	20	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.149	138.175	Memenuhi
1	7.6	20	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.149	285.920	Memenuhi
1.5	7.6	20	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.149	436.907	Memenuhi
2	7.6	20	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.149	591.138	Memenuhi
2.5	7.6	20	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.149	748.610	Belum
3	7.6	20	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.149	909.325	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	7.6	20	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	155.464	Memenuhi
1	7.6	20	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	298.947	Memenuhi
1.5	7.6	20	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	445.672	Memenuhi
2	7.6	20	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	595.640	Memenuhi
2.5	7.6	20	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	748.850	Memenuhi
3	7.6	20	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	905.303	Memenuhi

Cek kemungkinan geser akibat angin

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	Pu (KN/m ²)	H (m)	Ru KN/m'	δ °	W _{EPS} KN/m'	Q _{REQ} KN/m'	T _{cover} (m)	T _{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	8.1	21.28	20	49.432	20.730	0.5	7.6
15	4.17	27	5.91	8.1	47.88	20	49.432	108.433	0.5	7.6
20	5.56	27	10.51	8.1	85.12	20	49.432	231.217	0.5	7.6
25	6.94	27	16.42	8.1	133.01	20	49.432	389.082	0.5	7.6
30	8.33	27	23.65	8.1	191.53	20	49.432	582.028	0.5	7.6
35	9.72	27	32.18	8.1	260.69	20	49.432	810.055	0.5	7.6
40	11.11	27	42.04	8.1	340.49	20	49.432	1073.164	0.5	7.6

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m (lanjutan)

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	W _{cover} KN/m'	$\Upsilon_{pavement}$ (KN/m3)	T _{pavement} (m)	T _w (m)	Υ_{EPS} (KN/m3)	Qall KN/m'	Cek
10	2.78	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.1487	Memenuhi
15	4.17	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.1487	Memenuhi
20	5.56	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.1487	Memenuhi
25	6.94	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.1487	Memenuhi
30	8.33	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.1487	Memenuhi
35	9.72	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.1487	Belum
40	11.11	27	375.7647	21.6	0.5	28	0.144	676.1487	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	Pu (KN/m ²)	H (m)	Ru KN/m'	δ °	W _{EPS} KN/m'	Q _{REQ} KN/m'	T _{cover} (m)	T _{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	8.1	21.28	20	48.3181	21.844	1	7.6
15	4.17	27	5.91	8.1	47.88	20	48.3181	109.547	1	7.6
20	5.56	27	10.51	8.1	85.12	20	48.3181	232.331	1	7.6
25	6.94	27	16.42	8.1	133.01	20	48.3181	390.196	1	7.6
30	8.33	27	23.65	8.1	191.53	20	48.3181	583.142	1	7.6
35	9.72	27	32.18	8.1	260.69	20	48.3181	811.169	1	7.6
40	11.11	27	42.04	8.1	340.49	20	48.3181	1074.278	1	7.6

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m (lanjutan)

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	W _{cover} KN/m'	$\Upsilon_{pavement}$ (KN/m3)	T _{pavement} (m)	T _w (m)	Υ_{EPS} (KN/m3)	Qall KN/m'	Cek
10	2.78	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	Memenuhi
15	4.17	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	Memenuhi
20	5.56	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	Memenuhi
25	6.94	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	Memenuhi
30	8.33	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	Memenuhi
35	9.72	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	Memenuhi
40	11.11	27	751.5293	21.6	0.5	28	0.144	1051.913	Belum

Tinggi Timbunan 7 meter

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 1 sisi

Berat geofoam untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	Lebar Bwh	Gamma EPS	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m ³)	KN/m'
7	28	52.36	0.144	40.50144

Berat geofoam untuk soil cover 1 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	Lebar Bwh	Gamma EPS	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m ³)	KN/m'
7	28	50.41	0.144	39.51864

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m ³)			KN/m'
0.5	0.1494	10	2	1	4.217
1	0.1494	10	2	1	13.211
1.5	0.1494	10	2	1	27.205
2	0.1494	10	2	1	46.199
2.5	0.1494	10	2	1	70.193
3	0.1494	10	2	1	99.187

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 1 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m ³)			KN/m'
0.5	0.2230	10	2	1	5.227
1	0.2230	10	2	1	14.957
1.5	0.2230	10	2	1	29.687
2	0.2230	10	2	1	49.417
2.5	0.2230	10	2	1	74.147
3	0.2230	10	2	1	103.877

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} (KN/m ²)	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m ²	Q_{REQ} KN/m ²	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	159.297	Memenuhi
1	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	307.383	Memenuhi
1.5	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	450.469	Memenuhi
2	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	588.555	Memenuhi
2.5	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	721.641	Belum
3	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	849.727	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} (KN/m ²)	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m ²	Q_{REQ} KN/m ²	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	213.451	Memenuhi
1	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	354.951	Memenuhi
1.5	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	491.451	Memenuhi
2	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	622.951	Memenuhi
2.5	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	749.451	Memenuhi
3	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	870.951	Memenuhi

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 2 sisi

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} (KN/m ²)	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m ²	Q_{REQ} KN/m ²	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	359.095	Memenuhi
1	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	655.267	Belum
1.5	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	941.439	Belum
2	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	1217.611	Belum
2.5	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	1483.783	Belum
3	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	1739.955	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} (KN/m ²)	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m ²	Q_{REQ} KN/m ²	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	387.384	Memenuhi
1	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	670.384	Memenuhi
1.5	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	943.384	Belum
2	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	1206.384	Belum
2.5	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	1459.384	Belum
3	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	1702.384	Belum

Cek kemungkinan geser akibat muka air banjir

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.6494	52.36	40.501	4.217	20	132.246
1	10	1.1494	52.36	40.501	13.211	20	268.979
1.5	10	1.6494	52.36	40.501	27.205	20	408.954
2	10	2.1494	52.36	40.501	46.199	20	552.171
2.5	10	2.6494	52.36	40.501	70.193	20	698.631
3	10	3.1494	52.36	40.501	99.187	20	848.333

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 1 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.7230	50.41	39.519	5.227	20	146.103
1	10	1.2230	50.41	39.519	14.957	20	278.438
1.5	10	1.7230	50.41	39.519	29.687	20	414.015
2	10	2.2230	50.41	39.519	49.417	20	552.835
2.5	10	2.7230	50.41	39.519	74.147	20	694.897
3	10	3.2230	50.41	39.519	103.877	20	840.202

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	132.246	Memenuhi
1	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	268.979	Memenuhi
1.5	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	408.954	Memenuhi
2	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	552.171	Memenuhi
2.5	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	698.631	Belum
3	6.5	20	27	321.378	21.6	0.5	28	0.144	621.762	848.333	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	146.103	Memenuhi
1	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	278.438	Memenuhi
1.5	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	414.015	Memenuhi
2	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	552.835	Memenuhi
2.5	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	694.897	Memenuhi
3	6.5	20	27	642.755	21.6	0.5	28	0.144	943.139	840.202	Memenuhi

Cek kemungkinan geser akibat angin

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	Pu (KN/m ²)	H (m)	Ru (KN/m')	δ °	W _{EPS} (KN/m')	Q _{REQ} (KN/m')	T _{cover} (m)	T _{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	7	18.391	20	40.501	20.133	0.5	6.5
15	4.17	27	5.91	7	41.379	20	40.501	95.925	0.5	6.5
20	5.56	27	10.51	7	73.563	20	40.501	202.035	0.5	6.5
25	6.94	27	16.42	7	114.943	20	40.501	338.461	0.5	6.5
30	8.33	27	23.65	7	165.517	20	40.501	505.205	0.5	6.5
35	9.72	27	32.18	7	225.288	20	40.501	702.265	0.5	6.5
40	11.11	27	42.04	7	294.253	20	40.501	929.643	0.5	6.5

