



TUGAS AKHIR – RC 18-4803

**ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN OPRIT
JEMBATAN TOL KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-
MANYAR STA 7+688- STA 8+078**

DISUSUN OLEH:
RISANDA YUGO PRATAMA
NRP: 03111745000025

DOSEN PEMBIMBING 1 :
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST., MT.

DOSEN PEMBIMBING 2 :
PUTU TANTRI KUMALA SARI, ST, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN
KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



TUGAS AKHIR – RC 18-4803

**ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN OPRIT
JEMBATAN TOL KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-
MANYAR STA 7+688- STA 8+078**

DISUSUN OLEH:
RISANDA YUGO PRATAMA
NRP: 03111745000025

DOSEN PEMBIMBING I :
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST., MT.

DOSEN PEMBIMBING II :
PUTU TANTRI KUMALA SARI, ST, MT.

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



FINAL PROJECT– RC 18-4803

**ALTERNATIVE DESIGN APPROACH BRIDGE ON
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR TOLL ROAD
(STA 7+688- STA 8+078)**

RISANDA YUGO PRATAMA
NRP: 03111745000031

SUPERVISOR I
Dr. YUDHI LASTIASIH, ST., MT.

SUPERVISOR II :
PUTU TANTRI KUMALA SARI, ST, MT.

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

LEMBAR PENGESAHAN

ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN OPRIT JEMBATAN TOL KRIAN-LEGUNDI-BUNDER- MANYAR STA 7+688- STA 8+078

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

RISANDA YUGO PRATAMA

NRP. 03111745000025

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST, MT
2. Putu Tantri Kumala, ST



SURABAYA
Juli 2019

ALTERNATIF PERENCANAAN TIMBUNAN OPRIT JEMBATAN TOL KRIAN-LEGUNDI-BUNDER- MANYAR STA 7+688- STA 8+078

Nama Mahasiswa : Risanda Yugo Pratama
NRP : 03111745000025
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Konsultasi : 1. Dr. Yudhi Lastiasih,ST., MT
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST ,MT

Abstrak

Dalam pekerjaan jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar terdapat jembatan pada STA 7+541 yang dibuat untuk menghindari jalan desa. Desain awal oprit jembatan tersebut adalah pile slab dan akan direncanakan ulang dengan menggunakan timbunan keseluruhan agar lebih ekonomis. Oprit tersebut sepanjang 390 m dengan tinggi rencana 6,9 m. Setelah dilakukan penyelidikan tanah didapatkan hasil bahwa tanah tersebut didominasi lempung dengan konsistensi soft s/d medium hingga kedalaman 10 m. Dengan tinjauan berupa tinggi rencana timbunan dan keadaan tanah dasar berupa tanah lempung dengan konsistensi soft, maka timbunan tersebut sangat rawan mengalami kelongsoran. Perbaikan tanah dasar sangat perlu direncanakan untuk meningkatkan parameter tanah dan perkuatan timbunan diperlukan untuk mencegah kelongsoran.

Alternatif desain yang dilakukan adalah membandingkan antara metode perbaikan tanah menggunakan soil preloading dan vacuum preloading. Untuk mempercepat waktu pemampatan kedua metode perbaikan tersebut dibantu dengan PVD. Tinjauan berikutnya adalah berupa perkuatan timbunan dari segi kemiringan lereng timbunan. Pada timbunan lereng miring 1:2 digunakan perkuatan berupa geotextile dan micropile sedangkan

pada timbunan tegak digunakan perkuatan berupa Geotextile kombinasi sheetpile dan freyssisol.

Hasil dari analisa terhadap waktu pemampatan adalah penggunaan PVD dengan pola segitiga dengan jarak 1,2 m. Kedalaman PVD menggunakan H dan $2/3H$ (H adalah tebal tanah lunak). Dari masing-masing alternative perencanaan timbunan oprit akan dipilih alternative perencanaan berdasarkan biaya material yang paling ekonomis. Berdasarkan perhitungan material untuk alternative timbunan miring yang paling ekonomis adalah metode perbaikan soil preloading dengan perkuatan geotextile yaitu sebesar Rp 13,148,657,517.04, sedangkan untuk alternative timbunan tegak yang paling ekonomis adalah perbaikan tanah berupa soil preloading dengan perkuatan Freyssisol yaitu sebesar Rp 16,532,748,400

Kata kunci :Geotextile wall, vacuum preloading, freyssisol, micropile

**ALTERNATIVE DESIGN APPROACH BRIDGE ON
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR TOLL ROAD
(STA 7+688- STA 8+078)**

Nama Mahasiswa : Risanda Yugo Pratama
NRP : 03111745000025
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK-ITS
Dosen Konsultasi : 1. Dr. Yudhi Lastiasih,ST., MT
2. Putu Tantri Kumala Sari, ST ,MT

Abstrak

In the work of the Krian-Legundi-Bunder-Manyar Toll Road the bridge on STA 7 + 541 is made to avoid the village road that located under the main road. At first the design of the bridge is using construction of pile slab, and will be redesign using full embankment. The length of the approach is 390 m and the highest embankment is for almost 6,9 m. After the soil investigation, the results is type of soil is clay with soft consistency and medium consistency for almost 10 m depth. By forming consisting of a plan for embankment height and subgrade forming clay with soft consistency, this embankment is very dangerous because of landslides. Improvement of subgrade is needed to improve soil parameters and reinforcement of embankments is needed to prevent landslides.

The design alternative is to compare between soil improvement methods using preloading soil and vacuum preloading. To speed up the compression time the two repair methods are supported by PVD. In this assignment, some alternative design for soil reinforcements will be analyzed from its slope. The reinforcement that used on embankment with slope ratio 1:2 is geotextiles and micropiles, while in upright embankments reinforcement consists of a combination of Geotextile sheeppile and freysissol.

The result of the calculations are, PVD with a triangle pattern with a distance of 1.2 m. The depth of PVD uses H and $2 / 3H$ (H is the thickness of soft soil). The alternative design will

choose based on the cheapest material costs. Based on the calculation of the material, the cheapest alternative for embankment with slope ratio 1:2 is soil preloading combine with geotextile that costs Rp 13,148,657,517.04 and the cheapest alternative for upright embankments is soil preloading combine with freysissol that cost Rp 16,532,748,400

Kata kunci :*Geotextile wall, vacuum preloading, freysissol, micropile*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkah, karunia, rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul Alternatif Perencanaan Timbunan Oprit Jembatan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA 7+688- STA 8+078. Proposal Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik bidang studi struktur program studi S1 Jurusan Teknik Sipil Lintas Jalur FTSLK ITS.

Dalam pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah membantu proses pengerjaan Proposal Tugas Akhir ini hingga selesai. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas bantuan pihak-pihak yang senantiasa membantu dan membimbing dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, terkhusus kepada:

1. Ibu Dr. Yudhi Lastiasih,ST., MT & ibu Putu Tantri Kumalasari, ST , MT sebagai dosen konsultasi
2. Bapak dan Ibu dosen serta staf pengajar jurusan Teknik Sipil FTSLK – ITS.
3. Orang Tua yang selalu turut mendoakan dalam lancarnya Tugas Akhir
4. Rekan – rekan mahasiswa serta semua pihak yang telah membantu penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca akan penulis terima demi kebaikan untuk kedepannya

Surabaya, Juli 2019

Hormat Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----|
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI..... | vii |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1. 1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1. 2 Perumusan Masalah..... | 5 |
| 1. 3 Tujuan Perencanaan..... | 6 |
| 1. 4 Batasan Masalah..... | 6 |
| 1. 5 Manfaat..... | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 9 |
| 2. 1 Parameter tanah dan penentuan secara empiris | 9 |
| 2. 1. 1 Pengujian tanah di lapangan..... | 9 |
| 2. 1. 2 Pengujian tanah di laboratorium | 11 |
| 2. 1. 3 Korelasi Nilai Parameter Tanah | 12 |
| 2. 2 Pemampatan Tanah..... | 16 |
| 2. 2. 1 Pemampatan Segera | 16 |
| 2. 2. 2 Pemampatan sekunder..... | 16 |
| 2. 2. 3 Besarnya pemampatan primer..... | 17 |
| 2. 3 Percepatan waktu pemampatan konsolidasi | 22 |
| 2. 3. 1 Waktu konsolidasi..... | 22 |

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 2. 3. 2 | Prefabricated Vertical Drain untuk percepatan konsolidasi..... | 25 |
| 2. 4 | Metode perbaikan tanah dasar | 30 |
| 2. 4. 1 | Jenis perbaikan tanah | 30 |
| 2. 4. 2 | Metode <i>preloading</i> | 31 |
| 2. 4. 3 | Metode <i>Vacuum Preloading</i> | 35 |
| 2. 5 | Perkuatan timbunan | 39 |
| 2. 5. 1 | Perkuatan timbunan sisi miring..... | 39 |
| 2. 5. 2 | Perkuatan timbunan sisi tegak..... | 46 |
| BAB III | METODOLOGI | 53 |
| 3.1 | Diagram Alir..... | 53 |
| 3.2 | Rincian Tahapan Perencanaan..... | 55 |
| BAB IV | DATA DAN ANALISIS | 61 |
| 4. 1 | Data Umum Perencanaan | 61 |
| 4. 2 | Data tanah..... | 61 |
| 4. 2. 1 | Data tanah dasar | 61 |
| 4. 2. 2 | Data Tanah Timbunan..... | 68 |
| | Asumsi spesifikasi teknis dari material timbunan adalah sebagai berikut : | 68 |
| 4. 3 | Dimensi Tanah Timbunan | 69 |
| 4. 4 | Data Spesifikasi Bahan..... | 69 |
| BAB V | PERENCANAAN TIMBUNAN DAN TANAH DASAR | 71 |
| 5. 1 | Penentuan Tinggi Awal Timbunan..... | 71 |
| 5. 1. 1 | Perhitungan Tegangan <i>overburden</i> efektif... | 71 |

| | | |
|---|---|------------|
| 5. 1. 2 | Tegangan <i>Pre Consolidation</i> | 74 |
| 5. 1. 3 | Distribusi Tegangan akibat Beban Timbunan 75 | |
| 5. 1. 4 | Menghitung Settlement Akibat Timbunan... | 78 |
| 5. 1. 5 | Menghitung Settlement Akibat Perkerasan.. | 80 |
| 5. 1. 6 | Menentukan Tinggi Timbunan Awal dan Akhir | 82 |
| 5. 1. 7 | Kurva Hubungan Awal, H akhir dan S_c | 83 |
| 5. 2 | Waktu Pemampatan | 88 |
| 5. 2. 1 | Waktu pemampatan alami | 88 |
| 5. 2. 2 | Perencanaan PVD..... | 91 |
| 5. 3 | Perhitungan Kebutuhan Material..... | 97 |
| 5. 4 | Metode Soil Preloading | 99 |
| 5. 4. 1 | Penentuan Tinggi Timbunan Kritis | 99 |
| 5. 4. 2 | Perhitungan Pemampatan Akibat Timbunan 106 | |
| 5. 5 | Metode Vacuum Preloading | 112 |
| 5. 5. 1 | Perhitungan Peningkatan Nilai C_u | 113 |
| 5. 5. 2 | Perhitungan Pemampatan Akibat Timbunan 117 | |
| BAB VI ALTERNATIF PERKUATAN TIMBUNAN ... | | 121 |
| 6. 1 | Perkuatan Timbunan miring | 121 |
| 6. 1. 1 | Perkuatan Micropile | 121 |
| 6. 1. 2 | Perkuatan Geotextile | 125 |
| 6. 2 | Perkuatan Timbunan Tegak..... | 130 |
| 6. 2. 1 | Geotextile Timbunan Tegak..... | 130 |

| | | |
|---------------------------------|---|------------|
| 6. 2. 2 | Alternatif Perencanaan Freyssisol..... | 138 |
| 6. 2. 3 | Perhitungan Biaya Material Perkuatan..... | 146 |
| BAB VII KESIMPULAN | | 149 |
| 7. 1 | Kesimpulan..... | 149 |
| 7. 2 | Saran | 155 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. 1 Peta Jawa Timur dan Surabaya | 2 |
| Gambar 1. 2 Segmen tol KLBM | 2 |
| Gambar 1. 3 Kondisi eksiting jembatan STA 7+541 | 3 |
| Gambar 1. 4 Potongan memanjang oprit sisi selatan | 3 |
| Gambar 1. 5 Potongan memanjang oprit sisi utara | 4 |
| Gambar 1. 6 Potongan melintang oprit | 4 |
| Gambar 2. 1 Distribusi tegangan vertikal dalam tanah | 20 |
| Gambar 2. 2 Kurva I untuk timbunan bersisi miring | 21 |
| Gambar 2. 3 Kurva I untuk beban timbunan tegak atau beban merata perkerasan | 22 |
| Gambar 2. 4 Variasi derajat konsolidasi rata-rata terhadap factor waktu, T_v | 24 |
| Gambar 2. 5 Pola segi empat..... | 26 |
| Gambar 2. 6 Pola segitiga | 26 |
| Gambar 2. 7 Diameter lingkaran ekivalen PVD | 26 |
| Gambar 2. 8 Hubungan tinggi timbunan dan besar H traffic | 32 |
| Gambar 2. 9 Pembagian zona peningkatan nilai C_u | 33 |
| Gambar 2. 10 Pembagian zona peningkatan nilai C_u dengan “ <i>berm</i> ” | 33 |
| Gambar 2. 11 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap..... | 35 |
| Gambar 2. 12 Prinsip kerja vacuum preloading method.... | 36 |
| Gambar 2. 13 Korelasi penurunan V_s durasi dari vacuum preloading..... | 36 |
| Gambar 2. 14 Reduksi tekanan air pori vs durasi hasil vacuum preloading | 37 |
| Gambar 2. 15 Tipe Tipe system pompa vakum | 38 |
| Gambar 2. 16 Kondisi internal stability | 40 |
| Gambar 2. 17 Gambar yang bekerja pada overall stability | 41 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 2. 18 Gaya yang terjadi pada <i>foundation stability</i> | 42 |
| Gambar 2. 19 asumsi gaya yang diterima cerucuk..... | 43 |
| Gambar 2. 20 Harga F dari berbagai jenis tanah..... | 44 |
| Gambar 2. 21 Grafik untuk menentukan besarnya F_m | 45 |
| Gambar 2. 22 Konsep Tekanan Tanah Dari Teori Untuk Dinding <i>Geotextile</i> | 48 |
| Gambar 2. 23 Konsep Penyaluran Beban Titik dan Beban Garis | 48 |
| Gambar 2. 24 Ilustrasi perkuatan dinding segmental..... | 50 |
| Gambar 3. 1 Diagram alir..... | 55 |
| Gambar 4. 1 Grafik Prameter tanah menurut kedalaman (a) N-SPT, (b) Berat Jenis , (c) kadar air, (d) koefisien konsolidasi..... | 63 |
| Gambar 4. 1 Grafik Prameter tanah menurut kedalaman (a) N-SPT, (b) Berat Jenis , (c) kadar air, (d) koefisien konsolidasi, (e) tegangan unconfined, (f) cc (lanjutan)..... | 64 |
| Gambar 4. 2 Potongan Melintang Oprit | 69 |
| Gambar 5. 1 Sketsa lapisan tanah yang ditinjau..... | 72 |
| Gambar 5. 2 Hubungan H initial vs H final timbunan miring | 84 |
| Gambar 5. 3 Hubungan H final vs s_c timbunan miring | 85 |
| Gambar 5. 4 Hubungan H initial vs H final timbunan tegak | 86 |
| Gambar 5. 5 Hubungan H final vs s_c timbunan tegak | 87 |
| Gambar 5. 6 Pemampatan tanah alami PVD 10 m..... | 90 |
| Gambar 5. 7 Pemampatan tanah alami PVD 6 m..... | 91 |
| Gambar 5. 8 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi kedalaman PVD 10 m..... | 94 |
| Gambar 5. 9 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi kedalaman PVD 6 m..... | 96 |
| Gambar 5. 10 Analisa timbunan miring tinggi 4 m..... | 105 |
| Gambar 5. 11 Analisa timbunan miring tinggi 4,5 m..... | 106 |

| | |
|--|-----|
| Gambar 5. 12 Grafik settlement timbunan miring PVD full akibat H initial 7,5 m..... | 108 |
| Gambar 5. 13 Hubungan settlement timbunan miring PVD 6 m akibat H initial 7,5 m..... | 110 |
| Gambar 5. 14 Hubungan pentahapan timbunan vacuum preloading h initial 7,5 m | 118 |
| Gambar 6. 1 Analisa $sf = 1,5$ dengan program bantu Geo5 | 122 |
| Gambar 6. 2 Grafik untuk menentukan nilai f | 123 |
| Gambar 6. 3 Grafik untuk menentukan F_m | 124 |
| Gambar 6. 4 Output GEO 5 pada timbunan miring | 126 |
| Gambar 6. 5 Output Geo 5 pada lereng tegak hinitial = 7,5 | 130 |
| Gambar 6. 6 Gaya yang terjadi pada timbunan | 134 |
| Gambar 6. 7 Hasil analisa Geo 5 geotextile wall perhitungan | 137 |
| Gambar 6. 8 Dimensi dinding panel fresissol | 138 |
| Gambar 6. 9 Gambar potongan 1 paraweb straps | 139 |
| Gambar 6. 10 Gambar potongan 2 paraweb straps | 139 |
| Gambar 6. 11 Gambar Distribusi Tegangan Freysissol .. | 142 |
| Gambar 6. 12 Gaya yang terjadi pada fressisol..... | 143 |
| Gambar 6. 13 Hubungan Tinggi Timbunan vs Lapis Geotextile | 147 |
| Gambar 6. 14 Hubungan Tinggi Timbunan vs L_{total} Geotextile | 147 |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Tabel t Probabilitas | 14 |
| Tabel 2. 2 Korelasi N-SPT | 15 |
| Tabel 2. 3 Nilai Parameter Tanah Untuk $G_s = 2,7$ (Biarez & Fere,1976) | 15 |
| Tabel 2. 4 Derajat Konsolidasi dan Waktu | 23 |
| Tabel 2. 5 Harga harga faktor reduksi berdasar kegunaan . | 39 |
| Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir | 59 |
| Tabel 4. 1 Pengelompokkan Jenis dan Konsistensi Tanah. | 62 |
| Tabel 4. 2 Pengelompokan Konsistensi Tanah | 65 |
| Tabel 4. 3 Rekapitulasi Nilai γ | 68 |
| Tabel 4. 4 Rekapitulasi Nilai Parameter Tanah..... | 68 |
| Tabel 5. 1 Perhitungan Tegangan Overburden..... | 74 |
| Tabel 5. 2 Perhitungan Tegangan Pra Konsolidasi | 75 |
| Tabel 5. 3 Rekapitulasi Pembebanan Q | 76 |
| Tabel 5. 4 Perhitungan Settlement Akibat Beban Timbunan | 79 |
| Tabel 5. 5 Perhitungan Settlement Akibat Beban Timbunan | 80 |
| Tabel 5. 6 Perhitungan Settlement Akibat Perkerasan | 81 |
| Tabel 5. 7 Rekapitulasi Settlement Total Pada Timbunan Miring..... | 84 |
| Tabel 5. 8 Rekapitulasi Settlement Total Pada Timbunan Tegak..... | 86 |
| Tabel 5. 9 Rekapitulasi H initial dan SC Total | 88 |
| Tabel 5. 10 Rekapitulasi CV Gabungan PVD 10 m..... | 89 |
| Tabel 5. 11 Rekapitulasi CV Gabungan PVD 6 m..... | 90 |
| Tabel 5. 12 Nilai Hambatan $F(n)$ Pola Segitiga | 92 |
| Tabel 5. 13 Nilai Hambatan $F(n)$ Pola Segiempat | 92 |
| Tabel 5. 14 Derajat Konsolidasi Pola Segitiga 1,2 m Kedalaman 10 m..... | 93 |
| Tabel 5. 15 Derajat Konsolidasi Pola Segitiga 1,2 m Kedalaman 6m..... | 95 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 5. 16 Rekapitan Kebutuhan PVD Timbunan Miring.. | 98 |
| Tabel 5. 17 Perhitungan Rekapitulasi PHD Timbunan Miring..... | 98 |
| Tabel 5. 18 Jadwal Penimbunan Metode <i>Soil Preloading</i> . | 99 |
| Tabel 5. 19 Rekapitulasi Nilai q Setiap Pentahapan | 100 |
| Tabel 5. 20 Perubahan Tegangan Lapisan U=100% Minggu 15 | 101 |
| Tabel 5. 21 Nilai Tegangan Lapisan U=100% Minggu 15 | 102 |
| Tabel 5. 22 Perubahan Tegangan Lapisan U<100% minggu 8..... | 103 |
| Tabel 5. 23 Peningkatan Nilai Cu Untuk Timbunan 8 Tahap | 104 |
| Tabel 5. 24 Peningkatan Nilai Cu Untuk Timbunan 9 Tahap | 105 |
| Tabel 5. 25 Rekapitulasi Pemampatan Timbunan Tahap 1 | 107 |
| Tabel 5. 26 Rekapitulasi Pemampatan Tahapan 1 PVD 6 m | 109 |
| Tabel 5. 27 Rekap Sc 1-6 m | 109 |
| Tabel 5. 28 Rekap Sc 7-10 | 110 |
| Tabel 5. 29 Rate Of Settlement PVD 2/3 Timbunan Hinitial 7,5m..... | 111 |
| Tabel 5. 30 Rekapitulasi Penggunaan PVD | 112 |
| Tabel 5. 31 Pentahapan Timbunan Vacuum Preloading .. | 113 |
| Tabel 5. 32 Perubahan Tegangan Lapisan U=100% minggu 8 Vacuum | 114 |
| Tabel 5. 33 Nilai Tegangan Lapisan U=100% minggu 8. | 114 |
| Tabel 5. 34 Perubahan Tegangan Lapisan U<100% minggu 16 Vacuum | 115 |
| Tabel 5. 35 Rekapitulasi Peningkatan Cu Vacuum Preloading..... | 117 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 5. 36 Rekapitulasi Sc Tahap Pompa Vacuum Preloading..... | 118 |
| Tabel 5. 37 Pemampatan Total yang Terjadi | 119 |
| Tabel 6. 1 Analisa Geo 5 untuk Timbunan Miring H Initial 7,5 m..... | 121 |
| Tabel 6. 2 Rekapitulasi Kebutuhan Micropile Timbunan Miring..... | 125 |
| Tabel 6. 3 Kebutuhan Geotextile Pada Timbunan Miring Hinitial = 7,5 m | 127 |
| Tabel 6. 4 Rekapitulasi Perhitungan Le | 129 |
| Tabel 6. 5 Rekapitulasi Perhitungan L Total..... | 129 |
| Tabel 6. 6 Rekapitulasi Hasil Analisa Geo5 H awal 7,5 m Tegak..... | 130 |
| Tabel 6. 7 Rekapitulasi Perhitungan Sv | 132 |
| Tabel 6. 8 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Geotextile . | 133 |
| Tabel 6. 9 Pehitungan Momen Untuk Cek Gulling..... | 136 |
| Tabel 6. 10 Rekapitulasi Kebutuhan Panjang parawebs straps..... | 141 |
| Tabel 6. 11 Analisa Kuat Tarik Parawebs..... | 143 |
| Tabel 6. 12 Pehitungan Momen Untuk Cek Guling Freysissol..... | 145 |
| Tabel 6. 13 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Timb Miring Geotextile | 147 |
| Tabel 6. 14 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Timb Miring Micropile | 148 |
| Tabel 6. 15 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Timb Tegak Geotextile | 148 |
| Tabel 6. 16 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Timb Tegak Freysissol..... | 148 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

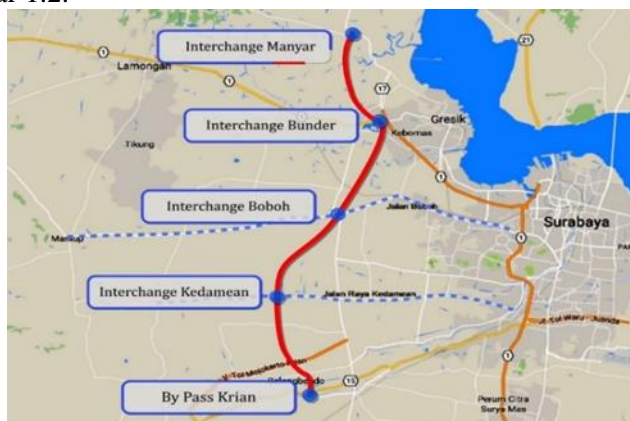
Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu aspek penting dan vital untuk mempercepat proses pembangunan nasional. Infrastruktur juga memegang peranan penting sebagai salah satu roda penggerak pertumbuhan ekonomi. Mengingat gerak laju dan pertumbuhan ekonomi suatu negara tidak dapat dipisahkan dari ketersediaan infrastruktur seperti transportasi, telekomunikasi, sanitasi, dan energi. Maka, pembangunan infrastruktur menjadi fondasi dari pembangunan ekonomi selanjutnya.

Langkah pemerintah dalam meningkatkan laju ekonomi salah satunya adalah pembangunan infrastruktur transportasi seperti jalan tol. Hal ini ditunjukkan dengan data penambahan jalan tol baru dalam kurun tahun 2015 s/d 2019 mencapai 1851 km dan sudah melebihi target yang ditetapkan dalam Rencana Strategis (Renstra) tahun 2015–2019 (sumber:djkn.kemenkeu.go.id). Salah satu tol yang ditargetkan selesai tahun 2019 ini adalah tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar yang menghubungkan dua daerah padat industri di Jawa Timur yaitu Sidoarjo dan Gresik (ditunjukkan pada Gambar 1.1). Tujuan utama pembangunan tol Krian-Legundi-Bunder-Mamyar (KLBM) adalah untuk mempermudah proses distribusi barang dan jasa yang diharapkan akan meningkatkan kualitas ekonomi daerah sekitar.



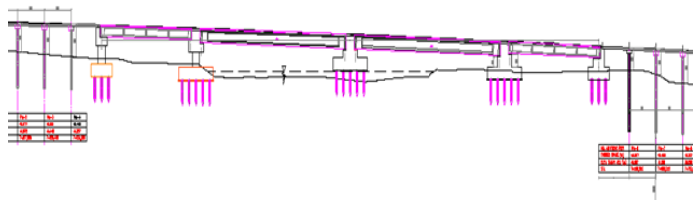
Gambar 1. 1 Peta Jawa Timur dan Surabaya
(Sumber : maps.google.com)

Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar memiliki stasioning awal di kawasan kabupaten Sidoarjo dan akhir pada kawasan pelabuhan Gresik. Jalan tol KLBM ini ditargetkan untuk beroperasi pada juli tahun 2019. Panjang total tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar adalah 38,29 km dengan pembangunan terbagi menjadi 4 seksi yaitu Seksi I dengan panjang 9,5 km Seksi II dengan panjang 9,1 km seksi III dengan panjang 10,57 km dan yang terakhir seksi IV dengan panjang 9,12 km. Pembagian segmen krian legundi bunder manyar tersebut dapat dilihat dari Gambar 1.2.



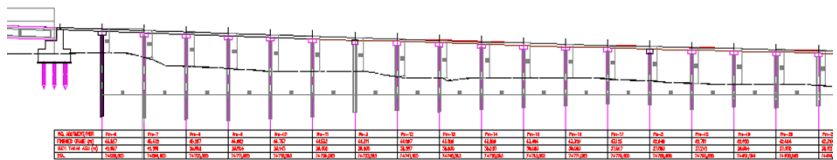
Gambar 1. 2 Segmen tol KLBM
(Sumber : maps.google.com)

Dalam pembangunan jalan tol sepanjang 38,29 km banyak ditemui halangan berupa perlintasan dengan jalan dan sungai sehingga perlu dibangun infrastruktur jembatan agar lalu lintas jalan tol tersebut tidak terganggu. Pada STA 7+541 dibangun sebuah jembatan yang memiliki tujuan untuk menghindari akses jalan desa Manunggal dibawahnya, jembatan ini memiliki bentang 139 meter dengan 3 pilar dan 2 abutmen. Jenis jembatan ini merupakan jembatan pratekan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.3.

