



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PERBANDINGAN PERENCANAAN OPRIT *OVERPASS*
PADA EMPAT KEMIRINGAN LERENG DENGAN
MENGUNAKAN PERBAIKAN TANAH DASAR METODE
VACUUM PRE-LOADING DAN *GEOTEXTILE ENCASED
STONE COLUMN (GESC)***

**LOKASI STUDI KASUS: JALAN TOL BATANG-
SEMARANG SEKSI 3 STA 414+600 S/D STA 414+725**

ABDUL WASI' AZHARIE
NRP. 3114100040

Dosen Pembimbing I
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD

Dosen Pembimbing II
Musta'in Arif, ST. MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT – RC14-1501

**COMPARISON OF OVERPASS APPROACH PLANNING
ON FOUR SLOPE INCLINATIONS USING SOIL
IMPROVEMENT METHOD OF VACUUM PRE-LOADING
AND GEOTEXTILE ENCASED STONE COLUMN (GESC)
LOCATION OF CASE STUDY: BATANG-SEMARANG
TOLL ROAD SECTION 3 STA 414+600 TO STA 414+725**

ABDUL WASI' AZHARIE
NRP. 3114100040

Academic Supervisor I
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD

Academic Supervisor II
Musta'in Arif, ST. MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

**PERBANDINGAN PERENCANAAN OPRIT *OVERPASS*
PADA EMPAT KEMIRINGAN LERENG DENGAN
MENGUNAKAN PERBAIKAN TANAH DASAR
METODE *VACUUM PRE-LOADING* DAN *GEOTEXTILE*
ENCASED STONE COLUMN (GESC)
LOKASI STUDI KASUS: JALAN TOL BATANG-
SEMARANG SEKSI 3 STA 414+600 S/D STA 414 +725**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Reguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ABDUL WASI' AZHARIE

NRP. 3114100040

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD
2. Musta'in Arif, ST.MT.



SURABAYA, JULI 2018

“halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERBANDINGAN PERENCANAAN OPRIT *OVERPASS*
PADA EMPAT KEMIRINGAN LERENG DENGAN
MENGUNAKAN PERBAIKAN TANAH DASAR
METODE *VACUUM PRE-LOADING* DAN *GEOTEXTILE*
ENCASED STONE COLUMN (GESC)
LOKASI STUDI KASUS: JALAN TOL BATANG-
SEMARANG SEKSI 3 STA 414+600 S/D STA 414 +725**

Nama Mahasiswa : Abdul Wasi' Azharie
NRP : 3114100040
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD
2. Musta'in Arif, ST. MT.

Abstrak

Kasubdit Pengadaan Lahan Ditjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Herry Marzuki (2016), menyatakan bahwa pada jaringan jalan tol Trans-Jawa, ruas yang memiliki kemajuan tahap pembebasan lahan paling sedikit adalah jalan tol Pemalang-Batang dan jalan tol Batang-Semarang. Sesuai arahan Menteri PUPR, Basuki Hadimuljono, Ditjen Bina Marga akan fokus membebaskan lahan untuk jembatan-jembatan, karena proses pembangunan jembatan membutuhkan waktu yang lama.

Salah satu bagian dari ruas jalan tol Batang-Semarang yang juga bermasalah pembebasan lahannya adalah oprit jembatan lokasi studi kasus yang terletak di antara jembatan overpass Nawangsari dan jembatan overpass Kali Mati pada STA 414+600 s/d STA 414+725, berupa timbunan tanah dengan ketinggian 8 meter dan dibangun di atas tanah lunak dengan ketebalan mencapai 10 meter yang didominasi lempung.

Permasalahan lahan dapat diatasi melalui perencanaan timbunan dengan kemiringan lereng yang lebih curam. Semakin curam lereng timbunan, semakin sedikit kebutuhan luas lahan. Lereng timbunan yang semakin curam, juga mengurangi kebutuhan volume tanah timbunan, tetapi kebutuhan perkuatan timbunan menjadi bertambah.

Dari permasalahan-permasalahan tersebut, pada Tugas Akhir ini penulis membandingkan perencanaan oprit timbunan di lokasi studi kasus, dengan empat (4) alternatif kemiringan lereng, yaitu 1 : 2 (sesuai perencanaan awal); 1 : 1,5; 1 : 1; dan sisi tegak. Untuk masing-masing kemiringan lereng, akan dibandingkan tiga (3) metode perbaikan tanah dasar yaitu soil pre-loading, vacuum pre-loading, dan geotextile encased stone columns (GESC). Perkuatan yang digunakan pada timbunan yaitu geotextile.

Kesimpulan yang didapat adalah perencanaan dengan biaya termurah pada lokasi studi kasus adalah timbunan dengan sisi tegak dengan perbaikan tanah dasar metode soil pre-loading yang berbiaya 11,707 milyar rupiah.

Kata kunci: perbandingan kemiringan lereng, vacuum pre-loading, geotextile encased stone column (GESC).

**COMPARISON OF OVERPASS APPROACH PLANNING
ON FOUR SLOPES USING SOIL IMPROVEMENT
METHOD OF VACUUM PRE-LOADING AND
GEOTEXTILE ENCASED STONE COLUMN (GESC)
LOCATION OF CASE STUDY: BATANG-SEMARANG
TOLL ROAD SECTION 3 STA 414+600 TO STA 414+725**

Name of Student : Abdul Wasi' Azharie
NRP : 3114100040
Department : Civil Engineering FTSLK-ITS
Academic Supervisor : 1. Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD
2. Musta'in Arif, ST. MT.

Abstract

Head of Land Acquisition Division of Directorate General of Highways at the Ministry of Public Works and People's Housing (PUPR) Herry Marzuki (2016) stated that on the Trans-Java toll road network, the segment with the least progress of land acquisition stage is Pemalang-Batang toll road and toll road Batang-Semarang. As per the direction of PUPR Minister, Basuki Hadimuljono, Directorate General of Highways will focus on freeing land for bridges, because the bridge construction process takes a long time.

One part of the Batang-Semarang toll road section which is also problematic is land acquisition is the bridge case oprit located between Nawangsari overpass bridge and overpass bridge Kali Mati at STA 414 + 600 s / d STA 414 + 725, in the form of landfill with an altitude of 8 meters and built on soft ground with a thickness of 10 meters which is dominated by clay.

Land issues can be solved through the planning of the heap with a steeper slope. The steeper the slope of the heap, the less the land needs. The steep slopes of the pile, also reduces the volume

requirements of the embankment soil, but the need for retrofitting increases.

From these problems, in this Final Project, the writer compared the planning of the embankment oprit at the case study location, with four (4) slope slope alternatives, ie 1: 2 (according to initial planning); 1: 1,5; 1: 1; and upright sides. For each slope slope, we will compare three basic soil improvement methods: soil pre-loading, vacuum pre-loading, and geotextile encased stone columns (GESC). The reinforcement used in embankment is geotextile.

The conclusion obtained is that planning with the cheapest cost at the case study location is a heap with upright sides using soil improvement method of soil pre-loading which has cost of 11.707 billions rupiah.

Keywords: slope inclination comparison, vacuum pre-loading, geotextile encased stone column (GESC).

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke-hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkah dan anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Dalam penyelesaiannya sudah tentu penulis banyak mendapatkan kesulitan, namun atas bantuan beberapa pihak, Tugas Akhir dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD. dan Bapak Musta'in Arif, ST. MT. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak waktu, bimbingan, dan saran dengan penuh kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Ibu Putu Tantri Kumalasari, ST. MT. selaku dosen konsultasi yang telah memberikan banyak bantuan, saran, dan kritik selama penyusunan proposal Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Wahyu P. Kuswanda selaku pimpinan PT Teknindo Geosistem Unggul yang telah memberikan bantuan pengajaran metode *vacuum pre-loading* dan data tanah dalam menyelesaikan Tugas Akhir
4. Ayah, Ibu, Adik, dan seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis.
5. Bapak-Ibu dosen jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberikan pengajaran dan pembelajaran kepada penulis.
6. Teman-teman kuliah jurusan Teknik Sipil ITS yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis.
7. Pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa terdapat ketidaksempurnaan dalam Tugas Akhir ini, sehingga kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk penyempurnaannya

Semoga Tugas Akhir yang telah dibuat ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca, dan pihak-pihak yang terkait.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	v
Abstract	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penyusunan.....	4
1.5 Manfaat Penyusunan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penentuan Parameter Tanah secara Empiris	5
2.2 Distribusi Tegangan Beban Timbunan pada Tanah Dasar.....	7
2.3 Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar.....	8
2.3.1 Perhitungan Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar.....	8
2.3.2 Waktu Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar	9
2.3.3 <i>Pre-fabricated Vertical Drain (PVD)</i>	10
2.4 Perencanaan Timbunan	12
2.4.1 Penentuan Tinggi Timbunan dengan <i>Soil Pre-loading</i>	12
2.4.2 Perhitungan Kebutuhan <i>Overlay</i>	14

2.4.3	Peningkatan Daya Dukung Tanah.....	15
2.4.4	Perhitungan Penimbunan Bertahap	16
2.4.5	Analisa Stabilitas Timbunan	17
2.5	<i>Vacuum Pre-loading</i>	20
2.6	Perkuatan <i>Geotextile</i> pada Timbunan	22
2.7	<i>Geotextile Encased Stone Columns (GESC)</i>	24
2.7.1	Perhitungan Besar Pemampatan.....	25
2.7.2	Perhitungan Derajat Konsolidasi.....	26
2.7.3	Perhitungan <i>Stone Column</i> sebagai Perkuatan	27
2.7.4	Perhitungan <i>Geotextile</i> sebagai Selubung (<i>Case</i>) <i>Stone Column</i>	28
BAB III	METODOLOGI	29
3.1	Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir.....	29
3.2	Penjelasan Diagram Alir	31
BAB IV	DATA DAN ANALISA	35
4.1	Data Timbunan.....	35
4.2	Data Lokasi	35
4.3	Data Tanah	36
4.3.1	Analisa Data Tanah Lapangan	36
4.3.2	Analisa Data Tanah untuk Stratigrafi.....	38
4.4	Data Spesifikasi	40
4.4.1	Data Spesifikasi Beban	40
4.4.2	Data Spesifikasi Material	41
BAB V	PEMBAHASAN	43

5.1 Perhitungan Derajat Konsolidasi	43
5.1.1 Perhitungan Derajat Konsolidasi tanpa Penggunaan <i>Pre-fabricated Vertical Drain (PVD)</i>	43
5.1.2 Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan Penggunaan <i>Pre-fabricated Vertical Drain (PVD)</i>	45
5.1.3 Perhitungan Derajat Konsolidasi Setelah Timbunan Memampat	47
5.2 Perhitungan Timbunan Kemiringan Lereng 1:2	48
5.2.1 Tinggi Timbunan Awal (H_{awal}).....	48
5.2.2 Perhitungan Kebutuhan <i>Overlay</i>	51
5.2.3 Stabilitas Timbunan	52
5.2.4 Penimbunan Bertahap	55
5.2.4.1 Metode Soil Pre-loading dan GESC	55
5.2.4.2 Metode Vacuum Pre-loading	56
5.2.5 Perkuatan.....	59
5.2.5.1 Geotextile pada Metode Soil Pre-loading dan Vacuum Pre-loading.....	59
5.2.5.2 Stone Column pada Metode GESC.....	60
5.2.5.3 Geotextile sebagai Selubung (Case) Stone Column.....	62
5.2.6 Volume dan Biaya Material	64
5.2.6.1 Metode Soil Pre-loading	64
5.2.6.2 Metode Vacuum Pre-loading	68
5.2.6.3 Metode GESC	72
5.3 Perhitungan Timbunan Kemiringan Lereng 1:1,5	76

5.3.1	Tinggi Timbunan Awal (H_{awal}).....	76
5.3.2	Perhitungan Kebutuhan <i>Overlay</i>	79
5.3.3	Stabilitas Timbunan	80
5.3.4	Penimbunan Bertahap	83
5.3.4.1	Metode Soil Pre-loading dan GESC	83
5.3.4.2	Metode Vacuum Pre-loading	84
5.3.5	Perkuatan.....	87
5.3.5.1	Geotextile pada Metode Soil Pre-loading dan Vacuum Pre-loading.....	87
5.3.5.2	Stone Column pada Metode GESC.....	88
5.3.5.3	Geotextile sebagai Selubung (Case) Stone Column.....	90
5.3.6	Volume dan Biaya Material	92
5.3.6.1	Metode Soil Pre-loading	92
5.3.6.2	Metode Vacuum Pre-loading	96
5.3.6.3	Metode GESC	100
5.4	Perhitungan Timbunan Kemiringan Lereng 1:1	104
5.4.1	Tinggi Timbunan Awal (H_{awal}).....	104
5.4.2	Perhitungan Kebutuhan <i>Overlay</i>	107
5.4.3	Stabilitas Timbunan	108
5.4.4	Penimbunan Bertahap	111
5.4.4.1	Metode Soil Pre-loading dan GESC	111
5.4.4.2	Metode Vacuum Pre-loading	112
5.4.5	Perkuatan.....	115

5.4.5.1	Geotextile pada Metode Soil Pre-loading dan Vacuum Pre-loading.....	115
5.4.5.2	Stone Column pada Metode GESC.....	116
5.4.5.3	Geotextile sebagai Selubung (Case) Stone Column.....	118
5.4.6	Volume dan Biaya Material	120
5.4.6.1	Metode Soil Pre-loading	120
5.4.6.2	Metode Vacuum Pre-loading	124
5.4.6.3	Metode GESC	128
5.5	Perhitungan Timbunan Kemiringan Lereng Tegak.....	132
5.5.1	Tinggi Timbunan Awal (H_{awal}).....	132
5.5.2	Perhitungan Kebutuhan <i>Overlay</i>	135
5.5.3	Stabilitas Timbunan dan Perkuatan.....	136
5.5.4	Penimbunan Bertahap	141
5.5.4.1	Metode Soil Pre-loading	141
5.5.4.2	Metode Vacuum Pre-loading	142
5.5.5	Volume dan Biaya Material	145
5.5.5.1	Metode Soil Pre-loading	145
5.5.5.2	Metode Vacuum Pre-loading	149
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		155
6.1	Kesimpulan	155
6.2	Saran	157
DAFTAR PUSTAKA.....		159
LAMPIRAN 1 DATA LAPANGAN DAN STRATIGRAFI....		161
LAMPIRAN 2 SPESIFIKASI MATERIAL		175

LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN DERAJAT KONSOLIDASI MENGUNAKAN PVD	181
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN TIMBUNAN DENGAN KEMIRINGAN LERENG 1:2	193
LAMPIRAN 5 PERHITUNGAN TIMBUNAN DENGAN KEMIRINGAN LERENG 1:1,5	213
LAMPIRAN 6 PERHITUNGAN TIMBUNAN DENGAN KEMIRINGAN LERENG 1:1	233
LAMPIRAN 7 PERHITUNGAN TIMBUNAN DENGAN KEMIRINGAN LERENG TEGAK	253
LAMPIRAN 8 GAMBAR PEMASANGAN PERKUATAN MASING-MASING ALTERNATIF.....	273
BIODATA PENULIS.....	285

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Lokasi studi kasus jalan tol Batang Semarang Seksi 3 STA 414+600 s/d STA 414+725	2
Gambar 1. 2 Potongan memanjang lokasi studi kasus jalan tol Batang-Semarang Seksi 3 STA 414+600 s/d STA 414+725 ..	3
Gambar 1. 3 Bump di ujung jembatan.....	3
Gambar 2. 1 Rumusan distribusi pembebanan timbunan bentuk trapesium.....	7
Gambar 2. 2 Pola susunan pemasangan vertical drain (a) bujur sangkar; (b) segitiga.....	10
Gambar 2. 3 Diameter ekuivalen PVD.....	11
Gambar 2. 4 Grafik hubungan nilai LL dan Cv.....	14
Gambar 2. 5 Ilustrasi metode keseimbangan batas irisan.....	18
Gambar 2. 6 Grafik nilai Nc untuk tanah lempung, $\Phi = 0^\circ$ (Mandel dan Salencon, 1969)	19
Gambar 2. 7 Perbandingan vacuum pre-loading dan soil pre- loading	20
Gambar 2. 8 Kebutuhan panjang geotextile	23
Gambar 2. 9 Ilustrasi tegangan pada geotextile encased stone columns)Castro dan Sagaseta, 2010)	24
Gambar 2. 10 Grafik pengaruh maksimum nilai n terhadap besar pemampatan pada metode stone column	25
Gambar 2. 11 Hubungan Tv dan Uv.....	26
Gambar 2. 12 Hubungan Th dan Uh.....	26
Gambar 4. 1 Cross section lokasi studi kasus.....	35
Gambar 4. 2 Ketinggian lokasi studi kasus (mdpl)	35
Gambar 4. 3 Stratigrafi tanah di sekitar lokasi studi kasus.....	37
Gambar 4. 4 Sebaran nilai e_0 pada data stratigrafi.....	39

Gambar 4. 5 $FS_{rencana}$ berdasarkan SNI Persyaratan Perancangan Geoteknik.....	41
Gambar 5. 1 Hubungan t dan U_v	44
Gambar 5. 2 Rangkuman grafik hubungan t dan U_{total}	46
Gambar 5. 3 Stratigrafi nilai LL	47
Gambar 5. 4 Grafik hubungan H_{akhir} vs H_{awal} dan H_{akhir} vs Sc_{total} timbunan kemiringan lereng 1:2.....	50
Gambar 5. 5 Cross section timbunan dengan kemiringan lereng 1:2 hasil perhitungan H_{akhir} vs H_{awal}	50
Gambar 5. 6 Grafik hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ timbunan kemiringan lereng 1:2.....	51
Gambar 5. 7 Bentuk timbunan kemiringan lereng 1:2 dan nilai C_u tanah dasar setelah timbunan mengalami pemampatan.....	53
Gambar 5. 8 Skema analisa stabilitas overall pada X_{STABL} timbunan dengan kemiringan lereng 1:2.....	54
Gambar 5. 9 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:2 metode soil pre-loading dan GESC jarak antarPVD 1,0 m...	55
Gambar 5. 10 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m.....	57
Gambar 5. 11 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m.....	58
Gambar 5. 12 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:2 masing-masing metode.....	58
Gambar 5. 13 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:2 metode soil pre-loading jarak antar PVD 1,0 m.....	66
Gambar 5. 14 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m.....	70
Gambar 5. 15 Pemasangan PVD dan stone column sepanjang potongan timbunan kemiringan lereng 1:2.....	73

Gambar 5. 16 Kedalaman pasang stone column untuk timbunan dengan kemiringan lereng 1:2.....	74
Gambar 5. 17 Grafik hubungan H_{akhir} vs H_{awal} dan H_{akhir} vs Sc_{total} timbunan kemiringan lereng 1:1,5	78
Gambar 5. 18 Cross section timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5 hasil perhitungan H_{akhir} vs H_{awal}	78
Gambar 5. 19 Grafik hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ timbunan kemiringan lereng 1:2	79
Gambar 5. 20 Bentuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 dan nilai C_u tanah dasar setelah timbunan mengalami pemampatan...	81
Gambar 5. 21 Skema analisa stabilitas overall pada XSTABL timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5.....	82
Gambar 5. 22 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode soil pre-loading dan GESC jarak antarPVD 1,0 m	83
Gambar 5. 23 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m.....	85
Gambar 5. 24 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m.....	86
Gambar 5. 25 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1,5 masing-masing metode	86
Gambar 5. 26 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode soil pre-loading jarak antar PVD 1,0 m	94
Gambar 5. 27 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m.....	98
Gambar 5. 28 Pemasangan PVD dan stone column sepanjang potongan timbunan kemiringan lereng 1:1,5	101
Gambar 5. 29 Grafik hubungan H_{akhir} vs H_{awal} dan H_{akhir} vs Sc_{total} timbunan kemiringan lereng 1:1	106
Gambar 5. 30 Cross section timbunan dengan kemiringan lereng 1:1 hasil perhitungan H_{akhir} vs H_{awal}	106

Gambar 5. 31 Grafik hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ timbunan kemiringan lereng 1:1	107
Gambar 5. 32 Bentuk timbunan kemiringan lereng 1:1 dan nilai Cu tanah dasar setelah timbunan mengalami pemampatan.	109
Gambar 5. 33 Skema analisa stabilitas overall pada XSTABL timbunan dengan kemiringan lereng 1:1	110
Gambar 5. 34 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1 metode soil pre-loading dan GESC jarak antarPVD 1,0 m.	111
Gambar 5. 35 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m.....	113
Gambar 5. 36 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m.....	114
Gambar 5. 37 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1 masing-masing metode	114
Gambar 5. 38 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:1 metode soil pre-loading jarak antar PVD 1,0 m	122
Gambar 5. 39 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m	126
Gambar 5. 40 Pemasangan PVD dan stone column sepanjang potongan timbunan kemiringan lereng 1:1	129
Gambar 5. 41 Grafik hubungan H_{akhir} vs H_{awal} dan H_{akhir} vs Sc_{total} timbunan kemiringan lereng tegak.....	134
Gambar 5. 42 Cross section timbunan dengan kemiringan lereng tegak hasil perhitungan H_{akhir} vs H_{awal}	134
Gambar 5. 43 Grafik hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ timbunan kemiringan lereng tegak.....	135
Gambar 5. 44 Bentuk timbunan kemiringan lereng tegak dan nilai Cu tanah dasar setelah timbunan mengalami pemampatan.	137
Gambar 5. 45 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng tegak metode soil pre-loading dan GESC jarak antarPVD 1,0 m	141

Gambar 5. 46 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng tegak metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m ..	143
Gambar 5. 47 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng tegak metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m ..	144
Gambar 5. 48 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng tegak masing-masing metode.....	144
Gambar 5. 49 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng tegak metode soil pre-loading jarak antar PVD 1,0 m	147
Gambar 5. 50 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng tegak metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m.....	151
Gambar 6. 1 Grafik rangkuman total biaya	157

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Taksiran nilai konsistensi tanah dominan lanau dan lempung (Sumber : Mochtar, 2006).....	6
Tabel 2. 2 Taksiran nilai konsistensi tanah kohesif (Sumber : J.E. Bowles, 1984)	6
Tabel 2. 3 Tipe-tipe sistem pompa vakum (Dam, Sandanbata dan Kimura, 2006).....	21
Tabel 4. 1 Nilai e_0 pada data stratigrafi	38
Tabel 4. 2 Rangkuman hasil stratigrafi.....	39
Tabel 4. 3 Beban lalu lintas untuk analisa stabilitas (dpu, 2001) dan beban di luar jalan	40
Tabel 5. 1 Hubungan t dan U_v	44
Tabel 5. 2 Rangkuman perhitungan D (m), n , dan $F(n)$	45
Tabel 5. 3 Rangkuman penentuan tinggi timbunan kemiringan lereng 1:2	49
Tabel 5. 4 Kebutuhan overlay pada timbunan kemiringan lereng 1:2.	51
Tabel 5. 5 Nilai C_u baru pada lapisan tanah dasar akibat beban timbunan dengan kemiringan lereng 1:2.....	52
Tabel 5. 6 Hasil analisa XSTABL timbunan kemiringan lereng 1:2	54
Tabel 5. 7 Rangkuman L_3 timbunan kemiringan lereng 1:2.....	59
Tabel 5. 8 Perhitungan P_{z_1} pada baris urutan ganjal timbunan dengan kemiringan lereng 1:2.....	61
Tabel 5. 9 Perhitungan P_{z_1} pada baris urutan genap timbunan dengan kemiringan lereng 1:2.....	61
Tabel 5. 10 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:2 metode soil pre-loading	67

Tabel 5. 11 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m	68
Tabel 5. 12 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m	72
Tabel 5. 13 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:2 metode GESC jarak antarPVD 1,0 m	75
Tabel 5. 14 Rangkuman penentuan tinggi timbunan kemiringan lereng 1:1,5	77
Tabel 5. 15 Kebutuhan overlay timbunan kemiringan lereng 1:1,5	79
Tabel 5. 16 Nilai Cu baru pada lapisan tanah dasar akibat beban timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5.....	80
Tabel 5. 17 Hasil analisa XSTABL timbunan kemiringan lereng 1:1,5	82
Tabel 5. 18 Rangkuman L_3 timbunan kemiringan lereng 1:1,5..	87
Tabel 5. 19 Perhitungan Pz_i pada baris urutan gasal timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5.....	89
Tabel 5. 20 Perhitungan Pz_i pada baris urutan genap timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5.....	89
Tabel 5. 21 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode soil pre-loading	95
Tabel 5. 22 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m	96
Tabel 5. 23 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m	100
Tabel 5. 24 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode GESC jarak antarPVD 1,0 m	103

Tabel 5. 25 Rangkuman penentuan tinggi timbunan kemiringan lereng 1:1	105
Tabel 5. 26 Kebutuhan overlay timbunan kemiringan lereng 1:1	107
Tabel 5. 27 Nilai Cu baru pada lapisan tanah dasar akibat beban timbunan dengan kemiringan lereng 1:1	108
Tabel 5. 28 Hasil analisa XSTABL timbunan kemiringan lereng 1:1	110
Tabel 5. 29 Rangkuman L_3 timbunan kemiringan lereng 1:1 ...	115
Tabel 5. 30 Perhitungan Pz_i pada baris urutan gasal timbunan dengan kemiringan lereng 1:1	117
Tabel 5. 31 Perhitungan Pz_i pada baris urutan genap timbunan dengan kemiringan lereng 1:1	117
Tabel 5. 32 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1 metode soil pre-loading	123
Tabel 5. 33 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m	124
Tabel 5. 34 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m	128
Tabel 5. 35 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1 metode GESC jarak antarPVD 1,0 m	131
Tabel 5. 36 Rangkuman penentuan tinggi timbunan kemiringan lereng tegak.....	133
Tabel 5. 37 Kebutuhan overlay timbunan kemiringan lereng tegak	135
Tabel 5. 38 Nilai Cu baru pada lapisan tanah dasar akibat beban timbunan dengan kemiringan lereng tegak	136
Tabel 5. 39 Perhitungan S_v geogrid untuk timbunan kemiringan lereng tegak.....	137

Tabel 5. 40 Perhitungan panjang geogrid, L untuk timbunan kemiringan lereng tegak (1/2).....	138
Tabel 5. 41 Perhitungan panjang geogrid, L untuk timbunan kemiringan lereng tegak (2/2).....	138
Tabel 5. 42 Perhitungan beban tanah untuk timbunan kemiringan lereng tegak.....	139
Tabel 5. 43 Perhitungan beban tanah untuk timbunan kemiringan lereng tegak (penyesuaian)	140
Tabel 5. 44 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng tegak metode soil pre-loading.....	148
Tabel 5. 45 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng tegak metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m	149
Tabel 5. 46 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng tegak metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m	153
Tabel 6. 1 Rangkuman Sc dan Hwal pada masing-masing kemiringan lereng	155
Tabel 6. 2 Rangkuman kebutuhan perkuatan geotextile/geogrid pada masing-masing kemiringan lereng	155
Tabel 6. 3 Rangkuman kebutuhan perkuatan geotextile/geogrid pada masing-masing kemiringan lereng	156
Tabel 6. 4 Rangkuman total biaya	156

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kasubdit Pengadaan Lahan Ditjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Herry Marzuki (2016), menyatakan bahwa pada jaringan jalan tol Trans-Jawa, ruas yang memiliki kemajuan tahap pembebasan lahan paling sedikit adalah jalan tol Pemalang-Batang dan jalan tol Batang-Semarang. Sesuai arahan Menteri PUPR, Basuki Hadimuljono, Ditjen Bina Marga akan fokus membebaskan lahan untuk jembatan-jembatan, karena proses pembangunan jembatan membutuhkan waktu yang lama.

Salah satu bagian penting dari sebuah jembatan adalah oprit. Oprit yang juga disebut jalan pendekat jembatan berfungsi menghubungkan konstruksi perkerasan jalan dengan kepala jembatan. Pembebasan lahan untuk jembatan berarti pembebasan lahan untuk oprit jembatan tersebut. Pada beberapa oprit jembatan yang berada di sepanjang jalan tol Batang-Semarang, ditemukan keadaan tanah dasar dan tinggi timbunan tanah di atasnya yang bervariasi. Seperti oprit jembatan lokasi studi kasus yang terletak di antara jembatan *overpass* Nawangsari dan jembatan *overpass* Kali Mati pada STA 414+600 s/d STA 414+725, berupa timbunan tanah dengan ketinggian 8 meter dan dibangun di atas tanah lunak dengan ketebalan mencapai 10 meter yang didominasi lempung (Gambar 1.1 dan Gambar 1.2)

Permasalahan lahan dapat diatasi melalui perencanaan timbunan dengan kemiringan lereng yang lebih curam. Semakin curam lereng timbunan, semakin sedikit kebutuhan luas lahan. Lereng timbunan yang semakin curam, juga mengurangi kebutuhan volume tanah timbunan, tetapi kebutuhan perkuatan timbunan menjadi bertambah.

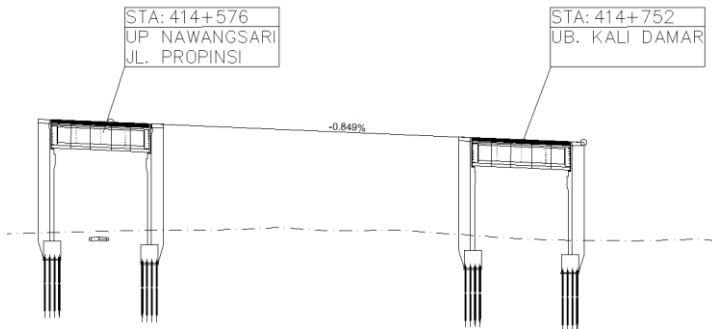
Tanah lempung lunak memiliki daya dukung yang rendah. Jika tanah dasar tidak mampu memikul beban timbunan di atasnya,

dapat terjadi kelongsoran, sehingga perlu dibutuhkan perbaikan tanah yang dapat meningkatkan daya dukung tanah dasar tersebut. Dalam analisa stabilitas, apabila setelah dilakukan perbaikan tanah, timbunan masih belum aman dari terjadinya longsor, maka dibutuhkan perkuatan.

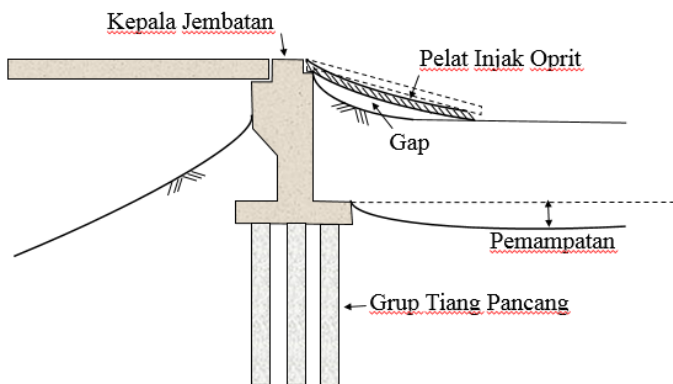
Permasalahan lain yang dapat terjadi pada oprit timbunan yang dibangun di atas tanah lempung lunak adalah terjadinya *bump* di ujung jembatan, yang disebabkan oleh perbedaan besar pemampatan di bawah oprit timbunan dan kepala jembatan. Kepala jembatan dengan pondasi tiang pancang mengalami pemampatan tanah dasar yang kecil dibandingkan dengan pemampatan tanah dasar yang terjadi di bawah oprit timbunan yang langsung membebani tanah dasar (Gambar 1.3). Beberapa metode perbaikan tanah dasar selain dapat meningkatkan daya dukung tanah, juga dapat mempercepat proses pemampatan.



Gambar 1. 1 Lokasi studi kasus jalan tol Batang Semarang Seksi 3 STA 414+600 s/d STA 414+725



Gambar 1. 2 Potongan memanjang lokasi studi kasus jalan tol Batang-Semarang Seksi 3 STA 414+600 s/d STA 414+725



Gambar 1. 3 Bump di ujung jembatan

Dari permasalahan-permasalahan tersebut, pada Tugas Akhir ini penulis membandingkan perencanaan oprit timbunan di lokasi studi kasus, dengan empat (4) alternatif kemiringan lereng, yaitu 1:2 (sesuai perencanaan awal); 1:1,5; 1:1; dan sisi tegak. Untuk masing-masing kemiringan lereng, akan dibandingkan tiga (3) metode perbaikan tanah dasar yaitu *soil pre-loading*, *vacuum pre-loading*, dan *geotextile encased stone columns (GESC)*. Perkuatan yang digunakan pada timbunan yaitu *geotextile*.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan-rumusan masalah di bawah ini digunakan pada masing-masing metode perbaikan tanah pada masing-masing kemiringan lereng:

- 1) Bagaimana keadaan tanah dasar di lokasi studi kasus?
- 2) Berapa besar pemampatan tanah dasar?
- 3) Berapa tinggi awal (H_{awal}) timbunan?
- 4) Berapa kebutuhan perkuatan *geotextile/geogrid* pada metode *soil pre-loading* dan *vacuum pre-loading*?
- 5) Berapa kebutuhan perkuatan pada metode *GESC*?
- 6) Berapa biaya total yang dibutuhkan?
- 7) Alternatif perencanaan mana yang dipilih berdasarkan biaya total paling murah?

1.3 Batasan Masalah

- 1) Data yang digunakan merupakan data sekunder.
- 2) Hanya meninjau biaya material dan biaya pembelian lahan.
- 3) Tidak menghitung perencanaan abutmen.

1.4 Tujuan Penyusunan

Menentukan kemiringan lereng dan metode perbaikan tanah yang membutuhkan biaya paling murah pada oprit *overpass* di lokasi studi kasus jalan tol Batang-Semarang Seksi 3 STA 414+600 s/d STA 414+725.

1.5 Manfaat Penyusunan

Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi solusi perencanaan oprit *overpass* di lokasi studi kasus jalan tol Batang-Semarang Seksi 3 STA 414+600 s/d STA 414+725 pada khususnya dan referensi solusi perencanaan oprit *overpass* di Indonesia.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penentuan Parameter Tanah secara Empiris

Dalam merencanakan suatu pekerjaan tanah dibutuhkan data tanah yang memadai. Tetapi pada beberapa waktu dapat terjadi ketidaklengkapan data tanah, sehingga perlu dilakukan stratigrafi, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Menggambarkan konsistensi tanah di STA lokasi studi kasus serta dua (2) STA di sebelum dan sesudahnya, dengan cara menghubungkan titik-titik tanah yang memiliki karakteristik yang sesuai. Langkah ini bertujuan mengetahui kedalaman tanah lempung yang digunakan dalam perencanaan.
- 2) Membuat grafik nilai parameter tanah dari data-data sekitar, berdasarkan kedalaman dan nilai N-SPT. Kemudian menentukan nilai yang mewakili keseluruhan data berdasarkan metode statistik distribusi.

Nilai yang digunakan untuk mewakili keseluruhan data adalah kuartal tengah/median (Q_2) dari nilai-nilai yang ada, setelah menghilangkan data pencilan/*outlier* (jika ada).

Data pencilan ($X_{pencilan}$):

$$X_{pencilan} \leq B_{dalam}; B_{luar} \geq X_{pencilan} \quad (2-1)$$

dengan:

$$\text{Pagar dalam, } B_{dalam} = Q_1 - L$$

$$\text{Pagar luar, } B_{luar} = Q_3 + L$$

$$L = 1,5 * (Q_3 - Q_1)$$

$$\text{Kuartal bawah, } Q_1 = X_{(n+1)*1/4}$$

$$\text{Kuartal tengah, } Q_2 = X_{(n+1)*2/4}$$

$$\text{Kuartal atas, } Q_3 = X_{(n+1)*3/4}$$

X_i : suku ke- i

- 3) Memeriksa kesesuaian nilai yang telah ditentukan pada langkah (2) terhadap rentangan nilai pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Taksiran nilai konsistensi tanah dominan lanau dan lempung (Sumber : Mochtar, 2006)

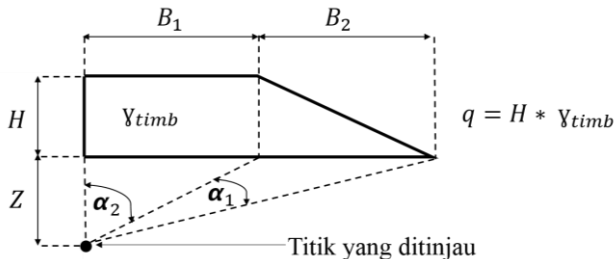
Konsistensi Tanah	N-SPT	Kekuatan Geser Undrained, C_u (ton/m ²)	Tekanan Conus, q_c (Dari Sondir) (ton/m ²)
Sangat Lunak (Very Soft)	0 – 2,5	0 – 1,25	0 – 100
Lunak (Soft)	2,5 – 5	1,25 – 2,5	100 – 200
Menengah (Medium)	5 – 10	2,5 – 5	200 – 400
Kaku (Stiff)	10 – 20	5 – 10	400 – 750
Sangat Kaku (Very Stiff)	20 – 40	10 – 20	750 – 1500
Keras (Hard)	> 40	> 20	>1500

Tabel 2. 2 Taksiran nilai konsistensi tanah kohesif (Sumber : J.E. Bowles, 1984)

Konsistensi Tanah	N-SPT	γ_t (ton/m ³)	q_u (ton/m ²)
Sangat Lunak (Very Soft)	< 4	1,4 – 1,8	< 2,5
Lunak (Soft)	4 – 6	1,6 – 1,8	2,0 – 5,0
Menengah (Medium)	6 – 15	1,6 – 1,8	3,0 – 6,0
Kaku (Stiff)	16 – 25	1,6 – 2,0	4,0 – 20,0
Keras (Hard)	> 25	> 2,0	> 100,0

2.2 Distribusi Tegangan Beban Timbunan pada Tanah Dasar

Perhitungan beban timbunan (Gambar 2.1) dapat menggunakan rumusan Braja Das (1990).



Gambar 2. 1 Rumusan distribusi pembebanan timbunan bentuk trapesium

$$\Delta P = \frac{q}{\pi} * \left[\left\{ \frac{(B_1 + B_2)}{B_2} * (\alpha_1 + \alpha_2) \right\} - \frac{B_1}{B_2} * \alpha_2 \right] \quad (2-2)$$

dengan:

ΔP : besar tegangan pada titik yang ditinjau (ton/m²)

q : beban timbunan = $H_{timb} * \gamma_{timb}$ (ton/m²)

H_{timb} : tinggi timbunan (m)

γ_{timb} : gamma timbunan (ton/m²)

π : 180°

B_1 : ½ lebar timbunan (m)

B_2 : panjang proyeksi horizontal lereng (m)

α_1 : $\arctan^{-1} \left(\frac{B_1}{Z} \right)$ (derajat)

α_2 : $\arctan^{-1} \left(\frac{B_1 + B_2}{Z} \right) - \alpha_1$ (derajat)

2.3 Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar

2.3.1 Perhitungan Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar

Tanah dasar akan memampat sesuai dengan besarnya nilai ΔP . Rumusan untuk memprediksi besar pemampatan (S_c) tergantung pada keadaan (nilai OCR) tanah dasar tersebut, dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Untuk NC soil

$$S_c = \frac{H}{(1+e_0)} * (C_c * \log(\frac{P'_o + \Delta P}{P'_o})) \quad (2-3)$$

- 2) Untuk OC soil, dimana $(P'_o + \Delta P) \leq P'_c$

$$S_c = \frac{H}{(1+e_0)} * (C_s * \log(\frac{P'_o + \Delta P}{P'_o})) \quad (2-4)$$

- 3) Untuk OC soil, dimana $(P'_o + \Delta P) > P'_c$

$$S_c = \frac{H}{(1+e_0)} * [(C_c * \log(\frac{P'_o + \Delta P}{P'_c})) + (C_s * \log(\frac{P'_c}{P'_o}))] \quad (2-5)$$

dengan:

S_c	: pemampatan tanah dasar	(m)
H	: ketebalan tanah dasar	(m)
e_0	: angka pori	
C_c	: indek kompresi tanah	
C_s	: indek mengembang tanah	
P'_o	: tegangan overburden efektif tanah	(ton/m ²)
P'_c	: tegangan prakonsolidasi efektif tanah	(ton/m ²)
ΔP	: tambahan tegangan akibat beban	(ton/m ²)

2.3.2 Waktu Pemampatan Konsolidasi Tanah Dasar

Pemampatan tanah dasar diakibatkan oleh keluarnya air pori dari suatu lapis tanah ke lapisan tanah lain yang lebih *porous* di atas dan/atau bawah lapisan tersebut. Semakin jauh jarak air pori untuk keluar, semakin lama waktu pemampatan. Waktu konsolidasi dapat diasumsikan sebagai berikut:

$$t = \frac{T_v * (H_{dr})^2}{C_v} \Leftrightarrow T_v = \frac{t * C_v}{(H_{dr})^2} \quad (2-6)$$

dengan:

- t : waktu konsolidasi (minggu)
 T_v : faktor waktu
 H_{dr} : jarak terjauh air pori keluar ke lapisan lebih *porous* (m)
 C_v : koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal (m²/minggu)

$$U_v = 2 * \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \Leftrightarrow T_v = \frac{\pi}{4} * U_v^2 \quad (2-7)$$

Berdasarkan persamaan (2-6) dan persamaan (2-7), hubungan t dan U_v adalah sebagai berikut:

$$t = \frac{\pi}{4} * U_v^2 * \frac{(H_{dr})^2}{C_v} \quad (2-8)$$

Untuk tanah berlapis-lapis dengan nilai C_v dan ketebalan yang berbeda-beda, nilai C_v gabungan dapat dicari dengan rumusan sebagai berikut:

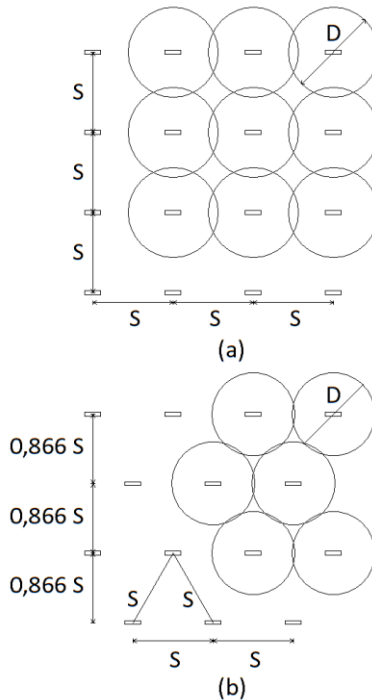
$$C_{v_{gab}} = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left(\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}}\right)^2} = \frac{(H_{dr})^2}{\left(\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}}\right)^2} \quad (2-9)$$

dengan:

- H_i : ketebalan tiap lapisan tanah lunak (m)

2.3.3 *Pre-fabricated Vertical Drain (PVD)*

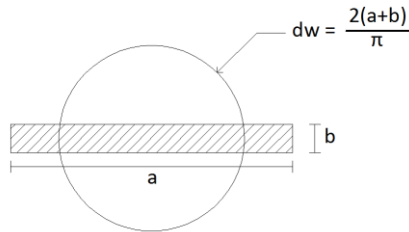
Pre-fabricated vertical drain memiliki prinsip kerja seperti sistem drainase vertikal pada umumnya yaitu memperpendek H_{dr} sehingga dapat mempercepat waktu pemampatan tanah dasar.



Gambar 2. 2 Pola susunan pemasangan vertical drain (a) bujur sangkar; (b) segitiga

Keterangan Gambar 2.2:

- S : jarak pemasangan antarPVD (m)
 D : diameter ekuivalen pengaruh PVD pada tanah (m)
 $= 1,13 * S$; untuk pola pemasangan bujur sangkar
 $= 1,05 * S$; untuk pola pemasangan segitiga



Gambar 2. 3 Diameter ekivalen PVD

Keterangan Gambar 2.3:

- a : lebar PVD (m)
 b : tebal PVD (m)
 dw : diameter ekivalen PVD (m)
 $= 2 * (a + b) / \pi$

Penggunaan PVD menyebabkan air pori mengalir secara vertikal dan horisontal. Perhitungan derajat konsolidasi arah vertikal, U_v menggunakan persamaan (2-6) dan persamaan (2-7). Derajat konsolidasi arah horisontal dan derajat konsolidasi total:

$$U_h = 1 - \left[\frac{1}{e^{\frac{t * 8 * C_h}{2 * F(n) * D^2}}} \right] \quad (2-10)$$

- Ch : koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah horisontal (m²/minggu)
 $= 2 \text{ s/d } 5 * C_v$

F(n) : faktor tahanan akibat jarak antarPVD

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

n : perbandingan diameter ekivalen pengaruh PVD pada tanah terhadap diameter ekivalen PVD

$$= D / dw$$

$$U_{total} = 1 - (1 - U_v) * (1 - U_h) \quad (2-11)$$

2.4 Perencanaan Timbunan

2.4.1 Penentuan Tinggi Timbunan dengan *Soil Pre-loading*

Pada pembangunan suatu ruas jalan yang menggunakan timbunan, perlu diperhatikan bahwa belum terdapat beban lalu lintas. Pavement juga baru dipasang saat tanah dasar telah mengalami pemampatan. Beban-beban tersebut menyebabkan tanah dasar mengalami pemampatan. Elevasi rencana permukaan jalan tidak akan terpenuhi apabila tidak diantisipasi dengan cara menyediakan tinggi timbunan di lapangan yang melebihi tinggi timbunan rencana. Tinggi timbunan yang perlu ditimbun di lapangan disebut tinggi awal, H_{awal} , sedangkan tinggi timbunan setelah terjadi pemampatan akibat beban timbunan dan pemampatan akibat beban selain timbunan (pavement dan lalu lintas) disebut tinggi akhir, H_{akhir} . Langkah-langkah perhitungan sebagai berikut:

- 1) Menentukan asumsi tinggi timbunan setelah terjadi pemampatan, H_{timb} .
- 2) Menghitung Sc_{timb} berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Tinggi beban timbunan sebesar H_{timb} .
- 3) Menghitung H_{awal} dengan rumus sebagai berikut:

$$H_{awal} = H_{timb} + \frac{Sc_{timb} * (Y_{timb} + Y_{air} - Y_{sat-timb})}{Y_{timb}} \quad (2-12)$$

Jika $Y_{timb} = Y_{sat-timb}$ maka persamaan (2-14) dapat disederhanakan menjadi:

$$H_{awal} = H_{timb} + \frac{Sc_{timb} * Y_{air}}{Y_{timb}} \quad (2-13)$$

- 4) Menghitung nilai parameter tanah setelah terjadi pemampatan, perhitungan sebagai berikut:

$$e_1 = e_0 - \Delta e \quad (2-14)$$

$$\Delta e = \frac{Sc}{H_{tanah}} * (1 + e_0) \quad (2-15)$$

$$Y_{baru} = Y_{lama} * \frac{(1 + e_0)}{(1 + e_1)} \quad (2-16)$$

- 5) Menghitung $Sc_{preloading}$ berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Nilai parameter tanah berubah sesuai penjelasan pada langkah (4). Tinggi beban timbunan sebesar $H_{preloading}$. $H_{preloading}$ merupakan tinggi beban timbunan setara beban pavement dan beban lalu lintas.

$$H_{preloading} = \frac{(H_{pavement} * \gamma_{pavement}) + q_{lalin}}{\gamma_{timb}} \quad (2-17)$$

dengan:

$H_{pavement}$: tinggi/ketebalan pavement	(m)
$\gamma_{pavement}$: gamma pavement	(ton/m ³)
q_{lalin}	: beban lalu lintas	(ton/m ²)
γ_{timb}	: gamma timbunan	(ton/m ³)

- 6) Menghitung Sc_{total} dengan rumus sebagai berikut:

$$Sc_{total} = Sc_{timb} + Sc_{preloading} \quad (2-18)$$

- 7) Menghitung H_{akhir} dengan rumus sebagai berikut:

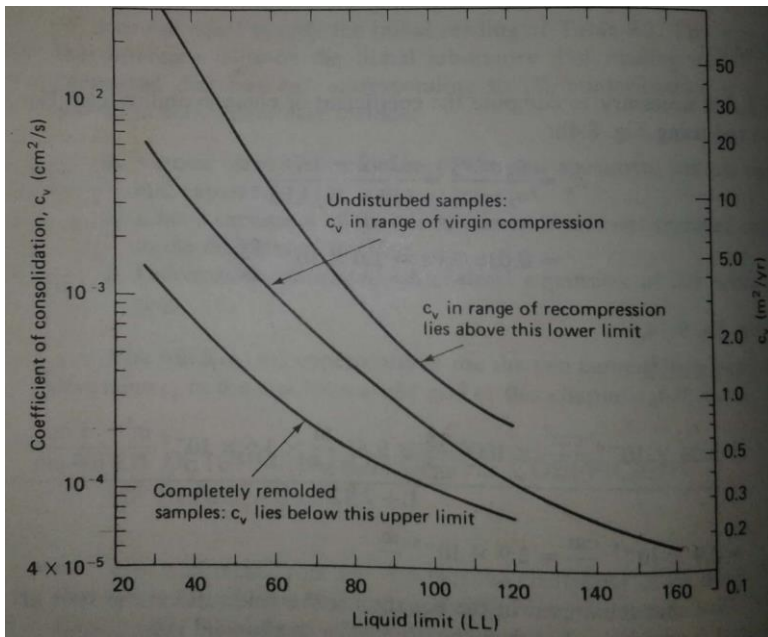
$$H_{akhir} = H_{awal} - Sc_{total} \quad (2-19)$$

- 8) Mengulang semua langkah di atas pada beberapa permisalan H_{timb} yang berbeda sehingga didapatkan *output* berupa grafik hubungan H_{akhir} vs H_{awal} dan H_{akhir} vs Sc_{total} .

2.4.2 Perhitungan Kebutuhan *Overlay*

Permukaan jalan akan dilapisi ulang (*overlay*) apabila telah terjadi penurunan sebesar 15 cm. Penurunan tersebut merupakan persentase pemampatan (T_v : faktor waktu) akibat beban pavement dan lalu lintas ($Sc_{preloading}$ pada Subbab 2.4.1) pada tiap tahun setelah proses konstruksi, yang dihitung berdasarkan persamaan (2-6), (2-7), dan (2-8).

Nilai C_v yang digunakan adalah nilai terkecil dari nilai C_v tanah atau nilai C_v pada korelasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Grafik hubungan nilai LL dan C_v

2.4.3 Peningkatan Daya Dukung Tanah

Setelah mengalami pemampatan konsolidasi, tanah dasar menjadi lebih padat, sehingga daya dukung tanah dasar bertambah akibat peningkatan nilai C_u (*undrained shear strength*). Nilai C_u dihitung tiap lapisan tipis tanah dasar (digunakan ketebalan 1 meter), dengan titik yang ditinjau berada di tengah lapisan. Menurut Ardana dan Mochtar (1999):

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

$$C_u = 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 * PI) * P_{baru}' \quad (2-20)$$

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

$$C_u = 0,0737 + (0,0454 - 0,00004 * PI) * P_{baru}' \quad (2-21)$$

dengan:

$$P_{baru}' = \sum_{i=1}^n (\Delta P_{U_i})$$

$$\Delta P_{U_i} = \left[\left(\frac{P_i'}{P_o'} \right)^{U_i} * P_o' \right] - P_o' \quad (2-22)$$

ΔP_{U_i} : penambahan tegangan sebesar P_i' , dengan derajat konsolidasi sebesar U_i , pada saat waktu $t = t_i$ (ton/m²)

$$P_i' = P_o' + \Delta P$$

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

ΔP : tambahan tegangan akibat beban timbunan di atas tanah dasar (ton/m²)

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

2.4.4 Perhitungan Penimbunan Bertahap

Tanah lempung lunak yang diperkirakan tidak sanggup menerima beban timbunan, dalam proses konstruksi mengalami peningkatan daya dukung akibat pemampatan konsolidasi yang terjadi (dijelaskan pada Subbab 2.4.2). Perhitungan timbunan bertahap bertujuan untuk menganalisa seberapa besar peningkatan daya dukung tersebut menambah kemampuan tanah untuk dapat memikul beban timbunan tanpa membutuhkan perkuatan.

Pengerjaan timbunan di lapangan dilakukan secara bertahap, dengan tiap tahap memiliki ketebalan (H_{lapisan}) sebesar 0,5 atau 0,6 meter tergantung perencanaan. Tiap tahap dibatasi tidak terlalu tebal, agar mendapatkan hasil pemadatan yang baik. Jumlah tahapan penimbunan, $n_{\text{lapisan}} = \frac{H_{\text{awal}}}{H_{\text{lapisan}}}$.

Pada persamaan (2-19), terlihat bahwa peningkatan daya dukung berbanding lurus dengan derajat konsolidasi tanah dasar (U_i). Karena nilai U_i bertambah seiring waktu, maka dengan $\Delta\sigma$ yang sama, nilai ΔP_{U_i} akan mengalami peningkatan jika tahapan penimbunan berikutnya ditunda lebih lama. Tetapi penundaan penimbunan tersebut tetap harus memperhatikan batas waktu konstruksi. Jika pada batas waktu konstruksi, peningkatan daya dukung tanah dasar dari penundaan penimbunan belum memenuhi kebutuhan nilai SF yang disyaratkan, maka dibutuhkan perkuatan pada timbunan.

2.4.5 Analisa Stabilitas Timbunan

Dalam merencanakan suatu timbunan, hal pertama yang perlu diketahui adalah stabilitas dari timbunan tersebut. Untuk itu perencana perlu menghitung tegangan geser (*shear stress*) dan kuat geser tanah (*shear strength*) yang berada di sepanjang bidang longsor terkritik. Apabila *shear strength* lebih besar daripada *shear stress*, maka kondisi lereng stabil (tidak longsor).

Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan program bantu analisa stabilitas timbunan. Dengan program bantu tersebut dapat diperoleh, momen pendorong (M_d), momen perlawanan (M_r), faktor keselamatan terhadap kelongsoran (SF), serta koordinat bidang longsor dan pusat kelengkungan bidang longsor. Data-data tersebut kemudian digunakan dalam perhitungan perbaikan tanah dan perkuatan timbunan.

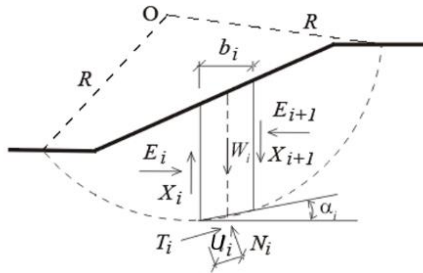
Pada Tugas Akhir ini, dilakukan analisa stabilitas *bearing* (ambles) dan *overall*. Analisa *overall* timbunan dilakukan menggunakan metode keseimbangan batas (*limit equilibrium method*). Metode kesetimbangan batas menyelidiki keseimbangan massa tanah yang cenderung meluncur turun di bawah pengaruh gravitasi. Pergerakan transisi atau rotasi dianggap pada permukaan gelincir potensial yang diasumsikan atau diketahui di bawah massa tanah atau batuan. Semua metode ini didasarkan pada perbandingan kekuatan, momen, atau tekanan yang menahan pergerakan massa dengan yang dapat menyebabkan gerakan tidak stabil (kekuatan yang mendorong). *Output* dari analisis ini adalah faktor keselamatan, yang didefinisikan sebagai rasio kekuatan geser (atau, alternatifnya, ukuran ekuivalen dari ketahanan geser atau kapasitas) terhadap tegangan geser (atau ukuran ekuivalen lainnya) yang diperlukan untuk ekuilibrium. Jika nilai faktor keselamatan kurang dari 1,0 maka timbunan tidak stabil.

Semua metode keseimbangan (Gambar 2.5) batas mengasumsikan bahwa kekuatan geser material sepanjang

permukaan kegagalan potensial diatur oleh hubungan linier (Mohr-Coulomb) atau non linier antara kekuatan geser dan tegangan normal pada permukaan kegagalan. Variasi yang paling umum digunakan adalah teori Terzaghi tentang kekuatan geser yang menyatakan bahwa

$\tau = c' + P' * \tan(\Phi')$; dimana τ adalah kekuatan geser antarmuka; $P' = P - u$ adalah tegangan efektif, P adalah tegangan total normal pada antarmuka dan u adalah tekanan air pori pada antarmuka; Φ' adalah sudut gesekan efektif; dan c' adalah kohesi efektif.

Lokasi antarmuka biasanya tidak diketahui namun dapat ditemukan dengan menggunakan metode pengoptimalan numerik. Misalnya, desain kemiringan fungsional mempertimbangkan permukaan gelincir kritis untuk menjadi lokasi di mana yang memiliki nilai faktor keselamatan terendah dari berbagai permukaan yang mungkin. Berbagai macam perangkat lunak stabilitas lereng menggunakan konsep keseimbangan batas dengan penentuan permukaan gelincir kritis secara otomatis.



Gambar 2. 5 Ilustrasi metode keseimbangan batas irisan

Nilai faktor keselamatan (FS) dirumuskan:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c' * b_i + (W_i * \cos^2 \alpha_i - U_i * b_i)] \frac{1}{\cos \alpha_i}}{\sum_{i=1}^n (W_i * \sin \alpha_i)} \quad (2-23)$$

Selain stabilitas *overall*, timbunan juga perlu dilakukan analisa stabilitas *bearing* (Gambar 2.6), yang dijelaskan sebagai berikut:

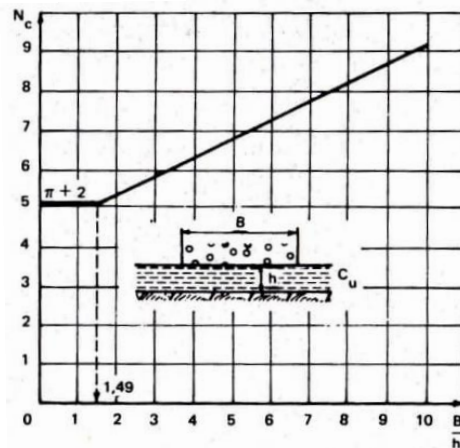
$$H_{bearing} = \frac{Cu * Nc}{\gamma_{timb} * SF} \quad \Leftrightarrow \quad SF_{bearing} = \frac{Cu * Nc}{\gamma_{timb} * H_{timb}} \quad (2-24)$$

$H_{bearing}$: tinggi aman maksimum timbunan (m)

Cu : *undrained shear strength* (ton/m²)

Nc : faktor angkat (Gambar 2.5)
 $= 5,14 + 0,5 * (B_{timb} / H_{lempung} - 1,49)$

SF : faktor keselamatan

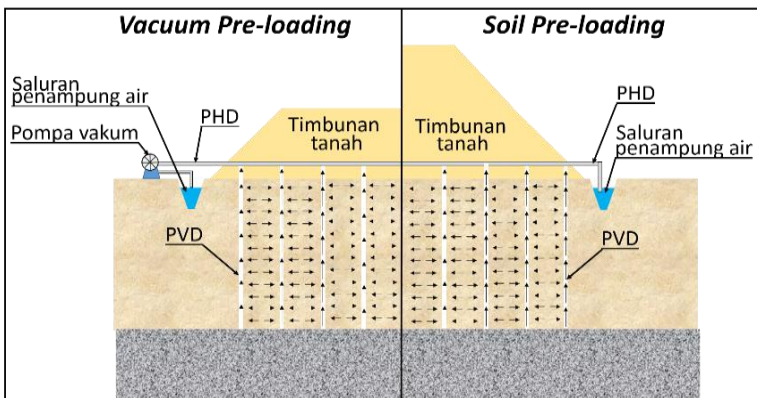


Gambar 2. 6 Grafik nilai Nc untuk tanah lempung, $\Phi = 0^\circ$
(Mandel dan Salencon, 1969)

2.5 *Vacuum Pre-loading*

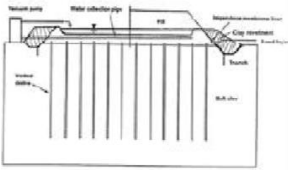


Metode *vacuum pre-loading* merupakan pengembangan dari metode *soil pre-loading*. Alih-alih meningkatkan tegangan efektif tanah dasar melalui beban timbunan tanah, metode *vacuum pre-loading* melakukan *pre-loading* dengan mengurangi tegangan air pori (PT. Teknindo Geosistem Unggul, 2015). Hal tersebut dilakukan dengan menghubungkan *pre-fabricated vertical drain* (PVD) yang telah dipasang di dalam tanah dengan suatu pompa. Kekuatan pompa setara ± 4 m tanah timbunan itulah yang dapat menggantikan sebagian/seluruh timbunan tanah yang dibutuhkan untuk melakukan *pre-loading*, sehingga penggunaan metode *vacuum pre-loading* dapat mengurangi permasalahan kestabilan timbunan dan mempercepat proses penimbunan. Dalam perencanaan metode *vacuum pre-loading* perlu dipertimbangkan pula biaya pengadaan dan operasional pompa.

Setelah pemampatan terjadi sebesar yang direncanakan, tanah dasar mengalami peningkatan daya dukung. Kemudian penimbunan tanah setinggi yang direncanakan dapat dilakukan secara cepat. Perbandingan metode *soil pre-loading* dan *vacuum pre-loading* ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Perbandingan *vacuum pre-loading* dan *soil pre-loading*

Tabel 2. 3 Tipe-tipe sistem pompa vakum (Dam, Sandanbata dan Kimura, 2006)

<i>System type</i>	<i>Image</i>	<i>Spesification</i>
<i>Chinese</i>		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Generated vacuum power > 90 kPa</i> • <i>Φ48 jet pump + 3HA-9 centrifugal water</i> • <i>Power 7.5 kW</i> • <i>Treatment area of 1,000-1,500 m²</i>
<i>Menard MS5</i>		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Generated vacuum power 80 kPa</i> • <i>Menard MS25 type</i> • <i>Power 25 kW</i> • <i>Treatment area of 5,000-7,000 m²</i>
<i>Japanese</i>		<ul style="list-style-type: none"> • <i>Generated vacuum power 90 kPa</i> • <i>Treatment area of 2,000-3,000 m²</i>

Kekuatan pompa yang menjadi beban *pre-loading* konstan pada semua kedalaman. Besar kekuatan pompa dihitung sebagai berikut:

$$\Delta P_{pompa} = 1 \text{ atm lokal} * \text{efektifitas} \quad (2-25)$$

$$1 \text{ atm lokal} = 1 \text{ atm pada } 0 \text{ mdpl} - \rho_{udara} * g * h_{lokasi} \quad (2-26)$$

$$H_{pompa} = \Delta P_{pompa} / \gamma_{timb} \quad (2-27)$$

dengan:

$$1 \text{ atm pada } 0 \text{ mdpl} = 101,325 \text{ kPa} = 101325 \text{ Pa}$$

$$\rho_{udara} = 1,23 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/dtk}^2$$

$$\text{efektifitas} = 80\%$$

$$H_{pompa} = \text{tinggi beban timbunan setara } \Delta P_{pompa}$$

2.6 Perkuatan *Geotextile* pada Timbunan

Perkuatan digunakan ketika suatu timbunan yang dibangun di atas tanah dasar belum memenuhi nilai kestabilan SF yang disyaratkan. Perkuatan dapat digunakan dengan/tanpa melakukan perbaikan tanah sebelumnya. Tetapi untuk mengatasi permasalahan-permasalahan pada tanah dasar dan untuk memperkecil biaya perkuatan geoteknik, sebaiknya terlebih dahulu dilakukan perbaikan tanah. Jika dari perbaikan tanah tersebut nilai SF yang disyaratkan telah terpenuhi, maka tidak diperlukan perkuatan. Dalam Tugas Akhir ini, perkuatan yang digunakan adalah perkuatan *geotextile* yang dipasang di timbunan.

Perhitungan kebutuhan *geotextile* dilakukan setelah analisa stabilitas timbunan melalui program bantu. Dari program bantu didapatkan nilai SF_{min} , Mr_{min} , dan koordinat-koordinat pada bidang longsor. Kebutuhan *geotextile* (ΔMr) merupakan perbedaan $Mr_{rencana}$ dengan Mr_{min} .

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

$$Mr_{rencana} = \frac{SF_{rencana}}{SF_{min}} * Mr_{min}$$

$$\sum_{i=1}^n M_{geotextile_i} \geq \Delta Mr \quad (2-28)$$

$$M_{geotextile} = T_{allow} * T_i$$

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{id} * FS_{cr} * FS_{cd} * FS_{bd}} \quad (2-29)$$

dengan:

T	: kekuatan tarik maksimum <i>geotextile</i>	(ton/m)
FS _{id}	: FS akibat kerusakan pemasangan	= 1,1 s/d 2,0
FS _{cr}	: FS akibat rangkai	= 2,0 s/d 3,0
FS _{cd}	: FS akibat bahan kimia	= 1,1 s/d 1,5
FS _{bd}	: FS aktifitas biologi dalam tanah	= 1,1 s/d 1,3
T _i	: jarak vertikal antara <i>geotextile</i> dengan titik pusat bidang longsor	(m)

Kebutuhan panjang *geotextile* (Gambar 2.8) :

- 1) L_d : panjang *geotextile* di depan bidang longsor

L_d didapatkan dari *output* program bantu

- 2) L_e : panjang *geotextile* di belakang bidang longsor

$$= \frac{T_{allow} * SF_{rencana}}{(\tau_{atas} + \tau_{bawah}) * E} \geq 1 \text{ m}$$

Dengan :

τ_{atas} : tegangan geser di atas *geotextile* (ton/m²)

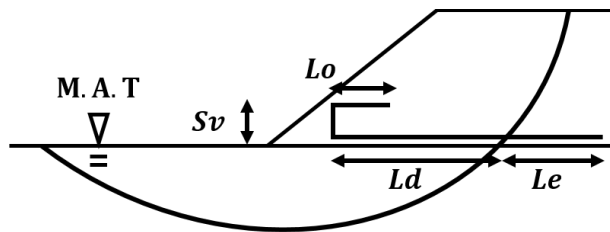
τ_{bawah} : tegangan geser di bawah *geotextile* (ton/m²)

$$\tau_i = C_{u_i} + \sigma_{v_i} * \tan \Phi_i$$

- 3) L_o : panjang lipatan *geotextile*

$$= L_e / 2 \geq 1 \text{ m}$$

- 4) S_v : tinggi lipatan *geotextile*

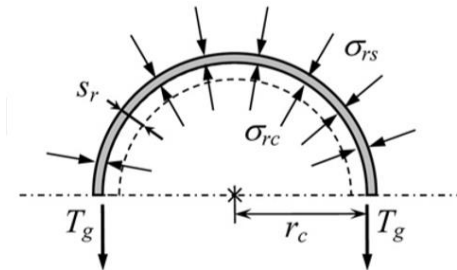


Gambar 2. 8 Kebutuhan panjang *geotextile*

2.7 Geotextile Encased Stone Columns (GESC)

Stone column adalah salah satu metode perbaikan tanah paling umum untuk pondasi timbunan atau struktur-struktur yang dibangun di atas tanah lunak. Merupakan kolom-kolom yang dibuat di dalam tanah, kemudian diisi kerikil dari atas, dan dipadatkan menggunakan *vibrator*. Tidak seperti metode perbaikan tanah lain, *stone column* dianggap tidak mempengaruhi sifat-sifat tanah di sekitarnya secara signifikan. Keunggulan metode ini yaitu: peningkatan daya dukung, percepatan konsolidasi, peningkatan stabilitas timbunan, penurunan besar pemampatan baik total maupun *differential*, penurunan potensi likuifaksi.