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m (lanjutan)

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Y _{cover} (KN/m3)	Θ °	W _{cover} (KN/m')	Y _{pavement} (KN/m3)	T _{pavement} (m)	T _w (m)	Y _{EPS} (KN/m3)	Qall (KN/m')	Cek
10	2.78	20	27	321.38	21.6	0.5	28	0.144	621.762	
15	4.17	20	27	321.38	21.6	0.5	28	0.144	621.762	Memenuhi
20	5.56	20	27	321.38	21.6	0.5	28	0.144	621.762	Memenuhi
25	6.94	20	27	321.38	21.6	0.5	28	0.144	621.762	Memenuhi
30	8.33	20	27	321.38	21.6	0.5	28	0.144	621.762	Memenuhi
35	9.72	20	27	321.38	21.6	0.5	28	0.144	621.762	Belum
40	11.11	20	27	321.38	21.6	0.5	28	0.144	621.762	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	Pu (KN/m ²)	H (m)	Ru (KN/m')	δ °	W _{EPS} (KN/m')	Q _{REQ} (KN/m')	T _{cover} (m)	T _{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	7	18.391	20	39.519	21.115	1	6.5
15	4.17	27	5.91	7	41.379	20	39.519	96.908	1	6.5
20	5.56	27	10.51	7	73.563	20	39.519	203.017	1	6.5
25	6.94	27	16.42	7	114.943	20	39.519	339.444	1	6.5
30	8.33	27	23.65	7	165.517	20	39.519	506.188	1	6.5
35	9.72	27	32.18	7	225.288	20	39.519	703.248	1	6.5
40	11.11	27	42.04	7	294.253	20	39.519	930.626	1	6.5

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m (lanjutan)

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Y _{cover} (KN/m3)	Θ °	W _{cover} (KN/m')	Y _{pavement} (KN/m3)	T _{pavement} (m)	T _w (m)	Y _{EPS} (KN/m3)	Qall (KN/m')	Cek
10	2.78	20	27	642.76	21.6	0.5	28	0.144	943.139	
15	4.17	20	27	642.76	21.6	0.5	28	0.144	943.139	Memenuhi
20	5.56	20	27	642.76	21.6	0.5	28	0.144	943.139	Memenuhi
25	6.94	20	27	642.76	21.6	0.5	28	0.144	943.139	Memenuhi
30	8.33	20	27	642.76	21.6	0.5	28	0.144	943.139	Memenuhi
35	9.72	20	27	642.76	21.6	0.5	28	0.144	943.139	Memenuhi
40	11.11	20	27	642.76	21.6	0.5	28	0.144	943.139	Memenuhi

Tinggi Timbunan 5,8 meter

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 1 sisi

Berat geofoam untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	Lebar Bwh	Gamma EPS	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m ³)	KN/m'
5.8	28	47.56	0.144	31.55386

Berat geofoam untuk soil cover 1 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	Lebar Bwh	Gamma EPS	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m ³)	KN/m'
5.8	28	45.57	0.144	30.72283

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m ³)			KN/m'
0.5	0.1467	10	2	1	4.182
1	0.1467	10	2	1	13.149
1.5	0.1467	10	2	1	27.117
2	0.1467	10	2	1	46.084
2.5	0.1467	10	2	1	70.051
3	0.1467	10	2	1	99.018

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 1 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m ³)			KN/m'
0.5	0.2138	10	2	1	5.095
1	0.2138	10	2	1	14.733
1.5	0.2138	10	2	1	29.371
2	0.2138	10	2	1	49.008
2.5	0.2138	10	2	1	73.646
3	0.2138	10	2	1	103.284

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	148.810	Memenuhi
1	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	282.522	Memenuhi
1.5	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	411.235	Memenuhi
2	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	534.948	Memenuhi
2.5	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	653.661	Belum
3	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	767.374	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	190.068	Memenuhi
1	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	317.140	Memenuhi
1.5	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	439.212	Memenuhi
2	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	556.284	Memenuhi
2.5	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	668.357	Memenuhi
3	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	775.429	Memenuhi

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 2 sisi

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	329.173	Memenuhi
1	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	596.599	Belum
1.5	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	854.024	Belum
2	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	1101.450	Belum
2.5	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	1338.876	Belum
3	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	1566.302	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	349.413	Memenuhi
1	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	603.557	Memenuhi
1.5	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	847.702	Belum
2	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	1081.846	Belum
2.5	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	1305.990	Belum
3	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	1520.135	Belum

Cek kemungkinan geser akibat muka air banjir

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.6467	47.56	31.554	4.182	20	124.946
1	10	1.1467	47.56	31.554	13.149	20	249.662
1.5	10	1.6467	47.56	31.554	27.117	20	377.619
2	10	2.1467	47.56	31.554	46.084	20	508.819
2.5	10	2.6467	47.56	31.554	70.051	20	643.261
3	10	3.1467	47.56	31.554	99.018	20	780.946

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 1 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.7138	45.57	30.723	5.095	20	135.217
1	10	1.2138	45.57	30.723	14.733	20	255.392
1.5	10	1.7138	45.57	30.723	29.371	20	378.809
2	10	2.2138	45.57	30.723	49.008	20	505.469
2.5	10	2.7138	45.57	30.723	73.646	20	635.371
3	10	3.2138	45.57	30.723	103.284	20	768.516

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	124.946	Memenuhi
1	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	249.662	Memenuhi
1.5	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	377.619	Memenuhi
2	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	508.819	Memenuhi
2.5	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	643.261	Belum
3	5.3	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	780.946	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Q_{all} KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	135.217	Memenuhi
1	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	255.392	Memenuhi
1.5	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	378.809	Memenuhi
2	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	505.469	Memenuhi
2.5	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	635.371	Memenuhi
3	5.3	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	768.516	Memenuhi

Cek kemungkinan geser akibat angin

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	Pu (Kn/m ²)	H (m)	Ru KN/m'	δ °	W _{EPS} KN/m'	Q _{REQ} KN/m'	T _{cover} (m)	T _{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	5.8	15.238	20	31.554	18.686	0.5	5.3
15	4.17	27	5.91	5.8	34.286	20	31.554	81.485	0.5	5.3
20	5.56	27	10.51	5.8	60.952	20	31.554	169.405	0.5	5.3
25	6.94	27	16.42	5.8	95.238	20	31.554	282.444	0.5	5.3
30	8.33	27	23.65	5.8	137.143	20	31.554	420.603	0.5	5.3
35	9.72	27	32.18	5.8	186.667	20	31.554	583.882	0.5	5.3
40	11.11	27	42.04	5.8	243.810	20	31.554	772.280	0.5	5.3

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m (lanjutan)

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Y _{cover} (KN/m3)	Θ °	W _{cover} KN/m'	Y _{pavement} (KN/m3)	T _{pavement} (m)	T _w (m)	Y _{EPS} (KN/m3)	Q _{all} KN/m'	Cek
10	2.78	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	Memenuhi
15	4.17	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	Memenuhi
20	5.56	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	Memenuhi
25	6.94	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	Memenuhi
30	8.33	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	Memenuhi
35	9.72	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	Belum
40	11.11	20	27	262.046	21.6	0.5	28	0.144	562.430	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	Pu (Kn/m ²)	H (m)	Ru KN/m'	δ °	W _{EPS} KN/m'	Q _{REQ} KN/m'	T _{cover} (m)	T _{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	5.8	15.238	20	30.723	19.517	1	5.3
15	4.17	27	5.91	5.8	34.286	20	30.723	82.316	1	5.3
20	5.56	27	10.51	5.8	60.952	20	30.723	170.236	1	5.3
25	6.94	27	16.42	5.8	95.238	20	30.723	283.275	1	5.3
30	8.33	27	23.65	5.8	137.143	20	30.723	421.434	1	5.3
35	9.72	27	32.18	5.8	186.667	20	30.723	584.713	1	5.3
40	11.11	27	42.04	5.8	243.810	20	30.723	773.111	1	5.3