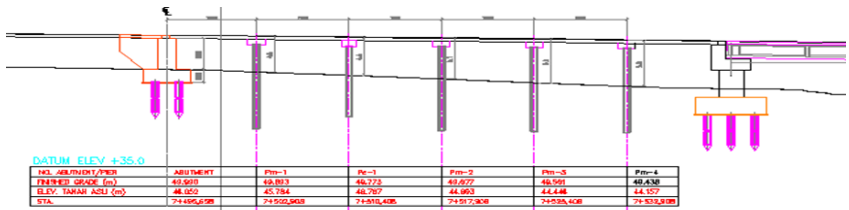


Gambar 1. 3 Kondisi eksiting jembatan STA 7+541
(Sumber : ITS Kemitraan)

Pada perencanaan awal desain dari kontraktor pelaksana PT Waskita Beton Precast menggunakan alternative penggunaan *pile slab* untuk oprit jembatan baik oprit sisi selatan maupun sisi utara. Penggunaan *pile slab* sebagai metode konstruksi oprit bertujuan untuk mempercepat pelaksanaan pekerjaan sehingga pekerjaan dapat selesai dengan target waktu yang diberikan. Jumlah *pile slab* arah memanjang tepatnya di sisi utara yaitu 5 buah dengan jarak rata-rata antar *pile slab* 7,5 m sedangkan jumlah *pile slab* sisi selatan yaitu 53 dengan jarak rata rata antar *pile slab* sebesar 7,5 m dapat dilihat dari Gambar 1.4 dan 1.5.

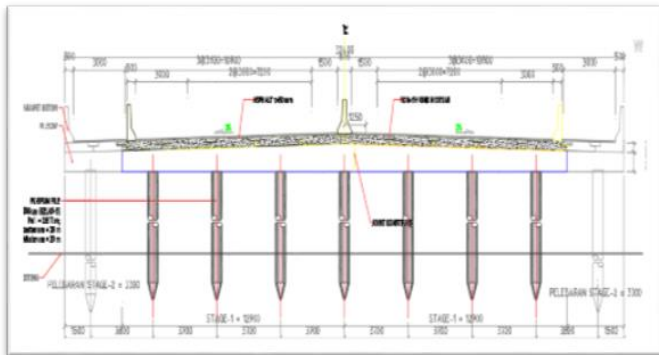


Gambar 1. 4 Potongan memanjang oprit sisi selatan
(Sumber : ITS Kemitraan)



Gambar 1. 5 Potongan memanjang oprit sisi utara
(Sumber : ITS Kemitraan)

Sedangkan pada arah melintang pada 1 baris *pile slab* terdiri dari 7 buah pile dengan jarak sekitar 3,7 meter seperti ditunjukkan pada Gambar 1.6. Ketinggian *pile slab* sisi utara (STA 7+495 s/d 7+541) adalah sekitar 4 meter. Ketinggian *pile slab* pada sisi selatan (STA 7+688 s/d STA 8+078) cukup bervariasi antara 2 sampai 6 meter. Ketinggian pile tertinggi ada pada *pile slab* sisi selatan yaitu 6,9 m seperti ditunjukkan pada Gambar 1.6 berikut :



Gambar 1. 6 Potongan melintang oprit
(Sumber : ITS Kemitraan)

Pada perencanaan alternatif konstruksi oprit direncanakan dengan menggunakan timbunan seluruhnya, dikarenakan konstruksi oprit dengan timbunan seluruhnya akan lebih ekonomis. Alternatif perencanaan oprit dengan timbunan tanah perlu

melakukan tinjauan terhadap tanah dasar. Kondisi tanah dasar dilapangan sangat mempengaruhi daya dukung tanah untuk menerima beban. Berdasarkan hasil pengujian SPT dari OGL (Original ground level) pada kedalaman rata rata 10 m jenis tanah di dominasi oleh tanah lempung dengan konsistensi lunak (soft) seperti yang ditunjukkan. Pada pelaksanaanya perlu dilakukan analisa terhadap besar pemampatan yang terjadi dan lama waktu pemampatan yang terjadi. Solusi terhadap besar pemampatan yang terjadi adalah dengan melakukan perbaikan tanah dasar yang akan dibandingkan dua metode yaitu *preloading* dan *Vacuum preloading*, sedangkan untuk lama waktu memampatan digunakan PVD dan PHD. Penggunaan PVD dianalisis dengan kedalaman beragam yaitu ($H & \frac{2}{3} H$) untuk mendapatkan nilai yang paling efektif sekaligus ekonomis dari kedua alternatif kedalaman tersebut.

Selain itu perlu dilakukan analisa stabilitas lereng agar timbunan yang dibangun tidak mengalami kelongsoran, pada metode perkuatan tanah dibandingkan antara timbunan dengan dinding tegak menggunakan perkuatan kombinasi *geotextile* dan *sheet pile* dibandingkan dengan *freysissol* dan timbunan dinding miring dengan perkuatan *geotextile* dibandingkan dengan *micropile*. Studi ini dilakukan sebagai alternative perencanaan konstruksi oprit dengan timbunan yang diharapkan aman efisien dan lebih murah. Pemilihan metode perkuatan dan perbaikan tanah yang tepat dipilih berdasarkan biaya yang termurah setelah semua biaya material dihitung.

1. 2 Perumusan Masalah

Dari penjelasan diatas dapat ditinjau permasalahan pokok, yakni bagaimana merencanakan suatu konstruksi alternatif oprit dengan menggunakan timbunan dengan aman dan ekonomis. Adapun rincian dari permasalahan permasalahan yang harus diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi tanah di lokasi studi?

2. Berapa besar pemampatan yang terjadi akibat beban yang terjadi?
3. Berapa lama waktu konsolidasi yang terjadi?
4. Bagaimana merencanakan Pre fabricated vertical drain dengan kedalaman bervariasi (H & $\frac{2}{3} H$)?
5. Bagaimana merencanakan metode perbaikan tanah dengan menggunakan *preloading* dan *vacuum preloading*?
6. Bagaimana stabilitas timbunan oprit terhadap kelongsoran?
7. Bagaimana merencanakan perkuatan dinding tegak (*geotextile* kombinasi sheetpile dan *freysissol*) dan dinding miring (*micropile* dan *geotextile*)?
8. Berapa biaya material yang dibutuhkan untuk masing masing alternative?
9. Manakah alternative timbunan yang dipilih?

1.3 Tujuan Perencanaan

Perencanaan alternatif oprit STA 7+541 ini mempunyai tujuan secara umum yakni, mampu merencanakan konstruksi oprit dengan menggunakan timbunan tanah yang aman efisien dan hemat.

1.4 Batasan Masalah

Dengan keterbatasan waktu yang ada agar perencanaan ini lebih fokus, tidak menyimpang dari pokok permasalahan yang akan dibahas dan keterbatasan penyusunan Tugas Akhir, maka perlu adanya pembatasan masalah. Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Hanya membahas tentang perhitungan alternatif kondisi oprit
2. Pemilihan alternatif konstruksi oprit hanya berdasarkan Perhitungan material
3. Tidak membahas metode pelaksanaan
4. Beban kendaraan sesuai dengan peraturan
5. Tidak membahas perhitungan dan perencanaan abutmen
6. Tidak menghitung RAB

1.5 Manfaat

Manfaat yang bisa diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah sebagai alternative untuk perencanaan ulang oprit jembatan dengan

menggunakan timbunan tanah yang diharapkan dapat lebih ekonomis dari konstruksi *pile slab* pada kondisi eksistingnya. Pada tugas akhir ini pula dapat dilihat alternative pemilihan metode perbaikan tanah dan perkuatan tanah yang paling tepat untuk dilaksanakan dengan perbandingan berupa nilai perhitungan kebutuhan material yang lebih ekonomis dari masing masing alternatif.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Parameter tanah dan penentuan secara empiris

Penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi seperti mengetahui susunan lapisan tanah/ sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan pondasi bangunan, jalan dll. Kepadatan dan daya dukung tanah serta mengetahui sifat porositas tanah

2.1.1 Pengujian tanah di lapangan

Metode penyelidikan tanah yang digunakan di lapangan antara lain :

a) Standard penetration test

SPT adalah suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu (*disturbed*) dengan teknik penumbukan. Uji SPT terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai dengan pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Alat yang digunakan dalam pengujian adalah mesin bor, mesin pompa dan split barrel sampler , palu dengan berat 63,5 kg dan tripod. Berikut adalah prosedur pengujian tes Standard Penetration Test

- Lakukan pengujian pada setiap perubahan lapisan tanah atau pada interval sekitar 1,50 m s.d 2,00 m sesuai dengan kebutuhan
- Tarik tali pengikat palu (hammer) sampai pada tanda yang telah dibuat sebelumnya kira-kira 75 cm
- Lepaskan tali sehingga palu jatuh bebas menimpa penahan
- Ulangi langkah diatas berkali-kali sampai mencapai penetrasi 15 cm yang pertama dan hitung jumlah pukulan yang terjadi

- Ulangi langkah diatas berkali-kali sampai mencapai penetrasi 15 cm yang kedua dan ketiga hitung jumlah pukulan yang terjadi
- Jumlah pukulan yang dihitung adalah N_2+N_3 , nilai N_1 tidak karena masih kotor pengeboran

b) cone penetration test (sondir)

Cone Penetration Test (CPT) atau lebih sering disebut sondir adalah salah satu survey lapangan yang berguna untuk memperkirakan letak lapisan tanah keras. Tes ini baik dilakukan pada lapisan tanah lempung. Dari tes ini didapatkan nilai perlawanan penetrasi konus. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya per satuan luas. Sedangkan hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya per satuan panjang. Nilai perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat dapat diketahui dari bacaan pada manometer. Sondir ada dua macam, yang pertama adalah sondir ringan dengan kapasitas 0-250 kg/cm² dan yang kedua adalah sondir berat dengan kapasitas 0-600 kg/cm². Jenis tanah yang cocok disondir dengan alat ini adalah tanah yang tidak banyak mengandung batu

- Menentukan lokasi yang permukaannya datar
- Memasang empat buah angker ke dalam tanah dengan memutarnya mengunakan kunci pemutar angker (kunci T). kemudian memasang 2 pelat persegi yng memanjang di saming angker. Jarak antar angker dan jarak kedua pelat disesuaikan dengan ukuran mesin sondir.
- Memasang mesin sondir tegak lurus dan perlengkapannya pada lokasi pengujian, yang diperkuat dengan pelat besi pendek untuk menjepit mesin dan diperkuat dengan mor pengunci angker yang dipasang ke dalam tanah.
- Memasang Traker, tekan stang dalam. Pada penekanan pertama ujung konus akan bergerak ke bawah sedalam 4 cm, kemudian manometer dibaca yang menyatakan perlawanan ujung. Pada penekanan berikutnya konus dan mantelnya

bergerak 4cm. Nilai pada manometer yang terbaca adalah nilai tekanan ujung dan perlawanan lekat.

- Menekan stang luar sampai kedalaman baru, penekanan stang dilakukan sampai setiap kedalaman tambahan sebanyak 20 cm.
- Melakukan hal yang sama dengan langkah kerja di atas sampai pembacaan manometer tiga kali berturut-turut menunjukkan nilai $\geq 150 \text{ kg/cm}^2$ dan jika penekanan mesin sondir sudah mencapai maksimalnya atau dirasa telah mencapai tanah keras, maka pengujian ini dapat dihentikan

2. 1. 2 Pengujian tanah di laboratorium

Metode penyelidikan tanah di laboratorium contohnya adalah sebagai berikut :

a) Kadar air (Water content, Wc)

Secara umum, tanah terdiri dari tiga unsur yaitu butiran tanah atau partikel padat (solid), air (water) dan udara (air atau gas). Kandungan air dan udara yang terdapat dalam tanah menempati rongga (void) yang terdapat didalam butiran yang disebut dengan pori tanah. Bila volume pori di dalam tanah dipenuhi air, maka tanah dinyatakan dalam kondisi jenuh. Sebaliknya bila di dalam pori tanah tidak terisi air sama sekali maka tanah dalam kondisi kering. Besarnya kandungan air yang terdapat dalam tanah sering disebut kadar air atau Wc beberapa metode yang digunakan untuk mengukur kadar air adalah sebagai berikut :

- Metode pengeringan dengan oven (*oven drying method*)
- Pengeringan dengan pembakaran memakai alkohol
- Pengujian dengan speedy (*speedy moisture test*)

b) Pemadatan (compaction)

Pemadatan adalah proses yang dilakukan untuk merapatkan butiran tanah (solid) yang satu dengan yang lain, sehingga partikel tanah saling berdekatan dan pori tanah menjadi semakin kecil. Proses pengujian kepadatan tanah di laboratorium adalah usaha untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum pada energy yang standar dengan jalan memberikan air yang optimum.

Pemadatan dilakukan dengan menggunakan beban standar berdasarkan ASTM D-1586 (1998) dan AASHTO (1982). Hasil yang diperoleh dari pengujian pemadatan tanah biasanya disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara berat volume tanah dalam keadaan dry dan kadar air (moisture content). Ada dua alat yang bias digunakan untuk pengujian pemadatan tanah di laboratorium yaitu standard proctor dan modified proctor.

c) Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan media (dalam hal ini adalah tanah) untuk mengalirkan air melalui porinya. Masing masing jenis tanah mempunyai permeabilitas yang berbeda beda tergantung dari besar dan bentuk butiran, angka pori, serta bentuk dan susunan porinya. Kemampuan tanah untuk mengalirkan air dinyatakan dalam koefisien permeabilitas dan dinotasikan sebagai k . koefisien permeabilitas dapat didefinisikan sebagai kecepatan air melalui satu unit luasan tanah pada satu hydraulic gradient (i), adalah kehilangan tekanan air (head ΔH) per unit lintasan air (L). Ada dua cara percobaan laboratorium yang dipakai untuk menentukan koefisien permeabilitas

- Constant head
- Falling head

2. 1. 3 Korelasi Nilai Parameter Tanah

Analisa korelasi parameter tanah dilakukan untuk mendapatkan data parameter tanah yang akan digunakan untuk analisa perbaikan dan perkuatan tanah. Nilai parameter tanah tersebut di korelasi dari hasil uji lapangan berupa borlog saja. Analisa parameter tanah ini dilakukan dengan pendekatan statistik yaitu dengan mengambil keputusan berdasarkan besar coefisien variasi dari suatu distribusi nilai parameter tanah berikut adalah rumusan yang digunakan :

$$\text{Rata -rata } (\bar{X}) = \frac{\Sigma \text{ nilai data}}{\text{jumlah data } (n)} \quad (2.1)$$

$$\text{Standard deviasi (Sd)} = \sqrt{\frac{\Sigma (X - \bar{X})^2}{n}} \quad (2.2)$$

$$\text{Koefisien Variasi (Cv)} = \frac{sd}{\bar{x}} \times 100\% \quad (2.3)$$

Apabila nilai distribusi sebaran (Cv) lebih kecil dari 30% maka nilai sebaran atau pengelompokan data tersebut dapat diterima.

Selanjutnya untuk menentukan parameter tanah yang akan digunakan dalam perhitungan digunakan cara statistik dengan selang kepercayaan yang baik, yaitu selang yang pendek dengan derajat kepercayaan yang tinggi, oleh karena itu digunakan selang kepercayaan 90%. Bentuk umum selang kepercayaan adalah Batas Bawah < (Parameter tanah) < Batas Atas. Dengan menggunakan „probabilitas t“ yaitu :

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

Dimana

\bar{x} = rata-rata

db = derajat kebebasan

α = tingkat kesalahan

s = standar deviasi

n = jumlah data

x = nilai parameter tanah

Untuk menentukan nilai a (tingkat kesalahan dalam perhitungan) dapat meninjau tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2. 1 Tabel t Probabilitas

| db | α | | | | |
|----|----------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.1 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 |
| 1 | 3.078 | 6.3141 | 12.706 | 31.821 | 63.656 |
| 2 | 1.886 | 2.920 | 4.303 | 6.965 | 9.925 |
| 3 | 1.638 | 2.353 | 3.182 | 4.541 | 5.841 |
| 4 | 1.533 | 2.132 | 2.776 | 3.747 | 4.604 |
| 5 | 1.476 | 2.015 | 2.571 | 3.365 | 4.032 |
| 6 | 1.440 | 1.943 | 2.447 | 3.143 | 3.707 |
| 7 | 1.415 | 1.895 | 2.365 | 2.998 | 3.499 |
| 8 | 1.397 | 1.860 | 2.306 | 2.896 | 3.355 |
| 9 | 1.383 | 1.833 | 2.262 | 2.821 | 3.250 |
| 10 | 1.372 | 1.812 | 2.228 | 2.764 | 3.169 |
| 11 | 1.363 | 1.796 | 2.201 | 2.718 | 3.106 |
| 12 | 1.356 | 1.782 | 2.179 | 2.681 | 3.055 |
| 13 | 1.350 | 1.771 | 2.160 | 2.650 | 3.012 |
| 14 | 1.345 | 1.761 | 2.145 | 2.624 | 2.977 |
| 15 | 1.341 | 1.753 | 2.131 | 2.602 | 2.947 |
| 16 | 1.337 | 1.746 | 2.120 | 2.583 | 2.921 |
| 17 | 1.333 | 1.740 | 2.110 | 2.567 | 2.898 |
| 18 | 1.330 | 1.734 | 2.101 | 2.552 | 2.878 |
| 19 | 1.328 | 1.729 | 2.093 | 2.539 | 2.861 |
| 20 | 1.325 | 1.725 | 2.086 | 2.528 | 2.845 |
| 21 | 1.323 | 1.721 | 2.080 | 2.518 | 2.831 |
| 22 | 1.321 | 1.717 | 2.074 | 2.508 | 2.819 |
| 23 | 1.319 | 1.714 | 2.069 | 2.500 | 2.807 |
| 24 | 1.318 | 1.711 | 2.064 | 2.492 | 2.797 |
| 25 | 1.316 | 1.708 | 2.060 | 2.485 | 2.787 |
| 26 | 1.315 | 1.706 | 2.056 | 2.479 | 2.779 |
| 27 | 1.314 | 1.703 | 2.052 | 2.473 | 2.771 |
| 28 | 1.313 | 1.701 | 2.048 | 2.467 | 2.763 |
| 29 | 1.311 | 1.699 | 2.045 | 2.462 | 2.756 |
| 30 | 1.310 | 1.697 | 2.042 | 2.457 | 2.750 |
| 40 | 1.303 | 1.684 | 2.021 | 2.423 | 2.704 |

Seperti korelasi untuk nilai γ dapat menggunakan Tabel korelasi N-SPT (J.E Bowles, 1984) pada Tabel 2.2 nilai e, C_v dan W_c menggunakan nilai-nilai numeric parameter tanah (Biarez & Favre, 1976) pada Tabel 2.3 Sedangkan C_c menggunakan rumus empiris terhadap water content (Das, 1985)

$$C_c = 0,009 x (w_c - 10) \quad (2.5)$$

Dimana :

C_c = koefisien konsolidasi

W_c = Kadar air (%)

Tabel 2. 2 Korelasi N-SPT

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

(Sumber : J.E. Bowles, 1984)

Tabel 2. 3 Nilai Parameter Tanah Untuk $G_s = 2,7$ (Biarez & Fere,1976)

| sifat tanah | id | e | n | w % | ρsat g/cm ³ | K | | | Lv | | σ | | Mv & Ic | | | | | |
|-------------|-----------|--------|--------|-------|------------------------|-------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------|------|--|
| | | | | | | cm/s | 10 ³ year | lugeon | cm ² /s | 10 ² year | bars | psi | cm ² /kg | 10 ² ton | | | | |
| silt, clay | lunak | 0.5 | 31.25 | 4.4 | 0.8 | 163 | 1.31 | 10 ¹ | 1.03 × 10 ¹ | 10 ¹ | 10 ¹ | | | 0.01 | 0.142 | 100 | 37.6 | |
| | | 0.6 | 37.5 | 3.5 | 0.78 | 129.6 | 1.38 | | | | | 0.05 | 0.71 | 20 | 19.5 | | | |
| | | 0.7 | 43.75 | 2.86 | 0.74 | 105.8 | 1.44 | 10 ¹ | 1.03 × 10 ¹ | 10 ¹ | 1 × 10 ¹ | 3.4 | | | | | | |
| | | 0.8 | 50 | 2.38 | 0.7 | 88 | 1.5 | | | | 2 × 10 ¹ | 6.8 | 0.1 | 1.42 | 10 | 9.76 | | |
| | | 0.9 | 56.25 | 2 | 0.67 | 74.1 | 1.57 | 10 ¹ | 1.03 × 10 ¹ | 10 ¹ | 3 × 10 ¹ | 10.1 | 0.5 | 7.05 | 2 | 1.95 | | |
| | | | | | | | | | | | 4 × 10 ¹ | 11.1 | 1 | 14.2 | 1 | 0.976 | | |
| | rata-rata | 1 | 62.5 | 1.7 | 0.63 | 63 | 1.63 | 1 × 10 ¹ | 1.03 | 10 ¹ | 5 × 10 ¹ | 16.9 | 2 | 28.4 | 0.5 | 0.488 | | |
| | | 1.1 | 68.75 | 1.45 | 0.59 | 53.9 | 1.69 | 2 × 10 ¹ | 2.06 | | 6 × 10 ¹ | 20.3 | 3 | 42.6 | 0.33 | 0.325 | | |
| | | 1.2 | 75 | 1.25 | 0.56 | 46.3 | 1.76 | 3 × 10 ¹ | 3.10 | | 7 × 10 ¹ | 23.6 | 4 | 58.9 | 0.25 | 0.244 | | |
| | | 1.3 | 81.25 | 1.08 | 0.52 | 39.9 | 1.82 | 4 × 10 ¹ | 4.13 | | 8 × 10 ¹ | 27.0 | 5 | 71.0 | 0.20 | 0.195 | | |
| | | 1.4 | 87.5 | 0.93 | 0.48 | 34.4 | 1.88 | 5 × 10 ¹ | 5.17 | | 9 × 10 ¹ | 30.4 | 6 | 85.3 | 0.17 | 0.163 | | |
| | | 1.5 | 93.75 | 0.8 | 0.44 | 29.6 | 1.94 | 6 × 10 ¹ | 6.20 | | 10 ¹ | 33.8 × 10 ¹ | 7 | 99.5 | 0.14 | 0.144 | | |
| | | 1.6 | 100 | 0.69 | 0.41 | 25.5 | 2.04 | 7 × 10 ¹ | 7.24 | | | | 8 | 113 | 0.12 | 0.122 | | |
| | | 1.7 | 106.25 | 0.59 | 0.37 | 21.8 | 2.07 | 8 × 10 ¹ | 8.26 | | | | 9 | 127 | 0.11 | 0.111 | | |
| sand | 1.8 | 112.5 | 0.5 | 0.33 | 18.5 | 2.13 | 9 × 10 ¹ | 9.20 | | 10 ² | 33.8 × 10 ¹ | 10 | 142 | 0.10 | 0.0976 | | | |
| | 1.9 | 118.75 | 0.42 | 0.3 | 15.6 | 2.2 | 10 ¹ | 10.33 | 1 | | | 11 | 156 | 0.091 | 0.0887 | | | |
| | | | | | | | 10 ¹ | 1.03 × 10 ¹ | 10 | 10 ² | 33.8 × 10 ¹ | 12 | 170 | 0.083 | 0.0815 | | | |
| | 2 | 125 | 0.35 | 0.26 | 13 | 2.26 | 10 ¹ | 1.03 × 10 ¹ | 100 | | | 13 | 185 | 0.077 | 0.075 | | | |
| | 2.1 | 131.25 | 0.29 | 0.22 | 10.6 | 2.32 | 10 ¹ | 1.03 × 10 ¹ | 1000 | | | 14 | 199 | 0.073 | 0.07 | | | |
| | 2.2 | 137.5 | 0.23 | 0.19 | 8.4 | 2.39 | 10 ¹ | 1.03 × 10 ¹ | 10000 | | | 15 | 213 | 0.064 | 0.065 | | | |
| | 2.3 | 143.75 | 0.17 | 0.15 | 6.4 | 2.45 | | | | | | 20 | 284 | 0.050 | 0.0488 | | | |
| | 2.4 | 150 | 0.13 | 0.11 | 4.63 | 2.51 | | | | | | 50 | 710 | 0.020 | 0.0195 | | | |
| | 2.5 | 156.25 | 0.08 | 0.074 | 2.96 | 2.57 | | | | | | 100 | 1420 | 0.010 | 9.76 × 10 ⁻¹ | | | |
| | 2.6 | 162.5 | 0.038 | 0.037 | 1.42 | 2.64 | | | | | | 500 | 7100 | 0.002 | 1.95 × 10 ⁻¹ | | | |
| 2.7 | 168.75 | 0 | 0 | 0 | 2.7 | | | | | | 1000 | 14200 | 0.001 | 9.76 × 10 ⁻¹ | | | | |

(Sumber : Herman Wahjudi, 2012)

2.2 Pemampatan Tanah

Bila lapisan tanah jenuh berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori di dalam tanah tersebut segera bertambah. Perbedaan tekanan air pori pada lapisan tanah, berakibat air mengalir ke lapisan tanah dengan tekanan air pori yang lebih rendah, yang diikuti dengan penurunan tanahnya. Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air pori keluar dari rongga tanah. Proses konsolidasi dapat diamati dengan menggunakan alat bernama *piezometer*, untuk mencatat perubahan tekanan air pori dengan waktunya. Jenis pemampatan tanah salah satunya adalah pemampatan segera, pemampatan primer dan pemampatan sekunder

2.2.1 Pemampatan Segera

Penurunan seketika atau biasa disebut dengan *immediate settlement* diakibatkan dari deformasi elastis tanah kering, basah dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Umumnya, penurunan ini diturunkan dari teori elastisitas. Immediate settlement sendiri biasanya terjadi ketika konstruksi berlangsung. Parameter tanah yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah undrained modulus dengan uji coba tanah yang dilakukan seperti SPT, sondir (dutch penetration test) dan pressuremeter stress. Pemampatan segera umumnya terjadi sangat cepat dan besarnya penurunan yang terjadi tergantung dari besarnya modulus elastisitas kekakuan tanah dan timbunan diatas tanah.