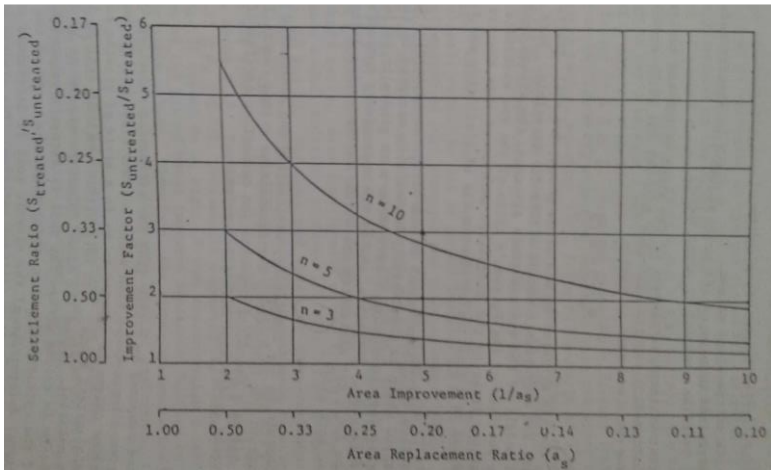
Kapasitas vertikal *stone column* tergantung pada pengurangan lateral yang disediakan oleh tanah di sekitarnya. Tekanan horisontal pasif dari tanah lunak sering kali tidak mencukupi kebutuhan pengurangan lateral yang dibutuhkan *stone column*. Penggunaan *geotextile* yang memiliki kekuatan tarik yang tinggi sebagai selubung dapat mengatasi permasalahan tersebut (Gambar 2.9). Selain fungsi pengurangan lateral, *geotextile* juga bertindak sebagai penyaring antara pasir dan lempung. Fungsi penyaringan memastikan sistem drainase yang efektif dan menghindari kontaminasi pasir oleh butiran-butiran halus.



Gambar 2. 9 Ilustrasi tegangan pada geotextile encased stone columns (Castro dan Sagaseta, 2010)

2.7.1 Perhitungan Besar Pemampatan

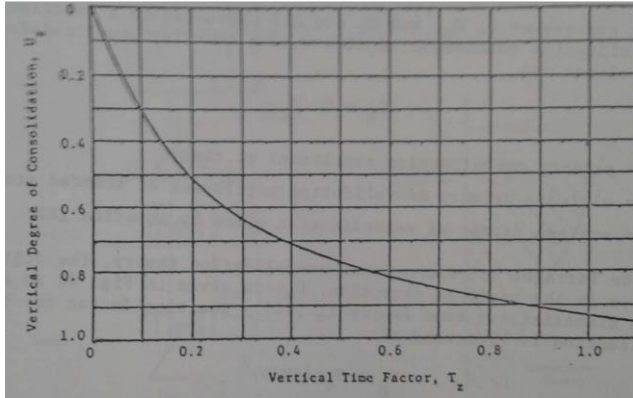
Perhitungan besar pemampatan seperti pada metode *soil pre-loading*, tetapi ΔP_{total} dikalikan dengan μ_{clay} . Kemudian diperiksa menggunakan grafik hubungan yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.



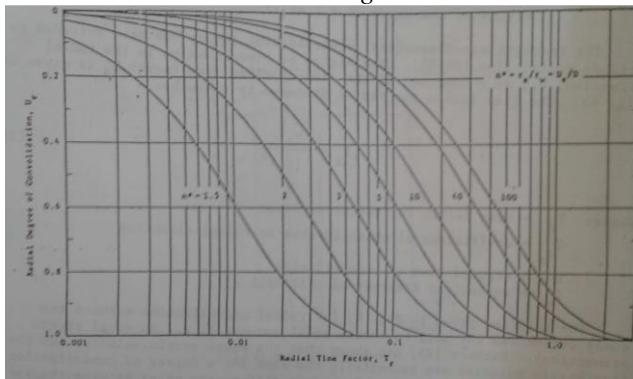
Gambar 2. 10 Grafik pengaruh maksimum nilai n terhadap besar pemampatan pada metode stone column

2.7.2 Perhitungan Derajat Konsolidasi

Perhitungan derajat konsolidasi vertikal (U_v) dan horizontal (U_h) menggunakan grafik hubungan yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 dan Gambar 2.12. Utotall dihitung berdasarkan persamaan (2-11).



Gambar 2. 11 Hubungan T_v dan U_v



Gambar 2. 12 Hubungan T_h dan U_h

$$T_v = C_v * t / H_{dr}^2 \quad (2-30)$$

$$T_h = C_h * t / De^2 \quad (2-31)$$

2.7.3 Perhitungan *Stone Column* sebagai Perkuatan

Perhitungan *stone column* sebagai perkuatan sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n M_z = P_{zi} * R \quad (2-32)$$

dengan:

$$R = \text{jari-jari kelongsoran} \quad (\text{m})$$

$$P_{zi} = \tau_z * A / \cos(\beta) \quad (\text{kN})$$

$$A_{\text{stone}} = \pi/4 * D^2 \quad (\text{m}^2)$$

$$\tau_z = \sigma_N * \tan(\Phi_{\text{stone}}) + C_{\text{stone}} \quad (\text{kPa})$$

$$\sigma_N = \sigma_{\text{total}} * \cos^2(\beta) \quad (\text{kPa})$$

$$\sigma_{\text{total}} = \sigma_{\text{timb}} + \sigma_{\text{stone}} \quad (\text{kPa})$$

$$\sigma_{\text{timb}} = \mu_{\text{stone}} * \gamma_{\text{timb}} * H_{\text{timb}} \quad (\text{kPa})$$

$$\sigma_{\text{stone}} = \gamma'_s * Z_{\text{stone}} \quad (\text{kPa})$$

$$\sigma_3 = (\gamma_{\text{timb}} * B * \tan(\beta) / 2) + (2 * C_{\text{clay}}) \quad (\text{kPa})$$

β : sudut geder pada masing-masing *stone column* terhadap bidang longsor (derajat)

$$\mu_{\text{stone}} = n / (1 + (n-1) * a_{\text{stone}})$$

$$\mu_{\text{clay}} = 1 / (1 + (n-1) * a_{\text{stone}})$$

$$n = \sigma_{\text{stone}} / \sigma_{\text{clay}}$$

$$n : 4 \text{ s/d } 5$$

$$a_{\text{stone}} = A_{\text{stone}} / A_{\text{total}} = C_1 * (D / S)^2$$

$$a_{\text{clay}} = 1 - a_{\text{stone}}$$

$$D : \text{diameter stone column} \quad (\text{m})$$

$$S : \text{jarak antarstone column} \quad (\text{m})$$

$$De = 1,05 * S; \text{ untuk pola pemasangan segitiga} \quad (\text{m})$$

$$De = 1,13 * S; \text{ untuk pola pemasangan segiempat} \quad (\text{m})$$

$$C_{\text{komp}} = a_{\text{clay}} * C_{\text{clay}} + a_{\text{stone}} * C_{\text{stone}} \quad (\text{kPa})$$

$$Q_{\text{ult}} = \sigma_3 * \tan^2(\beta) + 2 * C_{\text{komp}} * \tan(\beta) \quad (\text{kPa})$$

$$SF = Q_{\text{ult}} / P_{\text{stone}}$$

$$SF : 1,5 \text{ s/d } 2,5$$

2.7.4 Perhitungan *Geotextile* sebagai Selubung (*Case*) *Stone Column*

Perhitungan *geotextile* sebagai selubung (*case*) *stone column* merupakan perhitungan kuat tarik *geotextile* yang dibutuhkan untuk membantu tanah di sekitar *stone column* menahan beban (Gambar 2.9). Perhitungan dijelaskan sebagai berikut:

$$Fr = \Delta\sigma_h * \tan(\delta) * K_o * FS_{selubung} \quad (2-33)$$

Dengan:

Fr : kuat tarik *geotextile* yang dibutuhkan untuk menahan *stone column* (kN/m)

$\Delta\sigma_h$: selisih tekanan horisontal pada *stone column* (kN/m²)
 $= \sigma_{h,a,stone} - \sigma_{h,p,clay}$

δ : sudut geser *stone column* (derajat)

K_o : keliling *stone column* (m)
 $= \pi * D$

FS_{case} : faktor keselamatan selubung *stone column*
 $= 3$

$\sigma_{h,a,stone} = \sigma_v * \mu_{stone} * K_{a,stone}$ (kN/m²)

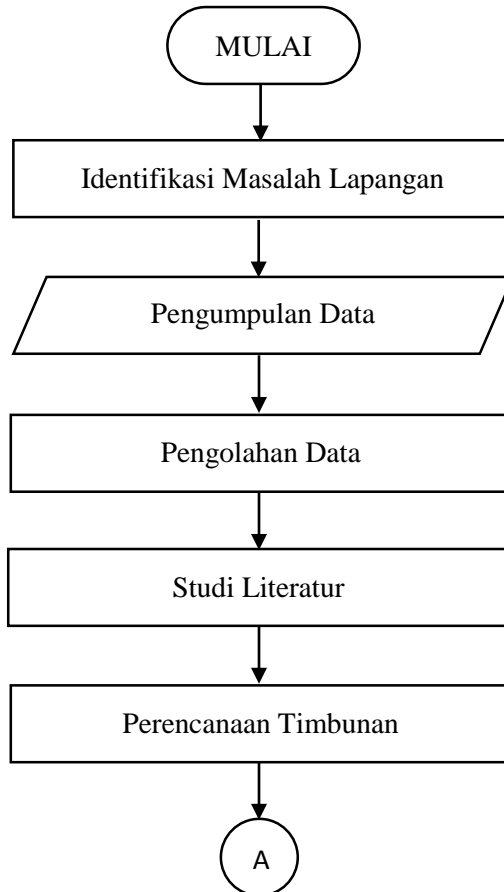
$\sigma_{h,p,clay} = \sigma_v * \mu_{clay} * K_{p,clay}$ (kN/m²)

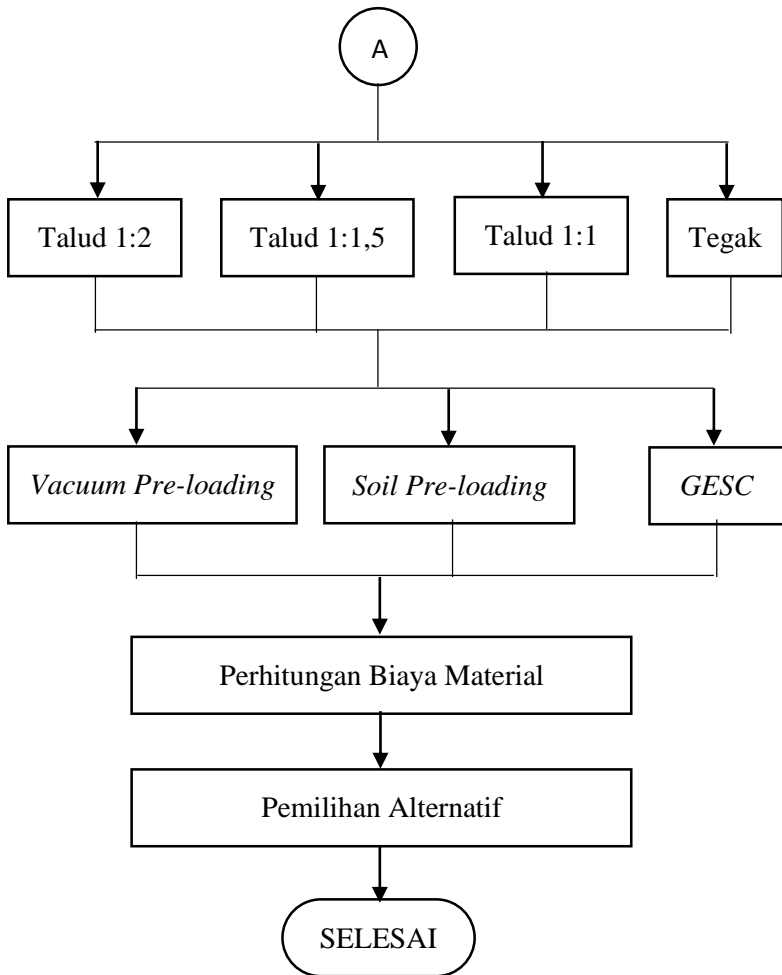
$\sigma_v = \gamma_{timb} * H_{timb}$ (kN/m²)

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

Langkah-langkah dalam penyusunan Tugas Akhir ini disajikan pada diagram alir berikut:





3.2 Penjelasan Diagram Alir

1) Identifikasi masalah lapangan

Menemukan masalah pembebasan lahan di jalan tol Batang-Semarang. Dari permasalahan tersebut muncul gagasan untuk membandingkan perencanaan timbunan pada empat (4) kemiringan lereng.

2) Pengumpulan data

Data yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data sekunder yang diperoleh dari PT. Waskita Karya meliputi data borelog tanah dasar, gambar layout, dan gambar *cross section* jalan tol Batang-Semarang Seksi 3.

3) Pengolahan data

Data tanah dasar yang diperoleh hanya berisikan deskripsi tanah dan nilai N SPT, sehingga perlu dilakukan stratigrafi seperti dijelaskan pada Subbab 2.1. Data yang digunakan untuk stratigrafi adalah data borelog dan hasil tes laboratorium jalan tol Pejagan-Pemalang Seksi yang diperoleh dari PT. Teknindo Geosistem Unggul.

4) Studi literatur

Dari hasil pengolahan data lapangan diketahui bahwa pada lokasi studi kasus, tanah lempung lunak terdapat pada kedalaman 0-10 m. Berdasarkan studi literatur yang dilakukan, terdapat beberapa metode perbaikan tanah yang sesuai dengan keadaan tersebut. Pada Tugas Akhir ini digunakan tiga diantaranya, yaitu *soil pre-loading*, *vacuum pre-loading* dan *geotextile encased stone columns (GESC)*.

Mencari referensi-referensi yang berkaitan dengan pengaplikasian ketiga metode perbaikan tanah tersebut.

5) **Perencanaan timbunan**

Timbunan direncanakan memiliki kemiringan lereng 1:2 (sesuai perencanaan awal); 1:1,5; 1:1; dan bersisi tegak. Pada masing-masing kemiringan lereng, dilakukan perhitungan seperti dijelaskan pada Subbab 2..

6) **Perhitungan metode perbaikan tanah dasar *soil pre-loading***

Pada masing-masing kemiringan lereng, dilakukan perhitungan:

- a. jarak, pola pemasangan, dan volume PVD yang digunakan,
- b. peningkatan daya dukung tanah dasar,
- c. kebutuhan luas lahan dan volume tanah timbunan,
- d. kebutuhan *geotextile* sebagai perkuatan timbunan.

7) **Perhitungan metode perbaikan tanah dasar *vacuum pre-loading***

Pada masing-masing kemiringan lereng, dilakukan perhitungan:

- a. jarak, pola pemasangan, dan volume PVD yang digunakan,
- b. peningkatan daya dukung tanah dasar,
- c. kebutuhan luas lahan dan volume tanah timbunan,
- d. kebutuhan *geotextile* sebagai perkuatan timbunan.

8) Perhitungan metode perbaikan tanah dasar *geotextile encased stone columns* (GESC)

Pada masing-masing kemiringan lereng, dilakukan perhitungan:

- a. jarak, pola pemasangan, dan volume *stone column* yang digunakan,
- b. distribusi pembebanan antara *stone column* dan tanah dasar,
- c. kebutuhan *geotextile* sebagai *case* (selubung) *stone column*,
- d. kebutuhan luas lahan dan volume tanah timbunan,
- e. kebutuhan *geotextile* sebagai perkuatan timbunan.

9) Perhitungan biaya kebutuhan material metode perbaikan tanah dasar

Pada masing-masing alternatif perencanaan, dilakukan perhitungan biaya material yang digunakan dalam metode perbaikan tanah. Harga-harga material didapatkan melalui pencarian data sekunder. Volume material dihitung pada bab-bab selanjutnya.

10) Pemilihan alternatif dengan biaya termurah

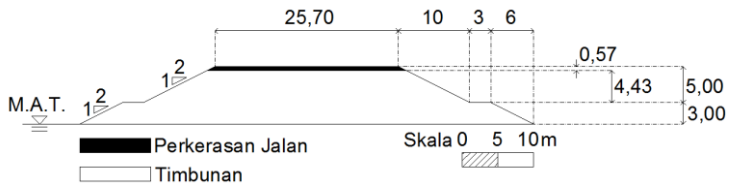
Dari biaya kebutuhan akumulasi keempat alternatif perencanaan, dipilih 1 (satu) alternatif perencanaan dengan biaya termurah.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1 Data Timbunan

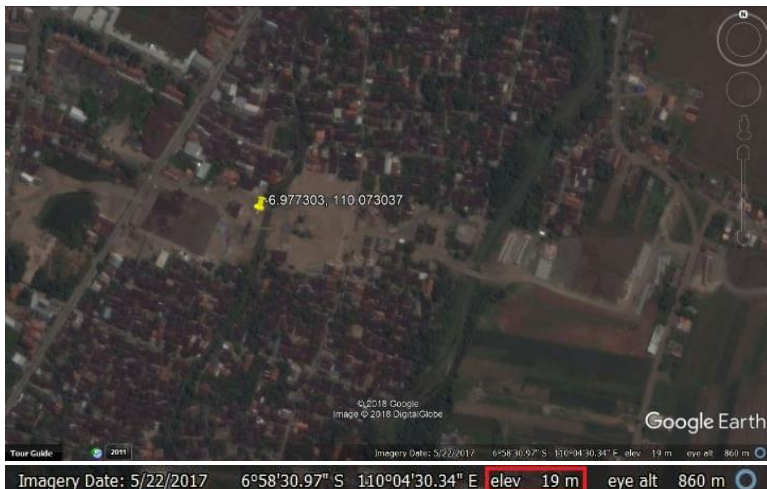
Cross section untuk ketinggian rencana pada lokasi studi kasus terdapat pada Lampiran 1, yang disederhanakan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Cross section lokasi studi kasus

4.2 Data Lokasi

Lokasi studi kasus ditunjukkan pada Gambar 4.2 memiliki ketinggian 19 mdpl.



Gambar 4. 2 Ketinggian lokasi studi kasus (mdpl)

4.3 Data Tanah

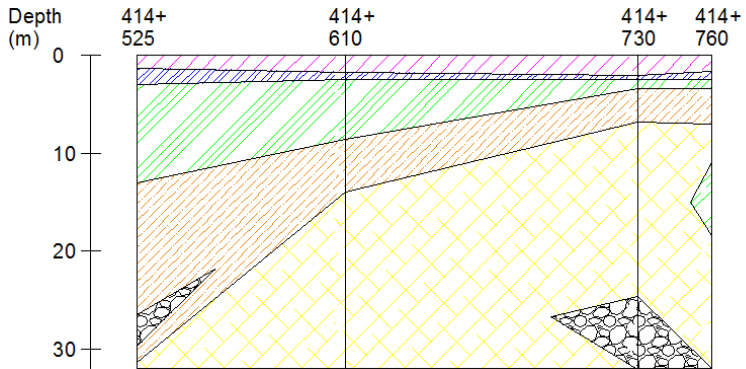
Langkah-langkah analisa data tanah dijelaskan pada Subbab 2.1.

4.3.1 Analisa Data Tanah Lapangan

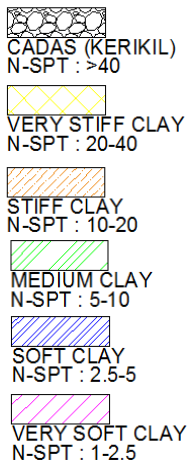
Data tanah dasar yang digunakan dalam Tugas Akhir ini berupa data borelog (Lampiran 1) yang dilakukan pada proyek jalan tol Batang-Semarang Seksi 3 oleh PT. Waskita Karya. Data borelog tersebut berupa N-SPT tanpa disertai hasil tes laboratorium.

Lokasi studi kasus terdapat pada STA 414+600 s/d STA 414+725 (**panjang 125 m**), diwakili oleh data borelog pada STA 414+610. Untuk memeriksa konsistensi tanah di sekitarnya, diperlukan penggambaran dari data borelog STA 414+610 tersebut serta dua (2) data borelog di sebelum dan sesudahnya. Karena keterbatasan data, hanya terdapat satu (1) data borelog sebelum STA 414+610, yaitu pada STA 414+525. Sedangkan data borelog sesudah STA 414+610, yaitu pada STA 414+730 dan STA 414+760. Penggambaran lapisan tanah dasar di keempat STA tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat kedalaman tanah lempung dengan $N-SPT \leq 10$ di lokasi studi kasus STA 414+600 s/d STA 414+725 adalah 4-10 m, sehingga ditentukan kedalaman tanah dasar lempung yang digunakan dalam perencanaan timbunan adalah 10 m. Konsistensi tanah dasar di bawah kedalaman 10 m juga merupakan tanah lempung, maka lapisan yang lebih porous adalah permukaan tanah, berarti $H_{dr} = 10$ m.



Keterangan:



Gambar 4. 3 Stratigrafi tanah di sekitar lokasi studi kasus

4.3.2 Analisa Data Tanah untuk Stratigrafi

Data borelog tanah dasar di lokasi studi kasus berupa N-SPT tanpa disertai hasil tes laboratorium, sehingga perlu dilakukan stratigrafi untuk menentukan nilai-nilai parameter tanah. Data yang digunakan untuk melakukan stratigrafi adalah data borelog dan analisa laboratoriumnya pada proyek jalan tol Pejagan-Pemalang Seksi 1 (Lampiran 1). Data tersebut diperoleh dari PT. Teknindo Geosistem Unggul. Stratigrafi parameter-parameter tanah dasar terdapat pada Lampiran 1. Contoh perhitungan untuk parameter e_0 (*void ratio*) pada kedalaman 5 m dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Nilai e_0 pada data stratigrafi

STA	Depth (m)			
	5		10	
	N-SPT	e_0	N-SPT	e_0
270+475	5	1.4952	5	1.5622
270+525	3	1.8169	5	1.7208
275+050	5	1.5089	7	1.5789
275+100	9	1.5676	6	1.5953
280+575	14	1.5209	14	1.1049
280+600	12	1.5102	26	1.2693
283+450	12	1.5633	9	1.6813
283+483	7	1.4252	5	1.5405
283+500	6	1.5639	6	1.6401
283+650	8	1.5488	5	1.6767

Nilai e_0 untuk N-SPT > 10 pada Tabel 4.1 tidak digunakan. Penentuan nilai yang mewakili keseluruhan data, dilakukan dengan cara yang dijelaskan pada Subbab 2.1.

Untuk kedalaman 5 m, terdapat tujuh (7) datum :

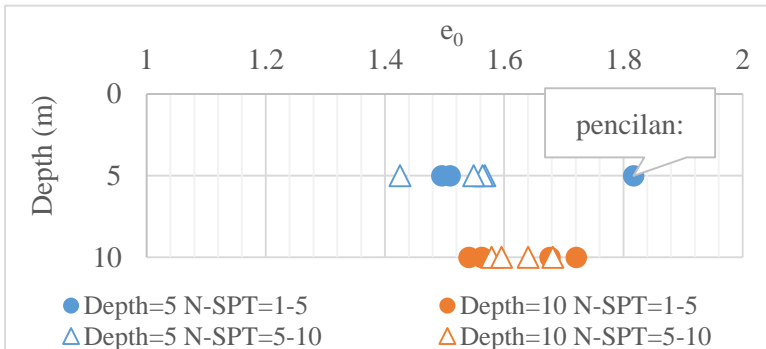
1,4952; 1,8169; 1,5089; 1,5676; 1,4252; 1,5639; 1,5488

Diurutkan dari terkecil hingga terbesar:

1,4252; 1,4952; 1,5089; 1,5488; ; 1,5639 1,5676; 1,8169

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= 1,4952 \\
 Q_2 &= 1,5488 \\
 Q_3 &= 1,5676 \\
 L &= 1,5 * (1,5676 - 1,4952) = 0,1086 \\
 B_{\text{dalam}} &= 1,4952 - 0,1086 = 1,3866 \\
 B_{\text{luar}} &= 1,5676 + 0,1086 = 1,6762
 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2-1), terdapat satu (1) datum pencilan yaitu 1,8169. Nilai yang mewakili semua nilai e_0 pada kedalaman 5 m adalah median (Q_2) dari enam (6) datum yang tersisa yaitu $(1,5089 + 1,5488) / 2 = 1,52885 \sim 1,529$. Sebaran nilai digambarkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Sebaran nilai e_0 pada data stratigrafi

Dengan langkah yang sama seperti di atas, hasil stratigrafi parameter-parameter tanah lain terdapat pada Lampiran 1, terangkum pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 22 Rangkuman hasil stratigrafi

Depth (m)	e_0	γ_t (ton/m ³)	PI (%)	C_u (ton/m ²)	Φ (°)	C_c	C_v (cm ² /min)
0-5	1.529	1.652	31.74	1.6	9	0.4794	0.0163
5-10	1.618	1.646	32.89	1.7	8.5	0.4349	0.0220

*) C_s diasumsikan $1/5 C_c$

4.4 Data Spesifikasi

4.4.1 Data Spesifikasi Beban

Tanah timbunan:

- γ_{timb} = 1,80 ton/m²
- Φ = 30°
- C_u = 0 ton/m²

Pavement:

- γ_{pavement} = 2,20 ton/m²

Lalu lintas:

Berdasarkan UU no. 22 tahun 2009 Pasal 19 ayat 2a (jalan tol termasuk jalan Kelas I) dan DPU, 2001 (Tabel 4.3):

- q_{lalin} = 15 kPa = 1,5 ton/m²

Tabel 4. 3 Beban lalu lintas untuk analisa stabilitas (dpu, 2001) dan beban di luar jalan

Kelas jalan	Beban lalu lintas (kPa)	Beban di luar jalan* (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

*) Beban dari bangunan rumah-rumah di sekitar lereng

Faktor keselamatan, FS:

Berdasarkan SNI Persyaratan Perancangan Geoteknik (Gambar 4.5).

- FS_{rencana} = 1,5

6.9.5 Kriteria perancangan

Pekerjaan PVD dengan prapembebanan secara umum dimaksudkan untuk mencapai kriteria stabilisasi tanah sebagai berikut:

- a) Faktor keamanan minimum sesuai persyaratan di bawah ini atau sesuai persyaratan yang diberikan oleh perencana.
- Untuk daya dukung tanah minimum 1,5;
 - Konstruksi landas pacu minimum 1,5;
 - Konstruksi jalan tol minimum 1,35;
 - Konstruksi jalan biasa minimum 1,30;

Gambar 4. 5 $FS_{rencana}$ berdasarkan SNI Persyaratan Perancangan Geoteknik

4.4.2 Data Spesifikasi Material

- **Lahan:**

Harga : Rp1.000.000/m²

- **Timbunan:**

Harga : Rp200.000/m³

- **Material *stone column*:**

$\gamma_{kerikil}$: 2,40 ton/m²

Φ : 40°

Cu : 0 ton/m²

Harga : Rp225.000/m³

- ***Pre-fabricated vertical drain*:**

CeTeau Drain CT-D822

Distributor : PT. Teknindo Geosistem Unggul

Lebar, a : 100 mm

Tebal, b : 4 mm

Harga : Rp3.500/m

- ***Pre-fabricated horizontal drain:***
CeTeau Drain CT-SD100-20
Distributor : PT. Teknindo Geosistem Unggul
Discharge capacity : $2,40 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dtk}$
Harga : Rp117.000/m
- ***Geotextile:***
Geotextile UW-250
Distributor : PT. Teknindo Geosistem Unggul
Kuat tarik, T : 52/52 (Wrab/Weft) kN/m
Harga : Rp17.000/m²
- ***Geogrid:***
Tenax Uni Axial Grids Type TT 160 Samp
Kuat tarik, T : 160 kN/m
Harga : Rp100.000/m²
- ***Multiblocks:***
Dimensi tinggi : 20 cm
Harga : Rp500.000/m²
- ***Pompa vacuum:***
7.5kW 10 HP High Capacity Double Suction
Produsen : Modo Pump Co., Ltd
Max. Head : 150 m
Harga : Rp17.500.000/unit
Biaya operasional : Rp1.800.000/minggu

Spesifikasi material dijelaskan lebih lengkap pada Lampiran 2.

BAB V PEMBAHASAN

5.1 Perhitungan Derajat Konsolidasi

5.1.1 Perhitungan Derajat Konsolidasi tanpa Penggunaan *Pre-fabricated Vertical Drain (PVD)*

Tanah dasar di lokasi studi kasus memiliki dua lapisan tanah dengan nilai C_v yang berbeda. Berdasarkan nilai parameter tanah pada Tabel 4.2 dan persamaan (2-9):

$$\begin{aligned} C_{v_{gab}} &= \frac{10^2}{\left(\frac{5}{\sqrt{0.0163}} + \frac{5}{\sqrt{0.022}}\right)^2} \\ &= 0.0188 \text{ cm}^2/\text{min} \\ &= 0.9854 \text{ m}^2/\text{tahun} \\ &= 0.0190 \text{ m}^2/\text{minggu} \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2-8):

$$\begin{aligned} t &= \frac{\pi}{4} * U_v^2 * \frac{(10)^2}{0.9854} \\ t &= 79,7 * U_v^2 \quad \Leftrightarrow U_v = \sqrt{\frac{t}{79,7}} \quad (5-1) \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (5-1):

Untuk derajat konsolidasi, $U_v = 90\%$, dibutuhkan waktu:

$$t = 79,7 * U_v^2 = 79,7 * (90\%)^2 = 64,56 \text{ tahun}$$

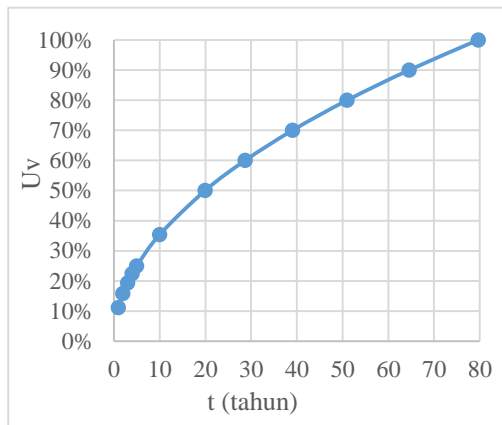
Untuk masa layan jalan 10 tahun, derajat konsolidasi:

$$U_v = \sqrt{\frac{t}{79,7}} = \sqrt{\frac{10}{79,7}} = 35,4\%$$

Hubungan t dan U_v pada persamaan (5-1) juga ditunjukkan pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1.

Tabel 5. 1 Hubungan t dan U_v

U_v	t (tahun)
11.2%	1.0
15.8%	2.0
19.4%	3.0
22.4%	4.0
25.0%	5.0
35.4%	10.0
50.0%	19.9
60.0%	28.7
70.0%	39.1
80.0%	51.0
90.0%	64.6
100.0%	79.7

Gambar 5. 1 Hubungan t dan U_v

Karena waktu pemampatan tanpa PVD untuk derajat konsolidasi, $U_v = 90\%$ yang lama yaitu 64,56 tahun; serta derajat konsolidasi yang masih mencapai 35,4% untuk masa layan jalan 10 tahun; maka untuk mempercepat waktu pemampatan dan menghindari kerusakan jalan pada masa layannya, diperlukan penggunaan PVD.

5.1.2 Perhitungan Derajat Konsolidasi dengan Penggunaan *Pre-fabricated Vertical Drain (PVD)*

Pada Tugas Akhir ini, jarak pemasangan antarPVD yang digunakan adalah 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; dan 1,2 m. Dengan asumsi nilai $Ch = 3 * Cv$. Berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.3.3, perhitungan perencanaan PVD sebagai berikut:

Dimensi PVD (Subbab 4.4.2):

$$a = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

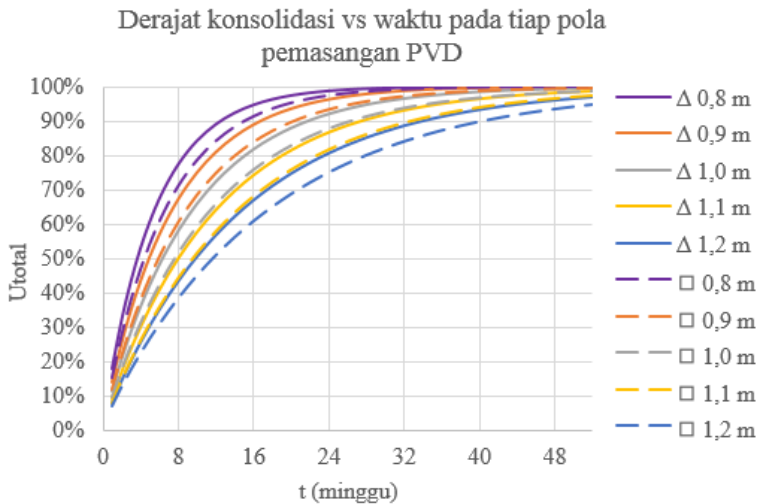
$$b = 4 \text{ mm} = 0,004 \text{ m}$$

$$dw = 0,662 \text{ m (sama untuk semua pola dan jarak pemasangan)}$$

Tabel 5. 2 Rangkuman perhitungan D (m), n, dan F(n)

S (m)	Pola pemasangan PVD					
	Bujur sangkar			Segitiga		
	D (m)	n	F(n)	D (m)	n	F(n)
0,8	0.90	13.65	1.87	0.84	12.69	1.80
0,9	1.02	15.36	1.99	0.95	14.27	1.92
1,0	1.13	17.07	2.09	1.05	15.86	2.02
1,1	1.24	18.77	2.19	1.16	17.44	2.12
1,2	1.36	20.48	2.27	1.26	19.03	2.20

Perhitungan U_v , U_h , dan U_{total} secara lengkap terdapat pada Lampiran 3. Rangkuman hubungan waktu, t dengan U_{total} terdapat pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Rangkuman grafik hubungan t dan U_{total}

Pada Gambar 5.2 terlihat bahwa terdapat 5 macam pola dan jarak pemasangan PVD yang menghasilkan $U_{total} \geq 90\%$ pada batas dayaguna efektif PVD 6 bulan (24 minggu), yaitu:

- pola segitiga jarak 0,8 m;
- pola bujur sangkar jarak 0,8 m;
- pola segitiga jarak 0,9 m;
- pola bujur sangkar jarak 0,9 m;
- dan pola segitiga jarak 1,0 m.

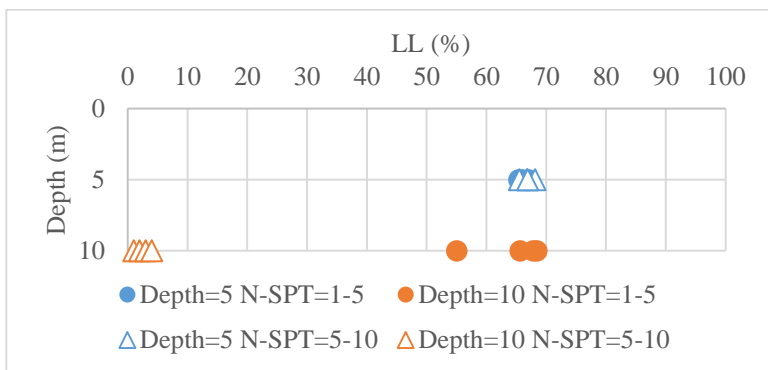
Dari kelimanya, dipilih pola pemasangan segitiga jarak 1,0 m untuk perhitungan selanjutnya.

5.1.3 Perhitungan Derajat Konsolidasi Setelah Timbunan Memampat

Perhitungan pada Subbab ini digunakan untuk menentukan butuh atau tidaknya *overlay* lapisan permukaan jalan. Langkah-langkah perhitungan dijelaskan pada Subbab 2.4.2, dihitung sebagai berikut:

- 1) Menentukan nilai C_v yang digunakan. Nilai C_v yang digunakan merupakan nilai C_v terkecil dari nilai C_v tanah, $C_v = 0,9854 \text{ m}^2/\text{tahun}$; atau nilai C_v berdasarkan nilai LL yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

Stratigrafi nilai LL (Gambar 5.3), nilai $LL < 70\%$



Gambar 5. 3 Stratigrafi nilai LL

Berdasarkan Gambar 2.4, nilai $C_v > 2,0 \text{ m}^2/\text{tahun}$.

Sehingga digunakan nilai $C_v = 0,9854 \text{ m}^2/\text{tahun}$ pada perhitungan selanjutnya.

- 2) Menentukan hubungan t dan U_v .

Karena C_v sebelum dan sesudah terjadi pemampatan bernilai sama, maka hubungan t dan U_v dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Gambar 5.1.

5.2 Perhitungan Timbunan Kemiringan Lereng 1:2

5.2.1 Tinggi Timbunan Awal (H_{awal})

Penjelasan langkah-langkah perhitungan H_{awal} terdapat pada Subbab 2.4.1. Dari data spesifikasi beban (Subbab 4.4.1) dan hasil stratigrafi parameter data tanah (Subbab 4.3.2) dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- 1) Menentukan asumsi tinggi timbunan setelah terjadi pemampatan sebesar, $H_{timb} = 7$ m.
- 2) Menghitung Sc_{timb} berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Tinggi beban timbunan sebesar $H_{timb} = 7$ m.

Diasumsikan nilai tegangan prakonsolidasi tanah, P'_c , merupakan tegangan overburden tanah, P'_0 , ditambah beban akibat fluktuasi muka air tanah, $H_{fluktuasi}$. Dimana $H_{fluktuasi} = 2$ m, maka:

$$\begin{aligned} P'_c &= P'_0 + (H_{fluktuasi} * \gamma_{air}) \\ &= P'_0 + (2 * 1) \\ &= (P'_0 + 2) \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Didapatkan besar $Sc_{timb} = 1,011$ m.

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 3) Menghitung H_{awal} dengan rumus sebagai berikut:

Diasumsikan $\gamma_{timb} = \gamma_{sat-timb}$ sehingga perhitungan H_{awal} menggunakan persamaan (2-13):

$$\begin{aligned} H_{awal} &= H_{timb} + \frac{Sc_{timb} * \gamma_{air}}{\gamma_{timb}} \\ &= 7 + \frac{1,011 * 1}{1,80} = 7,562 \text{ m} \end{aligned}$$

- 4) Menghitung nilai parameter tanah setelah terjadi pemampatan menggunakan persamaan (2-14), (2-15), dan (2-16). Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 5) Menghitung $Sc_{preloading}$ berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Nilai parameter tanah berubah sesuai penjelasan pada langkah (4). Tinggi beban timbunan sebesar $H_{preloading}$.

Berdasarkan persamaan (2-17):

$$\begin{aligned} H_{preloading} &= \frac{(H_{pavement} * \gamma_{pavement}) + q_{lalin}}{\gamma_{timb}} \\ &= \frac{(0,60 * 2,20) + 1,50}{1,80} \\ &= 1,57 \text{ m} \end{aligned}$$

Didapatkan $Sc_{preloading} = 0,065 \text{ m}$.

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 6) Menghitung Sc_{total} berdasarkan persamaan (2-15):

$$\begin{aligned} Sc_{total} &= Sc_{timb} + Sc_{preloading} \\ &= 1,011 + 0,065 \\ &= 1,076 \text{ m} \end{aligned}$$

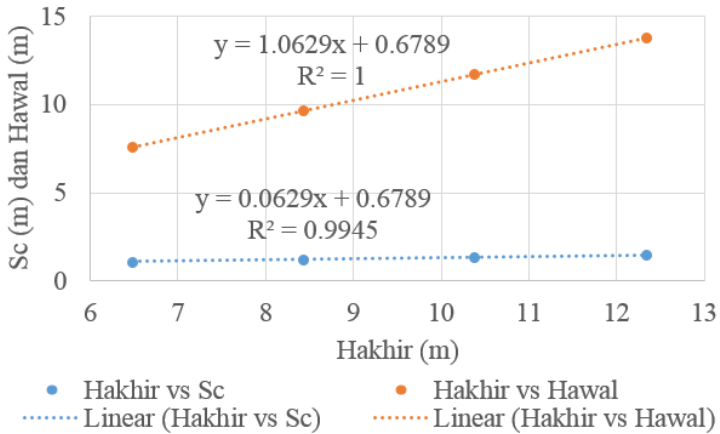
- 7) Menghitung H_{akhir} berdasarkan persamaan (2-16):

$$\begin{aligned} H_{akhir} &= H_{awal} - Sc_{total} \\ &= 7,562 - 1,076 \\ &= 6,485 \text{ m} \end{aligned}$$

- 8) Mengulang semua langkah di atas pada beberapa permisalan H_{timb} yang berbeda, yaitu $H_{timb} = 9 \text{ m}$; $H_{timb} = 11 \text{ m}$; dan $H_{timb} = 13 \text{ m}$. Rangkuman terdapat pada Tabel 5.3 dan Gambar 5.4.

Tabel 5. 3 Rangkuman penentuan tinggi timbunan kemiringan lereng 1:2

H_{timb} (m)	Sc_{timb} (m)	H_{awal} (m)	$Sc_{preloading}$ (m)	Sc_{total} (m)	H_{akhir} (m)
7	1.011	7.562	0.065	1.076	6.485
9	1.167	9.648	0.053	1.220	8.429
11	1.296	11.720	0.045	1.341	10.379
13	1.405	13.780	0.040	1.445	12.336



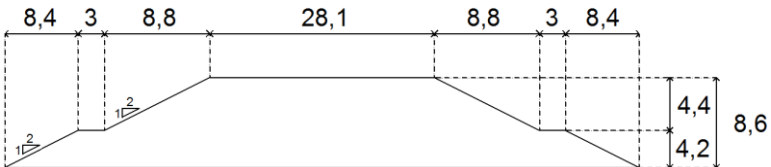
Gambar 5. 4 Grafik hubungan H_{akhir} vs H_{awal} dan H_{akhir} vs SC_{total} timbunan kemiringan lereng 1:2

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

9) Dari rumus *trendline* pada Gambar 5.4 didapatkan:

$$\begin{aligned} H_{awal} &= 1,0629 * H_{akhir} + 0,6789 \\ &= 1,0629 * 7,40 + 0,6789 \\ &= 8,54 \text{ m (dibulatkan menjadi 8,60 m)} \end{aligned}$$

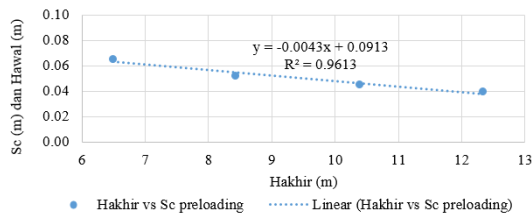
$$\begin{aligned} SC_{total} &= 0,0629 * H_{akhir} + 0,6789 \\ &= 0,0629 * 7,40 + 0,6789 \\ &= 1,14 \text{ m (dibulatkan menjadi 1,20 m)} \end{aligned}$$



Gambar 5. 5 Cross section timbunan dengan kemiringan lereng 1:2 hasil perhitungan H_{akhir} vs H_{awal}

5.2.2 Perhitungan Kebutuhan Overlay

Dari perhitungan pada Subbab 5.1.3 diketahui bahwa derajat konsolidasi sebelum dan sesudah terjadi pemampatan bernilai sama akibat nilai C_v yang sama. Penurunan pada tiap tahun masa layan jalan dihitung dari hasil perkalian $Sc_{preloading}$ dengan derajat konsolidasi masing-masing (Tabel 5.1). Jika besar penurunan < 15 cm, maka belum perlu dilakukan *overlay*. Dari Tabel 5.3, hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ ditunjukkan pada Gambar 5.6.



Gambar 5. 6 Grafik hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ timbunan kemiringan lereng 1:2

Dari rumus *trendline* pada Gambar 5.6 didapatkan:

$$\begin{aligned}
 H_{awal} &= -0,0043 * H_{akhir} + 0,0913 \\
 &= -0,0043 * 7,40 + 0,0913 \\
 &= 0,059 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. 4 Kebutuhan overlay pada timbunan kemiringan lereng 1:2.

No	Tahun ke-i	Uv_i	Pemampatan pada tahun ke-i, Sc_i * (m)	Overlay
1	1	11.2%	0.007	Tidak perlu
2	2	15.8%	0.009	Tidak perlu
3	3	19.4%	0.012	Tidak perlu
4	4	22.4%	0.013	Tidak perlu
5	5	25.0%	0.015	Tidak perlu

*) $Sc_i = Uv_i * Sc_{preloading}$

5.2.3 Stabilitas Timbunan

Penjelasan langkah-langkah perhitungan stabilitas timbunan terdapat pada Subbab 2.4.4. Sebelum menghitung stabilitas timbunan, perlu menghitung peningkatan nilai Cu, yang dijelaskan pada Tabel 5.5.

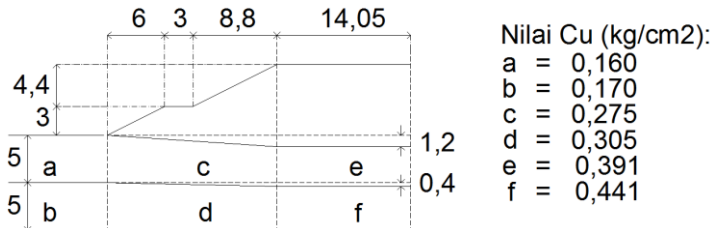
Tabel 5. 5 Nilai Cu baru pada lapisan tanah dasar akibat beban timbunan dengan kemiringan lereng 1:2

Lapisan tanah	Total ΔP^* (kg/cm ²)	PI (%)	Cu (kg/cm ²)			
			Lama	Baru	Baru rata2	Transisi**
1	1.562	31.74	0.160	0.370	0.391	0.275
2	1.620			0.380		
3	1.676			0.391		
4	1.731			0.402		
5	1.785			0.412		
6	1.837	32.89	0.170	0.422	0.441	0.305
7	1.888			0.431		
8	1.938			0.441		
9	1.987			0.450		
10	2.035			0.459		

*) Nilai pada tabel “Tegangan tiap tahap ke-i, S_{c_i} ” pada Lampiran 4

**) $Cu \text{ transisi} = (Cu \text{ lama} + Cu \text{ baru rata2}) / 2$

Pada tabel “Pemampatan tiap tahap ke-i, S_{c_i} ” pada Lampiran 4, pemampatan yang terjadi pada tanah dasar kedalaman 5 s/d 10 m sebesar 0,402 m (dibulatkan menjadi 0,40 m). Penyederhanaan bentuk timbunan setelah terjadi pemampatan terdapat pada Gambar 5.7.



Gambar 5. 7 Bentuk timbunan kemiringan lereng 1:2 dan nilai C_u tanah dasar setelah timbunan mengalami pemampatan

Stabilitas *bearing* dihitung sebagai berikut:

Lebar timbunan, $B_{\text{timb}} = 2 * 14,05 = 28,1 \text{ m}$

Ketebalan lapisan lempung lunak, $H_{\text{lempung}} = 10 \text{ m}$

Rasio $B_{\text{timb}} / H_{\text{lempung}} = 28,1 / 10 = 2,81$

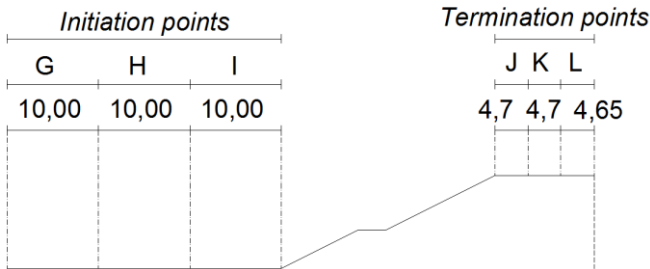
Berdasarkan Gambar 2.5, untuk rasio $B_{\text{timb}} / H_{\text{lempung}} = 2,81$; nilai $N_c = 5,14 + 0,5 * (2,81 - 1,49) = 5,14 + 0,66 = 5,80$

Berdasarkan persamaan (2-21):

$$\begin{aligned} SF_{\text{bearing}} &= \frac{C_u * N_c}{\gamma_{\text{timb}} * H_{\text{timb}}} ; \text{Nilai } C_u = 0,391 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Gambar 5.7)} \\ &= \frac{3,91 * 5,80}{1,80 * 8,60} \\ &= 1,465 \end{aligned}$$

$SF_{\text{kritis}} = 1 < SF_{\text{bearing}} = 1,465 < SF_{\text{rencana}} = 1,5$ (Subbab 4.4.1)
 (aman, tetapi belum memenuhi persyaratan)

Pada Tugas Akhir ini perhitungan stabilitas *overall* dibantu oleh program XSTABL. Data dimensi timbunan dan nilai C_u yang di-input ditunjukkan pada Gambar 5.5. Masing-masing *initiation points* dan *termination points* pada XSTABL dibagi menjadi tiga bagian (Gambar 5.8) sehingga terdapat sembilan pasang. Pada setiap pasang *initiation point* dan *termination point*, diambil 1 bidang longsor dengan nilai FS terendah untuk kemudian dibandingkan.



Gambar 5. 8 Skema analisa stabilitas overall pada XSTABL timbunan dengan kemiringan lereng 1:2

Dari hasil *running* XSTABL, didapatkan hasil kesembilan bidang longsor yang terangkum pada Tabel 5.6.

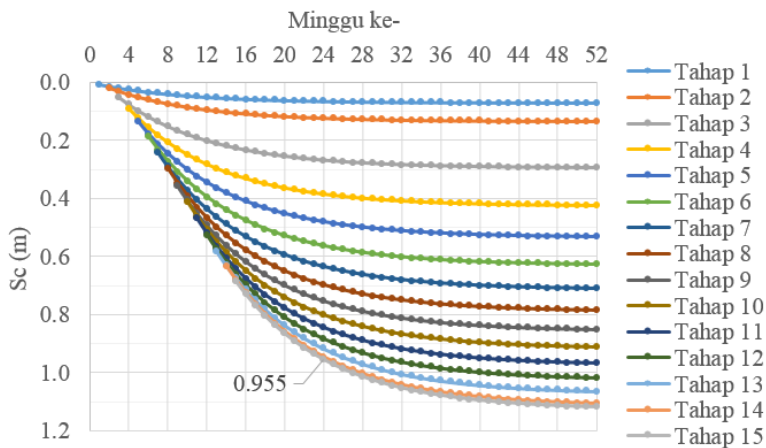
Tabel 5. 6 Hasil analisa XSTABL timbunan kemiringan lereng 1:2

<i>Initiation points</i>	<i>Terminati on points</i>	$F_{S_{min}}$	M_r (kNm)	ΔM_r (kNm)	T_i (m)	R (m)
G	J	1.450	31570	1089	19.24	25.99
G	K	1.299	42080	6511	21.78	29.58
G	L	1.262	53760	10139	24.05	32.78
H	J	1.344	20890	2425	15.06	20.08
H	K	1.270	30750	5569	17.95	22.74
H	L	1.260	46390	8836	22.11	30.07
I	J	1.323	1485	199	12.56	16.39
I	K	1.279	27200	4700	16.65	22.35
I	L	1.282	28070	4773	17.04	22.74

5.2.4 Penimbunan Bertahap

5.2.4.1 Metode *Soil Pre-loading* dan *GESC*

Penjelasan langkah-langkah perhitungan penimbunan bertahap terdapat pada Subbab 2.4.3. Pada tiap tahapan (minggu), dapat dilakukan penimbunan setinggi 0,60 m. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan $H_{awal} = 8,60$ m; sehingga timbunan dibagi menjadi 15 tahap. Tahap ke-1 s/d 14 setinggi 0,60 m; dan tahap ke-15 setinggi 0,20 m. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.



Gambar 5. 9 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:2 metode *soil pre-loading* dan *GESC* jarak antarPVD 1,0 m

Terlihat pada Gambar 5.9, pemampatan yang terjadi pada minggu ke-24 sebesar 0,955 m ($0,955 / 1,14 = 83,8\%$ Sc rencana). Nilai tersebut kemudian dijadikan acuan perbandingan terhadap metode *vacuum pre-loading* yang akan dibahas pada Subbab 5.2.3.2.

5.2.4.2 Metode *Vacuum Pre-loading*

Dalam metode *vacuum pre-loading*, perhitungan beban bertahap dipengaruhi oleh kekuatan pompa vakum, ΔP_{pompa} .

Berdasarkan persamaan (2-23):

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm lokal lokasi studi kasus} &= 101325 - 1,23 * 9,81 * 19 \\ &= 101096 \text{ Pa} \\ &= 10,30 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2-22):

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{pompa}} &= 80\% * 10,30 \\ &= 8,244 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

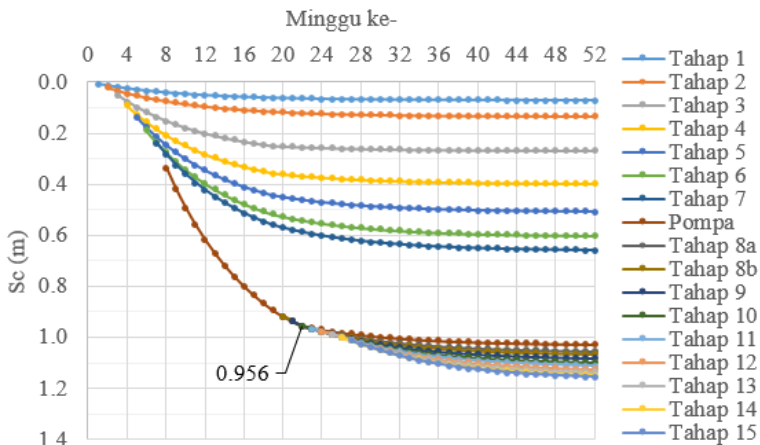
Berdasarkan persamaan (2-24):

$$H_{\text{pompa}} = 8,244 / 1,8 = 4,58 \sim 4,60 \text{ m}$$

Seperti dijelaskan sebelumnya, H_{awal} metode *vacuum pre-loading* sama dengan H_{awal} *soil pre-loading*, yaitu $H_{\text{awal}} = 8,60 \text{ m}$; sehingga kebutuhan timbunan sebagai beban tambahan selain beban vakum sebesar: $8,60 - H_{\text{pompa}} = 8,60 - 4,60 = 4,00 \text{ m}$

Tiap tahapan (minggu), dapat dilakukan penimbunan setinggi maksimum 0,6 m. Kebutuhan timbunan setinggi 4,00 m dibagi menjadi 7 tahap penimbunan, dengan tahap ke-1 s/d 6 setinggi 0,60 m, dan tahap ke-7 setinggi 0,40 m. Beban pompa berada setelah beban tahap ke-7.

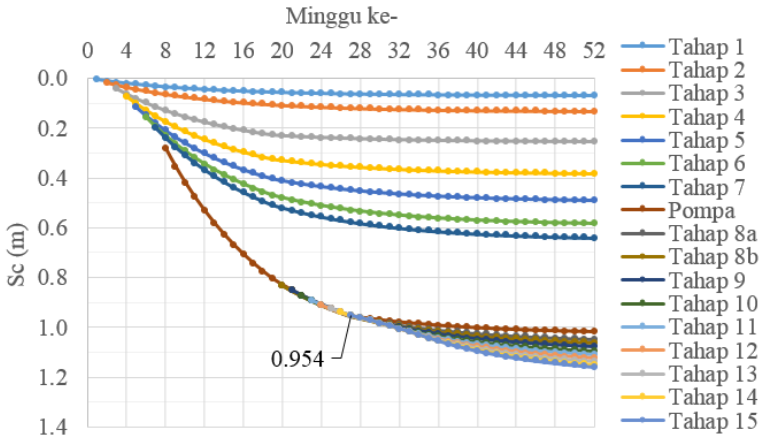
Setelah besar pemampatan rencana tercapai, pompa vakum dimatikan, kemudian melanjutkan proses penimbunan hingga tinggi rencana. Sisa timbunan yang belum ditimbun sebesar tinggi setara H_{pompa} yaitu 4,60 m. Dibagi menjadi 8 tahap penimbunan, dengan tahap ke-8 s/d 14 setinggi 0,60 m, dan tahap ke-15 setinggi 0,40 m. Tahap ke-8 dibagi menjadi dua (2) bagian, yaitu tahap ke-8a setinggi 0,20 m; dan tahap ke-8b setinggi 0,40 m. Pembagian tahap ke-8 tersebut terkait dengan bentuk timbunan yang terbagi menjadi timbunan bawah setinggi 4,20 m; dan timbunan atas setinggi 4,40 m. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.



Gambar 5. 10 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m

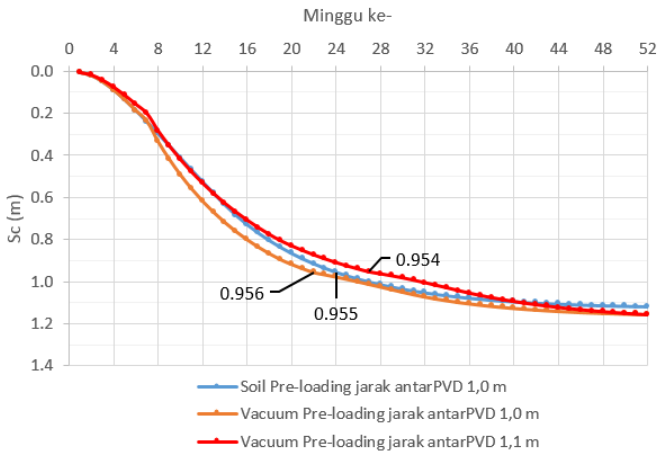
Terlihat pada Gambar 5.10, pemampatan yang terjadi pada minggu ke-22 sebesar 0,956 m; relatif sama dengan pemampatan yang terjadi pada minggu ke-24 metode *soil pre-loading* yaitu sebesar 0,955 m (Subbab 5.2.3.1). Maka pompa dapat dimatikan pada minggu ke-22 tersebut. Setelah terjadi pemampatan, nilai-nilai parameter tanah berubah. Pemampatan selanjutnya dihitung berdasarkan nilai-nilai parameter tanah yang telah berubah tersebut. Perhitungan selengkapnya pada Lampiran 4.

Pada Tugas Akhir ini, juga dilakukan perhitungan metode *vacuum pre-loading* yang menghasilkan besar pemampatan relatif sama dengan metode *soil pre-loading* (dalam kasus ini 0,955 m) pada lama waktu yang sama (dalam kasus ini minggu ke-24). Hal tersebut dapat dilakukan dengan memperlebar jarak antarPVD (dalam kasus ini jarak antarPVD menjadi 1,1 m; dari sebelumnya 1,0 m). Sehingga didapatkan pemampatan sebesar 0,954 m pada minggu ke-27 (Gambar 5.11).



Gambar 5. 11 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

Perbandingan S_c bertahap masing-masing metode untuk timbunan dengan kemiringan lereng 1:2 ditunjukkan pada Gambar 5.12.



Gambar 5. 12 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:2 masing-masing metode

5.2.5 Perkuatan

5.2.5.1 *Geotextile* pada Metode *Soil Pre-loading* dan *Vacuum Pre-loading*

Perkuatan yang digunakan pada metode *soil pre-loading* dan metode *vacuum pre-loading* adalah *geotextile* pada timbunan, yang langkah-langkah perhitungannya dijelaskan pada Subbab 2.6. Dari data spesifikasi material (Subbab 4.4.2), kekuatan tarik *tensile geotextile*, $T = 52 \text{ kN/m}$. Berdasarkan persamaan (2-26):

$$T_{\text{allow}} = \frac{T}{\text{FS}_{\text{id}} * \text{FS}_{\text{cr}} * \text{FS}_{\text{cd}} * \text{FS}_{\text{bd}}}$$

$$= \frac{52}{1,1 * 2 * 1,1 * 1,1}$$

$$= 19,53 \text{ kN/m}$$

Rangkuman kebutuhan panjang *geotextile* tiap satu (1) m arah memanjang jalan, L_3 kesembilan bidang longsor terdapat pada Tabel 5.7. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

Tabel 5.7 Rangkuman L_3 timbunan kemiringan lereng 1:2

<i>Initiation points</i>	<i>Termination points</i>	Jumlah lapis <i>geotextile</i>	L_3 (m)
G	J	4	141.4
G	K	18	763
G	L	26	1302.6
H	J	11	380.4
H	K	20	864
H	L	25	1229.8
I	J	2	86.4
I	K	18	771.8
I	L	18	784

max

Dari Tabel 5.7 terlihat bahwa bidang longsor pada daerah *initiation points* G dan *termination points* L, membutuhkan paling banyak *geotextile*, sehingga dipilih untuk digunakan dalam perhitungan selanjutnya (perhitungan kebutuhan material).

5.2.5.2 *Stone Column* pada Metode *GESC*

Perkuatan yang digunakan pada metode *GESC* adalah *stone column* yang diselubungi oleh *geotextile*, yang langkah-langkah perhitungannya dijelaskan pada Subbab 2.7.3. Perhitungan perkuatan berdasarkan perhitungan stabilitas timbunan yang telah dilakukan sebelumnya pada Subbab 5.2.2. Perkuatan dilakukan pada bidang longsor yang memiliki ΔMr terbesar pada Tabel 5.5.

Berdasarkan Tabel 5.6:

$$\Delta Mr \text{ terbesar} = 10139 \text{ kNm} \quad \rightarrow R = 32,78 \text{ m}$$

Maka:

$$\sum_{i=1}^n P_z \geq \Delta Mr / R = 10139 / 32,78 = 309,35 \text{ kN}$$

Jarak antar-*stone columns* arah memanjang jalan,
 $S_{\text{memanjang}}$:

$$\begin{aligned} S_{\text{memanjang}} &= 0,866 * S; && \text{digunakan } S = 2 \text{ m} \\ &= 0,866 * 2 \\ &= 1,73 \sim 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan dilakukan secara berpasangan antara baris urutan ganjil dan baris urutan genap, sehingga sepasang baris tersebut bertanggung jawab menahan beban $2 * S_{\text{memanjang}} = 2 * 1,7 = 3,4 \text{ m}$.

$$\sum_{i=1}^n P_z \text{ sepasang baris } \textit{stone column} \geq 3,4 * 309,35 = 1051,6 \text{ kN}$$

Perhitungan:

D	1	m
S	2	m
De	2.1	m
C1	0.9069	konstanta
a(stone)	0.227	
a(clay)	0.773	
n	5	(asumsi)
μ (stone)	2.622	

$\mu(\text{clay})$	0.524
$A(\text{stone})$	0.785 m ²
$\Phi(\text{clay})$	0 derajat
$\Phi(\text{stone})$	40 derajat
$\gamma(\text{clay})$	16.5 kN/m ³
$\gamma(\text{stone})$	24 kN/m ³
$\gamma(\text{timb})$	18 kN/m ³
$\gamma(\text{air})$	10 kN/m ³
$C_u(\text{clay})$	16 kN/m ²
$C_u(\text{stone})$	0 kN/m ²

Dari perhitungan didapatkan hasil kebutuhan *stone column* sejumlah: 4 pada baris urutan gasal dan 4 pada baris urutan genap. Rangkuman perhitungan P_{z_i} terdapat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9.

Tabel 5. 8 Perhitungan P_{z_i} pada baris urutan gasal timbunan dengan kemiringan lereng 1:2

N o	H_{timb} (m)	Z_{stone} (m)	β (°)	σ_s (kN/ m ²)	σ_z (kN/ m ²)	σ_n (kN/ m ²)	τ_z (kN/ m ²)	P_z (kN)
1	0.25	8.4	8.5	11.8	128.8	125.9	105.7	83.9
2	1.25	8.6	5.1	59.0	179.3	177.9	149.3	117.7
3	2.25	8.7	1.1	106.2	228.1	228.0	191.4	150.3
4	3.25	8.7	2.3	153.4	275.2	274.8	230.5	181.2
Total								533.2

Tabel 5. 9 Perhitungan P_{z_i} pada baris urutan genap timbunan dengan kemiringan lereng 1:2

N o	H_{timb} (m)	Z_{stone} (m)	β (°)	σ_s (kN/ m ²)	σ_z (kN/ m ²)	σ_n (kN/ m ²)	τ_z (kN/ m ²)	P_z (kN)
1	0.75	8.5	6.8	35.4	154.3	152.1	127.6	100.9
2	1.75	8.7	3.4	82.6	204.0	203.2	170.5	134.2
3	2.75	8.7	0.0	129.8	251.9	251.9	211.3	166.0
4	3.75	8.7	3.4	177.0	298.1	297.0	249.2	196.1
Total								597.2

$$\sum_{i=1}^n P_z = 533,2 + 597,2 = 1130,4 \text{ kN} > 1051,6 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

5.2.5.3 Geotextile sebagai Selubung (Case) Stone Column

Langkah-langkah perhitungan terdapat pada Subbab 2.7.4, perhitungan dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Menghitung beban vertikal, σ_v :

Dari Tabel 5.8 dan Tabel 5.9 diketahui bahwa timbunan tertinggi yang membebani *stone column* setinggi $H_{\text{timb}} = 3,75$ m.

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma_{\text{timb}} * H_{\text{timb}} \\ &= 18 * 3,75 \\ &= 67,50 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 2) Menghitung tekanan horisontal aktif, σ_{ha} :

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2(45^\circ - \Phi_{\text{stone}}/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 40^\circ/2) \\ &= 0,217 \\ \sigma_{ha} &= (\sigma_v * \mu_{\text{stone}}) * K_a \\ &= (67,50 * 2,622) * 0,217 \\ &= 38,48 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 3) Menghitung tekanan horisontal pasif, σ_{hp} :

$$\begin{aligned}K_p &= \tan^2(45^\circ + \Phi_{\text{clay}}/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 0^\circ/2) \\ &= 1 \\ \sigma_{ha} &= (\sigma_v * \mu_{\text{clay}}) * K_a \\ &= (67,50 * 0,524) * 1 \\ &= 35,40 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 4) Menghitung selisih tekanan horisontal pada selubung, $\Delta\sigma_h$:

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_h &= \sigma_{ha} - \sigma_{hb} \\ &= 38,48 - 35,40 \\ &= 3,09 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 5) Menghitung gaya pada selubung, W :

$$\begin{aligned} \text{Keliling selubung, } K &= \pi * D \\ &= 3,14 * 1 \\ &= 3,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \Delta\sigma h * K \\ &= 3,09 * 3,14 \\ &= 9,70 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- 6) Menghitung kuat tarik *geotextile* yang dibutuhkan, Fr :

$$\begin{aligned} Fr &= W * \tan(\delta) * FS \\ &= W * \tan(2/3 * \Phi_{\text{stone}}) * FS \\ &= 9,70 * \tan(2/3 * 40^\circ) * 3 \\ &= 14,61 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- 7) Menghitung kebutuhan *geotextile*:

Kuat tarik 1 lapis *geotextile*, T_{allow} :

$$T_{\text{allow}} = \frac{T}{FS_{\text{id}} * FS_{\text{cr}} * FS_{\text{cd}} * FS_{\text{bd}}} = \frac{52}{1,1 * 2 * 1,1 * 1,1} = 19,53 \text{ kN/m}$$

Karena $Fr = 14,61 \text{ kN/m} < T_{\text{allow}} = 19,53 \text{ kN/m}$

maka *stone column* perlu diberi selubung *geotextile* sebanyak 1 lapis.