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m (lanjutan)

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Y _{cover} (KN/m3)	Θ °	W _{cover} KN/m'	Y _{pavement} (KN/m3)	T _{pavement} (m)	T _w (m)	Y _{EPS} (KN/m3)	Q _{all} KN/m'	Cek
10	2.78	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	Memenuhi
15	4.17	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	Memenuhi
20	5.56	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	Memenuhi
25	6.94	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	Memenuhi
30	8.33	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	Memenuhi
35	9.72	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	Memenuhi
40	11.11	20	27	524.093	21.6	0.5	28	0.144	824.477	Memenuhi

Tinggi Timbunan 4,5 meter

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 1 sisi

Berat geofoam untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	Lebar Bwh	Gamma EPS	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m3)	KN/m'
4.5	28	42.32	0.144	22.78368

Berat geofoam untuk soil cover 1 m

Tinggi Tmb	Lebar Ats	Lebar Bwh	Gamma EPS	Berat
H	T_w	B_w	γ_{EPS}	W_{EPS}
(m)	(m)	(m)	(KN/m3)	KN/m'
4.5	28	40.33	0.144	22.13892

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 0,5 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m3)			KN/m'
0.5	0.1432	10	2	1	4.136
1	0.1432	10	2	1	13.068
1.5	0.1432	10	2	1	26.999
2	0.1432	10	2	1	45.931
2.5	0.1432	10	2	1	69.862
3	0.1432	10	2	1	98.794

Gaya vertikal akibat air untuk soil cover 1 m

Tinggi Air	Sc total	Gam. Air	Sh	Sv	Berat
h	SC	γ_w			Ww
(m)	(m)	(KN/m3)			KN/m'
0.5	0.2025	10	2	1	4.935
1	0.2025	10	2	1	14.460
1.5	0.2025	10	2	1	28.985
2	0.2025	10	2	1	48.510
2.5	0.2025	10	2	1	73.035
3	0.2025	10	2	1	102.560

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	Y_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} KN/m ³	$Y_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	Y_{EPS} (KN/m3)	Qall KN/m ³	Q_{REQ} KN/m ³	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	136.389	Memenuhi
1	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	254.417	Memenuhi
1.5	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	367.446	Memenuhi
2	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	475.474	Memenuhi
2.5	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	578.503	Belum
3	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	676.531	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	Y_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} KN/m ³	$Y_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	Y_{EPS} (KN/m3)	Qall KN/m ³	Q_{REQ} KN/m ³	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	165.056	Memenuhi
1	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	276.521	Memenuhi
1.5	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	382.986	Memenuhi
2	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	484.451	Memenuhi
2.5	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	580.916	Memenuhi
3	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	672.381	Memenuhi

Cek hydrostatic uplift muka air banjir 2 sisi

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	Y_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} KN/m ³	$Y_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	Y_{EPS} (KN/m3)	Qall KN/m ³	Q_{REQ} KN/m ³	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	295.561	Memenuhi
1	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	531.618	Belum
1.5	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	757.675	Belum
2	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	973.732	Belum
2.5	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	1179.789	Belum
3	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	1375.846	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	Y_{cover} (KN/m3)	θ °	W_{cover} KN/m ³	$Y_{pavement}$ (KN/m3)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	Y_{EPS} (KN/m3)	Qall KN/m ³	Q_{REQ} KN/m ³	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	307.973	Memenuhi
1	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	530.903	Memenuhi
1.5	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	743.833	Belum
2	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	946.763	Belum
2.5	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	1139.693	Belum
3	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	1322.623	Belum

Cek kemungkinan geser akibat muka air banjir

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.6432	42.32	22.784	4.136	20	115.989
1	10	1.1432	42.32	22.784	13.068	20	227.581
1.5	10	1.6432	42.32	22.784	26.999	20	342.416
2	10	2.1432	42.32	22.784	45.931	20	460.492
2.5	10	2.6432	42.32	22.784	69.862	20	581.812
3	10	3.1432	42.32	22.784	98.794	20	706.373

Tegangan overburden yang dibutuhkan agar timbunan aman untuk tebal soil cover 1 m

h_{air} (m)	γ_w (KN/m ³)	(h+Stotal) (m)	B_w (m)	W_{EPS} KN/m'	W_w KN/m'	δ °	Q_{REQ} KN/m'
0.5	10	0.7025	40.33	22.139	4.935	20	122.721
1	10	1.2025	40.33	22.139	14.460	20	229.722
1.5	10	1.7025	40.33	22.139	28.985	20	339.967
2	10	2.2025	40.33	22.139	48.510	20	453.453
2.5	10	2.7025	40.33	22.139	73.035	20	570.182
3	10	3.2025	40.33	22.139	102.560	20	690.154

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	115.989	Memenuhi
1	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	227.581	Memenuhi
1.5	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	342.416	Memenuhi
2	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	460.492	Memenuhi
2.5	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	581.812	Belum
3	4	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	706.373	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m

h_{air} (m)	T_{EPS} (m)	γ_{cover} (KN/m ³)	θ °	W_{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m ³)	$T_{pavement}$ (m)	T_w (m)	γ_{EPS} (KN/m ³)	Qall KN/m'	Q_{REQ} KN/m'	Cek $Q_{REQ} < Q_{ALL}$
0.5	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	122.721	Memenuhi
1	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	229.722	Memenuhi
1.5	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	339.967	Memenuhi
2	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	453.453	Memenuhi
2.5	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	570.182	Memenuhi
3	4	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	690.154	Memenuhi

Cek kemungkinan geser akibat angin

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	Pu (Kn/m ²)	H (m)	Ru KN/m'	δ °	W _{EPS} KN/m'	Q _{REQ} KN/m'	T _{cover} (m)	T _{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	4.5	11.823	20	22.784	16.195	0.5	4
15	4.17	27	5.91	4.5	26.601	20	22.784	64.919	0.5	4
20	5.56	27	10.51	4.5	47.291	20	22.784	133.132	0.5	4
25	6.94	27	16.42	4.5	73.892	20	22.784	220.835	0.5	4
30	8.33	27	23.65	4.5	106.404	20	22.784	328.028	0.5	4
35	9.72	27	32.18	4.5	144.828	20	22.784	454.709	0.5	4
40	11.11	27	42.04	4.5	189.163	20	22.784	600.881	0.5	4

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 0,5 m (lanjutan)

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	γ_{cover} (KN/m3)	Θ °	W _{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	T _{pavement} (m)	T _w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Qall KN/m'	Cek
10	2.78	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	Memenuhi
15	4.17	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	Memenuhi
20	5.56	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	Memenuhi
25	6.94	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	Memenuhi
30	8.33	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	Memenuhi
35	9.72	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	Memenuhi
40	11.11	20	27	197.771	21.6	0.5	28	0.144	498.155	Belum

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m


Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	Θ °	Pu (Kn/m ²)	H (m)	Ru KN/m'	δ °	W _{EPS} KN/m'	Q _{REQ} KN/m'	T _{cover} (m)	T _{EPS} (m)
10	2.78	27	2.63	4.5	11.823	20	22.139	16.840	1	4
15	4.17	27	5.91	4.5	26.601	20	22.139	65.564	1	4
20	5.56	27	10.51	4.5	47.291	20	22.139	133.777	1	4
25	6.94	27	16.42	4.5	73.892	20	22.139	221.480	1	4
30	8.33	27	23.65	4.5	106.404	20	22.139	328.672	1	4
35	9.72	27	32.18	4.5	144.828	20	22.139	455.354	1	4
40	11.11	27	42.04	4.5	189.163	20	22.139	601.525	1	4