2.2.2 Pemampatan sekunder

Konsolidasi sekunder terjadi setelah proses konsolidasi primer berhenti. Lintasan kurva konsolidasi sekunder didefinisikan sebagai kemiringan kurva pada bagian akhir kurva ΔH -log t atau dari kurva e-log t berikut adalah nilai nilai perumusan untuk pemampatan sekunder:

- Indeks pemampatan sekunder (secondary compression ratio)

$$C_{\alpha} = \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{t_2}{t_1}\right)} \quad (2.6)$$

- Rasio pemampatan sekunder (secondary compression index)

$$C_{\alpha\varepsilon} = \frac{C_{\alpha}}{(1+e_p)} \quad (2.7)$$

- Penurunan konsolidasi sekunder

$$S_s = H \frac{c_{\alpha}}{1+e_p} \log \frac{t_2}{t_1} \quad (2.8)$$

Dimana :

e_p = angka pori saat konsolidasi primer selesai

H = tebal benda uji awal atau tebal lapisan yang ditinjau

$T_2 = t_1 + \Delta t$

T_1 = saat waktu konsolidasi primer selesai

2.2.3 Besar pemampatan primer

Primary consolidation atau konsolidasi primer yaitu penurunan yang disebabkan perubahan volume tanah selama periode keluarnya air pori dari tanah. Penurunan konsolidasi ini umumnya terjadi pada lapisan tanah kohesif seperti lempung atau *clay*. Pada tanah lempung jenuh air, penambahan total tegangan akan diteruskan ke air pori dan butiran tanah. Hal ini berarti penambahan tegangan total ($\Delta\sigma$) akan terbagi ke tegangan efektif dan tegangan air pori. Dari prinsip tegangan efektif, dapat diambil korelasi:

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u \quad (2.9)$$

Dimana :

$\Delta\sigma$ = Penambahan tegangan total

$\Delta\sigma'$ = penambahan tegangan efektif

Δu = Penambahan tegangan air pori

Lempung mempunyai daya rembes yang sangat rendah dan air adalah tidak termampatkan (*incompressible*) dibandingkan butiran tanah maka seluruh penambahan tegangan akan dipikul oleh air ($\Delta\sigma = \Delta u$) dan tegangan efektif tidak memikul penambahan

tegangan sama sekali ($\Delta\sigma' = 0$). Sesaat setelah penambahan tegangan pada lapisan lempung, air dalam pori mulai tertekan dan akan mengalir keluar. Dengan proses ini tekanan air pori pada tiap kedalaman pada lapisan lempung akan berkurang secara perlahan dan tegangan efektif akan bertambah. Terdapat dua jenis konsolidasi berdasarkan tegangan yang diakibatkan yaitu:

a) Normal consolidated soil

Normally consolidated atau tanah terkonsolidasi normal adalah tegangan efektif yang bekerja pada suatu titik di dalam tanah pada waktu sekarang adalah tegangan maksimumnya (atau tanah tidak pernah mengalami tekanan yang lebih besar dari tekanan pada waktu sekarang). Lempung pada kondisi *Normally consolidated* memiliki tekanan prakonsolidasi sama dengan tekanan overburden efektif yang ada pada waktu sekarang ($p_c' = p_o'$).

b) Over consolidated soil

Lapisan tanah lempung biasanya mengalami proses pengendapan. Selama mengalami proses pengendapan, lempung mengalami konsolidasi atau penurunan akibat tekanan tanah yang berada di atasnya. Lapisan tanah yang berada di atasnya ini suatu ketika mungkin hilang akibat proses alam. Hal ini berarti tanah lapisan bawah pada suatu saat dalam sejarah geologinya pernah mengalami konsolidasi akibat dari tekanan yang lebih besar dari yang bekerja sekarang. Tanah semacam ini disebut *Over Consolidated* (OC) atau terkonsolidasi berlebihan. Lempung pada kondisi *Overconsolidated* memiliki tekanan prakonsolidasi lebih besar dari tekanan overburden efektif yang ada pada waktu sekarang ($p_c' > p_o'$). Nilai banding *overconsolidation* (*overconsolidation ratio*, OCR) didefinisikan sebagai nilai banding tekanan prakonsolidasi terhadap tegangan efektif yang ada atau dinyatakan dalam Persamaan :

$$\text{OCR} = \frac{p_c'}{p_o'} \quad (2.10)$$

Dimana :

p_c' = tegangan pra konsolidasi

P_o' = tegangan efektif

Tanah normally consolidated mempunyai nilai $ocr=1$ dan tanah *over consolidated* memiliki nilai $ocr>1$. Secara umum besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah lempung setebal H per lapisan tanah yang dihitung:

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

$$S_c = \left[\frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{P'_o + \Delta P}{P'_o} \right] \quad (2.11)$$

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

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

$$S_c = \frac{C_s H}{1+e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P}{P'_o} \right) \quad (2.12)$$

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

$$S_c = \frac{C_s H}{1+e_o} \log \left(\frac{P_c}{P'_o} \right) + \frac{C_c H}{1+e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P}{P'_c} \right) \quad (2.13)$$

Dimana:

S_c = Pemampatan konsolidasi

H = Tebal lapisan tanah (*Compressible Soil*)

C_c = Indeks pemampatan (*Compression Index*)

C_s = Indeks pemuaiian (*Swelling Index*)

e_o = Angka Pori dari awal lapisan tanah

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

P_c = Tegangan pra konsolidasi (t/m^2)

ΔP = Penambahan beban vertical akibat beban timbunan (t/m^2)

Sehingga besar pemampatan total adalah :

$$S_c = \sum_{i=1}^n S_{c_i} \quad (2.14)$$

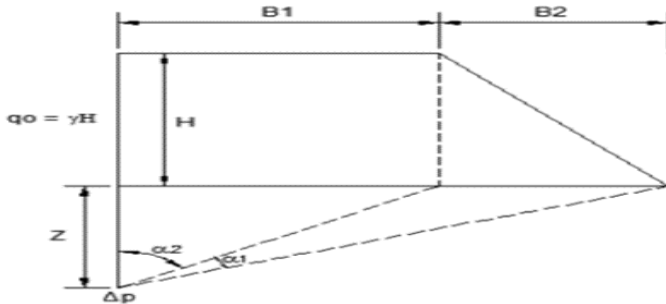
Dimana :

S_{c_i} = besar pemampatan konsolidasi untuk lapisan ke- i (m)

n = jumlah lapisan tanah yang dihitung besar pemampatan

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

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



Gambar 2. 1 Distribusi tegangan vertikal dalam tanah
(Sumber : Mochtar, 2012)

Besar penambahan beban, ΔP adalah :

$$\Delta P = \frac{q_0}{180} \left(\left(\frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) \times (a_1 + a_2) - \left(\frac{B_1}{B_2} \times a_2 \right) \right) \quad (2.15)$$

Dimana :

$$q_0 = \text{beban timbunan (t/m}^2\text{)}, q = \gamma_{\text{timbunan}} \times h_{\text{timbunan}} \quad (2.16)$$

ΔP = Penambahan beban vertical akibat beban timbunan (t/m²)

$$a_1 = \tan^{-1} \left(\frac{B_1 + B_2}{Z} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{Z} \right) \text{ (radian)} \quad (2.17)$$

$$a_2 = \tan^{-1} \left(\frac{B_1}{Z} \right) \text{ (radian)} \quad (2.18)$$

B_1 = $\frac{1}{2}$ lebar timbunan (m)

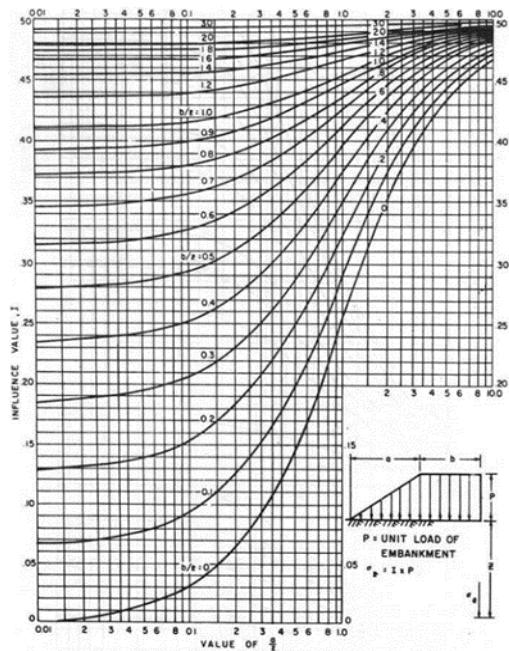
B_2 = panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan

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

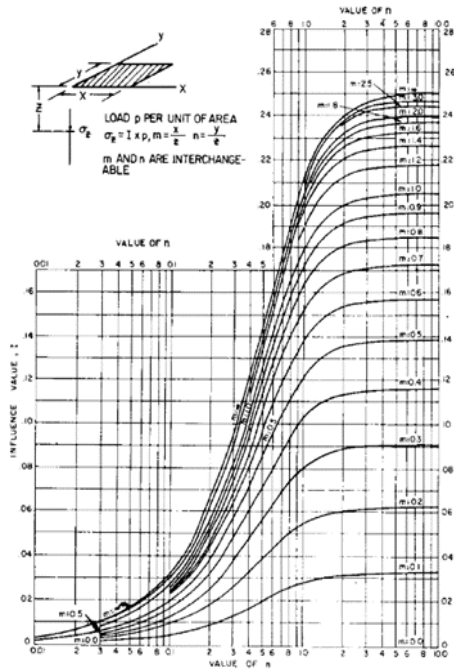
$$\Delta P = 2 \times I \times q_0 \quad (2.19)$$

Dimana :

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



Gambar 2. 2 Kurva I untuk timbunan bersisi miring
(Sumber : Mochtar, 2012)



Gambar 2. 3 Kurva I untuk beban timbunan tegak atau beban merata perkerasan
 (Sumber : Mochtar, 2012)

2.3 Percepatan waktu pemampatan konsolidasi

2.3.1 Waktu konsolidasi

a) Waktu penurunan tanah

Dari perumusan Terzaghi dalam Das (1998) lama waktu konsolidasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$t = \frac{T_v(H_{dr})^2}{C_v} \tag{2.20}$$

Dimana :

t = lamanya waktu konsolidasi

T_v = Faktor waktu terhadap derajat konsolidasi (Tabel)

H_{dr} = panjang aliran air pori dalam tanah (m)

C_v = koefisien konsolidasi vertical (cm²/s)

b) Parameter untuk lamanya penurunan konsolidasi

1) Faktor waktu

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

Untuk U_v antara 0% s.d 60%,

$$U_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \quad (2.21)$$

$$\text{Untuk } U_v \text{ antara } > 60\%, U_v = (100 - a)\% \quad (2.22)$$

Dimana :

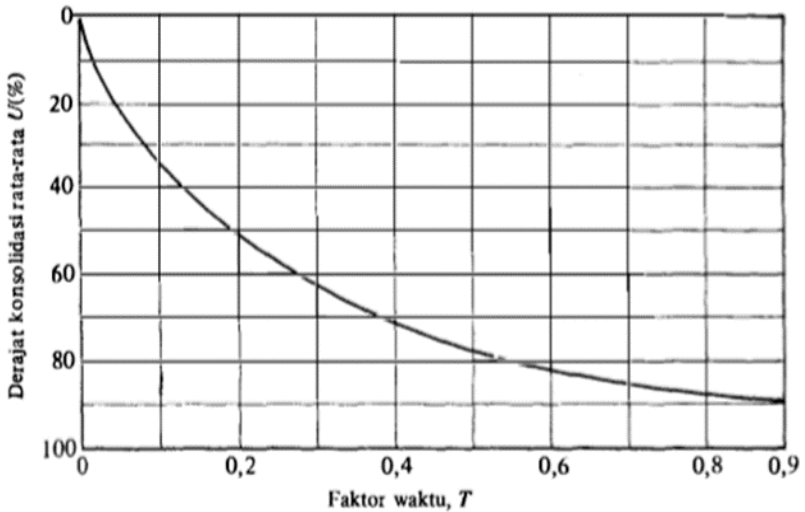
$$a = 10 \left(\frac{1.781 - T_v}{0.933} \right) \quad (2.23)$$

Dari perumusan tersebut, Das (1998) menyajikanya dalam sebuah Tabel berupa variasi factor waktu terhadap derajat konsolidasi untuk seluruh kedalaman lapisan pada Tabel 2.4 dan Gambar 2.4 berikut ini :

Tabel 2. 4 Derajat Konsolidasi dan Waktu

| Derajat Konsolidasi U% | Faktor Waktu (T_v) |
|------------------------|------------------------|
| 0 | 0 |
| 10 | 0.008 |
| 20 | 0.031 |
| 30 | 0.071 |
| 40 | 0.126 |
| 50 | 0.197 |
| 60 | 0.287 |
| 70 | 0.403 |
| 80 | 0.567 |
| 90 | 0.848 |
| 100 | ∞ |

(Sumber : Mochtar, 2012)



Gambar 2. 4 Variasi derajat konsolidasi rata-rata terhadap factor waktu, T_v

(Sumber : Das,1988)

2) Koefisien konsolidasi vertical (C_v)

Untuk jenis tanah yang beraneka ragam atau dapat dikatakan heterogen, yang memiliki jenis tanah dan nilai C_v yang berbeda antar lapisannya harus diperhitungkan koefisien rata-rata nya dengan rumus :

$$C_{v \text{ gabungan}} = \frac{(\sum h)^2}{\left(\left(\frac{h_1}{\sqrt{C_{v1}}} \right) + \left(\frac{h_2}{\sqrt{C_{v2}}} \right) + \left(\frac{h_3}{\sqrt{C_{v3}}} \right) + \dots + \left(\frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}} \right) \right)^2} \quad (2.24)$$

Dimana :

$\sum h$ = tebal perlapisan tanah ditinjau (m)

C_v = harga C_v pada tiap lapisan

2.3.2 Prefabricated Vertical Drain untuk percepatan konsolidasi

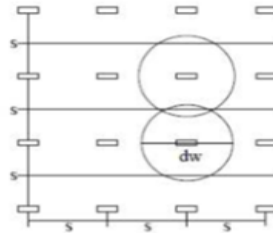
Pvd atau singkatan dari (*prefabricated Vertical Drain*) adalah salah satu cara untuk mempercepat penurunan tanah dimana tanah lempung lunak memiliki permeabilitas yang rendah sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk menyelesaikan waktu konsolidasi. PVD dapat dikombinasikan dengan metode perbaikan tanah seperti *preloading*. Vertical drain yang merupakan jalur/saluran drainase buatan yang dimasukkan ke kedalaman rencana. Dengan kombinasi *preloading* yang dimana terdapat pembebanan diatasnya, air pori diperas keluar selama konsolidasi dan mengalir lebih cepat pada arah horizontal dan arah vertical. Selanjutnya, air pori tersebut mengalir sepanjang jalur drainase vertical yang telah diinstalasi. Oleh karena itu, Vertical drain dengan kombinasi *preloading* akan memperpendek jalur drainase, mempercepat proses konsolidasi dan sekaligus meningkatkan kekuatan geser pada tanah.

a) Menentukan Kedalaman PVD

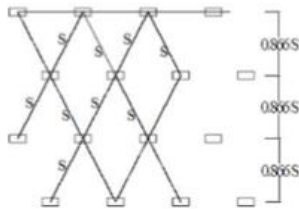
Besarnya kedalaman PVD terpasang yang diperlukan adalah sedalam kedalaman lapisan tanah yang terkonsolidasi compressible biasanya nilai SPT 1- 10 atau pada tanah sedang.

b) Menentukan pola dan jarak pemasangan PVD

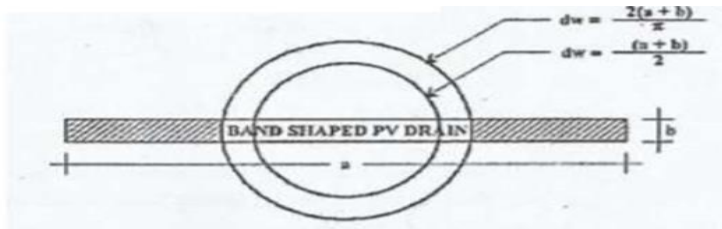
Pada perencanaan pemasangan PVD ada dua macam pola yang digunakan yaitu pola segitiga dan pola bujur sangkar. Dari masing-masing pola memiliki jarak pemasangan yang beragam. Pola dan jarak ditentukan untuk menentukan pola dan jarak mana yang lebih efektif dan efisien. Gambar 2.6 dan Gambar 2.5 adalah contoh pola pemasangan PVD :



Gambar 2. 5 Pola segi empat
(Sumber : Mochtar, 2012)



Gambar 2. 6 Pola segitiga
(Sumber : Mochtar, 2012)



Gambar 2. 7 Diameter lingkaran ekuivalen PVD
(Sumber : Mochtar, 2012)

- c) Menentukan Nilai penghambat $F(n)$
Fungsi $F(n)$ merupakan fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD, oleh Hansbo (1979) dalam Mochtar (2012) harga $F(n)$ dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2-1} \right) \left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2-1}{4n^2} \right) \right] \quad (2.25)$$

atau

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2-1}\right) \left[\ln(n) - \frac{3}{4} \left(\frac{1}{4n^2}\right)\right] \quad (2.26)$$

Dimana:

$$n = D/dw$$

dw = diameter ekuivalen dari vertical drain (ekivalen terhadap bentuk lingkaran)

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

dan $\left(\frac{n^2}{n^2-1}\right) \approx 1$, sehingga:

$$F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4}, \text{ atau} \quad (2.27)$$

$$F(n) = \ln\left(\frac{D}{dw}\right) - \frac{3}{4} \quad (2.28)$$

Hansbo (1979) dalam Mochtar (2012) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut :

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot Ch}\right) \cdot (F(n) + Fs + Fr) \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - \bar{U}_h}\right) \quad (2.29)$$

Dimana :

T = waktu yang diperlukan untuk mencapai U_h

D = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari vertical drain

$$= 1,13 \times S \text{ untuk pola bujursangkar} \quad (2.30)$$

$$= 1,05 \times S \text{ untuk pola segitiga}$$

S = jarak antara titik pusat PVD (2.31)

Ch = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

$$= (kh/kv) \cdot Cv \quad (2.32)$$

Kh/Kv = perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah radial dan vertikal, untuk tanah lempung yang jenuh air, harga $(kh.kv)$ berkisar antara 2 – 5

$F(n)$ = factor hambatan disebabkan jarak antar PVD

Fr = factor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri

Fs = factor hambatan tanah yang terganggu (disturbed)

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

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

$$F_r = \pi \cdot z \cdot (L - z) \cdot \left(\frac{k_h}{q_w} \right) \quad (2.33)$$

Dimana :

Z = kedalaman titik yang ditinjau pada PVD

L = Panjang aliran

K_h = koefisien permeabilitas arah horizontal dalam tanah yang tidak terganggu

Q_w = discharge capacity dari drain (tergantung dari jenis PVD)

F_s merupakan factor yang disebabkan oleh ada tidaknya perubahan pada tanah disekitar PVD akibat pemancangan PVD akibat tersebut. Factor ini memasukkan “disturbance” (gangguan) terhadap tanah karena pemancangan tersebut. F_s dapat dirumuskan sebagai berikut : (Hansbo, 1979 dalam Mochtar 2012)

$$F_s = \left(\frac{K_h}{K_s} - 1 \right) \ln \left(\frac{d_s}{d_w} \right) \quad (2.34)$$

Dimana :

K_s = Koefisien permeabilitas arah horizontal pada tanah sudah terganggu

D_s = diameter daerah yang terganggu sekeliling vertical drain

D_w = Diameter lingkaran ekivalen untuk PVD

Berdasarkan Mochtar (2012) adanya factor F_s dan F_r cenderung memperlambat kecepatan konsolidasi. Dari penyelidikan diketahui bahwa factor paling penting adalah $F(n)$. besarnya F_s dapat lebih besar sedikit atau mendekati $F(n)$, tergantung dari kerusakan tanah akibat adanya pemancangan PVD. F_r tidak begitu penting sehingga dianggap nol. Dengan memasukkan asumsi tersebut maka diperoleh Persamaan waktu konsolidasi sebagai berikut .

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot C_h} \right) \cdot (2 \cdot F(n)) \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \bar{U}_h} \right) \quad (2.35)$$

Dimana :

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

d) Menentukan derajat konsolidasi total

Dalam menentukan derajat konsolidasi total perlu dilakukan tinjauan terlebih dahulu terhadap konsolidasi Vertikal (U_v) dan konsolidasi Horizontal (U_h) , perhitungan konsolidasi horizontal dapat menggunakan rumus dibawah ini :

$$U_h = \left[1 - \left(\frac{1}{e^{\frac{t \times 8 \times c_h}{d^2 \times 2 \times F(n)}}} \right) \right] \quad (2.36)$$

Dimana :

- T = waktu konsolidasi
Ch = koefisien konsolidasi horizontal (2 sampai 5 Cv)
D = Diameter
F(n) = Faktor penghambat

Untuk menentukan derajat konsolidasi vertika (U_v) digunakan rumus berikut ini:

$$U_v = 2 \times \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \quad (2.37)$$

Dimana :

T_v = Faktor waktu konsolidasi

Untuk menentukan derajat konsolidasi Total (U_{tot}) digunakan rumus berikut ini:

$$U_{tot} = (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\% \quad (2.38)$$

2.4 Metode perbaikan tanah dasar

2.4.1 Jenis perbaikan tanah

Perbaikan tanah terbagi atas dua kelompok, yakni perbaikan tanah secara kimiawi dan perbaikan tanah secara fisik. Kedua cara tersebut memiliki kesamaan dalam tujuan dan sasaran yang ingin dicapai, namun banyak perbedaan dalam metode maupun bahan pencampur atau additive yang dipergunakan. Teknik perbaikan tanah memiliki prinsip dasar bahwa perbaikan tanah yang kurang baik (dalam berbagai aspek), dapat diperbaiki melalui peningkatan sifat-sifat (properties) daripada tanah, sesuai dengan tujuan perbaikan yang diinginkan. Jika yang diinginkan adalah peningkatan daya dukung kuat geser tanah, maka beberapa parameter yang perlu diperbaiki adalah berat volume tanah (γ), kohesi tanah (c), sudut geser dalam tanah (ϕ) dan tekanan pori dalam tanah (u). Perbaikan tanah dibagi menjadi dua klasifikasi yaitu:

1. Perbaikan tanah dengan metode kimiawi, yang selanjutnya dapat dibedakan menjadi beberapa sudut tinjauan antara lain:
 - a) Ditinjau dari jenis bahan pencampur (additive) dibagi menjadi perbaikan tanah dengan bubuk dan perbaikan tanah dengan larutan
 - b) Ditinjau dari jenis material bubuk (powder) dibagi menjadi perbaikan tanah dengan semen, perbaikan tanah dengan kapur dan perbaikan tanah dengan abu
 - c) Ditinjau dari cara pencampuran dibagi menjadi metode pengadukan dan metode penyuntikan
2. Perbaikan tanah dengan metode fisik, yang bila ditinjau dari aspek metode pelaksanaannya dapat dibedakan dalam beberapa jenis:
 - a) Pemadatan tanah (compaction)

- b) Metode *preloading* (consolidation)
- c) Metode *vacuumpreloading* (consolidation)
- d) Penegringan tanah (Dewatering)
- e) Penggantian tanah (replacement)

2. 4. 2 Metode *preloading*

- a) Perhitungan H initial dan H final timbunan

Pada pembangunan suatu ruas jalan yang menggunakan timbunan perlu diperhatikan bahwa belum terdapat beban lalu lintas, Pavement juga baru dihampar ketika tanah dasar mengalami pemampatan. Beban-beban tersebut menyebabkan tanah mengalami pemampatan. Elevasi rencana permukaan jalan tidak akan terpenuhi apabila tidak diantisipasi dengan cara menyediakan tinggi timbunan dilapangan melebihi tinggi timbunan rencana. Tinggi timbunan yang perlu di timbun di lapangan disebut juga H awal atau H initial sedangkan H yang sudah mengalami pemampatan akibat beban-beban diatas disebut H akhir.

Kondisi Awal:

$$q_{awal} = H_{initial} \times \gamma_{timbunan} \quad (2.39)$$

Setelah Mengalami Konsolidasi:

$$q_{akhir} = (H_{initial} \times \gamma_{timbunan}) - (S_c \times (\gamma_{timbunan} - \gamma'_{timbunan})) \quad (2.40)$$

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

$$H_{initial} = \frac{q + (S_c(\gamma_{timb} - \gamma'_{timb}))}{\gamma_{timb}} \quad (2.41)$$

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

$$H_{initial} = \frac{q + (S_c \times \gamma_w)}{\gamma_{timb}} \quad (2.42)$$

$$H_{Akhir} = (H_{initial} - S_c_{timbunan} - S_c_{Pavement} - H_{bongkar-traffic}) + H_{pavement} \quad (2.43)$$

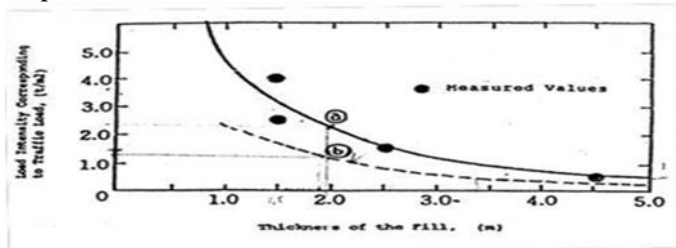
Dimana:

$S_{ctimbunan}$ = Penurunan tanah dibawah timbunan oleh beban.

$S_{cpavement}$ = Penurunan akibat beban lalulintas.

$H_{bongkar-traffic}$ = Tinggi timbunan yang dapat dibongkar akibat pengaruh beban traffic.