5.2.6 Volume dan Biaya Material

5.2.6.1 Metode *Soil Pre-loading*

- Luas lahan, A_{lahan} :

Berdasarkan Gambar 5.5, lebar timbunan oprit bagian bawah, B_{timb} :

$$\begin{aligned} B_{\text{timb}} &= 28,1 + 2 * (8,8 + 3 + 8,4) \\ &= 68,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang oprit, $L_{\text{timb}} = 125 \text{ m}$ (Subbab 4.3.1), maka luas lahan yang dibutuhkan, A_{lahan} :

$$\begin{aligned} A_{\text{lahan}} &= B_{\text{timb}} * L_{\text{timb}} \\ &= 68,5 * 125 \\ &= \mathbf{8563 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Volume timbunan, V_{timb} :

Berdasarkan Gambar 5.5, luas penampang timbunan, A_{timb} :

$$\begin{aligned} A_{\text{timb}} &= (28,1+45,7) * 4,4 * \frac{1}{2} + (51,7+68,5) * 4,2 * \frac{1}{2} \\ &= 414,78 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{timb}} &= A_{\text{timb}} * L_{\text{timb}} \\ &= 414,78 * 125 \\ &= \mathbf{51848 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- Luas *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

Berdasarkan rangkuman perhitungan pada Tabel 5.7, kebutuhan *geotextile* terpanjang $L_3 = 1302,6 \text{ m}$; maka luas total kebutuhan *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

$$\begin{aligned} A_{\text{geotextile}} &= L_3 * L_{\text{timb}} \\ &= 1302,6 * 125 \\ &= \mathbf{162825 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Panjang PVD, L_{PVD} :

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1,0$ m (Subbab 5.1.2), sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{memanjang}$:

Berdasarkan Gambar 2.2 (b):

$$\begin{aligned} S_{memanjang} &= 0,866 * S \\ &= 0,866 * 1 \\ &= 0,866 \sim 0,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{baris} &= \frac{L_{timb}}{S_{memanjang}} \\ &= \frac{125}{0,85} \\ &= 147,06 \sim 147 \text{ baris} \\ &\text{(74 baris urutan gasal dan 73 baris urutan genap)} \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned} n_{titik} &= \frac{B_{timb}}{S} \\ &= \frac{68,5}{1} \\ &= 68,5 \text{ titik} \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 69 titik

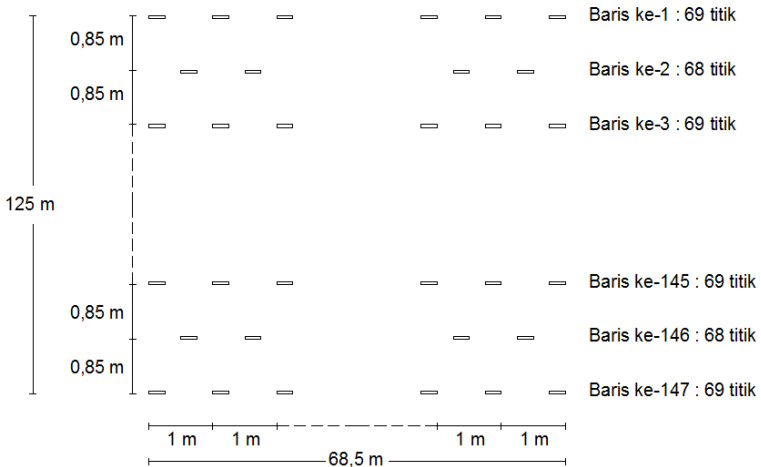
Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 68 titik

Jumlah semua titik, $n_{titik-total}$:

$$\begin{aligned} n_{titik \text{ total}} &= (74 * 69) + (73 * 68) \\ &= 10070 \text{ (Gambar 5.12)} \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{PVD} &= n_{titik \text{ total}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 10070 * 10 \\ &= \mathbf{100700 \text{ m}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 13 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:2 metode *soil pre-loading* jarak antar PVD 1,0 m

- Panjang PHD, L_{PHD} :

Berdasarkan brosur material PHD pada Lampiran 2:

Kapasitas tampung PHD, $Q_{PHD} = 2,40 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dtk}$

Pada tabel “Pemampatan kumulatif tiap tahapan beban, S_c kumulatif timbunan kemiringan lereng 1:2 metode *soil pre-loading*” pada Lampiran 4, Penurunan terbesar yang terjadi dalam satu (1) minggu, $\Delta S_{c_{max}} = 0,057 \text{ m}$; terjadi pada minggu ke-10.

Maka volume air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, V_{air} :

$$\begin{aligned} V_{air} &= B_{timb} * S_{memanjang} * \Delta S_{c_{max}} \\ &= 68,5 * 0,85 * 0,057 \\ &= 3,34 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debit air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, Q_{air} :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= V_{\text{air}} / t \\ &= 3,34 / (7 * 24 * 3600) \\ &= 5,52 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Rasio kapasitas tampung terhadap debit air yang keluar:

$$\begin{aligned} Q_{\text{PHD}} / Q_{\text{air}} &= [(2,40 * 10^{-5}) / (5,52 * 10^{-6})] / \text{FS} \\ &= [4,35] / 1,25 \\ &= 3,48 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rasio di atas, maka diketahui keluaran air dari tiap dua (2) baris PVD dapat disalurkan ke parit drainase oleh satu (1) PHD yang membentang selebar timbunan. Perhitungan L_{PHD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PHD}} &= n_{\text{baris}} * B_{\text{timb}} \\ &= 74 * 68,5 \\ &= \mathbf{5069 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.10):

Tabel 5. 10 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:2 metode soil pre-loading

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	8563 m ²	1.000.000	8,563
2	Timbunan	51848 m ³	200.000	10,370
3	<i>Geotextile</i>	162825 m ²	17.000	2,768
4	PVD	100700 m	3.500	0,352
5	PHD	5069 m	117.000	0,593
Total				22,646

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-24

5.2.6.2 Metode Vacuum Pre-loading

Perhitungan kebutuhan material metode *vacuum pre-loading* dilakukan sebanyak dua (2) macam, yaitu:

- (a) Jika jarak antarPVD sama seperti pada metode *soil pre-loading* (waktu pemampatan lebih cepat)

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, *geotextile*, PVD, dan PHD sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Kemudian ditambah dengan biaya pengadaan dan operasional pompa.

- Jumlah pompa, n_{pompa} :

Berdasarkan Tabel 2.3, pompa berdaya 7,5 kW memiliki luas pengaruh maksimum, $A_{\text{pompa}} = 1500 \text{ m}^2$, maka:

$$\begin{aligned} n_{\text{pompa}} &= A_{\text{lahan}} / A_{\text{pompa}} \\ &= 8563 / 1500 \\ &= 5,71 \sim \mathbf{6 \text{ pompa}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.11):

Tabel 5. 11 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	8563 m ²	1.000.000	8,563
2	Timbunan	51848 m ³	200.000	10,370
3	<i>Geotextile</i>	162825 m ²	17.000	2,768
4	PVD	100700 m	3.500	0,352
5	PHD	5069 m	117.000	0,593
Total				22,646
6	Pengadaan pompa	6	17.500.000	0,105
7	Operasional @pompa	22 minggu	1.800.000	0,237
Total				22,989

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-22

- (b) Jika jarak antarPVD diperlebar (waktu pemampatan disamakan seperti pada metode *soil pre-loading*).

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, dan *geotextile* sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Sedangkan untuk kebutuhan material PVD dan PHD terjadi perubahan. Kemudian ditambah dengan biaya pengadaan dan operasional pompa.

- Jumlah pompa, n_{pompa} :

Sama seperti pada poin Subbab 5.2.5.2 (a):

$$n_{pompa} = \mathbf{6 \text{ pompa}}$$

- Panjang PVD, L_{PVD} :

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1,1$ m; sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{memanjang}$:

Berdasarkan Gambar 2.2 (b):

$$\begin{aligned} S_{memanjang} &= 0,866 * S \\ &= 0,866 * 1,1 \\ &= 0,953 \sim 0,95 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{baris} &= \frac{L_{timb}}{S_{memanjang}} \\ &= \frac{125}{0,95} \\ &= 131,57 \sim 131 \text{ baris} \\ &\text{(66 baris urutan gasal dan 65 baris urutan genap)} \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned} n_{titik} &= \frac{B_{timb}}{S} \\ &= \frac{68,5}{1,1} \\ &= 62,27 \text{ titik} \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 63 titik

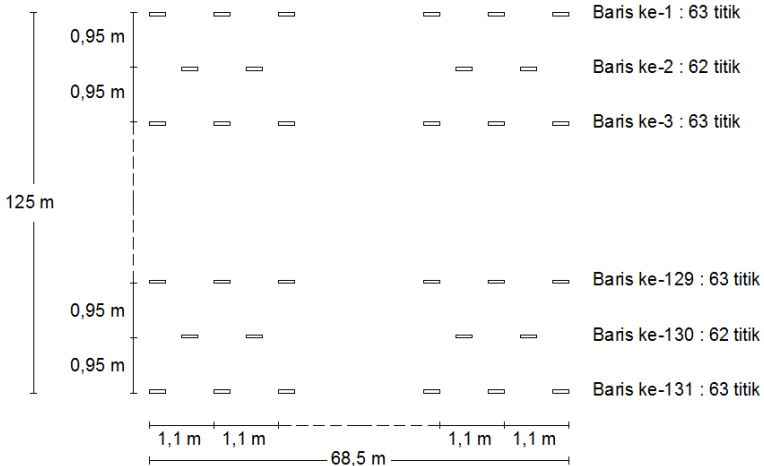
Pembulatan n_{titik} baris urutan genjil : 62 titik

Jumlah semua titik, $n_{\text{titik-total}}$:

$$\begin{aligned} n_{\text{titik total}} &= (66 * 63) + (65 * 62) \\ &= 8188 \text{ (Gambar 5.13)} \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PVD}} &= n_{\text{titik total}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 8188 * 10 \\ &= \mathbf{81880 \text{ m}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 14 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

- Panjang PHD, L_{PHD} :

Berdasarkan brosur material PHD pada Lampiran 2:

Kapasitas tampung PHD, $Q_{PHD} = 2,40 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dtk}$

Pada tabel “Pemampatan kumulatif tiap tahapan beban, Sc kumulatif timbunan kemiringan lereng 1:2 metode *vacuum pre-loading* jarak antarPVD 1,1 m” pada Lampiran 4, Penurunan terbesar yang terjadi dalam satu (1) minggu, $\Delta Sc_{\max} = 0,082 \text{ m}$; terjadi pada minggu ke-3.

Maka volume air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, V_{air} :

$$\begin{aligned} V_{\text{air}} &= B_{\text{timb}} * S_{\text{memanjang}} * \Delta Sc_{\max} \\ &= 68,5 * 0,95 * 0,082 \\ &= 5,34 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debit air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, Q_{air} :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= V_{\text{air}} / t \\ &= 5,34 / (7 * 24 * 3600) \\ &= 8,82 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Rasio kapasitas tampung terhadap debit air yang keluar:

$$\begin{aligned} Q_{PHD} / Q_{\text{air}} &= [(2,40 * 10^{-5}) / 8,82 * 10^{-6}] / FS \\ &= [2,72] / 1,25 \\ &= 2,17 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rasio di atas, maka diketahui keluaran air dari tiap dua (2) baris PVD dapat disalurkan ke parit drainase oleh satu (1) PHD yang membentang selebar timbunan. Perhitungan L_{PHD} :

$$\begin{aligned} L_{PHD} &= n_{\text{baris}} * B_{\text{timb}} \\ &= 66 * 68,5 \\ &= \mathbf{4521 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.12):

Tabel 5. 12 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:2 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	8563 m ²	1.000.000	8,563
2	Timbunan	51848 m ³	200.000	10,370
3	Geotextile	162825 m ²	17.000	2,768
4	PVD	81880 m	3.500	0,287
5	PHD	4521 m	117.000	0,529
Total				22,516
6	Pengadaan pompa	6	17.500.000	0,105
7	Operasional @pompa	27 minggu	1.800.000	0,291
Total				22,913

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-27

5.2.6.3 Metode GESC

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, dan PHD sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Sedangkan untuk kebutuhan material PVD terjadi perubahan. Kemudian ditambah dengan kebutuhan material isi *stone column* (kerikil) dan *geotextile* sebagai selubung.

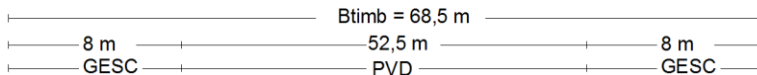
- Panjang PVD, L_{PVD} :

Dari lebar timbunan, $B_{timb} = 68,5$ m; telah digunakan untuk pemasangan *stone column* pada masing-masing sisi kanan dan kiri selebar $1 * (4 + 4) = 8$ m. Lebar tanah dasar yang belum diperbaiki oleh sistem drainase vertikal (selanjutnya disebut lebar sisa) yaitu $68,5 - (2 * 8) = 52,5$ m.

Biaya pemasangan PVD lebih murah daripada biaya pemasangan *stone columns*, sehingga lebar sisa sebaiknya menggunakan PVD. Untuk kasus dimana lebar sisa relatif sempit

(± 10 m), sebaiknya digunakan pula *stone columns* sebagai drainase vertikal, mempertimbangkan keringkas konstruksi.

Untuk kasus ini, dimana lebar sisa = 52,5 m; PVD digunakan di daerah yang tidak terpasang *stone columns* (Gambar 5.15).



Gambar 5. 15 Pemasangan PVD dan *stone column* sepanjang potongan timbunan kemiringan lereng 1:2

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1$ m, sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{memanjang}$:

$$\begin{aligned}
 S_{memanjang} &= 0,866 * S \\
 &= 0,866 * 1 \\
 &= 0,866 \sim 0,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned}
 n_{baris} &= \frac{L_{timb}}{S_{memanjang}} \\
 &= \frac{125}{0,85} \\
 &= 147,06 \sim 147 \text{ baris} \\
 &\text{(74 baris urutan ganas dan 73 baris urutan genap)}
 \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned}
 n_{titik} &= \frac{B_{timb} - 2 * (4+4) * 1}{S} \\
 &= \frac{68,5 - 16}{1} \\
 &= 52,5 \text{ titik}
 \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 53 titik

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 52 titik

Jumlah semua titik, $n_{\text{titik-total}}$:

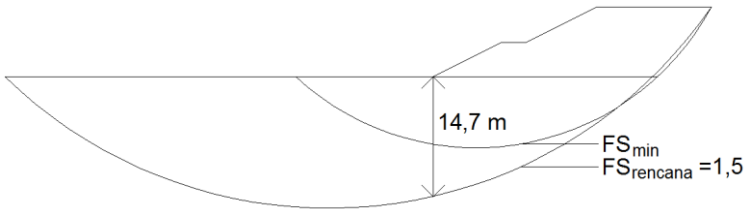
$$\begin{aligned} n_{\text{titik-PVD}} &= (74 * 53) + (73 * 52) \\ &= 7718 \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PVD}} &= n_{\text{titik-PVD}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 7718 * 10 \\ &= \mathbf{77180 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Kerikil:

Stone column dipasang hingga kedalaman bidang longsor yang memiliki nilai FS sebesar $FS_{\text{rencana}} = 1,5$. Dengan menggunakan XSTABL, didapatkan kedalaman $Z_{\text{stone}} = 14,7 \text{ m}$ (Gambar 5.16).



Gambar 5. 16 Kedalaman pasang stone column untuk timbunan dengan kemiringan lereng 1:2

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{\text{baris}} &= \frac{L_{\text{timb}}}{S_{\text{memanjang}}} \\ &= \frac{125}{1,7} \\ &= 74,7 \sim 75 \text{ baris} \\ &\quad (38 \text{ baris urutan gasal dan } 37 \text{ baris urutan genap}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{titik-stone}} &= 2 * (38 * 4 + 37 * 4) \\ &= 600 \text{ titik} \end{aligned}$$

Maka volume kerikil, V_{kerikil} :

$$\begin{aligned} V_{\text{kerikil}} &= A_{\text{stone}} * Z_{\text{stone}} * n_{\text{titik-stone}} \\ &= (\pi / 4 * D^2) * 14,7 * 600 \\ &= \mathbf{6928 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- Luas selubung *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

Berdasarkan perhitungan pada Subbab 5.2.4.3, jumlah lapis yang dibutuhkan sebagai selubung pada masing-masing *stone column* adalah sebanyak satu (1) lapis. Maka $A_{\text{geotextile}}$:

$$\begin{aligned} A_{\text{geotextile}} &= \pi * D * Z_{\text{Stone}} * n_{\text{lapis}} * n_{\text{titik-stone}} \\ &= \pi * 1 * 14,7 * 1 * 600 \\ &= \mathbf{27709 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.13):

Tabel 5. 13 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:2 metode GESC jarak antarPVD 1,0 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	8563 m ²	1.000.000	8,563
2	Timbunan	51848 m ³	200.000	10,370
3	PHD	4521 m	117.000	0,529
Total				19,462
4	PVD	77180 m	3.500	0,270
5	Kerikil	6928 m ³	225.000	1,559
6	<i>Geotextile</i> sebagai selubung	27709 m ²	17.000	0,471
Total				21,762

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-24

5.3 Perhitungan Timbunan Kemiringan Lereng 1:1,5

5.3.1 Tinggi Timbunan Awal (H_{awal})

Penjelasan langkah-langkah perhitungan H_{awal} terdapat pada Subbab 2.4.1. Dari data spesifikasi beban (Subbab 4.4.1) dan hasil stratigrafi parameter data tanah (Subbab 4.3.2) dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- 1) Menentukan asumsi tinggi timbunan setelah terjadi pemampatan sebesar, $H_{timb} = 7$ m.
- 2) Menghitung Sc_{timb} berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Tinggi beban timbunan sebesar $H_{timb} = 7$ m.

Diasumsikan nilai tegangan prakonsolidasi tanah, P'_c , merupakan tegangan overburden tanah, P'_0 , ditambah beban akibat fluktuasi muka air tanah, $H_{fluktuasi}$. Dimana $H_{fluktuasi} = 2$ m, maka:

$$\begin{aligned} P'_c &= P'_0 + (H_{fluktuasi} * \gamma_{air}) \\ &= P'_0 + (2 * 1) \\ &= (P'_0 + 2) \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Didapatkan besar $Sc_{timb} = 1,008$ m.

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 3) Menghitung H_{awal} dengan rumus sebagai berikut:

Diasumsikan $\gamma_{timb} = \gamma_{sat-timb}$ sehingga perhitungan H_{awal} menggunakan persamaan (2-13):

$$\begin{aligned} H_{awal} &= H_{timb} + \frac{Sc_{timb} * \gamma_{air}}{\gamma_{timb}} \\ &= 7 + \frac{1,008 * 1}{1,80} = 7,560 \text{ m} \end{aligned}$$

- 4) Menghitung nilai parameter tanah setelah terjadi pemampatan menggunakan persamaan (2-14), (2-15), dan (2-16). Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 5) Menghitung $Sc_{preloading}$ berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Nilai parameter tanah berubah sesuai penjelasan pada langkah (4). Tinggi beban timbunan sebesar $H_{preloading}$.

Berdasarkan persamaan (2-17):

$$\begin{aligned} H_{preloading} &= \frac{(H_{pavement} * \gamma_{pavement}) + q_{lalin}}{\gamma_{timb}} \\ &= \frac{(0,60 * 2,20) + 1,50}{1,80} \\ &= 1,57 \text{ m} \end{aligned}$$

Didapatkan $Sc_{preloading} = 0,063 \text{ m}$.

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 6) Menghitung Sc_{total} berdasarkan persamaan (2-15):

$$\begin{aligned} Sc_{total} &= Sc_{timb} + Sc_{preloading} \\ &= 1,008 + 0,063 \\ &= 1,071 \text{ m} \end{aligned}$$

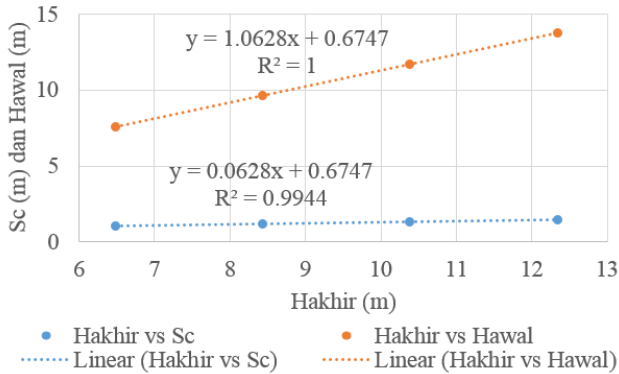
- 7) Menghitung H_{akhir} berdasarkan persamaan (2-16):

$$\begin{aligned} H_{akhir} &= H_{awal} - Sc_{total} \\ &= 7,560 - 1,071 \\ &= 6,489 \text{ m} \end{aligned}$$

- 8) Mengulang semua langkah di atas pada beberapa permisalan H_{timb} yang berbeda, yaitu $H_{timb} = 9 \text{ m}$; $H_{timb} = 11 \text{ m}$; dan $H_{timb} = 13 \text{ m}$. Rangkuman terdapat pada Tabel 5.14 dan Gambar 5.17.

Tabel 5. 14 Rangkuman penentuan tinggi timbunan kemiringan lereng 1:1,5

H_{timb} (m)	Sc_{timb} (m)	H_{awal} (m)	$Sc_{preloading}$ (m)	Sc_{total} (m)	H_{akhir} (m)
7	1.008	7.560	0.063	1.071	6.489
9	1.164	9.647	0.051	1.215	8.432
11	1.292	11.718	0.044	1.336	10.382
13	1.401	13.778	0.039	1.439	12.339



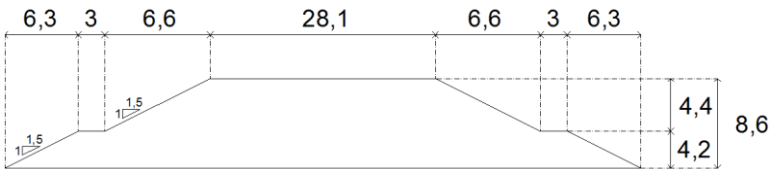
Gambar 5. 17 Grafik hubungan H_{akhir} vs H_{awal} dan H_{akhir} vs SC_{total} timbunan kemiringan lereng 1:1,5

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

9) Dari rumus *trendline* pada Gambar 5.17 didapatkan:

$$\begin{aligned} H_{awal} &= 1,0628 * H_{akhir} + 0,6747 \\ &= 1,0628 * 7,40 + 0,6747 \\ &= 8,54 \text{ m (dibulatkan menjadi 8,60 m)} \end{aligned}$$

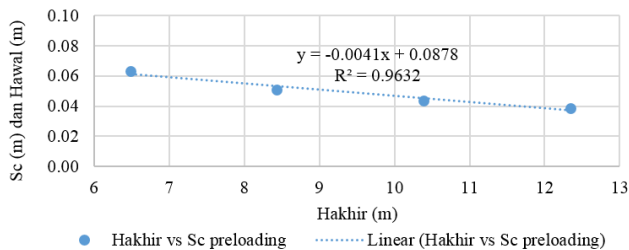
$$\begin{aligned} SC_{total} &= 0,0628 * H_{akhir} + 0,6747 \\ &= 0,0628 * 7,40 + 0,6747 \\ &= 1,14 \text{ m (dibulatkan menjadi 1,20 m)} \end{aligned}$$



Gambar 5. 18 Cross section timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5 hasil perhitungan H_{akhir} vs H_{awal}

5.3.2 Perhitungan Kebutuhan *Overlay*

Dari perhitungan pada Subbab 5.1.3 diketahui bahwa derajat konsolidasi sebelum dan sesudah terjadi pemampatan bernilai sama akibat nilai C_v yang sama. Penurunan pada tiap tahun masa layan jalan dihitung dari hasil perkalian $Sc_{preloading}$ dengan derajat konsolidasi masing-masing (Tabel 5.1). Jika besar penurunan < 15 cm, maka belum perlu dilakukan *overlay*. Dari Tabel 5.3, hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ ditunjukkan pada Gambar 5.19.



Gambar 5. 19 Grafik hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ timbunan kemiringan lereng 1:2

Dari rumus *trendline* pada Gambar 5.19 didapatkan:

$$\begin{aligned} H_{awal} &= -0,0041 * H_{akhir} + 0,0878 \\ &= -0,0041 * 7,40 + 0,0878 \\ &= 0,057 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 5. 15 Kebutuhan overlay timbunan kemiringan lereng 1:1,5

No	Tahun ke-i	U_{v_i}	Pemampatan pada tahun ke-i, Sc_i * (m)	<i>Overlay</i>
1	1	11.2%	0.006	Tidak perlu
2	2	15.8%	0.009	Tidak perlu
3	3	19.4%	0.011	Tidak perlu
4	4	22.4%	0.013	Tidak perlu
5	5	25.0%	0.014	Tidak perlu

*) $Sc_i = U_{v_i} * Sc_{preloading}$

5.3.3 Stabilitas Timbunan

Penjelasan langkah-langkah perhitungan stabilitas timbunan terdapat pada Subbab 2.4.4. Sebelum menghitung stabilitas timbunan, perlu menghitung peningkatan nilai Cu, yang dijelaskan pada Tabel 5.16.

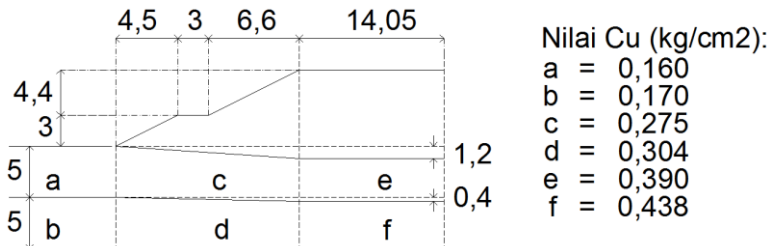
Tabel 5. 16 Nilai Cu baru pada lapisan tanah dasar akibat beban timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5

Lapisan tanah	Total ΔP * (kg/cm ²)	PI (%)	Cu (kg/cm ²)			
			Lama	Baru	Baru rata2	Transisi **
1	1.560	31.74	0.160	0.369	0.390	0.275
2	1.617			0.380		
3	1.672			0.390		
4	1.726			0.401		
5	1.778			0.410		
6	1.829	32.89	0.170	0.420	0.438	0.304
7	1.878			0.429		
8	1.926			0.438		
9	1.973			0.447		
10	2.019			0.456		

*) Nilai pada tabel “Tegangan tiap tahap ke-i, Sc_i ” pada Lampiran 5

**) Cu transisi = (Cu lama + Cu baru rata2) / 2

Pada tabel “Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i ” pada Lampiran 5, pemampatan yang terjadi pada tanah dasar kedalaman 5 s/d 10 m sebesar 0,400 m. Penyederhanaan bentuk timbunan setelah terjadi pemampatan terdapat pada Gambar 5.20.



Gambar 5. 20 Bentuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 dan nilai C_u tanah dasar setelah timbunan mengalami pemampatan

Stabilitas *bearing* dihitung sebagai berikut:

$$\text{Lebar timbunan, } B_{\text{timb}} = 2 * 14,05 = 28,1 \text{ m}$$

$$\text{Ketebalan lapisan lempung lunak, } H_{\text{lempung}} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Rasio } B_{\text{timb}} / H_{\text{lempung}} = 28,1 / 10 = 2,81$$

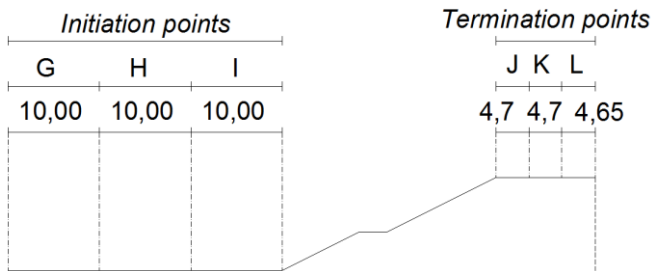
Berdasarkan Gambar 2.5, untuk rasio $B_{\text{timb}} / H_{\text{lempung}} = 2,81$; nilai $N_c = 5,14 + 0,5 * (2,81 - 1,49) = 5,14 + 0,66 = 5,80$

Berdasarkan persamaan (2-21):

$$\begin{aligned} SF_{\text{bearing}} &= \frac{C_u * N_c}{\gamma_{\text{timb}} * H_{\text{timb}}} ; \text{Nilai } C_u = 0,390 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Gambar 5.20)} \\ &= \frac{3,90 * 5,80}{1,80 * 8,60} \\ &= 1,461 \end{aligned}$$

$SF_{\text{kritis}} = 1 < SF_{\text{bearing}} = 1,461 < SF_{\text{rencana}} = 1,5$ (Subbab 4.4.1)
(aman, tetapi belum memenuhi persyaratan)

Pada Tugas Akhir ini perhitungan stabilitas *overall* dibantu oleh program XSTABL. Data dimensi timbunan dan nilai C_u yang di-*input* ditunjukkan pada Gambar 5.16. Masing-masing *initiation points* dan *termination points* pada XSTABL dibagi menjadi tiga bagian (Gambar 5.21) sehingga terdapat sembilan pasang. Pada setiap pasang *initiation point* dan *termination point*, diambil 1 bidang longsor dengan nilai FS terendah untuk kemudian dibandingkan.



Gambar 5. 21 Skema analisa stabilitas *overall* pada XSTABL timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5

Dari hasil *running* XSTABL, didapatkan hasil kesembilan bidang longsor yang terangkum pada Tabel 5.17.

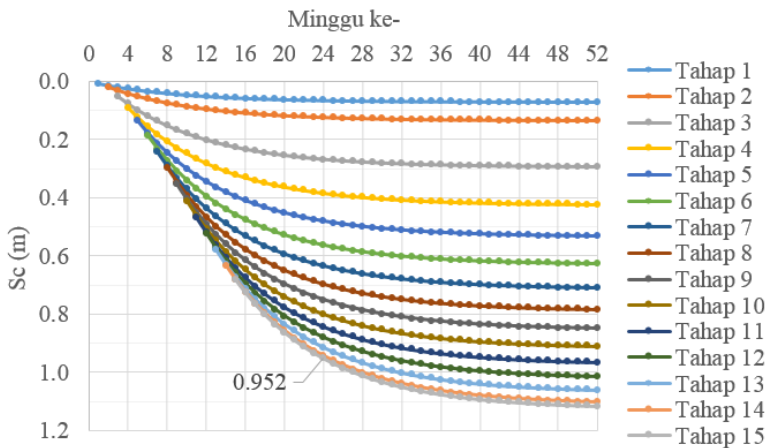
Tabel 5. 17 Hasil analisa XSTABL timbunan kemiringan lereng 1:1,5

<i>Initiation points</i>	<i>Terminati on points</i>	$F_{S_{min}}$	Mr (kNm)	ΔMr (kNm)	T_i (m)	R (m)
G	J	1.476	26340	428	17.74	23.87
G	K	1.277	33850	5911	19.68	26.63
G	L	1.237	45560	9687	22.22	30.19
H	J	1.293	15050	2409	12.81	16.92
H	K	1.232	24830	5401	16.19	21.71
H	L	1.227	30610	6811	17.86	24.04
I	J	1.258	13140	2528	11.94	15.66
I	K	1.225	15220	3417	12.69	16.60
I	L	1.236	22470	4799	15.29	20.28

5.3.4 Penimbunan Bertahap

5.3.4.1 Metode *Soil Pre-loading* dan *GESC*

Penjelasan langkah-langkah perhitungan penimbunan bertahap terdapat pada Subbab 2.4.3. Pada tiap tahapan (minggu), dapat dilakukan penimbunan setinggi 0,60 m. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan $H_{awal} = 8,60$ m; sehingga timbunan dibagi menjadi 15 tahap. Tahap ke-1 s/d 14 setinggi 0,60 m; dan tahap ke-15 setinggi 0,20 m. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 5.



Gambar 5. 22 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode soil pre-loading dan GESC jarak antarPVD 1,0 m

Terlihat pada Gambar 5.22, pemampatan yang terjadi pada minggu ke-24 sebesar 0,952 m ($0,952 / 1,14 = 83,5\%$ S_c rencana). Nilai tersebut kemudian dijadikan acuan perbandingan terhadap metode *vacuum pre-loading* yang akan dibahas pada Subbab 5.3.3.2.

5.3.4.2 Metode *Vacuum Pre-loading*

Dalam metode *vacuum pre-loading*, perhitungan beban bertahap dipengaruhi oleh kekuatan pompa vakum, ΔP_{pompa} .

Berdasarkan persamaan (2-23):

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm lokal lokasi studi kasus} &= 101325 - 1,23 * 9,81 * 19 \\ &= 101096 \text{ Pa} \\ &= 10,30 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2-22):

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{pompa}} &= 80\% * 10,30 \\ &= 8,244 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

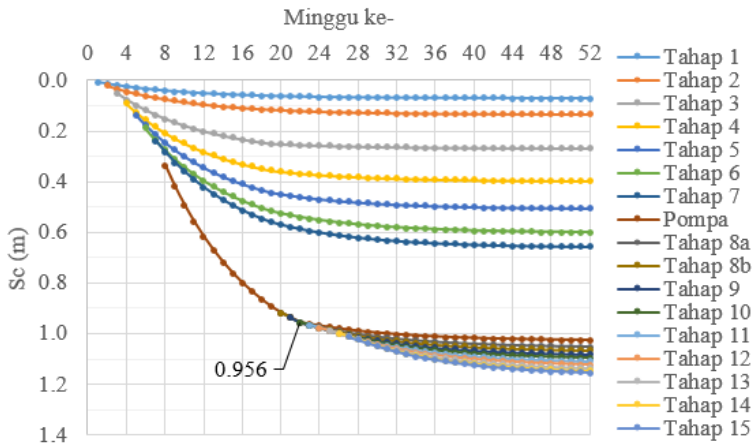
Berdasarkan persamaan (2-24):

$$H_{\text{pompa}} = 8,244 / 1,8 = 4,58 \sim 4,60 \text{ m}$$

Seperti dijelaskan sebelumnya, H_{awal} metode *vacuum pre-loading* sama dengan H_{awal} *soil pre-loading*, yaitu $H_{\text{awal}} = 8,60 \text{ m}$; sehingga kebutuhan timbunan sebagai beban tambahan selain beban vakum sebesar: $8,60 - H_{\text{pompa}} = 8,60 - 4,60 = 4,00 \text{ m}$

Tiap tahapan (minggu), dapat dilakukan penimbunan setinggi maksimum 0,6 m. Kebutuhan timbunan setinggi 4,00 m dibagi menjadi 7 tahap penimbunan, dengan tahap ke-1 s/d 6 setinggi 0,60 m, dan tahap ke-7 setinggi 0,40 m. Beban pompa berada di antara tahap ke-2 dan tahap ke-3, karena diasumsikan beban pompa baru diaplikasikan setelah dilakukan penimbunan setinggi 2 tahap, yang juga digunakan sebagai lantai kerja.

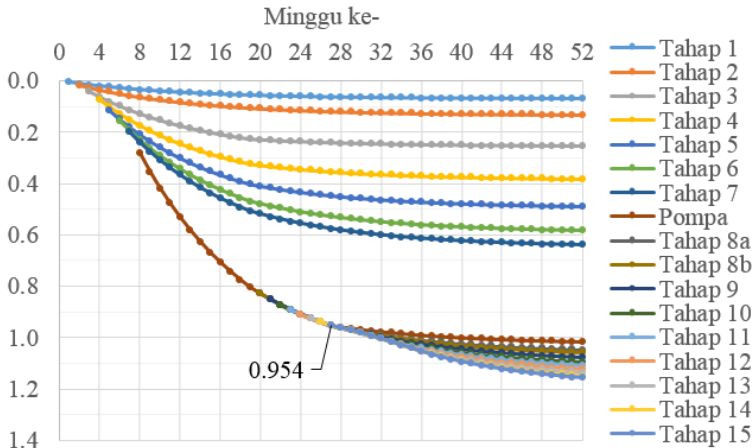
Setelah besar pemampatan rencana tercapai, pompa vakum dimatikan, kemudian melanjutkan proses penimbunan hingga tinggi rencana. Sisa timbunan yang belum ditimbun sebesar tinggi setara H_{pompa} yaitu 4,60 m. Dibagi menjadi 8 tahap penimbunan, dengan tahap ke-8 s/d 14 setinggi 0,60 m, dan tahap ke-15 setinggi 0,40 m. Tahap ke-8 dibagi menjadi dua (2) bagian, yaitu tahap ke-8a setinggi 0,20 m; dan tahap ke-8b setinggi 0,40 m. Pembagian tahap ke-8 tersebut terkait dengan bentuk timbunan yang terbagi menjadi timbunan bawah setinggi 4,20 m; dan timbunan atas setinggi 4,40 m. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 5.



Gambar 5. 23 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m

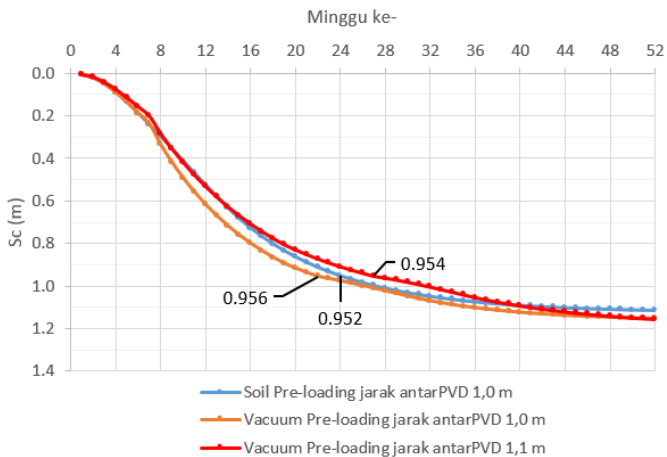
Terlihat pada Gambar 5.23, pemampatan yang terjadi pada minggu ke-22 sebesar 0,956 m; relatif sama dengan pemampatan yang terjadi pada minggu ke-24 metode *soil pre-loading* yaitu sebesar 0,952 m (Subbab 5.3.3.1). Maka pompa dapat dimatikan pada minggu ke-22 tersebut. Setelah terjadi pemampatan, nilai-nilai parameter tanah berubah. Pemampatan selanjutnya dihitung berdasarkan nilai-nilai parameter tanah yang telah berubah tersebut. Perhitungan selengkapnya pada Lampiran 5.

Pada Tugas Akhir ini, juga dilakukan perhitungan metode *vacuum pre-loading* yang menghasilkan besar pemampatan relatif sama dengan metode *soil pre-loading* (dalam kasus ini 0,952 m) pada lama waktu yang sama (dalam kasus ini minggu ke-24). Hal tersebut dapat dilakukan dengan memperlebar jarak antarPVD (dalam kasus ini jarak antarPVD menjadi 1,1 m; dari sebelumnya 1,0 m). Sehingga didapatkan pemampatan sebesar 0,954 m pada minggu ke-27 (Gambar 5.24).



Gambar 5. 24 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

Perbandingan S_c bertahap masing-masing metode untuk timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5 ditunjukkan pada Gambar 5.25.



Gambar 5. 25 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1,5 masing-masing metode

5.3.5 Perkuatan

5.3.5.1 *Geotextile* pada Metode *Soil Pre-loading* dan *Vacuum Pre-loading*

Perkuatan yang digunakan pada metode *soil pre-loading* dan metode *vacuum pre-loading* adalah *geotextile* pada timbunan, yang langkah-langkah perhitungannya dijelaskan pada Subbab 2.6. Dari data spesifikasi material (Subbab 4.4.2), kekuatan tarik *tensile geotextile*, $T = 52 \text{ kN/m}$. Berdasarkan persamaan (2-26):

$$T_{\text{allow}} = \frac{T}{\text{FS}_{\text{id}} * \text{FS}_{\text{cr}} * \text{FS}_{\text{cd}} * \text{FS}_{\text{bd}}}$$

$$= \frac{52}{1,1 * 2 * 1,1 * 1,1}$$

$$= 19,53 \text{ kN/m}$$

Rangkuman kebutuhan panjang *geotextile* tiap satu (1) m arah memanjang jalan, L_3 kesembilan bidang longsor terdapat pada Tabel 5.18. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 5.

Tabel 5. 18 Rangkuman L_3 timbunan kemiringan lereng 1:1,5

<i>Initiation points</i>	<i>Termination points</i>	Jumlah lapis <i>geotextile</i>	L_3 (m)
G	J	2	95
G	K	19	709.4
G	L	27	1200.8
H	J	13	398
H	K	22	834.2
H	L	25	1037.8
I	J	15	473.8
I	K	19	655
I	L	21	818.2

max

Dari Tabel 5.18 terlihat bahwa bidang longsor pada daerah *initiation points* G dan *termination points* L, membutuhkan paling banyak *geotextile*, sehingga dipilih untuk digunakan dalam perhitungan selanjutnya (perhitungan kebutuhan material).

5.3.5.2 *Stone Column* pada Metode *GESC*

Perkuatan yang digunakan pada metode *GESC* adalah *stone column* yang diselubungi oleh *geotextile*, yang langkah-langkah perhitungannya dijelaskan pada Subbab 2.7.3. Perhitungan perkuatan berdasarkan perhitungan stabilitas timbunan yang telah dilakukan sebelumnya pada Subbab 5.2.2. Perkuatan dilakukan pada bidang longsor yang memiliki ΔMr terbesar pada Tabel 5.18.

Berdasarkan Tabel 5.17:

$$\Delta Mr \text{ terbesar} = 9687 \text{ kNm} \quad \rightarrow R = 30,19 \text{ m}$$

Maka:

$$\sum_{i=1}^n P_z \geq \Delta Mr / R = 9687 / 30,19 = 320,87 \text{ kN}$$

Jarak antar-*stone columns* arah memanjang jalan,
 $S_{\text{memanjang}}$:

$$\begin{aligned} S_{\text{memanjang}} &= 0,866 * S; \quad \text{digunakan } S = 2 \text{ m} \\ &= 0,866 * 2 \\ &= 1,73 \sim 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan dilakukan secara berpasangan antara baris urutan ganjil dan baris urutan genap, sehingga sepasang baris tersebut bertanggung jawab menahan beban $2 * S_{\text{memanjang}} = 2 * 1,7 = 3,4 \text{ m}$.

$$\sum_{i=1}^n P_z \text{ sepasang baris } \textit{stone column} \geq 3,4 * 320,87 = 1091 \text{ kN}$$

Perhitungan:

D	1	m
S	2	m
De	2.1	m
C1	0.9069	konstanta
a(stone)	0.227	
a(clay)	0.773	
n	5	(asumsi)
μ (stone)	2.622	

$\mu(\text{clay})$	0.524
$A(\text{stone})$	0.785 m ²
$\Phi(\text{clay})$	0 derajat
$\Phi(\text{stone})$	40 derajat
$\gamma(\text{clay})$	16.5 kN/m ³
$\gamma(\text{stone})$	24 kN/m ³
$\gamma(\text{timb})$	18 kN/m ³
$\gamma(\text{air})$	10 kN/m ³
$C_u(\text{clay})$	16 kN/m ²
$C_u(\text{stone})$	0 kN/m ²

Dari perhitungan didapatkan hasil kebutuhan *stone column* sejumlah: 4 pada baris urutan gasal dan 4 pada baris urutan genap. Rangkuman perhitungan P_{z_i} terdapat pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20.

Tabel 5. 19 Perhitungan P_{z_i} pada baris urutan gasal timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5

N o	H_{timb} (m)	Z_{stone} (m)	β (°)	σ_s (kN/ m ²)	σ_z (kN/ m ²)	σ_n (kN/ m ²)	τ_z (kN/ m ²)	P_z (kN)
1	0.33	7.9	4.6	15.7	125.9	125.1	105.0	82.7
2	1.67	8.0	0.6	78.7	190.2	190.2	159.6	125.3
3	3.00	7.9	2.9	141.6	252.5	251.9	211.4	166.2
4	4.20	7.8	6.8	198.2	306.9	302.5	253.8	200.8
Total								575.1

Tabel 5. 20 Perhitungan P_{z_i} pada baris urutan genap timbunan dengan kemiringan lereng 1:1,5

N o	H_{timb} (m)	Z_{stone} (m)	β (°)	σ_s (kN/ m ²)	σ_z (kN/ m ²)	σ_n (kN/ m ²)	τ_z (kN/ m ²)	P_z (kN)
1	1.00	7.9	2.9	47.2	158.3	157.9	132.5	104.2
2	2.33	8.0	1.1	110.1	221.6	221.5	185.8	146.0
3	3.67	7.9	4.6	173.1	283.1	281.3	236.0	186.0
4	4.20	7.6	8.5	198.2	305.0	298.3	250.3	198.8
Total								634,9

$$\sum_{i=1}^n P_z = 575,1 + 634,9 = 1210 \text{ kN} > 1091 \text{ kN} \quad (\text{OK})$$

5.3.5.3 Geotextile sebagai Selubung (Case) Stone Column

Langkah-langkah perhitungan terdapat pada Subbab 2.7.4, perhitungan dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Menghitung beban vertikal, σ_v :

Dari Tabel 5.19 dan Tabel 5.20 diketahui bahwa timbunan tertinggi yang membebani *stone column* setinggi $H_{\text{timb}} = 4,20$ m.

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma_{\text{timb}} * H_{\text{timb}} \\ &= 18 * 4,20 \\ &= 75,60 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 2) Menghitung tekanan horisontal aktif, σ_{ha} :

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2(45^\circ - \Phi_{\text{stone}}/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 40^\circ/2) \\ &= 0,217 \\ \sigma_{ha} &= (\sigma_v * \mu_{\text{stone}}) * K_a \\ &= (75,60 * 2,622) * 0,217 \\ &= 43,10 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 3) Menghitung tekanan horisontal pasif, σ_{hp} :

$$\begin{aligned}K_p &= \tan^2(45^\circ + \Phi_{\text{clay}}/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 0^\circ/2) \\ &= 1 \\ \sigma_{ha} &= (\sigma_v * \mu_{\text{clay}}) * K_a \\ &= (75,60 * 0,524) * 1 \\ &= 39,65 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 4) Menghitung selisih tekanan horisontal pada selubung, $\Delta\sigma_h$:

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_h &= \sigma_{ha} - \sigma_{hb} \\ &= 43,10 - 39,65 \\ &= 3,46 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 5) Menghitung gaya pada selubung, W :

$$\begin{aligned} \text{Keliling selubung, } K &= \pi * D \\ &= 3,14 * 1 \\ &= 3,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \Delta\sigma h * K \\ &= 3,46 * 3,14 \\ &= 10,86 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- 6) Menghitung kuat tarik *geotextile* yang dibutuhkan, Fr :

$$\begin{aligned} Fr &= W * \tan(\delta) * FS \\ &= W * \tan(2/3 * \Phi_{\text{stone}}) * FS \\ &= 10,86 * \tan(2/3 * 40^\circ) * 3 \\ &= 16,37 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- 7) Menghitung kebutuhan *geotextile*:

Kuat tarik 1 lapis *geotextile*, T_{allow} :

$$T_{\text{allow}} = \frac{T}{FS_{\text{id}} * FS_{\text{cr}} * FS_{\text{cd}} * FS_{\text{bd}}} = \frac{52}{1,1 * 2 * 1,1 * 1,1} = 19,53 \text{ kN/m}$$

Karena $Fr = 16,37 \text{ kN/m} < T_{\text{allow}} = 19,53 \text{ kN/m}$

maka *stone column* perlu diberi selubung *geotextile* sebanyak 1 lapis.

5.3.6 Volume dan Biaya Material

5.3.6.1 Metode *Soil Pre-loading*

- Luas lahan, A_{lahan} :

Berdasarkan Gambar 5.18, lebar timbunan oprit bagian bawah, B_{timb} :

$$\begin{aligned} B_{\text{timb}} &= 28,1 + 2 * (6,6 + 3 + 6,3) \\ &= 59,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang oprit, $L_{\text{timb}} = 125 \text{ m}$ (Subbab 4.3.1), maka luas lahan yang dibutuhkan, A_{lahan} :

$$\begin{aligned} A_{\text{lahan}} &= B_{\text{timb}} * L_{\text{timb}} \\ &= 59,9 * 125 \\ &= \mathbf{7488 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Volume timbunan, V_{timb} :

Berdasarkan Gambar 5.18, luas penampang timbunan, A_{timb} :

$$\begin{aligned} A_{\text{timb}} &= (28,1+41,3) * 4,4 * \frac{1}{2} + (47,3+59,9) * 4,2 * \frac{1}{2} \\ &= 377,59 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{timb}} &= A_{\text{timb}} * L_{\text{timb}} \\ &= 414,78 * 125 \\ &= \mathbf{47199 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- Luas *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

Berdasarkan rangkuman perhitungan pada Tabel 5.18, kebutuhan *geotextile* terpanjang $L_3 = 1200,8 \text{ m}$; maka luas total kebutuhan *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

$$\begin{aligned} A_{\text{geotextile}} &= L_3 * L_{\text{timb}} \\ &= 1200,8 * 125 \\ &= \mathbf{150100 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Panjang PVD, L_{PVD} :

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1,0$ m (Subbab 5.1.2), sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{memanjang}$:

Berdasarkan Gambar 2.2 (b):

$$\begin{aligned} S_{memanjang} &= 0,866 * S \\ &= 0,866 * 1 \\ &= 0,866 \sim 0,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{baris} &= \frac{L_{timb}}{S_{memanjang}} \\ &= \frac{125}{0,85} \\ &= 147,06 \sim 147 \text{ baris} \\ &\text{(74 baris urutan gasal dan 73 baris urutan genap)} \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned} n_{titik} &= \frac{B_{timb}}{S} \\ &= \frac{59,9}{1} \\ &= 59,9 \text{ titik} \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 60 titik

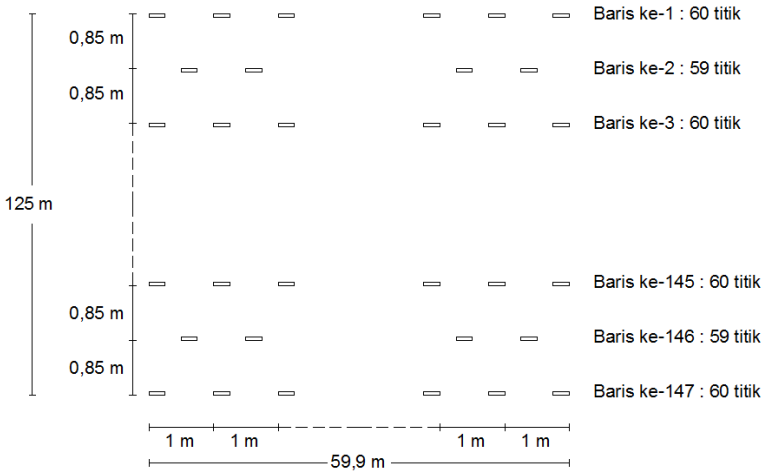
Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 59 titik

Jumlah semua titik, $n_{titik-total}$:

$$\begin{aligned} n_{titik \text{ total}} &= (74 * 60) + (73 * 59) \\ &= 8747 \text{ (Gambar 5.24)} \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{PVD} &= n_{titik \text{ total}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 8747 * 10 \\ &= \mathbf{87470 \text{ m}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 26 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode soil pre-loading jarak antar PVD 1,0 m

- Panjang PHD, L_{PHD} :

Berdasarkan brosur material PHD pada Lampiran 2:

Kapasitas tampung PHD, $Q_{PHD} = 2,40 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dtk}$

Pada tabel “Pemampatan kumulatif tiap tahapan beban, S_c kumulatif timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode *soil pre-loading*” pada Lampiran 5, Penurunan terbesar yang terjadi dalam satu (1) minggu, $\Delta S_{c_{max}} = 0,057 \text{ m}$; terjadi pada minggu ke-10.

Maka volume air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, V_{air} :

$$\begin{aligned} V_{air} &= B_{timb} * S_{memanjang} * \Delta S_{c_{max}} \\ &= 59,9 * 0,85 * 0,057 \\ &= 2,91 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debit air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, Q_{air} :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= V_{\text{air}} / t \\ &= 2,91 / (7 * 24 * 3600) \\ &= 4,80 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Rasio kapasitas tampung terhadap debit air yang keluar:

$$\begin{aligned} Q_{\text{PHD}} / Q_{\text{air}} &= [(2,40 * 10^{-5}) / (4,80 * 10^{-6})] / \text{FS} \\ &= [5] / 1,25 \\ &= 4,00 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rasio di atas, maka diketahui keluaran air dari tiap dua (2) baris PVD dapat disalurkan ke parit drainase oleh satu (1) PHD yang membentang selebar timbunan. Perhitungan L_{PHD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PHD}} &= n_{\text{baris}} * B_{\text{timb}} \\ &= 74 * 59,9 \\ &= \mathbf{4433 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.21):

Tabel 5. 21 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode soil pre-loading

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	7488 m ²	1.000.000	7,488
2	Timbunan	47199 m ³	200.000	9,440
3	<i>Geotextile</i>	150100 m ²	17.000	2,552
4	PVD	87470 m	3.500	0,306
5	PHD	4433 m	117.000	0,519
Total				20,304

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-24

5.3.6.2 Metode Vacuum Pre-loading

Perhitungan kebutuhan material metode *vacuum pre-loading* dilakukan sebanyak dua (2) macam, yaitu:

- (a) Jika jarak antarPVD sama seperti pada metode *soil pre-loading* (waktu pemampatan lebih cepat)

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, *geotextile*, PVD, dan PHD sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Kemudian ditambah dengan biaya pengadaan dan operasional pompa.

- Jumlah pompa, n_{pompa} :

Berdasarkan Tabel 2.3, pompa berdaya 7,5 kW memiliki luas pengaruh maksimum, $A_{pompa} = 1500 \text{ m}^2$, maka:

$$\begin{aligned} n_{pompa} &= A_{lahan} / A_{pompa} \\ &= 7488 / 1500 \\ &= 4,99 \sim \mathbf{5 \text{ pompa}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.22):

Tabel 5. 22 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	7488 m ²	1.000.000	7,488
2	Timbunan	47199 m ³	200.000	9,440
3	<i>Geotextile</i>	150100 m ²	17.000	2,552
4	PVD	87470 m	3.500	0,306
5	PHD	4433 m	117.000	0,519
Total				20,304
6	Pengadaan pompa	5	17.500.000	0,088
7	Operasional @pompa	22 minggu	1.800.000	0,198
Total				20,590

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-22

- (b) Jika jarak antarPVD diperlebar (waktu pemampatan disamakan seperti pada metode *soil pre-loading*).

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, dan *geotextile* sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Sedangkan untuk kebutuhan material PVD dan PHD terjadi perubahan. Kemudian ditambah dengan biaya pengadaan dan operasional pompa.

- Jumlah pompa, n_{pompa} :

Sama seperti pada poin Subbab 5.3.5.2 (a):

$$n_{pompa} = \mathbf{5 \text{ pompa}}$$

- Panjang PVD, L_{PVD} :

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1,1$ m; sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{memanjang}$:

Berdasarkan Gambar 2.2 (b):

$$\begin{aligned} S_{memanjang} &= 0,866 * S \\ &= 0,866 * 1,1 \\ &= 0,953 \sim 0,95 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{baris} &= \frac{L_{timb}}{S_{memanjang}} \\ &= \frac{125}{0,95} \\ &= 131,57 \sim 131 \text{ baris} \\ &\text{(66 baris urutan gasal dan 65 baris urutan genap)} \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned} n_{titik} &= \frac{B_{timb}}{S} \\ &= \frac{59,9}{1,1} \\ &= 54,45 \text{ titik} \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 55 titik

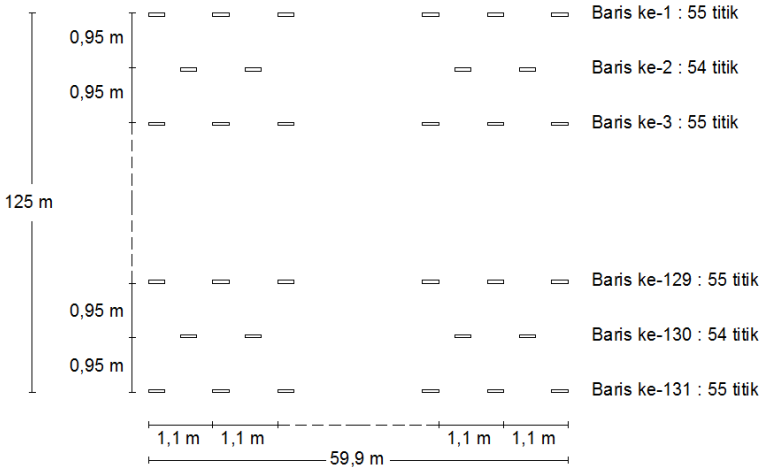
Pembulatan n_{titik} baris urutan genjil : 54 titik

Jumlah semua titik, $n_{\text{titik-total}}$:

$$\begin{aligned} n_{\text{titik total}} &= (66 * 55) + (65 * 54) \\ &= 7140 \text{ (Gambar 5.25)} \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PVD}} &= n_{\text{titik total}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 7140 * 10 \\ &= \mathbf{71400 \text{ m}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 27 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

- Panjang PHD, L_{PHD} :

Berdasarkan brosur material PHD pada Lampiran 2:

Kapasitas tampung PHD, $Q_{PHD} = 2,40 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dtk}$

Pada tabel “Pemampatan kumulatif tiap tahapan beban, Sc kumulatif timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode *vacuum pre-loading* jarak antarPVD 1,1 m” pada Lampiran 5, Penurunan terbesar yang terjadi dalam satu (1) minggu, $\Delta Sc_{\max} = 0,082 \text{ m}$; terjadi pada minggu ke-3.

Maka volume air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, V_{air} :

$$\begin{aligned} V_{\text{air}} &= B_{\text{timb}} * S_{\text{memanjang}} * \Delta Sc_{\max} \\ &= 59,9 * 0,95 * 0,082 \\ &= 4,67 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debit air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, Q_{air} :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= V_{\text{air}} / t \\ &= 4,67 / (7 * 24 * 3600) \\ &= 7,71 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Rasio kapasitas tampung terhadap debit air yang keluar:

$$\begin{aligned} Q_{PHD} / Q_{\text{air}} &= [(2,40 * 10^{-5}) / 7,71 * 10^{-6}] / FS \\ &= [3,11] / 1,25 \\ &= 2,49 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rasio di atas, maka diketahui keluaran air dari tiap dua (2) baris PVD dapat disalurkan ke parit drainase oleh satu (1) PHD yang membentang selebar timbunan. Perhitungan L_{PHD} :

$$\begin{aligned} L_{PHD} &= n_{\text{baris}} * B_{\text{timb}} \\ &= 66 * 59,9 \\ &= \mathbf{3954 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.23):

Tabel 5. 23 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	7488 m ²	1.000.000	8,563
2	Timbunan	47199 m ³	200.000	10,370
3	Geotextile	150100 m ²	17.000	2,768
4	PVD	71400 m	3.500	0,250
5	PHD	3954 m	117.000	0,463
Total				20,192
6	Pengadaan pompa	5	17.500.000	0,088
7	Operasional @pompa	27 minggu	1.800.000	0,243
Total				20,523

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-27

5.3.6.3 Metode GESC

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, dan PHD sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Sedangkan untuk kebutuhan material PVD terjadi perubahan. Kemudian ditambah dengan kebutuhan material isi *stone column* (kerikil) dan *geotextile* sebagai selubung.

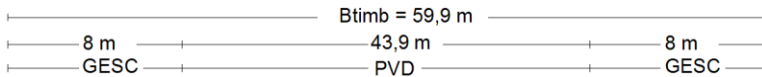
- Panjang PVD, L_{PVD} :

Dari lebar timbunan, $B_{timb} = 59,9$ m; telah digunakan untuk pemasangan *stone column* pada masing-masing sisi kanan dan kiri selebar $1 * (4 + 4) = 8$ m. Lebar tanah dasar yang belum diperbaiki oleh sistem drainase vertikal (selanjutnya disebut lebar sisa) yaitu $59,9 - (2 * 8) = 43,9$ m.

Biaya pemasangan PVD lebih murah daripada biaya pemasangan *stone columns*, sehingga lebar sisa sebaiknya menggunakan PVD. Untuk kasus dimana lebar sisa relatif sempit

(± 10 m), sebaiknya digunakan pula *stone columns* sebagai drainase vertikal, mempertimbangkan keringkas konstruksi.

Untuk kasus ini, dimana lebar sisa = 43,9 m; PVD digunakan di daerah yang tidak terpasang *stone columns* (Gambar 5.28).



Gambar 5. 28 Pemasangan PVD dan stone column sepanjang potongan timbunan kemiringan lereng 1:1,5

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1$ m, sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{\text{memanjang}}$:

$$\begin{aligned} S_{\text{memanjang}} &= 0,866 * S \\ &= 0,866 * 1 \\ &= 0,866 \sim 0,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{\text{baris}} &= \frac{L_{\text{timb}}}{S_{\text{memanjang}}} \\ &= \frac{125}{0,85} \\ &= 147,06 \sim 147 \text{ baris} \\ &\text{(74 baris urutan ganjal dan 73 baris urutan genap)} \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned} n_{\text{titik}} &= \frac{B_{\text{timb}} - 2 * (4+4) * 1}{S} \\ &= \frac{59,2 - 16}{1} \\ &= 43,9 \text{ titik} \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 44 titik

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 43 titik

Jumlah semua titik, $n_{\text{titik-total}}$:

$$\begin{aligned} n_{\text{titik-PVD}} &= (74 * 44) + (73 * 43) \\ &= 6395 \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PVD}} &= n_{\text{titik-PVD}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 6395 * 10 \\ &= \mathbf{63950 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Kerikil:

Stone column dipasang hingga kedalaman bidang longsor yang memiliki nilai FS sebesar $FS_{\text{rencana}} = 1,5$. Dengan menggunakan XSTABL, didapatkan kedalaman $Z_{\text{stone}} = 14,7 \text{ m}$; disamakan dengan Z_{stone} pada timbunan kemiringan lereng 1:2.

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{\text{baris}} &= \frac{L_{\text{timb}}}{S_{\text{memanjang}}} \\ &= \frac{125}{1,7} \\ &= 74,7 \sim 75 \text{ baris} \\ &\quad (38 \text{ baris urutan gasal dan } 37 \text{ baris urutan genap}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{titik-stone}} &= 2 * (38 * 4 + 37 * 4) \\ &= 600 \text{ titik} \end{aligned}$$

Maka volume kerikil, V_{kerikil} :

$$\begin{aligned} V_{\text{kerikil}} &= A_{\text{stone}} * Z_{\text{stone}} * n_{\text{titik-stone}} \\ &= (\pi / 4 * D^2) * 14,7 * 600 \\ &= \mathbf{6928 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- Luas selubung *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

Berdasarkan perhitungan pada Subbab 5.3.4.3, jumlah lapis yang dibutuhkan sebagai selubung pada masing-masing *stone column* adalah sebanyak satu (1) lapis. Maka $A_{\text{geotextile}}$:

$$\begin{aligned} A_{\text{geotextile}} &= \pi * D * Z_{\text{stone}} * n_{\text{lapis}} * n_{\text{titik-stone}} \\ &= \pi * 1 * 14,7 * 1 * 600 \\ &= \mathbf{27709 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.24):

Tabel 5. 24 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1,5 metode GESC jarak antarPVD 1,0 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	7488 m ²	1.000.000	7,488
2	Timbunan	47199 m ³	200.000	9,440
3	PHD	3954 m	117.000	0,463
Total				17,391
4	PVD	63950 m	3.500	0,224
5	Kerikil	6928 m ³	225.000	1,559
6	<i>Geotextile</i> sebagai selubung	27709 m ²	17.000	0,471
Total				19,644

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-24

5.4 Perhitungan Timbunan Kemiringan Lereng 1:1

5.4.1 Tinggi Timbunan Awal (H_{awal})

Penjelasan langkah-langkah perhitungan H_{awal} terdapat pada Subbab 2.4.1. Dari data spesifikasi beban (Subbab 4.4.1) dan hasil stratigrafi parameter data tanah (Subbab 4.3.2) dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- 1) Menentukan asumsi tinggi timbunan setelah terjadi pemampatan sebesar, $H_{timb} = 7$ m.
- 2) Menghitung Sc_{timb} berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Tinggi beban timbunan sebesar $H_{timb} = 7$ m.

Diasumsikan nilai tegangan prakonsolidasi tanah, P'_c , merupakan tegangan overburden tanah, P'_0 , ditambah beban akibat fluktuasi muka air tanah, $H_{fluktuasi}$. Dimana $H_{fluktuasi} = 2$ m, maka:

$$\begin{aligned} P'_c &= P'_0 + (H_{fluktuasi} * \gamma_{air}) \\ &= P'_0 + (2 * 1) \\ &= (P'_0 + 2) \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Didapatkan besar $Sc_{timb} = 1,005$ m.

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 3) Menghitung H_{awal} dengan rumus sebagai berikut:

Diasumsikan $\gamma_{timb} = \gamma_{sat-timb}$ sehingga perhitungan H_{awal} menggunakan persamaan (2-13):

$$\begin{aligned} H_{awal} &= H_{timb} + \frac{Sc_{timb} * \gamma_{air}}{\gamma_{timb}} \\ &= 7 + \frac{1,005 * 1}{1,80} = 7,558 \text{ m} \end{aligned}$$

- 4) Menghitung nilai parameter tanah setelah terjadi pemampatan menggunakan persamaan (2-14), (2-15), dan (2-16). Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 5) Menghitung $Sc_{preloading}$ berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Nilai parameter tanah berubah sesuai penjelasan pada langkah (4). Tinggi beban timbunan sebesar $H_{preloading}$.

Berdasarkan persamaan (2-17):

$$\begin{aligned} H_{preloading} &= \frac{(H_{pavement} * \gamma_{pavement}) + q_{lalin}}{\gamma_{timb}} \\ &= \frac{(0,60 * 2,20) + 1,50}{1,80} \\ &= 1,57 \text{ m} \end{aligned}$$

Didapatkan $Sc_{preloading} = 0,063 \text{ m}$.