Cek stabilitas untuk ketebalan soil cover 1 m (lanjutan)

Vo Rencana (km/jam)	Vo Rencana (m/s)	γ_{cover} (KN/m3)	Θ °	W _{cover} KN/m'	$\gamma_{pavement}$ (KN/m3)	T _{pavement} (m)	T _w (m)	γ_{EPS} (KN/m3)	Qall KN/m'	Cek
10	2.78	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	Memenuhi
15	4.17	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	Memenuhi
20	5.56	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	Memenuhi
25	6.94	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	Memenuhi
30	8.33	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	Memenuhi
35	9.72	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	Memenuhi
40	11.11	20	27	395.542	21.6	0.5	28	0.144	695.926	Memenuhi

Lampiran 10
Spesifikasi material

Geotextile

			ENGINEERING WITH GEOSYNTHETICS								
HUESKER STABLENKA® DATA SHEET HIGH STRENGTH WOVEN GEOTEXTILE FOR SOIL REINFORCEMENT			100/50	120/120	150/45	200/45	300/45	400/50	600/50	800/50	1000/100
MECHANICAL	TEST	UNIT									
Ultimate tensile strength Longitudinal Transverse	EN ISO 10.319	kN/m	≥ 100 ≥ 50	≥ 120 ≥ 120	≥ 150 ≥ 45	≥ 200 ≥ 45	≥ 300 ≥ 45	≥ 400 ≥ 50	≥ 600 ≥ 50	≥ 800 ≥ 50	≥ 1000 ≥ 100
Tensile strength @ 6% strain : Longitudinal	EN ISO 10.319	kN/m	≥ 60	—	≥ 85	≥ 120	≥ 180	≥ 230	≥ 320	≥ 460	≥ 600
Strain @ nominal tensile Strength : longitudinal Transverse	EN ISO 10.319	%	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 10	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20	≤ 10 ≤ 20
Creep after two years @ 50% stress ratio		%	1	1	1	1	1	1	1	1	1
HYDRAULIC											
Permeability index normal to plane Tolerance		m/s	15x10 ³ -3x10 ³	7x10 ³ -1x10 ³	5x10 ³ -2x10 ³	5x10 ³ -2x10 ³	3x10 ³ -1x10 ³	3x10 ³ -1x10 ³	5x10 ³ -2x10 ³	4x10 ³ -1x10 ³	3x10 ³ -1x10 ³
PHYSICAL											
Weight	EN ISO 9864	g / m ²	~230	~400	~330	~390	~520	~605	~1010	~1360	~1800
PACKAGING											
Roll width x length	NA	m	5x300	5x300	5x300	5x300	5x300	5x200	5x200	5x100	5x100
Stabilenka® Datasheet, 03/2007 Rev. 1											

Notes

- 1) Woven with a polyester yarn in the length direction (warp) and with polyamide or polyester yarns in the cross direction (weft), the use of high-modulus polyester multifilament yarn and a special patented weaving process (straight warp and no crimp) ensures that Stabilenka® mobilises high tensile forces at low elongations.
- 2) Stabilenka® high strength woven geotextiles resistant to naturally occurring soils having pH > 2 and < 10.
- 3) The information listed in this data sheet is subject to periodic review and could be changed without notice.
- 4) Stabilenka® high strength woven geotextiles are manufactured according to ISO 9001 quality assurance procedures.

PVD**GI-Drain**

Prefabricated Vertical Drain

GEOFORCE INDONESIA
geosynthetics engineering**MATERIAL DATA SHEET**

Physical Properties	Standard	Unit	GD-70	GD-80	GD-90
Filter material			PET	PET	PET
Core material			PP/PE	PP/PE	PP/PE
Weight (core + filter)	ASTM D 1777	gr/m	80 ± 3	93 ± 3	103 ± 3
Width		mm	100 ± 3	100 ± 3	100 ± 3
Thickness	ASTM D 5199	mm	3.0 + 0.2	3.5 + 0.2	4.2 + 0.2
FILTER					
Grab tensile strength	ASTM D 4632	N	> 250	> 350	> 350
Elongation	ASTM D 4632	%	30-90	30-90	30-90
Poresize opening (O95)	ASTM D 4751	µm	< 75	< 75	< 75
Tear strength	ASTM D 4533	N	> 60	> 100	> 100
Permittivity	ASTM D 4491	s ⁻¹	> 1.3	> 0.7	> 0.7
Permeability	ASTM D 4491	10 ⁻³ m/s	> 20	> 5	> 5
ASSEMBLED DRAIN					
Tensile strength	ASTM D 4595	kN	> 2.8	> 3.0	> 3.2
Tensile strength at 5% strain	ASTM D 4595	kN	> 2.0	> 2.2	> 2.4
Tensile strength at 10% strain	ASTM D 4595	kN	> 2.6	> 2.8	> 3.0
Elongation	ASTM D 4595	%	30-70	30-70	30-70
Discharge capacity at 10 kPa	ASTM D 4716	10 ⁻⁶ m ³ /s	> 110	> 120	> 130
Discharge capacity at 300 kPa	ASTM D 4716	10 ⁻⁶ m ³ /s	> 70	> 80	> 90

EPS GEOFOAM

TECHDATA

**FOAM-CONTROL
GEOFOAM**™

Foam-Control Geofoam is a cellular plastic material that is strong, but has very low density (1% of traditional earth materials). It is manufactured in block form and meets ASTM D6817, "Standard Specification for Rigid, Cellular Polystyrene Geofoam." Foam-Control Geofoam is available in a range of Types to provide control of structural integrity and cost effectiveness.

The information given is deemed to be timely, accurate, and reliable for the use of Foam-Control Geofoam. Each project using Foam-Control Geofoam should be designed by a professional engineer. The engineer or project specifications should be consulted to determine the ASTM D6817 Type required for your project loading conditions.

		Foam-Control Geofoam Properties						
Product		FOAM-CONTROL GEOFOAM 12	FOAM-CONTROL GEOFOAM 15	FOAM-CONTROL GEOFOAM 19	FOAM-CONTROL GEOFOAM 22	FOAM-CONTROL GEOFOAM 29	FOAM-CONTROL GEOFOAM 39	FOAM-CONTROL GEOFOAM 46
Density ¹ , min.	lb/ft ³ (kg/m ³)	0.70 (11.2)	0.90 (14.4)	1.15 (18.4)	1.35 (21.6)	1.80 (28.8)	2.40 (38.4)	2.85 (45.7)
Compressive Resistance ^{1,2} @ 1% deformation, min.	psi psf (kPa)	2.2 320 (15)	3.6 520 (25)	5.8 840 (40)	7.3 1050 (50)	10.9 1570 (75)	15.0 2160 (103)	18.6 2680 (128)
Elastic Modulus ¹ , min	psi (kPa)	220 (1500)	360 (2500)	580 (4000)	730 (5000)	1090 (7500)	1500 (10300)	1860 (12800)
Flexural Strength ¹ , min.	psi (kPa)	10.0 (69)	25.0 (172)	30.0 (207)	35.0 (240)	50.0 (345)	60.0 (414)	75.0 (517)
Water Absorption ¹ by total immersion, max.,	vol. %	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0
Oxygen Index ¹ , min.	vol. %	24	24	24	24	24	24	24
Buoyancy Force	lb/ft ³ (kg/m ³)	61.7 (990)	61.5 (980)	61.3 (980)	61.1 (980)	60.6 (970)	60.0 (960)	59.5 (950)
ASTM D6817 Compliance, Type		EPS12	EPS15	EPS19	EPS22	EPS29	EPS39	EPS46

¹ See ASTM D6817 Standard for test methods and complete information.