Hubungan tinggi timbunan dan besar H bongkar traffic dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Hubungan tinggi timbunan dan besar H traffic
(Sumber : Mochtar, 2000)

b) Perhitungan peningkatan daya dukung tanah

Setelah mengalami konsolidasi, tanah dasar menjadi lebih padat, sehingga daya dukung tanah dasar bertambah akibat peningkatan nilai C_u (Undraine 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) daya dukung tanah sebenarnya. Untuk menghitung nilai C_u baru dapat menggunakan Persamaan :

1. Untuk $PI < 120\%$

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0,1899 - 0,0016.PI).\sigma_p' \text{ (2.44)}$$

2. Untuk $PI > 120\%$

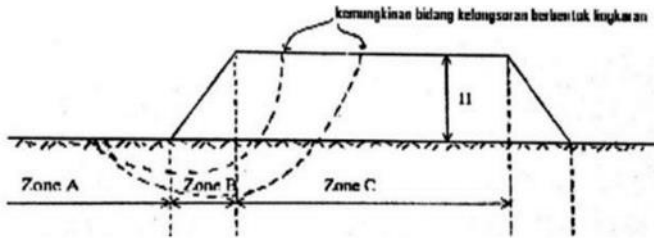
$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0,0454 - 0,00006.PI).\sigma_p' \text{ (2.45)}$$

Dimana :

PI = Plasticity Index

σ_p' = penambahan tegangan total (kg/cm²)

Pembagian zona oleh adanya peningkatan nilai C_u untuk diperiksa kestabilannya dengan menggunakan program bantu adalah berdasarkan Gambar 2.9



Gambar 2. 9 Pembagian zona peningkatan nilai C_u
(Sumber : Mochtar, 2012)

Untuk bentuk timbunan dengan “*berm*” sebagai “*counterweight*” dapat digunakan asumsi seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.10



Gambar 2. 10 Pembagian zona peningkatan nilai C_u dengan
“*berm*”
(Sumber : Mochtar, 2012)

Berdasarkan Gambar 2.9 dan Gambar 2.10 dapat dijelaskan sebagai berikut :

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

Zona B = Zona transisi, $C_u = \frac{C_{uA} + C_{uB}}{2}$ (2.46)

Zona C = Tanah terkonsolidasi dibawah timbunan H, nilai C_u di zona ini ditetapkan dengan berdasarkan nilai terbesar C_u lama dan C_u barudengan ditinjau tegangan tanah awal (P_o') dan juga penambahan tegangan beban. Untuk penambahan tegangan beban maka digunakan Persamaan (dalam t_i dan U total dari perhitungan PVD):

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

$$\Delta P_{1-U1} = \left(\left(\frac{\sigma'_1}{P'_o} \right)^{U1} \cdot P'_o \right) - P'_o \quad (2.47)$$

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

$$\Delta P_{2-U2} = \left(\left(\frac{\sigma'_2}{P'_1} \right)^{U1} \cdot \sigma'_1 \right) - \sigma'_1 \quad (2.48)$$

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

$$\sigma'_{baru} = P'_o + \left[\left(\left(\frac{\sigma'_1}{P'_o} \right)^{U1} \cdot P'_o \right) - P'_o \right] + \left[\left(\left(\frac{\sigma'_2}{P'_1} \right)^{Un} \cdot \sigma'_1 \right) - \sigma'_1 \right] \quad (2.49)$$

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

- Rumus 1 apabila $P'_o + \Delta P_1 \leq P_c$

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P_1}{P'_o} \right) \quad (2.50)$$

- Rumus 2 apabila $P'_o + \Delta P_1 + \Delta P_2 > P_c$

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_c}{P'_o + \Delta P_1} \right) + \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P_1 + \Delta P_2}{P'_c} \right) \quad (2.51)$$

- Rumus 3 apabila $P'_o + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 > P_c$

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_o} \log \left(\frac{P'_o + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3}{P'_o + \Delta P_1 + \Delta P_2} \right) \quad (2.52)$$

Dimana :

C_c = indeks pemampatan (compression index)

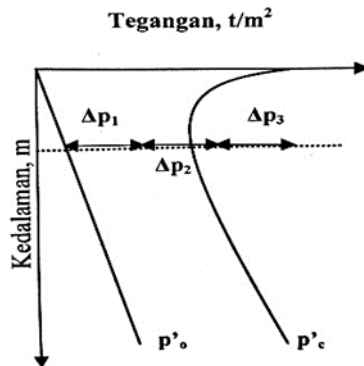
C_s = indeks pemuatan (swelling index)

P'_o = tegangan efektif overburden

ΔP = penambahan tekanan vertikal

e_o = angka pori

Untuk lebih jelasnya, perubahan tangan akibat penambahan beban bertahap dapat dilihat pada Gambar 2.11

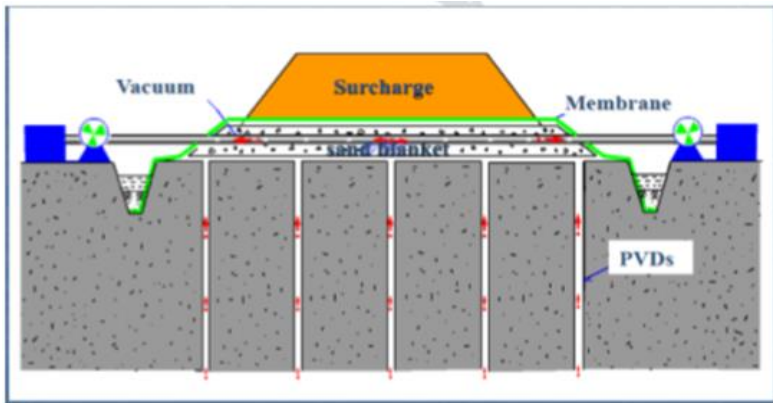


Gambar 2. 11 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap
(Sumber : Mochtar, 2012)

2. 4. 3 Metode *Vacuum Preloading*

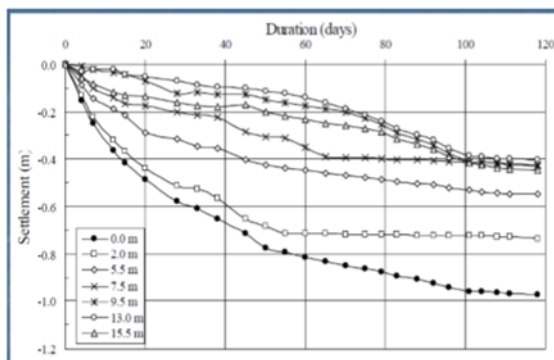
Metode *Vacuum preloading* merupakan pengembangan dari metode *soil preloading*. Alih-alih meningkatkan tegangan efektif tanah dasar melalui beban timbunan tanah, metode *vacuum preloading* melakukan *preloading* dengan mengurangi tegangan air pori (PT. Teknindo Geosistem Unggul, 2015). Hal tersebut dilakukan dengan menghubungkan *pre-fabricated Vertical Drain* (PVD) yang telah dipasang di dalam tanah dengan suatu pompa. Kekuatan pompa itulah yang dapat menggantikan sebagian/seluruh timbunan yang dibutuhkan untuk memampatkan tanah secara *preloading*, sehingga penggunaan metode *vacuum preloading* dapat mengurangi permasalahan kestabilan timbunan dan mempercepat proses penimbunan.

Setelah pemampatan terjadi sebesar yang direncanakan, tanah dasar mengalami peningkatan daya dukung. Kemudian penimbunan tanah setinggi yang direncanakan dapat dilakukan secara cepat. Prinsip *vacuum preloading* dapat dilihat dari Gambar 2.12.



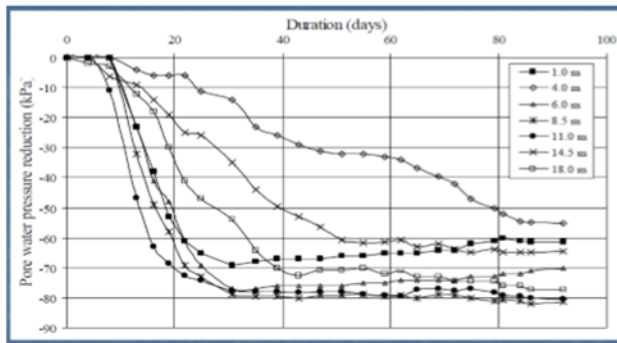
Gambar 2. 12 Prinsip kerja vacuum preloading method
(Sumber : Chu&Yan,2011)

Hasil dari penerapan metode *vacuum preloading*, menunjukkan adanya korelasi yang signifikan antara pengurangan penurunan (*reduce of settlement*) terhadap usia perbaikan yang dilakukan pada beberapa kedalaman tanah. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 2.13



Gambar 2. 13 Korelasi penurunan Vs durasi dari vacuum preloading
(Sumber : Chu&Yan,2011)

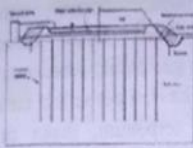


Menurut chu& Yan (2011), bahwa metode *vacuum preloading* efektif diterapkan untuk perbaikan tanah lunak. Metode ini lebih murah dan lebih cepat, dibandingkan dengan metode fill surhange. Hal yang penting adalah mengukur baik penurunan maupun tekanan air pori untuk menghitung tingkat konsolidasi dan mengevaluasi kinerja dari perbaikan tanah yang dilaksanakan. Kedalaman efektif untuk penerapan metode *vacuum preloading* adalah lebih dari 10 m. Dari hasilpenelitian Chu & Yan (2011) diGambarkan nilai pengurangan tekanan air pori yang terjadi yang juga berkorelasi dengan durasi pelaksanaan dari *vacuum preloading*. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 2. 14 berikut ini :



Gambar 2. 14 Reduksi tekanan air pori vs durasi hasil vacuum preloading

(Sumber : Chu&Yan,2011)

Penggunaan metode *vacuum preloading* sangat identic dengan penggunaan pompa sebagai pengganti dari beban timbunan berikut adalah tipe tipe system pompa *vacuum* seperti pada Gambar 2.15

| System type | Image | Spesification |
|-------------|---|--|
| Chinese |  | <ul style="list-style-type: none"> • Generated vacuum power > 90 kPa • $\Phi 48$ jet pump + 3HA-9 centrifugal water • Power 7.5 kW • Treatment area of 1,000-1,500 m² |
| Menard MSS |  | <ul style="list-style-type: none"> • Generated vacuum power 80 kPa • Menard MS25 type • Power 25 kW • Treatment area of 5,000-7,000 m² |
| Japanese |  | <ul style="list-style-type: none"> • Generated vacuum power 90 kPa • Treatment area of 2,000-3,000 m² |

Gambar 2. 15 Tipe Tipe system pompa vakum
(Sumber : Sandanbata &Kimura, 2006)

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

$$\Delta p_{pompa} = 1 \text{ atm local} \times \text{efektifitas} \quad (2.53)$$

$$1 \text{ atm local} = 1 \text{ atm pada } 0 \text{ mdpl} - p_{udara} \times g_{lokasi} \quad (2.54)$$

$$H_{pompa} = \frac{\Delta p_{pompa}}{\gamma \text{ timbunan}} \quad (2.55)$$

Dimana :

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

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

$$g = 9,81$$

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

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

2.5 Perkuatan timbunan

2.5.1 Perkuatan timbunan sisi miring

a) *Geotextile* slope reinforcement

Geosynthesis yang paling banyak digunakan untuk perkuatan timbunan padabidang teknik sipil salah satunya adalah *Geotextile*. Pada perencanaannya perlu memperhatikan kekuatan tarik dari bahan dalam menerima dan memikul gaya geser saat terjadi kelongsoran. Kekuatan bahan dari *geotextile* dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$T_{allow} = T_{ult} \times \left(\frac{1}{F_{Sid} \times F_{Scr} \times F_{Scd} \times F_{Sbd}} \right) \quad (2.56)$$

Dimana :

T_{allow} = kekuatan *geotextile* yang tersedia

T = kekuatan tarik max *geotextile* yang dipakai

F_{Sid} = FS akibat kerusakan saat pemasangan

F_{Scr} = FS terhadap kerusakan akibat rangkai

F_{Scd} = FS terhadap kerusakan akibat bahan kimia

F_{Sbd} = FS terhadap kerusakan akibat aktifitas biologi

Untuk nilai F_s diatas dapat diambil dari Tabel 2.5 dibawah ini

Tabel 2. 5 Harga harga faktor reduksi berdasar kegunaan

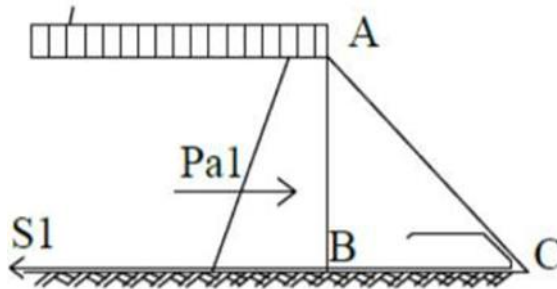
| Penggunaan <i>Geotextile</i> | F_{Sid} | F_{Scr} | F_{Scd} | F_{Sbd} |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Separation</i> | 1,1 – 2,5 | 1,0 – 1,2 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,2 |
| <i>Cushioning</i> | 1,1 – 2,0 | 1,2 – 1,5 | 1,0 – 2,0 | 1,0 – 1,2 |
| <i>Unpaved roads</i> | 1,1 – 2,0 | 1,5 – 2,5 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,2 |
| <i>Walls</i> | 1,1 – 2,0 | 2,0 – 4,0 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,3 |
| <i>Embankments</i> | 1,1 – 2,0 | 2,0 – 3,0 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,3 |
| <i>Bearing capacity</i> | 1,1 – 2,0 | 2,0 – 4,0 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,3 |
| <i>Slope stabilitation</i> | 1,1 – 1,5 | 1,5 – 2,0 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,3 |
| <i>Pavement overlays</i> | 1,1 – 1,5 | 1,0 – 1,2 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,1 |
| <i>Railroads</i> | 1,1 – 3,0 | 1,0 – 1,5 | 1,5 – 2,0 | 1,0 – 1,2 |
| <i>Flexible form</i> | 1,1 – 1,5 | 1,5 – 3,0 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,1 |
| <i>Silt fences</i> | 1,1 – 1,5 | 1,5 – 2,5 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,1 |

(Sumber : Mochtar, 2012)

Adapun kontrol stabilitas pada perencanaan dengan perkuatan *Geotextile* harus ditinjau stabilitasnya pada internal stability, external stability dan foundation stability seperti dibawah ini:

- Cek Internal stability

Pada Gambar 2.16 kondisi internal stability tercapai bila tidak terjadi kelongsoran pada bidang AC. System stabilisasi internal merupakan system yang memperkuat tanah untuk mencapai kestabilan yang dibutuhkan. Sejak tahun 1960 terdapat dua cara yang sering dilakukan di lapangan untuk membuat tanah mencapai kestabilan yang diharapkan yaitu *reinforced soils*; dan in-situ reinforcement.



Gambar 2. 16 Kondisi internal stability
(Sumber : Mochtar 2012)

Reinforced soil merupakan sistem yang menambah material kekuatan saat tanah diurug sedangkan *in-situ reinforcement* merupakan sistem yang menambah material kekuatan dengan cara dimasukkan ke dalam tanah. Hal yang harus diperhatikan pada internal stability:

Syarat tidak terjadi kegagalan pada lereng AC

$$Pa_1 < \frac{\text{berat efektif ABC}}{SF} \times \tan \delta \quad (2.57)$$

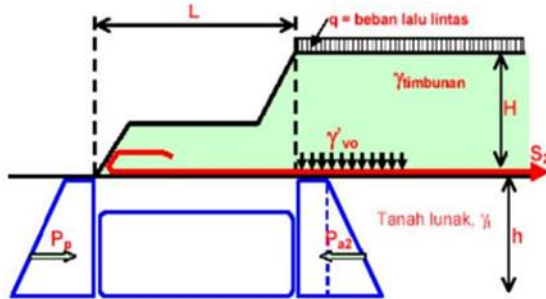
Dimana

δ = Sudut geser antara tanah timbunan dan material *geotextile*

SF = 1,35 untuk beban sementara dan 2,00 untuk beban permanen

- Foundation stability

Kondisi *foundation stability* divisualisasikan pada Gambar 2.18 sebagai berikut :



Gambar 2. 18 Gaya yang terjadi pada *foundation stability*
(Sumber : Mochtar, 2012)

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

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

Dimana :

P_{a2} = tekanan tanah aktif dibawah timbunan

P_p = tekanan tanah pasif dibidang initiation timbunan

C_u = Undrained Shear Strength tanah lunak

T_{allow} = kekuatan *geotextile* yang tersedia

SF = 1,25 untuk beban sementara dan 2 untuk beban tetap

Untuk menghitung panjang *geotextile* pada satu sisi timbunan digunakan Persamaan dibawah:

$$L_{total} = S_v + L_o + L_e + L_R \quad (2.61)$$

Dimana :

S_v = panjang lipatan *geotextile*

L_o = panjang penyaluran setelah S_v (panjang setelah lipatan)

L_e = panjang *geotextile* berada dibelakang bidang longsor

$$= \frac{T_{allow} \times FS}{(\tau_1 + \tau_2) \times E} \quad (2.62)$$

Dimana :

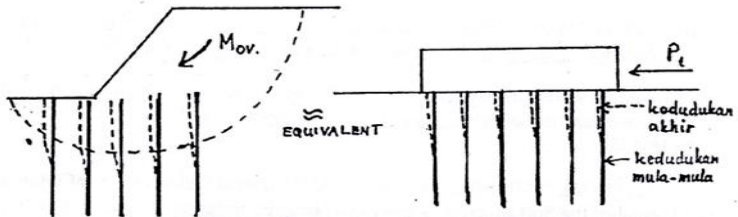
$$\begin{aligned}\tau_1 &= \text{tegangan geser antar tanah dasar dengan } geotextile \\ &= (\tau_1 = C_{u1} + \sigma_v \cdot \tan \phi_1) \quad (2.63)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_2 &= \text{tegangan geser antar tanah timbunan dengan } geotextile \\ &= (\tau_2 = C_{u2} + \sigma_v \cdot \tan \phi_2) \quad (2.64)\end{aligned}$$

E = efisiensi diambil sebesar 0,8

b) *Micropile*

Metode perkuatan tanah cerucuk dengan menggunakan bahan micropike adalah salah satu cara stabilisasi dengan cara memasukkan *micropile* kedalam tanah dasar. Penggunaan *micropile* atau cerucuk sebagai metode perkuatan tanah memiliki fungsi utama yaitu untuk menahan longsor (sliding) yang terjadi. Pada prinsipnya *micropile* diletakkan dibawah bidang longsor untuk memotong garis kelongsoran, *micropile* direncanakan agar dapat menahan gaya geser pada bidang longsor tersebut. Asumsi yang dipergunakan dalam konstruksi cerucuk dapat dilihat pada Gambar 2.19. Pada Gambar tersebut kelompok tiang (cerucuk) dengan “rigid cap” pada permukaan tanah menerima gaya horizontal. Gaya horizontal ini adalah merupakan tegangan geser yang terjadi sepanjang bidang gelincir



Gambar 2. 19 asumsi gaya yang diterima cerucuk

- Perhitungan kekuatan satu cerucuk
Perhitungan kekuatan satu cerucuk harus diperhitungkan, salah satu factor yang mempengaruhi adalah factor kekakuan relative satu cerucuk (T) menurut NAFVAC DM-7,1971 dengan Persamaan:

$$T = \left(\frac{EI}{F} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (2.65)$$

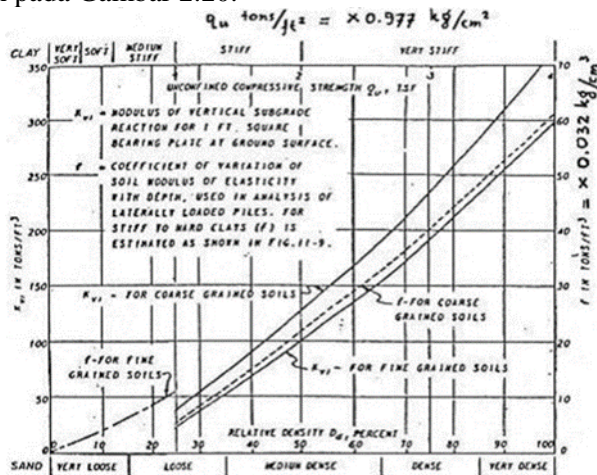
Dimana:

E = modulus elastisitas tiang (cerucuk), kg/cm²

I = momen inersia tiang (cerucuk), cm⁴

F = koefisien dari variasi modulus tanah

Harga F didapatkan dari NAFVAC DM-7,1971 seperti dijelaskan pada Gambar 2.20.



Gambar 2. 20 Harga F dari berbagai jenis tanah
(Sumber : Mochtar 2012)

Selanjutnya dihitung gaya horizontal yang mampu ditahan oleh satu tiang pancang dengan:

$$P = \frac{M_p}{F_m \times T} \quad (2.66)$$

Dimana :

P_{maks} = gaya horizontal yang diterima cerucuk (kg)

$M_{p_{maks}}$ = momen lentur yang bekerja pada cerucuk (kg-cm)

T = faktor kekakuan relative (cm)

Setelah menghitung gaya horizontal yang bekerja pada tiang maka dapat dihitung pula momen maksimum yang bekerja pada satu cerucuk:

$$M_{p \max 1 \text{ cerucuk}} = (\sigma_{\max \text{ bahan}} \times I_n) / \left(\frac{D}{2}\right) \quad (2.67)$$

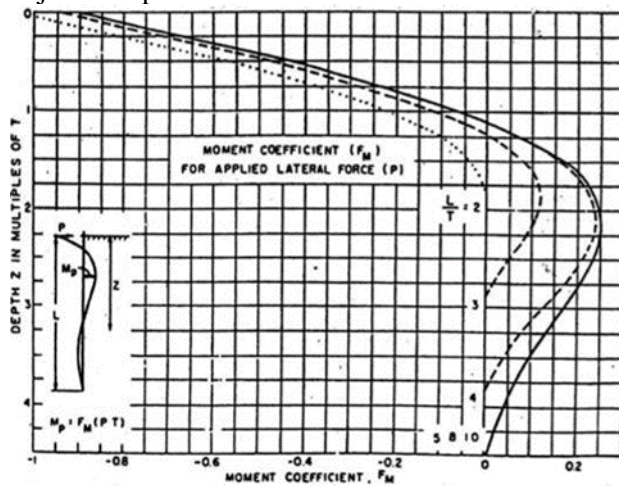
σ_{all} = tegangan lentur ijin bahan cerucuk

I = momen inersia tiang cerucuk, cm^4

D = diameter atau lebar tergantung bentuk penampang

F_m = koefisien momen akibat gaya lateral P

Dengan merencanakan panjang cerucuk dibawah bidang gelincir (L) sehingga harga L/T yang dipakai untuk menentukan harga F_m pada kedalaman (z) didapatkan menurut NAVFAC DM-7 1971 seperti dijelaskan pada Gambar 2.21.



Gambar 2. 21 Grafik untuk menentukan besarnya F_m
(Sumber : Mochtar 2012)

Harga M_p yang telah didapatkan kemudian dipergunakan untuk menghitung gaya maksimum (P -max) yang dapat ditahan oleh satu cerucuk menggunakan Persamaan :

$$P_{\max - 1 \text{ cerucuk}} = \frac{M_{p \max 1 \text{ cerucuk}}}{F_m \times T} \quad (2.68)$$

Dimana :

P_{\max} = gaya horizontal yang diterima cerucuk (kg)

$M_{p \max}$ = momen lentur yang bekerja pada cerucuk (kg-cm)

T = faktor kekakuan relative (cm)

F_m = koefisien momen akibat gaya lateral

- Penentuan kebutuhan jumlah cerucuk
Perhitungan kebutuhan jumlah cerucuk per satuan panjang tegak lurus bidang Gambar potongan melintang, harus diketahui momen penahan (MR) eksisting yang terjadi dari bidang longsor. Selanjutnya maka akan dapat diperoleh momen dorong (MD) berdasarkan Persamaan

$$MD = \frac{MR}{SF \text{ min}} \quad (2.69)$$

Dimana :

MD = Momen Dorong

SF = Angka keamanan minimum yang dianalisis

Mr = Momen penahan

$$Mr = \Sigma \Delta cu \times L \times R \quad (2.70)$$

ΔCu = tegangan geser undrained tanah dasar

L = panjang bidang gelincir

R = jari-jari bidang gelincir

Sehingga dapat dihitung jumlah cerucuk (n) yang harus dipasang persatuan panjang dengan menggunakan Persamaan :

$$n = \frac{\Delta Mr}{R \times P \text{ max} - 1 \text{ cerucuk}} \quad (2.71)$$

N = jumlah cerucuk yang dibutuhkan

ΔMR = Momen penahan tambahan

R = Jari-jari kelongsoran

Pmax = gaya horizontal maks yang mampu dipikul 1 *micropile*

2. 5. 2 Perkuatan timbunan sisi tegak

a) *Geotextile* kombinasi dengan sheetpile

Gaya-gaya yang harus diperhatikan adalah :

1. Tanah dibelakang dinding

2. Beban luar seperti beban surcharge dan beban hidup

Besar tegangan horisontal yang diterima dinding (σ_H) dapat dihitung menggunakan Persamaan:

$$\sigma_H = \sigma_{HS} + \sigma_{Hq} + \sigma_{HL} \quad (2.72)$$

Dimana:

| | |
|---------------|---|
| σ_H | = tegangan horisontal yang diterima dinding |
| σ_{HS} | = tegangan horisontal akibat tanah dibelakang dinding |
| σ_{Hq} | = tegangan horisontal akibat tanah timbunan / surcharge |
| σ_{HL} | = tegangan horisontal akibat tanah hidup |

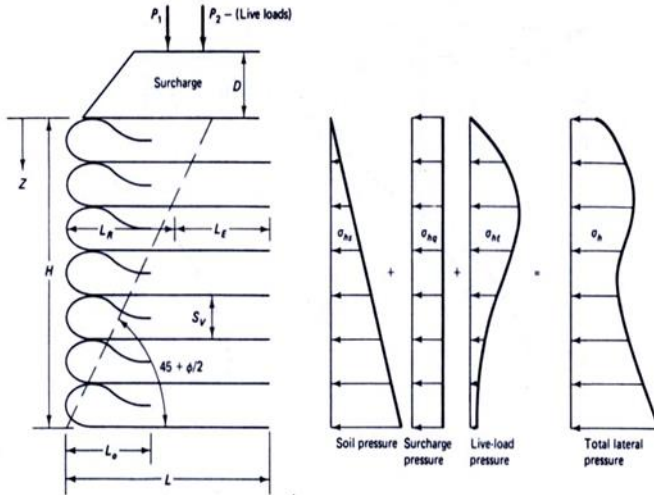
Tegangan horisontal akibat beban diatas tanah dasar dapat dilakukan pengecekan pada Gambar 2.22 dan Gambar 2.23 Jarak Vertikal pemasangan *geotextile* (S_V) diperhitungkan menggunakan Persamaan:

$$\sigma_{HZ} \times S_V \times 1 = \frac{T_{ALL}}{SF} \quad (2.73)$$

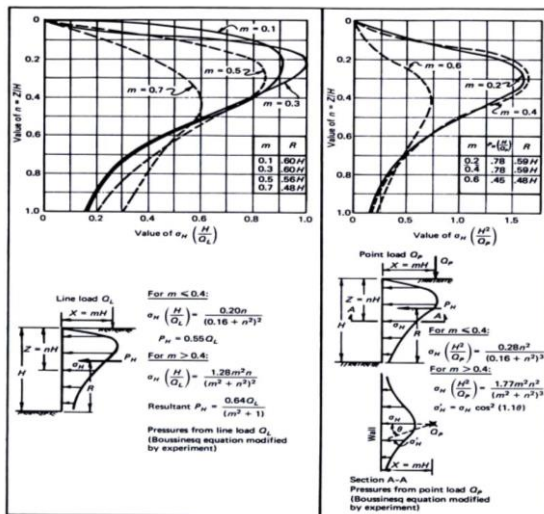
$$S_V = \frac{T_{ALL}}{SF \times \sigma_{HZ} \times 1} \quad (2.74)$$

Dimana:

| | |
|---------------|--|
| σ_{HZ} | = tegangan horisontal pada kedalaman Z |
| Tall | = kekuatan <i>Geotextile</i> yang tersedia |
| SF | = Faktor keamanan 1.3 s/d 1.5 |



Gambar 2. 22 Konsep Tekanan Tanah Dari Teori Untuk Dinding Geotextile
(Sumber :Koerner, 1999)



Gambar 2. 23 Konsep Penyaluran Beban Titik dan Beban Garis
(Sumber : NAVFAC DM-7, 1971)

Panjang *Geotextile* yang dibutuhkan dapat dihitung dengan Persamaan berikut ini:

$$L = L_e + L_R \quad (2.75)$$

Dimana:

$$L_R = (H - Z) \times \left[\text{tg} \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \right] \quad (2.76)$$

$$L_e = \sigma_H S_V SF = 2 \tau L_e \rightarrow \tau = c + \sigma_V \text{tg} \delta \quad (2.65)$$

Sehingga, panjang *geotextile* yang berada dalam anchorage zone menjadi seperti Persamaan .

$$L_e = \frac{S_V \sigma_H SF}{2 [c + \sigma_V (\text{tg} \delta)]} \quad (2.77)$$

Dimana:

L_e = panjang *geotextile* yang berada dalam anchorage zone
(minimum = 3 ft/1.0m)

L_R = panjang *geotextile* yang berada di depan bidang longsor

τ = kekuatan geser tanah terhadap *geotextile*

c = kohesi antar tanah dengan *geotextile* ($c=0$ apabila tanah pasir)

δ = sudut geser antara tanah dan *geotextile*

σ_H = tegangan horizontal

σ_V = tegangan vertikal

Sf = faktor keamanan

Panjang lipatan (L_o) dimana gaya yang diperhitungkan $\frac{1}{2} \sigma_H$, maka rumusnya dapat dilihat pada Persamaan

$$L_o = \frac{S_V \sigma_H SF}{4 [c + \sigma_V (\text{tg} \delta)]} \quad (2.78)$$

Dimana:

c = kohesi antar tanah dengan *geotextile* ($c=0$ apabila tanah pasir)

δ = sudut geser antara tanah dan *geotextile*

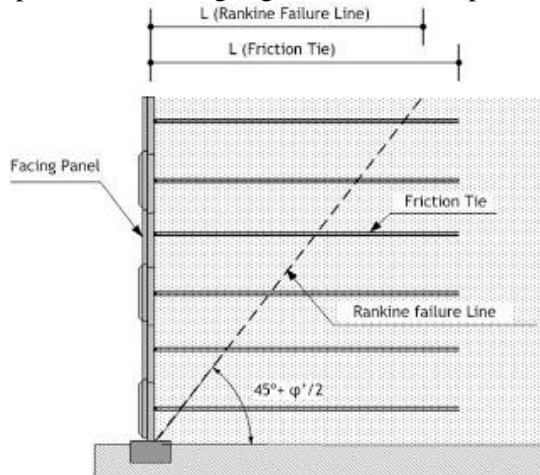
σ_H = tegangan horizontal

σ_V = tegangan vertikal

S_f = faktor keamanan

b) Dinding fressisol

Merupakan suatu konstruksi dinding penahan tanah yang banyak diaplikasikan pada oprit jembatan, oprit flyover dapat dipakai sebagai dinding perkuatan lereng perumahan atau perkantoran. Prinsip dari desain perkuatannya hamper sama seperti hitungan dinding penahan tanah. Perhitungan desain dinding segmental mengacu pada hukum garis keruntuhan rankine. Ilustrasi perkuatan dinding segmental wall ada pada Gambar 2.24.