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 6) Menghitung Sc_{total} berdasarkan persamaan (2-15):

$$\begin{aligned} Sc_{total} &= Sc_{timb} + Sc_{preloading} \\ &= 1,005 + 0,061 \\ &= 1,066 \text{ m} \end{aligned}$$

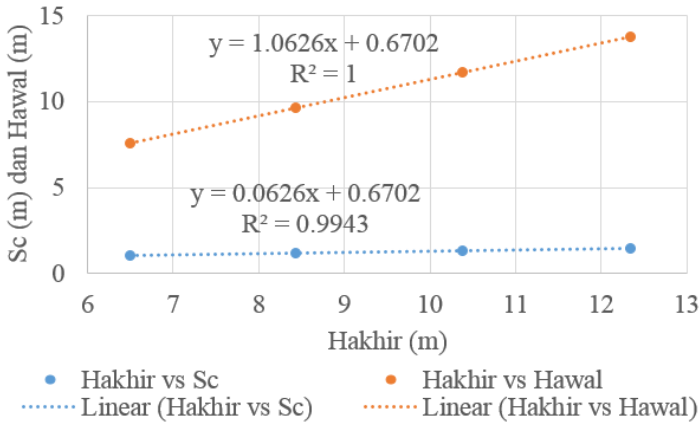
- 7) Menghitung H_{akhir} berdasarkan persamaan (2-16):

$$\begin{aligned} H_{akhir} &= H_{awal} - Sc_{total} \\ &= 7,558 - 1,066 \\ &= 6,493 \text{ m} \end{aligned}$$

- 8) Mengulang semua langkah di atas pada beberapa permisalan H_{timb} yang berbeda, yaitu $H_{timb} = 9 \text{ m}$; $H_{timb} = 11 \text{ m}$; dan $H_{timb} = 13 \text{ m}$. Rangkuman terdapat pada Tabel 5.25 dan Gambar 5.29.

Tabel 5. 25 Rangkuman penentuan tinggi timbunan kemiringan lereng 1:1

H_{timb} (m)	Sc_{timb} (m)	H_{awal} (m)	$Sc_{preloading}$ (m)	Sc_{total} (m)	H_{akhir} (m)
7	1.005	7.558	0.061	1.066	6.493
9	1.160	9.644	0.049	1.209	8.435
11	1.287	11.715	0.043	1.330	10.385
13	1.395	13.775	0.038	1.433	12.342



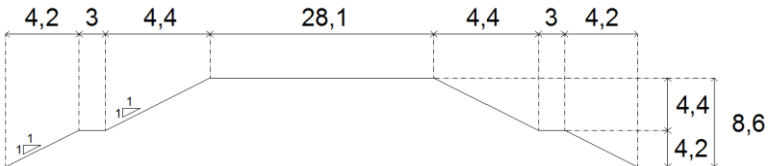
Gambar 5. 29 Grafik hubungan H_{akhir} vs H_{awal} dan H_{akhir} vs Sc_{total} timbunan kemiringan lereng 1:1

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

9) Dari rumus *trendline* pada Gambar 5.29 didapatkan:

$$\begin{aligned}
 H_{awal} &= 1,0626 * H_{akhir} + 0,6702 \\
 &= 1,0626 * 7,40 + 0,6702 \\
 &= 8,53 \text{ m (dibulatkan menjadi 8,60 m)}
 \end{aligned}$$

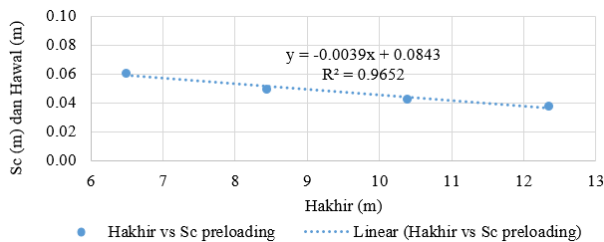
$$\begin{aligned}
 Sc_{total} &= 0,0626 * H_{akhir} + 0,6702 \\
 &= 0,0626 * 7,40 + 0,6702 \\
 &= 1,13 \text{ m (dibulatkan menjadi 1,20 m)}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 30 Cross section timbunan dengan kemiringan lereng 1:1 hasil perhitungan H_{akhir} vs H_{awal}

5.4.2 Perhitungan Kebutuhan Overlay

Dari perhitungan pada Subbab 5.1.3 diketahui bahwa derajat konsolidasi sebelum dan sesudah terjadi pemampatan bernilai sama akibat nilai C_v yang sama. Penurunan pada tiap tahun masa layan jalan dihitung dari hasil perkalian $Sc_{preloading}$ dengan derajat konsolidasi masing-masing (Tabel 5.1). Jika besar penurunan < 15 cm, maka belum perlu dilakukan *overlay*. Dari Tabel 5.3, hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ ditunjukkan pada Gambar 5.31.



Gambar 5. 31 Grafik hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ timbunan kemiringan lereng 1:1

Dari rumus *trendline* pada Gambar 5.31 didapatkan:

$$\begin{aligned} H_{awal} &= -0,0039 * H_{akhir} + 0,0843 \\ &= -0,0039 * 7,40 + 0,0843 \\ &= 0,055 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 5. 26 Kebutuhan overlay timbunan kemiringan lereng 1:1

No	Tahun ke-i	U_{v_i}	Pemampatan pada tahun ke-i, Sc_i * (m)	Overlay
1	1	11.2%	0.006	Tidak perlu
2	2	15.8%	0.009	Tidak perlu
3	3	19.4%	0.011	Tidak perlu
4	4	22.4%	0.012	Tidak perlu
5	5	25.0%	0.014	Tidak perlu

*) $Sc_i = U_{v_i} * Sc_{preloading}$

5.4.3 Stabilitas Timbunan

Penjelasan langkah-langkah perhitungan stabilitas timbunan terdapat pada Subbab 2.4.4. Sebelum menghitung stabilitas timbunan, perlu menghitung peningkatan nilai Cu, yang dijelaskan pada Tabel 5.27.

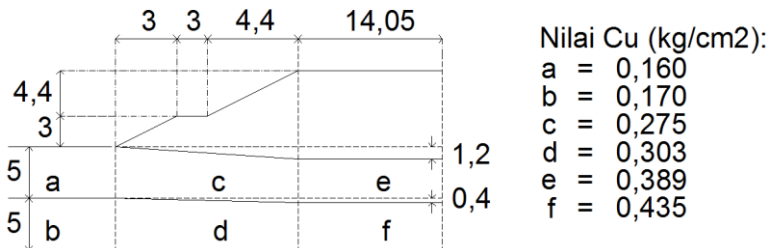
Tabel 5. 27 Nilai Cu baru pada lapisan tanah dasar akibat beban timbunan dengan kemiringan lereng 1:1

Lapisan tanah	Total ΔP * (kg/cm ²)	PI (%)	Cu (kg/cm ²)			
			Lama	Baru	Baru rata2	Transisi **
1	1.557	31.74	0.160	0.369	0.389	0.275
2	1.613			0.379		
3	1.667			0.389		
4	1.719			0.399		
5	1.770			0.409		
6	1.818	32.89	0.170	0.418	0.435	0.303
7	1.865			0.427		
8	1.910			0.435		
9	1.955			0.444		
10	1.998			0.452		

*) Nilai pada tabel “Tegangan tiap tahap ke-i, Sc_i ” pada Lampiran 6

***) $Cu \text{ transisi} = (Cu \text{ lama} + Cu \text{ baru rata2}) / 2$

Pada tabel “Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i ” pada Lampiran 6, pemampatan yang terjadi pada tanah dasar kedalaman 5 s/d 10 m sebesar 0,397 m (dibulatkan menjadi 0,40 m). Penyederhanaan bentuk timbunan setelah terjadi pemampatan terdapat pada Gambar 5.32.



Gambar 5. 32 Bentuk timbunan kemiringan lereng 1:1 dan nilai C_u tanah dasar setelah timbunan mengalami pemampatan

Stabilitas *bearing* dihitung sebagai berikut:

$$\text{Lebar timbunan, } B_{\text{timb}} = 2 * 14,05 = 28,1 \text{ m}$$

$$\text{Ketebalan lapisan lempung lunak, } H_{\text{lempung}} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Rasio } B_{\text{timb}} / H_{\text{lempung}} = 28,1 / 10 = 2,81$$

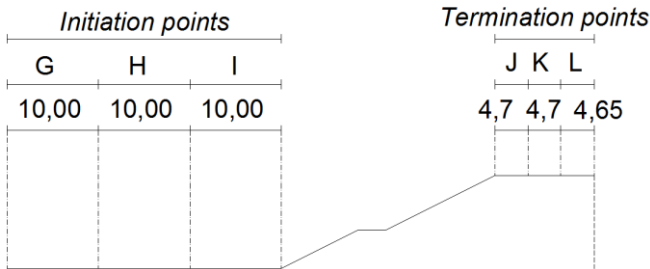
Berdasarkan Gambar 2.5, untuk rasio $B_{\text{timb}} / H_{\text{lempung}} = 2,81$; nilai $N_c = 5,14 + 0,5 * (2,81 - 1,49) = 5,14 + 0,66 = 5,80$

Berdasarkan persamaan (2-21):

$$\begin{aligned} SF_{\text{bearing}} &= \frac{C_u * N_c}{\gamma_{\text{timb}} * H_{\text{timb}}} ; \text{ Nilai } C_u = 0,389 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Gambar 5.29)} \\ &= \frac{3,89 * 5,80}{1,80 * 8,60} \\ &= 1,457 \end{aligned}$$

$SF_{\text{kritis}} = 1 < SF_{\text{bearing}} = 1,457 < SF_{\text{rencana}} = 1,5$ (Subbab 4.4.1)
(aman, tetapi belum memenuhi persyaratan)

Pada Tugas Akhir ini perhitungan stabilitas *overall* dibantu oleh program XSTABL. Data dimensi timbunan dan nilai C_u yang di-input ditunjukkan pada Gambar 5.16. Masing-masing *initiation points* dan *termination points* pada XSTABL dibagi menjadi tiga bagian (Gambar 5.33) sehingga terdapat sembilan pasang. Pada setiap pasang *initiation point* dan *termination point*, diambil 1 bidang longsor dengan nilai FS terendah untuk kemudian dibandingkan.



Gambar 5. 33 Skema analisa stabilitas *overall* pada XSTABL timbunan dengan kemiringan lereng 1:1

Dari hasil *running* XSTABL, didapatkan hasil kesembilan bidang longsor yang terangkum pada Tabel 5.28.

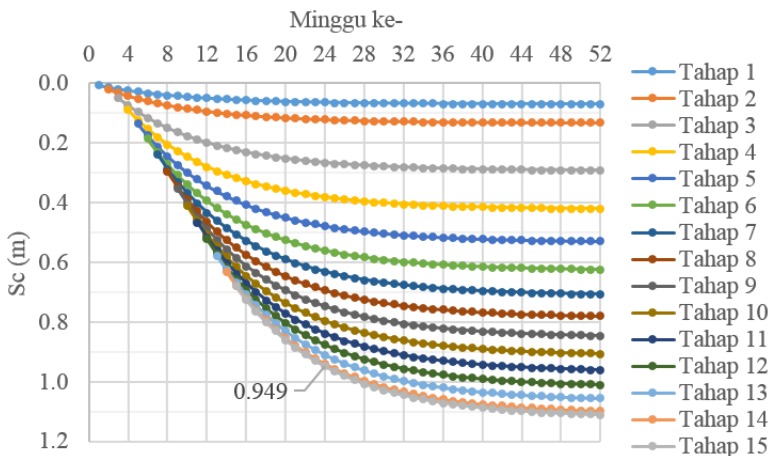
Tabel 5. 28 Hasil analisa XSTABL timbunan kemiringan lereng 1:1

<i>Initiation points</i>	<i>Terminati on points</i>	$F_{S_{min}}$	M_r (kNm)	ΔM_r (kNm)	T_i (m)	R (m)
G	J	1.495	20560	69	15.75	21.08
G	K	1.260	28080	5349	17.92	24.15
G	L	1.205	37240	9117	20.11	27.24
H	J	1.255	11560	2257	11.41	14.93
H	K	1.180	17010	4613	13.29	17.58
H	L	1.182	18320	4929	13.85	18.38
I	J	1.219	8742	2015	9.65	12.40
I	K	1.167	14660	4183	12.37	16.26
I	L	1.178	15310	4185	12.71	16.54

5.4.4 Penimbunan Bertahap

5.4.4.1 Metode *Soil Pre-loading* dan *GESC*

Penjelasan langkah-langkah perhitungan penimbunan bertahap terdapat pada Subbab 2.4.3. Pada tiap tahapan (minggu), dapat dilakukan penimbunan setinggi 0,60 m. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan $H_{awal} = 8,60$ m; sehingga timbunan dibagi menjadi 15 tahap. Tahap ke-1 s/d 14 setinggi 0,60 m; dan tahap ke-15 setinggi 0,20 m. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 6.



Gambar 5. 34 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1 metode *soil pre-loading* dan *GESC* jarak antarPVD 1,0 m

Terlihat pada Gambar 5.34, pemampatan yang terjadi pada minggu ke-24 sebesar 0,949 m ($0,949 / 1,13 = 84,0\%$ Sc rencana). Nilai tersebut kemudian dijadikan acuan perbandingan terhadap metode *vacuum pre-loading* yang akan dibahas pada Subbab 5.4.3.2.

5.4.4.2 Metode *Vacuum Pre-loading*

Dalam metode *vacuum pre-loading*, perhitungan beban bertahap dipengaruhi oleh kekuatan pompa vakum, ΔP_{pompa} .

Berdasarkan persamaan (2-23):

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm lokal lokasi studi kasus} &= 101325 - 1,23 * 9,81 * 19 \\ &= 101096 \text{ Pa} \\ &= 10,30 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2-22):

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{pompa}} &= 80\% * 10,30 \\ &= 8,244 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

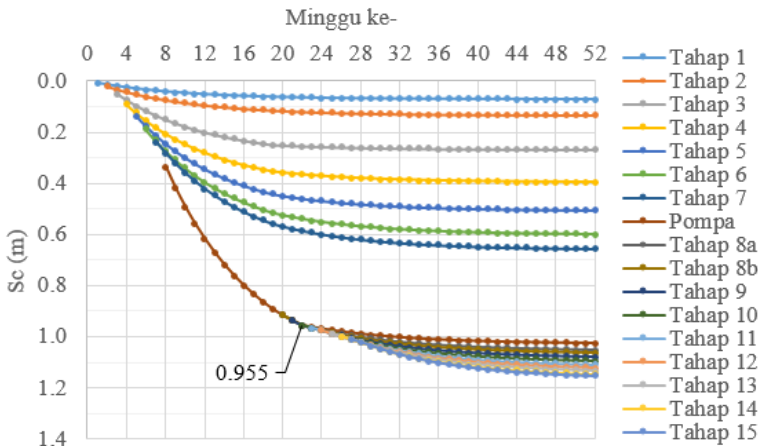
Berdasarkan persamaan (2-24):

$$H_{\text{pompa}} = 8,244 / 1,8 = 4,58 \sim 4,60 \text{ m}$$

Seperti dijelaskan sebelumnya, H_{awal} metode *vacuum pre-loading* sama dengan H_{awal} *soil pre-loading*, yaitu $H_{\text{awal}} = 8,60 \text{ m}$; sehingga kebutuhan timbunan sebagai beban tambahan selain beban vakum sebesar: $8,60 - H_{\text{pompa}} = 8,60 - 4,60 = 4,00 \text{ m}$

Tiap tahapan (minggu), dapat dilakukan penimbunan setinggi maksimum 0,6 m. Kebutuhan timbunan setinggi 4,00 m dibagi menjadi 7 tahap penimbunan, dengan tahap ke-1 s/d 6 setinggi 0,60 m, dan tahap ke-7 setinggi 0,40 m. Beban pompa berada di antara tahap ke-2 dan tahap ke-3, karena diasumsikan beban pompa baru diaplikasikan setelah dilakukan penimbunan setinggi 2 tahap, yang juga digunakan sebagai lantai kerja.

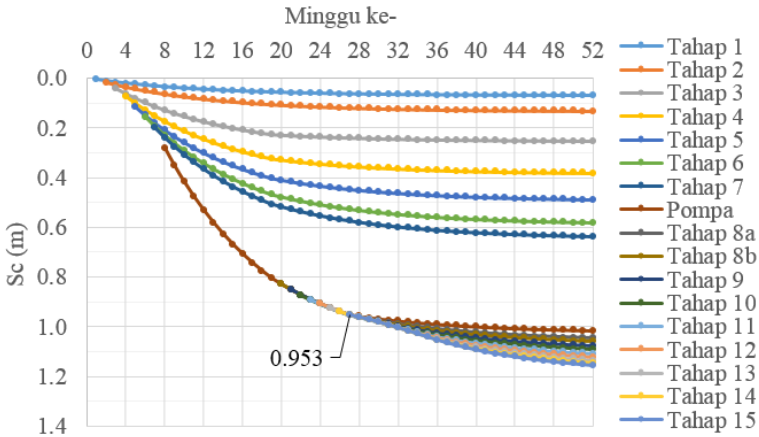
Setelah besar pemampatan rencana tercapai, pompa vakum dimatikan, kemudian melanjutkan proses penimbunan hingga tinggi rencana. Sisa timbunan yang belum ditimbun sebesar tinggi setara H_{pompa} yaitu 4,60 m. Dibagi menjadi 8 tahap penimbunan, dengan tahap ke-8 s/d 14 setinggi 0,60 m, dan tahap ke-15 setinggi 0,40 m. Tahap ke-8 dibagi menjadi dua (2) bagian, yaitu tahap ke-8a setinggi 0,20 m; dan tahap ke-8b setinggi 0,40 m. Pembagian tahap ke-8 tersebut terkait dengan bentuk timbunan yang terbagi menjadi timbunan bawah setinggi 4,20 m; dan timbunan atas setinggi 4,40 m. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 6.



Gambar 5.35 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m

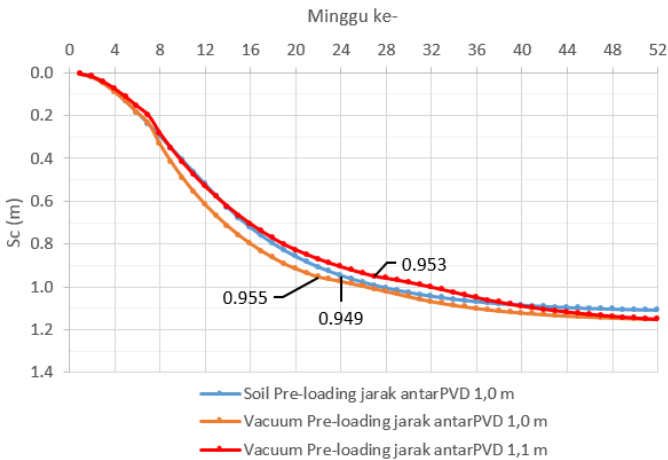
Terlihat pada Gambar 5.35, pemampatan yang terjadi pada minggu ke-22 sebesar 0,955 m; relatif sama dengan pemampatan yang terjadi pada minggu ke-24 metode *soil pre-loading* yaitu sebesar 0,955 m (Subbab 5.4.3.1). Maka pompa dapat dimatikan pada minggu ke-22 tersebut. Setelah terjadi pemampatan, nilai-nilai parameter tanah berubah. Pemampatan selanjutnya dihitung berdasarkan nilai-nilai parameter tanah yang telah berubah tersebut. Perhitungan selengkapnya pada Lampiran 6.

Pada Tugas Akhir ini, juga dilakukan perhitungan metode *vacuum pre-loading* yang menghasilkan besar pemampatan relatif sama dengan metode *soil pre-loading* (dalam kasus ini 0,949 m) pada lama waktu yang sama (dalam kasus ini minggu ke-24). Hal tersebut dapat dilakukan dengan memperlebar jarak antarPVD (dalam kasus ini jarak antarPVD menjadi 1,1 m; dari sebelumnya 1,0 m). Sehingga didapatkan pemampatan sebesar 0,953 m pada minggu ke-27 (Gambar 5.36).



Gambar 5. 36 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

Perbandingan S_c bertahap masing-masing metode untuk timbunan dengan kemiringan lereng 1:1 ditunjukkan pada Gambar 5.37.



Gambar 5. 37 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng 1:1 masing-masing metode

5.4.5 Perkuatan

5.4.5.1 *Geotextile* pada Metode *Soil Pre-loading* dan *Vacuum Pre-loading*

Perkuatan yang digunakan pada metode *soil pre-loading* dan metode *vacuum pre-loading* adalah *geotextile* pada timbunan, yang langkah-langkah perhitungannya dijelaskan pada Subbab 2.6. Dari data spesifikasi material (Subbab 4.4.2), kekuatan tarik *tensile geotextile*, $T = 52 \text{ kN/m}$. Berdasarkan persamaan (2-26):

$$T_{\text{allow}} = \frac{T}{FS_{\text{id}} * FS_{\text{cr}} * FS_{\text{cd}} * FS_{\text{bd}}}$$

$$= \frac{52}{1,1 * 2 * 1,1 * 1,1}$$

$$= 19,53 \text{ kN/m}$$

Rangkuman kebutuhan panjang *geotextile* tiap satu (1) m arah memanjang jalan, L_3 kesembilan bidang longsor terdapat pada Tabel 5.29. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 6.

Tabel 5. 29 Rangkuman L_3 timbunan kemiringan lereng 1:1

<i>Initiation points</i>	<i>Termination points</i>	Jumlah lapis <i>geotextile</i>	L_3 (m)
G	J	2	59.6
G	K	19	612.2
G	L	29	1151.2
H	J	14	357.8
H	K	24	788.6
H	L	25	822.2
I	J	15	401
I	K	24	771
I	L	23	776.2

max

Dari Tabel 5.29 terlihat bahwa bidang longsor pada daerah *initiation points* G dan *termination points* L, membutuhkan paling banyak *geotextile*, sehingga dipilih untuk digunakan dalam perhitungan selanjutnya (perhitungan kebutuhan material).

5.4.5.2 *Stone Column* pada Metode *GESC*

Perkuatan yang digunakan pada metode *GESC* adalah *stone column* yang diselubungi oleh *geotextile*, yang langkah-langkah perhitungannya dijelaskan pada Subbab 2.7.3. Perhitungan perkuatan berdasarkan perhitungan stabilitas timbunan yang telah dilakukan sebelumnya pada Subbab 5.2.2. Perkuatan dilakukan pada bidang longsor yang memiliki ΔMr terbesar pada Tabel 5.29.

Berdasarkan Tabel 5.28:

$$\Delta Mr \text{ terbesar} = 9117 \text{ kNm} \quad \rightarrow R = 27,24 \text{ m}$$

Maka:

$$\sum_{i=1}^n P_z \geq \Delta Mr / R = 9687 / 30,19 = 334,69 \text{ kN}$$

Jarak antar-*stone columns* arah memanjang jalan,
 $S_{\text{memanjang}}$:

$$\begin{aligned} S_{\text{memanjang}} &= 0,866 * S; \quad \text{digunakan } S = 2 \text{ m} \\ &= 0,866 * 2 \\ &= 1,73 \sim 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan dilakukan secara berpasangan antara baris urutan ganjil dan baris urutan genap, sehingga sepasang baris tersebut bertanggung jawab menahan beban $2 * S_{\text{memanjang}} = 2 * 1,7 = 3,4 \text{ m}$.

$$\sum_{i=1}^n P_z \text{ sepasang baris } \textit{stone column} \geq 3,4 * 334,69 = 1138 \text{ kN}$$

Perhitungan:

D	1	m
S	2	m
De	2.1	m
C1	0.9069	konstanta
a(stone)	0.227	
a(clay)	0.773	
n	5	(asumsi)
μ (stone)	2.622	

$\mu(\text{clay})$	0.524
$A(\text{stone})$	0.785 m ²
$\Phi(\text{clay})$	0 derajat
$\Phi(\text{stone})$	40 derajat
$\gamma(\text{clay})$	16.5 kN/m ³
$\gamma(\text{stone})$	24 kN/m ³
$\gamma(\text{timb})$	18 kN/m ³
$\gamma(\text{air})$	10 kN/m ³
$C_u(\text{clay})$	16 kN/m ²
$C_u(\text{stone})$	0 kN/m ²

Dari perhitungan didapatkan hasil kebutuhan *stone column* sejumlah: 4 pada baris urutan gasal dan 4 pada baris urutan genap. Rangkuman perhitungan P_{z_i} terdapat pada Tabel 5.30 dan Tabel 5.31.

Tabel 5. 30 Perhitungan P_{z_i} pada baris urutan gasal timbunan dengan kemiringan lereng 1:1

N o	H_{timb} (m)	Z_{stone} (m)	β (°)	σ_s (kN/ m ²)	σ_z (kN/ m ²)	σ_n (kN/ m ²)	τ_z (kN/ m ²)	P_z (kN)
1	0.50	7.1	0.6	23.6	123.3	123.3	103.5	81.3
2	2.50	7.1	3.4	118.0	217.1	216.3	181.5	142.8
3	4.20	6.9	8.0	198.2	294.5	288.9	242.4	192.2
4	4.20	6.5	12.4	198.2	289.6	276.3	231.8	186.4
Total								602.8

Tabel 5. 31 Perhitungan P_{z_i} pada baris urutan genap timbunan dengan kemiringan lereng 1:1

N o	H_{timb} (m)	Z_{stone} (m)	β (°)	σ_s (kN/ m ²)	σ_z (kN/ m ²)	σ_n (kN/ m ²)	τ_z (kN/ m ²)	P_z (kN)
1	1.50	7.1	1.1	70.8	170.5	170.4	143.0	112.3
2	3.50	7.0	5.7	165.2	263.2	260.6	218.7	172.6
3	4.20	6.7	9.6	198.2	292.4	284.2	238.4	190.0
4	4.20	6.3	14.0	198.2	286.4	269.5	226.1	183.1
Total								658.0

$$\sum_{i=1}^n P_z = 602,8 + 658,0 = 1260,7 \text{ kN} > 1138 \text{ kN (OK)}$$

5.4.5.3 Geotextile sebagai Selubung (Case) Stone Column

Langkah-langkah perhitungan terdapat pada Subbab 2.7.4, perhitungan dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Menghitung beban vertikal, σ_v :

Dari Tabel 5.30 dan Tabel 5.31 diketahui bahwa timbunan tertinggi yang membebani *stone column* setinggi $H_{\text{timb}} = 4,20$ m.

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma_{\text{timb}} * H_{\text{timb}} \\ &= 18 * 4,20 \\ &= 75,60 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 2) Menghitung tekanan horisontal aktif, σ_{ha} :

$$\begin{aligned}K_a &= \tan^2(45^\circ - \Phi_{\text{stone}}/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 40^\circ/2) \\ &= 0,217 \\ \sigma_{ha} &= (\sigma_v * \mu_{\text{stone}}) * K_a \\ &= (75,60 * 2,622) * 0,217 \\ &= 43,10 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 3) Menghitung tekanan horisontal pasif, σ_{hp} :

$$\begin{aligned}K_p &= \tan^2(45^\circ + \Phi_{\text{clay}}/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 0^\circ/2) \\ &= 1 \\ \sigma_{ha} &= (\sigma_v * \mu_{\text{clay}}) * K_a \\ &= (75,60 * 0,524) * 1 \\ &= 39,65 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 4) Menghitung selisih tekanan horisontal pada selubung, $\Delta\sigma_h$:

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_h &= \sigma_{ha} - \sigma_{hb} \\ &= 43,10 - 39,65 \\ &= 3,46 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

- 5) Menghitung gaya pada selubung, W :

$$\begin{aligned} \text{Keliling selubung, } K &= \pi * D \\ &= 3,14 * 1 \\ &= 3,14 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= \Delta\sigma h * K \\ &= 3,46 * 3,14 \\ &= 10,86 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- 6) Menghitung kuat tarik *geotextile* yang dibutuhkan, Fr :

$$\begin{aligned} Fr &= W * \tan(\delta) * FS \\ &= W * \tan(2/3 * \Phi_{\text{stone}}) * FS \\ &= 10,86 * \tan(2/3 * 40^\circ) * 3 \\ &= 16,37 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- 7) Menghitung kebutuhan *geotextile*:

Kuat tarik 1 lapis *geotextile*, T_{allow} :

$$T_{\text{allow}} = \frac{T}{FS_{\text{id}} * FS_{\text{cr}} * FS_{\text{cd}} * FS_{\text{bd}}} = \frac{52}{1,1 * 2 * 1,1 * 1,1} = 19,53 \text{ kN/m}$$

Karena $Fr = 16,37 \text{ kN/m} < T_{\text{allow}} = 19,53 \text{ kN/m}$

maka *stone column* perlu diberi selubung *geotextile* sebanyak 1 lapis.

5.4.6 Volume dan Biaya Material

5.4.6.1 Metode *Soil Pre-loading*

- Luas lahan, A_{lahan} :

Berdasarkan Gambar 5.30, lebar timbunan oprit bagian bawah, B_{timb} :

$$\begin{aligned} B_{\text{timb}} &= 28,1 + 2 * (4,4 + 3 + 4,2) \\ &= 51,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang oprit, $L_{\text{timb}} = 125 \text{ m}$ (Subbab 4.3.1), maka luas lahan yang dibutuhkan, A_{lahan} :

$$\begin{aligned} A_{\text{lahan}} &= B_{\text{timb}} * L_{\text{timb}} \\ &= 51,3 * 125 \\ &= \mathbf{6413 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Volume timbunan, V_{timb} :

Berdasarkan Gambar 5.30, luas penampang timbunan, A_{timb} :

$$\begin{aligned} A_{\text{timb}} &= (28,1+36,9) * 4,4 * \frac{1}{2} + (42,9+51,3) * 4,2 * \frac{1}{2} \\ &= 340,82 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{timb}} &= A_{\text{timb}} * L_{\text{timb}} \\ &= 414,78 * 125 \\ &= \mathbf{42603 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- Luas *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

Berdasarkan rangkuman perhitungan pada Tabel 5.29, kebutuhan *geotextile* terpanjang $L_3 = 11151,2 \text{ m}$; maka luas total kebutuhan *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

$$\begin{aligned} A_{\text{geotextile}} &= L_3 * L_{\text{timb}} \\ &= 11151,2 * 125 \\ &= \mathbf{143900 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Panjang PVD, L_{PVD} :

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1,0$ m (Subbab 5.1.2), sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{memanjang}$:

Berdasarkan Gambar 2.2 (b):

$$\begin{aligned} S_{memanjang} &= 0,866 * S \\ &= 0,866 * 1 \\ &= 0,866 \sim 0,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{baris} &= \frac{L_{timb}}{S_{memanjang}} \\ &= \frac{125}{0,85} \\ &= 147,06 \sim 147 \text{ baris} \\ &\text{(74 baris urutan gasal dan 73 baris urutan genap)} \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned} n_{titik} &= \frac{B_{timb}}{S} \\ &= \frac{51,3}{1} \\ &= 51,3 \text{ titik} \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 52 titik

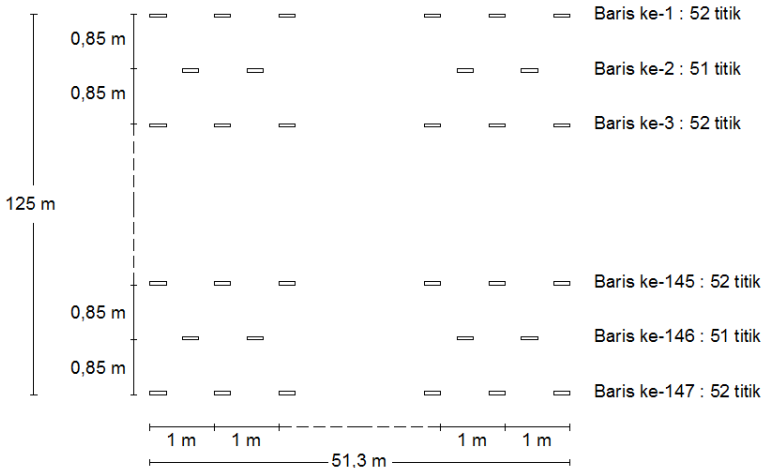
Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 51 titik

Jumlah semua titik, $n_{titik-total}$:

$$\begin{aligned} n_{titik \text{ total}} &= (74 * 52) + (73 * 51) \\ &= 7571 \text{ (Gambar 5.24)} \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{PVD} &= n_{titik \text{ total}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 7571 * 10 \\ &= \mathbf{75710 \text{ m}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 38 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:1 metode *soil pre-loading* jarak antar PVD 1,0 m

- Panjang PHD, L_{PHD} :

Berdasarkan brosur material PHD pada Lampiran 2:

Kapasitas tampung PHD, $Q_{PHD} = 2,40 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dtk}$

Pada tabel “Pemampatan kumulatif tiap tahapan beban, S_c kumulatif timbunan kemiringan lereng 1:1 metode *soil pre-loading*” pada Lampiran 6, Penurunan terbesar yang terjadi dalam satu (1) minggu, $\Delta S_{c_{\max}} = 0,057 \text{ m}$; terjadi pada minggu ke-10.

Maka volume air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, V_{air} :

$$\begin{aligned} V_{\text{air}} &= B_{\text{timb}} * S_{\text{memanjang}} * \Delta S_{c_{\max}} \\ &= 51,3 * 0,85 * 0,057 \\ &= 2,49 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debit air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, Q_{air} :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= V_{\text{air}} / t \\ &= 2,49 / (7 * 24 * 3600) \\ &= 4,11 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Rasio kapasitas tampung terhadap debit air yang keluar:

$$\begin{aligned} Q_{\text{PHD}} / Q_{\text{air}} &= [(2,40 * 10^{-5}) / (4,11 * 10^{-6})] / \text{FS} \\ &= [5,83] / 1,25 \\ &= 4,67 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rasio di atas, maka diketahui keluaran air dari tiap dua (2) baris PVD dapat disalurkan ke parit drainase oleh satu (1) PHD yang membentang selebar timbunan. Perhitungan L_{PHD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PHD}} &= n_{\text{baris}} * B_{\text{timb}} \\ &= 74 * 51,3 \\ &= \mathbf{3797 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.32):

Tabel 5. 32 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1 metode soil pre-loading

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	6413 m ²	1.000.000	6,413
2	Timbunan	42603 m ³	200.000	8,521
3	<i>Geotextile</i>	143900 m ²	17.000	2,446
4	PVD	75710 m	3.500	0,265
5	PHD	3797 m	117.000	0,444
Total				18,089

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-24

5.4.6.2 Metode Vacuum Pre-loading

Perhitungan kebutuhan material metode *vacuum pre-loading* dilakukan sebanyak dua (2) macam, yaitu:

- (a) Jika jarak antarPVD sama seperti pada metode *soil pre-loading* (waktu pemampatan lebih cepat)

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, *geotextile*, PVD, dan PHD sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Kemudian ditambah dengan biaya pengadaan dan operasional pompa.

- Jumlah pompa, n_{pompa} :

Berdasarkan Tabel 2.3, pompa berdaya 7,5 kW memiliki luas pengaruh maksimum, $A_{pompa} = 1500 \text{ m}^2$, maka:

$$\begin{aligned} n_{pompa} &= A_{lahan} / A_{pompa} \\ &= 6413 / 1500 \\ &= 4,28 \sim \mathbf{5 \text{ pompa}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.33):

Tabel 5. 33 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	6413 m ²	1.000.000	6,413
2	Timbunan	42603 m ³	200.000	8,521
3	<i>Geotextile</i>	143900 m ²	17.000	2,446
4	PVD	75710 m	3.500	0,265
5	PHD	3797 m	117.000	0,444
Total				18,089
6	Pengadaan pompa	5	17.500.000	0,088
7	Operasional @pompa	22 minggu	1.800.000	0,198
Total				18,375

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-22

- (b) Jika jarak antarPVD diperlebar (waktu pemampatan disamakan seperti pada metode *soil pre-loading*).

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, dan *geotextile* sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Sedangkan untuk kebutuhan material PVD dan PHD terjadi perubahan. Kemudian ditambah dengan biaya pengadaan dan operasional pompa.

- Jumlah pompa, n_{pompa} :

Sama seperti pada poin Subbab 5.4.5.2 (a):

$$n_{pompa} = \mathbf{5 \text{ pompa}}$$

- Panjang PVD, L_{PVD} :

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1,1$ m; sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{memanjang}$:

Berdasarkan Gambar 2.2 (b):

$$\begin{aligned} S_{memanjang} &= 0,866 * S \\ &= 0,866 * 1,1 \\ &= 0,953 \sim 0,95 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{baris} &= \frac{L_{timb}}{S_{memanjang}} \\ &= \frac{125}{0,95} \\ &= 131,57 \sim 131 \text{ baris} \\ &\text{(66 baris urutan gasal dan 65 baris urutan genap)} \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned} n_{titik} &= \frac{B_{timb}}{S} \\ &= \frac{51,3}{1,1} \\ &= 46,64 \text{ titik} \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 47 titik

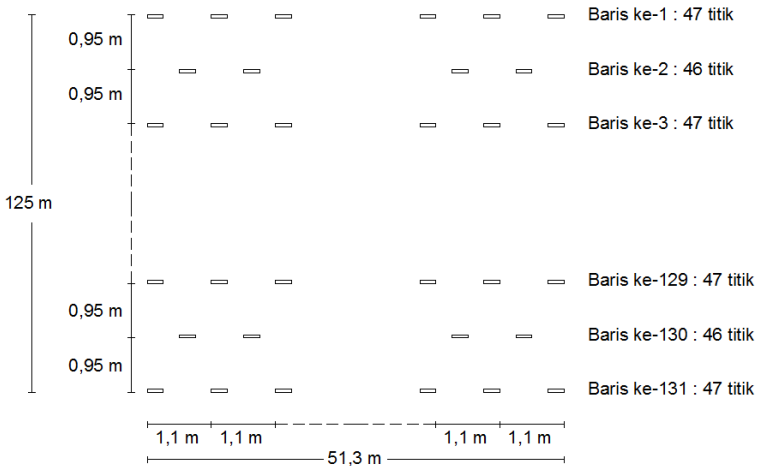
Pembulatan n_{titik} baris urutan genjil : 46 titik

Jumlah semua titik, $n_{\text{titik-total}}$:

$$\begin{aligned} n_{\text{titik total}} &= (66 * 47) + (65 * 46) \\ &= 6092 \text{ (Gambar 5.36)} \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PVD}} &= n_{\text{titik total}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 6092 * 10 \\ &= \mathbf{60920 \text{ m}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 39 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

- Panjang PHD, L_{PHD} :

Berdasarkan brosur material PHD pada Lampiran 2:

Kapasitas tampung PHD, $Q_{PHD} = 2,40 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dtk}$

Pada tabel “Pemampatan kumulatif tiap tahapan beban, Sc kumulatif timbunan kemiringan lereng 1:1 metode *vacuum pre-loading* jarak antarPVD 1,1 m” pada Lampiran 6, Penurunan terbesar yang terjadi dalam satu (1) minggu, $\Delta Sc_{\max} = 0,082 \text{ m}$; terjadi pada minggu ke-3.

Maka volume air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, V_{air} :

$$\begin{aligned} V_{\text{air}} &= B_{\text{timb}} * S_{\text{memanjang}} * \Delta Sc_{\max} \\ &= 51,3 * 0,95 * 0,082 \\ &= 3,99 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debit air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, Q_{air} :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= V_{\text{air}} / t \\ &= 3,99 / (7 * 24 * 3600) \\ &= 6,61 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Rasio kapasitas tampung terhadap debit air yang keluar:

$$\begin{aligned} Q_{PHD} / Q_{\text{air}} &= [(2,40 * 10^{-5}) / 6,61 * 10^{-6}] / FS \\ &= [3,64] / 1,25 \\ &= 2,91 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rasio di atas, maka diketahui keluaran air dari tiap dua (2) baris PVD dapat disalurkan ke parit drainase oleh satu (1) PHD yang membentang selebar timbunan. Perhitungan L_{PHD} :

$$\begin{aligned} L_{PHD} &= n_{\text{baris}} * B_{\text{timb}} \\ &= 66 * 51,3 \\ &= \mathbf{3386 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.34):

Tabel 5. 34 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1 metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	6413 m ²	1.000.000	6,413
2	Timbunan	42603 m ³	200.000	8,521
3	Geotextile	143900 m ²	17.000	2,446
4	PVD	60920 m	3.500	0,213
5	PHD	3386 m	117.000	0,396
Total				17,989
6	Pengadaan pompa	5	17.500.000	0,088
7	Operasional @pompa	27 minggu	1.800.000	0,243
Total				18,320

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-27

5.4.6.3 Metode GESC

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, dan PHD sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Sedangkan untuk kebutuhan material PVD terjadi perubahan. Kemudian ditambah dengan kebutuhan material isi *stone column* (kerikil) dan *geotextile* sebagai selubung.

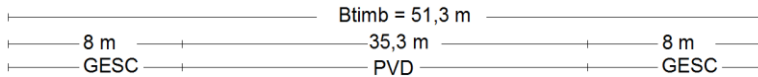
- Panjang PVD, L_{PVD} :

Dari lebar timbunan, $B_{timb} = 51,3$ m; telah digunakan untuk pemasangan *stone column* pada masing-masing sisi kanan dan kiri selebar $1 * (4 + 4) = 8$ m. Lebar tanah dasar yang belum diperbaiki oleh sistem drainase vertikal (selanjutnya disebut lebar sisa) yaitu $51,3 - (2 * 8) = 35,3$ m.

Biaya pemasangan PVD lebih murah daripada biaya pemasangan *stone columns*, sehingga lebar sisa sebaiknya menggunakan PVD. Untuk kasus dimana lebar sisa relatif sempit

(± 10 m), sebaiknya digunakan pula *stone columns* sebagai drainase vertikal, mempertimbangkan keringkas konstruksi.

Untuk kasus ini, dimana lebar sisa = 35,3 m; PVD digunakan di daerah yang tidak terpasang *stone columns* (Gambar 5.40).



Gambar 5. 40 Pemasangan PVD dan stone column sepanjang potongan timbunan kemiringan lereng 1:1

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1$ m, sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{memanjang}$:

$$\begin{aligned}
 S_{memanjang} &= 0,866 * S \\
 &= 0,866 * 1 \\
 &= 0,866 \sim 0,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned}
 n_{baris} &= \frac{L_{timb}}{S_{memanjang}} \\
 &= \frac{125}{0,85} \\
 &= 147,06 \sim 147 \text{ baris} \\
 &\text{(74 baris urutan ganjal dan 73 baris urutan genap)}
 \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned}
 n_{titik} &= \frac{B_{timb} - 2 * (4+3) * 1}{S} \\
 &= \frac{51,3 - 16}{1} \\
 &= 35,3 \text{ titik}
 \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 36 titik

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 35 titik

Jumlah semua titik, $n_{\text{titik-total}}$:

$$\begin{aligned} n_{\text{titik-PVD}} &= (74 * 36) + (73 * 35) \\ &= 5219 \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PVD}} &= n_{\text{titik-PVD}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 5219 * 10 \\ &= \mathbf{52190 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Kerikil:

Stone column dipasang hingga kedalaman bidang longsor yang memiliki nilai FS sebesar $FS_{\text{rencana}} = 1,5$. Dengan menggunakan XSTABL, didapatkan kedalaman $Z_{\text{stone}} = 14,7 \text{ m}$; disamakan dengan Z_{stone} pada timbunan kemiringan lereng 1:2.

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{\text{baris}} &= \frac{L_{\text{timb}}}{S_{\text{memanjang}}} \\ &= \frac{125}{1,7} \\ &= 74,7 \sim 75 \text{ baris} \\ &\quad (38 \text{ baris urutan gasal dan } 37 \text{ baris urutan genap}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{titik-stone}} &= 2 * (38 * 4 + 37 * 4) \\ &= 600 \text{ titik} \end{aligned}$$

Maka volume kerikil, V_{kerikil} :

$$\begin{aligned} V_{\text{kerikil}} &= A_{\text{stone}} * Z_{\text{stone}} * n_{\text{titik-stone}} \\ &= (\pi / 4 * D^2) * 14,7 * 600 \\ &= \mathbf{6928 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- Luas selubung *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

Berdasarkan perhitungan pada Subbab 5.4.4.3, jumlah lapis yang dibutuhkan sebagai selubung pada masing-masing *stone column* adalah sebanyak satu (1) lapis. Maka $A_{\text{geotextile}}$:

$$\begin{aligned} A_{\text{geotextile}} &= \pi * D * Z_{\text{stone}} * n_{\text{lapis}} * n_{\text{titik-stone}} \\ &= \pi * 1 * 14,7 * 1 * 600 \\ &= \mathbf{27709 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.35):

Tabel 5. 35 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng 1:1 metode GESK jarak antarPVD 1,0 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	6413 m ²	1.000.000	6,413
2	Timbunan	42603 m ³	200.000	8,521
3	PHD	3386 m	117.000	0,396
Total				15,330
4	PVD	52190 m	3.500	0,183
5	Kerikil	6928 m ³	225.000	1,559
6	<i>Geotextile</i> sebagai selubung	27709 m ²	17.000	0,471
Total				17,542

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-24

5.5 Perhitungan Timbunan Kemiringan Lereng Tegak

5.5.1 Tinggi Timbunan Awal (H_{awal})

Penjelasan langkah-langkah perhitungan H_{awal} terdapat pada Subbab 2.4.1. Dari data spesifikasi beban (Subbab 4.4.1) dan hasil stratigrafi parameter data tanah (Subbab 4.3.2) dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- 1) Menentukan asumsi tinggi timbunan setelah terjadi pemampatan sebesar, $H_{timb} = 7$ m.
- 2) Menghitung Sc_{timb} berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Tinggi beban timbunan sebesar $H_{timb} = 7$ m.

Diasumsikan nilai tegangan prakonsolidasi tanah, P'_c , merupakan tegangan overburden tanah, P'_0 , ditambah beban akibat fluktuasi muka air tanah, $H_{fluktuasi}$. Dimana $H_{fluktuasi} = 2$ m, maka:

$$\begin{aligned} P'_c &= P'_0 + (H_{fluktuasi} * \gamma_{air}) \\ &= P'_0 + (2 * 1) \\ &= (P'_0 + 2) \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Didapatkan besar $Sc_{timb} = 0,991$ m.

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 3) Menghitung H_{awal} dengan rumus sebagai berikut:

Diasumsikan $\gamma_{timb} = \gamma_{sat-timb}$ sehingga perhitungan H_{awal} menggunakan persamaan (2-13):

$$\begin{aligned} H_{awal} &= H_{timb} + \frac{Sc_{timb} * \gamma_{air}}{\gamma_{timb}} \\ &= 7 + \frac{0,991 * 1}{1,80} = 7,551 \text{ m} \end{aligned}$$

- 4) Menghitung nilai parameter tanah setelah terjadi pemampatan menggunakan persamaan (2-14), (2-15), dan (2-16). Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 5) Menghitung $Sc_{preloading}$ berdasarkan penjelasan pada Subbab 2.2 dan Subbab 2.3.1. Nilai parameter tanah berubah sesuai penjelasan pada langkah (4). Tinggi beban timbunan sebesar $H_{preloading}$.

Berdasarkan persamaan (2-17):

$$\begin{aligned} H_{preloading} &= \frac{(H_{pavement} * \gamma_{pavement}) + q_{lalin}}{\gamma_{timb}} \\ &= \frac{(0,60 * 2,20) + 1,50}{1,80} \\ &= 1,57 \text{ m} \end{aligned}$$

Didapatkan $Sc_{preloading} = 0,054 \text{ m}$.

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

- 6) Menghitung Sc_{total} berdasarkan persamaan (2-15):

$$\begin{aligned} Sc_{total} &= Sc_{timb} + Sc_{preloading} \\ &= 0,991 + 0,054 \\ &= 1,045 \text{ m} \end{aligned}$$

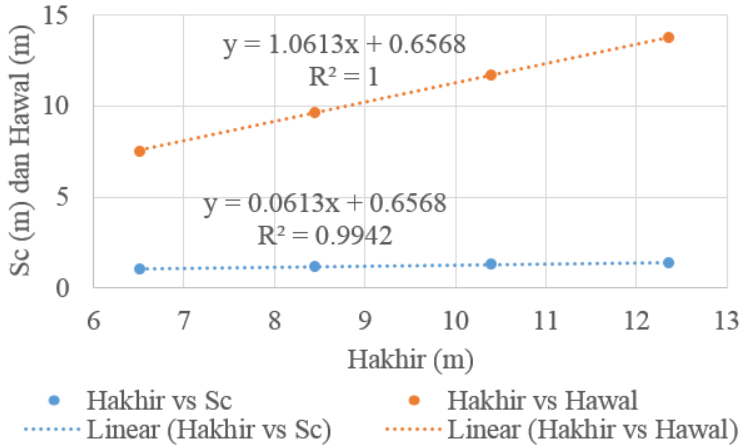
- 7) Menghitung H_{akhir} berdasarkan persamaan (2-16):

$$\begin{aligned} H_{akhir} &= H_{awal} - Sc_{total} \\ &= 7,551 - 1,045 \\ &= 6,506 \text{ m} \end{aligned}$$

- 8) Mengulang semua langkah di atas pada beberapa permisalan H_{timb} yang berbeda, yaitu $H_{timb} = 9 \text{ m}$; $H_{timb} = 11 \text{ m}$; dan $H_{timb} = 13 \text{ m}$. Rangkuman terdapat pada Tabel 5.36 dan Gambar 5.41.

Tabel 5. 36 Rangkuman penentuan tinggi timbunan kemiringan lereng tegak

H_{timb} (m)	Sc_{timb} (m)	H_{awal} (m)	$Sc_{preloading}$ (m)	Sc_{total} (m)	H_{akhir} (m)
7	0.991	7.551	0.054	1.045	6.506
9	1.141	9.634	0.045	1.186	8.448
11	1.264	11.702	0.039	1.304	10.399
13	1.370	13.761	0.035	1.405	12.356

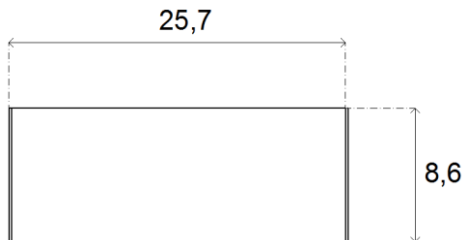


Gambar 5. 41 Grafik hubungan H_{akhir} vs H_{awal} dan H_{akhir} vs Sc_{total} timbunan kemiringan lereng tegak

Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 4.

9) Dari rumus *trendline* pada Gambar 5.41 didapatkan:

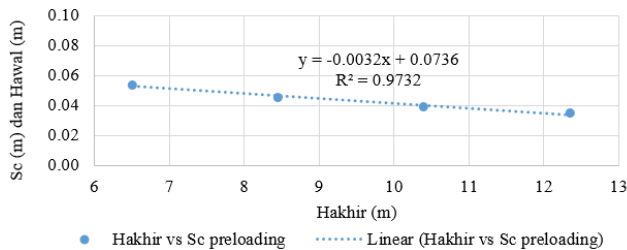
$$\begin{aligned}
 H_{awal} &= 1,0613 * H_{akhir} + 0,6568 \\
 &= 1,0613 * 7,40 + 0,6568 \\
 &= 8,51 \text{ m (dibulatkan menjadi 8,60 m)} \\
 Sc_{total} &= 0,0613 * H_{akhir} + 0,6568 \\
 &= 0,0613 * 7,40 + 0,6568 \\
 &= 1,11 \text{ m (dibulatkan menjadi 1,20 m)}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. 42 Cross section timbunan dengan kemiringan lereng tegak hasil perhitungan H_{akhir} vs H_{awal}

5.5.2 Perhitungan Kebutuhan Overlay

Dari perhitungan pada Subbab 5.1.3 diketahui bahwa derajat konsolidasi sebelum dan sesudah terjadi pemampatan bernilai sama akibat nilai C_v yang sama. Penurunan pada tiap tahun masa layan jalan dihitung dari hasil perkalian $Sc_{preloading}$ dengan derajat konsolidasi masing-masing (Tabel 5.1). Jika besar penurunan < 15 cm, maka belum perlu dilakukan *overlay*. Dari Tabel 5.3, hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ ditunjukkan pada Gambar 5.43.



Gambar 5. 43 Grafik hubungan H_{akhir} vs $Sc_{preloading}$ timbunan kemiringan lereng tegak

Dari rumus *trendline* pada Gambar 5.43 didapatkan:

$$\begin{aligned} H_{awal} &= -0,0032 * H_{akhir} + 0,0736 \\ &= -0,0032 * 7,40 + 0,0736 \\ &= 0,050 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 5. 37 Kebutuhan overlay timbunan kemiringan lereng tegak

No	Tahun ke-i	Uv_i	Pemampatan pada tahun ke-i, Sc_i * (m)	Overlay
1	1	11.2%	0.006	Tidak perlu
2	2	15.8%	0.008	Tidak perlu
3	3	19.4%	0.010	Tidak perlu
4	4	22.4%	0.011	Tidak perlu
5	5	25.0%	0.013	Tidak perlu

*) $Sc_i = Uv_i * Sc_{preloading}$

5.5.3 Stabilitas Timbunan dan Perkuatan

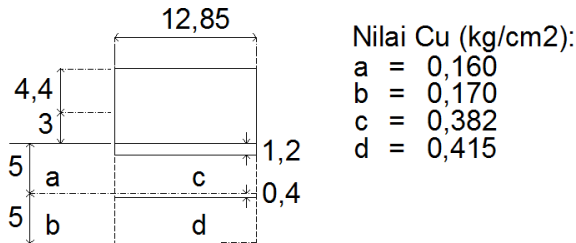
Penjelasan langkah-langkah perhitungan stabilitas timbunan terdapat pada Subbab 2.4.4. Sebelum menghitung stabilitas timbunan, perlu menghitung peningkatan nilai C_u , yang dijelaskan pada Tabel 5.38.

Tabel 5. 38 Nilai C_u baru pada lapisan tanah dasar akibat beban timbunan dengan kemiringan lereng tegak

Lapisan tanah	Total ΔP^* (kg/cm^2)	PI (%)	Cu (kg/cm^2)		
			Lama	Baru	Baru rata2
1	1.541	31.74	0.160	0.366	0.382
2	1.589			0.375	
3	1.633			0.383	
4	1.673			0.391	
5	1.710			0.397	
6	1.743	32.89	0.170	0.404	0.415
7	1.774			0.410	
8	1.803			0.415	
9	1.831			0.420	
10	1.859			0.426	

*) Nilai pada tabel “Tegangan tiap tahap ke-i, Sc_i ” pada Lampiran 7

Pada tabel “Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i ” pada Lampiran 7, pemampatan yang terjadi pada tanah dasar kedalaman 5 s/d 10 m sebesar 0,376 m (dibulatkan menjadi 0,40 m). Penyederhanaan bentuk timbunan setelah terjadi pemampatan terdapat pada Gambar 5.44.



Gambar 5. 44 Bentuk timbunan kemiringan lereng tegak dan nilai C_u tanah dasar setelah timbunan mengalami pemampatan

- Stabilitas internal:

Keluaran dari perhitungan stabilitas internal adalah panjang *geogrid* yang dipasang pada timbunan, L .

$$T_{\text{allow}} = \frac{T}{FS_{\text{id}} * FS_{\text{cr}} * FS_{\text{cd}} * FS_{\text{bd}}} = \frac{160}{1,1 * 2 * 1,1 * 1,1} = 60,1 \text{ kN/m}$$

$$FS_{\text{rencana}} = 1,5$$

$$\begin{aligned} K_a &= \tan^2(45^\circ - \Phi/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 30^\circ/2) \\ &= 0,333 \end{aligned}$$

Tabel 5. 39 Perhitungan S_v geogrid untuk timbunan kemiringan lereng tegak

Z (m)	$\sigma_v = \gamma_{\text{timb}} * Z$ (kN/m^2)	$\sigma_{h_z} = P_v * K_a$ (kN/m^2)	S_v (m)
3	54	18	2.22
6	108	36	1.11
7	126	42	0.95
8.6	154.8	51.6	0.77

Tabel 5. 40 Perhitungan panjang geogrid, L untuk timbunan kemiringan lereng tegak (1/2)

Sv pakai (m)	Z (m)	Pv (kN/m ²)	Ph _z (kN/m ²)	τ ₁ (kN/m ²)	τ ₂ (kN/m ²)	τ _{total} (kN/m ²)
1.6	1.6	28.8	9.6	16.6	16.6	33.3
1.6	3.2	57.6	19.2	33.3	33.3	66.5
1	4.2	75.6	25.2	43.6	43.6	87.3
1	5.2	93.6	31.2	54.0	54.0	108.1
1	6.2	111.6	37.2	64.4	64.4	128.9
0.8	7	126	42	72.7	72.7	145.5
0.8	7.8	140.4	46.8	81.1	81.1	162.1
0.8	8.6	154.8	51.6	89.4	89.4	178.7

Tabel 5. 41 Perhitungan panjang geogrid, L untuk timbunan kemiringan lereng tegak (2/2)

Le (m)	Le pakai (m)	Lr (m)	L (m)	L pakai (m)
0.69	1	4.97	5.97	6
0.69	1	4.04	5.04	6
0.43	1	3.46	4.46	5
0.43	1	2.89	3.89	5
0.43	1	2.31	3.31	5
0.35	1	1.85	2.85	3
0.35	1	1.39	2.39	3
0.35	1	0.92	1.92	3

- Stabilitas eksternal guling (FS_{OT}):

$$FS_{rencana} = 1,5$$

$$\begin{aligned} P &= 0,5 * Y_{timb} * H_{timb}^2 * Ka \\ &= 0,5 * 18 * 8,6^2 * 0,333 \\ &= 221,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P * \sin(\delta) = P * \sin(27^\circ) = 100,73 \text{ kN}$$

$$P * \cos(\delta) = P * \cos(27^\circ) = 197,70 \text{ kN}$$

Tabel 5. 42 Perhitungan beban tanah untuk timbunan kemiringan lereng tegak

Li (m)	Hi (m)	Wi * (kN)	Ri = Li / 2 (m)	Wi * Ri (kNm)
6	1.6+1.6 = 3.2	345.6	3	1036.8
5	1+1+1 = 3	270	2.5	675
3	0.8+0.8+0.8 = 2.4	129.6	1.5	194.4
Total	8.6	745.2		1906.2

$$(*) Wi = \gamma_{\text{timb}} * Li * Hi * 1$$

$$\begin{aligned} FS_{OT} &= [\sum(Wi * Ri) + P * \sin(\delta) * Ri] / (P * \cos(\delta) * Ri) \\ &= (1906,2 + 100,73 * 6/3) / (197,70 * 8,6/3) \\ &= 3,72 > FS_{\text{rencana}} = 1,5 \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

- Stabilitas eksternal ambles (FS_{BR}):

$$FS_{\text{rencana}} = 1,5$$

Berdasarkan Gambar 2.5, untuk rasio $B_{\text{timb}} / H_{\text{lempung}} = 2,57$; nilai $N_c = 5,14 + 0,5 * (2,57 - 1,49) = 5,14 + 0,54 = 5,66$

$$\begin{aligned} FS_{BR} &= (C_{u\text{dasar}} * N_c + q * N_q + 0,5 * B * \gamma_{\text{dasar}} * N_y) / (\gamma_{\text{timb}} * 8,6) \\ &= (38,9 * 5,66) / (18 * 8,6) \\ &= 1,422 \end{aligned}$$

$FS_{\text{kritis}} = 1 < FS_{BR} = 1,422 < FS_{\text{rencana}} = 1,5$ (aman, tetapi tidak memenuhi persyaratan)

- Stabilitas eksternal geser (FS_{SL}):

$$FS_{\text{rencana}} = 1,5$$

$$\begin{aligned} FS_{SL} &= \{ C_{u\text{dasar}} + [\sum(Wi) + P * \sin(\delta)] * \tan(\Phi_{\text{dasar}}) / B \} * B / P * \cos(\delta) \\ &= \{ 38,9 + [745,2 + 100,73] * \tan(0^\circ) / 3 \} * 3 / 197,70 \\ &= 0,59 < FS_{\text{rencana}} = 1,5 \quad \text{(NOT OK)} \end{aligned}$$

- Penyesuaian panjang *geogrid*:

Karena nilai FS_{SL} yang belum memenuhi persyaratan, maka panjang *geogrid* (L_i) diperpanjang. Didapatkan panjang *geogrid* yang menghasilkan FS melebihi $FS_{rencana}$ sebagai berikut:

Tabel 5. 43 Perhitungan beban tanah untuk timbunan kemiringan lereng tegak (penyesuaian)

L_i (m)	H_i (m)	$W_i *$ (kN)	$R_i = L_i / 2$ (m)	$W_i * R_i$ (kNm)
7.7	$1.6+1.6 = 3.2$	443.52	3.85	1707.6
7.7	$1+1+1 = 3$	415.8	3.85	1600.8
7.7	$0.8+0.8+0.8 = 2.4$	332.64	3.85	1280.7
Total	8.6	1191.96		4589.0

$$(*) W_i = \gamma_{\text{timb}} * L_i * H_i * 1$$

$$FS_{OT} = [\Sigma(W_i * R_i) + P * \sin(\delta) * R_i] / (P * \cos(\delta) * R_i)$$

$$= (4589,0 + 100,73 * 7,7/3) / (197,70 * 8,6/3)$$

$$= 8,55 > FS_{rencana} = 1,5 \quad (\text{OK})$$

$$FS_{BR} = 1,422 \quad (\text{Tetap})$$

$$FS_{SL} = \{C_{u\text{dasar}} + [\Sigma(W_i) + P * \sin(\delta)] * \tan(\Phi_{\text{dasar}}/B) * B / P * \cos(\delta)$$

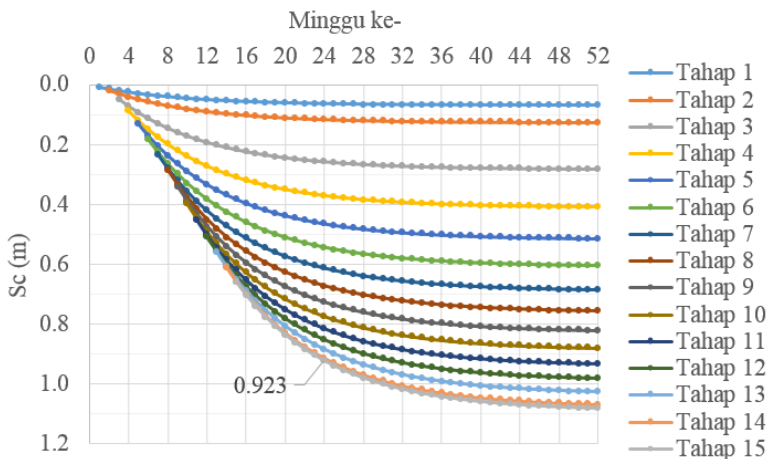
$$= \{38,9 + [1191,96 + 100,73] * \tan(0^\circ)/7,7\} * 7,7 / 197,70$$

$$= 1,51 < FS_{rencana} = 1,5 \quad (\text{OK})$$

5.5.4 Penimbunan Bertahap

5.5.4.1 Metode *Soil Pre-loading*

Penjelasan langkah-langkah perhitungan penimbunan bertahap terdapat pada Subbab 2.4.3. Pada tiap tahapan (minggu), dapat dilakukan penimbunan setinggi 0,60 m. Dari perhitungan sebelumnya didapatkan $H_{awal} = 8,60$ m; sehingga timbunan dibagi menjadi 15 tahap. Tahap ke-1 s/d 14 setinggi 0,60 m; dan tahap ke-15 setinggi 0,20 m. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 7.



Gambar 5. 45 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng tegak metode *soil pre-loading* dan GESK jarak antarPVD 1,0 m

Terlihat pada Gambar 5.45, pemampatan yang terjadi pada minggu ke-24 sebesar 0,923 m ($0,923 / 1,11 = 83,1\%$ Sc rencana). Nilai tersebut kemudian dijadikan acuan perbandingan terhadap metode *vacuum pre-loading* yang akan dibahas pada Subbab 5.5.3.2.

5.5.4.2 Metode *Vacuum Pre-loading*

Dalam metode *vacuum pre-loading*, perhitungan beban bertahap dipengaruhi oleh kekuatan pompa vakum, ΔP_{pompa} .

Berdasarkan persamaan (2-23):

$$\begin{aligned} 1 \text{ atm lokal lokasi studi kasus} &= 101325 - 1,23 * 9,81 * 19 \\ &= 101096 \text{ Pa} \\ &= 10,30 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2-22):

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{pompa}} &= 80\% * 10,30 \\ &= 8,244 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

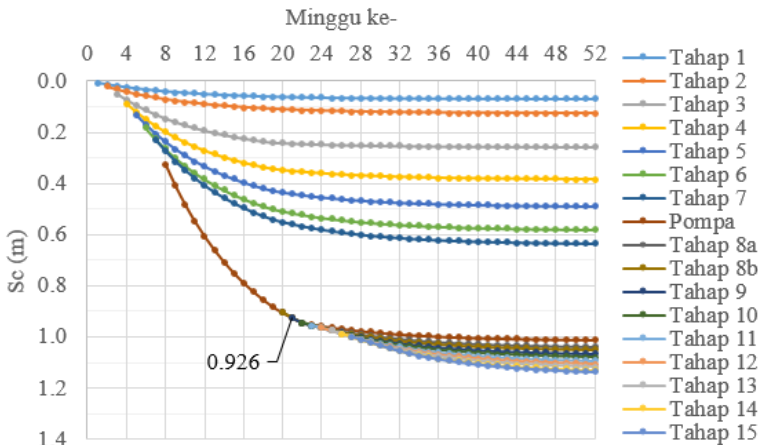
Berdasarkan persamaan (2-24):

$$H_{\text{pompa}} = 8,244 / 1,8 = 4,58 \sim 4,60 \text{ m}$$

Seperti dijelaskan sebelumnya, H_{awal} metode *vacuum pre-loading* sama dengan H_{awal} *soil pre-loading*, yaitu $H_{\text{awal}} = 8,60 \text{ m}$; sehingga kebutuhan timbunan sebagai beban tambahan selain beban vakum sebesar: $8,60 - H_{\text{pompa}} = 8,60 - 4,60 = 4,00 \text{ m}$

Tiap tahapan (minggu), dapat dilakukan penimbunan setinggi maksimum 0,6 m. Kebutuhan timbunan setinggi 4,00 m dibagi menjadi 7 tahap penimbunan, dengan tahap ke-1 s/d 6 setinggi 0,60 m, dan tahap ke-7 setinggi 0,40 m. Beban pompa berada di antara tahap ke-2 dan tahap ke-3, karena diasumsikan beban pompa baru diaplikasikan setelah dilakukan penimbunan setinggi 2 tahap, yang juga digunakan sebagai lantai kerja.