² Combined live and dead load stresses should not exceed the compressive resistance at 1% deformation.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 11 Perhitungan Volume dan Biaya

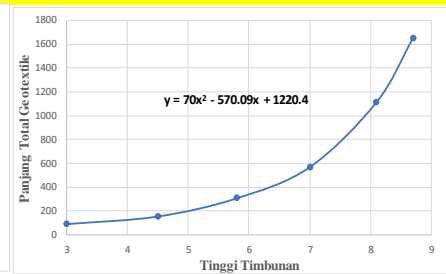
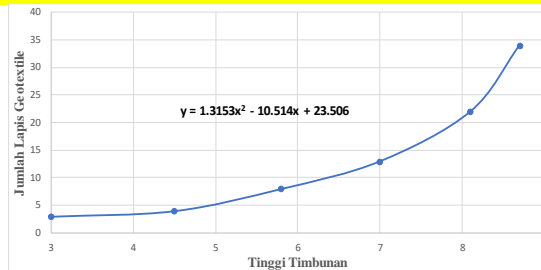
PERHITUNGAN HARGA PVD UNTUK GEOTEXTILE									
jarak Antar PVD	=	1.1	Harga	=	Rp3,500				
Jarak Penyesuaian	=	1							
Panjang PVD Rencana	=	10							
STA	Tinggi Awal Timbunan (m)	Lebar Timbunan Atas (m)	Lebar Timbunan Bawah (m)	Panjang Tinjauan (m)	PVD 1 Baris (m)	Jarak PVD Memanja (m)	Total Panjang PVD (m)	Harga total	
12+434 — 459	9.86	28	67.44	25	62	0.9526	17899	Rp 62,646,500	
12+459 — 484	9.54	28	66.16	25	61	0.9526	17610	Rp 61,635,000	
12+484 — 509	9.37	28	65.48	25	60	0.9526	17322	Rp 60,627,000	
12+509 — 534	8.7	28	62.8	25	58	0.9526	16744	Rp 58,604,000	
12+534 — 559	8.15	28	60.6	25	56	0.9526	16167	Rp 56,584,500	
12+559 — 584	7.13	28	56.52	25	52	0.9526	15012	Rp 52,542,000	
12+584 — 609	6.8	28	55.2	25	51	0.9526	14723	Rp 51,530,500	
12+609 — 634	6.11	28	52.44	25	48	0.9526	13857	Rp 48,499,500	
12+634 — 659	5.31	28	49.24	25	45	0.9526	12991	Rp 45,468,500	
12+659 — 684	4.38	28	45.52	25	42	0.9526	12125	Rp 42,437,500	
Harga Total								Rp 540,575,000	

Tinggi Timbunan (m)	Lebar Timbunan Atas (m)	Lebar Timbunan Bawah (m)	PVD 1 Baris (m)
10	28	68	62
9	28	64	58
8	28	60	55
7	28	56	51
6	28	52	47
5	28	48	44
4	28	44	40
3	28	40	36
2	28	36	33

PERHITUNGAN HARGA PHD									
jarak Antar PVD	=	0.95	Harga	=	Rp27,000				
Jarak Penyesuaian	=	2							
Panjang PVD Rencana	=	10							
STA	Tinggi Awal Timbunan (m)	Lebar Timbunan Atas (m)	Lebar Timbunan Bawah (m)	Panjang Tinjauan (m)	PHD 1 Baris (m)	Jarak PVD Memanja (m)	Total Panjang PVD (m)	Harga total	
12+434 — 459	9.86	28	67.44	25	71.44	1.91	938	Rp 25,326,000	
12+459 — 484	9.54	28	66.16	25	70.16	1.91	921	Rp 24,867,000	
12+484 — 509	9.37	28	65.48	25	69.48	1.91	912	Rp 24,624,000	
12+509 — 534	8.7	28	62.8	25	66.8	1.91	877	Rp 23,679,000	
12+534 — 559	8.15	28	60.6	25	64.6	1.91	848	Rp 22,896,000	
12+559 — 584	7.13	28	56.52	25	60.52	1.91	795	Rp 21,465,000	
12+584 — 609	6.8	28	55.2	25	59.2	1.91	777	Rp 20,979,000	
12+609 — 634	6.11	28	52.44	25	56.44	1.91	741	Rp 20,007,000	
12+634 — 659	5.31	28	49.24	25	53.24	1.91	699	Rp 18,873,000	
12+659 — 684	4.38	28	45.52	25	49.52	1.91	650	Rp 17,550,000	
Harga Total								Rp 220,266,000	

KEBUTUHAN GEOTEXTILE

Tinggi Timbunan (m)	Jumlah Lapis (n)	Panjang Total (m)
8.7	34	1652
8.1	22	1115
7	13	569
5.8	8	309
4.5	4	157
3	3	93

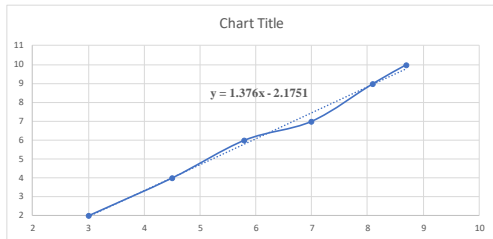


Harga = Rp14,000 Panjang Tinjauan = 25 m

STA	Tinggi Timbunan (m)	Jumlah Lapis Geotextile (n)	Panjang Geotextile 1 sisi (m)	Panjang Geotextile 2 sisi (m)	Volume Geotextile 2 sisi (m2)	Harga Total Kebutuhan Geotextile
12+434 – 459	8.7	34	1652	3304	82609	Rp1,156,521,800
12+459 – 484	8.4	28	1371	2742	68550	Rp959,700,000
12+484 – 509	8.1	22	1115	2230	55745	Rp780,430,000
12+509 – 534	7.5	19	883	1766	44150	Rp618,100,000
12+534 – 559	7	13	569	1139	28470	Rp398,578,600
12+559 – 584	6.1	9	348	696	17400	Rp243,600,000
12+584 – 609	5.8	8	309	619	15467	Rp216,531,000
12+609 – 634	5.2	5	149	298	7450	Rp104,300,000
12+634 – 659	4.5	4	157	313	7835	Rp109,687,200
12+659 – 684	3.7	3	93	186	4640	Rp64,964,200
Harga Total						Rp4,652,412,800

KEBUTUHAN ENCAPSULATED STONE COLUMN

Tinggi Timbunan (m)	Jumlah Baris (n)
8.7	10
8.1	9
7	7
5.8	6
4.5	4
3	2



Harga geotextile = Rp14,000
 Harga Kerikil = Rp 350,000
 Diameter ESC = 0.6 m
 Jarak Antar ESC = 1.2 m
 Jarak Tinjauan = 50 m