Gambar 2. 24 Ilustrasi perkuatan dinding segmental

Panel beton segmental pada dinding lereng hanya berfungsi sebagai facing tidak sebagai struktur utama perkuatan dikarenakan perkuatannya sendiri ada pada reinforce atau pada friction tie yang terpasang dibelakang dinding panel beton. Reinforce strip atau friction tie berfungsi menahan tekanan tanah aktif (tekanan tanah kearah dinding dan beban rencana kendaraan) di belakang dinding panel beton juga memotong garis kelongsoran pada lereng. Pada teori rankine garis keruntuhan lereng dibuat dalam Persamaan $45 + \frac{\phi}{2}$. Sistem tembok *Freysissol* dapat digunakan pada:

- Oprit jembatan
- PCI culvert
- Viaduct konvensional
- Peninggian tanah
- Daerah berlereng
- Dinding penahan longsor

-Struktur yang ada pada tembok *Freysissol* adalah:

- Unit beton precast
- Bahan penyambung horizontal
- Loops terbuat dari galvanis yang dilapisi polymer
- Dowels
- Bahan pengisi sambungan vertical
- Konstruksi sementara bila diperlukan

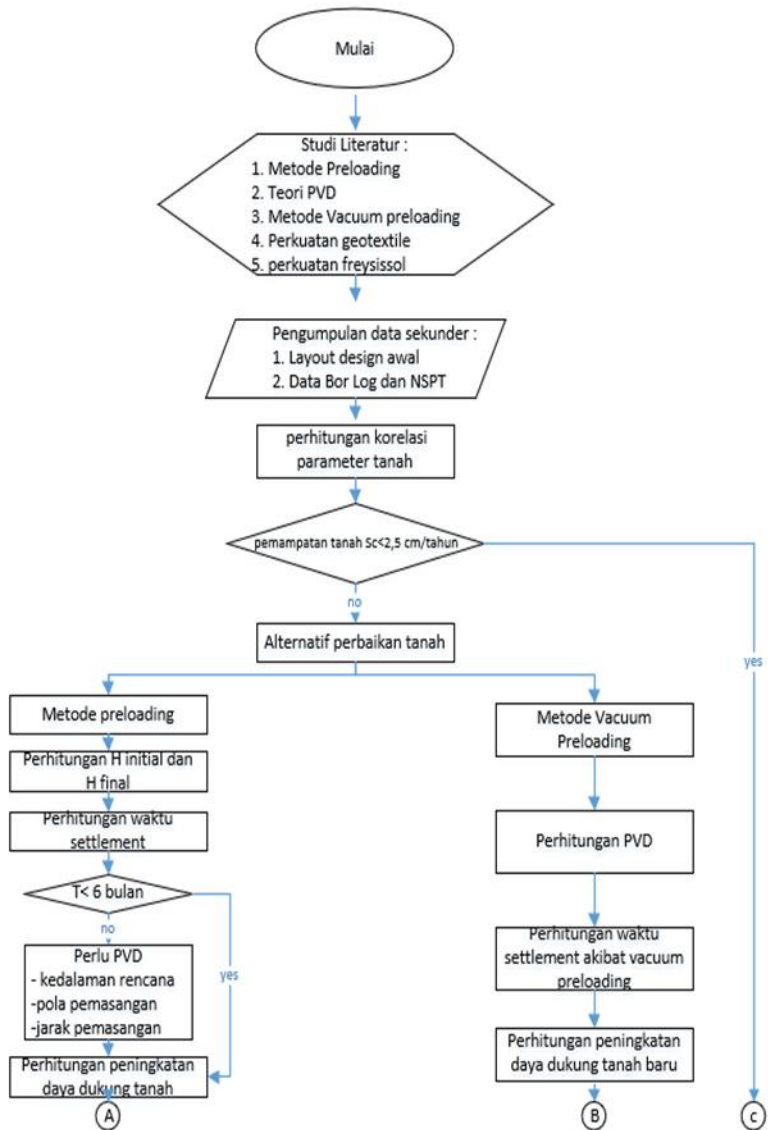
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

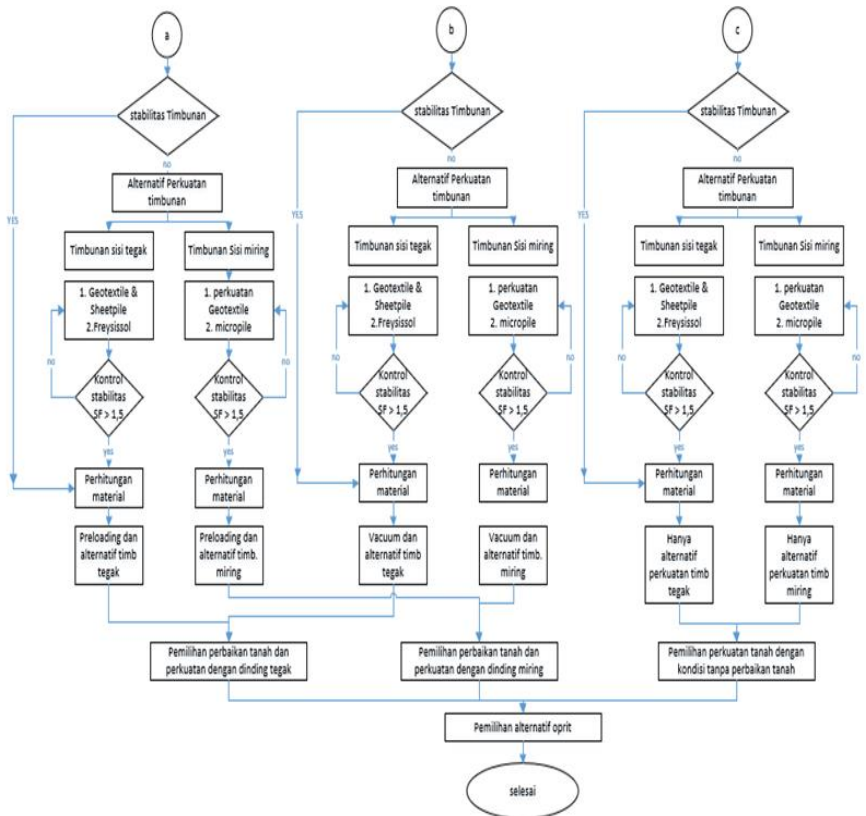
BAB III METODOLOGI

Dalam perencanaan alternatif konstruksi oprit jembatan di Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA STA 7+688-STA 8+078 akan diuraikan tahapan-tahapan pengerjaan tugas akhir. Dimulai dari pengumpulan data, studi literatur yang berkaitan dengan metode perbaikan dan perkuatan tanah, perhitungan korelasi parameter tanah, alternatif perbaikan tanah, analisa stabilitas timbunan, perencanaan perkuatan timbunan sisi tegak dan sisi miring, perhitungan kebutuhan material, dan kesimpulan berupa pemilihan alternative metode perbaikan dan perkuatan yang paling ekonomis.

3.1 Diagram Alir

Diagram alir adalah tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir. Diagram alir diharapkan mampu memudahkan dalam memahami langkah-langkah yang harus ditempuh untuk menyelesaikan analisa perkuatan alternative timbunan oprit. Tahapan-tahapan dari “Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit Jembatan Jalan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA 7+688- STA 8+078” dapat dilihat pada Gambar 3.1





Gambar 3. 1 Diagram alir

3.2 Rincian Tahapan Perencanaan

a. Studi Literatur

Studi literatur dalam sebuah perencanaan bertujuan untuk mengumpulkan dan mempelajari berbagai macam bahan referensi yang digunakan sebagai acuan untuk melakukan perencanaan. Bahan studi yang akan digunakan pada perencanaan adalah sebagai berikut:

- Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah 1 (prinsip-prinsip rekayasa geoteknis)**. Jakarta. Erlangga.
- Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah 2 (prinsip-prinsip rekayasa geoteknis)**. Jakarta. Erlangga.
- Endah, Noor. 2009. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Literatur yang membahas tentang perbaikan tanah dengan *Preloading*.
- Literatur yang membahas tentang perbaikan tanah dengan *Vacuumpreloading*.
- Literatur yang membahas tentang perencanaan vertical drain.
- Literatur yang membahas tentang peningkatan daya dukung dengan *vacuumpreloading*.
- Literatur yang membahas tentang perkuatan timbunan miring dengan menggunakan *geotextile*.
- Literatur yang membahas tentang perkuatan timbunan tegak dengan menggunakan freyssisol.
- Literatur yang membahas tentang perkuatan timbunan tegak dengan menggunakan *geotextile* kombinasi dengan *sheet pile*.
- Literatur yang membahas tentang perkuatan timbunan tegak dengan menggunakan *Micropile*.

b. Pengumpulan Data Sekunder

Data- data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instan terkait. Beberapa data yang diperlukan dalam perencanaan adalah sebagai berikut:

- Layout perencanaan jembatan di STA 7+541 jalan tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar (KLBM).
- Data tanah berupa nilai N-SPT dari data Bor di titik 3 (BH 3) pada STA 7+660 dan di titik 1 (BH1) yaitu pada STA 7+580.
- Hasil laboratorium berupa properties tanah pada STA 0+440.

Data-data diatas telah mencakup tentang jenis tanah, panjang jembatan ,tipe jembatan konfigurasi *pile slab* yang nantinya akan diganti dengan timbunan seluruhnya. Properties tanah yang hanya ada pada STA 0+440 tidak cukup mewakili

sehingga harus dilakukan Korelasi parameter tanah pada STA yang ditinjau.

c. Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar

Setelah data properties tanah pada STA tinjauan sudah didapatkan selanjutnya dilakukan analisa untuk keperluan metode perbaikan tanah di STA tersebut. Apabila settlement pertahun lebih dari 2.5 cm maka harus dilakukan metode perbaikan tanah. Metode perbaikan tanah yang dilakukan adalah metode *preloading* dan metode *vacuumpreloading* dengan penjelasan sebagai berikut:

➤ Metode Preloading

Langkah – langkah metode *preloading* adalah sebagai berikut :

- Perhitungan Hinitial dan Hfinal untuk timbunan oprit
- Perhitungan pemampatan tanah
- Perencanaan *prefabricated vertical drain* dan *prefabricate horizontal drain* untuk mempercepat proses pemampatan
- Perhitungan peningkatan daya dukung tanah dasar

➤ Metode vacuumpreloading

Metode *vacuum pre-loading* merupakan pengembangan dari metode *pre-loading*. Alih-alih meningkatkan tegangan efektif tanah dasar melalui beban timbunan tanah, metode *vacuum pre-loading* melakukannya dengan cara mengurangi tegangan air pori. Hal tersebut dilakukan dengan cara menggunakan pompa dengan kekuatan kurang lebih setara dengan 4m timbunan tanah.

d. Analisa stabilitas timbunan

Analisa kestabilan timbunan pada perencanaan oprit jembatan dengan menggunakan program bantu *Dxstable*, ketika safety factor kurang dari safety factor rencana maka timbunan tersebut perlu menggunakan perkuatan tanah.

e. Perencanaan perkuatan tanah timbunan

Ketika Safety factor yang diharapkan tidak terpenuhi maka harus direncanakan perkuatan tanah timbunan. Perkuatan tanah

timbunan pada timbunan sisi miring adalah perbandingan antara perkuatan *geotextile* dan perkuatan *micropile*. Beberapa hal yang harus diperhatikan terkait metode perkuatan dengan *geotextile* adalah pemilihan tipe *geotextile* yang sesuai, kebutuhan terkait panjang *geotextile*, control *geotextile* adalah pada *internal stability* dan *overall stability*. Perkuatan *micropile* harus meninjau kapasitas daya dukung 1 tiang, jumlah *micropile* yang dibutuhkan dan kedalamn *micropile*. Timbunan sisi tegak dibandingkan dua metode yang pertama adalah kombinasi *sheet pile* dan *geotextile* dan yang kedua adalah *freysissol*. Metode perkuatan dengan *freysissol* harus memperhatikan tentang jumlah kebutuhan *Freysissol* kebutuhan paraweb dan kontrolnya adalah berupa control geser dan guling.

f. Perhitungan Biaya Material Perkuatan dan Perbaikan Pada Timbunan

Setelah didapatkan hasil perhitungan kebutuhan material untuk perbaikan dan perkuatan tanah dengan dinding tegak dan dinding miring maka dapat dihitung total biaya material untuk masing-masing alternative. Pemilihan alternative perbaikan dan perkuatan yang digunakan adalah yang paling ekonomis tanpa meninjau metode pelaksanaan di lapangan.

g. Jadwal Kegiatan

Rangkaian jadwal kegiatan yang dilakukan dalam rangka untuk penyusunan laporan tugas akhir dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Jadwal Pelaksanaan Tugas Akhir

| No. | URAIAN KEGIATAN | JANUARI | | | | FEBRUARI | | | | MARET | | | | APRIL | | | | MEI | | | | JUNI | | | |
|-----|--------------------------|---------|---|---|---|----------|---|---|---|-------|---|---|---|-------|---|---|---|-----|---|---|---|------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | STUDI LITERATUR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | PENGUMPULAN DATA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | KORELASI PARAMETER TANAH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | ANALISA PERBAIKAN TANAH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | ANALISA PERKUATAN TANAH | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | PERHITUNGAN MATERIAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV DATA DAN ANALISIS

4.1 Data Umum Perencanaan

Dalam pembangunan jalan tol sepanjang 38,29 km dibangun beberapa jembatan contohnya pada STA 7+541. Pada STA 7+541 dibangun jembatan yang memiliki panjang bentang 139 meter dengan 3 pilar dan 2 abutmen. Pada perencanaan awal jembatan ini konstruksi opritnya menggunakan pile slab. Oprit tersebut berada pada sisi utara di STA 7+495 s/d 7+541 dan pada sisi selatan di STA 7+688 s/d STA 8+078. Konstruksi oprit inilah yang akan direncanakan ulang dengan menggunakan timbunan seluruhnya dengan alternative design dinding tegak dan dinding miring.

- Deskripsi Proyek : Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar
- Lokasi proyek : Krian, kabupaten sidoarjo
- Posisi Rencana : STA 7+688- STA 8+078
- Bentang Jembatan : 139 Meter
- Panjang melintang oprit :28 meter
- Tinggi oprit :Tinggi maksimal 6,9 m
- Alternative Design :Dinding tegak & Dinding miring

4.2 Data tanah

4.2.1 Data tanah dasar

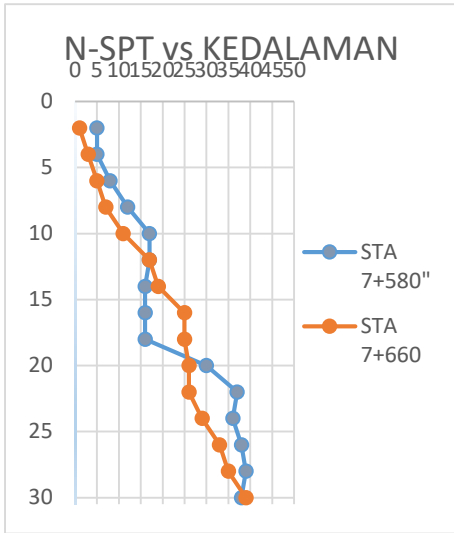
Data tanah yang digunakan dalam perencanaan adalah data dari bore log dari hasil penyelidikan tanah pada area lokasi jalan Tol Krian-legundi-Bunder-Manyar yang dilakukan oleh PT. Sanpala Inticon pada tahun 2016. Data yang didapat adalah 1 titik bor pada STA 7+580 dan 1 titik bor pada STA 7+660 seperti yang terlihat di Lampiran 2. Semua data tanah yang ada akan dievaluasi dengan menggunakan metode statistik dengan selang kepercayaan

yang dipilih adalah 90% sehingga akan didapatkan satu data yang lebih sederhana.

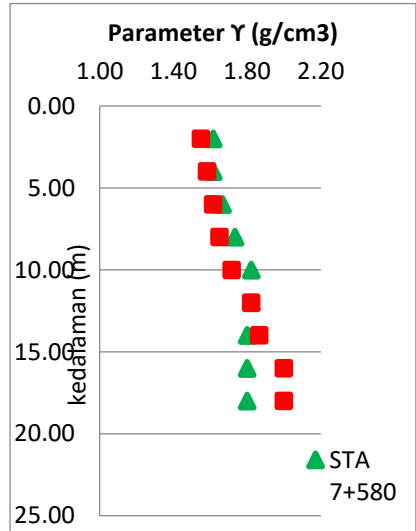
Nilai parameter tanah akan dicari dengan menggunakan metode korelasi dari nilai NSPT yang sudah dapat dibaca di masing-masing titik bor. Nilai γ dan pengelompokan konsistensi tanah menggunakan tabel korelasi dari nilai N-SPT (J.E Bowles, 1984) pada Tabel 2.2. Nilai e , C_v dan W_c menggunakan nilai-nilai numerik parameter tanah (Biarez & Favre, 1976) yang dapat dilihat dari Tabel 2.3, untuk nilai C_u menggunakan Tabel pengelompokan berdasarkan nilai N-spt (mochtar). Nilai C_c menggunakan rumus empiris terhadap water content (Das, 1985) seperti pada Persamaan 2.5. Nilai parameter kemudian dikelompokkan berdasarkan konsistensi dan jenis tanah pada kedalaman yang sama seperti pada Tabel dan Gambar 4.1.

Tabel 4. 1 Pengelompokan Jenis dan Konsistensi Tanah

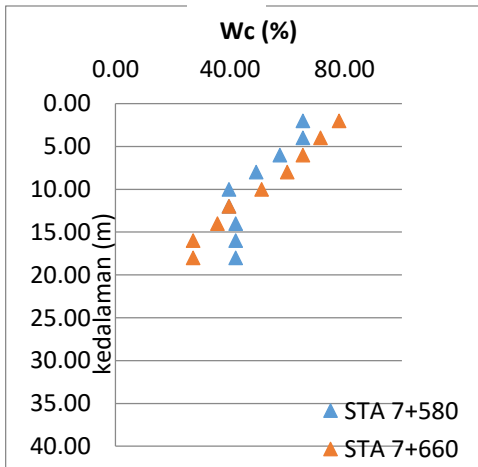
| kedalaman | STA 7+580 | STA 7+680 |
|-----------|--|--|
| 2 | lempung, abu abu kecoklatan, soft | lempung, abu abu kecoklatan, very soft |
| 4 | lempung, abu abu kecoklatan, soft | lempung, abu abu kecoklatan, very soft |
| 6 | lempung, abu abu kecoklatan, medium | lempung, abu abu kecoklatan, soft |
| 8 | lempung, abu abu gelap, medium | lempung, abu abu gelap, medium |
| 10 | lempung, abu abu gelap, stiff | lempung, abu abu gelap, medium |
| 12 | lempung, abu abu gelap, stiff | lempung, abu abu gelap, stiff |
| 14 | lempung, abu abu gelap, stiff | lempung, abu abu gelap, stiff |
| 16 | lempung, abu abu gelap, stiff | lempung, abu abu gelap, stiff |
| 18 | lempung, abu abu gelap, stiff | lempung, abu abu gelap, stiff |
| 20 | lempung, abu abu gelap, very stiff | lempung, abu abu gelap, very stiff |
| 22 | Lanau kelempungan, abu abu gelap, very stiff | lempung, abu abu gelap, very stiff |
| 24 | Lanau kelempungan, abu abu gelap, very stiff | lempung, abu abu gelap, very stiff |
| 26 | Lanau kelempungan, abu abu gelap, very stiff | lempung, abu abu gelap, very stiff |
| 28 | Lanau kelempungan, abu abu, very stiff | lempung, abu abu gelap, very stiff |
| 30 | Lanau kelempungan, abu abu, very stiff | lempung, abu abu gelap, very stiff |



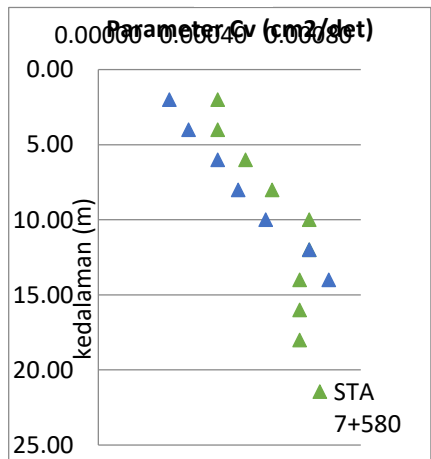
(a)



(b)

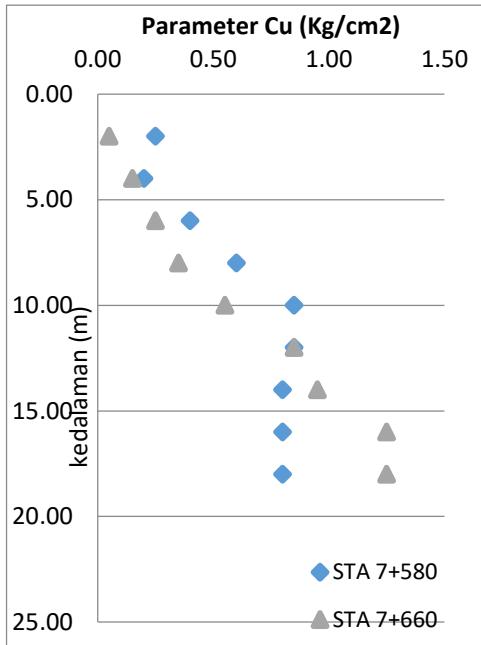


(c)

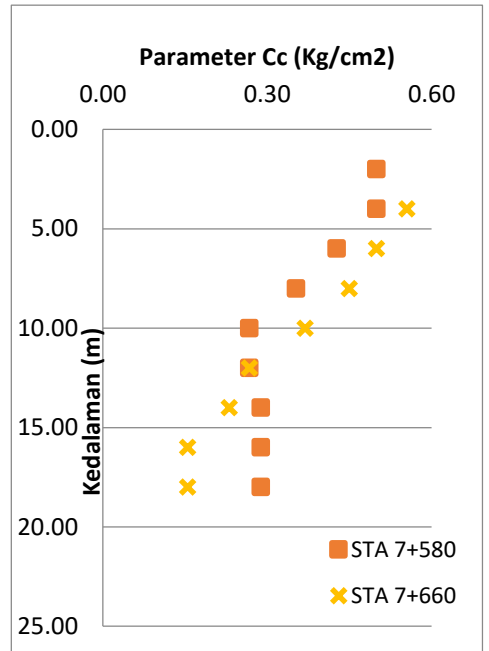


(d)

Gambar 4. 1 Grafik Prameter tanah menurut kedalaman (a) N-SPT, (b) Berat Jenis , (c) kadar air, (d) koefisien konsolidasi



(e)



(f)

Gambar 4. 2 Grafik Prameter tanah menurut kedalaman (a) N-SPT, (b) Berat Jenis , (c) kadar air, (d) koefisien konsolidasi, (e) tegangan unconfined, (f) cc (lanjutan)

Data tanah dasar dianalisis untuk menentukan parameter tanah yang digunakan pada perencanaan perbaikan dan perkuatan tanah pada perhitungan selanjutnya. Data tanah asli yang didapat dari Lampiran 2 dianalisis dengan menggunakan metode statistic selang pendek dengan derajat kepercayaan 90%. Pada Gambar 4.1 menunjukkan sebaran nilai data tanah pada seluruh bore hole dimana terdapat nilai yang cenderung sama dan nilai yang berbeda. Nilai yang memiliki perbedaan cukup jauh dihilangkan untuk mendapatkan nilai yang lebih spesifik. Seluruh faktor tanah akan dianalisis satu persatu seperti pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Pengelompokan Konsistensi Tanah

| kedalaman | Konsistensi | D | STA 7+580 | STA 7+660 |
|-----------|-------------|----|-----------|-----------|
| | | m | | |
| 0-4 | soft | 2 | 1.617 | 1.550 |
| | | 4 | 1.617 | 1.583 |
| 6-10 | medium | 6 | 1.667 | 1.617 |
| | | 8 | 1.733 | |
| | | 10 | 1.822 | 1.717 |
| 12-18 | stiff | 12 | 1.822 | 1.822 |
| | | 14 | 1.800 | 1.867 |
| | | 16 | 1.800 | 2.000 |
| | | 18 | 1.800 | 2.000 |

Data tanah yang dianalisis pada tiap *bore hole* digolongkan terhadap jenis dan konsistensi tanah yang sama. Data yang jauh dari range data lainnya tidak dimasukkan kedalam perhitungan statistic. Untuk mencari γ pada setiap konsistensi menggunakan Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.2 sebagai berikut :

Kedalaman 0 – 4 m (Tanah konsistensi soft)

$$N = 4$$

$$\bar{X} = 1,591$$

$$\Sigma(X-\bar{X}) = 0,031$$

$$Sd = \Sigma(X - \bar{X})^2 / n)^{0.5}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,0319 \\
 \text{Tdb} &= 1,476 \text{ (dari Tabel selang kepercayaan 90\%)} \\
 A &= 10\% \text{ atau } 0,1
 \end{aligned}$$

Kemudian data-data diatas digunakan untuk melakukan perhitungan batas atas dan batas bawah sesuai dengan Persamaan 2.4, dan kemudian dicari rata- rata dari batas atas dan batas bawah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Batas Atas} &= \bar{X} + (Sd/n)^{0.5} x Tdb \\
 &= 1,591 + (0,0319/4)^{0.5} x 1,476 \\
 &= 1,615 \\
 \text{Batas Atas} &= \bar{X} - (Sd/n)^{0.5} x Tdb \\
 &= 1,591 - (0,0319/4)^{0.5} x 1,476 \\
 &= 1,568 \\
 \gamma \text{ dipilih} &= \frac{\text{Batas atas} + \text{Batas bawah}}{2} \\
 &= 1,592
 \end{aligned}$$

Kedalaman 5 – 10 m (Tanah konsistensi medium)

$$\begin{aligned}
 N &= 5 \\
 \bar{X} &= 1,711 \\
 \Sigma(X-\bar{X}) &= 0,0238 \\
 Sd &= \Sigma(X - \bar{X})^2 / n)^{0.5} \\
 &= 0,077 \\
 \text{Tdb} &= 1,44 \text{ (dari Tabel selang kepercayaan 90\%)} \\
 A &= 10\% \text{ atau } 0,1
 \end{aligned}$$