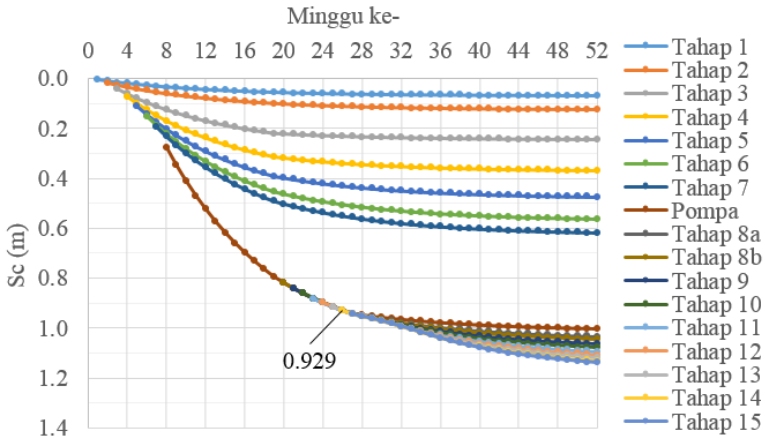
Setelah besar pemampatan rencana tercapai, pompa vakum dimatikan, kemudian melanjutkan proses penimbunan hingga tinggi rencana. Sisa timbunan yang belum ditimbun sebesar tinggi setara H_{pompa} yaitu 4,60 m. Dibagi menjadi 8 tahap penimbunan, dengan tahap ke-8 s/d 14 setinggi 0,60 m, dan tahap ke-15 setinggi 0,40 m. Tahap ke-8 dibagi menjadi dua (2) bagian, yaitu tahap ke-8a setinggi 0,20 m; dan tahap ke-8b setinggi 0,40 m. Pembagian tahap ke-8 tersebut terkait dengan bentuk timbunan yang terbagi menjadi timbunan bawah setinggi 4,20 m; dan timbunan atas setinggi 4,40 m. Perhitungan selengkapnya terdapat pada Lampiran 7.



Gambar 5. 46 Grafik S_c bertahap timbunan kemiringan lereng tegak metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,0 m

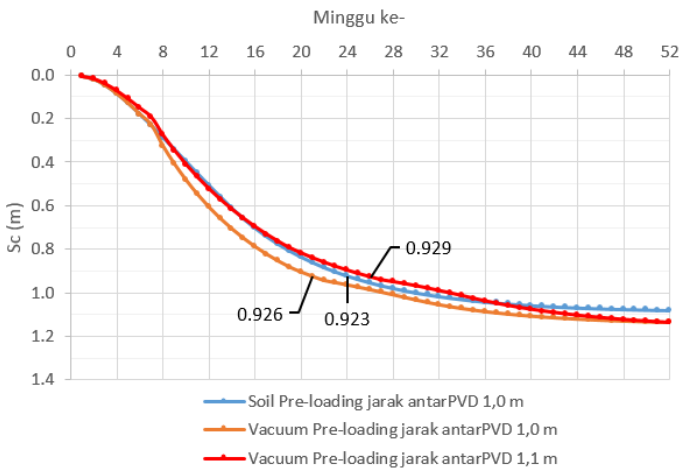
Terlihat pada Gambar 5.46, pemampatan yang terjadi pada minggu ke-21 sebesar 0,926 m; relatif sama dengan pemampatan yang terjadi pada minggu ke-24 metode *soil pre-loading* yaitu sebesar 0,923 m (Subbab 5.5.3.1). Maka pompa dapat dimatikan pada minggu ke-21 tersebut. Setelah terjadi pemampatan, nilai-nilai parameter tanah berubah. Pemampatan selanjutnya dihitung berdasarkan nilai-nilai parameter tanah yang telah berubah tersebut. Perhitungan selengkapnya pada Lampiran 7.

Pada Tugas Akhir ini, juga dilakukan perhitungan metode *vacuum pre-loading* yang menghasilkan besar pemampatan relatif sama dengan metode *soil pre-loading* (dalam kasus ini 0,923 m) pada lama waktu yang sama (dalam kasus ini minggu ke-24). Hal tersebut dapat dilakukan dengan memperlebar jarak antarPVD (dalam kasus ini jarak antarPVD menjadi 1,1 m; dari sebelumnya 1,0 m). Sehingga didapatkan pemampatan sebesar 0,929 m pada minggu ke-26 (Gambar 5.47).



Gambar 5. 47 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng tegak metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

Perbandingan Sc bertahap masing-masing metode untuk timbunan dengan kemiringan lereng tegak ditunjukkan pada Gambar 5.48.



Gambar 5. 48 Grafik Sc bertahap timbunan kemiringan lereng tegak masing-masing metode

5.5.5 Volume dan Biaya Material

5.5.5.1 Metode Soil Pre-loading

- Luas lahan, A_{lahan} :

Berdasarkan Gambar 5.42, lebar timbunan oprit bagian bawah, B_{timb} :

$$B_{\text{timb}} = 25,7$$

Panjang oprit, $L_{\text{timb}} = 125$ m (Subbab 4.3.1), maka luas lahan yang dibutuhkan, A_{lahan} :

$$\begin{aligned} A_{\text{lahan}} &= B_{\text{timb}} * L_{\text{timb}} \\ &= 25,7 * 125 \\ &= \mathbf{3213 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Volume timbunan, V_{timb} :

Berdasarkan Gambar 5.42, luas penampang timbunan, A_{timb} :

$$\begin{aligned} A_{\text{timb}} &= 25,7 * 8,6 \\ &= 221,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{timb}} &= A_{\text{timb}} * L_{\text{timb}} \\ &= 221,02 * 125 \\ &= \mathbf{27628 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

- Luas *geotextile*, $A_{\text{geotextile}}$:

Berdasarkan rangkuman perhitungan pada Tabel 5.43, kebutuhan *geogrid*, L_{total} :

$$\begin{aligned} L_{\text{total}} &= 7,7 * n_{\text{lapis}} * 2 * L_{\text{timb}} \quad ; n_{\text{lapis}} = 8 \\ &= 7,7 * 8 * 2 * 125 \\ &= \mathbf{15400 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Luas *multiblock*, $A_{\text{multiblock}}$:

$$\begin{aligned} A_{\text{multiblock}} &= H_{\text{timb}} * L_{\text{timb}} * 2 \\ &= 8,6 * 125 * 2 \\ &= \mathbf{2150 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

- Panjang PVD, L_{PVD} :

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1,0 \text{ m}$ (Subbab 5.1.2), sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{\text{memanjang}}$:

Berdasarkan Gambar 2.2 (b):

$$\begin{aligned} S_{\text{memanjang}} &= 0,866 * S \\ &= 0,866 * 1 \\ &= 0,866 \sim 0,85 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{\text{baris}} &= \frac{L_{\text{timb}}}{S_{\text{memanjang}}} \\ &= \frac{125}{0,85} \\ &= 147,06 \sim 147 \text{ baris} \\ &\quad (74 \text{ baris urutan ganjal dan } 73 \text{ baris urutan genap)} \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned} n_{\text{titik}} &= \frac{B_{\text{timb}}}{S} \\ &= \frac{25,7}{1} \\ &= 25,7 \text{ titik} \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 26 titik

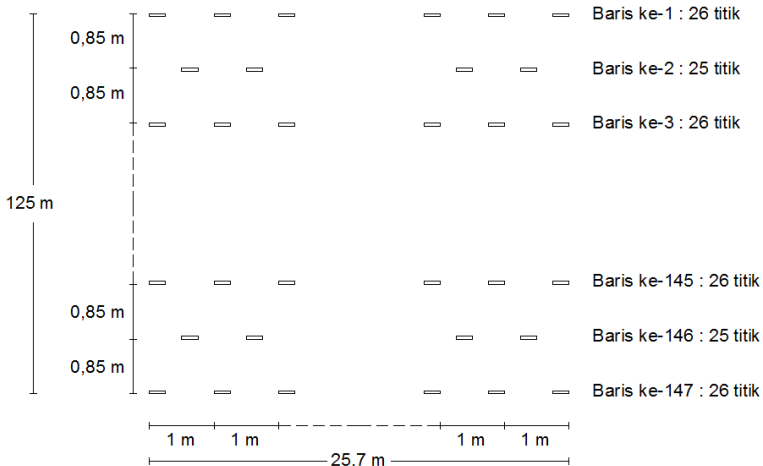
Pembulatan n_{titik} baris urutan genap : 25 titik

Jumlah semua titik, $n_{\text{titik-total}}$:

$$\begin{aligned} n_{\text{titik total}} &= (74 * 26) + (73 * 25) \\ &= 3749 \text{ (Gambar 5.45)} \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{PVD} &= n_{\text{titik total}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 3749 * 10 \\ &= \mathbf{37490 \text{ m}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 49 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng tegak metode soil pre-loading jarak antar PVD 1,0 m

- Panjang PHD, L_{PHD} :

Berdasarkan brosur material PHD pada Lampiran 2:

Kapasitas tampung PHD, $Q_{PHD} = 2,40 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dtk}$

Pada tabel “Pemampatan kumulatif tiap tahapan beban, S_c kumulatif timbunan kemiringan lereng tegak metode *soil pre-loading*” pada Lampiran 7, Penurunan terbesar yang terjadi dalam satu (1) minggu, $\Delta S_{c_{\max}} = 0,055 \text{ m}$; terjadi pada minggu ke-10.

Maka volume air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, V_{air} :

$$\begin{aligned} V_{\text{air}} &= B_{\text{timb}} * S_{\text{memanjang}} * \Delta S_{\text{cmax}} \\ &= 25,7 * 0,85 * 0,055 \\ &= 1,21 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debit air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, Q_{air} :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= V_{\text{air}} / t \\ &= 1,21 / (7 * 24 * 3600) \\ &= 1,99 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Rasio kapasitas tampung terhadap debit air yang keluar:

$$\begin{aligned} Q_{\text{PHD}} / Q_{\text{air}} &= [(2,40 * 10^{-5}) / (1,99 * 10^{-6})] / \text{FS} \\ &= [12,06] / 1,25 \\ &= 9,65 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rasio di atas, maka diketahui keluaran air dari tiap dua (2) baris PVD dapat disalurkan ke parit drainase oleh satu (1) PHD yang membentang selebar timbunan. Perhitungan L_{PHD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PHD}} &= n_{\text{baris}} * B_{\text{timb}} \\ &= 74 * 25,7 = \mathbf{1902 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.44):

Tabel 5. 44 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng tegak metode soil pre-loading

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	3213 m ²	1.000.000	3,213
2	Timbunan	27628 m ³	200.000	5,526
3	<i>Geogrid</i>	15400 m ²	100.000	1,540
4	<i>Multiblock</i>	2150 m ²	500.000	1,075
4	PVD	37490 m	3.500	0,131
5	PHD	1902 m	117.000	0,222
Total				11,707

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-24

5.5.5.2 Metode Vacuum Pre-loading

Perhitungan kebutuhan material metode *vacuum pre-loading* dilakukan sebanyak dua (2) macam, yaitu:

- (a) Jika jarak antarPVD sama seperti pada metode *soil pre-loading* (waktu pemampatan lebih cepat)

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, *geotextile*, PVD, dan PHD sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Kemudian ditambah dengan biaya pengadaan dan operasional pompa.

- Jumlah pompa, n_{pompa} :

Berdasarkan Tabel 2.3, pompa berdaya 7,5 kW memiliki luas pengaruh maksimum, $A_{\text{pompa}} = 1500 \text{ m}^2$, maka:

$$\begin{aligned} n_{\text{pompa}} &= A_{\text{lahan}} / A_{\text{pompa}} \\ &= 3213 / 1500 \\ &= 2,14 \sim \mathbf{3 \text{ pompa}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.45):

Tabel 5. 45 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng tegak metode *vacuum pre-loading* jarak antarPVD 1,0 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	3213 m ²	1.000.000	3,213
2	Timbunan	27628 m ³	200.000	5,526
3	<i>Geogrid</i>	15400 m ²	100.000	1,540
4	<i>Multiblock</i>	2150 m ²	500.000	1,075
4	PVD	37490 m	3.500	0,131
5	PHD	1902 m	117.000	0,222
Total				11,707
6	Pengadaan pompa	3	17.500.000	0,053
7	Operasional @pompa	21 minggu	1.800.000	0,113
Total				11,873

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-21

- (b) Jika jarak antarPVD diperlebar (waktu pemampatan disamakan seperti pada metode *soil pre-loading*).

Hasil perhitungan kebutuhan material lahan, timbunan, dan *geotextile* sama seperti pada metode *soil pre-loading*. Sedangkan untuk kebutuhan material PVD dan PHD terjadi perubahan. Kemudian ditambah dengan biaya pengadaan dan operasional pompa.

- Jumlah pompa, n_{pompa} :

Sama seperti pada poin Subbab 5.5.5.2 (a):

$$n_{pompa} = \mathbf{3 \text{ pompa}}$$

- Panjang PVD, L_{PVD} :

Diketahui jarak antarPVD arah memotong jalan, $S = 1,1$ m; sehingga jarak antarPVD arah memanjang jalan pada pola pemasangan segitiga, $S_{memanjang}$:

Berdasarkan Gambar 2.2 (b):

$$\begin{aligned} S_{memanjang} &= 0,866 * S \\ &= 0,866 * 1,1 \\ &= 0,953 \sim 0,95 \text{ m} \end{aligned}$$

Jumlah baris sepanjang arah memanjang jalan, n_{baris} :

$$\begin{aligned} n_{baris} &= \frac{L_{timb}}{S_{memanjang}} \\ &= \frac{125}{0,95} \\ &= 131,57 \sim 131 \text{ baris} \\ &\text{(66 baris urutan gasal dan 65 baris urutan genap)} \end{aligned}$$

Jumlah titik tiap baris, n_{titik} :

$$\begin{aligned} n_{titik} &= \frac{B_{timb}}{S} \\ &= \frac{25,7}{1,1} \\ &= 23,36 \text{ titik} \end{aligned}$$

Pembulatan n_{titik} baris urutan ganjil : 24 titik

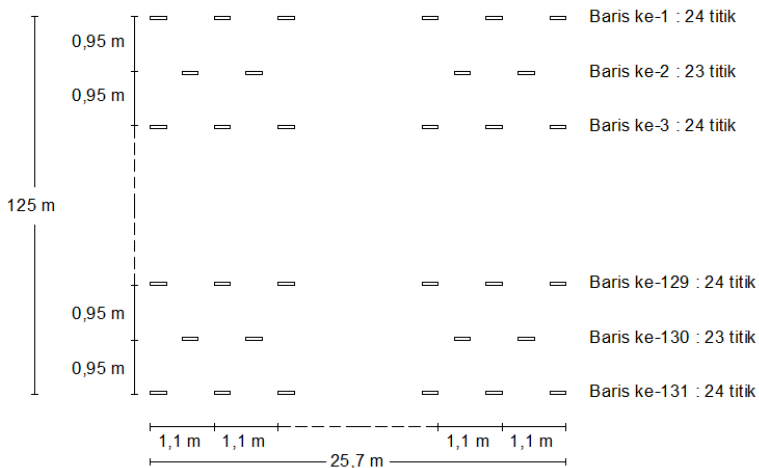
Pembulatan n_{titik} baris urutan genap : 23 titik

Jumlah semua titik, $n_{\text{titik-total}}$:

$$\begin{aligned} n_{\text{titik total}} &= (66 * 24) + (65 * 23) \\ &= 3079 \text{ (Gambar 5.46)} \end{aligned}$$

Panjang total PVD, L_{PVD} :

$$\begin{aligned} L_{\text{PVD}} &= n_{\text{titik total}} * \text{panjang tiap titik} \\ &= 3079 * 10 \\ &= \mathbf{30790 \text{ m}} \end{aligned}$$



Gambar 5. 50 Pola, jarak, dan jumlah titik pemasangan PVD timbunan kemiringan lereng tegak metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

- Panjang PHD, L_{PHD} :

Berdasarkan brosur material PHD pada Lampiran 2:

Kapasitas tampung PHD, $Q_{PHD} = 2,40 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{dtk}$

Pada tabel “Pemampatan kumulatif tiap tahapan beban, S_c kumulatif timbunan kemiringan lereng tegak metode *vacuum pre-loading* jarak antarPVD 1,1 m” pada Lampiran 7, Penurunan terbesar yang terjadi dalam satu (1) minggu, $\Delta S_{c_{\max}} = 0,080 \text{ m}$; terjadi pada minggu ke-3.

Maka volume air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, V_{air} :

$$\begin{aligned} V_{\text{air}} &= B_{\text{timb}} * S_{\text{memanjang}} * \Delta S_{c_{\max}} \\ &= 25,7 * 0,95 * 0,080 \\ &= 1,95 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Debit air maksimum yang keluar dalam satu (1) minggu dari satu (1) baris PVD, Q_{air} :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= V_{\text{air}} / t \\ &= 1,95 / (7 * 24 * 3600) \\ &= 3,23 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

Rasio kapasitas tampung terhadap debit air yang keluar:

$$\begin{aligned} Q_{PHD} / Q_{\text{air}} &= [(2,40 * 10^{-5}) / 3,23 * 10^{-6}] / FS \\ &= [7,43] / 1,25 \\ &= 5,94 \end{aligned}$$

Dari perhitungan rasio di atas, maka diketahui keluaran air dari tiap dua (2) baris PVD dapat disalurkan ke parit drainase oleh satu (1) PHD yang membentang selebar timbunan. Perhitungan L_{PHD} :

$$\begin{aligned} L_{PHD} &= n_{\text{baris}} * B_{\text{timb}} \\ &= 66 * 25,7 \\ &= \mathbf{1697 \text{ m}} \end{aligned}$$

- Perhitungan biaya (Tabel 5.46):

Tabel 5. 46 Rangkuman kebutuhan material untuk timbunan kemiringan lereng tegak metode vacuum pre-loading jarak antarPVD 1,1 m

No	Material	Volume	Harga satuan (Rp)	Biaya (milyar Rp)
1	Lahan	3213 m ²	1.000.000	3,213
2	Timbunan	27628 m ³	200.000	5,526
3	<i>Geogrid</i>	15400 m ²	100.000	1,540
4	<i>Multiblock</i>	2150 m ²	500.000	1,075
4	PVD	30790 m	3.500	0,108
5	PHD	1697 m	117.000	0,199
Total				11,660
6	Pengadaan pompa	3	17.500.000	0,053
7	Operasional @pompa	26 minggu	1.800.000	0,140
Total				11,853

*) Pemampatan rencana tercapai pada minggu ke-26

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

- Tanah dasar di lokasi studi kasus merupakan tanah lempung hingga kedalaman lebih dari 30 m. Tanah lempung dengan nilai N-SPT < 10 berada pada kedalaman 4-10 m.
- Besar pemampatan (S_c) dan tinggi awal timbunan (H_{awal}) pada masing-masing kemiringan lereng terangkum pada Tabel 6.1 berikut:

Tabel 6. 1 Rangkuman S_c dan H_{awal} pada masing-masing kemiringan lereng

No	Kemiringan lereng	S_c (m)	H_{awal} (m)
1	1:2	1,14	8,54
2	1:1,5	1,14	8,54
3	1:1	1,13	8,53
4	Tegak	1,11	8,51

*) Semua S_c dibulatkan menjadi 1,20 m dan semua H_{awal} dibulatkan menjadi 8,60 m

- Kebutuhan kekuatan *geotextile/geogrid* pada metode *soil pre-loading* dan *vacuum pre-loading* pada masing-masing kemiringan lereng terangkum pada Tabel 6.2 berikut:

Tabel 6. 2 Rangkuman kebutuhan kekuatan *geotextile/geogrid* pada masing-masing kemiringan lereng

No	Kemiringan lereng	Perkuatan	Jumlah lapis
1	1:2	<i>Geotextile</i>	26
2	1:1,5	<i>Geotextile</i>	27
3	1:1	<i>Geotextile</i>	29
4	Tegak	<i>Geogrid</i>	8

- Kebutuhan kekuatan *stone column* pada metode *GESC* pada masing-masing kemiringan lereng terangkum pada Tabel 6.3 berikut:

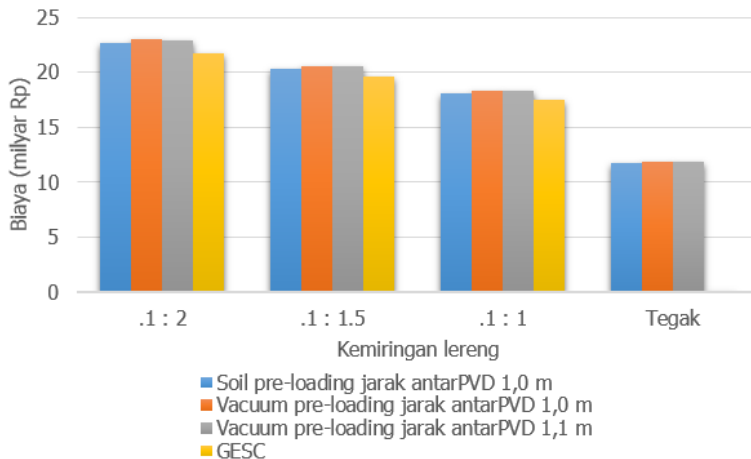
Tabel 6. 3 Rangkuman kebutuhan kekuatan geotextile/geogrid pada masing-masing kemiringan lereng

No	Kemiringan lereng	Jumlah <i>stone column</i> tiap 3,4 m arah memanjang jalan
1	1:2	4 + 4 = 8
2	1:1,5	4 + 4 = 8
3	1:1	4 + 4 = 8
4	Tegak	-

- Total biaya yang dibutuhkan pada masing-masing metode perbaikan tanah pada masing-masing kemiringan lereng terangkum pada Tabel 6.4 dan Gambar 6.1 berikut:

Tabel 6. 4 Rangkuman total biaya

No	Metode perbaikan tanah	Total biaya pada kemiringan lereng (milyar rupiah)			
		1:2	1:1,5	1:1	Tegak
1	<i>Soil pre-loading</i> jarak antarPVD 1,0 m	22.646	20.304	18.089	11.707
2	<i>Vacuum pre-loading</i> jarak antarPVD 1,0 m	22.989	20.590	18.375	11.873
3	<i>Vacuum pre-loading</i> jarak antarPVD 1,1 m	22.913	20.523	18.320	11.853
4	<i>GESC</i>	21.762	19.644	17.542	-



Gambar 6. 1 Grafik rangkuman total biaya

- Alternatif perencanaan yang dipilih berdasarkan biaya total paling murah adalah metode *soil pre-loading* dengan jarak antarPVD 1,0 m pada kemiringan lereng tegak, yaitu 11,707 milyar rupiah.

6.2 Saran

- Harga satuan material yang digunakan dalam Tugas Akhir ini dapat berubah sewaktu-waktu, sehingga diperlukan verifikasi harga ke produsen/distributor.

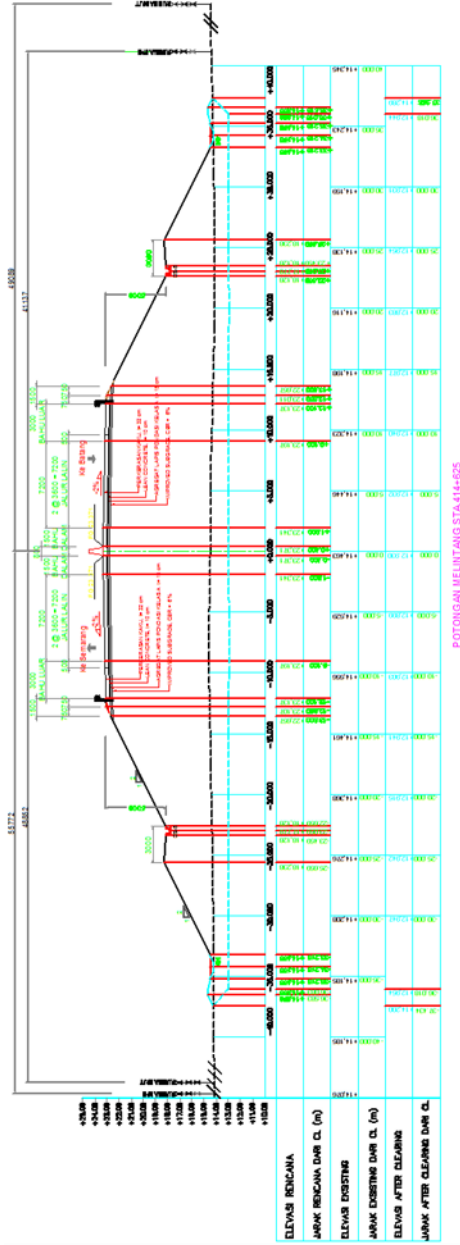
“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Castro, J. dan Sagasesta, C., 2010, **Deformation and Consolidation Around Encased Stone Columns**, Journal of Elsevier Scientific Publishing Co., New York.
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik Jilid 1**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya, B. M. Surabaya: Erlangga.
- Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik Jilid 2**. Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya, B. M. Surabaya: Erlangga.
- Kementerian PUPR, 2016, **Pembebasan Lahan Tol Trans Jawa**, website Kementerian PUPR, diakses pada tanggal 16 September 2017.
- Mochtar, Noor Endah, 2012, **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**, ITS Press, Surabaya.
- Wahyudi, Herman. 2012. **Daya Dukung Pondasi Dangkal**. Surabaya: ITS Press.
- Wahyudi, Herman. 2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya: ITS Press.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 1
DATA LAPANGAN DAN STRATIGRAFI



Cross section rencana lokasi studi kasus


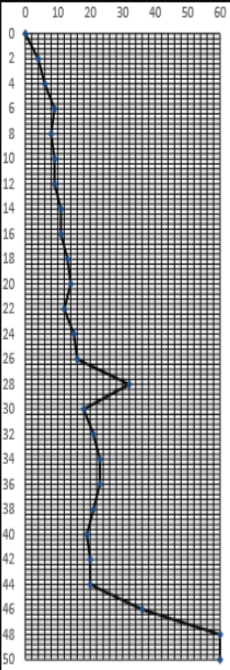
Data tanah lapangan:

Data borelog jalan tol Batang-Semarang Seksi 3

- STA 414+610 (mewakili lokasi studi kasus, STA 414+600 s/d STA 414+725)

WASKITA		PT.WASKITA KARYA (PERSERO) Tbk.		N SPT TEST DRILL MACHINE TEST			
Project		: Pembangunan Tol Batang - Semarang		Sub-Kon Boring : GEOREKAYASA			
Location		: UP. Nawang Sari/STA 414+610		Boring Master : Widodo			
Bor Hole		: BH.III - 01					
Kdim (m)	Tgl.	Deskripsi Tanah	BPT per 15 cm			Grafik of SPT Test	
			I	II	III SPT		
0	21-Aug-16	Tanah penutup abu-abu				0	
2		Lempung abu-abu	1	1	2	3	
4		Lempung abu-abu	3	4	7	11	
6	23-Aug-16	Lempung abu-abu	3	4	4	8	
8		Lempung abu-abu	2	2	2	4	
10		Pasir Kelanauan abu-abu	7	10	14	24	
12		Lempug Coklat Padat	5	8	11	19	
14		Lempug Coklat Padat	8	9	11	20	
16		Lempug Coklat Padat	5	9	12	21	
18	24-Aug-16	Lempung abu-abu	8	11	13	24	
20		Lempung abu-abu	11	13	15	28	
22		Lempung abu-abu	10	14	14	28	
24		Lempung abu-abu kehitaman	5	11	15	26	
26	25-Aug-16	Lempung abu-abu	6	8	14	22	
28		Lempung abu-abu muda	5	7	10	17	
30		Lempung coklat + abu-abu	6	10	13	23	
32		Lempung coklat padat	11	17	26	43	
34	26-Aug-16	Lempung coklat + abu-abu	13	14	23	37	
36		Lempung Pasiran	12	17	20	37	
38		Pasir halus	18	27	28	55	
40		Pasir halus abu-abu	20	26	31	57	
42	26-Aug-16	Lempung au-abu muda	25	28	23	51	
44		Lempung abu-abu	16	37	21	58	
46		Lempung abu-abu + batu Lempung	12	32	28	60	
48				SPT tidak bisa diteruskan karena batu			
50							

• STA 414+525 (STA sebelum lokasi studi kasus)

		PT.WASKITA KARYA (PERSERO) Tbk.		N SPT TEST			
				DRILL MACHINE TEST			
Project		: Pembangunan Tol Batang - Semarang		Sub-Kon Boring : GEOREKAYASA			
Location		: UP. Nawang Sari/STA 414+525		Boring Master : Kariman			
Bor Hole		: BH.III - 02					
KdIm (m)	Tgl.	Deskripsi Tanah	BPT per 15 cm				Grafik of SPT Test
			I	II	III	SPT	
0		Tanah lempung coklat				0	
2		Tanah lempung coklat	1	2	2	4	
4		Tanah lempung coklat kekuningan	1	2	4	6	
6	25-Aug-16	Tanah pasir kuning kecoklatan	2	3	6	9	
8		Tanah pasir kuning kecoklatan	2	3	5	8	
10		Lempung abu-abu	3	3	6	9	
12		Lempung kuning	3	4	5	9	
14		Tanah lempung kuning	3	5	6	11	
16		Tanah lempung kuning keabuan	3	4	7	11	
18	26-Aug-16	Lempung abu-abu	3	5	8	13	
20		Lempung abu-abu	3	6	8	14	
22		Lempung pasiran kuning	3	5	7	12	
24		Lempung hitam	4	6	9	15	
26		Lempung hitam	4	7	9	16	
28		Lempung + kerikil hitam keabuan	7	14	18	32	
30		Lempung abu-abu	5	7	11	18	
32		Cadas + pasir kuning keabuan	6	8	13	21	
34		Tanah cadas kuning	6	8	15	23	
36		Tanah cadas putih keabuan	6	8	15	23	
38	27-Aug-16	Lempung abu-abu	6	8	13	21	
40		Lempung abu-abu	5	7	12	19	
42		Lempung abu-abu	5	7	13	20	
44		Lempung abu-abu	6	8	12	20	
46	28-Aug	Tanah cadas + pasir + kerikil coklat	9	15	21	36	
48		kerikil & cadas abu kecoklatan	17	60	60	60	
50		Pasir kerikil hijau keabuan	20	60	60	60	

• STA 414+730 (STA setelah lokasi studi kasus)

Kdlm (m)		Tgl.	Deskripsi Tanah	BPT per 15 cm			Grafik of SPT Test
				I	II	III SPT	
0		17-Sep-16	Lanau lempung coklat kehitaman lunak			0	
2			Pasir lempung abu-abu lunak	1	1	2	
4			Pasir lempung abu-abu lunak	2	5	14	
6			Lempung abu-abu lunak	4	7	16	
8			Lempung abu-abu lunak	10	12	15	
10			Lempung abu-abu kenjauan keras	11	13	14	
12			Lempung pasir coklat abu agak padat	9	12	14	
14			Lempung pasir krikil coklat agak padat	10	13	16	
16			Pasir krikil Lempung coklat agak padat	12	15	19	
18			Pasir krikil lempung abu-abu padat	11	17	21	
20		18-Sep-16	Lempung pasiran abu-abu (sedang)	5	9	12	
22			Lempung pasir abu-abu	7	10	14	
24		19-Sep-16	Pasir halus Lempung abu-abu agak padat	9	14	17	
26			Pasir krikil Krakal Lempungan abu-abu Keras Padat	20	60	60	
28			Krikil Pasir Krakalan abu-abu keras Padat	22	54	54	
30			Pasir Krikil Krakal Lempungan abu kehitaman	60		60	
32		Lempung abu Ke hitam an Keras	17	25	35		
34							
36							
38							
40							
42							
44							
46							
48							
50							

• STA 414+760 (STA setelah lokasi studi kasus)

Kdim (m)	Tgl.	Deskripsi Tanah	BPT per 15 cm				Grafik of SPT Test	
			I	II	III	SPT		
0		Tanah penutup				0		
2		Pasir lempung coklat	1	1	2	3		
4	28-Aug-16	Lempung abu-abu	6	7	7	14		
6		Lempung kecoklatan	8	8	7	15		
8		Lempung abu-abu muda	8	11	14	25		
10		Lempung coklat + pasir	7	12	16	28		
12		Lempung pasiran	4	7	6	13		
14	29-Aug-16	Lempung pasiran	5	4	5	9		
16		Lempung pasiran abu-abu	8	10	11	21		
18		Lempung abu-abu	6	9	10	19		
20		Lempung abu-abu	8	11	13	24		
22		Lempung abu-abu	6	9	9	18		
24		Lempung abu-abu	10	13	16	29		
26	30-Aug-16	Lempung abu-abu	11	15	18	33		
28		Lempung abu-abu	13	11	13	24		
30		Lempung abu-abu	9	13	12	25		
32		Lempung kecoklatan	10	14	15	29		
34		Lempung kecoklatan	8	13	16	29		
36		Lempung kecoklatan	11	14	18	32		
38	31-Aug-16	Lempung coklat + abu-abu	25	39	21	60		
40		Lempung abu-abu	8	7	9	16		
42		Lempung kelanauan	8	10	9	19		
44		Lempung kelanauan	6	10	11	21		
46		Lempung abu-abu	9	12	16	28		
48		Lempung abu-abu	9	33	25	58		
50		Lempung abu-abu + batu	SPT kedalaman 50m tidak dilakukan karena batu					

Data tanah untuk stratigrafi:

Data borelog dan hasil tes laboratorium jalan tol Pejagan-Pemalang Seksi 1

STA 270+475

Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ _d (ton/m ³)	γ _t (ton/m ³)	e _o	n (%)
5	5	56.29	2.6591	1.0657	1.6656	1.4952	59.92
10	5	60.44	2.6439	1.0319	1.6556	1.5622	60.97
15	7	62.38	2.6229	1.0227	1.6606	1.5647	61.01
20	8	43.11	2.6688	1.1667	1.6725	1.2836	56.21
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	C _c	C _v (cm ² /min)	C _u (ton/m ²)	Φ (°)
5	67	35.26	31.74			1.6	9
10	55	29.23	25.77	0.4243	0.022	1.3	10
15	65.3	34.09	31.21	0.4128	0.015	1.4	15
20						1	18

STA 270+525

Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ _d (ton/m ³)	γ _t (ton/m ³)	e _o	n (%)
5	3	76.27	2.6312	1.6465	0.9341	1.8169	64.5
10	5	69.67	2.6433	1.6483	0.9715	1.7208	63.25
15	5	63.92	2.6504	1.6546	1.0094	1.6258	61.92
20	16	55.25	2.66	1.6585	1.0683	1.49	59.84
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	C _c	C _v (cm ² /min)	C _u (ton/m ²)	Φ (°)
5	65.9	34.42	31.48	0.5427	0.015	1.6	8
10	67.8	35.14	32.66			1.8	10
15	53.1	27.08	26.02			1.2	10
20	64.7	33.04	31.66	0.3774	0.025	1.8	16

STA 275+050

Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ_d (ton/m ³)	γ_t (ton/m ³)	e_o	n (%)
5	5	55.4	2.6533	1.6434	1.0575	1.5089	60.14
10	7	60	2.6473	1.6437	1.0273	1.5789	61.19
15	15	56.85	2.6533	1.6596	1.058	1.5077	60.12
20	15	53.02	2.6584	1.6647	1.0679	1.4437	59.08
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /min)	Cu (ton/m ²)	Φ (°)
5	65.4	55.16	10.24			1.6	7
10	67.4	34.04	33.36			2	8
15	70.3	35.18	35.12	0.3233	0.04	2.2	14
20	58	29.26	28.74	0.2834	0.07	2	20

STA 275+100

Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ_d (ton/m ³)	γ_t (ton/m ³)	e_o	n (%)
5	9	59.69	2.6449	1.6449	1.0301	1.5676	61.05
10	6	61.56	2.6377	1.642	1.0163	1.5953	61.47
15	16	57.84	2.6486	1.6626	1.0533	1.5145	60.23
20	17	52.16	2.6578	1.6807	1.145	1.4063	58.44
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /min)	Cu (ton/m ²)	Φ (°)
5	68.2	34.1	34.1	0.4944	0.025	1.9	10
10	70.2	36.2	34			1.8	9
15	62.8	31.1	31.7			2.2	14
20	65.2	33.2	32			2.4	16

STA 280+575

Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ_d (ton/m ³)	γ_t (ton/m ³)	e_o	n (%)
5	14	56.82	2.6449	1.6575	1.0569	1.5209	60.33
10	14	32.15	2.6377	1.6705	1.2642	1.1049	52.49
15	5	60.74	2.6486	1.6468	1.0258	1.5768	61.19
20	26	52.02	2.6578	1.6724	1.1002	1.4205	58.69
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /min)	Cu (ton/m ²)	Φ (°)
5	58.3	27.5	30.8	0.3069	0.025	1.9	16
10						0.8	21
15	68.2	36.36	31.84			1.4	8
20	60.2	30.77	29.43	0.4033	0.017	2.1	13

STA 280+600

Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ_d (ton/m ³)	γ_t (ton/m ³)	e_o	n (%)
5	12	56.31	2.6489	1.6495	1.0552	1.5102	60.16
10	26	42.19	2.6705	1.6733	1.1768	1.2693	55.93
15	9	57.99	2.6538	1.6641	1.0532	1.5197	60.31
20	9	66.9	2.6307	1.6995	1.0183	1.5834	61.29
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /min)	Cu (ton/m ²)	Φ (°)
5	65.4	43.31	22.09			1.8	15
10	48.1	24.29	23.81			2.4	20
15	67.2	33.33	33.87	0.4278	0.035	2	14
20	65	34.87	30.13	0.3315	0.028	1.8	18

STA 283+450

Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ_d (ton/m ³)	γ_t (ton/m ³)	e_o	n (%)
5	12	60.94	2.6434	1.6597	1.0312	1.5633	60.99
10	9	66.06	2.6396	1.6347	0.9844	1.6813	62.7
15	5	74.97	2.6061	1.5848	0.9057	1.8773	65.25
20	16	58.82	2.649	1.6719	1.0526	1.5165	60.26
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /min)	Cu (ton/m ²)	Φ (°)
5	62.8	32.73	30.07			2.1	16
10	66.3	35.48	30.82			1.9	12
15	55.3	28.51	26.79	0.5336	0.018	1.1	13
20	64.2	36.26	27.94	0.398	0.02	2	18

STA 283+483

Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ_d (ton/m ³)	γ_t (ton/m ³)	e_o	n (%)
5	7	51.77	2.6469	1.6565	1.0914	1.4252	58.77
10	5	58.51	2.6406	1.6476	1.0394	1.5405	60.64
15	6	64.07	2.6439	1.6217	0.9884	1.675	62.62
20	20	52.26	2.654	1.6643	1.0931	1.428	58.81
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /min)	Cu (ton/m ²)	Φ (°)
5	66.8	34.98	31.82			1.5	10
10	68.4	35.51	32.89	0.4349	0.04	1.2	8
15	64.3	32.45	31.85	0.4505	0.04	1.6	10
20			0			1.3	20

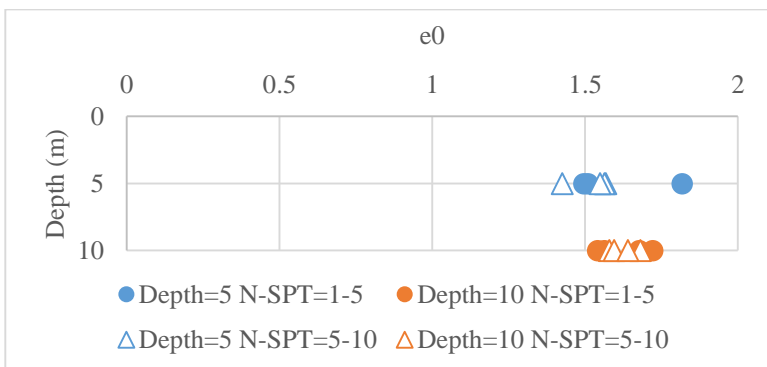
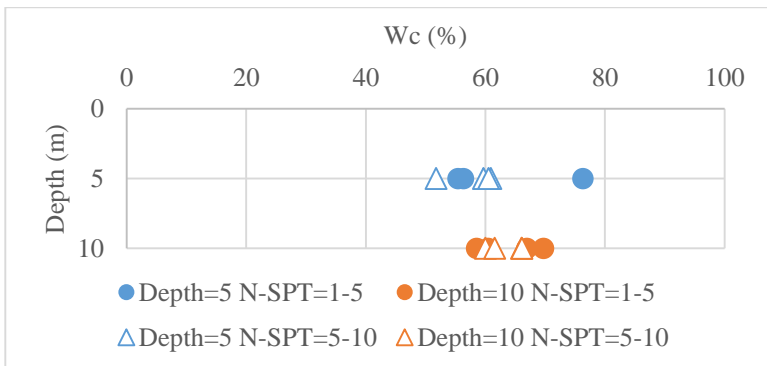
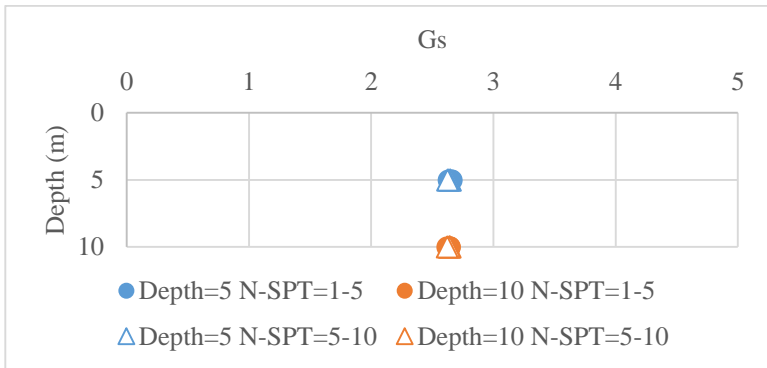
STA 283+500

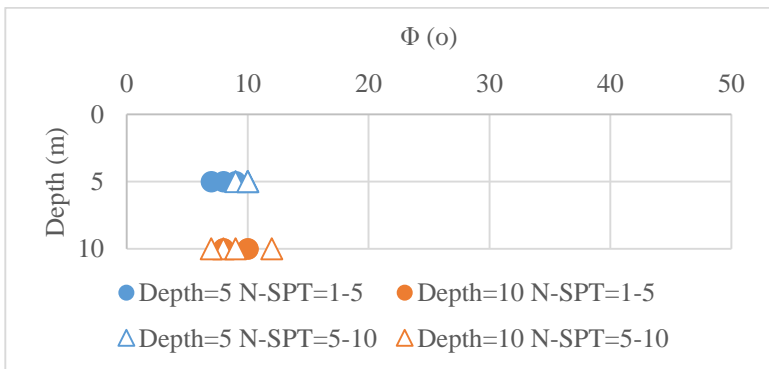
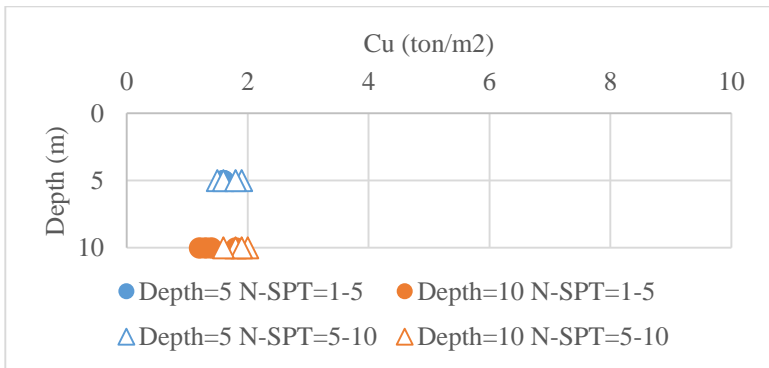
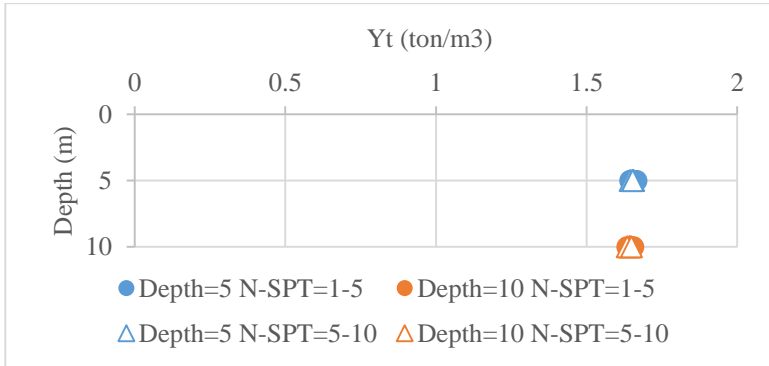
Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ_d (ton/m ³)	γ_t (ton/m ³)	e_0	n (%)
5	6	60.91	2.6332	1.652	1.0267	1.5639	61
10	6	66.08	2.6218	1.6493	0.9931	1.6401	62.12
15	8	76.65	2.6013	1.6056	0.9141	1.8458	64.86
20	15	62.54	2.6403	1.669	1.0268	1.5713	61.11
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /min)	Cu (ton/m ²)	Φ (°)
5	65.5	33.7	31.8	0.4644	0.012	1.6	9
10	64.6	33.88	30.77	0.4702	0.019	1.6	7
15	50.6	26.93	23.67			1.4	12
20	66	35.4	30.6			1.9	18

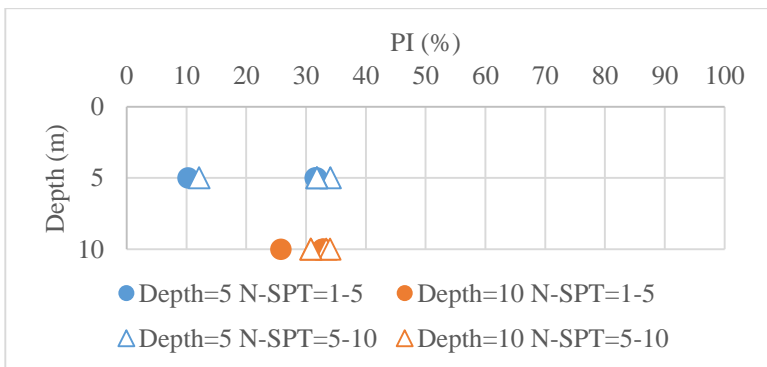
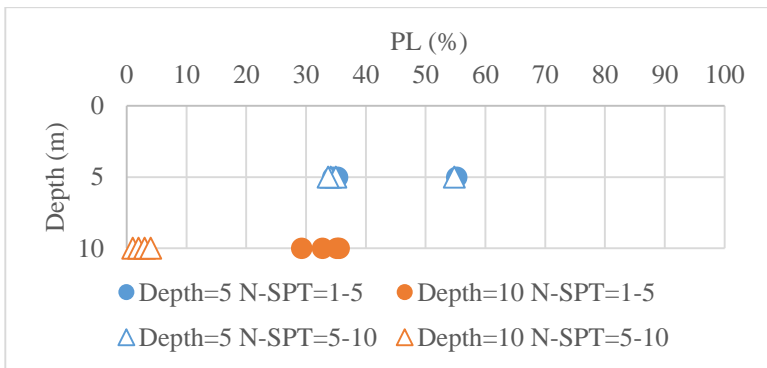
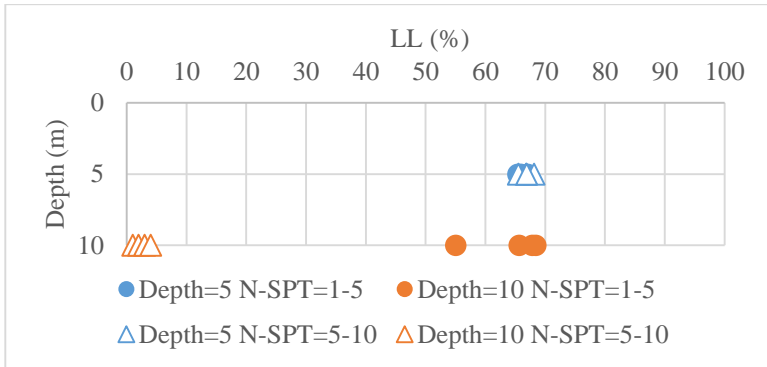
STA 283+650

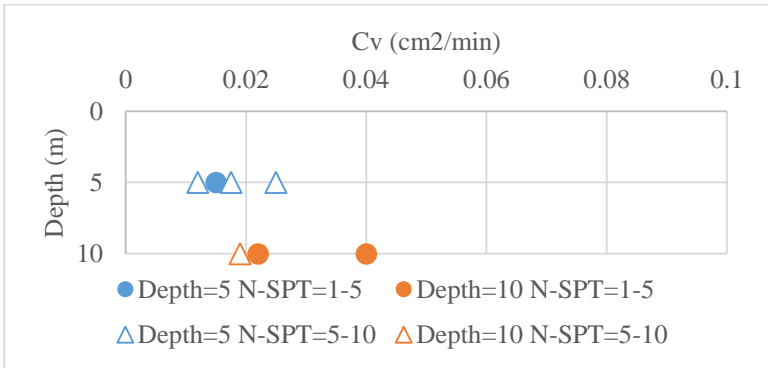
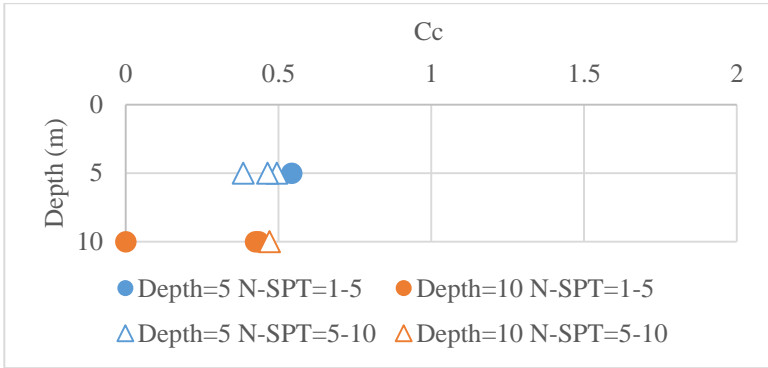
Depth (m)	N-SPT	Wc (%)	Gs	γ_d (ton/m ³)	γ_t (ton/m ³)	e_0	n (%)
5	8	60.54	2.6242	1.6529	1.0296	1.5488	60.77
10	5	66.92	2.6206	1.6342	0.979	1.6767	62.64
15	7	89.21	2.6016	1.5898	0.8402	2.0963	67.7
20	16	54.53	2.6542	1.6612	1.075	1.469	59.5
Depth (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Cc	Cv (cm ² /min)	Cu (ton/m ²)	Φ (°)
5	66.9	54.81	12.09	0.3843	0.0175	1.8	10
10	65.6	32.7	32.9			1.4	8
15	52.4	28.88	23.52	0.5873	0.07	1.5	14
20	60.8	31.6	29.2			1.4	21

Stratigrafi data tanah jalan tol Pejagan-Pemalang Seksi 1









LAMPIRAN 2
SPESIFIKASI MATERIAL

UnggulTex

POLYPROPYLENE WOVEN GEOTEXTILES

TECHNICAL SPECIFICATIONS

PROPERTIES	UNIT	TEST METHOD	UW - 150	UW - 200	UW - 250
Physical Properties					
Mass	g/m ²	ASTM D 5261-92	150	200	250
Thickness	mm	ASTM D 5199-91	0.5	0.6	0.7
Colour	-	-	Black	Black	Black
Mechanical Properties					
Strip Tensile Strength (Wrab/Weft)	kN/m	ASTM D 4595-94	37/35	42/39	52/52
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4595-94	19/18	20/20	20/20
Grap Tensile Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4632-91	1210/1200	1600/1600	1750/1750
Elongation at Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4632-91	14/13	22/22	22/22
Trapezoidal Tear Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4533-91	615/615	700/700	800/800
Hydraulic Properties					
Pore Size O ₉₅	µm	ASTM D 4751-95	320	275	250
Water Permeability	l/m ² /sec	100 mm water head	28	16	7.5
Environmental Properties					
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of U.V. Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
Packaging					
Roll Length	m	-	150 - 200	150 - 200	150 - 200
Roll Width	m	-	3 - 4	3 - 4	3 - 4
Roll Area	m ²	-	640 - 760	640 - 760	640 - 760
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5	0.4 - 0.5
Roll Weight (Approx)	kg	-	96 - 114	128 - 152	160 - 190

All information, illustration and specification are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

Distributed by :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Wisma SIER Building, 1st Floor, Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293
 Tel. 031-6475062 Fax. 031-8475063
 Email : info@geosistem.co.id
 Website : www.geosistem.co.id



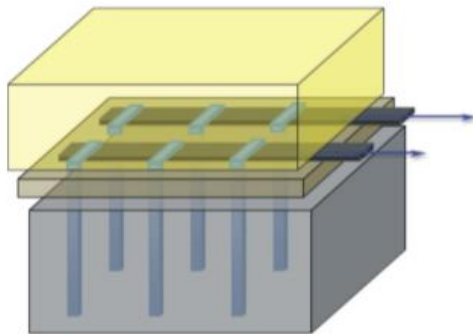
CeTeau Horizontal Strip Drain

Installation method for CeTeau Horizontal Strip Drain applied as a conduit for Water discharged from Prefabricated Vertical Drains during ground improvement.



The horizontal drains shall be placed on the ground in their proper location with respect to the vertical drains, as in indicated on the plans. The horizontal drains shall be secured in this location by suitable means (staked, nailed, or held by mounded earth).

The wick drain extensions shall be routed to the horizontal drains as indicated on the plans. The wick drains shall be securely attached to the horizontal drains (staked, nailed or held by mounded earth). Splices or connections in the drainage material shall be done in a workmanlike manner so as to insure continuity of the drain.



Schematic Representation

Properties	Test Method	Unit	CT-SD100-20	CT-SD100-30
Composite Drain				
Width	Nominal	mm	100	100
Thickness	ASTM D 5199	mm	20	30
Horizontal Permeability	ASTM D 4491	m/s	0.15	0.15
Discharge Capacity @1%	ASTM D 4716	m ³ /s	2.4*10 ⁻⁶	3.6*10 ⁻⁶
Compressive Strength	ASTM D 1621	kN/m ²	600	600
Core				
Profile	-	-	Cuspated	Cuspated
Color	-	-	Black	Black
Material	-	-	HDPE	HDPE
Filter				
Material	-	-	PET	PET
Grab Strength	ASTM D 4632	N	>450	>450
Permeability	ASTM D 4491	m/s	1.5 *10 ⁻⁴	1.5 *10 ⁻⁴
Mass per Unit Area	ASTM D 4595	g/m ²	180	180

All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for. All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

Agent & Distributor in Indonesia Area :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Wisma SIER Building, 1st Floor
 Jl. Rungkut Industri Raya No.10 Surabaya 60293
 Tel. 62-31-8475062 Fax. 62-31-8475063
 Email : info@geosistem.co.id Website : www.geosistem.co.id



CeTeau-Drain CT-D822

Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D822
Drain Body	Configuration	-	*****
	Material	-	PP
Filter Jacket	Colour	-	white
	Material	-	PET
Assembled Drain	Colour	-	grey
	Weight	g/m	75
	Width	mm	100
	Thickness	mm	4

Mechanical properties	Symbol	Test	Unit	CT-D822
Filter Jacket				
Grab Tensile Strength	<i>F</i>	ASTM D4632	N	480
Elongation	ϵ	ASTM D4632	%	32
Tear Strength		ASTM D4533	N	120
Pore Size	O_{90}	ASTM D4751	μm	< 75
Permeability	<i>k</i>	ASTM D4491	m/s	> 1.0 x 10 ⁻⁴
Assembled Drain				
Tensile Strength	<i>F</i>	ASTM D4595	kN	2.75
Elongation at break	ϵ	ASTM D4595	%	40
Strength at 10% elongation	<i>F</i>	ASTM D4595	kN	2.2
Elongation at 1 kN tensile strength	ϵ	ASTM D4595	%	1.5
Discharge capacity at 100 kPa	<i>q_v</i>	ASTM D4716	m ³ /s	158 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 150 kPa	<i>q_v</i>	ASTM D4716	m ³ /s	157 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 200 kPa	<i>q_v</i>	ASTM D4716	m ³ /s	155 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 250 kPa	<i>q_v</i>	ASTM D4716	m ³ /s	150 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 300 kPa	<i>q_v</i>	ASTM D4716	m ³ /s	141 x 10 ⁻⁶
Discharge capacity at 350 kPa	<i>q_v</i>	ASTM D4716	m ³ /s	135 x 10 ⁻⁶

Transport details	Unit	CT-D822
Roll length	m	250
Outside diameter roll	m	1.10
Inside diameter roll	m	0.15
Weight roll	kg	20
40ft container	m	125,000

Agent & Distributor in Indonesia Area :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Wisma SIER Building, 1st Floor
 Jl. Rungkut Industri Raya No.10 Surabaya 60293
 Tel. 62-31-8475062 Fax. 62-31-8475063

Email : info@geosistem.co.id Website : www.geosistem.co.id



GEOSISTEM CERTIFICATE NO. JKT 6913866



Model NO.:	MS
Max.Head:	>150m
Max.Capacity:	>400 L/min
Driving Type:	Motor
Impeller Number:	Single-Stage Pump
Working Pressure:	High Pressure Pump

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN 3
PERHITUNGAN DERAJAT KONSOLIDASI
MENGGUNAKAN PVD

Perhitungan derajat konsolidasi **vertikal** (sama untuk semua pola dan jarak pemasangan)

t (minggu)	Tv	Uv	t (minggu)	Tv	Uv
1	0.00019	1.6%	27	0.00512	8.1%
2	0.00038	2.2%	28	0.00531	8.2%
3	0.00057	2.7%	29	0.00550	8.4%
4	0.00076	3.1%	30	0.00569	8.5%
5	0.00095	3.5%	31	0.00587	8.6%
6	0.00114	3.8%	32	0.00606	8.8%
7	0.00133	4.1%	33	0.00625	8.9%
8	0.00152	4.4%	34	0.00644	9.1%
9	0.00171	4.7%	35	0.00663	9.2%
10	0.00190	4.9%	36	0.00682	9.3%
11	0.00208	5.2%	37	0.00701	9.4%
12	0.00227	5.4%	38	0.00720	9.6%
13	0.00246	5.6%	39	0.00739	9.7%
14	0.00265	5.8%	40	0.00758	9.8%
15	0.00284	6.0%	41	0.00777	9.9%
16	0.00303	6.2%	42	0.00796	10.1%
17	0.00322	6.4%	43	0.00815	10.2%
18	0.00341	6.6%	44	0.00834	10.3%
19	0.00360	6.8%	45	0.00853	10.4%
20	0.00379	6.9%	46	0.00872	10.5%
21	0.00398	7.1%	47	0.00891	10.6%
22	0.00417	7.3%	48	0.00910	10.8%
23	0.00436	7.4%	49	0.00929	10.9%
24	0.00455	7.6%	50	0.00948	11.0%
25	0.00474	7.8%	51	0.00966	11.1%
26	0.00493	7.9%	52	0.00985	11.2%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**(a) pola pemasangan **bujur sangkar**, jarak $S = 0,8$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	13.8%	15.1%	27	98.2%	98.3%
2	25.7%	27.3%	28	98.4%	98.6%
3	36.0%	37.7%	29	98.7%	98.8%
4	44.8%	46.5%	30	98.8%	98.9%
5	52.4%	54.1%	31	99.0%	99.1%
6	59.0%	60.6%	32	99.1%	99.2%
7	64.7%	66.1%	33	99.3%	99.3%
8	69.5%	70.9%	34	99.4%	99.4%
9	73.7%	75.0%	35	99.4%	99.5%
10	77.4%	78.5%	36	99.5%	99.6%
11	80.5%	81.5%	37	99.6%	99.6%
12	83.2%	84.1%	38	99.6%	99.7%
13	85.5%	86.3%	39	99.7%	99.7%
14	87.5%	88.2%	40	99.7%	99.8%
15	89.2%	89.9%	41	99.8%	99.8%
16	90.7%	91.3%	42	99.8%	99.8%
17	92.0%	92.5%	43	99.8%	99.8%
18	93.1%	93.6%	44	99.9%	99.9%
19	94.1%	94.5%	45	99.9%	99.9%
20	94.9%	95.2%	46	99.9%	99.9%
21	95.6%	95.9%	47	99.9%	99.9%
22	96.2%	96.5%	48	99.9%	99.9%
23	96.7%	97.0%	49	99.9%	99.9%
24	97.2%	97.4%	50	99.9%	99.9%
25	97.6%	97.8%	51	99.9%	100.0%
26	97.9%	98.1%	52	100.0%	100.0%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**(b) pola pemasangan **segitiga**, jarak $S = 0,8$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	16.4%	17.7%	27	99.2%	99.3%
2	30.1%	31.6%	28	99.3%	99.4%
3	41.6%	43.1%	29	99.4%	99.5%
4	51.1%	52.7%	30	99.5%	99.6%
5	59.1%	60.6%	31	99.6%	99.6%
6	65.8%	67.1%	32	99.7%	99.7%
7	71.4%	72.6%	33	99.7%	99.8%
8	76.1%	77.2%	34	99.8%	99.8%
9	80.0%	81.0%	35	99.8%	99.8%
10	83.3%	84.1%	36	99.8%	99.9%
11	86.0%	86.8%	37	99.9%	99.9%
12	88.3%	89.0%	38	99.9%	99.9%
13	90.2%	90.8%	39	99.9%	99.9%
14	91.8%	92.3%	40	99.9%	99.9%
15	93.2%	93.6%	41	99.9%	99.9%
16	94.3%	94.7%	42	99.9%	100.0%
17	95.2%	95.5%	43	100.0%	100.0%
18	96.0%	96.3%	44	100.0%	100.0%
19	96.7%	96.9%	45	100.0%	100.0%
20	97.2%	97.4%	46	100.0%	100.0%
21	97.7%	97.8%	47	100.0%	100.0%
22	98.1%	98.2%	48	100.0%	100.0%
23	98.4%	98.5%	49	100.0%	100.0%
24	98.6%	98.7%	50	100.0%	100.0%
25	98.9%	99.0%	51	100.0%	100.0%
26	99.0%	99.1%	52	100.0%	100.0%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**

(c) pola pemasangan **bujur sangkar**, jarak $S = 0,9$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	10.5%	11.9%	27	94.9%	95.4%
2	19.8%	21.6%	28	95.5%	95.8%
3	28.2%	30.2%	29	95.9%	96.3%
4	35.7%	37.7%	30	96.4%	96.7%
5	42.5%	44.5%	31	96.7%	97.0%
6	48.5%	50.4%	32	97.1%	97.3%
7	53.9%	55.8%	33	97.4%	97.6%
8	58.7%	60.5%	34	97.7%	97.9%
9	63.0%	64.7%	35	97.9%	98.1%
10	66.9%	68.5%	36	98.1%	98.3%
11	70.4%	71.9%	37	98.3%	98.5%
12	73.5%	74.9%	38	98.5%	98.6%
13	76.2%	77.6%	39	98.7%	98.8%
14	78.7%	80.0%	40	98.8%	98.9%
15	80.9%	82.1%	41	98.9%	99.0%
16	82.9%	84.0%	42	99.0%	99.1%
17	84.7%	85.7%	43	99.1%	99.2%
18	86.3%	87.2%	44	99.2%	99.3%
19	87.8%	88.6%	45	99.3%	99.4%
20	89.0%	89.8%	46	99.4%	99.4%
21	90.2%	90.9%	47	99.4%	99.5%
22	91.2%	91.9%	48	99.5%	99.6%
23	92.1%	92.7%	49	99.6%	99.6%
24	93.0%	93.5%	50	99.6%	99.6%
25	93.7%	94.2%	51	99.6%	99.7%
26	94.4%	94.8%	52	99.7%	99.7%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**(d) pola pemasangan **segitiga**, jarak $S = 0,9$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	12.4%	13.8%	27	97.2%	97.5%
2	23.3%	25.0%	28	97.6%	97.8%
3	32.9%	34.7%	29	97.9%	98.1%
4	41.2%	43.1%	30	98.1%	98.3%
5	48.5%	50.3%	31	98.4%	98.5%
6	54.9%	56.7%	32	98.6%	98.7%
7	60.5%	62.2%	33	98.8%	98.9%
8	65.5%	67.0%	34	98.9%	99.0%
9	69.8%	71.2%	35	99.0%	99.1%
10	73.5%	74.8%	36	99.2%	99.2%
11	76.8%	78.0%	37	99.3%	99.3%
12	79.7%	80.8%	38	99.4%	99.4%
13	82.2%	83.2%	39	99.4%	99.5%
14	84.4%	85.3%	40	99.5%	99.6%
15	86.4%	87.2%	41	99.6%	99.6%
16	88.1%	88.8%	42	99.6%	99.7%
17	89.6%	90.2%	43	99.7%	99.7%
18	90.9%	91.5%	44	99.7%	99.7%
19	92.0%	92.5%	45	99.7%	99.8%
20	93.0%	93.5%	46	99.8%	99.8%
21	93.9%	94.3%	47	99.8%	99.8%
22	94.6%	95.0%	48	99.8%	99.8%
23	95.3%	95.6%	49	99.9%	99.9%
24	95.9%	96.2%	50	99.9%	99.9%
25	96.4%	96.7%	51	99.9%	99.9%
26	96.8%	97.1%	52	99.9%	99.9%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**
 (e) pola pemasangan **bujur sangkar**, jarak $S = 1,0$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	8.2%	9.6%	27	89.9%	90.8%
2	15.6%	17.5%	28	90.8%	91.5%
3	22.5%	24.6%	29	91.5%	92.2%
4	28.8%	31.1%	30	92.2%	92.9%
5	34.6%	36.9%	31	92.8%	93.5%
6	40.0%	42.3%	32	93.4%	94.0%
7	44.9%	47.1%	33	94.0%	94.5%
8	49.4%	51.6%	34	94.5%	95.0%
9	53.5%	55.7%	35	94.9%	95.4%
10	57.3%	59.4%	36	95.3%	95.8%
11	60.8%	62.8%	37	95.7%	96.1%
12	64.0%	65.9%	38	96.1%	96.4%
13	66.9%	68.8%	39	96.4%	96.7%
14	69.6%	71.4%	40	96.7%	97.0%
15	72.1%	73.8%	41	96.9%	97.2%
16	74.4%	76.0%	42	97.2%	97.5%
17	76.5%	78.0%	43	97.4%	97.7%
18	78.4%	79.8%	44	97.6%	97.9%
19	80.1%	81.5%	45	97.8%	98.1%
20	81.8%	83.0%	46	98.0%	98.2%
21	83.2%	84.4%	47	98.2%	98.4%
22	84.6%	85.7%	48	98.3%	98.5%
23	85.9%	86.9%	49	98.5%	98.6%
24	87.0%	88.0%	50	98.6%	98.7%
25	88.1%	89.0%	51	98.7%	98.8%
26	89.0%	89.9%	52	98.8%	98.9%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**(f) pola pemasangan **segitiga**, jarak $S = 1,0$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	9.7%	11.1%	27	93.6%	94.2%
2	18.5%	20.3%	28	94.3%	94.7%
3	26.4%	28.4%	29	94.8%	95.3%
4	33.5%	35.6%	30	95.3%	95.7%
5	40.0%	42.1%	31	95.8%	96.1%
6	45.8%	47.9%	32	96.2%	96.5%
7	51.1%	53.1%	33	96.6%	96.9%
8	55.8%	57.7%	34	96.9%	97.2%
9	60.1%	62.0%	35	97.2%	97.4%
10	64.0%	65.7%	36	97.5%	97.7%
11	67.5%	69.1%	37	97.7%	97.9%
12	70.6%	72.2%	38	97.9%	98.1%
13	73.5%	75.0%	39	98.1%	98.3%
14	76.0%	77.4%	40	98.3%	98.5%
15	78.4%	79.7%	41	98.5%	98.6%
16	80.5%	81.7%	42	98.6%	98.8%
17	82.4%	83.5%	43	98.8%	98.9%
18	84.1%	85.1%	44	98.9%	99.0%
19	85.6%	86.6%	45	99.0%	99.1%
20	87.0%	87.9%	46	99.1%	99.2%
21	88.3%	89.1%	47	99.2%	99.3%
22	89.4%	90.2%	48	99.3%	99.3%
23	90.4%	91.2%	49	99.3%	99.4%
24	91.4%	92.0%	50	99.4%	99.5%
25	92.2%	92.8%	51	99.5%	99.5%
26	93.0%	93.5%	52	99.5%	99.6%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**(g) pola pemasangan **bujur sangkar**, jarak $S = 1,1$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	6.5%	8.0%	27	83.7%	85.0%
2	12.6%	14.5%	28	84.8%	86.0%
3	18.3%	20.5%	29	85.8%	87.0%
4	23.6%	26.0%	30	86.7%	87.8%
5	28.6%	31.0%	31	87.6%	88.6%
6	33.2%	35.8%	32	88.4%	89.4%
7	37.6%	40.1%	33	89.1%	90.1%
8	41.6%	44.2%	34	89.8%	90.8%
9	45.4%	48.0%	35	90.5%	91.4%
10	49.0%	51.5%	36	91.1%	91.9%
11	52.3%	54.7%	37	91.7%	92.5%
12	55.4%	57.8%	38	92.2%	93.0%
13	58.3%	60.6%	39	92.7%	93.4%
14	61.0%	63.3%	40	93.2%	93.9%
15	63.5%	65.7%	41	93.7%	94.3%
16	65.9%	68.0%	42	94.1%	94.7%
17	68.1%	70.2%	43	94.5%	95.0%
18	70.2%	72.2%	44	94.8%	95.4%
19	72.1%	74.0%	45	95.2%	95.7%
20	74.0%	75.8%	46	95.5%	95.9%
21	75.6%	77.4%	47	95.8%	96.2%
22	77.2%	78.9%	48	96.0%	96.5%
23	78.7%	80.3%	49	96.3%	96.7%
24	80.1%	81.6%	50	96.5%	96.9%
25	81.4%	82.8%	51	96.8%	97.1%
26	82.6%	84.0%	52	97.0%	97.3%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**(h) pola pemasangan **segitiga**, jarak $S = 1,1$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	7.7%	9.2%	27	88.6%	89.6%
2	14.9%	16.8%	28	89.5%	90.4%
3	21.5%	23.6%	29	90.3%	91.1%
4	27.6%	29.8%	30	91.1%	91.8%
5	33.2%	35.5%	31	91.8%	92.5%
6	38.3%	40.7%	32	92.4%	93.1%
7	43.1%	45.5%	33	93.0%	93.6%
8	47.5%	49.8%	34	93.5%	94.1%
9	51.6%	53.8%	35	94.0%	94.6%
10	55.3%	57.5%	36	94.5%	95.0%
11	58.8%	60.9%	37	94.9%	95.4%
12	62.0%	64.0%	38	95.3%	95.8%
13	64.9%	66.9%	39	95.7%	96.1%
14	67.6%	69.5%	40	96.0%	96.4%
15	70.1%	71.9%	41	96.3%	96.7%
16	72.5%	74.2%	42	96.6%	97.0%
17	74.6%	76.2%	43	96.9%	97.2%
18	76.6%	78.1%	44	97.1%	97.4%
19	78.4%	79.8%	45	97.3%	97.6%
20	80.0%	81.4%	46	97.5%	97.8%
21	81.6%	82.9%	47	97.7%	98.0%
22	83.0%	84.3%	48	97.9%	98.1%
23	84.3%	85.5%	49	98.1%	98.3%
24	85.5%	86.6%	50	98.2%	98.4%
25	86.7%	87.7%	51	98.4%	98.5%
26	87.7%	88.7%	52	98.5%	98.7%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**(i) pola pemasangan **bujur sangkar**, jarak $S = 1,2$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	5.3%	6.8%	27	77.0%	78.8%
2	10.3%	12.3%	28	78.2%	80.0%
3	15.1%	17.3%	29	79.3%	81.1%
4	19.5%	22.0%	30	80.4%	82.1%
5	23.8%	26.5%	31	81.5%	83.1%
6	27.8%	30.6%	32	82.4%	84.0%
7	31.7%	34.5%	33	83.4%	84.9%
8	35.3%	38.1%	34	84.3%	85.7%
9	38.7%	41.6%	35	85.1%	86.5%
10	41.9%	44.8%	36	85.9%	87.2%
11	45.0%	47.9%	37	86.6%	87.9%
12	47.9%	50.7%	38	87.3%	88.5%
13	50.7%	53.4%	39	88.0%	89.2%
14	53.3%	56.0%	40	88.6%	89.8%
15	55.8%	58.4%	41	89.2%	90.3%
16	58.1%	60.7%	42	89.8%	90.8%
17	60.3%	62.9%	43	90.4%	91.3%
18	62.4%	64.9%	44	90.9%	91.8%
19	64.4%	66.8%	45	91.3%	92.2%
20	66.3%	68.6%	46	91.8%	92.7%
21	68.1%	70.4%	47	92.2%	93.1%
22	69.8%	72.0%	48	92.6%	93.4%
23	71.4%	73.5%	49	93.0%	93.8%
24	72.9%	74.9%	50	93.4%	94.1%
25	74.3%	76.3%	51	93.8%	94.4%
26	75.7%	77.6%	52	94.1%	94.7%