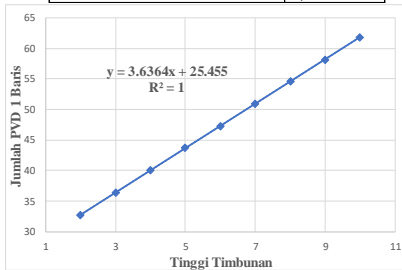
STA	Tinggi Timbunan	Jumlah ESC 2 sisi	Panjang Stone Column	Jarak PVD Memanjang	Jumlah ESC memanjang	Volume Kerikil	Luas Geotextile	Harga total kebutuhan kerikil	Harga total kebutuhan geotextile	Harga total kebutuhan ESC
	(m)	(n)	(m)	(m)	(m)	(m ³)	(m ²)			
12+434—484	8.7	20	14	1.04	963	3811.95	25412.97	Rp 1,334,180,993	Rp355,781,598	Rp1,689,962,591
12+84—534	8.4	18	14	1.04	867	3431.94	22879.59	Rp 1,201,178,526	Rp320,314,274	Rp1,521,492,800
12+534—584	8.1	14	14	1.04	674	2667.97	17786.44	Rp 933,788,151	Rp249,010,174	Rp1,182,798,324
12+584—634	7.5	12	11	1.04	578	1797.68	11984.55	Rp 629,188,752	Rp167,783,667	Rp796,972,419
12+634—684	7	8	11	1.04	385	1197.42	7982.79	Rp 419,096,314	Rp111,759,017	Rp530,855,331
Harga Total										Rp5,722,081,465

PERHITUNGAN HARGA PVD UNTUK ENCAPSULATED STONE COLUMN

Jarak Antar PVD = 1.1 Harga = Rp3,500
 Jarak Penyesuaian = 1
 Panjang PVD Rencana = 10

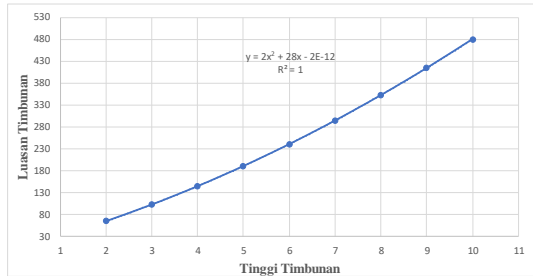
STA	Tinggi Awal Timbunan	Lebar Timbunan Atas	Lebar Timbunan Bawah	Panjang Tinjauan	PVD 1 Baris	Jarak PVD Memanjang	Total Panjang PVD	Harga total
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)		
12+434—459	9.86	28	67.44	25	42	0.9526	12125	Rp 42,437,500
12+459—484	9.54	28	66.16	25	41	0.9526	11837	Rp 41,429,500
12+484—509	9.37	28	65.48	25	42	0.9526	12125	Rp 42,437,500
12+509—534	8.7	28	62.8	25	40	0.9526	11548	Rp 40,418,000
12+534—559	8.15	28	60.6	25	42	0.9526	12125	Rp 42,437,500
12+559—584	7.13	28	56.52	25	38	0.9526	10970	Rp 38,395,000
12+584—609	6.8	28	55.2	25	39	0.9526	11259	Rp 39,406,500
12+609—634	6.11	28	52.44	25	36	0.9526	10393	Rp 36,375,500
12+634—659	5.31	28	49.24	25	37	0.9526	10682	Rp 37,387,000
12+659—684	4.38	28	45.52	25	34	0.9526	9816	Rp 34,356,000
Harga Total								Rp 395,080,000

Tinggi Timbunan (m)	Lebar Timbunan Atas (m)	Lebar Timbunan Bawah (m)	PVD 1 Baris (m)
10	28	68	62
9	28	64	58
8	28	60	55
7	28	56	51
6	28	52	47
5	28	48	44
4	28	44	40
3	28	40	36
2	28	36	33



LUASAN TIMBUNAN TOTAL (TANAH & GEOFOAM)

Tinggi Timbunan	Lebar Timbunan Atas	Lebar Timbunan Bawah	Luasan Timbunan
(m)	(m)	(m)	(m ²)
10	28	68	480
9	28	64	414
8	28	60	352
7	28	56	294
6	28	52	240
5	28	48	190
4	28	44	144
3	28	40	102
2	28	36	64



Kebutuhan Biaya Timbunan Tanah

Panjang Tinjauan = 10 m

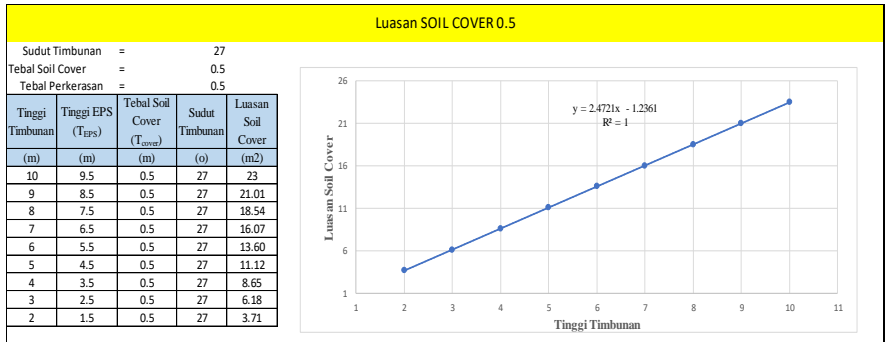
Harga Sirtu Urug = Rp83,300

Perencanaan Volume Per 10 m panjang

STA	Tinggi Timbunan Akhir	Tinggi Timbunan Awal	Luasan Timbunan	Volum Per 10 m'
	(m)	(m)	(m ²)	(m ³)
12+434 s/d 12+444	8.7	9.87	471.02	4710.20
12+444 s/d 12+454	8.59	9.75	462.98	4629.78
12+454 s/d 12+464	8.46	9.61	453.54	4535.37
12+464 s/d 12+474	8.35	9.49	445.60	4456.03
12+474 s/d 12+484	8.24	9.37	437.72	4377.17
12+484 s/d 12+494	8.1	9.37	437.92	4379.15
12+494 s/d 12+504	7.79	9.03	415.67	4156.73
12+504 s/d 12+514	7.63	8.85	404.35	4043.49
12+514 s/d 12+524	7.4	8.59	388.26	3882.57
12+524 s/d 12+534	7.15	8.31	371.02	3710.19
12+534 s/d 12+544	7	8.15	360.80	3608.03
12+544 s/d 12+554	6.59	7.69	333.37	3333.70
12+554 s/d 12+564	6.19	7.24	307.31	3073.10
12+564 s/d 12+574	6.05	7.08	298.35	2983.54
12+574 s/d 12+584	5.94	6.95	291.38	2913.79
12+584 s/d 12+594	5.8	6.79	282.58	2825.78
12+594 s/d 12+604	5.57	6.53	268.31	2683.11
12+604 s/d 12+614	5.37	6.31	256.10	2560.99
12+614 s/d 12+624	5.05	5.94	236.94	2369.36
12+624 s/d 12+634	4.73	5.57	218.24	2182.44
12+634 s/d 12+644	4.5	5.31	205.10	2051.03
12+644 s/d 12+654	4.1	4.85	182.84	1828.40
12+654 s/d 12+664	3.85	4.56	169.31	1693.11
12+664 s/d 12+674	3.69	4.38	160.81	1608.09
12+674 s/d 12+684	3.55	4.21	153.47	1534.71
Total Volume				80129.87

Harga Kebutuhan Material Tanah

Volume Oprit (m ³)	Harga Satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
80129.87	Rp83,300	Rp6,674,817,923.12



Kebutuhan Biaya Timbunan EPS GEOFOAM 0.5 m

Panjang Tinjauan = 10 m
 Harga Sirtu Urug = Rp83,300
 Perencanaan Volume Per 10 m panjang