Kemudian data-data diatas digunakan untuk melakukan perhitungan batas atas dan batas bawah sesuai dengan Persamaan 2.4, dan kemudian dicari rata- rata dari batas atas dan batas bawah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Batas Atas} &= \bar{X} + (Sd/n)^{0.5} x Tdb \\
 &= 1,711 + (0,077/5)^{0.5} x 1,44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,761 \\
 \text{Batas Atas} &= \bar{X} - (Sd/n)^{0.5} x Tdb \\
 &= 1,711 - (0,077/5)^{0.5} x 1,44 \\
 &= 1,662 \\
 \gamma \text{ dipilih} &= \frac{\text{Batas atas} + \text{Batas bawah}}{2} \\
 &= 1,711 \\
 \text{Kedalaman 11 - 18 m (Tanah konsistensi stiff)} \\
 N &= 8 \\
 \bar{X} &= 1,863 \\
 \Sigma(X - \bar{X}) &= 0,0528 \\
 Sd &= \Sigma(X - \bar{X})^2 / n)^{0.5} \\
 &= 0,0868 \\
 Tdb &= 1,638 \text{ (dari Tabel selang kepercayaan 90\%)} \\
 A &= 10\% \text{ atau } 0,1
 \end{aligned}$$

Kemudian data-data diatas digunakan untuk melakukan perhitungan batas atas dan batas bawah sesuai dengan Persamaan 2.4, dan kemudian dicari rata-rata dari batas atas dan batas bawah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Batas Atas} &= \bar{X} + (Sd/n)^{0.5} x Tdb \\
 &= 1,863 + (0,0868/8)^{0.5} x 1,638 \\
 &= 1,914 \\
 \text{Batas Atas} &= \bar{X} - (Sd/n)^{0.5} x Tdb \\
 &= 1,863 - (0,0868/8)^{0.5} x 1,638 \\
 &= 1,814 \\
 \gamma \text{ dipilih} &= \frac{\text{Batas atas} + \text{Batas bawah}}{2} \\
 &= 1,864
 \end{aligned}$$

Berikut adalah nilai Rekapitulasi dari perhitungan analisa nilai parameter γ dari tiap-tiap konsistensi tanah dapat dilihat dari Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Nilai γ

| kedalaman | Konsistensi | D m | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)^2$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawah | γ |
|-----------|-------------|----------------------|---|---|---------|-------------------|-------|-------|------------|-------------|----------|
| 0-4 | soft | 2 4 | 4 | 3 | 1.592 | 0.003 | 0.032 | 1.638 | 1.618 | 1.566 | 1.592 |
| 6-10 | medium | 6 8 10 | 5 | 4 | 1.711 | 0.024 | 0.077 | 1.533 | 1.764 | 1.658 | 1.711 |
| 12-18 | stiff | 12 14 16 18 | 8 | 7 | 1.864 | 0.053 | 0.087 | 1.415 | 1.907 | 1.820 | 1.864 |

Analisis nilai parameter tanah lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2 bagian analisis data tanah. Rekapitulasi dari hasil perhitungan statistik yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya dapat dilihat dari Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Nilai Parameter Tanah

| Kedalaman m | Volumetric + Gravimetric | | | | | Konsolidasi | | | Atterberg Limits | | | Strength | | Field Test | KONSIST ENSI |
|----------------|--------------------------|-------|---------|-------------|---------------|-------------|---------------------------|-------|------------------|---------|---------|----------|--------------------------|--------------|-----------------|
| | gs | e | Wc % | gt gr/cc | gsat gr/cc | cc | cv cm ² /kg | cs | LL % | PL % | IP % | pi * | Cu kg/cm ² | NSPT blow | |
| 2 | 2.64 | 1.822 | 67.52 | 1.592 | 1.592 | 0.5 | 0.00042 | 0.074 | 79.91 | 23.34 | 56.58 | 2.5 | 0.06 | 3 | soft |
| 4 | 2.64 | 1.822 | 67.52 | 1.592 | 1.592 | 0.5 | 0.00042 | 0.074 | 79.91 | 23.34 | 56.58 | 2.5 | 0.124 | 4 | |
| 6 | 2.669 | 1.388 | 54.4 | 1.711 | 1.711 | 0.366 | 0.0006 | 0.06 | 101.1 | 22.01 | 79.1 | 2.167 | 0.212 | 7 | medium |
| 8 | 2.669 | 1.388 | 54.4 | 1.711 | 1.711 | 0.366 | 0.0006 | 0.06 | 101.1 | 22.01 | 79.1 | 2.167 | 0.386 | 10 | |
| 10 | 2.669 | 1.388 | 54.4 | 1.711 | 1.711 | 0.366 | 0.0006 | 0.06 | 101.1 | 22.01 | 79.1 | 2.167 | 0.386 | 14 | |
| 12 | 2.669 | 0.999 | 36.92 | 1.864 | 1.864 | 0.223 | 0.0008 | 0.035 | 101.1 | 22.01 | 79.1 | 2.167 | 0.842 | 17 | stiff |
| 16 | 2.669 | 0.999 | 36.92 | 1.864 | 1.864 | 0.223 | 0.0008 | 0.035 | 101.1 | 22.01 | 79.1 | 2.167 | 0.842 | 21 | |
| 18 | 2.669 | 0.999 | 36.92 | 1.864 | 1.864 | 0.223 | 0.0008 | 0.035 | 101.1 | 22.01 | 79.1 | 2.167 | 0.842 | 21 | |

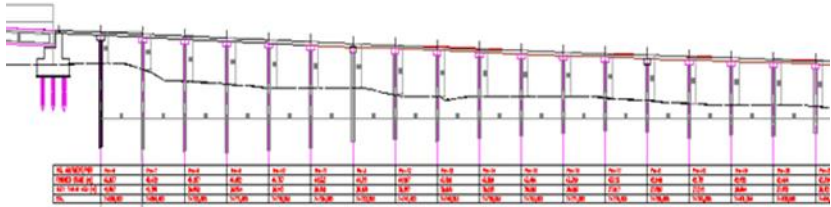
4. 2. 2 Data Tanah Timbunan

Asumsi spesifikasi teknis dari material timbunan adalah sebagai berikut :

- Sifat fisik tanah timbunan :
 - C = 0 Kn/m²
 - γ_t = 18,5 Kn/m³
 - \emptyset = 30°

4.3 Dimensi Tanah Timbunan

Oprit yang ditinjau pada perencanaan kali ini adalah oprit sisi selatan yaitu di STA 7+688 s/d STA 8+078 yang memiliki panjang 390 m dengan ketinggian timbunan tertinggi adalah 6,9 meter. Potongan memanjang oprit tersebut dapat dilihat di Gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4. 3 Potongan Melintang Oprit

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa ketinggian oprit yang ditinjau kedalamannya tidak terlalu fluktuatif sehingga dilakukan hanya pembagian 3 zoning sebagai berikut :

- a) Zoning 1 : STA 7+688 - STA 7+838, Tinggi timbunan 3,7m s/d 5,9 m dan STA 7+988 - 8+028, Tinggi timbunan 3,3 m s/d 5,8 m
- b) Zoning 2 : STA 7+838- STA 7+988, Tinggi timbunan 5,8m s/d 6,9 m
- c) Zoning 3 : STA 8+028 - STA 8+078, Tinggi timbunan 1,7 m s/d 2,6 m

4.4 Data Spesifikasi Bahan

a) Geotextile

Geotextile yang digunakan dalam alternative perkuatan timbunan perencanaan oprit adalah *Woven geotextile* tipe 120/120 dengan *ultimate strength* sebesar 120 kN/m dari produk Husker Stablenka. Brosur spesifikasi produk berada di Lampiran 7

b) Micropile

Micropile yang digunakan dalam alternative perkuatan timbunan adalah Prestressed Concrete Spun Piles dari produk

Waskita Karya. Brosur ukuran dan spesifikasi produk disajikan pada Lampiran 7.

c) Sheet Pile

Sheet pile digunakan dalam alternative perencanaan oprit bersisi tegak adalah produk dari Waskita Precast tipe Flat Concrete Sheet Pile (FCSP). Brosur dan spesifikasi dapat dilihat pada Lampiran 7

d) Prefabricated Vertical Drain (PVD) & Prefabricated Horizontal Drain (PHD)

PVD yang digunakan berfungsi untuk mempercepat terjadinya *settlement* ($U=90\%$) dengan waktu efektif 6 bulan. Dan PHD berfungsi untuk mengalirkan air dari pvd ke samping drainase dalam perencanaan ini digunakan produk pvd brosur produk dapat dilihat di Lampiran 7.

e) Pompa Vacuum

Metode perbaikan dengan menggunakan vacuum preloading sangat bergantung pada spesifikasi yang pompa digunakan. Dalam perencanaan kali ini digunakan pompa dengan kekuatan 80 Kpa dengan detail produk dapat dilihat pada Lampiran 7.

f) Segmental Retaining Wall (Fressisol)

Segmental retaining wall atau biasa disebut fresissol adalah suatu konstruksi dinding penahan tanah dari lapisan-lapisan tanah timbunan yang dipadatkan dengan system perkuatannya menggunakan sabuk (*Friction Tie*). Perkuatan ini juga dibantu dengan *facing* dari beton precast dengan akurasi yang cukup tinggi. Untuk perkuatan *segmental retaining wall* ini digunakan produk dari geoforce Indonesia dengan detail ukuran dan spesifikasi seperti pada Lampiran 7.

BAB V

PERENCANAAN TIMBUNAN DAN TANAH DASAR

Perhitungan konsolidasi primer pada setiap lapisan tanah compressible akan dilakukan untuk semua variasi ketinggian timbunan. Kategori lapisan tanah *compressible* adalah lapisan tanah seperti lempung atau lanau dengan konsistensi very soft, soft dan medium. Untuk konsistensi tanah stiff dan hard hanya mengalami konsolidasi yang kecil sehingga dapat diabaikan.. Adapun langkah langkah untuk mendapatkan H initial dan H final adalah sebagai berikut :

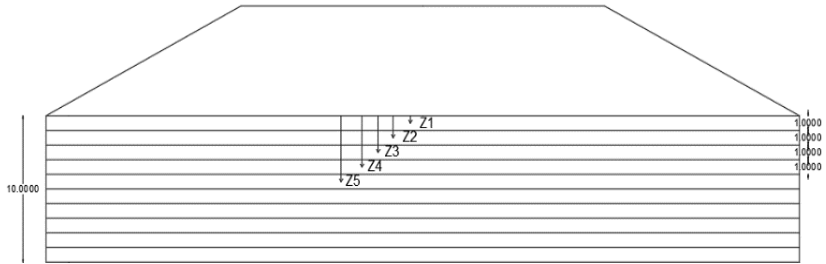
- Menghitung tegangan Overburden efektif
- Menghitung tegangan Preconsolidation efektif
- Menghitung distribusi tegangan akibat timbunan
- Menghitung distribusi tegangan akibat perkerasan jalan dan beban lalu lintas
- Menghitung besarnya konsolidasi

5. 1 Penentuan Tinggi Awal Timbunan

Perencanaan alternative oprit jembatan KLBM ini direncanakan dengan konstruksi dinding tegak dan dinding miring 1:2 sehingga ada beberapa perbedaan cara perhitungan seperti pada distribusi tegangan dan pada penentuan yinggi timbunan awal dan tinggi timbunan akhir

5. 1. 1 Perhitungan Tegangan *overburden* efektif

Tegangan overburden efektif (P_0') adalah tegangan vertikal efektif dari tanah asli. Penentuan tebal lapisan tanah yang ditinjau hanya sebesar 10 m dari muka tanah dasar. Dikarenakan pada lapisan 10 m kebawah mempunyai konsistensi *stiff* atau *hard*. Tebal lapisan tanah yang ditinjau adalah setiap 1 meter dan dapat dilihat dari Gambar 5.1. Contoh perhitungan tegangan *overburden* efektif adalah sebagai berikut :



Gambar 5. 1 Sketsa lapisan tanah yang ditinjau

Diketahui Data Tanah:

Kedalaman 0 m – 4m

Berat jenis tanah (γ_{sat}) = 15,92 kn/m^3

Berat jenis air (γ_w) = 10 kn/m^3

Berat jenis tanah efektif (γ') = 15,92 kn/m^3 - 10 kn/m^3
= 5,92 kn/m^3

Kedalaman 0 m – 6m

Berat jenis tanah (γ_{sat}) = 17,11 kn/m^3

Berat jenis air (γ_w) = 10 kn/m^3

Berat jenis tanah efektif (γ') = 17,11 kn/m^3 - 10 kn/m^3
= 7,11 kn/m^3

Perhitungan teganga *Overburden* :

Lapisan 1 (Z1)

Berat jenis tanah (γ_{sat}) = 15,92 kn/m^3

Berat jenis air (γ_w) = 10 kn/m^3

Tebal lapisan : 1 m

Lapisan 2 (Z2)

Berat jenis tanah (γ_{sat}) = 15,92 kn/m^3

Berat jenis air (γ_w) = 10 kn/m^3

$$\begin{aligned}
P0'1 &= (\gamma'1 \times 0,5 H1) \\
&= (5,92 \text{ kn/m}^3 \times 0,5 \times 1 \text{ m}) \\
&= 2,96 \text{ kn/m}^2 \\
P0'2 &= P0'1 + ((\gamma'1 \times 0,5 H1) + (\gamma'2 \times 0,5 H2)) \\
&= 2,96 + ((5,92 \times 0,5 \times 1) + (5,92 \times 0,5 \times 1)) \\
&= 8,88 \text{ kn/m}^2 \\
P0'3 &= P0'2 + ((\gamma'2 \times 0,5 H2) + (\gamma'3 \times 0,5 H3)) \\
&= 8,88 + ((5,92 \times 0,5 \times 1) + (5,92 \times 0,5 \times 1)) \\
&= 14,79 \text{ kn/m}^2 \\
P0'4 &= P0'3 + ((\gamma'3 \times 0,5 H3) + (\gamma'4 \times 0,5 H4)) \\
&= 14,79 + ((5,92 \times 0,5 \times 1) + (5,92 \times 0,5 \times 1)) \\
&= 20,71 \text{ kn/m}^2 \\
P0'5 &= P0'4 + ((\gamma'4 \times 0,5 H4) + (\gamma'5 \times 0,5 H5)) \\
&= 20,71 + ((5,92 \times 0,5 \times 1) + (7,11 \times 0,5 \times 1)) \\
&= 27,22 \text{ kn/m}^2 \\
P0'6 &= P0'5 + ((\gamma'5 \times 0,5 H5) + (\gamma'6 \times 0,5 H6)) \\
&= 27,22 + ((7,11 \times 0,5 \times 1) + (7,11 \times 0,5 \times 1)) \\
&= 34,33 \text{ kn/m}^2 \\
P0'7 &= P0'6 + ((\gamma'6 \times 0,5 H6) + (\gamma'7 \times 0,5 H7)) \\
&= 34,33 + ((7,11 \times 0,5 \times 1) + (7,11 \times 0,5 \times 1)) \\
&= 41,44 \text{ kn/m}^2 \\
P0'8 &= P0'7 + ((\gamma'7 \times 0,5 H7) + (\gamma'8 \times 0,5 H8)) \\
&= 41,44 + ((7,11 \times 0,5 \times 1) + (7,11 \times 0,5 \times 1)) \\
&= 48,56 \text{ kn/m}^2 \\
P0'9 &= P0'8 + ((\gamma'8 \times 0,5 H8) + (\gamma'9 \times 0,5 H9)) \\
&= 48,56 + ((7,11 \times 0,5 \times 1) + (7,11 \times 0,5 \times 1)) \\
&= 55,67 \text{ kn/m}^2 \\
P0'10 &= P0'9 + ((\gamma'9 \times 0,5 H9) + (\gamma'10 \times 0,5 H10)) \\
&= 55,67 + ((7,11 \times 0,5 \times 1) + (7,11 \times 0,5 \times 1)) \\
&= 62,78 \text{ kn/m}^2
\end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan dapat dilihat dalam Tabel 5.1 berikut ini :

Tabel 5. 1 Perhitungan Tegangan Overburden

| No | Tebal Lapisan | z m | eo | γ kn/m ³ | Po kn/m ² |
|----|---------------|--------|-------|-------------------------------|-------------------------|
| 1 | 1 | 0.5 | 1.822 | 5.92 | 2.96 |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.822 | 5.92 | 8.88 |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.822 | 5.92 | 14.79 |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.822 | 5.92 | 20.71 |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.388 | 7.11 | 27.22 |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.388 | 7.11 | 34.33 |
| 7 | 1 | 6.5 | 1.388 | 7.11 | 41.44 |
| 8 | 1 | 7.5 | 1.388 | 7.11 | 48.56 |
| 9 | 1 | 8.5 | 1.388 | 7.11 | 55.67 |
| 10 | 1 | 9.5 | 1.388 | 7.11 | 62.78 |

5. 1. 2 Tegangan *Pre Consolidation*

Tegangan preconsolidation efektif sangat bergantung kepada fluktuasi muka air, dalam kasus ini fluktuasi muka air $\pm 2m$ tegangan pre consolidation dapat dihitung seperti berikut ini :

$$\begin{aligned}\Delta p' &= \text{fluktuasi muka air tanah} \times \gamma \text{ air} \\ &= 2m \times 10 \text{ Kn/m}^3 \\ &= 20 \text{ Kn/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pc1' &= Po'1 + \Delta p' \\ &= 2,96 \text{ Kn/m}^2 + 20 \text{ Kn/m}^2 \\ &= 22,96 \text{ Kn/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Pc2' &= Po'2 + \Delta p' \\ &= 8,88 \text{ Kn/m}^2 + 20 \text{ Kn/m}^2 \\ &= 28,88 \text{ Kn/m}^2\end{aligned}$$

Persamaan nilai OCR (*Over Consolidate Ratio*) didapatkan dari Persamaan 2.10 sebagai berikut

$$\text{OCR1} = P_{c'1} / P_{o'1}$$

$$\text{OCR1} = 22,96 / 2,96$$

$$\text{OCR1} = 7,76$$

Apabila nilai OCR yang didapat melebihi 1 maka termasuk over consolidated, berikut adalah rekap dari perhitungan tegangan pra konsolidasi dapat dilihat di Tabel 5.2:

Tabel 5. 2 Perhitungan Tegangan Pra Konsolidasi

| No | Tebal Lapisan | z m | eo | γ kn/m ³ | ΔPF kn/m ² | Po kn/m ² | Pc' kn/m ² | OCR | Cek kondisi NC/OC |
|----|---------------|--------|-------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|------------|----------------------|
| 1 | 1 | 0.5 | 1.822 | 5.92 | 20 | 2.96 | 22.96 | 7.76056338 | OC |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.822 | 5.92 | 20 | 8.88 | 28.88 | 3.25352113 | OC |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.822 | 5.92 | 20 | 14.79 | 34.79 | 2.35211268 | OC |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.822 | 5.92 | 20 | 20.71 | 40.71 | 1.96579477 | OC |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.388 | 7.11 | 20 | 27.22 | 47.22 | 1.73469388 | OC |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.388 | 7.11 | 20 | 34.33 | 54.33 | 1.58252427 | OC |
| 7 | 1 | 6.5 | 1.388 | 7.11 | 20 | 41.44 | 61.44 | 1.48257373 | OC |
| 8 | 1 | 7.5 | 1.388 | 7.11 | 20 | 48.56 | 68.56 | 1.41189931 | OC |
| 9 | 1 | 8.5 | 1.388 | 7.11 | 20 | 55.67 | 75.67 | 1.35928144 | OC |
| 10 | 1 | 9.5 | 1.388 | 7.11 | 20 | 62.78 | 82.78 | 1.31858407 | OC |

5. 1. 3 Distribusi Tegangan akibat Beban Timbunan

Besarnya penambahan beban (ΔP), akibat beban timbunan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.15 sampai dengan Persamaan 2.19. Untuk rekap Tabel penambahan beban dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini :

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Pembebanan Q

| q timbunan Kn/m ² |
|---------------------------------|
| 18.5 |
| 37 |
| 55.5 |
| 74 |
| 92.5 |
| 111 |
| 129.5 |
| 148 |
| 166.5 |
| 185 |

a) Δp terhadap timbunan miring 1 : 2

Berikut adalah contoh perhitungan dari timbunan dengan kemiringan lereng 1:2, beban $q = 18,5 \text{ kn/m}^2$ $z_1 = 0,5 \text{ m}$ (pada tinjauan pertama) :

$$\gamma \text{ timbunan} = 18,5 \text{ kn/m}^3$$

$$\begin{aligned} H \text{ timbunan} &= \frac{Q}{\gamma} \\ &= \frac{18,5 \text{ Kn/m}^2}{18,5 \text{ Kn/m}^3} \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$B_1 = 14 \text{ m (lebar geometric timbunan 1 sisi)}$$

$$\begin{aligned} B_2 &= 2 \times H \\ &= 2 \times 1 \text{ m} \\ &= 2 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Z = 0,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \tan^{-1}[(B_1 + B_2)z] - \tan^{-1} \frac{B_1}{Z} \\ &= \tan^{-1}[(14 + 2)0,5] - \tan^{-1} \frac{14}{0,5} \\ &= 0,255 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha_2 &= \tan^{-1} \frac{B_1}{Z} \\
 &= \tan^{-1} \frac{14}{0,5} \\
 &= 87,954^\circ \\
 0,5\Delta p &= \frac{q_0}{180} \times [(B_1 + B_2)/B_2](a_1 + a_2) - \frac{B_1}{B_2} \times a_2 \\
 &= \frac{18,5}{180} \times [(14 + 2)/2](0,255 + 87,954) - \\
 \frac{14}{2} \times 87,954 & \\
 &= 9,249 \text{ kn/m}^2 \\
 \Delta p &= 18,499 \text{ Kn/m}^2
 \end{aligned}$$

b) Δp terhadap timbunan tegak

Berikut adalah contoh perhitungan dari timbunan tegak, beban $q = 18,5 \text{ kn/m}^2$ $z_1 = 0,5 \text{ m}$ (pada tinjauan pertama) :

$$\begin{aligned}
 \gamma \text{ timbunan} &= 18,5 \text{ kn/m}^3 \\
 H \text{ timbunan} &= \frac{Q}{\gamma} \\
 &= \frac{18,5 \text{ Kn/m}^2}{18,5 \text{ Kn/m}^3} \\
 &= 1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Ditentukan arah distribusi beban tegak yang diwakili dengan X, Y dan Z

$$\begin{aligned}
 X &= 14 \text{ m (yaitu setengah dari lebar sisi timbunan)} \\
 Y &= - \text{ (arah panjang timbunan tidak terhingga)} \\
 Z &= 0,5 \text{ m (arah tinjauan lapisan tanah)}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya mencari nilai m dan n kemudian di plotkan pada grafik di Gambar 2.3 sehingga didapat nilai I:

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{X}{Z} \\
 &= \frac{14 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} \\
 &= 28 \\
 n &= \frac{Y}{Z}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{-}{0,5} \\
 &= 0 \\
 I &= 0,25 \text{ (didapatkan dari grafik)} \\
 \Delta p &= 4 \times I \times q \\
 &= 4 \times 0,25 \times 18,5 \text{ Kn/m}^2 \\
 &= 18,5 \text{ kn/m}^2
 \end{aligned}$$

5. 1. 4Menghitung Settlement Akibat Timbunan

a) S_c timbunan miring

Berikut adalah contoh perhitungan dari timbunan dengan kemiringan lereng 1:2, beban $q = 18,5 \text{ kn/m}^2$ $z_1 = 0,5 \text{ m}$ (pada tinjauan pertama) :

Data tanah lapisan $z_1 = 0,5 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 E_o &= 1,82 \\
 C_c &= 0,5 \\
 C_s &= 0,073 \\
 P_o' &= 2,96 \text{ kn/m}^2 \\
 \Delta p &= 18,5 \text{ kn/m}^2 \\
 OCR &= 7,76 \\
 \Delta p + P_o' &= 21,46 \text{ kn/m}^2 \\
 P_c' &= 22,96 \text{ kn/m}^2
 \end{aligned}$$

Nilai OCR pada lapisan pertama $7,76 > 1$ sehingga termasuk over consolidated dan $(P_o + \Delta p) \leq P_c$. Maka perhitungan settlement menggunakan Persamaan 2.12 seperti berikut :

$$\begin{aligned}
 S_c &= \left[\frac{H}{1+e_o} C_s \text{Log} \frac{\sigma'_{o'} + \Delta \sigma}{\sigma'_{o'}} \right] \\
 &= \left[\frac{1}{1+1,82} 0,073 \text{Log} \frac{21,46}{2,96} \right] \\
 &= 0,023 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan settlement akibat timbunan lapisan selanjutnya selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.4:

Tabel 5. 4 Perhitungan Settlement Akibat Beban Timbunan

| No | Tebal Lapisan | z m | eo | γ kn/m ³ | cc | cs | ΔP kn/m ² | $\Delta P F$ kn/m ² | Po kn/m ² | $\Delta P + P_o$ kn/m ² | Ket <atau > | Pc' kn/m ² | OCR | Cek kondisi NC/OC | Sc (m) | Sc kum (m) |
|----|---------------|--------|-------|-------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------|--------------------------|-------|----------------------|-----------|---------------|
| 1 | 1 | 0.5 | 1.822 | 5.92 | 0.500 | 0.074 | 18.4997 | 20 | 2.96 | 21.46 | < | 22.96 | 7.761 | OC | 0.023 | 0.023 |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.822 | 5.92 | 0.500 | 0.074 | 18.4922 | 20 | 8.88 | 27.37 | < | 28.88 | 3.254 | OC | 0.013 | 0.035 |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.822 | 5.92 | 0.500 | 0.074 | 18.4645 | 20 | 14.79 | 33.26 | < | 34.79 | 2.352 | OC | 0.009 | 0.045 |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.822 | 5.92 | 0.500 | 0.074 | 18.4057 | 20 | 20.71 | 39.11 | < | 40.71 | 1.966 | OC | 0.007 | 0.052 |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.388 | 7.11 | 0.366 | 0.060 | 18.3074 | 20 | 27.22 | 45.53 | < | 47.22 | 1.735 | OC | 0.006 | 0.057 |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.388 | 7.11 | 0.366 | 0.060 | 18.1651 | 20 | 34.33 | 52.50 | < | 54.33 | 1.583 | OC | 0.005 | 0.062 |
| 7 | 1 | 6.5 | 1.388 | 7.11 | 0.366 | 0.060 | 17.9774 | 20 | 41.44 | 59.42 | < | 61.44 | 1.483 | OC | 0.004 | 0.066 |
| 8 | 1 | 7.5 | 1.388 | 7.11 | 0.366 | 0.060 | 17.7459 | 20 | 48.56 | 66.30 | < | 68.56 | 1.412 | OC | 0.003 | 0.069 |
| 9 | 1 | 8.5 | 1.388 | 7.11 | 0.366 | 0.060 | 17.4743 | 20 | 55.67 | 73.14 | < | 75.67 | 1.359 | OC | 0.003 | 0.072 |
| 10 | 1 | 9.5 | 1.388 | 7.11 | 0.366 | 0.060 | 17.168 | 20 | 62.78 | 79.95 | < | 82.78 | 1.319 | OC | 0.003 | 0.075 |

b) Sc timbunan tegak

Berikut adalah contoh perhitungan dari timbunan tegak, beban $q = 18,5 \text{ kn/m}^2$ $z_1 = 0,5 \text{ m}$ (pada tinjauan pertama) :

Data tanah lapisan $z_1=0,5 \text{ m}$

$$E_o = 1,82$$

$$C_c = 0,5$$

$$C_s = 0,073$$

$$P_o' = 2,96 \text{ kn/m}^2$$

$$\Delta p = 18,5 \text{ kn/m}^2$$

$$\text{OCR} = 7,76$$

$$\Delta p + P_o' = 21,458 \text{ kn/m}^2$$

$$P_c' = 22,96 \text{ kn/m}^2$$

Nilai OCR pada lapisan pertama $7,76 > 1$ sehingga termasuk over consolidated dan $(P_o + \Delta p) \leq P_c$. Maka perhitungan settlement menggunakan Persamaan 2.12

$$\begin{aligned} S_c &= \left[\frac{H}{1+e_o} C_s \text{Log} \frac{\sigma'_{o+\Delta\sigma}}{\sigma'_{o}} \right] \\ &= \left[\frac{1}{1+1,82} 0,073 \text{Log} \frac{21,458}{2,96} \right] \\ &= 0,023 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan settlement akibat timbunan lapisan selanjutnya selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.5:

Tabel 5. 5 Perhitungan Settlement Akibat Beban Timbunan

| Elevasi dari tanah dasar | H (m) | C _c | C _i | e _o | ΔP | Po' | Po'+ΔP | Ket. (> atau <) | Pc' | OCR | Cek N C or OC | Sci (m) | Sci sigma (m) |
|--------------------------|----------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|--------|------------------|------------|---------------------|
| | | | | | Kn/m ² | Kn/m ² | Kn/m ² | | Kn/m ² | | | | |
| 1.00 | 1 | 0.50 | 0.07 | 1.82 | 18.5 | 2.96 | 21.458 | < | 22.96 | 7.7606 | OC | 0.0226 | 0.0226 |
| 2.00 | 1 | 0.50 | 0.07 | 1.82 | 18.5 | 8.88 | 27.375 | < | 28.88 | 3.2535 | OC | 0.0128 | 0.0354 |
| 3.00 | 1 | 0.50 | 0.07 | 1.82 | 18.5 | 14.79 | 33.292 | < | 34.79 | 2.3521 | OC | 0.0092 | 0.0446 |
| 4.00 | 1 | 0.50 | 0.07 | 1.82 | 18.5 | 20.71 | 39.208 | < | 40.71 | 1.9658 | OC | 0.0073 | 0.0519 |
| 5.00 | 1 | 0.37 | 0.06 | 1.39 | 18.5 | 27.22 | 45.722 | < | 47.22 | 1.7347 | OC | 0.0057 | 0.0575 |
| 6.00 | 1 | 0.37 | 0.06 | 1.39 | 18.056 | 34.33 | 52.389 | < | 54.33 | 1.5825 | OC | 0.0046 | 0.0621 |
| 7.00 | 1 | 0.37 | 0.06 | 1.39 | 17.908 | 41.44 | 59.352 | < | 61.44 | 1.4826 | OC | 0.0039 | 0.066 |
| 8.00 | 1 | 0.37 | 0.06 | 1.39 | 17.538 | 48.56 | 66.094 | < | 68.56 | 1.4119 | OC | 0.0034 | 0.0694 |
| 9.00 | 1 | 0.37 | 0.06 | 1.39 | 17.242 | 55.67 | 72.909 | < | 75.67 | 1.3593 | OC | 0.0029 | 0.0723 |
| 10.00 | 1 | 0.37 | 0.06 | 1.39 | 16.946 | 62.78 | 79.724 | < | 82.78 | 1.3186 | OC | 0.0026 | 0.075 |
| Total SC Q timb. | | | | | | | | | | | 0,075 | m | |

5. 1. 5 Menghitung Settlement Akibat Perkerasan

Besarnya penambahan (Δp) akibat beban perkerasan jalan dapat dihitung dengan Persamaan 2.12, untuk menghitung *settlement* akibat perkerasan tidak ada perbedaan cara perhitungan untuk timbunan tegak dan timbunan miring, perhitungan ini diambil contoh dari timbunan dengan kemiringan lereng 1:2, beban $q = 18,5 \text{ kn/m}^2$ z1 = 0,5 m (pada tinjauan pertama)

Data Perencanaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar Jalan} &= 14 \text{ m (setengah sisi lebar timbunan)} \\
 Q \text{ lean} &= 0,1 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 \\
 &= 0,24 \text{ t/m}^2 \\
 Q \text{ rigid} &= 0,2 \text{ m} \times 2,4 \text{ t/m}^3 \\
 &= 0,48 \text{ t/m}^2 \\
 Q \text{ agregat} &= 0,2 \text{ m} \times 1,8 \text{ t/m}^3 \\
 &= 0,36 \text{ t/m}^2 \\
 Q \text{ total} &= 10,8 \text{ kn/m}^2
 \end{aligned}$$

Ditentukan arah distribusi beban tegak yang diwakili dengan X, Y dan Z

$$\begin{aligned}
 Ht &= 1 \text{ m} \\
 X &= 14 \text{ m (yaitu setengah dari lebar sisi timbunan)} \\
 Y &= - \text{ (arah panjang timbunan tidak terhingga)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z &= Ht + Z \\
 &= 1 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\
 &= 1,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya mencari nilai m dan n kemudian di plotkan pada grafik di Gambar 2.3 sehingga didapat nilai I:

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{X}{Z} \\
 &= \frac{14 \text{ m}}{1,5 \text{ m}} \\
 &= 9,33
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{Y}{Z} \\
 &= \frac{0}{1,5} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$I = 0,25 \text{ (didapatkan dari grafik)}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= 4 \times I \times Q \text{ total perkerasan} \\
 &= 4 \times 0,25 \times 10,8 \text{ Kn/m}^2 \\
 &= 10,8 \text{ kn/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan *settlement* akibat perkerasan jalan menggunakan rumus yang sama seperti akibat timbunan :

$$\begin{aligned}
 S_c &= \left[\frac{H}{1+e_0} C_s \text{ Log } \frac{\sigma'_{o+\Delta\sigma}}{\sigma'_{o}} \right] \\
 &= \left[\frac{1}{1+1,82} 0,073 \text{ Log } \frac{13,76}{2,96} \right] \\
 &= 0,0175 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapan pemampatan akibat perkerasan berada pada Tabel 5.6 berikut :

Tabel 5. 6 Perhitungan Settlement Akibat Perkerasan

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H (m) | Pusat tanah (m) | Akibat beban perkerasan | | | | Δp (Kn/m ²) | P_o' (Kn/m ²) | $P_o' + \Delta p$ (Kn/m ²) | Ket. (> atau <) | P_c' (Kn/m ²) | OCR | Cek NC or OC | S _d (m) | S _d sigma |
|--------------------------|--------------|-------|-----------------|-------------------------|------|---|------------|---------------------------------|-----------------------------|--|-----------------|-----------------------------|---------------|--------------|--------------------|----------------------|
| | | | | z (m) | m | n | l (grafik) | | | | | | | | | |
| 1.00 | a | 1 | 0.5 | 1.5 | 9.33 | ~ | 0.25 | 10.8 | 2.96 | 13.7583 | < | 22.96 | 7.761 | OC | 0.017493 | 0.01749 |
| 2.00 | b | 1 | 1.5 | 2.5 | 5.60 | ~ | 0.25 | 10.8 | 8.88 | 19.675 | < | 28.88 | 3.254 | OC | 0.00906 | 0.02655 |
| 3.00 | c | 1 | 2.5 | 3.5 | 4.00 | ~ | 0.25 | 10.8 | 14.79 | 25.5917 | < | 34.79 | 2.352 | OC | 0.006239 | 0.03279 |
| 4.00 | d | 1 | 3.5 | 4.5 | 3.11 | ~ | 0.25 | 10.8 | 20.71 | 31.5083 | < | 40.71 | 1.966 | OC | 0.004777 | 0.03757 |
| 5.00 | e | 1 | 4.5 | 5.5 | 2.55 | ~ | 0.246 | 10.6 | 27.22 | 37.8494 | < | 47.22 | 1.735 | OC | 0.003593 | 0.04116 |
| 6.00 | f | 1 | 5.5 | 6.5 | 2.15 | ~ | 0.242 | 10.5 | 34.33 | 44.7877 | < | 54.33 | 1.583 | OC | 0.002898 | 0.04406 |
| 7.00 | g | 1 | 6.5 | 7.5 | 1.87 | ~ | 0.238 | 10.3 | 41.44 | 51.726 | < | 61.44 | 1.483 | OC | 0.002416 | 0.04647 |
| 8.00 | h | 1 | 7.5 | 8.5 | 1.65 | ~ | 0.234 | 10.1 | 48.56 | 58.6644 | < | 68.56 | 1.412 | OC | 0.002062 | 0.04854 |
| 9.00 | i | 1 | 8.5 | 9.5 | 1.47 | ~ | 0.229 | 9.89 | 55.67 | 65.5595 | < | 75.67 | 1.359 | OC | 0.001783 | 0.05032 |
| 10.00 | j | 1 | 9.5 | 10.5 | 1.33 | ~ | 0.224 | 9.68 | 62.78 | 72.4546 | < | 82.78 | 1.319 | OC | 0.001563 | 0.05188 |
| | | | | | | | | | | | | | Total SC Qpav | 0.051883 | m | |

5.1.6 Menentukan Tinggi Timbunan Awal dan Akhir

a) Timbunan miring

Kondisi timbunan setelah mengalami konsolidasi S_c dimana pada percobaan pertama dengan beban timbunan $q = 18,5 \text{ kn/m}^2$ pada timbunan dengan kemiringan lereng 1:2 diperoleh S_c total akibat timbunan = 0,07 m dan akibat perkerasan sebesar = 0.052 m. Sehingga tinggi initial dihitung menggunakan Persamaan 2.39 berikut ini :

$$\begin{aligned} H \text{ initial} &= \frac{q + (S_c \text{timb} \times \gamma w)}{\gamma \text{ timbunan}} \\ &= \frac{18,5 + (0,07 \times 10)}{18,5} \\ &= 1,041 \text{ m} \end{aligned}$$

Beban lalu lintas pada masa konstruksi timbunan dikonversikan menjadi timbunan yang nantinya akan dibongkar setelah masa konstruksi timbunan. Untuk mencari beban lalu lintas. Pada q timbunan sebesar $18,5 \text{ kn/m}^2$ didapatkan H timbunan menggunakan persamaan 2.39 seperti berikut :

$$H \text{ timbunan} = \frac{q}{\gamma \text{ timbunan}} = \frac{18,5 \text{ kn/m}^2}{18,5 \text{ kn/m}^3} = 1 \text{ m}$$

Dengan tinggi timbunan 1 m diperoleh beban lalu lintas dari Gambar 2.8 pada garis b sebesar 22 kn/m^2 . Tinggi timbunan yang dibongkar sebesar :

$$H \text{ timbunan} = \frac{q}{\gamma \text{ timbunan}} = \frac{22 \text{ kn/m}^2}{18,5 \text{ kn/m}^3} = 1,189 \text{ m}$$

Tetapi untuk ketinggian timbunan 1 s/d 3m H bongkar tersebut masih diragukan kebenarannya sehingga perlu ditinjau kembali. Penentuan H final menggunakan Persamaan 2.43 berikut ini :

$$\begin{aligned} H \text{ final} &= H \text{ initial} - S_c \text{ timbunan} - H \text{ bongkar} - S_c \text{ pav} + \text{tebal pavement} \\ &= 1,027 \text{ m} - 0,07 \text{ m} - 1,189 \text{ m} - 0,052 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ &= 0,224 \text{ m} \end{aligned}$$

b) Timbunan tegak

Kondisi timbunan setelah mengalami konsolidasi S_c dimana pada percobaan pertama dengan beban timbunan $q = 18,5 \text{ kn/m}^2$ pada timbunan tegak diperoleh S_c total akibat timbunan = 0,07 m dan akibat perkerasan sebesar = 0,052 m. Sehingga tinggi initial dihitung menggunakan Persamaan 2.39 berikut ini:

$$\begin{aligned} H \text{ initial} &= \frac{q + (S_c \times \gamma_w)}{\gamma \text{ timbunan}} \\ &= \frac{18,5 + (0,07 \times 10)}{18,5} \\ &= 1,041 \text{ m} \end{aligned}$$

Beban lalu lintas pada masa kontruksi timbunan dikonversikan menjadi timbunan yang nantinya akan dibongkar setelah masa kontruksi timbunan. Untuk mencari beban lalu lintas. Pada q timbunan sebesar $18,5 \text{ kn/m}^2$ didapatkan H timbunan menggunakan persamaan 2.39 seperti berikut

$$H \text{ timbunan} = \frac{q}{\gamma \text{ timbunan}} = \frac{18,5 \text{ kn/m}^2}{18,5 \text{ kn/m}^3} = 1 \text{ m}$$

Dengan tinggi timbunan 1 m diperoleh beban lalu lintas dari Gambar 2.8 pada garis b sebesar 22 kn/m^2 . Tinggi timbunan yang dibongkar sebesar :

$$H \text{ timbunan} = \frac{q}{\gamma \text{ timbunan}} = \frac{22 \text{ kn/m}^2}{18,5 \text{ kn/m}^3} = 1,189 \text{ m}$$

Tetapi untuk ketinggian timbunan 1 s/d 3m H bongkar tersebut masih diragukan kebenarannya sehingga perlu ditinjau kembali. Penentuan H final menggunakan Persamaan 2.43 berikut:

$$\begin{aligned} H \text{ final} &= H \text{ initial} - S_c \text{ timbunan} - H \text{ bongkar} - S_c \text{ pav} + \\ &\text{tebal pavement} \\ &= 1,026 \text{ m} - 0,07 \text{ m} - 1,189 \text{ m} - 0,052 \text{ m} + 0,5 \text{ m} \\ &= 0,224 \text{ m} \end{aligned}$$

5. 1. 7 Kurva Hubungan Hawal, H akhir dan S_c

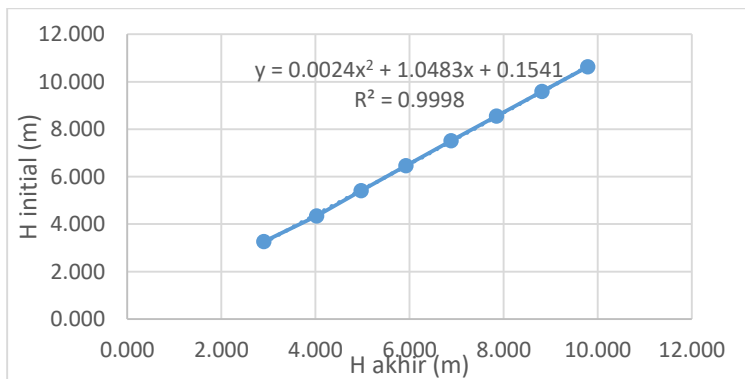
a) Timbunan Miring

Setelah melakukan hasil analisa dengan menggunakan pembebanan (q) yang berbeda-beda maka diperoleh H awal, H akhir, Sc akibat timbunan dan Sc akibat pavement yang berbeda beda pula seperti pada Tabel 5.7 berikut ini :

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Settlement Total Pada Timbunan Miring

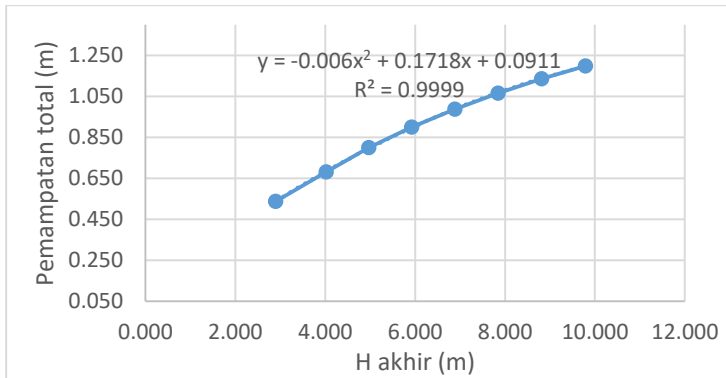
| Q timb. kn/m ² | Sc timb. m | H initial m | Sc Pav. m | H-traffic m | H pav. m | H final m | Sc total m |
|------------------------------|---------------|----------------|--------------|----------------|-------------|--------------|---------------|
| 18.5 | 0.075 | 1.041 | 0.052 | 1.189 | 0.5 | 0.224 | 0.127 |
| 37 | 0.305 | 2.165 | 0.052 | 0.649 | 0.5 | 1.660 | 0.357 |
| 55.5 | 0.488 | 3.264 | 0.051 | 0.324 | 0.5 | 2.900 | 0.539 |
| 74 | 0.631 | 4.341 | 0.051 | 0.135 | 0.5 | 4.024 | 0.682 |
| 92.5 | 0.750 | 5.405 | 0.050 | 0.135 | 0.5 | 4.970 | 0.800 |
| 111 | 0.851 | 6.460 | 0.049 | 0.135 | 0.5 | 5.924 | 0.901 |
| 129.5 | 0.940 | 7.508 | 0.049 | 0.135 | 0.5 | 6.884 | 0.989 |
| 148 | 1.019 | 8.551 | 0.048 | 0.135 | 0.5 | 7.849 | 1.066 |
| 166.5 | 1.089 | 9.589 | 0.047 | 0.135 | 0.5 | 8.817 | 1.136 |
| 185 | 1.154 | 10.624 | 0.046 | 0.135 | 0.5 | 9.789 | 1.200 |

Harga H awal dan H akhir pada Tabel 5.7 kemudian diplotkan menjadi kurva hubungan antara H awal dan H akhir seperti Gambar 5.2 :



Gambar 5. 2 Hubungan H initial vs H final timbunan miring

Harga H akhir dan Settlement total pada Tabel 5.7 kemudian diplotkan menjadi kurva hubungan antara H akhir dan settlement seperti Gambar 5.3 :



Gambar 5. 3 Hubungan H final vs sc timbunan miring

Kemudian H awal didapat dengan memplotkan H final pada Gambar 5.2 diatas atau dengan cara memasukkan rumus yang sudah ada pada grafik agar hasil lebih akurat dan tepat.

$$X = H_{\text{final}} = 6,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{awal}} &= 0,0024 x^2 + 1,0483 x + 0,1541 \\ &= 0,0024 (6,9)^2 + 1,0483 (6,9) + 0,1541 \\ &= 7,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Sedangkan Sc didapat dengan memplotkan H final pada Gambar 5.3 diatas atau dengan cara memasukkan rumus yang sudah ada pada grafik agar hasil lebih akurat dan tepat.

$$X = H_{\text{final}} = 6,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Sc &= -0,006 x^2 + 0,1718 x + 0,0911 \\ &= -0,006 (6,9)^2 + 0,1718 (6,9) + 0,0911 \\ &= 0,99 \text{ m} \end{aligned}$$

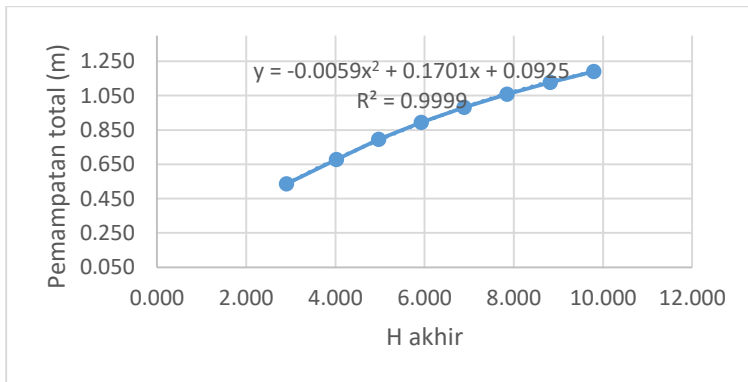
b) Timbunan Tegak

Setelah melakukan hasil analisa dengan menggunakan pembebanan (q) yang berbeda-beda maka diperoleh H awal H akhir Sc akibat timbunan dan Sc akibat pavement yang berbeda beda pula seperti pada Tabel 5.8 berikut ini :

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Settlement Total Pada Timbunan Tegak

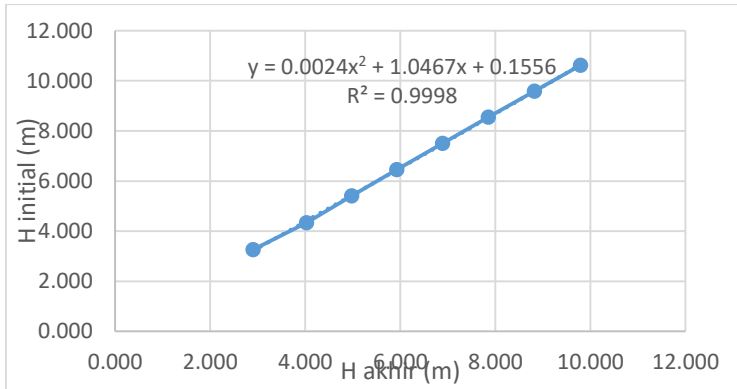
| Q timb. | Sc timb. | H initial | Sc Pav. | H-traffic | H pav. | H final | Sc total |
|-------------------|----------|-----------|---------|-----------|--------|---------|----------|
| kn/m ² | m | m | m | m | m | m | m |
| 18.5 | 0.075 | 1.041 | 0.052 | 1.189 | 0.5 | 0.224 | 0.127 |
| 37 | 0.304 | 2.164 | 0.052 | 0.649 | 0.5 | 1.660 | 0.355 |
| 55.5 | 0.485 | 3.262 | 0.051 | 0.324 | 0.5 | 2.902 | 0.536 |
| 74 | 0.627 | 4.339 | 0.051 | 0.135 | 0.5 | 4.026 | 0.678 |
| 92.5 | 0.745 | 5.403 | 0.050 | 0.135 | 0.5 | 4.973 | 0.795 |
| 111 | 0.845 | 6.457 | 0.049 | 0.135 | 0.5 | 5.927 | 0.895 |
| 129.5 | 0.933 | 7.504 | 0.049 | 0.135 | 0.5 | 6.888 | 0.982 |
| 148 | 1.011 | 8.546 | 0.048 | 0.135 | 0.5 | 7.853 | 1.059 |
| 166.5 | 1.081 | 9.584 | 0.047 | 0.135 | 0.5 | 8.821 | 1.128 |
| 185 | 1.145 | 10.619 | 0.046 | 0.135 | 0.5 | 9.793 | 1.191 |

Harga H awal dan H akhir pada Tabel 5.8 kemudian diplotkan menjadi kurva hubungan antara H awal dan H akhir seperti Gambar 5.4



Gambar 5. 4 Hubungan H` initial vs H final timbunan tegak

Harga H akhir dan Settlement total pada Tabel 5.8 kemudian diplotkan menjadi kurva hubungan antara H akhir dan settlement seperti Gambar 5.5 :



Gambar 5. 5 Hubungan H final vs sc timbunan tegak

Kemudian H awal didapat dengan memplotkan H final pada Gambar 5.4 diatas atau dengan cara memasukkan rumus yang sudah ada pada grafik agar hasil lebih akurat dan tepat.

$$X = H_{\text{final}} = 6,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{awal}} &= 0,0024 x^2 + 1,0467 x + 0,1556 \\ &= 0,0024 (6,9)^2 + 1,0467 (6,9) + 0,1556 \\ &= 7,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Sedangkan Sc didapat dengan memplotkan H final pada Gambar 5.5 diatas atau dengan cara memasukkan rumus yang sudah ada pada grafik agar hasil lebih akurat dan tepat.

$$X = H_{\text{final}} = 6,9 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} S_c &= -0,0059 x^2 + 0,1701 x + 0,0925 \\ &= -0,0059 (6,9)^2 + 0,1701 (6,9) + 0,0925 \\ &= 0,98 \text{ m} \end{aligned}$$

Berikut adalah rekapan Hinitial yang dan pemampatan yang terjadi baik timbunan miring dan timbunan tegak terdapat pada Tabel 5.9 berikut ini :

Tabel 5. 9 Rekapitulasi H initial dan SC Total

| Zona | Panjang m | STA | jenis timbunan | H Final m | H Initial m | SC Total m |
|------|--------------|---------------|----------------|--------------|----------------|---------------|
| 1 | 150 | 7+688 - 7+838 | miring | 5.9 | 6.42 | 0.896 |
| | 40 | 7+988 - 8+028 | | | | |
| | 2 | 150 | | | | |
| 3 | 50 | 8+028 - 8+078 | | 2.6 | 2.90 | 0.497 |
| 1 | 150 | 7+688 - 7+838 | tegak | 5.9 | 6.41 | 0.891 |
| | 40 | 7+988 - 8+028 | | | | |
| | 2 | 150 | | | | |
| 3 | 50 | 8+028 - 8+078 | | 2.6 | 2.89 | 0.495 |

Selanjutnya setelah mengetahui besar pemampatan akan di analisa terhadap waktu atau kecepatan pemampatan masing-masing timbunan. Perhitungan secara jelas mengenai penentuan H initial dan pemampatan akibat variasi pembebanan dapat dilihat pada Lampiran 3.

5. 2 Waktu Pemampatan

Penurunan lapisan tanah dapat diperkirakan dengan memakai koefisien konsolidasi (C_v). Nilai C_v diketahui dari hasil penyelidikan di Laboratorium. Untuk tanah yang berlapis lapis maka digunakan harga C_v rata-rata menggunakan Persamaan 2.24.

5. 2. 1 Waktu pemampatan alami

Perhitungan waktu pemampatan real atau tanpa PVD dilakukan untuk menentukan perlu atau tidaknya perbaikan tanah dasar. Apabila waktu penampatan yang terjadi lama maka diperlukan cara untuk mempercepat waktu pemampatan yang terjadi. Pada perencanaan dilakukan tinjauan terhadap PVD dengan kedalaman pvd sedalam tanah lunak dan juga 2/3 kedalaman tanah lunak, perhitungan PVD 2/3 tanah lunak diharapkan agar dapat menghemat biaya material PVD. Berikut adalah perhitungan PVD kedalaman 10 m dan 6 m

a) PVD kedalaman 10 m

Berikut adalah perhitungan c_v gabungan dan nilai pemampatan real dari pvd yang dipasang sedalam 10m atau sebesar kedalaman tanah lunak ditunjukkan pada Tabel 5.10 berikut ini

Tabel 5. 10 Rekapitulasi CV Gabungan PVD 10 m

| No | Tebal Lapisan | z m | eo | γ kn/m ³ | cc | cs | cv | cv gab | cv gab |
|----|---------------|--------|--------|-------------------------------|------|------|----------|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | cm ² /dt | m ² /tahun |
| 1 | 1 | 0.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | 0.00051475 | 1.6233267 |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | |
| 7 | 1 | 6.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | |
| 8 | 1 | 7.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | |
| 9 | 1 | 8.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | |
| 10 | 1 | 9.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | |

Hasil perhitungan menunjukkan nilai

$$\begin{aligned} \text{Cv gabungan} &= 0,000514 \text{ cm}^2/\text{dtk} \\ &= 1,623 \text{ m}^2/\text{tahun}. \end{aligned}$$

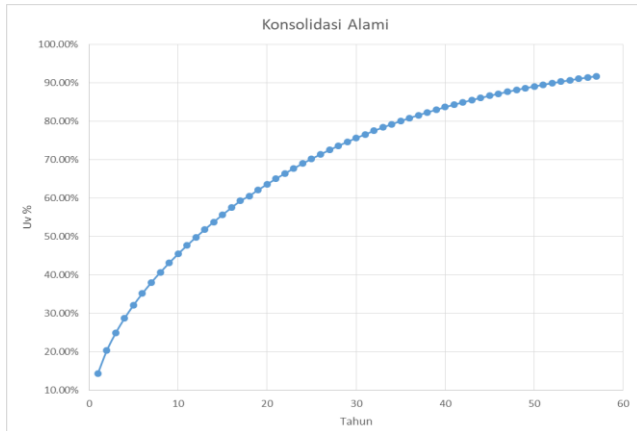
$$U = 90\%$$

$$T_v = 0,848 \text{ (Berdasarkan Tabel 2.4).}$$

Dengan menggunakan Persamaan 2.20, didapatkan waktu konsolidasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} t &= \frac{0,848 \text{ m} \times 10^2 \text{ m}}{1,623 \text{ m}^2/\text{tahun}} \\ &= 52,23 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

Waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi sangat lama sehingga perlu dipasang PVD untuk mempercepat pemampatan yang terjadi. Berikut merupakan penurunan pada timbunan miring dengan Hawal = 6,42 m apabila tidak dilakukan perbaikan untuk mempercepat waktu konsolidasi seperti pada Gambar 5.6



Gambar 5. 6 Pemampatan tanah alami PVD 10 m

b) PVD kedalaman 6 m

Berikut adalah perhitungan c_v gabungan dan nilai pemampatan real dari pvd yang dipasang sedalam 6 m atau sebesar $2/3$ kedalaman tanah lunak ditunjukkan pada Tabel 5.11 berikut ini

Tabel 5. 11 Rekapitulasi CV Gabungan PVD 6 m

| No | Tebal Lapisan | z m | e _o | v kn/m ³ | cc | cs | c _v | cv gab | cv gab |
|----|---------------|--------|----------------|------------------------|------|------|----------------|---------------------|-----------------------|
| | | | | | | | | cm ² /dt | m ² /tahun |
| 1 | 1 | 0.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | 0.00046827 | 1.4767431 |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

Hasil perhitungan menunjukkan nilai

C_v gabungan = 0,000468 cm²/dtk

= 1,476 m²/tahun.