Perhitungan derajat konsolidasi **horisontal dan total**(j) pola pemasangan **segitiga**, jarak $S = 1,2$ m

t (minggu)	Uh	Utotal	t (minggu)	Uh	Utotal
1	6.3%	7.8%	27	82.7%	84.1%
2	12.2%	14.1%	28	83.8%	85.2%
3	17.7%	19.9%	29	84.8%	86.1%
4	22.9%	25.3%	30	85.8%	87.0%
5	27.8%	30.3%	31	86.7%	87.8%
6	32.3%	34.9%	32	87.5%	88.6%
7	36.6%	39.2%	33	88.3%	89.4%
8	40.6%	43.2%	34	89.1%	90.0%
9	44.3%	46.9%	35	89.7%	90.7%
10	47.8%	50.4%	36	90.4%	91.3%
11	51.1%	53.6%	37	91.0%	91.8%
12	54.2%	56.7%	38	91.6%	92.4%
13	57.1%	59.5%	39	92.1%	92.9%
14	59.8%	62.1%	40	92.6%	93.3%
15	62.3%	64.6%	41	93.1%	93.7%
16	64.7%	66.9%	42	93.5%	94.2%
17	66.9%	69.0%	43	93.9%	94.5%
18	69.0%	71.0%	44	94.3%	94.9%
19	71.0%	72.9%	45	94.6%	95.2%
20	72.8%	74.7%	46	95.0%	95.5%
21	74.5%	76.3%	47	95.3%	95.8%
22	76.1%	77.8%	48	95.6%	96.1%
23	77.6%	79.3%	49	95.9%	96.3%
24	79.0%	80.6%	50	96.1%	96.6%
25	80.3%	81.9%	51	96.4%	96.8%
26	81.6%	83.0%	52	96.6%	97.0%

LAMPIRAN 4
PERHITUNGAN TIMBUNAN DENGAN KEMIRINGAN
LERENG 1:2

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 7 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.9	0.2	2.34	3.1	77.6	4.7	3.95	12.58	12.9	0.173	0.173
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	86.7	0.6	2.34	4.1	73.7	6.1	3.94	12.56	13.5	0.143	0.316
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	84.5	0.9	2.34	5.1	70.0	7.4	3.92	12.53	14.2	0.125	0.442
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	82.3	1.3	2.34	6.1	66.5	8.5	3.90	12.48	14.8	0.112	0.554
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	80.1	1.6	2.34	7.1	63.2	9.5	3.87	12.41	15.3	0.102	0.656
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	78.0	2.0	2.33	8.1	60.0	10.4	3.83	12.34	15.9	0.082	0.738
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	75.9	2.3	2.33	9.1	57.1	11.2	3.79	12.24	16.5	0.076	0.814
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	73.8	2.6	2.32	10.1	54.3	11.9	3.74	12.13	17.0	0.070	0.884
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	71.8	2.9	2.32	11.1	51.7	12.4	3.69	12.01	17.5	0.066	0.950
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	69.8	3.2	2.31	12.1	49.3	12.8	3.63	11.88	18.0	0.061	1.011

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 7 + \frac{1,011 \cdot 1}{1,80} = 7,562 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.439	1.090	0.827	1.999	0.999	0.50	2.50	7.5	55.5	6.4	1.47	1.97	0.023	0.023
2	0.362	1.167	0.857	1.928	0.928	1.46	3.46	8.5	52.1	6.7	1.45	2.91	0.011	0.034
3	0.317	1.212	0.875	1.888	0.888	2.37	4.37	9.5	49.0	7.0	1.42	3.79	0.008	0.042
4	0.284	1.245	0.888	1.861	0.861	3.25	5.25	10.5	46.1	7.1	1.39	4.63	0.006	0.047
5	0.258	1.271	0.898	1.840	0.840	4.10	6.10	11.5	43.5	7.2	1.35	5.45	0.005	0.052
6	0.215	1.403	0.918	1.793	0.793	4.91	6.91	12.5	41.1	7.2	1.32	6.23	0.003	0.056
7	0.198	1.419	0.924	1.781	0.781	5.70	7.70	13.5	39.0	7.2	1.28	6.98	0.003	0.059
8	0.184	1.434	0.930	1.770	0.770	6.47	8.47	14.5	37.0	7.1	1.25	7.72	0.003	0.061
9	0.172	1.446	0.934	1.761	0.761	7.24	9.24	15.5	35.2	7.0	1.21	8.45	0.002	0.063
10	0.160	1.457	0.939	1.753	0.753	8.00	10.00	16.5	33.5	6.9	1.17	9.17	0.002	0.065

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,011 + 0,065 = 1,076 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 7,562 - 1,076 = 6,485 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 9 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.9	0.3	4.14	5.1	70.0	7.4	3.92	16.13	16.5	0.193	0.193
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	86.7	0.9	4.14	6.1	66.5	8.5	3.90	16.08	17.1	0.162	0.355
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	84.5	1.4	4.14	7.1	63.2	9.5	3.87	16.02	17.7	0.143	0.499
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	82.3	2.0	4.14	8.1	60.0	10.4	3.83	15.94	18.2	0.130	0.628
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	80.1	2.6	4.13	9.1	57.1	11.2	3.79	15.85	18.8	0.119	0.747
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	78.0	3.1	4.13	10.1	54.3	11.9	3.74	15.75	19.3	0.096	0.843
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	75.9	3.6	4.12	11.1	51.7	12.4	3.69	15.63	19.9	0.089	0.932
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	73.8	4.1	4.11	12.1	49.3	12.8	3.63	15.50	20.4	0.083	1.016
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	71.8	4.6	4.10	13.1	47.0	13.2	3.57	15.35	20.9	0.078	1.094
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	69.8	5.0	4.09	14.1	44.9	13.4	3.51	15.20	21.4	0.073	1.167

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 9 + \frac{1,167 \cdot 1}{1,80} = 9,648 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_1 (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.489	1.040	0.807	2.048	1.048	0.52	2.52	9.5	49.0	7.0	1.18	1.71	0.019	0.019
2	0.410	1.119	0.838	1.971	0.971	1.53	3.53	10.5	46.1	7.1	1.15	2.68	0.009	0.029
3	0.363	1.166	0.857	1.929	0.929	2.48	4.48	11.5	43.5	7.2	1.11	3.59	0.006	0.035
4	0.328	1.201	0.870	1.898	0.898	3.40	5.40	12.5	41.1	7.2	1.07	4.47	0.005	0.039
5	0.300	1.229	0.881	1.874	0.874	4.28	6.28	13.5	39.0	7.2	1.04	5.32	0.004	0.043
6	0.251	1.366	0.904	1.820	0.820	5.13	7.13	14.5	37.0	7.1	1.00	6.14	0.003	0.045
7	0.234	1.384	0.911	1.807	0.807	5.94	7.94	15.5	35.2	7.0	0.97	6.92	0.002	0.048
8	0.218	1.400	0.917	1.795	0.795	6.75	8.75	16.5	33.5	6.9	0.94	7.68	0.002	0.049
9	0.205	1.413	0.922	1.785	0.785	7.54	9.54	17.5	32.0	6.8	0.91	8.44	0.002	0.051
10	0.192	1.425	0.927	1.776	0.776	8.32	10.32	18.5	30.5	6.7	0.88	9.19	0.001	0.053

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,167 + 0,053 = 1,220 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 9,648 - 1,220 = 8,429 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 11 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.9	0.4	5.94	7.1	63.2	9.5	3.87	19.62	19.9	0.209	0.209
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	86.7	1.1	5.94	8.1	60.0	10.4	3.83	19.55	20.5	0.177	0.387
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	84.5	1.9	5.94	9.1	57.1	11.2	3.79	19.46	21.1	0.158	0.545
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	82.3	2.6	5.94	10.1	54.3	11.9	3.74	19.36	21.6	0.144	0.688
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	80.1	3.3	5.93	11.1	51.7	12.4	3.69	19.25	22.2	0.132	0.821
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	78.0	4.0	5.93	12.1	49.3	12.8	3.63	19.12	22.7	0.108	0.928
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	75.9	4.7	5.92	13.1	47.0	13.2	3.57	18.98	23.2	0.101	1.029
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	73.8	5.3	5.91	14.1	44.9	13.4	3.51	18.84	23.7	0.094	1.123
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	71.8	5.9	5.89	15.1	42.9	13.6	3.44	18.68	24.2	0.089	1.212
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	69.8	6.5	5.88	16.1	41.1	13.7	3.38	18.51	24.7	0.084	1.296

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 11 + \frac{1,296 \cdot 1}{1,80} = 11,720 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.529	1.000	0.791	2.089	1.089	0.54	2.54	11.5	43.5	7.2	1.01	1.56	0.017	0.017
2	0.448	1.081	0.823	2.008	1.008	1.59	3.59	12.5	41.1	7.2	0.98	2.57	0.008	0.025
3	0.400	1.129	0.842	1.962	0.962	2.58	4.58	13.5	39.0	7.2	0.94	3.52	0.005	0.030
4	0.364	1.165	0.856	1.929	0.929	3.52	5.52	14.5	37.0	7.1	0.91	4.43	0.004	0.034
5	0.335	1.194	0.868	1.904	0.904	4.44	6.44	15.5	35.2	7.0	0.88	5.32	0.003	0.037
6	0.282	1.336	0.892	1.844	0.844	5.31	7.31	16.5	33.5	6.9	0.85	6.16	0.002	0.039
7	0.263	1.355	0.899	1.830	0.830	6.15	8.15	17.5	32.0	6.8	0.82	6.97	0.002	0.041
8	0.247	1.371	0.906	1.817	0.817	6.97	8.97	18.5	30.5	6.7	0.79	7.76	0.002	0.043
9	0.232	1.385	0.911	1.806	0.806	7.79	9.79	19.5	29.2	6.5	0.76	8.55	0.001	0.044
10	0.219	1.398	0.916	1.796	0.796	8.59	10.59	20.5	28.0	6.4	0.74	9.32	0.001	0.045

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,296 + 0,045 = 1,341 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 11,720 - 1,341 = 10,379 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 13 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.9	0.4	7.74	9.1	57.1	11.2	3.79	23.06	23.4	0.222	0.222
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	86.7	1.3	7.74	10.1	54.3	11.9	3.74	22.97	23.9	0.190	0.412
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	84.5	2.2	7.74	11.1	51.7	12.4	3.69	22.86	24.5	0.170	0.583
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	82.3	3.1	7.74	12.1	49.3	12.8	3.63	22.74	25.0	0.156	0.738
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	80.1	3.9	7.73	13.1	47.0	13.2	3.57	22.61	25.5	0.144	0.882
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	78.0	4.7	7.73	14.1	44.9	13.4	3.51	22.47	26.1	0.118	1.000
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	75.9	5.5	7.72	15.1	42.9	13.6	3.44	22.32	26.5	0.110	1.110
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	73.8	6.3	7.70	16.1	41.1	13.7	3.38	22.16	27.0	0.104	1.214
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	71.8	7.0	7.69	17.1	39.4	13.8	3.31	21.99	27.5	0.098	1.312
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	69.8	7.7	7.67	18.1	37.8	13.8	3.24	21.82	28.0	0.093	1.405

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 13 + \frac{1,405 \cdot 1}{1,80} = 13,780 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.562	0.966	0.778	2.124	1.124	0.56	2.56	13.5	39.0	7.2	0.89	1.45	0.016	0.016
2	0.480	1.048	0.810	2.039	1.039	1.64	3.64	14.5	37.0	7.1	0.86	2.50	0.007	0.023
3	0.431	1.098	0.830	1.991	0.991	2.66	4.66	15.5	35.2	7.0	0.83	3.49	0.004	0.027
4	0.394	1.135	0.844	1.957	0.957	3.63	5.63	16.5	33.5	6.9	0.80	4.43	0.003	0.030
5	0.364	1.165	0.856	1.930	0.930	4.58	6.58	17.5	32.0	6.8	0.77	5.34	0.003	0.033
6	0.308	1.310	0.882	1.865	0.865	5.47	7.47	18.5	30.5	6.7	0.74	6.21	0.002	0.035
7	0.288	1.329	0.890	1.849	0.849	6.33	8.33	19.5	29.2	6.5	0.71	7.05	0.002	0.036
8	0.272	1.346	0.896	1.836	0.836	7.17	9.17	20.5	28.0	6.4	0.69	1.45	0.001	0.038
9	0.257	1.361	0.902	1.825	0.825	8.00	10.00	21.5	26.9	6.2	0.67	2.50	0.001	0.039
10	0.243	1.374	0.907	1.814	0.814	8.82	10.82	22.5	25.9	6.1	0.64	3.49	0.001	0.040

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,405 + 0,040 = 1,445 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 13,780 - 1,445 = 12,336 \text{ m}$$

Perhitungan Penimbunan Bertahap Metode Soil Pre-Loading Jarak antarPVD 1,0 m

Tambahan tegangan tiap tahap ke-i, ΔP_i

No	ΔP_i (ton/m ²)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	0.34
2	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.04	1.03	1.01	0.33
3	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.03	1.01	0.99	0.32
4	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.03	1.02	1.00	0.97	0.31
5	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	1.00	0.98	0.95	0.31
6	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	1.01	0.98	0.96	0.92	0.30
7	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.04	1.03	1.01	0.99	0.97	0.94	0.90	0.29
8	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.03	1.02	1.00	0.98	0.95	0.92	0.88	0.28
9	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	1.02	1.00	0.98	0.96	0.93	0.90	0.86	0.27
10	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	1.04	1.01	0.99	0.97	0.94	0.91	0.87	0.83	0.27

Tambahan tegangan kumulatif tiap tahap ke-i, ΔP kum_i

No	ΔP kum _i (ton/m ²)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.48	7.56	8.63	9.71	10.77	11.84	12.89	13.93	14.96	15.29
2	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.48	7.55	8.63	9.69	10.76	11.81	12.86	13.88	14.89	15.22
3	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.47	7.55	8.62	9.68	10.73	11.78	12.81	13.82	14.81	15.13
4	1.08	2.16	3.24	4.31	5.39	6.47	7.54	8.60	9.66	10.70	11.74	12.76	13.75	14.72	15.03
5	1.08	2.16	3.23	4.31	5.38	6.46	7.52	8.58	9.63	10.67	11.69	12.69	13.67	14.61	14.92
6	1.08	2.16	3.23	4.30	5.38	6.44	7.51	8.56	9.60	10.62	11.63	12.61	13.57	14.49	14.79
7	1.08	2.15	3.23	4.30	5.36	6.43	7.49	8.53	9.56	10.57	11.56	12.53	13.46	14.36	14.65
8	1.08	2.15	3.22	4.29	5.35	6.41	7.46	8.49	9.51	10.51	11.48	12.43	13.35	14.22	14.51
9	1.07	2.14	3.21	4.28	5.33	6.39	7.43	8.45	9.45	10.44	11.40	12.33	13.22	14.08	14.35
10	1.07	2.14	3.20	4.26	5.31	6.36	7.40	8.41	9.39	10.36	11.30	12.21	13.09	13.92	14.19

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	$P_i = P_0 + \Delta P \text{ kum}_i \text{ (ton/m}^2\text{)}$															
	P_0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.33	1.41	2.49	3.57	4.65	5.73	6.80	7.88	8.96	10.03	11.10	12.16	13.22	14.26	15.28	15.62
2	0.98	2.06	3.14	4.22	5.30	6.38	7.45	8.53	9.60	10.67	11.74	12.79	13.83	14.86	15.87	16.20
3	1.63	2.71	3.79	4.87	5.95	7.03	8.10	9.18	10.25	11.31	12.36	13.41	14.44	15.45	16.44	16.76
4	2.28	3.36	4.44	5.52	6.60	7.67	8.75	9.82	10.88	11.94	12.99	14.02	15.04	16.03	17.00	17.31
5	2.93	4.01	5.09	6.17	7.24	8.32	9.39	10.46	11.52	12.56	13.60	14.62	15.62	16.60	17.55	17.85
6	3.58	4.66	5.74	6.81	7.89	8.96	10.03	11.09	12.14	13.18	14.20	15.21	16.20	17.15	18.08	18.37
7	4.23	5.31	6.38	7.45	8.53	9.59	10.66	11.72	12.76	13.78	14.80	15.79	16.75	17.69	18.59	18.88
8	4.87	5.95	7.02	8.09	9.16	10.23	11.28	12.34	13.37	14.38	15.38	16.36	17.30	18.22	19.10	19.38
9	5.52	6.59	7.66	8.73	9.80	10.85	11.91	12.95	13.97	14.97	15.96	16.92	17.85	18.74	19.60	19.87
10	6.17	7.24	8.30	9.37	10.43	11.48	12.53	13.56	14.57	15.56	16.53	17.47	18.38	19.25	20.09	20.35

Pemampatan tiap tahap ke-i, S_c

No	$S_c \text{ (m)}$															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total tiap lapisan
1	0.024	0.014	0.030	0.022	0.017	0.014	0.012	0.011	0.009	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.002	0.189
2	0.012	0.010	0.024	0.019	0.015	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.002	0.158
3	0.008	0.008	0.021	0.016	0.014	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.002	0.139
4	0.006	0.007	0.018	0.015	0.012	0.011	0.010	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.002	0.125
5	0.005	0.006	0.016	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.001	0.114
6	0.004	0.005	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.001	0.092
7	0.003	0.004	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.086
8	0.003	0.004	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	0.080
9	0.003	0.003	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	0.075
10	0.002	0.003	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.001	0.070
Total tiap tahapan	0.071	0.064	0.160	0.130	0.110	0.095	0.084	0.075	0.067	0.061	0.056	0.051	0.047	0.043	0.013	1.128

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0
8	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0
9	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0
10	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0
11	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0
12	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0
13	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0
14	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0
15	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%
16	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%
17	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%
18	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%
19	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%
20	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%
21	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%
22	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%
23	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%
24	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%
25	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%
26	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%
27	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%
28	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%
29	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%
30	96%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%
...
52	100%	100%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	98%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	Scm_i (m) *														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.020	0.013	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.025	0.018	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.030	0.023	0.045	0.026	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.034	0.027	0.057	0.037	0.022	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.038	0.031	0.067	0.046	0.031	0.019	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.041	0.034	0.077	0.055	0.039	0.027	0.017	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.044	0.037	0.085	0.062	0.046	0.034	0.024	0.015	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.047	0.040	0.093	0.069	0.053	0.040	0.030	0.021	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.049	0.042	0.099	0.075	0.058	0.046	0.035	0.027	0.019	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.051	0.044	0.105	0.081	0.064	0.051	0.040	0.031	0.024	0.017	0.011	0.006	0.000	0.000	0.000
13	0.053	0.046	0.111	0.086	0.068	0.055	0.045	0.036	0.028	0.022	0.016	0.010	0.005	0.000	0.000
14	0.055	0.048	0.116	0.090	0.072	0.059	0.049	0.040	0.032	0.026	0.020	0.014	0.009	0.005	0.000
15	0.057	0.050	0.120	0.094	0.076	0.063	0.052	0.043	0.036	0.029	0.023	0.018	0.013	0.009	0.001
16	0.058	0.051	0.124	0.098	0.079	0.066	0.055	0.046	0.039	0.033	0.027	0.021	0.017	0.012	0.003
17	0.059	0.052	0.128	0.101	0.082	0.069	0.058	0.049	0.042	0.035	0.030	0.024	0.020	0.015	0.004
18	0.060	0.053	0.131	0.104	0.085	0.071	0.061	0.052	0.044	0.038	0.032	0.027	0.022	0.018	0.005
19	0.062	0.054	0.134	0.106	0.088	0.074	0.063	0.054	0.047	0.040	0.035	0.029	0.025	0.020	0.006
20	0.062	0.055	0.136	0.109	0.090	0.076	0.065	0.056	0.049	0.042	0.037	0.032	0.027	0.023	0.006
21	0.063	0.056	0.139	0.111	0.092	0.078	0.067	0.058	0.051	0.044	0.039	0.034	0.029	0.025	0.007
22	0.064	0.057	0.141	0.113	0.094	0.080	0.069	0.060	0.052	0.046	0.040	0.035	0.031	0.026	0.008
23	0.065	0.058	0.143	0.114	0.095	0.081	0.070	0.061	0.054	0.047	0.042	0.037	0.032	0.028	0.008
24	0.065	0.058	0.145	0.116	0.097	0.083	0.072	0.062	0.055	0.049	0.043	0.038	0.034	0.029	0.009
25	0.066	0.059	0.146	0.117	0.098	0.084	0.073	0.064	0.056	0.050	0.044	0.040	0.035	0.031	0.009
26	0.066	0.059	0.148	0.119	0.099	0.085	0.074	0.065	0.057	0.051	0.046	0.041	0.036	0.032	0.010
27	0.067	0.060	0.149	0.120	0.100	0.086	0.075	0.066	0.058	0.052	0.047	0.042	0.037	0.033	0.010
28	0.067	0.060	0.150	0.121	0.101	0.087	0.076	0.067	0.059	0.053	0.048	0.043	0.038	0.034	0.010
29	0.068	0.061	0.151	0.122	0.102	0.088	0.077	0.067	0.060	0.054	0.048	0.043	0.039	0.035	0.011
30	0.068	0.061	0.152	0.123	0.103	0.089	0.077	0.068	0.061	0.055	0.049	0.044	0.040	0.036	0.011
...
52	0.071	0.064	0.159	0.129	0.109	0.095	0.084	0.074	0.067	0.061	0.055	0.050	0.046	0.042	0.013

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *															Untuk perhitungan PHD	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.
1	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	
2	0.014	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	
3	0.020	0.033	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	
4	0.025	0.043	0.076	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	
5	0.030	0.053	0.098	0.124	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	
6	0.034	0.061	0.118	0.155	0.177	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	
7	0.038	0.068	0.136	0.182	0.213	0.233	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	
8	0.041	0.075	0.152	0.206	0.246	0.273	0.290	0.298	0.298	0.298	0.298	0.298	0.298	0.298	0.298	0.298	
9	0.044	0.081	0.166	0.228	0.275	0.309	0.332	0.348	0.355	0.355	0.355	0.355	0.355	0.355	0.355	0.355	
10	0.047	0.086	0.179	0.248	0.301	0.341	0.371	0.392	0.406	0.412	0.412	0.412	0.412	0.412	0.412	0.412	max
11	0.049	0.091	0.191	0.266	0.324	0.370	0.405	0.432	0.451	0.463	0.469	0.469	0.469	0.469	0.469	0.469	
12	0.051	0.096	0.201	0.282	0.345	0.396	0.436	0.467	0.491	0.509	0.520	0.526	0.526	0.526	0.526	0.526	
13	0.053	0.099	0.210	0.296	0.364	0.419	0.464	0.500	0.528	0.550	0.566	0.576	0.581	0.581	0.581	0.581	
14	0.055	0.103	0.219	0.309	0.381	0.440	0.489	0.528	0.561	0.586	0.606	0.621	0.630	0.635	0.635	0.635	
15	0.057	0.106	0.226	0.320	0.396	0.459	0.511	0.554	0.590	0.620	0.643	0.661	0.674	0.683	0.685	0.685	
16	0.058	0.109	0.233	0.331	0.410	0.476	0.531	0.578	0.617	0.649	0.676	0.697	0.714	0.726	0.729	0.729	
17	0.059	0.112	0.239	0.340	0.423	0.491	0.550	0.599	0.641	0.676	0.706	0.730	0.750	0.765	0.769	0.769	
18	0.060	0.114	0.245	0.349	0.434	0.505	0.566	0.618	0.662	0.700	0.732	0.759	0.782	0.800	0.804	0.804	
19	0.062	0.116	0.250	0.356	0.444	0.518	0.581	0.635	0.681	0.722	0.756	0.786	0.811	0.831	0.837	0.837	
20	0.062	0.118	0.254	0.363	0.453	0.529	0.594	0.650	0.699	0.741	0.778	0.810	0.836	0.859	0.865	0.865	
21	0.063	0.120	0.258	0.369	0.461	0.539	0.606	0.664	0.715	0.759	0.797	0.831	0.860	0.884	0.891	0.891	
22	0.064	0.121	0.262	0.375	0.468	0.548	0.617	0.676	0.729	0.775	0.815	0.850	0.881	0.907	0.915	0.915	
23	0.065	0.122	0.265	0.380	0.475	0.556	0.626	0.688	0.741	0.789	0.831	0.867	0.900	0.928	0.936	0.936	
24	0.065	0.124	0.268	0.384	0.481	0.564	0.635	0.698	0.753	0.802	0.845	0.883	0.917	0.946	0.955	0.955	
25	0.066	0.125	0.271	0.388	0.486	0.570	0.643	0.707	0.763	0.813	0.858	0.897	0.932	0.963	0.972	0.972	
26	0.066	0.126	0.273	0.392	0.491	0.576	0.650	0.715	0.772	0.824	0.869	0.910	0.946	0.978	0.988	0.988	
27	0.067	0.127	0.276	0.395	0.496	0.582	0.657	0.722	0.781	0.833	0.880	0.921	0.958	0.991	1.001	1.001	
28	0.067	0.128	0.277	0.398	0.499	0.586	0.662	0.729	0.788	0.841	0.889	0.932	0.970	1.004	1.014	1.014	
29	0.068	0.128	0.279	0.401	0.503	0.591	0.668	0.735	0.795	0.849	0.897	0.941	0.980	1.015	1.025	1.025	
30	0.068	0.129	0.281	0.403	0.506	0.595	0.672	0.740	0.801	0.856	0.905	0.949	0.989	1.024	1.035	1.035	
...	
52	0.071	0.134	0.294	0.423	0.532	0.627	0.711	0.785	0.852	0.912	0.967	1.018	1.064	1.106	1.119	1.119	

Perhitungan Penimbunan Bertahap Metode Vacuum Pre-loadingTambahan tegangan tiap tahap ke-i, ΔP_i

No	ΔP_i (ton/m ²)																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.72	8.244	0.36	0.72	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.03	0.67
2	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.72	8.244	0.36	0.72	1.07	1.07	1.06	1.05	1.03	1.01	0.66
3	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.72	8.244	0.36	0.71	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	1.00	0.65
4	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	0.71	8.244	0.36	0.71	1.06	1.05	1.04	1.02	1.00	0.98	0.63
5	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	0.71	8.244	0.36	0.70	1.05	1.04	1.03	1.01	0.99	0.96	0.62
6	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	0.71	8.244	0.35	0.70	1.04	1.03	1.01	0.99	0.97	0.94	0.60
7	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	0.71	8.244	0.35	0.69	1.03	1.02	1.00	0.98	0.95	0.91	0.59
8	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	0.70	8.244	0.35	0.69	1.02	1.00	0.98	0.96	0.93	0.89	0.57
9	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	0.70	8.244	0.35	0.68	1.01	0.99	0.97	0.94	0.91	0.87	0.55
10	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	0.69	8.244	0.34	0.67	1.00	0.98	0.95	0.92	0.89	0.85	0.54

Tambahan tegangan kumulatif tiap tahap ke-i, ΔP kum_i

No	ΔP kum _i (ton/m ²)																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.48	7.20	15.44	15.80	16.52	17.59	18.66	19.73	20.79	21.83	22.86	23.54
2	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.48	7.19	15.44	15.80	16.51	17.58	18.65	19.71	20.75	21.79	22.80	23.46
3	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.47	7.19	15.43	15.79	16.50	17.57	18.63	19.68	20.71	21.73	22.73	23.38
4	1.08	2.16	3.24	4.31	5.39	6.47	7.18	15.42	15.78	16.49	17.55	18.60	19.64	20.66	21.66	22.64	23.27
5	1.08	2.16	3.23	4.31	5.38	6.46	7.17	15.41	15.77	16.47	17.52	18.56	19.59	20.60	21.59	22.54	23.16
6	1.08	2.16	3.23	4.30	5.38	6.44	7.15	15.40	15.75	16.45	17.49	18.52	19.54	20.53	21.50	22.43	23.03
7	1.08	2.15	3.23	4.30	5.36	6.43	7.13	15.38	15.73	16.42	17.46	18.47	19.47	20.45	21.40	22.31	22.90
8	1.08	2.15	3.22	4.29	5.35	6.41	7.11	15.36	15.70	16.39	17.41	18.42	19.40	20.36	21.29	22.18	22.75
9	1.07	2.14	3.21	4.28	5.33	6.39	7.08	15.33	15.68	16.36	17.36	18.35	19.32	20.26	21.17	22.04	22.59
10	1.07	2.14	3.20	4.26	5.31	6.36	7.05	15.30	15.64	16.31	17.31	18.28	19.23	20.16	21.04	21.89	22.43

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	γ sat (ton/m ³)	γ' (ton/m ³)	e0	Cc	Cs	P0' (ton/m ²)	Pc' (ton/m ²)	$P_i = P_0 + \Delta P$ kum; (ton/m ²)							
								1	2	3	4	5	6	7	pompa
1	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	0.33	2.33	1.41	2.49	3.57	4.65	5.73	6.80	7.52	15.77
2	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	0.98	2.98	2.06	3.14	4.22	5.30	6.38	7.45	8.17	16.42
3	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	1.63	3.63	2.71	3.79	4.87	5.95	7.03	8.10	8.82	17.06
4	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	2.28	4.28	3.36	4.44	5.52	6.60	7.67	8.75	9.46	17.71
5	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	2.93	4.93	4.01	5.09	6.17	7.24	8.32	9.39	10.10	18.35
6	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	3.58	5.58	4.66	5.74	6.81	7.89	8.96	10.03	10.74	18.98
7	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	4.23	6.23	5.31	6.38	7.45	8.53	9.59	10.66	11.36	19.61
8	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	4.87	6.87	5.95	7.02	8.09	9.16	10.23	11.28	11.99	20.23
9	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	5.52	7.52	6.59	7.66	8.73	9.80	10.85	11.91	12.60	20.85
10	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	6.17	8.17	7.24	8.30	9.37	10.43	11.48	12.53	13.22	21.46

Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i

No	Sc_i (m)								Total tiap lapisan
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	
1	0.024	0.014	0.030	0.022	0.017	0.014	0.012	0.011	0.189
2	0.012	0.010	0.024	0.019	0.015	0.013	0.011	0.010	0.158
3	0.008	0.008	0.021	0.016	0.014	0.012	0.010	0.009	0.139
4	0.006	0.007	0.018	0.015	0.012	0.011	0.010	0.008	0.125
5	0.005	0.006	0.016	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.114
6	0.004	0.005	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	0.007	0.092
7	0.003	0.004	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.086
8	0.003	0.004	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.080
9	0.003	0.003	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.075
10	0.002	0.003	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.070
Total tiap tahapan	0.071	0.064	0.160	0.130	0.110	0.095	0.084	0.075	1.128

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	Δe	e1	$H - \Delta H$ (m)	γ sat (ton/m ³)	γ' (ton/m ³)	P_0' (ton/m ²)	P_c' (ton/m ²)	$P_i = P_0 + \Delta P$ kum _i (ton/m ²)								
								8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.480	1.049	0.810	2.039	1.039	0.52	2.52	16.32	17.04	18.11	19.18	20.25	21.31	22.35	23.38	24.06
2	0.402	1.127	0.841	1.964	0.964	1.52	3.52	17.32	18.03	19.10	20.17	21.23	22.27	23.31	24.32	24.98
3	0.356	1.173	0.859	1.922	0.922	2.46	4.46	18.25	18.97	20.03	21.09	22.14	23.18	24.20	25.19	25.84
4	0.322	1.207	0.873	1.893	0.893	3.37	5.37	19.15	19.86	20.92	21.97	23.01	24.03	25.04	26.01	26.65
5	0.295	1.234	0.883	1.870	0.870	4.25	6.25	20.02	20.73	21.78	22.82	23.85	24.85	25.84	26.80	27.41
6	0.248	1.370	0.905	1.818	0.818	5.10	7.10	20.85	21.55	22.59	23.62	24.63	25.63	26.59	27.53	28.13
7	0.231	1.386	0.912	1.805	0.805	5.91	7.91	21.64	22.33	23.37	24.38	25.38	26.36	27.31	28.22	28.80
8	0.217	1.401	0.917	1.794	0.794	6.71	8.71	22.41	23.10	24.12	25.13	26.11	27.07	28.00	28.89	29.46
9	0.204	1.413	0.922	1.785	0.785	7.50	9.50	23.17	23.85	24.86	25.85	26.82	27.76	28.67	29.54	30.09
10	0.193	1.425	0.926	1.777	0.777	8.28	10.28	23.92	24.59	25.59	26.56	27.51	28.43	29.32	30.17	30.71

Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i

No	Sc_i (m)										Total tiap lapisan
	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15		
1	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.016
2	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.016
3	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015
4	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015
5	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.015
6	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.013
7	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
8	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
9	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
10	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
Total tiap tahapan	0.028	0.012	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013	0.008	0.138

- **Jarak antarPVD 1,0 m**

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	88%	87%	83%	83%	82%	80%	77%	75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	89%	88%	83%	85%	83%	82%	80%	77%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	90%	89%	83%	87%	85%	83%	82%	80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	91%	90%	83%	88%	87%	85%	83%	80%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0
24	92%	91%	83%	89%	88%	87%	85%	80%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0
25	93%	92%	83%	90%	89%	88%	87%	80%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0
26	94%	93%	83%	91%	90%	89%	88%	80%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0
27	94%	94%	83%	92%	91%	90%	89%	80%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0
28	95%	94%	83%	93%	92%	91%	90%	80%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0
29	95%	95%	83%	94%	93%	92%	91%	80%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0
30	96%	95%	83%	94%	94%	93%	92%	80%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0
...
52	100%	100%	83%	99%	99%	99%	99%	80%	96%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.020	0.013	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.025	0.018	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.030	0.023	0.045	0.026	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.034	0.027	0.057	0.037	0.022	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.038	0.031	0.067	0.046	0.031	0.019	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.041	0.034	0.077	0.055	0.039	0.027	0.012	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.044	0.037	0.085	0.062	0.046	0.034	0.016	0.094	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.047	0.040	0.093	0.069	0.053	0.040	0.020	0.131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.049	0.042	0.099	0.075	0.058	0.046	0.024	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.051	0.044	0.105	0.081	0.064	0.051	0.027	0.195	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.053	0.046	0.111	0.086	0.068	0.055	0.030	0.222	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.055	0.048	0.116	0.090	0.072	0.059	0.033	0.246	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.057	0.050	0.120	0.094	0.076	0.063	0.035	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.058	0.051	0.124	0.098	0.079	0.066	0.038	0.287	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.059	0.052	0.128	0.101	0.082	0.069	0.040	0.304	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.060	0.053	0.131	0.104	0.085	0.071	0.041	0.320	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.062	0.054	0.134	0.106	0.088	0.074	0.043	0.334	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.062	0.055	0.134	0.109	0.090	0.076	0.044	0.347	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.063	0.056	0.134	0.111	0.092	0.078	0.046	0.358	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.064	0.057	0.134	0.113	0.094	0.080	0.047	0.369	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.065	0.058	0.134	0.114	0.095	0.081	0.048	0.369	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.065	0.058	0.134	0.116	0.097	0.083	0.049	0.369	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.066	0.059	0.134	0.117	0.098	0.084	0.050	0.369	0.008	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.066	0.059	0.134	0.119	0.099	0.085	0.050	0.369	0.010	0.003	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.067	0.060	0.134	0.120	0.100	0.086	0.051	0.369	0.012	0.004	0.005	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.067	0.060	0.134	0.121	0.101	0.087	0.052	0.369	0.014	0.005	0.006	0.005	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
29	0.068	0.061	0.134	0.122	0.102	0.088	0.052	0.369	0.015	0.006	0.007	0.006	0.004	0.003	0.001	0.000	0.000
30	0.068	0.061	0.134	0.123	0.103	0.089	0.053	0.369	0.016	0.006	0.008	0.007	0.005	0.004	0.003	0.001	0.000
...
52	0.071	0.064	0.134	0.129	0.109	0.095	0.057	0.369	0.027	0.011	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.007

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *																	Untuk perhitungan PHD	
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.
1	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	
2	0.014	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	
3	0.020	0.033	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	
4	0.025	0.043	0.076	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	
5	0.030	0.053	0.098	0.124	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	0.137	
6	0.034	0.061	0.118	0.155	0.177	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	0.188	
7	0.038	0.068	0.136	0.182	0.213	0.233	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	
8	0.041	0.075	0.152	0.206	0.246	0.273	0.284	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336	max
9	0.044	0.081	0.166	0.228	0.275	0.309	0.325	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	
10	0.047	0.086	0.179	0.248	0.301	0.341	0.361	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	
11	0.049	0.091	0.191	0.266	0.324	0.370	0.394	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	
12	0.051	0.096	0.201	0.282	0.345	0.396	0.423	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	
13	0.053	0.099	0.210	0.296	0.364	0.419	0.449	0.671	0.671	0.671	0.671	0.671	0.671	0.671	0.671	0.671	0.671	0.671	
14	0.055	0.103	0.219	0.309	0.381	0.440	0.473	0.719	0.719	0.719	0.719	0.719	0.719	0.719	0.719	0.719	0.719	0.719	
15	0.057	0.106	0.226	0.320	0.396	0.459	0.494	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	0.762	
16	0.058	0.109	0.233	0.331	0.410	0.476	0.514	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	
17	0.059	0.112	0.239	0.340	0.423	0.491	0.531	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	
18	0.060	0.114	0.245	0.349	0.434	0.505	0.547	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867	
19	0.062	0.116	0.250	0.356	0.444	0.518	0.561	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	
20	0.062	0.118	0.252	0.360	0.450	0.526	0.571	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	
21	0.063	0.120	0.253	0.364	0.456	0.534	0.580	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	
22	0.064	0.121	0.255	0.368	0.461	0.541	0.588	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	
23	0.065	0.122	0.256	0.371	0.466	0.547	0.595	0.964	0.967	0.967	0.967	0.967	0.967	0.967	0.967	0.967	0.967	0.967	
24	0.065	0.124	0.258	0.374	0.470	0.553	0.602	0.970	0.976	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	
25	0.066	0.125	0.259	0.376	0.474	0.558	0.607	0.976	0.984	0.987	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	0.989	
26	0.066	0.126	0.260	0.378	0.478	0.562	0.613	0.982	0.992	0.995	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
27	0.067	0.127	0.261	0.380	0.481	0.567	0.618	0.986	0.998	1.003	1.008	1.011	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	1.013	
28	0.067	0.128	0.261	0.382	0.483	0.570	0.622	0.991	1.004	1.009	1.016	1.020	1.023	1.025	1.025	1.025	1.025	1.025	
29	0.068	0.128	0.262	0.384	0.486	0.574	0.626	0.995	1.010	1.016	1.023	1.029	1.033	1.036	1.037	1.037	1.037	1.037	
30	0.068	0.129	0.263	0.385	0.488	0.577	0.629	0.998	1.015	1.021	1.029	1.036	1.042	1.046	1.048	1.050	1.050	1.050	
...
52	0.071	0.134	0.268	0.398	0.507	0.602	0.658	1.027	1.054	1.066	1.082	1.097	1.112	1.125	1.137	1.149	1.156	0.001	

- **Jarak antarPVD 1,1 m**

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	45%	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	50%	45%	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	54%	50%	45%	41%	35%	30%	24%	17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	58%	54%	50%	45%	41%	35%	30%	24%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	61%	58%	54%	50%	45%	41%	35%	30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	64%	61%	58%	54%	50%	45%	41%	35%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	67%	64%	61%	58%	54%	50%	45%	41%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	70%	67%	64%	61%	58%	54%	50%	45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	72%	70%	67%	64%	61%	58%	54%	50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	74%	72%	70%	67%	64%	61%	58%	54%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	76%	74%	72%	70%	67%	64%	61%	58%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	78%	76%	74%	72%	70%	67%	64%	61%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	80%	78%	76%	74%	72%	70%	67%	64%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	81%	80%	76%	76%	74%	72%	70%	67%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	83%	81%	76%	78%	76%	74%	72%	70%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	84%	83%	76%	80%	78%	76%	74%	72%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	85%	84%	76%	81%	80%	78%	76%	74%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	87%	85%	76%	83%	81%	80%	78%	76%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	88%	87%	76%	84%	83%	81%	80%	78%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	89%	88%	76%	85%	84%	83%	81%	80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	90%	89%	76%	87%	85%	84%	83%	81%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	90%	90%	76%	88%	87%	85%	84%	81%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0
29	91%	90%	76%	89%	88%	87%	85%	81%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0
30	92%	91%	76%	90%	89%	88%	87%	81%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0
...
52	99%	99%	76%	98%	98%	98%	98%	81%	88%	87%	85%	84%	83%	81%	80%	78%	76%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Sc_{m_i}

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.017	0.011	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.021	0.015	0.027	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.025	0.019	0.038	0.022	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.029	0.023	0.048	0.031	0.018	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.032	0.026	0.057	0.039	0.026	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.035	0.029	0.065	0.046	0.033	0.022	0.010	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.038	0.032	0.073	0.053	0.039	0.028	0.013	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.041	0.034	0.080	0.059	0.045	0.034	0.017	0.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.043	0.037	0.086	0.065	0.050	0.039	0.020	0.138	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.045	0.039	0.092	0.070	0.055	0.043	0.023	0.164	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.048	0.041	0.098	0.075	0.059	0.048	0.026	0.188	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.049	0.043	0.103	0.079	0.063	0.051	0.029	0.210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.051	0.044	0.107	0.083	0.067	0.055	0.031	0.231	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.053	0.046	0.111	0.087	0.070	0.058	0.033	0.249	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.054	0.047	0.115	0.090	0.074	0.061	0.035	0.266	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.055	0.049	0.119	0.094	0.076	0.064	0.037	0.282	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.057	0.050	0.122	0.097	0.079	0.066	0.038	0.296	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.058	0.051	0.122	0.099	0.082	0.069	0.040	0.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.059	0.052	0.122	0.102	0.084	0.071	0.041	0.322	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.060	0.053	0.122	0.104	0.086	0.073	0.042	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.061	0.054	0.122	0.106	0.088	0.074	0.044	0.343	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.062	0.055	0.122	0.108	0.090	0.076	0.045	0.353	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.062	0.055	0.122	0.110	0.091	0.078	0.046	0.362	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.063	0.056	0.122	0.111	0.093	0.079	0.047	0.370	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.064	0.057	0.122	0.113	0.094	0.080	0.047	0.377	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.064	0.057	0.122	0.114	0.095	0.082	0.048	0.377	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.065	0.058	0.122	0.115	0.096	0.083	0.049	0.377	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.065	0.058	0.122	0.117	0.098	0.084	0.050	0.377	0.008	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
...
52	0.070	0.063	0.122	0.128	0.108	0.093	0.056	0.377	0.030	0.013	0.018	0.017	0.015	0.014	0.013	0.012	0.007

*) $Sc_{m_i} = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *																	Untuk perhitungan PHD		
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.	
1	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007		
2	0.012	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.011		
3	0.017	0.027	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.024		
4	0.021	0.036	0.063	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.033		
5	0.025	0.044	0.082	0.104	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.039		
6	0.029	0.052	0.099	0.130	0.149	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.043		
7	0.032	0.058	0.115	0.154	0.180	0.196	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.044		
8	0.035	0.064	0.130	0.176	0.209	0.231	0.241	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.082	max	
9	0.038	0.070	0.143	0.196	0.235	0.263	0.277	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.071		
10	0.041	0.075	0.155	0.214	0.259	0.293	0.310	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.065		
11	0.043	0.080	0.166	0.231	0.281	0.320	0.340	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.059		
12	0.045	0.084	0.177	0.247	0.302	0.345	0.368	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.054		
13	0.048	0.088	0.186	0.261	0.320	0.368	0.394	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.050		
14	0.049	0.092	0.195	0.274	0.337	0.389	0.417	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628	0.628	0.046		
15	0.051	0.096	0.203	0.286	0.353	0.408	0.439	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.042		
16	0.053	0.099	0.210	0.297	0.368	0.426	0.459	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.038		
17	0.054	0.102	0.217	0.307	0.381	0.442	0.477	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.035		
18	0.055	0.104	0.223	0.317	0.393	0.457	0.494	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.776	0.032		
19	0.057	0.107	0.229	0.325	0.405	0.471	0.509	0.806	0.806	0.806	0.806	0.806	0.806	0.806	0.806	0.806	0.806	0.030		
20	0.058	0.109	0.231	0.330	0.412	0.481	0.520	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.024		
21	0.059	0.111	0.233	0.335	0.419	0.489	0.531	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.022		
22	0.060	0.113	0.235	0.339	0.425	0.498	0.540	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.873	0.021		
23	0.061	0.115	0.237	0.343	0.431	0.505	0.549	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.019		
24	0.062	0.116	0.238	0.346	0.436	0.512	0.557	0.910	0.910	0.910	0.910	0.910	0.910	0.910	0.910	0.910	0.910	0.017		
25	0.062	0.118	0.240	0.350	0.441	0.518	0.564	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.016		
26	0.063	0.119	0.241	0.353	0.445	0.524	0.571	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.015		
27	0.064	0.120	0.243	0.355	0.449	0.530	0.577	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.014		
28	0.064	0.121	0.244	0.358	0.453	0.535	0.583	0.960	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.009		
29	0.065	0.123	0.245	0.360	0.457	0.539	0.588	0.965	0.971	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.009		
30	0.065	0.124	0.246	0.362	0.460	0.544	0.593	0.970	0.978	0.981	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.010		
...		
52	0.070	0.133	0.255	0.383	0.491	0.585	0.641	1.018	1.048	1.061	1.079	1.096	1.111	1.125	1.138	1.151	1.158	0.003		

LAMPIRAN 5
PERHITUNGAN TIMBUNAN DENGAN KEMIRINGAN
LERENG 1:1,5

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 7 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.8	0.2	2.34	3.1	77.3	4.0	3.95	12.58	12.9	0.173	0.173
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	86.3	0.5	2.34	4.1	73.4	5.2	3.94	12.55	13.5	0.143	0.316
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	83.9	0.9	2.34	5.1	69.6	6.3	3.92	12.51	14.1	0.125	0.442
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	81.5	1.2	2.34	6.1	66.1	7.2	3.89	12.45	14.7	0.112	0.554
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	79.1	1.5	2.33	7.1	62.7	8.1	3.85	12.38	15.3	0.102	0.655
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	76.7	1.8	2.33	8.1	59.5	8.8	3.81	12.28	15.9	0.082	0.737
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	74.4	2.1	2.32	9.1	56.5	9.4	3.76	12.17	16.4	0.075	0.813
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	72.2	2.4	2.32	10.1	53.7	9.9	3.71	12.05	16.9	0.070	0.883
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	70.0	2.7	2.31	11.1	51.1	10.3	3.65	11.90	17.4	0.065	0.948
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	67.9	2.9	2.29	12.1	48.7	10.6	3.58	11.75	17.9	0.061	1.008

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 7 + \frac{1,008 \cdot 1}{1,80} = 7,560 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_1 (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.439	1.090	0.827	1.999	0.999	0.50	2.50	7.5	56.7	4.7	1.41	1.90	0.022	0.022
2	0.362	1.167	0.857	1.928	0.928	1.46	3.46	8.5	53.3	5.0	1.38	2.84	0.011	0.033
3	0.316	1.212	0.875	1.888	0.888	2.37	4.37	9.5	50.2	5.2	1.35	3.72	0.007	0.040
4	0.284	1.245	0.888	1.861	0.861	3.24	5.24	10.5	47.4	5.3	1.32	4.56	0.006	0.046
5	0.257	1.271	0.898	1.839	0.839	4.09	6.09	11.5	44.7	5.3	1.29	5.38	0.004	0.051
6	0.214	1.404	0.918	1.792	0.792	4.91	6.91	12.5	42.4	5.4	1.25	6.16	0.003	0.054
7	0.197	1.420	0.925	1.780	0.780	5.70	7.70	13.5	40.2	5.3	1.21	6.91	0.003	0.057
8	0.183	1.435	0.930	1.769	0.769	6.47	8.47	14.5	38.2	5.3	1.18	7.65	0.002	0.059
9	0.170	1.447	0.935	1.760	0.760	7.24	9.24	15.5	36.3	5.2	1.14	8.38	0.002	0.061
10	0.159	1.459	0.939	1.752	0.752	7.99	9.99	16.5	34.6	5.2	1.11	9.10	0.002	0.063

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,008 + 0,063 = 1,071 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 7,560 - 1,071 = 6,489 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 9 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.8	0.3	4.14	5.1	69.6	6.3	3.92	16.11	16.4	0.193	0.193
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	86.3	0.8	4.14	6.1	66.1	7.2	3.89	16.06	17.0	0.162	0.355
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	83.9	1.4	4.14	7.1	62.7	8.1	3.85	15.99	17.6	0.143	0.499
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	81.5	1.9	4.14	8.1	59.5	8.8	3.81	15.90	18.2	0.129	0.628
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	79.1	2.4	4.13	9.1	56.5	9.4	3.76	15.79	18.7	0.118	0.746
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	76.7	2.9	4.13	10.1	53.7	9.9	3.71	15.66	19.2	0.096	0.842
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	74.4	3.4	4.12	11.1	51.1	10.3	3.65	15.52	19.8	0.089	0.931
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	72.2	3.9	4.10	12.1	48.7	10.6	3.58	15.37	20.2	0.083	1.014
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	70.0	4.3	4.09	13.1	46.4	10.8	3.51	15.20	20.7	0.078	1.091
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	67.9	4.7	4.07	14.1	44.3	11.0	3.44	15.02	21.2	0.073	1.164

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 9 + \frac{1,164 \cdot 1}{1,80} = 9,647 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.489	1.040	0.807	2.048	1.048	0.52	2.52	9.5	50.2	5.2	1.14	1.67	0.019	0.019
2	0.409	1.119	0.838	1.971	0.971	1.53	3.53	10.5	47.4	5.3	1.10	2.64	0.009	0.028
3	0.362	1.167	0.857	1.928	0.928	2.48	4.48	11.5	44.7	5.3	1.07	3.55	0.006	0.034
4	0.327	1.202	0.871	1.898	0.898	3.40	5.40	12.5	42.4	5.4	1.03	4.43	0.004	0.038
5	0.299	1.230	0.882	1.874	0.874	4.28	6.28	13.5	40.2	5.3	1.00	5.28	0.003	0.042
6	0.251	1.367	0.904	1.820	0.820	5.13	7.13	14.5	38.2	5.3	0.96	6.09	0.002	0.044
7	0.233	1.385	0.911	1.806	0.806	5.94	7.94	15.5	36.3	5.2	0.93	6.87	0.002	0.046
8	0.217	1.401	0.917	1.794	0.794	6.74	8.74	16.5	34.6	5.2	0.90	7.64	0.002	0.048
9	0.203	1.415	0.922	1.784	0.784	7.53	9.53	17.5	33.1	5.1	0.87	8.40	0.002	0.050
10	0.191	1.427	0.927	1.775	0.775	8.31	10.31	18.5	31.6	5.0	0.84	9.15	0.001	0.051

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,164 + 0,051 = 1,215 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 9,647 - 1,215 = 8,432 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 11 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.8	0.4	5.94	7.1	62.7	8.1	3.85	19.59	19.9	0.209	0.209
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	86.3	1.1	5.94	8.1	59.5	8.8	3.81	19.50	20.5	0.177	0.386
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	83.9	1.8	5.94	9.1	56.5	9.4	3.76	19.40	21.0	0.158	0.544
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	81.5	2.5	5.94	10.1	53.7	9.9	3.71	19.28	21.6	0.143	0.688
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	79.1	3.2	5.93	11.1	51.1	10.3	3.65	19.15	22.1	0.132	0.819
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	76.7	3.9	5.92	12.1	48.7	10.6	3.58	19.00	22.6	0.107	0.927
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	74.4	4.5	5.91	13.1	46.4	10.8	3.51	18.84	23.1	0.100	1.027
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	72.2	5.1	5.89	14.1	44.3	11.0	3.44	18.67	23.5	0.094	1.121
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	70.0	5.7	5.88	15.1	42.3	11.1	3.37	18.49	24.0	0.088	1.209
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	67.9	6.2	5.85	16.1	40.5	11.2	3.29	18.29	24.5	0.083	1.292

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 11 + \frac{1,292 \cdot 1}{1,80} = 11,718 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.529	1.000	0.791	2.089	1.089	0.54	2.54	11.5	44.7	5.3	0.98	1.53	0.017	0.017
2	0.448	1.081	0.823	2.007	1.007	1.59	3.59	12.5	42.4	5.4	0.95	2.54	0.008	0.025
3	0.399	1.130	0.842	1.962	0.962	2.58	4.58	13.5	40.2	5.3	0.91	3.49	0.005	0.030
4	0.363	1.166	0.857	1.929	0.929	3.52	5.52	14.5	38.2	5.3	0.88	4.40	0.004	0.033
5	0.334	1.195	0.868	1.903	0.903	4.44	6.44	15.5	36.3	5.2	0.85	5.28	0.003	0.036
6	0.281	1.337	0.893	1.843	0.843	5.31	7.31	16.5	34.6	5.2	0.81	6.13	0.002	0.038
7	0.262	1.356	0.900	1.829	0.829	6.15	8.15	17.5	33.1	5.1	0.79	6.93	0.002	0.040
8	0.246	1.372	0.906	1.816	0.816	6.97	8.97	18.5	31.6	5.0	0.76	7.73	0.001	0.041
9	0.231	1.387	0.912	1.805	0.805	7.78	9.78	19.5	30.3	4.9	0.73	8.51	0.001	0.043
10	0.218	1.400	0.917	1.795	0.795	8.58	10.58	20.5	29.1	4.8	0.71	9.29	0.001	0.044

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,292 + 0,044 = 1,336 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 11,718 - 1,336 = 10,382 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 13 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.9	0.4	7.74	9.1	57.1	11.2	3.79	23.06	23.4	0.222	0.222
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	86.7	1.3	7.74	10.1	54.3	11.9	3.74	22.97	23.9	0.190	0.412
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	84.5	2.2	7.74	11.1	51.7	12.4	3.69	22.86	24.5	0.170	0.583
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	82.3	3.1	7.74	12.1	49.3	12.8	3.63	22.74	25.0	0.156	0.738
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	80.1	3.9	7.73	13.1	47.0	13.2	3.57	22.61	25.5	0.144	0.882
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	78.0	4.7	7.73	14.1	44.9	13.4	3.51	22.47	26.1	0.118	1.000
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	75.9	5.5	7.72	15.1	42.9	13.6	3.44	22.32	26.5	0.110	1.110
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	73.8	6.3	7.70	16.1	41.1	13.7	3.38	22.16	27.0	0.104	1.214
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	71.8	7.0	7.69	17.1	39.4	13.8	3.31	21.99	27.5	0.098	1.312
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	69.8	7.7	7.67	18.1	37.8	13.8	3.24	21.82	28.0	0.093	1.401

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 13 + \frac{1,401 \cdot 1}{1,80} = 13,778 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.562	0.967	0.778	2.124	1.124	0.56	2.56	13.5	40.2	5.3	0.86	1.43	0.015	0.015
2	0.480	1.049	0.810	2.039	1.039	1.64	3.64	14.5	38.2	5.3	0.83	2.47	0.007	0.022
3	0.430	1.099	0.830	1.990	0.990	2.66	4.66	15.5	36.3	5.2	0.80	3.46	0.004	0.026
4	0.393	1.136	0.845	1.956	0.956	3.63	5.63	16.5	34.6	5.2	0.77	4.40	0.003	0.030
5	0.363	1.166	0.856	1.929	0.929	4.57	6.57	17.5	33.1	5.1	0.74	5.32	0.002	0.032
6	0.307	1.311	0.883	1.864	0.864	5.47	7.47	18.5	31.6	5.0	0.71	6.18	0.002	0.034
7	0.287	1.330	0.890	1.848	0.848	6.33	8.33	19.5	30.3	4.9	0.69	7.02	0.001	0.035
8	0.270	1.347	0.897	1.835	0.835	7.17	9.17	20.5	29.1	4.8	0.67	7.83	0.001	0.037
9	0.255	1.363	0.903	1.823	0.823	8.00	10.00	21.5	27.9	4.7	0.64	8.64	0.001	0.038
10	0.242	1.376	0.908	1.813	0.813	8.82	10.82	22.5	26.9	4.6	0.62	9.44	0.001	0.039

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,401 + 0,039 = 1,439 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 13,778 - 1,439 = 12,339 \text{ m}$$

Perhitungan Penimbunan Bertahap Metode Soil Pre-Loading Jarak antarPVD 1,0 m

Tambahan tegangan tiap tahap ke-i, ΔP_i

No	ΔP_i (ton/m ²)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	0.33
2	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	1.00	0.33
3	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	1.01	0.98	0.32
4	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.01	0.99	0.96	0.31
5	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.01	0.99	0.97	0.94	0.31
6	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.04	1.03	1.01	1.00	0.97	0.95	0.92	0.30
7	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.03	1.02	1.00	0.98	0.95	0.93	0.90	0.29
8	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.02	1.00	0.98	0.96	0.94	0.91	0.87	0.28
9	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	1.00	0.99	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.27
10	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	1.03	0.99	0.97	0.95	0.92	0.89	0.86	0.83	0.27

Tambahan tegangan kumulatif tiap tahap ke-i, ΔP kum_i

No	ΔP kum _i (ton/m ²)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.48	7.56	8.63	9.70	10.77	11.83	12.88	13.92	14.94	15.27
2	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.47	7.55	8.62	9.69	10.75	11.80	12.84	13.86	14.86	15.19
3	1.08	2.16	3.24	4.32	5.39	6.47	7.54	8.61	9.67	10.72	11.76	12.78	13.79	14.77	15.09
4	1.08	2.16	3.24	4.31	5.39	6.46	7.53	8.59	9.64	10.68	11.70	12.71	13.70	14.67	14.98
5	1.08	2.16	3.23	4.31	5.38	6.45	7.51	8.56	9.60	10.63	11.64	12.63	13.60	14.54	14.85
6	1.08	2.15	3.23	4.30	5.37	6.43	7.49	8.53	9.56	10.57	11.57	12.54	13.49	14.41	14.71
7	1.08	2.15	3.22	4.29	5.35	6.41	7.46	8.49	9.51	10.51	11.48	12.44	13.37	14.26	14.55
8	1.07	2.14	3.21	4.27	5.33	6.38	7.43	8.45	9.45	10.43	11.39	12.33	13.23	14.10	14.38
9	1.07	2.14	3.20	4.26	5.31	6.35	7.39	8.39	9.38	10.35	11.29	12.20	13.09	13.94	14.21
10	1.07	2.13	3.19	4.24	5.28	6.32	7.35	8.33	9.31	10.25	11.18	12.07	12.93	13.76	14.02

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	$P_i = P_0 + \Delta P \text{ kum}_i \text{ (ton/m}^2\text{)}$															
	P_0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.33	1.41	2.49	3.57	4.65	5.72	6.80	7.88	8.96	10.03	11.09	12.15	13.20	14.24	15.26	15.60
2	0.98	2.06	3.14	4.22	5.30	6.37	7.45	8.53	9.60	10.66	11.72	12.77	13.81	14.84	15.84	16.17
3	1.63	2.71	3.79	4.87	5.95	7.02	8.10	9.17	10.24	11.30	12.35	13.39	14.41	15.42	16.40	16.72
4	2.28	3.36	4.44	5.52	6.59	7.67	8.74	9.81	10.87	11.92	12.96	13.99	15.00	15.98	16.95	17.26
5	2.93	4.01	5.09	6.17	7.24	8.31	9.38	10.45	11.50	12.54	13.56	14.58	15.57	16.54	17.48	17.78
6	3.58	4.66	5.74	6.81	7.88	8.95	10.01	11.07	12.11	13.14	14.16	15.15	16.13	17.07	17.99	18.29
7	4.23	5.30	6.38	7.45	8.52	9.58	10.64	11.69	12.72	13.74	14.73	15.71	16.67	17.60	18.49	18.78
8	4.87	5.95	7.02	8.08	9.15	10.21	11.26	12.30	13.32	14.32	15.30	16.27	17.20	18.11	18.98	19.26
9	5.52	6.59	7.66	8.72	9.78	10.83	11.87	12.91	13.91	14.90	15.87	16.81	17.72	18.61	19.46	19.73
10	6.17	7.23	8.29	9.35	10.40	11.45	12.48	13.51	14.50	15.47	16.42	17.34	18.24	19.10	19.92	20.19

Pemampatan tiap tahap ke-i, S_c

No	$S_c \text{ (m)}$															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total tiap lapisan
1	0.024	0.014	0.030	0.022	0.017	0.014	0.012	0.011	0.009	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.002	0.189
2	0.012	0.010	0.024	0.019	0.015	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.002	0.158
3	0.008	0.008	0.021	0.016	0.014	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.002	0.139
4	0.006	0.007	0.018	0.015	0.012	0.011	0.010	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.002	0.125
5	0.005	0.006	0.016	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.001	0.114
6	0.004	0.005	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.092
7	0.003	0.004	0.011	0.010	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.085
8	0.003	0.004	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	0.079
9	0.003	0.003	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	0.074
10	0.002	0.003	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.001	0.069
Total tiap tahapan	0.071	0.064	0.160	0.130	0.110	0.095	0.084	0.074	0.067	0.061	0.055	0.051	0.046	0.043	0.013	1.125