STA	Tinggi Timbunan Akhir	Tinggi Timbunan Awal	Luasan Timbunan (m ²)	Luasan Soil Cover (m ²)	Luasan Timbunan Geofoam (m ²)	Volume Soil Cover (m ³)	Volume Timbunan Geofoam (m ³)
	(m)	(m)					
12+434 s/d 12+444	8.7	8.36	373.71	19.42	354.28	194.25	3542.83
12+444 s/d 12+454	8.59	8.25	366.96	19.15	347.81	191.52	3478.11
12+454 s/d 12+464	8.46	8.12	359.06	18.83	340.23	188.30	3402.25
12+464 s/d 12+474	8.35	8.01	352.42	18.56	333.86	185.58	3338.59
12+474 s/d 12+484	8.24	7.90	345.83	18.29	327.54	182.85	3275.41
12+484 s/d 12+494	8.1	7.76	337.85	17.95	319.90	179.53	3198.99
12+494 s/d 12+504	7.79	7.45	319.70	17.19	302.51	171.65	3025.14
12+504 s/d 12+514	7.63	7.29	310.48	16.79	293.69	167.89	2936.92
12+514 s/d 12+524	7.4	7.06	297.41	16.22	281.19	162.19	2811.88
12+524 s/d 12+534	7.15	6.81	283.44	15.60	267.84	155.99	2678.38
12+534 s/d 12+544	7	6.66	275.17	15.23	259.95	152.27	2599.47
12+544 s/d 12+554	6.59	6.25	253.05	14.21	238.84	142.11	2388.40
12+554 s/d 12+564	6.19	5.85	232.11	13.22	218.90	132.19	2188.95
12+564 s/d 12+574	6.05	5.71	224.94	12.87	212.07	128.72	2120.66
12+574 s/d 12+584	5.94	5.60	219.35	12.60	206.76	126.00	2067.55
12+584 s/d 12+594	5.8	5.46	212.32	12.25	200.07	122.52	2000.66
12+594 s/d 12+604	5.57	5.23	200.93	11.68	189.25	116.82	1892.47
12+604 s/d 12+614	5.37	5.02	191.20	11.19	180.01	111.86	1800.12
12+614 s/d 12+624	5.05	4.70	175.96	10.39	165.57	103.92	1655.69
12+624 s/d 12+634	4.73	4.38	161.13	9.60	151.54	95.99	1515.36
12+634 s/d 12+644	4.5	4.15	150.73	9.03	141.70	90.28	1417.04
12+644 s/d 12+654	4.1	3.75	133.15	8.04	125.11	80.35	1251.10
12+654 s/d 12+664	3.85	3.50	122.48	7.42	115.06	74.15	1150.65
12+664 s/d 12+674	3.69	3.34	115.79	7.02	108.77	70.18	1087.68
12+674 s/d 12+684	3.55	3.20	110.01	6.67	103.34	66.71	1033.42
				Total Volume		3394.03	5785.72

Harga Kebutuhan Material Tanah			
Volume Geofoam (m ³)	Volume Soil Cover (Rp)	Harga Geofoam (Rp)	Harga Soil Cover (Rp)
5785.72	3394.03	Rp36,074,288,485.87	Rp282,722,636.60
Total Harga			Rp36,357,011,122.47

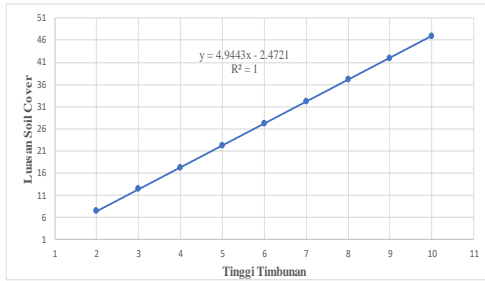
Harga Satuan Soil Cover (Rp)	Harga Satuan Soil Cover EPS Geofoam (Rp)
Rp83,300	Rp623,500

EPS yang digunakan
 Panjang 2m
 Lebar 1m
 Ketebalah 0.61m

Luasan SOIL COVER 1 m

Sudut Timbunan = 27
 Tebal Soil Cover = 1
 Tebal Perkerasan = 0.5

Tinggi Timbunan (m)	Tinggi EPS (T _{EPS}) (m)	Tebal Soil Cover (T _{soil}) (m)	Sudut Timbunan (o)	Luasan Soil Cover (m ²)
10	9.5	1	27	47
9	8.5	1	27	42.03
8	7.5	1	27	37.08
7	6.5	1	27	32.14
6	5.5	1	27	27.19
5	4.5	1	27	22.25
4	3.5	1	27	17.30
3	2.5	1	27	12.36
2	1.5	1	27	7.42



Kebutuhan Biaya Timbunan EPS GEOFOAM 1 m

Panjang Tinjauan = 10 m
 Harga Sirtu Urug = Rp83,300

Perencanaan Volume Per 10 m panjang

STA	Tinggi Timbunan Akhir	Tinggi Timbunan Awal	Luasan Timbunan	Luasan Soil Cover	Luasan Timbunan Geofoam	Volume Soil Cover	Volume Timbunan Geofoam
	(m)	(m)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ³)	(m ³)
12+434 s/d 12+444	8.7	8.36	373.71	38.85	334.86	388.50	3348.58
12+444 s/d 12+454	8.59	8.25	366.96	38.31	328.66	383.05	3286.58
12+454 s/d 12+464	8.46	8.12	359.06	37.66	321.39	376.61	3213.94
12+464 s/d 12+474	8.35	8.01	352.42	37.12	315.30	371.17	3153.00
12+474 s/d 12+484	8.24	7.90	345.83	36.57	309.25	365.72	3092.54
12+484 s/d 12+494	8.1	7.76	337.85	35.91	301.94	359.07	3019.45
12+494 s/d 12+504	7.79	7.45	319.70	34.37	285.33	343.71	2853.28
12+504 s/d 12+514	7.63	7.29	310.48	33.58	276.90	335.78	2769.02
12+514 s/d 12+524	7.4	7.06	297.41	32.44	264.97	324.38	2649.69
12+524 s/d 12+534	7.15	6.81	283.44	31.20	252.24	311.99	2522.38
12+534 s/d 12+544	7	6.66	275.17	30.46	244.72	304.55	2447.19
12+544 s/d 12+554	6.59	6.25	253.05	28.42	224.63	284.23	2246.28
12+554 s/d 12+564	6.19	5.85	232.11	26.44	205.68	264.40	2056.75
12+564 s/d 12+574	6.05	5.71	224.94	25.75	199.19	257.45	1991.93
12+574 s/d 12+584	5.94	5.60	219.35	25.20	194.15	252.00	1941.55
12+584 s/d 12+594	5.8	5.46	212.32	24.51	187.81	245.05	1878.13
12+594 s/d 12+604	5.57	5.23	200.93	23.36	177.56	233.65	1775.65
12+604 s/d 12+614	5.37	5.02	191.20	22.37	168.83	223.73	1688.25
12+614 s/d 12+624	5.05	4.70	175.96	20.79	155.18	207.85	1551.76
12+624 s/d 12+634	4.73	4.38	161.13	19.20	141.94	191.98	1419.37
12+634 s/d 12+644	4.5	4.15	150.73	18.06	132.68	180.56	1326.76
12+644 s/d 12+654	4.1	3.75	133.15	16.07	117.07	160.71	1170.74
12+654 s/d 12+664	3.85	3.50	122.48	14.83	107.65	148.31	1076.49
12+664 s/d 12+674	3.69	3.34	115.79	14.04	101.75	140.36	1017.49
12+674 s/d 12+684	3.55	3.20	110.01	13.34	96.67	133.41	966.71
			Total Volume			6788.23	54463.52

Harga Kebutuhan Material Tanah

Volume Geofoam (m ³)	Volume Soil Cover (Rp)	Harga Geofoam (Rp)	Harga Soil Cover (Rp)
54463.52	6788.23	Rp33,958,002,263.97	Rp565,459,833.53
Total Harga			Rp34,523,462,097.50

Harga Satuan Soil Cover (Rp)	Harga Satuan Soil EPS Geofoam (Rp)
Rp83,300	Rp623,500