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0
8	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0
9	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0
10	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0
11	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0
12	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0
13	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0
14	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0
15	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%
16	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%
17	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%
18	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%
19	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%
20	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%
21	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%
22	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%
23	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%
24	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%
25	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%
26	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%
27	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%
28	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%
29	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%
30	96%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%
...
52	100%	100%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	98%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	Scm_i (m) *														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.020	0.013	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.025	0.018	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.030	0.023	0.045	0.026	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.034	0.027	0.057	0.037	0.022	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.038	0.030	0.067	0.046	0.031	0.019	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.041	0.034	0.077	0.055	0.039	0.027	0.017	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.044	0.037	0.085	0.062	0.046	0.034	0.024	0.015	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.047	0.039	0.093	0.069	0.053	0.040	0.030	0.021	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.049	0.042	0.099	0.075	0.058	0.046	0.035	0.026	0.019	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.051	0.044	0.105	0.081	0.063	0.051	0.040	0.031	0.024	0.017	0.011	0.006	0.000	0.000	0.000
13	0.053	0.046	0.111	0.085	0.068	0.055	0.045	0.036	0.028	0.022	0.016	0.010	0.005	0.000	0.000
14	0.055	0.048	0.116	0.090	0.072	0.059	0.049	0.039	0.032	0.026	0.020	0.014	0.009	0.005	0.000
15	0.057	0.049	0.120	0.094	0.076	0.063	0.052	0.043	0.036	0.029	0.023	0.018	0.013	0.009	0.001
16	0.058	0.051	0.124	0.097	0.079	0.066	0.055	0.046	0.039	0.032	0.027	0.021	0.017	0.012	0.003
17	0.059	0.052	0.128	0.101	0.082	0.069	0.058	0.049	0.042	0.035	0.029	0.024	0.020	0.015	0.004
18	0.060	0.053	0.131	0.104	0.085	0.071	0.061	0.051	0.044	0.038	0.032	0.027	0.022	0.018	0.005
19	0.061	0.054	0.134	0.106	0.087	0.074	0.063	0.054	0.046	0.040	0.034	0.029	0.025	0.020	0.006
20	0.062	0.055	0.136	0.109	0.090	0.076	0.065	0.056	0.048	0.042	0.036	0.031	0.027	0.023	0.006
21	0.063	0.056	0.139	0.111	0.092	0.078	0.067	0.058	0.050	0.044	0.038	0.033	0.029	0.025	0.007
22	0.064	0.057	0.141	0.113	0.093	0.079	0.069	0.059	0.052	0.046	0.040	0.035	0.031	0.026	0.008
23	0.065	0.057	0.143	0.114	0.095	0.081	0.070	0.061	0.053	0.047	0.042	0.037	0.032	0.028	0.008
24	0.065	0.058	0.144	0.116	0.097	0.082	0.072	0.062	0.055	0.048	0.043	0.038	0.034	0.029	0.009
25	0.066	0.059	0.146	0.117	0.098	0.084	0.073	0.063	0.056	0.050	0.044	0.039	0.035	0.031	0.009
26	0.066	0.059	0.147	0.118	0.099	0.085	0.074	0.064	0.057	0.051	0.045	0.040	0.036	0.032	0.010
27	0.067	0.060	0.149	0.120	0.100	0.086	0.075	0.065	0.058	0.052	0.046	0.041	0.037	0.033	0.010
28	0.067	0.060	0.150	0.121	0.101	0.087	0.076	0.066	0.059	0.053	0.047	0.042	0.038	0.034	0.010
29	0.068	0.060	0.151	0.122	0.102	0.088	0.077	0.067	0.060	0.053	0.048	0.043	0.039	0.035	0.011
30	0.068	0.061	0.152	0.122	0.103	0.088	0.077	0.068	0.060	0.054	0.049	0.044	0.040	0.036	0.011
...
52	0.071	0.063	0.159	0.129	0.109	0.094	0.083	0.074	0.066	0.060	0.055	0.050	0.046	0.042	0.013

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *															Untuk perhitungan PHD	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.
1	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	
2	0.014	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	
3	0.020	0.033	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	
4	0.025	0.043	0.076	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	
5	0.030	0.053	0.098	0.124	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	
6	0.034	0.061	0.118	0.155	0.177	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	
7	0.038	0.068	0.136	0.182	0.213	0.232	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	0.242	
8	0.041	0.075	0.151	0.206	0.245	0.272	0.289	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	
9	0.044	0.081	0.166	0.228	0.274	0.308	0.332	0.347	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	
10	0.047	0.086	0.179	0.248	0.300	0.340	0.370	0.391	0.405	0.412	0.412	0.412	0.412	0.412	0.412	0.412	max
11	0.049	0.091	0.190	0.265	0.324	0.369	0.404	0.431	0.450	0.462	0.468	0.468	0.468	0.468	0.468	0.468	
12	0.051	0.095	0.201	0.281	0.345	0.395	0.435	0.467	0.490	0.508	0.519	0.525	0.525	0.525	0.525	0.525	
13	0.053	0.099	0.210	0.295	0.363	0.418	0.463	0.499	0.527	0.548	0.564	0.574	0.580	0.580	0.580	0.580	
14	0.055	0.103	0.218	0.308	0.380	0.439	0.488	0.527	0.560	0.585	0.605	0.619	0.629	0.633	0.633	0.633	
15	0.057	0.106	0.226	0.320	0.396	0.458	0.510	0.553	0.589	0.618	0.641	0.659	0.673	0.681	0.683	0.683	
16	0.058	0.109	0.233	0.330	0.409	0.475	0.531	0.577	0.615	0.648	0.674	0.696	0.712	0.724	0.727	0.727	
17	0.059	0.111	0.239	0.340	0.422	0.491	0.549	0.598	0.639	0.674	0.704	0.728	0.748	0.763	0.767	0.767	
18	0.060	0.114	0.244	0.348	0.433	0.504	0.565	0.617	0.661	0.698	0.730	0.757	0.779	0.797	0.802	0.802	
19	0.061	0.116	0.249	0.356	0.443	0.517	0.580	0.634	0.680	0.720	0.754	0.784	0.808	0.829	0.834	0.834	
20	0.062	0.118	0.254	0.362	0.452	0.528	0.593	0.649	0.697	0.739	0.776	0.807	0.834	0.857	0.863	0.863	
21	0.063	0.119	0.258	0.369	0.460	0.538	0.605	0.663	0.713	0.757	0.795	0.829	0.857	0.882	0.889	0.889	
22	0.064	0.121	0.262	0.374	0.468	0.547	0.616	0.675	0.727	0.773	0.813	0.848	0.878	0.905	0.912	0.912	
23	0.065	0.122	0.265	0.379	0.474	0.555	0.625	0.686	0.740	0.787	0.828	0.865	0.897	0.925	0.933	0.933	
24	0.065	0.123	0.268	0.384	0.480	0.563	0.634	0.696	0.751	0.800	0.843	0.881	0.914	0.944	0.952	0.952	
25	0.066	0.125	0.271	0.388	0.486	0.569	0.642	0.705	0.761	0.811	0.855	0.895	0.929	0.960	0.969	0.969	
26	0.066	0.126	0.273	0.391	0.490	0.575	0.649	0.714	0.771	0.821	0.867	0.907	0.943	0.975	0.985	0.985	
27	0.067	0.126	0.275	0.395	0.495	0.581	0.655	0.721	0.779	0.831	0.877	0.919	0.956	0.989	0.999	0.999	
28	0.067	0.127	0.277	0.398	0.499	0.585	0.661	0.728	0.787	0.839	0.886	0.929	0.967	1.001	1.011	1.011	
29	0.068	0.128	0.279	0.400	0.502	0.590	0.666	0.734	0.793	0.847	0.895	0.938	0.977	1.012	1.022	1.022	
30	0.068	0.129	0.280	0.403	0.505	0.594	0.671	0.739	0.799	0.854	0.902	0.946	0.986	1.021	1.032	1.032	
...	
52	0.071	0.134	0.293	0.423	0.532	0.626	0.709	0.783	0.850	0.910	0.965	1.015	1.060	1.102	1.115	1.115	

Perhitungan Penimbunan Bertahap Metode Vacuum Pre-loadingTambahan tegangan tiap tahap ke-i, ΔP_i

No	ΔP_i (ton/m ²)																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.72	8.244	0.36	0.72	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	0.67
2	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.72	8.244	0.36	0.71	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.01	0.66
3	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.72	8.244	0.36	0.71	1.06	1.05	1.04	1.03	1.01	0.99	0.65
4	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	0.71	8.244	0.36	0.71	1.05	1.04	1.03	1.02	1.00	0.97	0.63
5	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	0.71	8.244	0.35	0.70	1.04	1.03	1.02	1.00	0.98	0.95	0.62
6	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	0.71	8.244	0.35	0.69	1.03	1.02	1.00	0.98	0.96	0.93	0.60
7	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	0.70	8.244	0.35	0.69	1.02	1.00	0.99	0.96	0.94	0.91	0.58
8	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	0.70	8.244	0.35	0.68	1.01	0.99	0.97	0.94	0.92	0.88	0.57
9	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	0.69	8.244	0.34	0.67	0.99	0.97	0.95	0.92	0.89	0.86	0.55
10	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.04	0.68	8.244	0.34	0.66	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87	0.84	0.54

Tambahan tegangan kumulatif tiap tahap ke-i, ΔP kum_i

No	ΔP kum _i (ton/m ²)																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.48	7.20	15.44	15.80	16.52	17.59	18.66	19.72	20.77	21.82	22.84	23.52
2	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.47	7.19	15.44	15.79	16.51	17.58	18.64	19.69	20.73	21.76	22.77	23.43
3	1.08	2.16	3.24	4.32	5.39	6.47	7.18	15.43	15.79	16.50	17.56	18.61	19.65	20.68	21.70	22.69	23.34
4	1.08	2.16	3.24	4.31	5.39	6.46	7.17	15.42	15.77	16.48	17.53	18.58	19.61	20.62	21.62	22.59	23.22
5	1.08	2.16	3.23	4.31	5.38	6.45	7.16	15.40	15.76	16.46	17.50	18.53	19.55	20.55	21.53	22.48	23.09
6	1.08	2.15	3.23	4.30	5.37	6.43	7.14	15.38	15.73	16.43	17.46	18.48	19.48	20.46	21.42	22.35	22.95
7	1.08	2.15	3.22	4.29	5.35	6.41	7.11	15.36	15.71	16.39	17.41	18.42	19.40	20.37	21.30	22.21	22.79
8	1.07	2.14	3.21	4.27	5.33	6.38	7.08	15.33	15.67	16.35	17.36	18.35	19.32	20.26	21.18	22.06	22.63
9	1.07	2.14	3.20	4.26	5.31	6.35	7.05	15.29	15.63	16.30	17.30	18.27	19.22	20.14	21.04	21.90	22.45
10	1.07	2.13	3.19	4.24	5.28	6.32	7.00	15.25	15.59	16.25	17.23	18.18	19.11	20.02	20.89	21.73	22.27

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	γ sat (ton/m ³)	γ' (ton/m ³)	e0	Cc	Cs	P0' (ton/m ²)	Pc' (ton/m ²)	$P_i = P_0 + \Delta P$ kum; (ton/m ²)							
								1	2	3	4	5	6	7	pompa
1	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	0.33	2.33	1.41	2.49	3.57	4.65	5.72	6.80	7.52	15.77
2	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	0.98	2.98	2.06	3.14	4.22	5.30	6.37	7.45	8.17	16.41
3	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	1.63	3.63	2.71	3.79	4.87	5.95	7.02	8.10	8.81	17.06
4	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	2.28	4.28	3.36	4.44	5.52	6.59	7.67	8.74	9.45	17.70
5	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	2.93	4.93	4.01	5.09	6.17	7.24	8.31	9.38	10.09	18.34
6	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	3.58	5.58	4.66	5.74	6.81	7.88	8.95	10.01	10.72	18.96
7	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	4.23	6.23	5.30	6.38	7.45	8.52	9.58	10.64	11.34	19.58
8	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	4.87	6.87	5.95	7.02	8.08	9.15	10.21	11.26	11.96	20.20
9	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	5.52	7.52	6.59	7.66	8.72	9.78	10.83	11.87	12.56	20.81
10	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	6.17	8.17	7.23	8.29	9.35	10.40	11.45	12.48	13.17	21.41

Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i

No	Sc_i (m)									Total tiap lapisan
	1	2	3	4	5	6	7	pompa		
1	0.024	0.014	0.030	0.022	0.017	0.014	0.008	0.061	0.190	
2	0.012	0.010	0.024	0.019	0.015	0.013	0.008	0.057	0.159	
3	0.008	0.008	0.021	0.016	0.014	0.012	0.007	0.054	0.141	
4	0.006	0.007	0.018	0.015	0.012	0.011	0.006	0.052	0.127	
5	0.005	0.006	0.016	0.013	0.011	0.010	0.006	0.049	0.117	
6	0.004	0.005	0.012	0.011	0.009	0.008	0.005	0.041	0.095	
7	0.003	0.004	0.011	0.010	0.008	0.008	0.005	0.039	0.088	
8	0.003	0.004	0.010	0.009	0.008	0.007	0.004	0.038	0.083	
9	0.003	0.003	0.009	0.008	0.007	0.007	0.004	0.036	0.078	
10	0.002	0.003	0.009	0.008	0.007	0.006	0.004	0.035	0.074	
Total tiap tahapan	0.071	0.064	0.160	0.130	0.110	0.095	0.057	0.463	1.150	

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	Δe	e1	$H - \Delta H$ (m)	γ sat (ton/m ³)	γ' (ton/m ³)	P_0' (ton/m ²)	P_c' (ton/m ²)	$P_i = P_0 + \Delta P$ kum _i (ton/m ²)								
								8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.480	1.049	0.810	2.039	1.039	0.52	2.52	16.32	17.04	18.11	19.18	20.24	21.29	22.34	23.36	24.04
2	0.402	1.127	0.841	1.964	0.964	1.52	3.52	17.32	18.03	19.10	20.16	21.21	22.26	23.28	24.30	24.96
3	0.356	1.173	0.859	1.922	0.922	2.46	4.46	18.25	18.96	20.02	21.07	22.12	23.15	24.16	25.15	25.80
4	0.322	1.207	0.873	1.893	0.893	3.37	5.37	19.14	19.85	20.90	21.95	22.98	23.99	24.99	25.96	26.59
5	0.295	1.234	0.883	1.870	0.870	4.25	6.25	20.01	20.71	21.75	22.78	23.80	24.80	25.78	26.73	27.35
6	0.248	1.370	0.905	1.818	0.818	5.10	7.10	20.83	21.52	22.56	23.58	24.58	25.56	26.52	27.45	28.05
7	0.231	1.387	0.912	1.805	0.805	5.91	7.91	21.61	22.30	23.32	24.33	25.31	26.27	27.21	28.12	28.70
8	0.217	1.401	0.917	1.794	0.794	6.71	8.71	22.38	23.06	24.07	25.06	26.02	26.97	27.88	28.77	29.33
9	0.204	1.414	0.922	1.785	0.785	7.50	9.50	23.13	23.80	24.79	25.77	26.72	27.64	28.53	29.40	29.95
10	0.193	1.425	0.926	1.776	0.776	8.28	10.28	23.87	24.53	25.50	26.46	27.39	28.30	29.17	30.01	30.54

Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i

No	Sc_i (m)										Total tiap lapisan
	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15		
1	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.016
2	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.016
3	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015
4	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015
5	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.015
6	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.013
7	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
8	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
9	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
10	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
Total tiap tahapan	0.028	0.012	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013	0.008	0.137

- **Jarak antarPVD 1,0 m**

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	88%	87%	83%	83%	82%	80%	77%	75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	89%	88%	83%	85%	83%	82%	80%	77%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	90%	89%	83%	87%	85%	83%	82%	80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	91%	90%	83%	88%	87%	85%	83%	80%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0
24	92%	91%	83%	89%	88%	87%	85%	80%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0
25	93%	92%	83%	90%	89%	88%	87%	80%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0
26	94%	93%	83%	91%	90%	89%	88%	80%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0
27	94%	94%	83%	92%	91%	90%	89%	80%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0
28	95%	94%	83%	93%	92%	91%	90%	80%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0
29	95%	95%	83%	94%	93%	92%	91%	80%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0
30	96%	95%	83%	94%	94%	93%	92%	80%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0
...
52	100%	100%	83%	99%	99%	99%	99%	80%	96%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	Scm_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.020	0.013	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.025	0.018	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.030	0.023	0.045	0.026	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.034	0.027	0.057	0.037	0.022	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.038	0.030	0.067	0.046	0.031	0.019	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.041	0.034	0.077	0.055	0.039	0.027	0.012	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.044	0.037	0.085	0.062	0.046	0.034	0.016	0.094	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.047	0.039	0.093	0.069	0.053	0.040	0.020	0.131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.049	0.042	0.099	0.075	0.058	0.046	0.024	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.051	0.044	0.105	0.081	0.063	0.051	0.027	0.195	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.053	0.046	0.111	0.085	0.068	0.055	0.030	0.222	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.055	0.048	0.116	0.090	0.072	0.059	0.033	0.246	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.057	0.049	0.120	0.094	0.076	0.063	0.035	0.268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.058	0.051	0.124	0.097	0.079	0.066	0.038	0.287	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.059	0.052	0.128	0.101	0.082	0.069	0.039	0.305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.060	0.053	0.131	0.104	0.085	0.071	0.041	0.320	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.061	0.054	0.134	0.106	0.087	0.074	0.043	0.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.062	0.055	0.134	0.109	0.090	0.076	0.044	0.347	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.063	0.056	0.134	0.111	0.092	0.078	0.045	0.359	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.064	0.057	0.134	0.113	0.093	0.079	0.047	0.369	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.065	0.057	0.134	0.114	0.095	0.081	0.048	0.369	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.065	0.058	0.134	0.116	0.097	0.082	0.049	0.369	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.066	0.059	0.134	0.117	0.098	0.084	0.049	0.369	0.008	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.066	0.059	0.134	0.118	0.099	0.085	0.050	0.369	0.010	0.003	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.067	0.060	0.134	0.120	0.100	0.086	0.051	0.369	0.012	0.004	0.005	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.067	0.060	0.134	0.121	0.101	0.087	0.051	0.369	0.014	0.005	0.006	0.005	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
29	0.068	0.060	0.134	0.122	0.102	0.088	0.052	0.369	0.015	0.006	0.007	0.006	0.004	0.003	0.001	0.000	0.000
30	0.068	0.061	0.134	0.122	0.103	0.088	0.053	0.369	0.016	0.006	0.008	0.007	0.005	0.004	0.003	0.001	0.000
...
52	0.071	0.063	0.134	0.129	0.109	0.094	0.057	0.369	0.027	0.011	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.007

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *																	Untuk perhitungan PHD		
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.	
1	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	
2	0.014	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	
3	0.020	0.033	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	
4	0.025	0.043	0.076	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	
5	0.030	0.053	0.098	0.124	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	
6	0.034	0.061	0.118	0.155	0.177	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	
7	0.038	0.068	0.136	0.182	0.213	0.232	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	0.239	
8	0.041	0.075	0.151	0.206	0.245	0.272	0.284	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	max
9	0.044	0.081	0.166	0.228	0.274	0.308	0.324	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	
10	0.047	0.086	0.179	0.248	0.300	0.340	0.361	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	0.492	
11	0.049	0.091	0.190	0.265	0.324	0.369	0.393	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	0.558	
12	0.051	0.095	0.201	0.281	0.345	0.395	0.422	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	0.617	
13	0.053	0.099	0.210	0.295	0.363	0.418	0.449	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	
14	0.055	0.103	0.218	0.308	0.380	0.439	0.472	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	0.718	
15	0.057	0.106	0.226	0.320	0.396	0.458	0.494	0.761	0.761	0.761	0.761	0.761	0.761	0.761	0.761	0.761	0.761	0.761	0.761	
16	0.058	0.109	0.233	0.330	0.409	0.475	0.513	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	
17	0.059	0.111	0.239	0.340	0.422	0.491	0.530	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	0.835	
18	0.060	0.114	0.244	0.348	0.433	0.504	0.546	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	0.866	
19	0.061	0.116	0.249	0.356	0.443	0.517	0.560	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	
20	0.062	0.118	0.251	0.360	0.450	0.525	0.570	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	0.917	
21	0.063	0.119	0.253	0.364	0.455	0.533	0.579	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	
22	0.064	0.121	0.255	0.367	0.461	0.540	0.587	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	0.956	
23	0.065	0.122	0.256	0.370	0.465	0.546	0.594	0.963	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	
24	0.065	0.123	0.257	0.373	0.470	0.552	0.600	0.970	0.975	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	0.977	
25	0.066	0.125	0.258	0.375	0.473	0.557	0.606	0.976	0.984	0.986	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	0.988	
26	0.066	0.126	0.259	0.378	0.477	0.562	0.612	0.981	0.991	0.994	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
27	0.067	0.126	0.260	0.380	0.480	0.566	0.617	0.986	0.998	1.002	1.007	1.010	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	1.012	
28	0.067	0.127	0.261	0.382	0.483	0.569	0.621	0.990	1.004	1.009	1.015	1.019	1.022	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024	1.024	
29	0.068	0.128	0.262	0.383	0.485	0.573	0.625	0.994	1.009	1.015	1.022	1.028	1.032	1.035	1.036	1.036	1.036	1.036	1.036	
30	0.068	0.129	0.262	0.385	0.487	0.576	0.628	0.997	1.014	1.020	1.028	1.035	1.041	1.045	1.047	1.049	1.049	1.049	1.049	
...
52	0.071	0.134	0.268	0.397	0.506	0.601	0.657	1.026	1.054	1.065	1.081	1.096	1.111	1.124	1.136	1.148	1.155	1.155	1.155	

- **Jarak antarPVD 1,1 m**

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	45%	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	50%	45%	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	54%	50%	45%	41%	35%	30%	24%	17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	58%	54%	50%	45%	41%	35%	30%	24%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	61%	58%	54%	50%	45%	41%	35%	30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	64%	61%	58%	54%	50%	45%	41%	35%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	67%	64%	61%	58%	54%	50%	45%	41%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	70%	67%	64%	61%	58%	54%	50%	45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	72%	70%	67%	64%	61%	58%	54%	50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	74%	72%	70%	67%	64%	61%	58%	54%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	76%	74%	72%	70%	67%	64%	61%	58%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	78%	76%	74%	72%	70%	67%	64%	61%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	80%	78%	76%	74%	72%	70%	67%	64%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	81%	80%	76%	76%	74%	72%	70%	67%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	83%	81%	76%	78%	76%	74%	72%	70%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	84%	83%	76%	80%	78%	76%	74%	72%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	85%	84%	76%	81%	80%	78%	76%	74%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	87%	85%	76%	83%	81%	80%	78%	76%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	88%	87%	76%	84%	83%	81%	80%	78%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	89%	88%	76%	85%	84%	83%	81%	80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	90%	89%	76%	87%	85%	84%	83%	81%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	90%	90%	76%	88%	87%	85%	84%	81%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0
29	91%	90%	76%	89%	88%	87%	85%	81%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0
30	92%	91%	76%	90%	89%	88%	87%	81%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0
...
52	99%	99%	76%	98%	98%	98%	98%	81%	88%	87%	85%	84%	83%	81%	80%	78%	76%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	Scm_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.017	0.011	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.021	0.015	0.027	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.025	0.019	0.038	0.022	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.029	0.023	0.048	0.031	0.018	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.032	0.026	0.057	0.039	0.026	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.035	0.029	0.065	0.046	0.033	0.022	0.010	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.038	0.032	0.073	0.053	0.039	0.028	0.013	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.041	0.034	0.080	0.059	0.045	0.034	0.017	0.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.043	0.037	0.086	0.065	0.050	0.039	0.020	0.138	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.045	0.039	0.092	0.070	0.055	0.043	0.023	0.164	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.047	0.041	0.098	0.075	0.059	0.047	0.026	0.189	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.049	0.043	0.103	0.079	0.063	0.051	0.028	0.211	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.051	0.044	0.107	0.083	0.067	0.055	0.031	0.231	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.053	0.046	0.111	0.087	0.070	0.058	0.033	0.249	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.054	0.047	0.115	0.090	0.073	0.061	0.035	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.055	0.049	0.119	0.094	0.076	0.064	0.037	0.282	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.057	0.050	0.122	0.096	0.079	0.066	0.038	0.297	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.058	0.051	0.122	0.099	0.081	0.068	0.040	0.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.059	0.052	0.122	0.102	0.084	0.071	0.041	0.322	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.060	0.053	0.122	0.104	0.086	0.073	0.042	0.333	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.061	0.054	0.122	0.106	0.088	0.074	0.043	0.344	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.062	0.054	0.122	0.108	0.089	0.076	0.045	0.353	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.062	0.055	0.122	0.110	0.091	0.078	0.046	0.362	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.063	0.056	0.122	0.111	0.093	0.079	0.046	0.370	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.064	0.056	0.122	0.113	0.094	0.080	0.047	0.377	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.064	0.057	0.122	0.114	0.095	0.081	0.048	0.377	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.065	0.058	0.122	0.115	0.096	0.082	0.049	0.377	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.065	0.058	0.122	0.116	0.097	0.083	0.049	0.377	0.008	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
...
52	0.070	0.063	0.122	0.128	0.108	0.093	0.056	0.377	0.030	0.013	0.018	0.017	0.015	0.014	0.013	0.012	0.007

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *																	Untuk perhitungan PHD			
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.		
1	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007		
2	0.012	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018		
3	0.017	0.027	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042		
4	0.021	0.036	0.063	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075		
5	0.025	0.044	0.082	0.104	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114		
6	0.029	0.051	0.099	0.130	0.148	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157		
7	0.032	0.058	0.115	0.154	0.180	0.196	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201		
8	0.035	0.064	0.130	0.176	0.208	0.231	0.240	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	0.283	max	
9	0.038	0.070	0.143	0.196	0.235	0.263	0.276	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354		
10	0.041	0.075	0.155	0.214	0.259	0.292	0.309	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419	0.419		
11	0.043	0.080	0.166	0.231	0.281	0.320	0.340	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478	0.478		
12	0.045	0.084	0.176	0.246	0.301	0.344	0.368	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532	0.532		
13	0.047	0.088	0.186	0.261	0.320	0.367	0.393	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582	0.582		
14	0.049	0.092	0.195	0.274	0.337	0.388	0.417	0.627	0.627	0.627	0.627	0.627	0.627	0.627	0.627	0.627	0.627	0.627	0.627		
15	0.051	0.095	0.203	0.286	0.353	0.407	0.438	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669	0.669		
16	0.053	0.098	0.210	0.297	0.367	0.425	0.458	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707		
17	0.054	0.101	0.217	0.307	0.380	0.441	0.476	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743	0.743		
18	0.055	0.104	0.223	0.316	0.393	0.456	0.493	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775	0.775		
19	0.057	0.106	0.229	0.325	0.404	0.470	0.508	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805	0.805		
20	0.058	0.109	0.231	0.330	0.411	0.480	0.519	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829		
21	0.059	0.111	0.233	0.334	0.418	0.489	0.530	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852	0.852		
22	0.060	0.113	0.235	0.338	0.424	0.497	0.539	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872		
23	0.061	0.114	0.236	0.342	0.430	0.504	0.548	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892		
24	0.062	0.116	0.238	0.346	0.435	0.511	0.556	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909	0.909		
25	0.062	0.117	0.240	0.349	0.440	0.518	0.563	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925	0.925		
26	0.063	0.119	0.241	0.352	0.445	0.523	0.570	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940	0.940		
27	0.064	0.120	0.242	0.355	0.449	0.529	0.576	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954	0.954		
28	0.064	0.121	0.243	0.357	0.452	0.534	0.582	0.959	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962		
29	0.065	0.122	0.244	0.360	0.456	0.538	0.587	0.965	0.970	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972	0.972		
30	0.065	0.123	0.245	0.362	0.459	0.543	0.592	0.969	0.978	0.980	0.982	0.982	0.982	0.982	0.982	0.982	0.982	0.982	0.982		
...	
52	0.070	0.133	0.255	0.383	0.490	0.584	0.639	1.017	1.047	1.060	1.078	1.094	1.110	1.124	1.137	1.149	1.156	0.003			

LAMPIRAN 6
PERHITUNGAN TIMBUNAN DENGAN KEMIRINGAN
LERENG 1:1

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 7 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.6	0.2	2.34	3.1	77.0	3.1	3.95	12.57	12.9	0.173	0.173
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	85.9	0.5	2.34	4.1	73.0	4.0	3.93	12.54	13.5	0.143	0.316
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	83.2	0.8	2.34	5.1	69.2	4.8	3.91	12.49	14.1	0.125	0.441
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	80.5	1.0	2.34	6.1	65.6	5.5	3.87	12.42	14.7	0.112	0.553
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	77.8	1.3	2.33	7.1	62.2	6.1	3.83	12.33	15.3	0.102	0.655
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	75.2	1.6	2.33	8.1	58.9	6.6	3.78	12.21	15.8	0.081	0.736
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	72.7	1.8	2.32	9.1	55.9	7.1	3.72	12.08	16.3	0.075	0.811
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	70.2	2.0	2.31	10.1	53.1	7.4	3.66	11.93	16.8	0.069	0.881
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	67.8	2.3	2.29	11.1	50.5	7.7	3.59	11.76	17.3	0.064	0.945
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	65.5	2.4	2.28	12.1	48.0	7.8	3.51	11.58	17.7	0.060	1.005

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 7 + \frac{1,005 \cdot 1}{1,80} = 7,558 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	$\gamma_{\text{sat}1}$ (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.438	1.090	0.827	1.999	0.999	0.50	2.50	7.5	57.7	3.1	1.34	1.84	0.022	0.022
2	0.361	1.167	0.857	1.927	0.927	1.46	3.46	8.5	54.4	3.3	1.32	2.78	0.011	0.032
3	0.316	1.213	0.875	1.888	0.888	2.37	4.37	9.5	51.4	3.4	1.29	3.66	0.007	0.039
4	0.283	1.246	0.888	1.860	0.860	3.24	5.24	10.5	48.5	3.5	1.25	4.50	0.005	0.045
5	0.257	1.272	0.898	1.839	0.839	4.09	6.09	11.5	45.9	3.5	1.22	5.31	0.004	0.049
6	0.213	1.405	0.919	1.792	0.792	4.91	6.91	12.5	43.6	3.5	1.18	6.09	0.003	0.052
7	0.196	1.421	0.925	1.779	0.779	5.69	7.69	13.5	41.4	3.5	1.15	6.84	0.003	0.055
8	0.182	1.436	0.931	1.768	0.768	6.47	8.47	14.5	39.3	3.5	1.11	7.58	0.002	0.057
9	0.169	1.449	0.936	1.759	0.759	7.23	9.23	15.5	37.5	3.5	1.08	8.31	0.002	0.059
10	0.157	1.461	0.940	1.751	0.751	7.99	9.99	16.5	35.8	3.4	1.04	9.03	0.002	0.061

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,005 + 0,061 = 1,066 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 7,558 - 1,066 = 6,493 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 9 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.6	0.2	4.14	5.1	69.2	4.8	3.91	16.09	16.4	0.193	0.193
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	85.9	0.7	4.14	6.1	65.6	5.5	3.87	16.03	17.0	0.162	0.355
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	83.2	1.2	4.14	7.1	62.2	6.1	3.83	15.94	17.6	0.143	0.498
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	80.5	1.7	4.13	8.1	58.9	6.6	3.78	15.83	18.1	0.129	0.627
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	77.8	2.2	4.13	9.1	55.9	7.1	3.72	15.70	18.6	0.118	0.745
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	75.2	2.6	4.12	10.1	53.1	7.4	3.66	15.55	19.1	0.095	0.840
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	72.7	3.0	4.10	11.1	50.5	7.7	3.59	15.38	19.6	0.088	0.929
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	70.2	3.4	4.09	12.1	48.0	7.8	3.51	15.20	20.1	0.082	1.011
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	67.8	3.7	4.06	13.1	45.8	8.0	3.44	15.00	20.5	0.077	1.088
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	65.5	4.0	4.04	14.1	43.6	8.0	3.36	14.79	21.0	0.072	1.160

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 9 + \frac{1,160 \cdot 1}{1,80} = 9,644 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.489	1.040	0.807	2.048	1.048	0.52	2.52	9.5	51.4	3.4	1.10	1.62	0.019	0.019
2	0.409	1.120	0.838	1.971	0.971	1.53	3.53	10.5	48.5	3.5	1.06	2.60	0.009	0.027
3	0.362	1.167	0.857	1.928	0.928	2.48	4.48	11.5	45.9	3.5	1.03	3.51	0.006	0.033
4	0.326	1.202	0.871	1.897	0.897	3.39	5.39	12.5	43.6	3.5	0.99	4.38	0.004	0.037
5	0.298	1.231	0.882	1.873	0.873	4.28	6.28	13.5	41.4	3.5	0.95	5.23	0.003	0.041
6	0.249	1.368	0.905	1.819	0.819	5.13	7.13	14.5	39.3	3.5	0.92	6.05	0.002	0.043
7	0.231	1.386	0.912	1.805	0.805	5.94	7.94	15.5	37.5	3.5	0.89	6.83	0.002	0.045
8	0.215	1.402	0.918	1.793	0.793	6.74	8.74	16.5	35.8	3.4	0.86	7.59	0.002	0.047
9	0.201	1.416	0.923	1.783	0.783	7.52	9.52	17.5	34.2	3.4	0.83	8.35	0.002	0.048
10	0.189	1.429	0.928	1.773	0.773	8.30	10.30	18.5	32.7	3.3	0.80	9.10	0.001	0.049

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,169 + 0,049 = 1,209 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 9,644 - 1,209 = 8,435 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 11 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.6	0.3	5.94	7.1	62.2	6.1	3.83	19.54	19.9	0.209	0.209
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	85.9	1.0	5.94	8.1	58.9	6.6	3.78	19.44	20.4	0.177	0.386
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	83.2	1.6	5.94	9.1	55.9	7.1	3.72	19.32	20.9	0.157	0.543
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	80.5	2.3	5.93	10.1	53.1	7.4	3.66	19.18	21.5	0.143	0.686
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	77.8	2.9	5.92	11.1	50.5	7.7	3.59	19.02	22.0	0.131	0.818
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	75.2	3.4	5.91	12.1	48.0	7.8	3.51	18.85	22.4	0.107	0.925
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	72.7	4.0	5.89	13.1	45.8	8.0	3.44	18.66	22.9	0.099	1.024
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	70.2	4.5	5.87	14.1	43.6	8.0	3.36	18.45	23.3	0.093	1.117
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	67.8	5.0	5.84	15.1	41.7	8.1	3.28	18.24	23.8	0.087	1.205
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	65.5	5.4	5.81	16.1	39.9	8.1	3.20	18.01	24.2	0.082	1.287

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 11 + \frac{1,287 \cdot 1}{1,80} = 11,715 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.528	1.000	0.791	2.088	1.088	0.54	2.54	11.5	45.9	3.5	0.95	1.49	0.017	0.017
2	0.447	1.082	0.823	2.007	1.007	1.59	3.59	12.5	43.6	3.5	0.91	2.51	0.007	0.024
3	0.398	1.131	0.843	1.961	0.961	2.58	4.58	13.5	41.4	3.5	0.88	3.45	0.005	0.029
4	0.362	1.167	0.857	1.928	0.928	3.52	5.52	14.5	39.3	3.5	0.85	4.37	0.004	0.032
5	0.332	1.196	0.869	1.902	0.902	4.43	6.43	15.5	37.5	3.5	0.81	5.25	0.003	0.035
6	0.279	1.338	0.893	1.842	0.842	5.31	7.31	16.5	35.8	3.4	0.78	6.09	0.002	0.037
7	0.260	1.357	0.901	1.827	0.827	6.14	8.14	17.5	34.2	3.4	0.75	6.90	0.002	0.039
8	0.244	1.374	0.907	1.815	0.815	6.96	8.96	18.5	32.7	3.3	0.73	7.69	0.001	0.040
9	0.229	1.389	0.913	1.803	0.803	7.77	9.77	19.5	31.4	3.2	0.70	8.47	0.001	0.042
10	0.216	1.402	0.918	1.793	0.793	8.57	10.57	20.5	30.1	3.2	0.68	9.25	0.001	0.043

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,287 + 0,043 = 1,330 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 11,715 - 1,330 = 10,385 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 13 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	88.6	0.4	7.74	9.1	55.9	7.1	3.72	22.92	23.3	0.222	0.222
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	85.9	1.2	7.74	10.1	53.1	7.4	3.66	22.79	23.8	0.189	0.411
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	83.2	2.0	7.74	11.1	50.5	7.7	3.59	22.65	24.3	0.170	0.581
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	80.5	2.8	7.73	12.1	48.0	7.8	3.51	22.49	24.8	0.155	0.736
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	77.8	3.5	7.72	13.1	45.8	8.0	3.44	22.31	25.2	0.143	0.879
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	75.2	4.2	7.71	14.1	43.6	8.0	3.36	22.12	25.7	0.117	0.995
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	72.7	4.9	7.68	15.1	41.7	8.1	3.28	21.92	26.2	0.109	1.104
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	70.2	5.5	7.66	16.1	39.9	8.1	3.20	21.71	26.6	0.103	1.207
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	67.8	6.1	7.62	17.1	38.2	8.0	3.12	21.48	27.0	0.097	1.304
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	65.5	6.6	7.58	18.1	36.6	8.0	3.04	21.24	27.4	0.091	1.395

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 13 + \frac{1,395 \cdot 1}{1,80} = 13,775 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	$\gamma_{\text{sat}1}$ (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.561	0.968	0.778	2.123	1.123	0.56	2.56	13.5	41.4	3.5	0.84	1.40	0.015	0.015
2	0.479	1.050	0.811	2.038	1.038	1.64	3.64	14.5	39.3	3.5	0.80	2.45	0.007	0.022
3	0.429	1.100	0.830	1.989	0.989	2.66	4.66	15.5	37.5	3.5	0.77	3.43	0.004	0.026
4	0.392	1.137	0.845	1.955	0.955	3.63	5.63	16.5	35.8	3.4	0.74	4.37	0.003	0.029
5	0.362	1.167	0.857	1.928	0.928	4.57	6.57	17.5	34.2	3.4	0.72	5.29	0.002	0.031
6	0.305	1.313	0.883	1.863	0.863	5.46	7.46	18.5	32.7	3.3	0.69	6.15	0.002	0.033
7	0.286	1.332	0.891	1.847	0.847	6.32	8.32	19.5	31.4	3.2	0.66	6.98	0.001	0.034
8	0.268	1.349	0.897	1.834	0.834	7.16	9.16	20.5	30.1	3.2	0.64	7.80	0.001	0.036
9	0.253	1.365	0.903	1.822	0.822	7.99	9.99	21.5	28.9	3.1	0.62	8.61	0.001	0.037
10	0.239	1.378	0.909	1.811	0.811	8.80	10.80	22.5	27.8	3.0	0.60	9.40	0.001	0.038

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,395 + 0,038 = 1,433 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 13,775 - 1,433 = 12,342 \text{ m}$$

Perhitungan Penimbunan Bertahap Metode Soil Pre-Loading Jarak antarPVD 1,0 m

Tambahan tegangan tiap tahap ke-i, ΔP_i

No	ΔP_i (ton/m ²)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.03	1.02	0.33
2	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.00	0.33
3	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.00	0.98	0.32
4	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.05	1.04	1.03	1.02	1.00	0.98	0.96	0.31
5	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.04	1.03	1.02	1.00	0.98	0.96	0.94	0.30
6	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.03	1.02	1.00	0.98	0.96	0.94	0.91	0.30
7	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.01	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89	0.29
8	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.03	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89	0.87	0.28
9	1.06	1.06	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	0.98	0.97	0.94	0.92	0.90	0.87	0.84	0.27
10	1.06	1.05	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	0.97	0.95	0.93	0.90	0.88	0.85	0.82	0.26

Tambahan tegangan kumulatif tiap tahap ke-i, ΔP kum_i

No	ΔP kum _i (ton/m ²)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.48	7.55	8.63	9.70	10.76	11.81	12.86	13.89	14.91	15.25
2	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.47	7.55	8.61	9.68	10.73	11.77	12.81	13.83	14.83	15.15
3	1.08	2.16	3.24	4.31	5.39	6.46	7.53	8.59	9.65	10.69	11.72	12.74	13.74	14.72	15.04
4	1.08	2.16	3.23	4.31	5.38	6.45	7.52	8.57	9.61	10.64	11.66	12.66	13.64	14.60	14.91
5	1.08	2.15	3.23	4.30	5.37	6.43	7.49	8.53	9.56	10.58	11.58	12.56	13.52	14.46	14.76
6	1.08	2.15	3.22	4.29	5.35	6.41	7.46	8.49	9.51	10.51	11.49	12.45	13.39	14.30	14.60
7	1.07	2.14	3.21	4.27	5.33	6.38	7.42	8.44	9.44	10.42	11.38	12.33	13.24	14.13	14.42
8	1.07	2.14	3.20	4.25	5.30	6.35	7.38	8.38	9.36	10.33	11.27	12.19	13.08	13.95	14.23
9	1.06	2.13	3.18	4.23	5.27	6.30	7.33	8.31	9.28	10.22	11.14	12.04	12.91	13.75	14.03
10	1.06	2.11	3.16	4.20	5.23	6.26	7.27	8.23	9.18	10.11	11.01	11.88	12.73	13.55	13.82

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	$P_i = P_0 + \Delta P \text{ kum}_i \text{ (ton/m}^2\text{)}$															
	P_0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.33	1.41	2.49	3.57	4.65	5.72	6.80	7.88	8.95	10.02	11.08	12.14	13.19	14.22	15.24	15.57
2	0.98	2.06	3.14	4.22	5.30	6.37	7.45	8.52	9.59	10.65	11.71	12.75	13.79	14.80	15.81	16.13
3	1.63	2.71	3.79	4.87	5.94	7.02	8.09	9.16	10.22	11.28	12.32	13.35	14.37	15.37	16.35	16.67
4	2.28	3.36	4.44	5.52	6.59	7.66	8.73	9.80	10.85	11.89	12.92	13.94	14.94	15.92	16.88	17.19
5	2.93	4.01	5.09	6.16	7.23	8.30	9.37	10.43	11.47	12.50	13.51	14.51	15.49	16.46	17.39	17.70
6	3.58	4.66	5.73	6.80	7.87	8.93	9.99	11.05	12.07	13.09	14.09	15.07	16.03	16.97	17.88	18.18
7	4.23	5.30	6.37	7.44	8.50	9.56	10.61	11.65	12.67	13.67	14.65	15.61	16.55	17.47	18.36	18.65
8	4.87	5.94	7.01	8.07	9.13	10.18	11.22	12.25	13.25	14.24	15.20	16.14	17.06	17.96	18.82	19.10
9	5.52	6.58	7.65	8.70	9.75	10.79	11.82	12.85	13.83	14.79	15.74	16.66	17.56	18.43	19.27	19.55
10	6.17	7.22	8.28	9.33	10.37	11.40	12.42	13.43	14.40	15.35	16.27	17.17	18.05	18.90	19.72	19.98

Pemampatan tiap tahap ke-i, S_c

No	$S_c \text{ (m)}$															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total tiap lapisan
1	0.024	0.014	0.030	0.022	0.017	0.014	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.002	0.189
2	0.012	0.010	0.024	0.019	0.015	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.002	0.157
3	0.008	0.008	0.021	0.016	0.014	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.002	0.139
4	0.006	0.007	0.018	0.015	0.012	0.011	0.009	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.002	0.125
5	0.005	0.006	0.016	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.001	0.114
6	0.004	0.005	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.092
7	0.003	0.004	0.011	0.010	0.008	0.008	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.085
8	0.003	0.004	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	0.079
9	0.003	0.003	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.001	0.073
10	0.002	0.003	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.001	0.069
Total tiap tahapan	0.071	0.063	0.160	0.130	0.110	0.095	0.084	0.074	0.067	0.060	0.055	0.050	0.046	0.043	0.013	1.121

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0
8	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0
9	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0
10	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0
11	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0
12	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0
13	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0
14	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0
15	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%
16	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%
17	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%
18	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%
19	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%
20	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%
21	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%
22	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%
23	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%
24	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%
25	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%
26	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%
27	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%
28	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%
29	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%
30	96%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%
...
52	100%	100%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	98%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	Scm_i (m) *														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.020	0.013	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.025	0.018	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.030	0.022	0.045	0.026	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.034	0.027	0.057	0.037	0.022	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.038	0.030	0.067	0.046	0.031	0.019	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.041	0.034	0.077	0.055	0.039	0.027	0.017	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.044	0.037	0.085	0.062	0.046	0.034	0.024	0.015	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.047	0.039	0.092	0.069	0.052	0.040	0.030	0.021	0.013	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.049	0.042	0.099	0.075	0.058	0.045	0.035	0.026	0.019	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.051	0.044	0.105	0.080	0.063	0.050	0.040	0.031	0.024	0.017	0.011	0.006	0.000	0.000	0.000
13	0.053	0.046	0.111	0.085	0.068	0.055	0.044	0.035	0.028	0.021	0.016	0.010	0.005	0.000	0.000
14	0.055	0.047	0.115	0.090	0.072	0.059	0.048	0.039	0.032	0.025	0.020	0.014	0.009	0.005	0.000
15	0.057	0.049	0.120	0.094	0.076	0.062	0.052	0.043	0.035	0.029	0.023	0.018	0.013	0.009	0.001
16	0.058	0.050	0.124	0.097	0.079	0.066	0.055	0.046	0.038	0.032	0.026	0.021	0.016	0.012	0.003
17	0.059	0.052	0.127	0.100	0.082	0.069	0.058	0.049	0.041	0.035	0.029	0.024	0.019	0.015	0.004
18	0.060	0.053	0.131	0.103	0.085	0.071	0.060	0.051	0.044	0.037	0.032	0.027	0.022	0.018	0.005
19	0.061	0.054	0.134	0.106	0.087	0.073	0.063	0.053	0.046	0.040	0.034	0.029	0.025	0.020	0.006
20	0.062	0.055	0.136	0.108	0.089	0.076	0.065	0.055	0.048	0.042	0.036	0.031	0.027	0.023	0.006
21	0.063	0.056	0.139	0.110	0.091	0.078	0.067	0.057	0.050	0.044	0.038	0.033	0.029	0.025	0.007
22	0.064	0.056	0.141	0.112	0.093	0.079	0.068	0.059	0.052	0.045	0.040	0.035	0.030	0.026	0.008
23	0.065	0.057	0.143	0.114	0.095	0.081	0.070	0.060	0.053	0.047	0.041	0.036	0.032	0.028	0.008
24	0.065	0.058	0.144	0.116	0.096	0.082	0.071	0.062	0.054	0.048	0.043	0.038	0.033	0.029	0.009
25	0.066	0.058	0.146	0.117	0.098	0.083	0.072	0.063	0.056	0.049	0.044	0.039	0.035	0.031	0.009
26	0.066	0.059	0.147	0.118	0.099	0.085	0.074	0.064	0.057	0.050	0.045	0.040	0.036	0.032	0.010
27	0.067	0.059	0.148	0.119	0.100	0.086	0.075	0.065	0.058	0.051	0.046	0.041	0.037	0.033	0.010
28	0.067	0.060	0.150	0.120	0.101	0.087	0.075	0.066	0.059	0.052	0.047	0.042	0.038	0.034	0.010
29	0.068	0.060	0.151	0.121	0.102	0.087	0.076	0.067	0.059	0.053	0.048	0.043	0.039	0.035	0.011
30	0.068	0.060	0.152	0.122	0.102	0.088	0.077	0.067	0.060	0.054	0.048	0.044	0.039	0.036	0.011
...
52	0.071	0.063	0.159	0.129	0.109	0.094	0.083	0.073	0.066	0.060	0.054	0.050	0.046	0.042	0.013

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *															Untuk perhitungan PHD	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.
1	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	
2	0.014	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	
3	0.020	0.033	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	
4	0.025	0.043	0.076	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	
5	0.030	0.052	0.098	0.124	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	
6	0.034	0.061	0.117	0.154	0.176	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	
7	0.038	0.068	0.135	0.181	0.212	0.232	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	0.241	
8	0.041	0.075	0.151	0.206	0.245	0.272	0.288	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	0.297	
9	0.044	0.080	0.165	0.227	0.274	0.307	0.331	0.346	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	0.353	
10	0.047	0.086	0.178	0.247	0.299	0.339	0.369	0.390	0.404	0.410	0.410	0.410	0.410	0.410	0.410	0.410	max
11	0.049	0.091	0.190	0.265	0.323	0.368	0.403	0.430	0.449	0.461	0.467	0.467	0.467	0.467	0.467	0.467	
12	0.051	0.095	0.200	0.280	0.344	0.394	0.434	0.465	0.489	0.506	0.517	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	
13	0.053	0.099	0.209	0.295	0.363	0.417	0.462	0.497	0.525	0.547	0.562	0.572	0.578	0.578	0.578	0.578	
14	0.055	0.102	0.218	0.308	0.380	0.438	0.487	0.526	0.558	0.583	0.603	0.617	0.626	0.631	0.631	0.631	
15	0.057	0.105	0.225	0.319	0.395	0.457	0.509	0.552	0.587	0.616	0.639	0.657	0.670	0.679	0.680	0.680	
16	0.058	0.108	0.232	0.329	0.409	0.474	0.529	0.575	0.613	0.645	0.672	0.693	0.709	0.722	0.724	0.724	
17	0.059	0.111	0.238	0.339	0.421	0.489	0.547	0.596	0.637	0.672	0.701	0.725	0.745	0.760	0.764	0.764	
18	0.060	0.113	0.244	0.347	0.432	0.503	0.564	0.615	0.658	0.696	0.728	0.754	0.777	0.794	0.799	0.799	
19	0.061	0.115	0.249	0.355	0.442	0.516	0.578	0.632	0.678	0.717	0.751	0.781	0.805	0.826	0.831	0.831	
20	0.062	0.117	0.253	0.362	0.451	0.527	0.592	0.647	0.695	0.737	0.773	0.804	0.831	0.853	0.860	0.860	
21	0.063	0.119	0.257	0.368	0.459	0.537	0.603	0.661	0.711	0.754	0.792	0.825	0.854	0.879	0.886	0.886	
22	0.064	0.120	0.261	0.373	0.467	0.546	0.614	0.673	0.725	0.770	0.810	0.844	0.875	0.901	0.909	0.909	
23	0.065	0.122	0.264	0.378	0.473	0.554	0.624	0.684	0.737	0.784	0.825	0.862	0.894	0.922	0.930	0.930	
24	0.065	0.123	0.267	0.383	0.479	0.561	0.633	0.694	0.749	0.797	0.839	0.877	0.911	0.940	0.949	0.949	
25	0.066	0.124	0.270	0.387	0.484	0.568	0.640	0.703	0.759	0.808	0.852	0.891	0.926	0.957	0.966	0.966	
26	0.066	0.125	0.272	0.390	0.489	0.574	0.647	0.711	0.768	0.818	0.863	0.904	0.939	0.971	0.981	0.981	
27	0.067	0.126	0.274	0.394	0.494	0.579	0.654	0.719	0.776	0.828	0.874	0.915	0.952	0.985	0.995	0.995	
28	0.067	0.127	0.276	0.397	0.498	0.584	0.660	0.725	0.784	0.836	0.883	0.925	0.963	0.997	1.007	1.007	
29	0.068	0.127	0.278	0.399	0.501	0.588	0.665	0.731	0.791	0.844	0.891	0.934	0.973	1.008	1.018	1.018	
30	0.068	0.128	0.280	0.402	0.504	0.592	0.669	0.737	0.797	0.851	0.899	0.943	0.982	1.018	1.029	1.029	
...	
52	0.071	0.134	0.293	0.422	0.530	0.625	0.708	0.781	0.847	0.906	0.961	1.011	1.056	1.098	1.111	1.111	

Perhitungan Penimbunan Bertahap Metode Vacuum Pre-loadingTambahan tegangan tiap tahap ke-i, ΔP_i

No	ΔP_i (ton/m ²)																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.72	8.244	0.36	0.72	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.02	0.67
2	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	0.72	8.244	0.36	0.71	1.06	1.06	1.05	1.04	1.02	1.01	0.66
3	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	0.71	8.244	0.36	0.71	1.06	1.05	1.04	1.02	1.01	0.99	0.64
4	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	0.71	8.244	0.35	0.70	1.05	1.03	1.02	1.01	0.99	0.97	0.63
5	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	0.71	8.244	0.35	0.69	1.03	1.02	1.01	0.99	0.97	0.94	0.61
6	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	0.70	8.244	0.35	0.69	1.02	1.01	0.99	0.97	0.95	0.92	0.60
7	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	0.70	8.244	0.35	0.68	1.00	0.99	0.97	0.95	0.92	0.90	0.58
8	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	0.69	8.244	0.34	0.67	0.99	0.97	0.95	0.93	0.90	0.88	0.57
9	1.06	1.06	1.06	1.05	1.04	1.03	0.68	8.244	0.34	0.66	0.97	0.95	0.93	0.91	0.88	0.85	0.55
10	1.06	1.05	1.05	1.04	1.03	1.02	0.67	8.244	0.33	0.64	0.95	0.93	0.91	0.88	0.86	0.83	0.53

Tambahan tegangan kumulatif tiap tahap ke-i, ΔP kum_i

No	ΔP kum _i (ton/m ²)																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.48	7.19	15.44	15.80	16.51	17.58	18.65	19.71	20.76	21.79	22.82	23.49
2	1.08	2.16	3.24	4.32	5.40	6.47	7.19	15.43	15.79	16.50	17.57	18.62	19.67	20.71	21.73	22.74	23.40
3	1.08	2.16	3.24	4.31	5.39	6.46	7.18	15.42	15.78	16.48	17.54	18.59	19.62	20.65	21.65	22.64	23.28
4	1.08	2.16	3.23	4.31	5.38	6.45	7.16	15.41	15.76	16.46	17.51	18.54	19.56	20.57	21.56	22.52	23.15
5	1.08	2.15	3.23	4.30	5.37	6.43	7.14	15.38	15.74	16.43	17.46	18.48	19.49	20.48	21.45	22.39	23.00
6	1.08	2.15	3.22	4.29	5.35	6.41	7.11	15.36	15.71	16.39	17.41	18.42	19.40	20.37	21.32	22.24	22.84
7	1.07	2.14	3.21	4.27	5.33	6.38	7.08	15.32	15.67	16.34	17.35	18.34	19.31	20.26	21.18	22.08	22.66
8	1.07	2.14	3.20	4.25	5.30	6.35	7.04	15.28	15.62	16.29	17.28	18.25	19.20	20.13	21.03	21.90	22.47
9	1.06	2.13	3.18	4.23	5.27	6.30	6.99	15.23	15.57	16.23	17.20	18.15	19.08	19.99	20.87	21.72	22.27
10	1.06	2.11	3.16	4.20	5.23	6.26	6.93	15.17	15.51	16.15	17.11	18.04	18.95	19.83	20.69	21.52	22.06

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	γ sat (ton/m ³)	γ' (ton/m ³)	e0	Cc	Cs	P0' (ton/m ²)	Pc' (ton/m ²)	$P_i = P_0 + \Delta P$ kum; (ton/m ²)							
								1	2	3	4	5	6	7	pompa
1	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	0.33	2.33	1.41	2.49	3.57	4.65	5.72	6.80	7.52	15.76
2	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	0.98	2.98	2.06	3.14	4.22	5.30	6.37	7.45	8.17	16.41
3	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	1.63	3.63	2.71	3.79	4.87	5.94	7.02	8.09	8.81	17.05
4	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	2.28	4.28	3.36	4.44	5.52	6.59	7.66	8.73	9.44	17.69
5	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	2.93	4.93	4.01	5.09	6.16	7.23	8.30	9.37	10.07	18.32
6	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	3.58	5.58	4.66	5.73	6.80	7.87	8.93	9.99	10.69	18.94
7	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	4.23	6.23	5.30	6.37	7.44	8.50	9.56	10.61	11.31	19.55
8	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	4.87	6.87	5.94	7.01	8.07	9.13	10.18	11.22	11.91	20.15
9	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	5.52	7.52	6.58	7.65	8.70	9.75	10.79	11.82	12.51	20.75
10	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	6.17	8.17	7.22	8.28	9.33	10.37	11.40	12.42	13.10	21.34

Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i

No	Sc_i (m)								
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	Total tiap lapisan
1	0.024	0.014	0.030	0.022	0.017	0.014	0.008	0.061	0.190
2	0.012	0.010	0.024	0.019	0.015	0.013	0.008	0.057	0.159
3	0.008	0.008	0.021	0.016	0.014	0.012	0.007	0.054	0.141
4	0.006	0.007	0.018	0.015	0.012	0.011	0.006	0.052	0.127
5	0.005	0.006	0.016	0.013	0.011	0.010	0.006	0.049	0.117
6	0.004	0.005	0.012	0.011	0.009	0.008	0.005	0.041	0.095
7	0.003	0.004	0.011	0.010	0.008	0.008	0.005	0.040	0.088
8	0.003	0.004	0.010	0.009	0.008	0.007	0.004	0.038	0.083
9	0.003	0.003	0.009	0.008	0.007	0.007	0.004	0.037	0.078
10	0.002	0.003	0.009	0.008	0.007	0.006	0.004	0.035	0.073
Total tiap tahapan	0.071	0.063	0.160	0.130	0.110	0.095	0.057	0.464	1.149

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	Δe	e1	$H - \Delta H$ (m)	γ sat (ton/m ³)	γ' (ton/m ³)	P_0' (ton/m ²)	P_c' (ton/m ²)	$P_i = P_0 + \Delta P$ kum _i (ton/m ²)								
								8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.480	1.049	0.810	2.039	1.039	0.52	2.52	16.32	17.03	18.10	19.17	20.23	21.28	22.31	23.34	24.01
2	0.402	1.127	0.841	1.964	0.964	1.52	3.52	17.31	18.02	19.09	20.14	21.19	22.23	23.25	24.26	24.92
3	0.355	1.173	0.859	1.922	0.922	2.46	4.46	18.24	18.95	20.00	21.05	22.09	23.11	24.12	25.10	25.75
4	0.322	1.207	0.873	1.893	0.893	3.37	5.37	19.13	19.83	20.88	21.91	22.93	23.94	24.93	25.90	26.53
5	0.295	1.234	0.883	1.870	0.870	4.25	6.25	19.99	20.68	21.72	22.74	23.74	24.73	25.70	26.64	27.26
6	0.247	1.370	0.905	1.817	0.817	5.10	7.10	20.80	21.49	22.51	23.51	24.50	25.47	26.42	27.34	27.94
7	0.231	1.387	0.912	1.805	0.805	5.91	7.91	21.58	22.25	23.26	24.25	25.22	26.16	27.09	27.99	28.57
8	0.216	1.402	0.917	1.794	0.794	6.71	8.71	22.33	23.00	23.98	24.96	25.91	26.83	27.74	28.61	29.18
9	0.203	1.414	0.922	1.784	0.784	7.50	9.50	23.07	23.72	24.69	25.64	26.57	27.48	28.36	29.21	29.76
10	0.192	1.426	0.927	1.776	0.776	8.28	10.28	23.79	24.43	25.38	26.32	27.23	28.11	28.97	29.80	30.33

Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i

No	Sc_i (m)										Total tiap lapisan
	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15		
1	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.016
2	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015
3	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.015
4	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.015
5	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.015
6	0.003	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.013
7	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
8	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
9	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
10	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.011
Total tiap tahapan	0.028	0.012	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.013	0.013	0.008	0.136

- **Jarak antarPVD 1,0 m**

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	88%	87%	83%	83%	82%	80%	77%	75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	89%	88%	83%	85%	83%	82%	80%	77%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	90%	89%	83%	87%	85%	83%	82%	80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	91%	90%	83%	88%	87%	85%	83%	80%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0
24	92%	91%	83%	89%	88%	87%	85%	80%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0
25	93%	92%	83%	90%	89%	88%	87%	80%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0
26	94%	93%	83%	91%	90%	89%	88%	80%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0
27	94%	94%	83%	92%	91%	90%	89%	80%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0
28	95%	94%	83%	93%	92%	91%	90%	80%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0
29	95%	95%	83%	94%	93%	92%	91%	80%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0
30	96%	95%	83%	94%	94%	93%	92%	80%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0
...
52	100%	100%	83%	99%	99%	99%	99%	80%	96%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	Scm_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.014	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.020	0.013	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.025	0.018	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.030	0.022	0.045	0.026	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.034	0.027	0.057	0.037	0.022	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.038	0.030	0.067	0.046	0.031	0.019	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.041	0.034	0.077	0.055	0.039	0.027	0.012	0.052	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.044	0.037	0.085	0.062	0.046	0.034	0.016	0.094	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.047	0.039	0.092	0.069	0.052	0.040	0.020	0.132	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.049	0.042	0.099	0.075	0.058	0.045	0.024	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.051	0.044	0.105	0.080	0.063	0.050	0.027	0.195	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.053	0.046	0.111	0.085	0.068	0.055	0.030	0.222	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.055	0.047	0.115	0.090	0.072	0.059	0.033	0.246	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.057	0.049	0.120	0.094	0.076	0.062	0.035	0.268	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.058	0.050	0.124	0.097	0.079	0.066	0.037	0.288	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.059	0.052	0.127	0.100	0.082	0.069	0.039	0.305	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.060	0.053	0.131	0.103	0.085	0.071	0.041	0.321	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.061	0.054	0.134	0.106	0.087	0.073	0.043	0.335	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.062	0.055	0.134	0.108	0.089	0.076	0.044	0.348	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.063	0.056	0.134	0.110	0.091	0.078	0.045	0.359	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.064	0.056	0.134	0.112	0.093	0.079	0.046	0.370	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.065	0.057	0.134	0.114	0.095	0.081	0.047	0.370	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.065	0.058	0.134	0.116	0.096	0.082	0.048	0.370	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.066	0.058	0.134	0.117	0.098	0.083	0.049	0.370	0.008	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.066	0.059	0.134	0.118	0.099	0.085	0.050	0.370	0.010	0.003	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.067	0.059	0.134	0.119	0.100	0.086	0.051	0.370	0.012	0.004	0.005	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.067	0.060	0.134	0.120	0.101	0.087	0.051	0.370	0.014	0.005	0.006	0.005	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
29	0.068	0.060	0.134	0.121	0.102	0.087	0.052	0.370	0.015	0.006	0.007	0.006	0.004	0.003	0.001	0.000	0.000
30	0.068	0.060	0.134	0.122	0.102	0.088	0.052	0.370	0.016	0.006	0.008	0.007	0.005	0.004	0.003	0.001	0.000
...
52	0.071	0.063	0.134	0.129	0.109	0.094	0.056	0.370	0.027	0.011	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.007

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *																	Untuk perhitungan PHD			
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.		
1	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008		
2	0.014	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021		
3	0.020	0.033	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051		
4	0.025	0.043	0.076	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090		
5	0.030	0.052	0.098	0.124	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136		
6	0.034	0.061	0.117	0.154	0.176	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187	0.187		
7	0.038	0.068	0.135	0.181	0.212	0.232	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238	0.238		
8	0.041	0.075	0.151	0.206	0.245	0.272	0.283	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	0.335	max	
9	0.044	0.080	0.165	0.227	0.274	0.307	0.323	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417	0.417		
10	0.047	0.086	0.178	0.247	0.299	0.339	0.360	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491	0.491		
11	0.049	0.091	0.190	0.265	0.323	0.368	0.392	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557	0.557		
12	0.051	0.095	0.200	0.280	0.344	0.394	0.421	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616	0.616		
13	0.053	0.099	0.209	0.295	0.363	0.417	0.448	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670	0.670		
14	0.055	0.102	0.218	0.308	0.380	0.438	0.471	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717	0.717		
15	0.057	0.105	0.225	0.319	0.395	0.457	0.492	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760	0.760		
16	0.058	0.108	0.232	0.329	0.409	0.474	0.512	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799	0.799		
17	0.059	0.111	0.238	0.339	0.421	0.489	0.529	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834	0.834		
18	0.060	0.113	0.244	0.347	0.432	0.503	0.544	0.865	0.865	0.865	0.865	0.865	0.865	0.865	0.865	0.865	0.865	0.865	0.865		
19	0.061	0.115	0.249	0.355	0.442	0.516	0.558	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893		
20	0.062	0.117	0.251	0.359	0.448	0.524	0.568	0.916	0.916	0.916	0.916	0.916	0.916	0.916	0.916	0.916	0.916	0.916	0.916		
21	0.063	0.119	0.252	0.363	0.454	0.532	0.577	0.936	0.936	0.936	0.936	0.936	0.936	0.936	0.936	0.936	0.936	0.936	0.936		
22	0.064	0.120	0.254	0.366	0.459	0.539	0.585	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955		
23	0.065	0.122	0.255	0.369	0.464	0.545	0.592	0.962	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965	0.965		
24	0.065	0.123	0.256	0.372	0.468	0.551	0.599	0.969	0.974	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976	0.976		
25	0.066	0.124	0.258	0.375	0.472	0.556	0.605	0.975	0.983	0.985	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987	0.987		
26	0.066	0.125	0.259	0.377	0.476	0.560	0.610	0.980	0.990	0.993	0.997	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999		
27	0.067	0.126	0.259	0.379	0.479	0.564	0.615	0.985	0.997	1.001	1.006	1.009	1.011	1.011	1.011	1.011	1.011	1.011	1.011		
28	0.067	0.127	0.260	0.381	0.481	0.568	0.619	0.989	1.003	1.008	1.014	1.018	1.021	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023		
29	0.068	0.127	0.261	0.382	0.484	0.571	0.623	0.993	1.008	1.014	1.021	1.027	1.031	1.034	1.035	1.035	1.035	1.035	1.035		
30	0.068	0.128	0.262	0.384	0.486	0.574	0.627	0.996	1.013	1.019	1.027	1.034	1.039	1.043	1.046	1.047	1.047	1.047	1.047		
...	
52	0.071	0.134	0.267	0.396	0.505	0.599	0.655	1.025	1.052	1.064	1.080	1.095	1.109	1.122	1.134	1.146	1.153	1.153	1.153		