EPS yang digunakan

Panjang 2m
 Lebar 1 m
 Ketebalan 0.61 m



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
 Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
 Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
 rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Alam Maulana
NRP	: 03111745000002
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar pada Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (STA 12+434 s/d STA 12+684)
TANGGAL PROPOSAL	: 8 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	22/02/19	Plot grafik, dan lanjutkan Statigrafi	Statigrafi Sudah selesai dan Plot data grafik.	<u>Noor</u>
2.	27/02/19	Revisi grafik di bedakan menjadi berdasarkan jenis tanah, dan Stasioning bor	Lanjutkan Perhitungan korelasi dan statistik Indeks kepercayaan.	<u>Noor</u>
3.	1/03/19	Bekapitulasi data tanah Perhitungan.	Statigrafi, Plotting grafik.	<u>Noor</u>
4.	4/03/19	Masuk Pengerjaan Pemampatan	Pengerjaan Perhitungan I kav.	<u>Noor</u>
5	11/03/19	Zoning Pembagian Potongan timbunan dan contoh Perhitungan Pemampatan.	Selesaikan Penentuan Hinitial & Hfinal dengan menggunakan Parameter yang baru	<u>Noor</u>
7.	15/03/19	Penentuan Hinitial & Hfinal OK!	Lanjutkan Perhitungan PVD dengan kedalaman lom dan Hinitial tanpa Mbongkar trafic.	<u>Noor</u>



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Alam Maulana
NRP	: 03111745000002
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar pada Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (STA 12+434 s/d STA 12+684)
TANGGAL PROPOSAL	: 8 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
8.	20/03/19	Perhitungan Pvd dan Perhitungan Sc tanpa H bongkar	Hitungan timbunan bertahap	<u>Noor</u>
9.	27/03/19	Perhitungan bertahap Timbunan.	Perkuatan geotextile dan Penurunan geofeam	<u>Noor</u>
10	28/03/19	-Perhitungan timbunan bertahap, OK!! -Rate of settlemen OK!	Geotextile Perhitungan semua STA.	<u>Noor</u>
11.	5/04/19	- Sc Material geofeam - Perhitungan geotextile	-Geotextile menggunakan 2 lapis - Lanjutkan Perhitungan Geofeam - kebutuhan getex Pakai yang X, dan R yang besar (Pakai Panjang geotex yang Paling Panjang)	<u>Noor</u> <u>Noor</u>
12	11/04/19	-Perhitungan BEESC ok! -Perhitungan geotex ok!	-Lanjut Perhitungan Geofeamakibat air angin, Load bearing.	<u>Noor</u>



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Alam Maulana
NRP	: 03111745000002
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar pada Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (STA 12+434 s/d STA 12+684)
TANGGAL PROPOSAL	: 8 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
13	16/09/19	<ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan geofom * Terhadap geser M.A Banjir * Terhadap uplift M.A Banjir * Terhadap geser gaya Angin. 	<ul style="list-style-type: none"> - Lanjutkan Perhitungan geofom berdasarkan leat bearing Tegangan yang terjadi. 	<u>Noor</u>
14	18/04/19	<ul style="list-style-type: none"> - Perhitungan geofom OK! - Laporan timbunan bertahap OK! - Laporan Perkuatan geotex dan ESC OK! 	<ul style="list-style-type: none"> - Lanjutkan Perhitungan geofom (Laporannya) 	<u>Noor</u>



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT
NAMA MAHASISWA	: Alam Maulana
NRP	: 03111745000002
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar pada Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (STA 12+434 s/d STA 12+684)
TANGGAL PROPOSAL	: 8 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	5/03/19	Parameter tanah, dan Pembagian segmen Pengerjaan.	-Perhitungan Statistik Untuk kedalaman tanah mampu Mampat (NSPT= 10)	
2.	14/03/19	Penentuan H _{initial} & H _{final} OK!	Lanjutkan Perhitungan PVD dengan kedalaman 10m.	
3.	21/03/19	Perhitungan PVD dengan kedalaman 10 m.	Perhitungan timbunan bertahap dan rate of settlement. Pemasangan PVD mengikuti Perencanaan timbunan. Pola segitiga.	
4.	27/03/19	Sc timbunan bertahap, Jarak PVD.	Sc Perhitungan Penampatan geofam, stabilitas Geofam. Coba Jarak PVD dikurangi.	
5	5/04/19	- Geotextile - Sc geofam.	-Coba Perhitungan geotex Untuk 6 SF. - Geotex double 2 lapis	



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)
Jurusan Teknik Sipil lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: Putu Tantri Kumala Sari, ST., MT
NAMA MAHASISWA	: Alam Maulana
NRP	: 03111745000002
JUDUL TUGAS AKHIR	: Alternatif Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar pada Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (STA 12+434 s/d STA 12+684)
TANGGAL PROPOSAL	: 8 Januari 2019
NO. SP-MMTA	:

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	12/09/19	-GESC Sudah OK! -Geotextile Pilih yang kebutuhannya Paling banyak.	-Geofoam Pada Stabilitas, Angin, air, dan load bearing.	

BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR

Pada hari ini **Jum'at** tanggal **12 Juli 2019** jam **08:00 WIB** telah diselenggarakan **UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR** Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

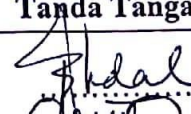


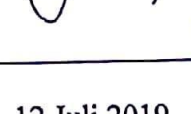
NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111745000002	Alam Maulana	Alternatif Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar pada Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (STA 12+434 s/d STA 12+684)

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- ① Flowchart disesuaikan dengan TA → Tanpa pre-loading.
- ② coba hitung tinggi timbunan di area dimana tanah dasar di bawahnya dipasang stonecolumn.
- ③ Revisi penulisan lihat di buku masing 2 dosen.
- ④ Hkritis bukan diasumsikan. → Ganti tata diasumsikan.

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah **(A)** AB / B / BC / C / D / E
 3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
 Lulus Dengan Perbaikan Mengulang Ujian Lisan

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD (Pembimbing 1)	
Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT (Pembimbing 2)	
Dr. Trihanyndio Rendy Satrya, ST. MT	
Musta'in Arif, ST. MT	

Surabaya, 12 Juli 2019

Mengetahui,
Ketua Program Studi S1



Dr. techn. Umboro Lasmino, ST. MSc
 NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang



(.....Dr. Trihanyndio Rendy ST. MT.....)
 Nama terang

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Alam Maulana dilahirkan di Cirebon, 22 Juli 1996, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SD Negeri 1 Arjawinangun, SMP Negeri 1 Arjawinangun, SMA Negeri 1 Palimanan. Setelah lulus dari pendidikan sekolah menengah atas pada tahun 2014, penulis mengikuti ujian masuk Diploma UGM dan diterima di jurusan DIII Teknik Sipil pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NIM 14/368371/SV/06831. Di jurusan DIII Teknik Sipil ini penulis mengambil judul tugas akhir “Pengendalian Mutu (*Quality Control*) Pekerjaan Beton pada Proyek Rehabilitasi dan Rekonstruksi Sabo Dam Kali Woro” dan lulus di tahun 2017. Setelah lulus pendidikan DIII, penulis mengikuti ujian masuk Program S1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil dan terdaftar dengan NRP 03111745000002.

Selama masa pendidikan, penulis aktif dalam kegiatan organisasi non-akademik, diantaranya penulis pernah menjabat sebagai ketua umum Mahasiswa Pecinta Alam Departemen Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada (MAPADIPSI UGM) dan pengurus lembaga dakwah kampus (Jama’ah Shalahuddin UGM).

Besar harapan penulis kepada pembaca buku tugas akhir ini dapat memberikan masukan jika terdapat kesalahan dalam penulisan tugas akhir ini. Penulis dapat dihubungi melalui *email* alammaulana2207@gmail.com