- **Jarak antarPVD 1,1 m**

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	45%	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	50%	45%	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	54%	50%	45%	41%	35%	30%	24%	17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	58%	54%	50%	45%	41%	35%	30%	24%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	61%	58%	54%	50%	45%	41%	35%	30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	64%	61%	58%	54%	50%	45%	41%	35%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	67%	64%	61%	58%	54%	50%	45%	41%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	70%	67%	64%	61%	58%	54%	50%	45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	72%	70%	67%	64%	61%	58%	54%	50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	74%	72%	70%	67%	64%	61%	58%	54%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	76%	74%	72%	70%	67%	64%	61%	58%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	78%	76%	74%	72%	70%	67%	64%	61%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	80%	78%	76%	74%	72%	70%	67%	64%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	81%	80%	76%	76%	74%	72%	70%	67%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	83%	81%	76%	78%	76%	74%	72%	70%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	84%	83%	76%	80%	78%	76%	74%	72%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	85%	84%	76%	81%	80%	78%	76%	74%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	87%	85%	76%	83%	81%	80%	78%	76%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	88%	87%	76%	84%	83%	81%	80%	78%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	89%	88%	76%	85%	84%	83%	81%	80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	90%	89%	76%	87%	85%	84%	83%	81%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	90%	90%	76%	88%	87%	85%	84%	81%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0
29	91%	90%	76%	89%	88%	87%	85%	81%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0
30	92%	91%	76%	90%	89%	88%	87%	81%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0
...
52	99%	99%	76%	98%	98%	98%	98%	81%	88%	87%	85%	84%	83%	81%	80%	78%	76%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	Scm_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.017	0.011	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.021	0.015	0.027	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.025	0.019	0.038	0.022	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.029	0.022	0.048	0.031	0.018	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.032	0.026	0.057	0.039	0.026	0.016	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.035	0.029	0.065	0.046	0.033	0.022	0.010	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.038	0.032	0.073	0.053	0.039	0.028	0.013	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.041	0.034	0.080	0.059	0.045	0.034	0.017	0.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.043	0.036	0.086	0.065	0.050	0.039	0.020	0.138	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.045	0.039	0.092	0.070	0.055	0.043	0.023	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.047	0.040	0.097	0.075	0.059	0.047	0.026	0.189	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.049	0.042	0.102	0.079	0.063	0.051	0.028	0.211	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.051	0.044	0.107	0.083	0.067	0.055	0.031	0.231	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.053	0.045	0.111	0.087	0.070	0.058	0.033	0.250	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.054	0.047	0.115	0.090	0.073	0.061	0.035	0.267	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.055	0.048	0.119	0.093	0.076	0.063	0.036	0.283	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.057	0.049	0.122	0.096	0.079	0.066	0.038	0.297	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.058	0.050	0.122	0.099	0.081	0.068	0.040	0.310	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.059	0.051	0.122	0.101	0.083	0.070	0.041	0.323	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.060	0.052	0.122	0.104	0.086	0.072	0.042	0.334	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.061	0.053	0.122	0.106	0.087	0.074	0.043	0.344	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.061	0.054	0.122	0.108	0.089	0.076	0.044	0.354	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.062	0.055	0.122	0.109	0.091	0.077	0.045	0.363	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.063	0.055	0.122	0.111	0.092	0.079	0.046	0.371	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.064	0.056	0.122	0.112	0.094	0.080	0.047	0.378	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.064	0.057	0.122	0.114	0.095	0.081	0.048	0.378	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.065	0.057	0.122	0.115	0.096	0.082	0.049	0.378	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.065	0.058	0.122	0.116	0.097	0.083	0.049	0.378	0.008	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
...
52	0.070	0.062	0.122	0.128	0.107	0.093	0.056	0.378	0.030	0.013	0.018	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.007

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *																	Untuk perhitungan PHD			
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.		
1	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007		
2	0.012	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018		
3	0.017	0.027	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042		
4	0.021	0.036	0.063	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075		
5	0.025	0.044	0.082	0.103	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114	0.114		
6	0.029	0.051	0.099	0.130	0.148	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157	0.157		
7	0.032	0.058	0.115	0.153	0.179	0.195	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200		
8	0.035	0.064	0.129	0.175	0.208	0.230	0.240	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	0.282	max	
9	0.038	0.070	0.142	0.195	0.234	0.262	0.276	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354	0.354		
10	0.041	0.075	0.155	0.214	0.258	0.292	0.309	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418	0.418		
11	0.043	0.080	0.166	0.230	0.280	0.319	0.339	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477	0.477		
12	0.045	0.084	0.176	0.246	0.300	0.344	0.367	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531	0.531		
13	0.047	0.088	0.185	0.260	0.319	0.366	0.392	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581	0.581		
14	0.049	0.092	0.194	0.273	0.336	0.387	0.415	0.626	0.626	0.626	0.626	0.626	0.626	0.626	0.626	0.626	0.626	0.626	0.626		
15	0.051	0.095	0.202	0.285	0.352	0.406	0.437	0.668	0.668	0.668	0.668	0.668	0.668	0.668	0.668	0.668	0.668	0.668	0.668		
16	0.053	0.098	0.209	0.296	0.366	0.424	0.457	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707	0.707		
17	0.054	0.101	0.216	0.306	0.380	0.440	0.475	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742	0.742		
18	0.055	0.104	0.222	0.316	0.392	0.455	0.492	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774	0.774		
19	0.057	0.106	0.228	0.324	0.403	0.469	0.507	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804		
20	0.058	0.108	0.230	0.329	0.410	0.479	0.518	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829	0.829		
21	0.059	0.110	0.232	0.334	0.417	0.487	0.528	0.851	0.851	0.851	0.851	0.851	0.851	0.851	0.851	0.851	0.851	0.851	0.851		
22	0.060	0.112	0.234	0.338	0.423	0.496	0.538	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872	0.872		
23	0.061	0.114	0.236	0.341	0.429	0.503	0.546	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891		
24	0.061	0.116	0.237	0.345	0.434	0.510	0.554	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908	0.908		
25	0.062	0.117	0.239	0.348	0.439	0.516	0.562	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924	0.924		
26	0.063	0.118	0.240	0.351	0.443	0.522	0.568	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939	0.939		
27	0.064	0.120	0.242	0.354	0.448	0.528	0.575	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953	0.953		
28	0.064	0.121	0.243	0.356	0.451	0.532	0.580	0.958	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962	0.962		
29	0.065	0.122	0.244	0.359	0.455	0.537	0.586	0.964	0.969	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971		
30	0.065	0.123	0.245	0.361	0.458	0.541	0.591	0.968	0.977	0.979	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981	0.981		
...	
52	0.070	0.132	0.254	0.382	0.489	0.582	0.638	1.016	1.046	1.059	1.077	1.093	1.108	1.122	1.135	1.147	1.155	0.003			

LAMPIRAN 7
PERHITUNGAN TIMBUNAN DENGAN KEMIRINGAN
LERENG TEGAK

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{timb} = 7 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{total}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	87.8	0.0	2.34	3.1	76.4	0.0	3.94	12.56	12.9	0.173	0.173
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	83.3	0.0	2.34	4.1	72.3	0.0	3.91	12.50	13.5	0.143	0.316
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	79.0	0.0	2.33	5.1	68.4	0.0	3.87	12.41	14.0	0.125	0.440
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	74.8	0.0	2.32	6.1	64.6	0.0	3.82	12.28	14.6	0.111	0.552
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	70.7	0.0	2.30	7.1	61.1	0.0	3.75	12.11	15.0	0.100	0.652
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	66.8	0.0	2.28	8.1	57.8	0.0	3.68	11.91	15.5	0.080	0.732
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	63.2	0.0	2.24	9.1	54.7	0.0	3.60	11.68	15.9	0.073	0.805
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	59.7	0.0	2.20	10.1	51.8	0.0	3.51	11.41	16.3	0.067	0.872
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	56.5	0.0	2.15	11.1	49.2	0.0	3.41	11.13	16.7	0.062	0.934
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	53.5	0.0	2.10	12.1	46.7	0.0	3.31	10.84	17.0	0.057	0.991

$$H_{awal} = H_{timb} + \frac{Sc_{timb} * \gamma_{air}}{\gamma_{timb}} = 7 + \frac{0,991 * 1}{1,80} = 7,551 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.438	1.091	0.827	1.998	0.998	0.50	2.50	7.5	59.7	0.0	1.17	1.67	0.020	0.020
2	0.361	1.168	0.857	1.927	0.927	1.46	3.46	8.5	56.5	0.0	1.13	2.60	0.009	0.029
3	0.315	1.214	0.875	1.887	0.887	2.37	4.37	9.5	53.5	0.0	1.10	3.47	0.006	0.036
4	0.281	1.248	0.889	1.859	0.859	3.24	5.24	10.5	50.7	0.0	1.06	4.30	0.005	0.040
5	0.254	1.275	0.900	1.836	0.836	4.09	6.09	11.5	48.2	0.0	1.02	5.11	0.004	0.044
6	0.210	1.408	0.920	1.789	0.789	4.90	6.90	12.5	45.8	0.0	0.99	5.89	0.003	0.047
7	0.192	1.426	0.927	1.776	0.776	5.68	7.68	13.5	43.6	0.0	0.95	6.64	0.002	0.049
8	0.176	1.442	0.933	1.764	0.764	6.45	8.45	14.5	41.5	0.0	0.92	7.37	0.002	0.051
9	0.162	1.456	0.938	1.754	0.754	7.21	9.21	15.5	39.7	0.0	0.89	8.10	0.002	0.052
10	0.149	1.469	0.943	1.745	0.745	7.96	9.96	16.5	37.9	0.0	0.86	8.82	0.001	0.054

$$Sc_{total} = Sc_{timb} + Sc_{preloading} = 0,991 + 0,054 = 1,045 \text{ m}$$

$$H_{akhir} = H_{awal} - Sc_{total} = 7,551 - 1,045 = 6,506 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 9 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	87.8	0.0	4.14	5.1	68.4	0.0	3.87	16.02	16.3	0.193	0.193
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	83.3	0.0	4.14	6.1	64.6	0.0	3.82	15.91	16.9	0.161	0.354
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	79.0	0.0	4.13	7.1	61.1	0.0	3.75	15.76	17.4	0.142	0.496
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	74.8	0.0	4.11	8.1	57.8	0.0	3.68	15.57	17.9	0.128	0.624
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	70.7	0.0	4.07	9.1	54.7	0.0	3.60	15.34	18.3	0.116	0.741
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	66.8	0.0	4.03	10.1	51.8	0.0	3.51	15.07	18.6	0.093	0.834
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	63.2	0.0	3.97	11.1	49.2	0.0	3.41	14.76	19.0	0.086	0.920
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	59.7	0.0	3.89	12.1	46.7	0.0	3.31	14.42	19.3	0.079	0.999
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	56.5	0.0	3.81	13.1	44.4	0.0	3.22	14.06	19.6	0.073	1.073
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	53.5	0.0	3.72	14.1	42.3	0.0	3.12	13.68	19.8	0.068	1.141

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 9 + \frac{1,141 \cdot 1}{1,80} = 9,634 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_1 (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.488	1.041	0.807	2.047	1.047	0.52	2.52	9.5	53.5	0.0	0.98	1.51	0.017	0.017
2	0.408	1.121	0.839	1.970	0.970	1.53	3.53	10.5	50.7	0.0	0.94	2.48	0.008	0.025
3	0.360	1.169	0.858	1.926	0.926	2.48	4.48	11.5	48.2	0.0	0.91	3.39	0.005	0.030
4	0.323	1.205	0.872	1.894	0.894	3.39	5.39	12.5	45.8	0.0	0.87	4.26	0.004	0.034
5	0.294	1.235	0.884	1.870	0.870	4.27	6.27	13.5	43.6	0.0	0.84	5.11	0.003	0.037
6	0.245	1.373	0.907	1.815	0.815	5.11	7.11	14.5	41.5	0.0	0.80	5.92	0.002	0.039
7	0.225	1.393	0.914	1.801	0.801	5.92	7.92	15.5	39.7	0.0	0.77	6.69	0.002	0.041
8	0.208	1.410	0.921	1.788	0.788	6.72	8.72	16.5	37.9	0.0	0.74	7.46	0.002	0.043
9	0.192	1.425	0.927	1.776	0.776	7.50	9.50	17.5	36.3	0.0	0.71	8.21	0.001	0.044
10	0.178	1.439	0.932	1.766	0.766	8.27	10.27	18.5	34.8	0.0	0.69	8.96	0.001	0.045

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,141 + 0,045 = 1,186 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 9,634 - 1,186 = 8,448 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 11 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	87.8	0.0	5.94	7.1	61.1	0.0	3.75	19.39	19.7	0.208	0.208
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	83.3	0.0	5.94	8.1	57.8	0.0	3.68	19.23	20.2	0.176	0.384
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	79.0	0.0	5.92	9.1	54.7	0.0	3.60	19.04	20.7	0.156	0.541
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	74.8	0.0	5.89	10.1	51.8	0.0	3.51	18.80	21.1	0.142	0.682
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	70.7	0.0	5.85	11.1	49.2	0.0	3.41	18.51	21.4	0.130	0.812
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	66.8	0.0	5.78	12.1	46.7	0.0	3.31	18.19	21.8	0.105	0.916
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	63.2	0.0	5.69	13.1	44.4	0.0	3.22	17.82	22.0	0.097	1.013
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	59.7	0.0	5.59	14.1	42.3	0.0	3.12	17.41	22.3	0.090	1.103
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	56.5	0.0	5.47	15.1	40.4	0.0	3.02	16.98	22.5	0.084	1.187
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	53.5	0.0	5.34	16.1	38.6	0.0	2.93	16.54	22.7	0.078	1.264

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 11 + \frac{1,264 \cdot 1}{1,80} = 11,702 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.527	1.002	0.792	2.087	1.087	0.54	2.54	11.5	48.2	0.0	0.86	1.40	0.016	0.016
2	0.445	1.084	0.824	2.005	1.005	1.59	3.59	12.5	45.8	0.0	0.82	2.41	0.007	0.023
3	0.395	1.133	0.844	1.958	0.958	2.57	4.57	13.5	43.6	0.0	0.79	3.36	0.004	0.027
4	0.358	1.171	0.858	1.924	0.924	3.51	5.51	14.5	41.5	0.0	0.76	4.27	0.003	0.030
5	0.328	1.201	0.870	1.898	0.898	4.42	6.42	15.5	39.7	0.0	0.73	5.15	0.003	0.033
6	0.274	1.344	0.895	1.838	0.838	5.29	7.29	16.5	37.9	0.0	0.70	5.99	0.002	0.034
7	0.253	1.364	0.903	1.822	0.822	6.12	8.12	17.5	36.3	0.0	0.67	6.79	0.001	0.036
8	0.235	1.383	0.910	1.808	0.808	6.94	8.94	18.5	34.8	0.0	0.64	7.58	0.001	0.037
9	0.219	1.399	0.916	1.796	0.796	7.74	9.74	19.5	33.4	0.0	0.62	8.36	0.001	0.038
10	0.204	1.414	0.922	1.785	0.785	8.53	10.53	20.5	32.1	0.0	0.60	9.13	0.001	0.039

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,264 + 0,039 = 1,304 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 11,702 - 1,304 = 10,399 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban timbunan ($H_{\text{timb}} = 13 \text{ m}$)

No	γ_{sat} (ton/ m ³)	γ' (ton/ m ³)	e_0	C_c	C_s	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan bawah				Timbunan atas				Timbunan total			
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)	ΔP_{total} (ton/ m ²)	$P_0' + \Delta P_{\text{total}}$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
1	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.33	2.33	0.5	87.8	0.0	7.74	9.1	54.7	0.0	3.60	22.67	23.0	0.221	0.221
2	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	0.98	2.98	1.5	83.3	0.0	7.73	10.1	51.8	0.0	3.51	22.48	23.5	0.188	0.409
3	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	1.63	3.63	2.5	79.0	0.0	7.72	11.1	49.2	0.0	3.41	22.26	23.9	0.168	0.578
4	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.28	4.28	3.5	74.8	0.0	7.68	12.1	46.7	0.0	3.31	21.99	24.3	0.153	0.731
5	1.652	0.652	1.529	0.479	0.096	2.93	4.93	4.5	70.7	0.0	7.62	13.1	44.4	0.0	3.22	21.67	24.6	0.141	0.872
6	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	3.58	5.58	5.5	66.8	0.0	7.53	14.1	42.3	0.0	3.12	21.30	24.9	0.114	0.986
7	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.23	6.23	6.5	63.2	0.0	7.42	15.1	40.4	0.0	3.02	20.88	25.1	0.106	1.092
8	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	4.87	6.87	7.5	59.7	0.0	7.28	16.1	38.6	0.0	2.93	20.42	25.3	0.099	1.191
9	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	5.52	7.52	8.5	56.5	0.0	7.13	17.1	36.9	0.0	2.84	19.93	25.4	0.092	1.283
10	1.646	0.646	1.618	0.435	0.087	6.17	8.17	9.5	53.5	0.0	6.96	18.1	35.4	0.0	2.75	19.41	25.6	0.086	1.370

$$H_{\text{awal}} = H_{\text{timb}} + \frac{Sc_{\text{timb}} \cdot \gamma_{\text{air}}}{\gamma_{\text{timb}}} = 13 + \frac{1,370 \cdot 1}{1,80} = 13,761 \text{ m}$$

Perhitungan pemampatan akibat beban pavement dan beban lalu lintas, setelah terjadi pemampatan

No	Δe	e_1	$H - Sc$ (m)	γ_{sat_1} (ton/ m ³)	γ'_{1} (ton/ m ³)	P_0' (ton/ m ²)	P_c' (ton/ m ²)	Timbunan preloading				$P_0' + \Delta P$ (ton/ m ²)	Sc (m)	Sc kum (m)
								z (m)	α_2 (°)	α_1 (°)	ΔP (ton/ m ²)			
1	0.559	0.970	0.779	2.121	1.121	0.56	2.56	13.5	43.6	0.0	0.76	1.32	0.014	0.014
2	0.476	1.053	0.812	2.035	1.035	1.64	3.64	14.5	41.5	0.0	0.73	2.37	0.006	0.020
3	0.426	1.103	0.832	1.986	0.986	2.65	4.65	15.5	39.7	0.0	0.70	3.35	0.004	0.024
4	0.387	1.141	0.847	1.951	0.951	3.62	5.62	16.5	37.9	0.0	0.67	4.29	0.003	0.027
5	0.356	1.173	0.859	1.923	0.923	4.55	6.55	17.5	36.3	0.0	0.65	5.20	0.002	0.029
6	0.299	1.319	0.886	1.858	0.858	5.44	7.44	18.5	34.8	0.0	0.62	6.07	0.002	0.031
7	0.278	1.340	0.894	1.841	0.841	6.29	8.29	19.5	33.4	0.0	0.60	6.89	0.001	0.032
8	0.259	1.359	0.901	1.826	0.826	7.13	9.13	20.5	32.1	0.0	0.58	7.70	0.001	0.033
9	0.242	1.376	0.908	1.813	0.813	7.95	9.95	21.5	30.9	0.0	0.56	8.50	0.001	0.034
10	0.226	1.391	0.914	1.801	0.801	8.75	10.75	22.5	29.7	0.0	0.54	9.29	0.001	0.035

$$Sc_{\text{total}} = Sc_{\text{timb}} + Sc_{\text{preloading}} = 1,370 + 0,035 = 1,405 \text{ m}$$

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - Sc_{\text{total}} = 13,761 - 1,405 = 12,356 \text{ m}$$

Perhitungan Penimbunan Bertahap Metode Soil Pre-Loading Jarak antarPVD 1,0 m

Tambahan tegangan tiap tahap ke-i, ΔP_i

No	ΔP_i (ton/m ²)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00	0.33
2	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.00	0.99	0.98	0.32
3	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	0.99	0.98	0.97	0.95	0.31
4	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.30
5	1.06	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.29
6	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.29
7	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.28
8	1.02	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87	0.85	0.83	0.82	0.27
9	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84	0.82	0.81	0.79	0.26
10	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.86	0.85	0.83	0.81	0.80	0.78	0.77	0.25

Tambahan tegangan kumulatif tiap tahap ke-i, ΔP kum_i

No	ΔP kum _i (ton/m ²)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	2.16	3.24	4.32	5.39	6.46	7.53	8.59	9.64	10.69	11.72	12.75	13.76	14.76	15.09
2	1.08	2.16	3.23	4.31	5.37	6.44	7.49	8.54	9.58	10.61	11.62	12.63	13.62	14.59	14.91
3	1.08	2.15	3.22	4.29	5.34	6.39	7.44	8.47	9.49	10.50	11.49	12.47	13.44	14.39	14.70
4	1.07	2.14	3.20	4.25	5.30	6.33	7.36	8.37	9.37	10.35	11.32	12.28	13.22	14.15	14.45
5	1.06	2.12	3.17	4.20	5.23	6.25	7.25	8.24	9.22	10.18	11.13	12.06	12.97	13.87	14.16
6	1.05	2.09	3.12	4.14	5.15	6.15	7.13	8.09	9.04	9.98	10.90	11.80	12.69	13.56	13.85
7	1.03	2.06	3.07	4.07	5.06	6.03	6.98	7.92	8.85	9.76	10.65	11.53	12.39	13.23	13.51
8	1.02	2.02	3.01	3.99	4.95	5.89	6.82	7.74	8.64	9.52	10.38	11.23	12.07	12.89	13.16
9	0.99	1.98	2.94	3.89	4.83	5.75	6.65	7.54	8.41	9.27	10.11	10.93	11.74	12.53	12.79
10	0.97	1.93	2.87	3.79	4.70	5.59	6.47	7.33	8.18	9.01	9.82	10.62	11.40	12.17	12.42

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	$P_i = P_0 + \Delta P \text{ kum}_i \text{ (ton/m}^2\text{)}$															
	P_0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.33	1.41	2.49	3.56	4.64	5.72	6.79	7.86	8.92	9.97	11.01	12.05	13.07	14.09	15.08	15.41
2	0.98	2.06	3.14	4.21	5.28	6.35	7.42	8.47	9.52	10.56	11.59	12.60	13.60	14.59	15.57	15.89
3	1.63	2.71	3.78	4.85	5.92	6.97	8.02	9.07	10.10	11.12	12.13	13.12	14.10	15.07	16.02	16.33
4	2.28	3.35	4.42	5.48	6.53	7.58	8.61	9.64	10.65	11.65	12.63	13.61	14.56	15.50	16.43	16.73
5	2.93	4.00	5.05	6.10	7.14	8.17	9.18	10.19	11.18	12.15	13.11	14.06	14.99	15.90	16.80	17.10
6	3.58	4.63	5.68	6.71	7.73	8.73	9.73	10.71	11.68	12.63	13.56	14.48	15.39	16.27	17.15	17.43
7	4.23	5.26	6.29	7.30	8.30	9.28	10.25	11.21	12.15	13.08	13.99	14.88	15.76	16.62	17.46	17.74
8	4.87	5.89	6.89	7.88	8.86	9.82	10.77	11.70	12.61	13.51	14.39	15.26	16.11	16.94	17.76	18.03
9	5.52	6.51	7.49	8.46	9.41	10.35	11.27	12.17	13.06	13.93	14.79	15.63	16.45	17.26	18.05	18.31
10	6.17	7.14	8.09	9.03	9.96	10.87	11.76	12.64	13.50	14.34	15.17	15.99	16.79	17.57	18.34	18.59

Pemampatan tiap tahap ke-i, S_c

No	$S_c \text{ (m)}$															Total tiap lapisan
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	0.024	0.014	0.030	0.022	0.017	0.014	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.002	0.188
2	0.012	0.010	0.024	0.019	0.015	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.002	0.156
3	0.008	0.008	0.021	0.016	0.014	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.002	0.137
4	0.006	0.007	0.018	0.014	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.002	0.123
5	0.005	0.005	0.016	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.001	0.111
6	0.004	0.004	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.001	0.089
7	0.003	0.003	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.001	0.081
8	0.003	0.002	0.010	0.008	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.001	0.075
9	0.002	0.002	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.001	0.069
10	0.002	0.001	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.001	0.063
Total tiap tahapan	0.070	0.057	0.157	0.127	0.107	0.092	0.081	0.072	0.065	0.059	0.054	0.049	0.046	0.042	0.013	1.091

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0
8	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0
9	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0
10	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0
11	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0
12	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0
13	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0
14	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0
15	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%
16	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%
17	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%
18	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%
19	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%
20	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%
21	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%
22	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%
23	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%
24	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%
25	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%
26	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%
27	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%
28	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%	77%
29	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%	80%
30	96%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	83%	82%
...
52	100%	100%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	99%	98%	98%	98%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	Scm_i (m) *														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.014	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.020	0.012	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.025	0.016	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.030	0.020	0.044	0.026	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.034	0.024	0.056	0.036	0.022	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.037	0.027	0.066	0.045	0.030	0.019	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.041	0.030	0.075	0.053	0.038	0.026	0.016	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.043	0.033	0.083	0.061	0.045	0.033	0.023	0.015	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.046	0.035	0.091	0.067	0.051	0.039	0.029	0.020	0.013	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.049	0.037	0.097	0.073	0.057	0.044	0.034	0.026	0.018	0.012	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.051	0.039	0.103	0.079	0.062	0.049	0.039	0.030	0.023	0.017	0.011	0.005	0.000	0.000	0.000
13	0.053	0.041	0.108	0.083	0.066	0.053	0.043	0.034	0.027	0.021	0.015	0.010	0.005	0.000	0.000
14	0.054	0.043	0.113	0.088	0.070	0.057	0.047	0.038	0.031	0.025	0.019	0.014	0.009	0.005	0.000
15	0.056	0.044	0.118	0.092	0.074	0.061	0.050	0.042	0.034	0.028	0.023	0.018	0.013	0.009	0.001
16	0.057	0.045	0.121	0.095	0.077	0.064	0.053	0.045	0.037	0.031	0.026	0.021	0.016	0.012	0.003
17	0.059	0.046	0.125	0.098	0.080	0.066	0.056	0.047	0.040	0.034	0.029	0.024	0.019	0.015	0.004
18	0.060	0.047	0.128	0.101	0.083	0.069	0.058	0.050	0.043	0.036	0.031	0.026	0.022	0.018	0.005
19	0.061	0.048	0.131	0.104	0.085	0.071	0.061	0.052	0.045	0.039	0.033	0.029	0.024	0.020	0.006
20	0.062	0.049	0.134	0.106	0.087	0.073	0.063	0.054	0.047	0.041	0.035	0.031	0.026	0.022	0.006
21	0.063	0.050	0.136	0.108	0.089	0.075	0.064	0.056	0.049	0.043	0.037	0.033	0.028	0.024	0.007
22	0.063	0.051	0.138	0.110	0.091	0.077	0.066	0.057	0.050	0.044	0.039	0.034	0.030	0.026	0.008
23	0.064	0.051	0.140	0.111	0.092	0.078	0.068	0.059	0.052	0.046	0.040	0.036	0.032	0.028	0.008
24	0.065	0.052	0.141	0.113	0.094	0.080	0.069	0.060	0.053	0.047	0.042	0.037	0.033	0.029	0.009
25	0.065	0.052	0.143	0.114	0.095	0.081	0.070	0.061	0.054	0.048	0.043	0.038	0.034	0.031	0.009
26	0.066	0.053	0.144	0.116	0.096	0.082	0.071	0.062	0.055	0.049	0.044	0.039	0.035	0.032	0.010
27	0.066	0.053	0.146	0.117	0.097	0.083	0.072	0.063	0.056	0.050	0.045	0.040	0.036	0.033	0.010
28	0.066	0.054	0.147	0.118	0.098	0.084	0.073	0.064	0.057	0.051	0.046	0.041	0.037	0.034	0.010
29	0.067	0.054	0.148	0.119	0.099	0.085	0.074	0.065	0.058	0.052	0.047	0.042	0.038	0.035	0.011
30	0.067	0.054	0.149	0.119	0.100	0.085	0.074	0.066	0.059	0.052	0.047	0.043	0.039	0.035	0.011
...
52	0.070	0.057	0.156	0.126	0.106	0.091	0.080	0.071	0.064	0.058	0.053	0.049	0.045	0.042	0.013

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *															Untuk perhitungan PHD	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.
1	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	
2	0.014	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	
3	0.020	0.031	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	
4	0.025	0.041	0.073	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	
5	0.030	0.050	0.094	0.120	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	
6	0.034	0.058	0.113	0.149	0.171	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	
7	0.037	0.064	0.130	0.176	0.206	0.224	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	0.233	
8	0.041	0.071	0.146	0.199	0.237	0.263	0.280	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288	
9	0.043	0.076	0.160	0.220	0.265	0.298	0.321	0.335	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343	0.343	
10	0.046	0.081	0.172	0.239	0.290	0.329	0.358	0.378	0.391	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398	0.398	max
11	0.049	0.086	0.183	0.256	0.313	0.357	0.391	0.417	0.435	0.447	0.453	0.453	0.453	0.453	0.453	0.453	
12	0.051	0.090	0.193	0.272	0.333	0.382	0.421	0.451	0.474	0.491	0.502	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	
13	0.053	0.094	0.202	0.286	0.352	0.405	0.448	0.482	0.509	0.530	0.546	0.556	0.561	0.561	0.561	0.561	
14	0.054	0.097	0.210	0.298	0.368	0.425	0.472	0.510	0.541	0.566	0.585	0.599	0.608	0.613	0.613	0.613	
15	0.056	0.100	0.218	0.309	0.383	0.443	0.494	0.535	0.570	0.598	0.620	0.638	0.651	0.659	0.661	0.661	
16	0.057	0.103	0.224	0.319	0.396	0.460	0.513	0.558	0.595	0.626	0.652	0.673	0.689	0.701	0.704	0.704	
17	0.059	0.105	0.230	0.328	0.408	0.475	0.531	0.578	0.618	0.652	0.681	0.704	0.724	0.739	0.742	0.742	
18	0.060	0.107	0.235	0.336	0.419	0.488	0.546	0.596	0.639	0.675	0.706	0.733	0.755	0.772	0.777	0.777	
19	0.061	0.109	0.240	0.344	0.429	0.500	0.561	0.613	0.658	0.696	0.730	0.758	0.782	0.803	0.808	0.808	
20	0.062	0.111	0.245	0.350	0.438	0.511	0.574	0.628	0.674	0.715	0.750	0.781	0.807	0.830	0.836	0.836	
21	0.063	0.113	0.248	0.356	0.445	0.521	0.585	0.641	0.689	0.732	0.769	0.802	0.830	0.854	0.862	0.862	
22	0.063	0.114	0.252	0.362	0.453	0.529	0.595	0.653	0.703	0.747	0.786	0.820	0.850	0.877	0.884	0.884	
23	0.064	0.115	0.255	0.367	0.459	0.537	0.605	0.664	0.715	0.761	0.801	0.837	0.869	0.896	0.905	0.905	
24	0.065	0.116	0.258	0.371	0.465	0.544	0.613	0.673	0.726	0.773	0.815	0.852	0.885	0.914	0.923	0.923	
25	0.065	0.117	0.261	0.375	0.470	0.551	0.621	0.682	0.736	0.784	0.827	0.866	0.900	0.931	0.940	0.940	
26	0.066	0.118	0.263	0.378	0.475	0.557	0.628	0.690	0.745	0.795	0.838	0.878	0.913	0.945	0.955	0.955	
27	0.066	0.119	0.265	0.382	0.479	0.562	0.634	0.697	0.753	0.804	0.849	0.889	0.925	0.958	0.968	0.968	
28	0.066	0.120	0.267	0.384	0.483	0.567	0.639	0.704	0.761	0.812	0.858	0.899	0.936	0.970	0.980	0.980	
29	0.067	0.121	0.268	0.387	0.486	0.571	0.645	0.710	0.767	0.819	0.866	0.908	0.946	0.981	0.991	0.991	
30	0.067	0.121	0.270	0.389	0.489	0.575	0.649	0.715	0.773	0.826	0.873	0.916	0.955	0.990	1.001	1.001	
...	
52	0.070	0.126	0.283	0.409	0.515	0.606	0.686	0.758	0.822	0.880	0.933	0.982	1.027	1.069	1.082	1.082	

Perhitungan Penimbunan Bertahap Metode Vacuum Pre-loadingTambahan tegangan tiap tahap ke-i, ΔP_i

No	ΔP_i (ton/m ²)																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	0.71	8.24	0.35	0.71	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.00	0.67
2	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.06	0.70	8.24	0.35	0.70	1.04	1.03	1.02	1.01	0.99	0.98	0.66
3	1.08	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	0.69	8.24	0.34	0.69	1.02	1.01	1.00	0.99	0.97	0.96	0.64
4	1.07	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	0.68	8.24	0.34	0.67	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.62
5	1.06	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	0.67	8.24	0.33	0.66	0.98	0.97	0.95	0.94	0.92	0.90	0.61
6	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01	0.99	0.65	8.24	0.32	0.64	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.88	0.59
7	1.03	1.02	1.01	1.00	0.99	0.97	0.64	8.24	0.32	0.63	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87	0.85	0.58
8	1.02	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.62	8.24	0.31	0.61	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84	0.82	0.56
9	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.92	0.60	8.24	0.30	0.59	0.88	0.86	0.85	0.83	0.81	0.80	0.54
10	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89	0.58	8.24	0.29	0.57	0.85	0.83	0.82	0.80	0.79	0.77	0.53

Tambahan tegangan kumulatif tiap tahap ke-i, ΔP kum_i

No	ΔP kum _i (ton/m ²)																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	1.08	2.16	3.24	4.32	5.39	6.46	7.17	15.42	15.77	16.48	17.54	18.58	19.62	20.65	21.67	22.67	23.34
2	1.08	2.16	3.23	4.31	5.37	6.44	7.14	15.39	15.74	16.43	17.48	18.51	19.53	20.54	21.53	22.51	23.17
3	1.08	2.15	3.22	4.29	5.34	6.39	7.09	15.33	15.68	16.37	17.39	18.40	19.40	20.39	21.36	22.31	22.95
4	1.07	2.14	3.20	4.25	5.30	6.33	7.01	15.26	15.60	16.27	17.28	18.27	19.24	20.20	21.15	22.08	22.70
5	1.06	2.12	3.17	4.20	5.23	6.25	6.92	15.16	15.49	16.15	17.13	18.10	19.05	19.99	20.91	21.81	22.42
6	1.05	2.09	3.12	4.14	5.15	6.15	6.80	15.04	15.37	16.01	16.97	17.91	18.83	19.74	20.64	21.51	22.10
7	1.03	2.06	3.07	4.07	5.06	6.03	6.66	14.91	15.22	15.85	16.78	17.69	18.59	19.48	20.34	21.19	21.77
8	1.02	2.02	3.01	3.99	4.95	5.89	6.51	14.76	15.06	15.67	16.58	17.46	18.34	19.19	20.03	20.86	21.41
9	0.99	1.98	2.94	3.89	4.83	5.75	6.35	14.59	14.89	15.48	16.36	17.22	18.07	18.90	19.71	20.51	21.05
10	0.97	1.93	2.87	3.79	4.70	5.59	6.18	14.42	14.71	15.29	16.14	16.97	17.79	18.59	19.38	20.16	20.68

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	γ sat (ton/m ³)	γ' (ton/m ³)	e0	Cc	Cs	P0' (ton/m ²)	Pc' (ton/m ²)	$P_i = P_0 + \Delta P$ kum; (ton/m ²)							
								1	2	3	4	5	6	7	pompa
1	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	0.33	2.33	1.41	2.49	3.56	4.64	5.72	6.79	7.50	15.74
2	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	0.98	2.98	2.06	3.14	4.21	5.28	6.35	7.42	8.12	16.36
3	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	1.63	3.63	2.71	3.78	4.85	5.92	6.97	8.02	8.72	16.96
4	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	2.28	4.28	3.35	4.42	5.48	6.53	7.58	8.61	9.30	17.54
5	1.652	0.652	1.529	0.4794	0.096	2.93	4.93	4.00	5.05	6.10	7.14	8.17	9.18	9.85	18.10
6	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	3.58	5.58	4.63	5.68	6.71	7.73	8.73	9.73	10.38	18.63
7	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	4.23	6.23	5.26	6.29	7.30	8.30	9.28	10.25	10.89	19.14
8	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	4.87	6.87	5.89	6.89	7.88	8.86	9.82	10.77	11.39	19.63
9	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	5.52	7.52	6.51	7.49	8.46	9.41	10.35	11.27	11.87	20.11
10	1.646	0.646	1.618	0.4349	0.087	6.17	8.17	7.14	8.09	9.03	9.96	10.87	11.76	12.35	20.59

Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i

No	Sc_i (m)									Total tiap lapisan
	1	2	3	4	5	6	7	pompa		
1	0.024	0.014	0.030	0.022	0.017	0.014	0.008	0.061	0.190	
2	0.012	0.010	0.024	0.019	0.015	0.013	0.007	0.058	0.159	
3	0.008	0.008	0.021	0.016	0.014	0.012	0.007	0.055	0.140	
4	0.006	0.007	0.018	0.014	0.012	0.011	0.006	0.052	0.126	
5	0.005	0.005	0.016	0.013	0.011	0.010	0.006	0.050	0.116	
6	0.004	0.004	0.012	0.010	0.009	0.008	0.005	0.042	0.093	
7	0.003	0.003	0.011	0.009	0.008	0.007	0.004	0.041	0.087	
8	0.003	0.002	0.010	0.008	0.007	0.007	0.004	0.039	0.081	
9	0.002	0.002	0.009	0.008	0.007	0.006	0.004	0.038	0.075	
10	0.002	0.001	0.008	0.007	0.006	0.006	0.004	0.037	0.071	
Total tiap tahapan	0.070	0.057	0.157	0.127	0.107	0.092	0.055	0.473	1.137	

Tegangan tiap tahap ke-i, P_i

No	Δe	e1	$H - \Delta H$ (m)	γ sat (ton/m ³)	γ' (ton/m ³)	P_0' (ton/m ²)	P_c' (ton/m ²)	$P_i = P_0 + \Delta P$ kum _i (ton/m ²)								
								8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.480	1.049	0.810	2.039	1.039	0.52	2.52	16.29	17.00	18.05	19.10	20.14	21.17	22.18	23.19	23.86
2	0.401	1.128	0.841	1.963	0.963	1.52	3.52	17.26	17.95	19.00	20.03	21.05	22.06	23.05	24.03	24.69
3	0.354	1.175	0.860	1.921	0.921	2.46	4.46	18.14	18.83	19.85	20.86	21.86	22.85	23.82	24.78	25.42
4	0.320	1.209	0.874	1.891	0.891	3.37	5.37	18.97	19.64	20.64	21.63	22.61	23.57	24.52	25.45	26.07
5	0.292	1.237	0.884	1.868	0.868	4.25	6.25	19.74	20.40	21.38	22.35	23.30	24.24	25.15	26.06	26.67
6	0.244	1.373	0.907	1.815	0.815	5.09	7.09	20.46	21.10	22.06	23.00	23.92	24.83	25.73	26.60	27.19
7	0.227	1.391	0.913	1.802	0.802	5.90	7.90	21.12	21.75	22.68	23.59	24.49	25.37	26.24	27.09	27.67
8	0.211	1.407	0.919	1.790	0.790	6.69	8.69	21.76	22.37	23.27	24.16	25.03	25.89	26.73	27.55	28.11
9	0.198	1.420	0.925	1.780	0.780	7.48	9.48	22.37	22.96	23.84	24.70	25.55	26.38	27.19	27.99	28.53
10	0.185	1.432	0.929	1.771	0.771	8.25	10.25	22.97	23.54	24.39	25.23	26.05	26.85	27.64	28.41	28.94

Pemampatan tiap tahap ke-i, Sc_i

No	Sc_i (m)										Total tiap lapisan
	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15		
1	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015
2	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015
3	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.015
4	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.015
5	0.003	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.014
6	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
7	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
8	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.012
9	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.011
10	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.011
Total tiap tahapan	0.028	0.011	0.016	0.015	0.014	0.014	0.013	0.012	0.008	0.133	

- **Jarak antarPVD 1,0 m**

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	42%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	48%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	53%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	58%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	62%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	66%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	87%	85%	83%	82%	80%	77%	75%	72%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	88%	87%	83%	83%	82%	80%	77%	75%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	89%	88%	83%	85%	83%	82%	80%	77%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	90%	89%	83%	87%	85%	83%	82%	77%	11%	0	0	0	0	0	0	0	0
23	91%	90%	83%	88%	87%	85%	83%	77%	20%	11%	0	0	0	0	0	0	0
24	92%	91%	83%	89%	88%	87%	85%	77%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0	0
25	93%	92%	83%	90%	89%	88%	87%	77%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0	0
26	94%	93%	83%	91%	90%	89%	88%	77%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0	0
27	94%	94%	83%	92%	91%	90%	89%	77%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0	0
28	95%	94%	83%	93%	92%	91%	90%	77%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0	0
29	95%	95%	83%	94%	93%	92%	91%	77%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%	0
30	96%	95%	83%	94%	94%	93%	92%	77%	62%	58%	53%	48%	42%	36%	28%	20%	11%
...
52	100%	100%	83%	99%	99%	99%	99%	80%	96%	96%	95%	95%	94%	94%	93%	92%	91%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm_i

No	Scm_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.014	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.020	0.012	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.025	0.016	0.032	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.030	0.020	0.044	0.026	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.034	0.024	0.056	0.036	0.022	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.037	0.027	0.066	0.045	0.030	0.019	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.041	0.030	0.075	0.053	0.038	0.026	0.011	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.043	0.033	0.083	0.061	0.045	0.033	0.016	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.046	0.035	0.091	0.067	0.051	0.039	0.020	0.134	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.049	0.037	0.097	0.073	0.057	0.044	0.023	0.168	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.051	0.039	0.103	0.079	0.062	0.049	0.026	0.199	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.053	0.041	0.108	0.083	0.066	0.053	0.029	0.226	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.054	0.043	0.113	0.088	0.070	0.057	0.032	0.251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.056	0.044	0.118	0.092	0.074	0.061	0.034	0.273	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.057	0.045	0.121	0.095	0.077	0.064	0.036	0.293	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.059	0.046	0.125	0.098	0.080	0.066	0.038	0.311	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.060	0.047	0.128	0.101	0.083	0.069	0.040	0.327	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.061	0.048	0.131	0.104	0.085	0.071	0.041	0.341	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.062	0.049	0.131	0.106	0.087	0.073	0.043	0.355	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.063	0.050	0.131	0.108	0.089	0.075	0.044	0.366	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.063	0.051	0.131	0.110	0.091	0.077	0.045	0.366	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.064	0.051	0.131	0.111	0.092	0.078	0.046	0.366	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.065	0.052	0.131	0.113	0.094	0.080	0.047	0.366	0.008	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.065	0.052	0.131	0.114	0.095	0.081	0.048	0.366	0.010	0.003	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.066	0.053	0.131	0.116	0.096	0.082	0.048	0.366	0.012	0.004	0.005	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.066	0.053	0.131	0.117	0.097	0.083	0.049	0.366	0.014	0.005	0.006	0.004	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000
28	0.066	0.054	0.131	0.118	0.098	0.084	0.050	0.366	0.015	0.005	0.007	0.005	0.004	0.003	0.001	0.000	0.000
29	0.067	0.054	0.131	0.119	0.099	0.085	0.050	0.366	0.016	0.006	0.008	0.006	0.005	0.004	0.003	0.001	0.000
30	0.067	0.054	0.131	0.119	0.100	0.085	0.051	0.366	0.018	0.007	0.009	0.007	0.006	0.005	0.004	0.002	0.001
...
52	0.070	0.057	0.131	0.126	0.106	0.091	0.054	0.366	0.027	0.011	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.007

*) $Scm_i = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

No	Scm kum _i (m) *																	Untuk perhitungan PHD				
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.			
1	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008			
2	0.014	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.021	0.013		
3	0.020	0.031	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.028		
4	0.025	0.041	0.073	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.087	0.038		
5	0.030	0.050	0.094	0.120	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.132	0.045		
6	0.034	0.058	0.113	0.149	0.171	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.181	0.049		
7	0.037	0.064	0.130	0.176	0.206	0.224	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.231	0.049		
8	0.041	0.071	0.146	0.199	0.237	0.263	0.274	0.327	0.327	0.327	0.327	0.327	0.327	0.327	0.327	0.327	0.327	0.327	0.327	0.096	max	
9	0.043	0.076	0.160	0.220	0.265	0.298	0.313	0.409	0.409	0.409	0.409	0.409	0.409	0.409	0.409	0.409	0.409	0.409	0.409	0.082		
10	0.046	0.081	0.172	0.239	0.290	0.329	0.349	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.483	0.073		
11	0.049	0.086	0.183	0.256	0.313	0.357	0.380	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548	0.548	0.066		
12	0.051	0.090	0.193	0.272	0.333	0.382	0.408	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.607	0.059		
13	0.053	0.094	0.202	0.286	0.352	0.405	0.434	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.660	0.053		
14	0.054	0.097	0.210	0.298	0.368	0.425	0.457	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.708	0.048		
15	0.056	0.100	0.218	0.309	0.383	0.443	0.477	0.751	0.751	0.751	0.751	0.751	0.751	0.751	0.751	0.751	0.751	0.751	0.751	0.043		
16	0.057	0.103	0.224	0.319	0.396	0.460	0.496	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.789	0.038		
17	0.059	0.105	0.230	0.328	0.408	0.475	0.513	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.824	0.035		
18	0.060	0.107	0.235	0.336	0.419	0.488	0.528	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.855	0.031		
19	0.061	0.109	0.240	0.344	0.429	0.500	0.541	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.028		
20	0.062	0.111	0.242	0.348	0.435	0.508	0.551	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.905	0.023		
21	0.063	0.113	0.244	0.351	0.441	0.516	0.559	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.926	0.020		
22	0.063	0.114	0.245	0.355	0.446	0.522	0.567	0.934	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.937	0.011		
23	0.064	0.115	0.246	0.358	0.450	0.528	0.574	0.941	0.946	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948	0.011		
24	0.065	0.116	0.247	0.360	0.454	0.534	0.581	0.947	0.955	0.957	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.959	0.011		
25	0.065	0.117	0.248	0.363	0.458	0.539	0.586	0.953	0.963	0.966	0.969	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.971	0.012		
26	0.066	0.118	0.249	0.365	0.461	0.543	0.592	0.958	0.970	0.974	0.978	0.982	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.983	0.012		
27	0.066	0.119	0.250	0.367	0.464	0.547	0.596	0.962	0.976	0.981	0.987	0.991	0.994	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.995	0.012		
28	0.066	0.120	0.251	0.369	0.467	0.551	0.600	0.967	0.982	0.987	0.994	0.999	1.004	1.006	1.008	1.008	1.008	1.008	1.008	0.012		
29	0.067	0.121	0.252	0.370	0.469	0.554	0.604	0.970	0.987	0.993	1.001	1.007	1.012	1.016	1.019	1.020	1.020	1.020	1.020	0.012		
30	0.067	0.121	0.252	0.372	0.471	0.557	0.607	0.974	0.991	0.998	1.007	1.014	1.020	1.025	1.029	1.031	1.032	1.032	1.032	0.012		
...		
52	0.070	0.126	0.257	0.384	0.489	0.581	0.635	1.002	1.029	1.040	1.055	1.070	1.084	1.096	1.108	1.120	1.127	1.127	1.127	0.001		

- **Jarak antarPVD 1,1 m**

Derajat konsolidasi tiap tahap ke-i, U_i

No	U_i																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	45%	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	50%	45%	41%	35%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	54%	50%	45%	41%	35%	30%	24%	17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	58%	54%	50%	45%	41%	35%	30%	24%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	61%	58%	54%	50%	45%	41%	35%	30%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	64%	61%	58%	54%	50%	45%	41%	35%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	67%	64%	61%	58%	54%	50%	45%	41%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	70%	67%	64%	61%	58%	54%	50%	45%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	72%	70%	67%	64%	61%	58%	54%	50%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	74%	72%	70%	67%	64%	61%	58%	54%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	76%	74%	72%	70%	67%	64%	61%	58%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	78%	76%	74%	72%	70%	67%	64%	61%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	80%	78%	76%	74%	72%	70%	67%	64%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	81%	80%	76%	76%	74%	72%	70%	67%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	83%	81%	76%	78%	76%	74%	72%	70%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	84%	83%	76%	80%	78%	76%	74%	72%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	85%	84%	76%	81%	80%	78%	76%	74%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	87%	85%	76%	83%	81%	80%	78%	76%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	88%	87%	76%	84%	83%	81%	80%	78%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	89%	88%	76%	85%	84%	83%	81%	80%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	90%	89%	76%	87%	85%	84%	83%	80%	9%	0	0	0	0	0	0	0	0
28	90%	90%	76%	88%	87%	85%	84%	80%	17%	9%	0	0	0	0	0	0	0
29	91%	90%	76%	89%	88%	87%	85%	80%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0	0
30	92%	91%	76%	90%	89%	88%	87%	80%	30%	24%	17%	9%	0	0	0	0	0
...
52	99%	99%	76%	98%	98%	98%	98%	80%	89%	88%	87%	85%	84%	83%	81%	80%	78%

Pemampatan tiap minggu tiap tahap ke-i, Sc_{m_i}

No	Sc_{m_i}																
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15
1	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.012	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.017	0.010	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.021	0.013	0.026	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.025	0.017	0.037	0.021	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.029	0.020	0.047	0.030	0.018	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.032	0.023	0.056	0.038	0.025	0.015	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.035	0.026	0.064	0.045	0.032	0.022	0.009	0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.038	0.028	0.071	0.052	0.038	0.027	0.013	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.040	0.031	0.078	0.058	0.043	0.033	0.016	0.112	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.043	0.033	0.084	0.063	0.048	0.037	0.019	0.141	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.045	0.035	0.090	0.068	0.053	0.042	0.022	0.168	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.047	0.036	0.096	0.073	0.057	0.046	0.025	0.192	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.049	0.038	0.100	0.077	0.061	0.050	0.027	0.215	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.050	0.040	0.105	0.081	0.065	0.053	0.030	0.236	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.052	0.041	0.109	0.085	0.068	0.056	0.032	0.255	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.054	0.042	0.113	0.088	0.071	0.059	0.033	0.272	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.055	0.043	0.116	0.091	0.074	0.062	0.035	0.288	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.056	0.044	0.120	0.094	0.077	0.064	0.037	0.303	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.057	0.045	0.120	0.097	0.079	0.066	0.038	0.316	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.058	0.046	0.120	0.099	0.081	0.068	0.040	0.329	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.059	0.047	0.120	0.101	0.083	0.070	0.041	0.340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.060	0.048	0.120	0.103	0.085	0.072	0.042	0.351	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.061	0.049	0.120	0.105	0.087	0.073	0.043	0.360	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.062	0.049	0.120	0.107	0.088	0.075	0.044	0.369	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.062	0.050	0.120	0.108	0.090	0.076	0.045	0.378	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.063	0.050	0.120	0.110	0.091	0.078	0.046	0.378	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.063	0.051	0.120	0.111	0.092	0.079	0.046	0.378	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.064	0.051	0.120	0.112	0.094	0.080	0.047	0.378	0.008	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.064	0.052	0.120	0.114	0.095	0.081	0.048	0.378	0.010	0.003	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
...
52	0.069	0.056	0.120	0.125	0.105	0.090	0.054	0.378	0.031	0.012	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.008

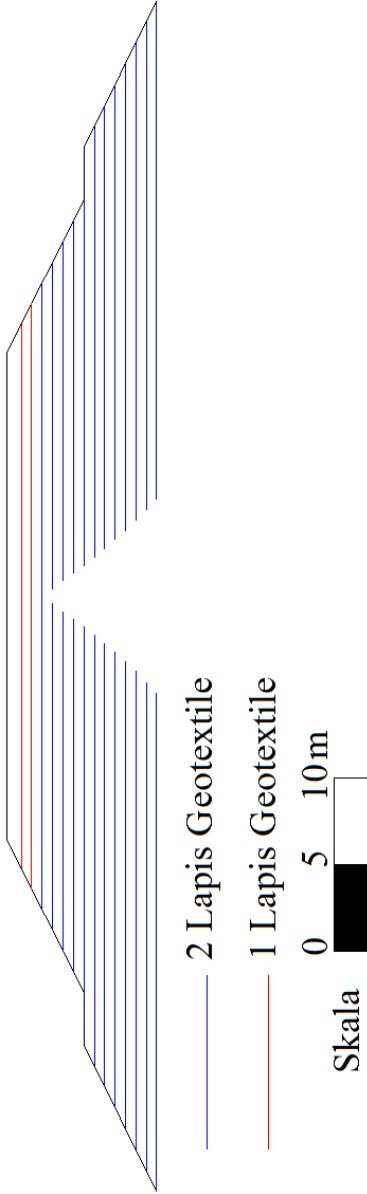
*) $Sc_{m_i} = U_i * Sc_i$ total tiap tahapan

Pemampatan kumulatif tiap minggu tiap tahap ke-i, Scm kum_i

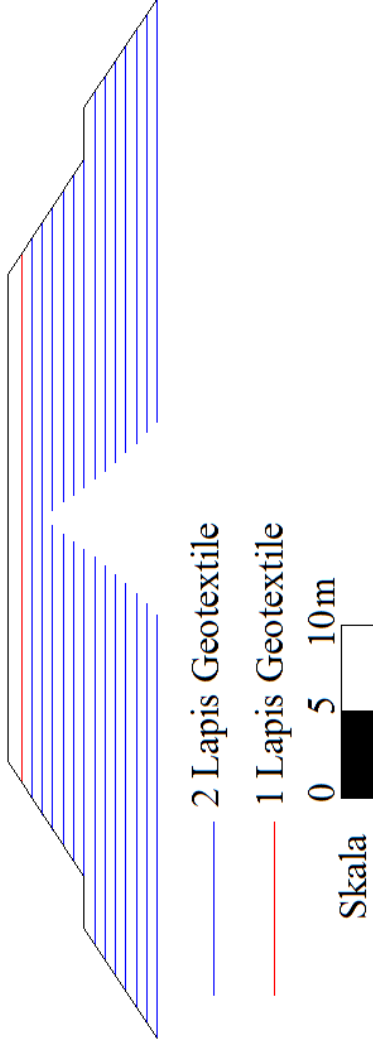
No	Scm kum _i (m) *																	Untuk perhitungan PHD				
	1	2	3	4	5	6	7	pompa	8a	8b	9	10	11	12	13	14	15	ΔSc	Ket.			
1	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006			
2	0.012	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.011		
3	0.017	0.026	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.040	0.024		
4	0.021	0.034	0.061	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.072	0.032		
5	0.025	0.042	0.079	0.100	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.110	0.038		
6	0.029	0.049	0.096	0.125	0.143	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.152	0.042		
7	0.032	0.055	0.111	0.149	0.174	0.189	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.194	0.042		
8	0.035	0.061	0.125	0.170	0.201	0.223	0.232	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0.276	0.082	max	
9	0.038	0.066	0.137	0.189	0.227	0.254	0.267	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.347	0.071		
10	0.040	0.071	0.149	0.207	0.250	0.283	0.299	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411	0.411	0.064		
11	0.043	0.075	0.160	0.223	0.272	0.309	0.329	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.470	0.059		
12	0.045	0.080	0.170	0.238	0.291	0.333	0.355	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.523	0.054		
13	0.047	0.083	0.179	0.252	0.309	0.355	0.380	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.573	0.049		
14	0.049	0.087	0.187	0.265	0.326	0.375	0.403	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.045		
15	0.050	0.090	0.195	0.276	0.341	0.394	0.424	0.659	0.659	0.659	0.659	0.659	0.659	0.659	0.659	0.659	0.659	0.659	0.659	0.042		
16	0.052	0.093	0.202	0.287	0.355	0.411	0.443	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.697	0.038		
17	0.054	0.096	0.209	0.297	0.368	0.427	0.460	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.733	0.035		
18	0.055	0.098	0.215	0.306	0.380	0.441	0.477	0.765	0.765	0.765	0.765	0.765	0.765	0.765	0.765	0.765	0.765	0.765	0.765	0.032		
19	0.056	0.100	0.220	0.314	0.391	0.455	0.492	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.794	0.030		
20	0.057	0.103	0.222	0.319	0.398	0.464	0.502	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.819	0.024		
21	0.058	0.105	0.224	0.323	0.404	0.473	0.512	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.022		
22	0.059	0.106	0.226	0.327	0.410	0.481	0.521	0.862	0.862	0.862	0.862	0.862	0.862	0.862	0.862	0.862	0.862	0.862	0.862	0.021		
23	0.060	0.108	0.228	0.331	0.416	0.488	0.530	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.019		
24	0.061	0.109	0.229	0.334	0.421	0.495	0.537	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.017		
25	0.062	0.111	0.230	0.337	0.426	0.501	0.544	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.016		
26	0.062	0.112	0.232	0.340	0.430	0.506	0.551	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.015		
27	0.063	0.113	0.233	0.343	0.434	0.512	0.557	0.935	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938	0.009		
28	0.063	0.114	0.234	0.345	0.438	0.516	0.563	0.940	0.946	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.009		
29	0.064	0.115	0.235	0.347	0.441	0.521	0.568	0.945	0.953	0.956	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.958	0.010		
30	0.064	0.116	0.236	0.349	0.444	0.525	0.572	0.950	0.960	0.964	0.967	0.969	0.969	0.969	0.969	0.969	0.969	0.969	0.969	0.011		
...		
52	0.069	0.125	0.245	0.369	0.474	0.564	0.618	0.996	1.026	1.039	1.056	1.072	1.087	1.101	1.114	1.126	1.133	0.003				

LAMPIRAN 8
GAMBAR PEMASANGAN PERKUATAN MASING-
MASING ALTERNATIF

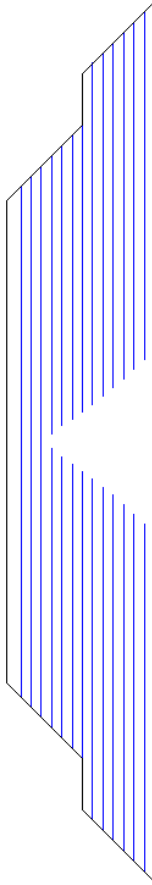
Metode soil pre-loading dan vacuum pre-loading
kemiringan lereng timbunan 1:2



Metode *soil pre-loading* dan *vacuum pre-loading*
kemiringan lereng timbunan 1:1,5



Metode *soil pre-loading* dan *vacuum pre-loading*
kemiringan lereng timbunan 1:1

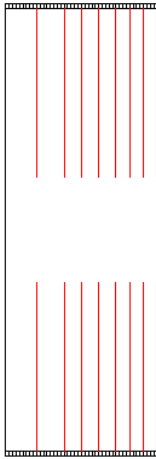


- 2 Lapis Geotextile
- 3 Lapis Geotextile

Skala 0 5 10m



Metode *soil pre-loading* dan *vacuum pre-loading*
kemiringan lereng timbunan tegak

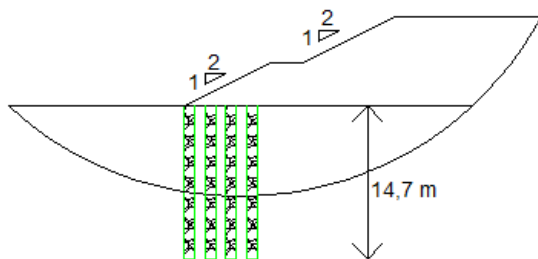


— 1 Lapis Geogrid

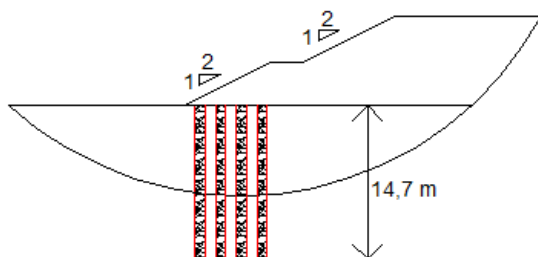


Metode GESC

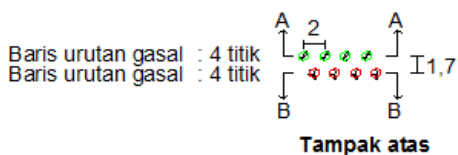
Kemiringan lereng timbunan 1:2



Potongan A-A

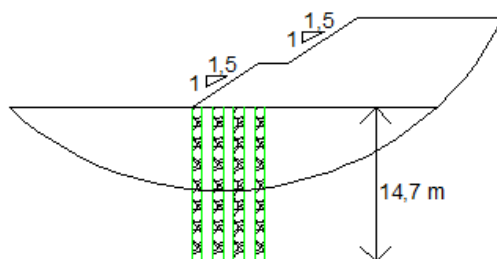


Potongan B-B

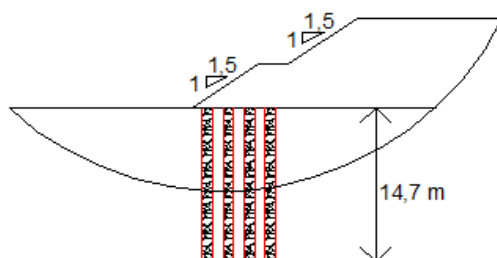


Metode GESC

Kemiringan lereng timbunan 1:1,5

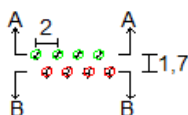


Potongan A-A



Potongan B-B

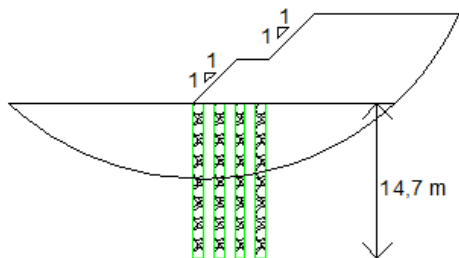
Baris urutan gasal : 4 titik
Baris urutan gasal : 4 titik



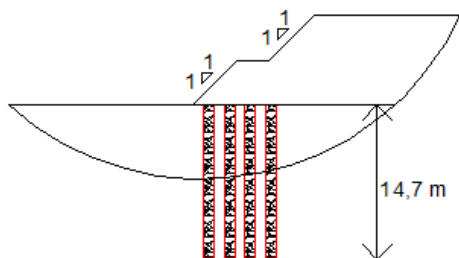
Tampak atas

Metode GESC

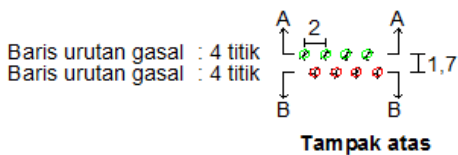
Kemiringan lereng timbunan 1:1



Potongan A-A



Potongan B-B





PERSETUJUAN PERPANJANGAN WAKTU MENERJAKAN TUGAS AKHIR

Nomor : *04452* /IT2.V1.4.1/PP.05.02.00/2018

Sehubungan dengan belum selesainya pengerjaan Tugas Akhir selama 1 (satu) semester, dan berdasarkan hasil penilaian progres pengerjaan Tugas Akhir oleh Dosen Pembimbing yang telah mencapai 98%, maka mahasiswa yang tercantum dibawah ini :

N a m a : *Abdul Wasi' Azharie*
 N R P : *0311144000040*
 Judul Tugas Akhir : *Perbandingan Perencanaan Oprit Overpass pada Empat Bentuk Kemiringan Lereng dengan Menggunakan Perbaikan Tanah Dasar Metode Vacuum Preloading dan Geotextile Encased Stone Columns Studi Kasus: Jalan Tol Batang-Semarang Seksi 3 STA 414+450 s/d STA 414+550*
 Pembimbing Tugas Akhir : *Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD*
Musta'in Arif, ST.MT
 SP-MMTA Nomor : *078259/IT2.V1.4.1/PP.05.02.00/2017*
 Masa berlaku SP-MMTA : *6 Nopember 2017 sampai dengan 7 Mei 2018*

disetujui untuk menyelesaikan Tugas Akhirnya dengan tambahan waktu 1 (satu) semester atau sampai 7 November 2018.

SPMMTA yang dikeluarkan tetap tunduk kepada Peraturan Akademik, terutama tentang batas waktu studi.

Demikian Surat Persetujuan ini dibuat untuk dipergunakan sebagai syarat perpanjangan penyelesaian pengerjaan Tugas Akhir.

Surabaya, 05 JUL 2018

Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil,

Dr. techn. Umboro Lasminto, ST., MSc
 NIP 197212021998021001

Tembusan :
 - *Dosen Pembimbing*



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



NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD
NAMA MAHASISWA	: Abdul Wasi' Azharie
NRP	: 3114100040
JUDUL TUGAS AKHIR	: PERBANDINGAN PERENCANAAN OPTIT OVERPASS PADA EMPAT BENTUK KEMIRINGAN LERENG DENGAN METODE PERBAIKAN TANAH DASAR VACUUM PRE-LOADING DAN GES C
TANGGAL PROPOSAL	: 24 OKT 17
NO. SP-MMTA	: 078 259 / IT2. VI. 4. 1 / DP. 05. 02. 00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1		Stratigrafi tanah dasar lapangan	Stratigrafi parameter \geq tanah	<u>noor</u>
2		Stratigrafi parameter \geq tanah	Perhitungan metode soil preloading	<u>noor</u>
3		Perhitungan metode soil preloading	Perhitungan metode soil preloading (lanjutan)	<u>noor</u>
4		Perhitungan metode soil preloading (lanjutan)	Perhitungan metode vacuum preloading	<u>noor</u>
5		Perhitungan metode vacuum preloading	Perhitungan metode vacuum preloading (lanjutan)	<u>noor</u>
6		Perhitungan metode vacuum preloading (lanjutan)	Perhitungan metode GES C	<u>noor</u>
7		Perhitungan metode GES C		



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	: Musta'in Arif, ST.MT.
NAMA MAHASISWA	: Abdul Wasi' Azhane
NRP	: 3114100040
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perbandingan Perencanaan Orbit Overpass pada Empat Bentuk Kemiringan Lereng dengan menggunakan Perubahan Tanah Dasar Metode Vacuum Pre-Loading dan GES c
TANGGAL PROPOSAL	: 24 Okt 17
NO. SP-MMTA	: 078259 / IT2.VI.4.1/PP.05.02.00/2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.		Beban bertahap metode vacuum pre-loading	Analisa Stabilitas puncture	Mute
2.		Analisa stabilitas puncture		Mute

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
PROGRAM SARJANA (S1)
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK – ITS

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
SEMINAR DAN LISAN
TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Selasa tanggal 10 Juli 2018 jam 09.00 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

NRP	Nama	Judul Tugas Akhir
03111440000040	Abdul Wasi' Azharie	Perbandingan Perencanaan Oprit Overpass Pada Empat Bentuk Kemiringan Lereng Dengan Menggunakan Perbaikan Tanah Dasar Metode Vacuum Preloading Dan Geotextile Encased Stone Columns Studi Kasus: Jalan Tol Batang-Semarang Seksi 3 STA 414+600 s/d STA 414+725

Dengan Hasil :

<input type="checkbox"/> Lulus Tanpa Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
<input checked="" type="checkbox"/> Lulus Dengan Perbaikan	<input type="checkbox"/> Mengulang Ujian Lisan

Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

1. Rumusan masalah ~~nya~~ perlu ditambah jenis perkuatan yang dibutuhkan.
2. Revisi perhit. γ menentukan Hawal, tentukan dari fakir $\approx 12 \text{ t/m}^2$
3. Tidak perlu pakai Hbongkar.
4. Revisi β pd perencanaan SC (lihat potongan antara bid longsor & SC)
5. cek lagi perhitungan jumlah kebutuhan stone colum (pengaruh jarak)
6. Perhit. SC ^{Teori} jnngan screen shoot, tulis ulang

Tim Penguji (Anggota)	Tanda Tangan
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD	
Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT	
Ir. Suwarno, M.Eng	
Petu tantri ST. MT	

Surabaya, 10 Juli 2018

Dosen Pembimbing I
(Ketua)

Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD

Dosen Pembimbing 2
(Sekretaris)

Must'in Arif, ST. MT

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Abdul Wasi' Azharie, dilahirkan di Pasuruan, 11 Mei 1996, merupakan anak pertamadari dua bersaudara. Menempuh pendidikan formal di SDN Bangilan Pasuruan, SMPN 1 Pasuruan, dan SMAN 1 Pasuruan. Melanjutkan pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Sipil FTSLK-ITS pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3114100040.

Di Departemen Teknik Sipil, penulis mengambil bidang studi geoteknik. Pernah aktif dalam kepengurusan LDJ Al Hadiid Teknik Sipil, dan pernah mengikuti beberapa kegiatan seminar dan pelatihan. Bagi pembaca yang ingin berdiskusi, dapat berkorespondensi melalui email abdulwasiazharie@gmail.com