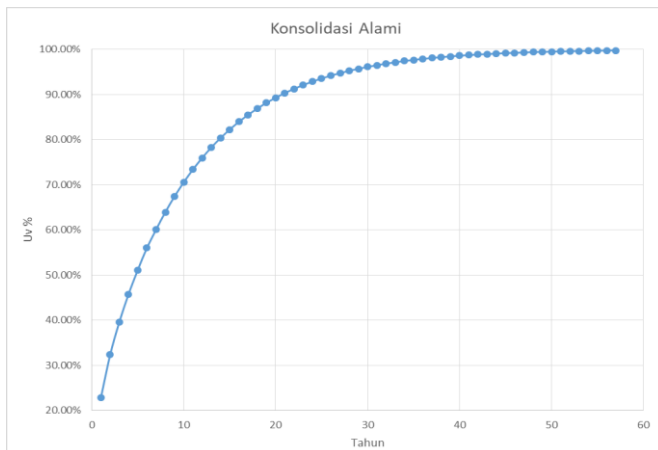
U = 90%

T_v = 0,848 (Berdasarkan Tabel 2.4).

Dengan menggunakan Persamaan 2.20, didapatkan waktu konsolidasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{0,848 \text{ m} \times 6^2 \text{ m}}{1,476 \text{ m}^2/\text{tahun}} \\
 &= 20,672 \text{ Tahun}
 \end{aligned}$$

Waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi sangat lama sehingga perlu dipasang PVD untuk mempercepat pemampatan yang terjadi. Berikut merupakan penurunan pada timbunan miring dengan Hawal = 6,42 m apabila tidak dilakukan perbaikan untuk mempercepat waktu konsolidasi seperti pada Gambar 5.7



Gambar 5. 7 Pemampatan tanah alami PVD 6 m

Dikarenakan waktu pemampatan alami yang cukup lama dan pemampatan per tahun yang terjadi lebih dari 2,5 cm maka dilakukan perencanaan PVD dengan kedalaman 10 m dan 6m. Untuk perhitungan pemampatan alami dapat dilihat pada Lampiran 4.

5. 2. 2 Perencanaan PVD

Metode percepatan pemampatan yang direncanakan yaitu menggunakan PVD (prefabricated vertical drain) sebagai pengalir

aliran air pori dalam konsolidasi arah radial dan PHD (prefabricated horizontal drain) sebagai pengalir air yang keluar. Selain dari kedalaman PVD yang ditinjau, efektifitas PVD tersebut juga sangat bergantung kepada pola dan jarak pemasangan PVD yang telah direncanakan. Dalam perencanaan terdapat dua pola pemasangan PVD yang akan digunakan yaitu pola segitiga dan pola segiempat dengan variasi jarak/spasi sebesar 0,7 m, 0,8 m, 0,9 m, 1,0 m, 1,1 m, 1,2 m, 1,5 m. Perencanaan PVD dilakukan menggunakan PVD CT-D812 dengan lebar 100 mm dan tebal 4 mm pada setiap alternatif dengan kedalaman 10 meter dan 6 meter. Perhitungan nilai fungsi hambatan (f_n) menggunakan Persamaan 2.26 didapatkan hasil pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 berikut:

Tabel 5. 12 Nilai Hambatan $F(n)$ Pola Segitiga

| jarak PVD s (m) | D (mm) | a (mm) | b (mm) | Dw (mm) | (n) buah | F(n) |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|--------|
| 0.7 | 735 | 100 | 4 | 66.2 | 12 | 1.7453 |
| 0.8 | 840 | 100 | 4 | 66.2 | 13 | 1.8243 |
| 0.9 | 945 | 100 | 4 | 66.2 | 15 | 1.9657 |
| 1 | 1050 | 100 | 4 | 66.2 | 16 | 2.0295 |
| 1.1 | 1155 | 100 | 4 | 66.2 | 18 | 2.1462 |
| 1.2 | 1260 | 100 | 4 | 66.2 | 20 | 2.2507 |
| 1.5 | 1575 | 100 | 4 | 66.2 | 24 | 2.4318 |

Tabel 5. 13 Nilai Hambatan $F(n)$ Pola Segiempat

| jarak PVD s (m) | D (mm) | a (mm) | b (mm) | Dw (mm) | (n) buah | F(n) |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|--------|
| 0.7 | 791 | 100 | 4 | 66.2 | 12 | 1.7453 |
| 0.8 | 904 | 100 | 4 | 66.2 | 14 | 1.8975 |
| 0.9 | 1017 | 100 | 4 | 66.2 | 16 | 2.0295 |
| 1 | 1130 | 100 | 4 | 66.2 | 18 | 2.1462 |
| 1.1 | 1243 | 100 | 4 | 66.2 | 19 | 2.1998 |
| 1.2 | 1356 | 100 | 4 | 66.2 | 21 | 2.2992 |
| 1.5 | 1695 | 100 | 4 | 66.2 | 26 | 2.5114 |

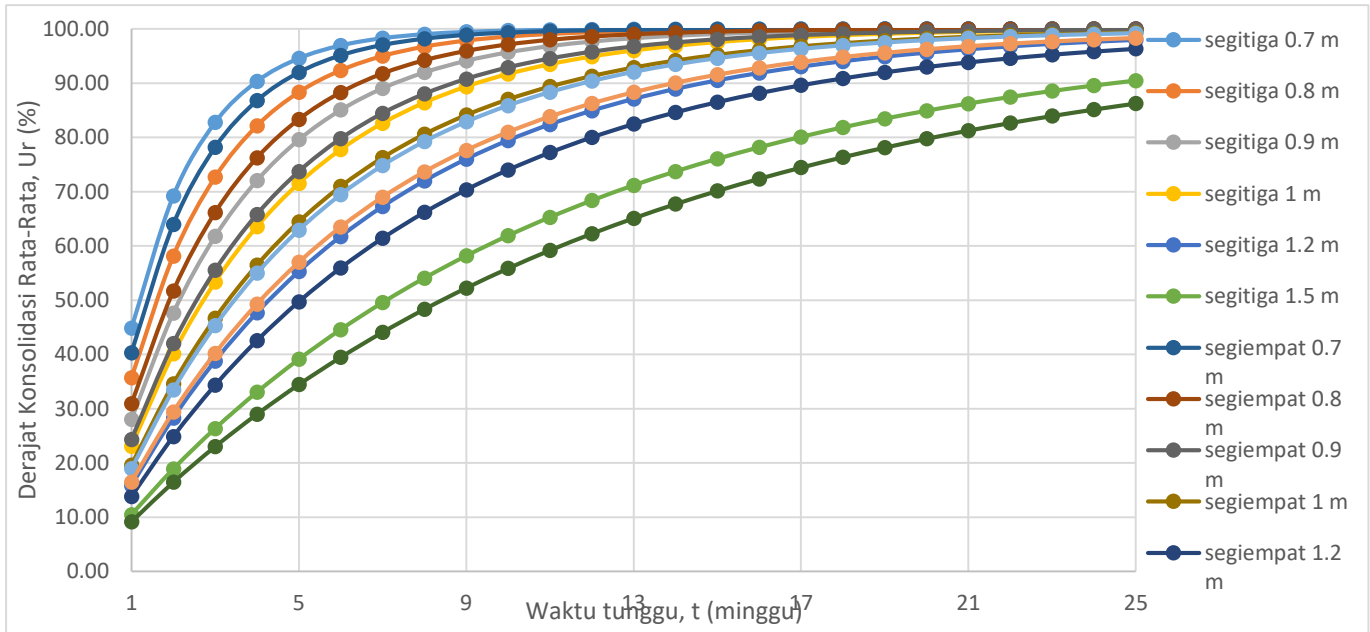
a) PVD kedalaman 10m

Derajat konsolidasi total (U_{total}) yang dihasilkan dengan menggunakan PVD dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.38. Perhitungan U total pada pola segitiga dengan jarak 1,2 m dengan kedalaman PVD 10 m disajikan pada Tabel 5.14 berikut:

Tabel 5. 14 Derajat Konsolidasi Pola Segitiga 1,2 m Kedalaman 10 m

| Minggu | T_v | U_v | U_h | U_{total} (%) |
|--------|----------|-------|-------|-----------------|
| 1 | 0.000338 | 0.021 | 0.141 | 15.836 |
| 2 | 0.000676 | 0.029 | 0.261 | 28.298 |
| 3 | 0.001015 | 0.036 | 0.365 | 38.793 |
| 4 | 0.001353 | 0.042 | 0.454 | 47.697 |
| 5 | 0.001691 | 0.046 | 0.531 | 55.277 |
| 6 | 0.002029 | 0.051 | 0.597 | 61.740 |
| 7 | 0.002367 | 0.055 | 0.654 | 67.257 |
| 8 | 0.002706 | 0.059 | 0.702 | 71.971 |
| 9 | 0.003044 | 0.062 | 0.744 | 76.001 |
| 10 | 0.003382 | 0.066 | 0.780 | 79.448 |
| 11 | 0.003720 | 0.069 | 0.811 | 82.396 |
| 12 | 0.004058 | 0.072 | 0.838 | 84.920 |
| 13 | 0.004397 | 0.075 | 0.860 | 87.080 |
| 14 | 0.004735 | 0.078 | 0.880 | 88.929 |
| 15 | 0.005073 | 0.080 | 0.897 | 90.513 |
| 16 | 0.005411 | 0.083 | 0.911 | 91.870 |
| 17 | 0.005749 | 0.086 | 0.924 | 93.032 |
| 18 | 0.006087 | 0.088 | 0.935 | 94.027 |
| 19 | 0.006426 | 0.090 | 0.944 | 94.880 |
| 20 | 0.006764 | 0.093 | 0.952 | 95.611 |
| 21 | 0.007102 | 0.095 | 0.958 | 96.237 |
| 22 | 0.007440 | 0.097 | 0.964 | 96.774 |

Perhitungan seluruh pola pemasangan dan jarak dihitung dengan cara yang sama seperti diatas. Hasil dari seluruh pola pemasangan dan jarak kemudian dijadikan grafik seperti pada Gambar 5.8 berikut :



Gambar 5. 8 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi kedalaman PVD 10 m

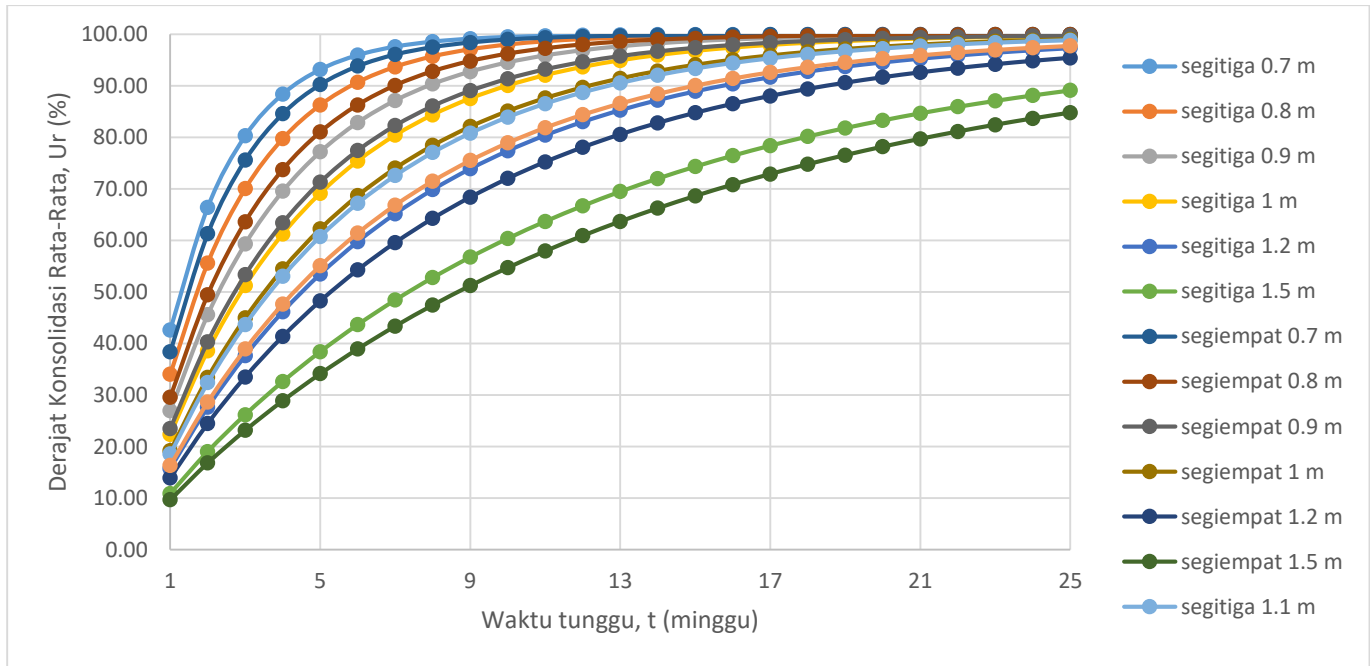
Waktu efektif PVD untuk bekerja adalah sekitar 6 bulan atau hanya sekitar 24 minggu karena setelahnya fungsi PVD kurang maksimum. Dalam Perencanaan kali ini dipilih PVD dengan pola segitiga dan jarak 1,2 m karena mampu menghilangkan 90% dari pemampatan yang direncanakan.

b) PVD kedalaman 6 m

Derajat konsolidasi total (U_{total}) yang dihasilkan dengan menggunakan PVD dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.38. Perhitungan U total pada pola segitiga dengan jarak 1,2 m dengan kedalaman PVD 6 m disajikan pada Tabel 5.15 dan hasil dari seluruh pola pemasangan dan jarak kemudian dijadikan grafik seperti pada Gambar 5.9

Tabel 5. 15 Derajat Konsolidasi Pola Segitiga 1,2 m Kedalaman 6m

| Minggu | T_v | U_v | U_h | $U_{total}(\%)$ |
|--------|----------|-------|-------|-----------------|
| 1 | 0.000855 | 0.033 | 0.129 | 15.743 |
| 2 | 0.001709 | 0.047 | 0.241 | 27.624 |
| 3 | 0.002564 | 0.057 | 0.339 | 37.631 |
| 4 | 0.003418 | 0.066 | 0.424 | 46.167 |
| 5 | 0.004273 | 0.074 | 0.498 | 53.486 |
| 6 | 0.005128 | 0.081 | 0.562 | 59.780 |
| 7 | 0.005982 | 0.087 | 0.619 | 65.203 |
| 8 | 0.006837 | 0.093 | 0.668 | 69.881 |
| 9 | 0.007691 | 0.099 | 0.711 | 73.921 |
| 10 | 0.008546 | 0.104 | 0.748 | 77.412 |
| 11 | 0.009401 | 0.109 | 0.780 | 80.431 |
| 12 | 0.010255 | 0.114 | 0.809 | 83.042 |
| 13 | 0.011110 | 0.119 | 0.833 | 85.302 |
| 14 | 0.011964 | 0.123 | 0.855 | 87.259 |
| 15 | 0.012819 | 0.128 | 0.873 | 88.954 |
| 16 | 0.013674 | 0.132 | 0.890 | 90.421 |
| 17 | 0.014528 | 0.136 | 0.904 | 91.693 |
| 18 | 0.015383 | 0.140 | 0.916 | 92.795 |
| 19 | 0.016237 | 0.144 | 0.927 | 93.750 |
| 20 | 0.017092 | 0.148 | 0.936 | 94.578 |
| 21 | 0.017947 | 0.151 | 0.945 | 95.296 |
| 22 | 0.018801 | 0.155 | 0.952 | 95.919 |
| 23 | 0.019656 | 0.158 | 0.958 | 96.459 |
| 24 | 0.020510 | 0.162 | 0.963 | 96.927 |
| 25 | 0.021365 | 0.165 | 0.968 | 97.333 |



Gambar 5. 9 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi kedalaman PVD 6 m

Waktu efektif PVD untuk bekerja adalah sekitar 6 bulan atau hanya sekitar 24 minggu karena setelahnya fungsi PVD kurang maksimum. Dalam Perencanaan kali ini dipilih PVD dengan pola segitiga dan jarak 1,2 m karena mampu menghilangkan 90% dari pemampatan yang direncanakan

Setelah mendapatkan pola pvd, jarak pvd dan kedalaman PVD yang cocok langkah selanjutnya adalah merencanakan timbunan bertahap agar kerja pvd dapat maksimal dan efektif akibat adanya timbunan diatasnya.

5.3 Perhitungan Kebutuhan Material

Pola pemasangan PVD yang digunakan dalam perencanaan kali ini adalah pola segitiga dengan spasi 1,2 meter. Untuk kedalaman PVD yang digunakan adalah 10 meter dan 6 meter. STA 7+688 s/d STA 8+028 dipasang PVD dengan kedalaman 10 m sedangkan untuk 8+028 s/d STA 8+078 dipasang PVD dengan kedalaman 6m. Panjang timbunan yang ditinjau adalah 50 m, hal ini dilakukan untuk mendapatkan total harga yang paling tepat contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

| | |
|----------------------|------------------------------|
| Jarak PVD | = 1,2 m |
| Panjang tinjauan | = 50 m |
| Tinggi timbunan | = 7,5 m |
| Lebar timbunan atas | = 28 m |
| Kedalaman PVD | = 10 m |
| Lebar bawah timbunan | = (4 x 7,5 m) + 28 m |
| | = 58 m |
| Jumlah PVD 1 baris | = 58 m / 1,2 |
| | = 49 buah |
| Jarak memanjang PVD | = 0,866 x 1,2 m |
| | = 1,0392 m |
| Panjang PVD per STA | = 49 x (50/1,039) x (10+0,3) |
| | = 24284 m |
| Harga PVD | = 24284 m x 3500 /m |
| | = 84994000 |

Berikut adalah rekapan hasil perhitungan PVD pada timbunan kemiringan lereng 1:2 dapat dilihat pada Tabel 5.16

Tabel 5. 16 Rekapan Kebutuhan PVD Timbunan Miring

| NO | STA | | Tinggi Timbunan | Lebar Timbunan Atas | Lebar Timbunan Bawah | Panjang Tinjauan | PVD 1 Baris | Jarak PVD Memanjang | Total Panjang PVD | Harga total | |
|-------------|-------|---|-----------------|---------------------|----------------------|------------------|-------------|---------------------|-------------------|----------------|---------------|
| | | | (m) | (m) | (m) | (m) | (n) | (m) | (m) | | |
| 1 | 7+688 | - | 7+738 | 6.1 | 28 | 52.4 | 50 | 44 | 1.0392 | 21806 | Rp 76,321,000 |
| 2 | 7+738 | - | 7+788 | 6.42 | 28 | 53.68 | 50 | 45 | 1.0392 | 22301 | Rp 78,053,500 |
| 3 | 7+788 | - | 7+838 | 6.42 | 28 | 53.68 | 50 | 45 | 1.0392 | 22301 | Rp 78,053,500 |
| 4 | 7+838 | - | 7+888 | 7.5 | 28 | 58 | 50 | 49 | 1.0392 | 24284 | Rp 84,994,000 |
| 5 | 7+888 | - | 7+938 | 6.75 | 28 | 55 | 50 | 46 | 1.0392 | 22797 | Rp 79,789,500 |
| 6 | 7+938 | - | 7+988 | 6.7 | 28 | 54.8 | 50 | 46 | 1.0392 | 22797 | Rp 79,789,500 |
| 7 | 7+988 | - | 8+028 | 7.29 | 28 | 57.16 | 40 | 48 | 1.0392 | 19031 | Rp 66,608,500 |
| 8 | 8+028 | - | 8+078 | 2.9 | 28 | 39.6 | 50 | 33 | 1.0392 | 10003 | Rp 35,010,500 |
| Harga Total | | | | | | | | | | Rp 578,620,000 | |

Perhitungan material selanjutnya adalah material PHD, material PHD berfungsi untuk mempercepat penyaluran air tanah dari PVD menuju ke saluran drainase pembuangan. Pemasangan PHD searah dengan melintang jalan, dan panjangnya adalah lebar timbunan bawah ditambah dengan 2m sebagai panjang penyaluran menuju drainase. Berikut contoh perhitungan PHD :

Tinggi timbunan = 7,5 m

Lebar timbunan atas = 28 m

Lebar bawah timbunan = $(4 \times 7,5 \text{ m}) + 28 \text{ m} + (2 \times 2 \text{ m})$
= 62 m

Panjang PHD per STA = $62 \times ((50-1,039)/1,039)$
= 2922 m

Harga PHD = $2922 \text{ m} \times 27000 / \text{m}$
= 788940

Tabel 5. 17 Perhitungan Rekapitulasi PHD Timbunan Miring

| NO | STA | | Tinggi Timbunan | Lebar Timbunan Atas | Lebar Timbunan Bawah | Panjang Tinjauan | PHD 1 Baris | Jarak PVD Memanjang | Total Panjang PHD | Harga total | |
|-------------|-------|---|-----------------|---------------------|----------------------|------------------|-------------|---------------------|-------------------|----------------|---------------|
| | | | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | | |
| 1 | 7+688 | - | 7+738 | 6.1 | 28 | 56.4 | 50 | 56.4 | 1.0392 | 2658 | Rp 71,766,000 |
| 2 | 7+738 | - | 7+788 | 6.42 | 28 | 57.68 | 50 | 57.68 | 1.0392 | 2718 | Rp 73,386,000 |
| 3 | 7+788 | - | 7+838 | 6.42 | 28 | 57.68 | 50 | 57.68 | 1.0392 | 2718 | Rp 73,386,000 |
| 4 | 7+838 | - | 7+888 | 7.5 | 28 | 62 | 50 | 62 | 1.0392 | 2922 | Rp 78,894,000 |
| 5 | 7+888 | - | 7+938 | 6.75 | 28 | 59 | 50 | 59 | 1.0392 | 2780 | Rp 75,060,000 |
| 6 | 7+938 | - | 7+988 | 6.7 | 28 | 58.8 | 50 | 58.8 | 1.0392 | 2771 | Rp 74,817,000 |
| 7 | 7+988 | - | 8+028 | 7.29 | 28 | 61.16 | 40 | 61.16 | 1.0392 | 2293 | Rp 61,911,000 |
| 8 | 8+028 | - | 8+078 | 2.9 | 28 | 43.6 | 50 | 43.6 | 1.0392 | 2055 | Rp 55,485,000 |
| Harga Total | | | | | | | | | | Rp 564,705,000 | |

5.4 Metode Soil Preloading

Metode soil preloading adalah salah satu metode perbaikan tanah yang umum dilakukan di beberapa proyek di Indonesia, Metode soil preloading ini sendiri dilakukan dengan menambahkan timbunan diatas tanah dasar hingga parameter tanah tersebut akhirnya meningkat. Spesifikasi alat pemadatan yang digunakan adalah 0,5 m per minggu dan contoh perhitungan yang digunakan adalah timbunan di zona 2 dengan H final = 6,9 m dan H initial = 7,5 m. Berikut adalah penjadwalan penimbunan bertahap dapat dilihat pada Tabel 5.18

Tabel 5. 18 Jadwal Penimbunan Metode *Soil Preloading*

| jadwal penimbunan | Tahap Penimbunan | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------------------|----|----|----|----|----|----|---|---|----|----|----|----|----|----|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| Minggu Ke- | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | |
| | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | | |
| | 6 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | | |
| | 7 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | | |
| | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | | |
| | 9 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | | |
| | 10 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | | |
| | 11 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | | |
| | 12 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| | 13 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| | 14 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | 15 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

5.4.1 Penentuan Tinggi Timbunan Kritis

Tinggi penimbunan harus memperhatikan tinggi kritis timbunan (H_{cr}) yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar agar timbunan tidak mengalami kelongsoran. Tinggi H kritis adalah tinggi timbunan ketika $SF > 1$, dan ketika ditimbun lagi akan longsor atau $sf < 1$. Dalam perhitungan kali ini dianalisa tinggi timbunan 8 tahap atau setinggi 4 meter. Berikut adalah lebar timbunan dan q disetiap tahapanya dapat dilihat dari Tabel 5.19 Berikut ini :

Tabel 5. 19 Rekapitulasi Nilai q Setiap Pentahapan

| Tahap | h m | H timb m | B2 (m) | B1 (m) | q kn/m ² |
|-------|--------|-------------|-----------|-----------|------------------------|
| 1 | 0.50 | 0.50 | 1.00 | 28.00 | 9.25 |
| 2 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 27.00 | 9.25 |
| 3 | 0.50 | 1.50 | 1.00 | 26.00 | 9.25 |
| 4 | 0.50 | 2.00 | 1.00 | 25.00 | 9.25 |
| 5 | 0.50 | 2.50 | 1.00 | 24.00 | 9.25 |
| 6 | 0.50 | 3.00 | 1.00 | 23.00 | 9.25 |
| 7 | 0.50 | 3.50 | 1.00 | 22.00 | 9.25 |
| 8 | 0.50 | 4.00 | 1.00 | 21.00 | 9.25 |
| 9 | 0.50 | 4.50 | 1.00 | 20.00 | 9.25 |
| 10 | 0.50 | 5.00 | 1.00 | 19.00 | 9.25 |
| 11 | 0.50 | 5.50 | 1.00 | 18.00 | 9.25 |
| 12 | 0.50 | 6.00 | 1.00 | 17.00 | 9.25 |
| 13 | 0.50 | 6.50 | 1.00 | 16.00 | 9.25 |
| 14 | 0.50 | 7.00 | 1.00 | 15.00 | 9.25 |
| 15 | 0.50 | 7.50 | 1.00 | 14.00 | 9.25 |

Sebelumnya perlu dicari terlebih dahulu perubahan nilai tegangan tanah pada derajat konsolidasi 100% ($u=100\%$) dengan cara sebagai berikut :

Data diketahui

$$I = 0,5 \text{ (Dari plot grafik di Gambar 2.2)}$$

$$Q = 9,25 \text{ Kn/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta p_1 &= 2x I x q \\ &= 2 x 0,5 x 9,25 \text{ Kn/m}^2 \\ &= 9,25 \text{ Kn/m}^2 \end{aligned}$$

Kemudian setelah perubahan tegangan di setiap lapisan tanah pada derajat konsolidasi 100% diketahui , maka dicari tegangan yang terjadi pada setiap lapisan tanah tersebut pada derajat konsolidasi 100%. Berikut adalah contoh perhitunganya

$$\begin{aligned} \sigma_1' &= P_o + \Delta p_1 \\ &= 2,96 \text{ Kn/m}^2 + 9,25 \text{ Kn/m}^2 \\ &= 12,21 \text{ kn/m}^2 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan perubahan tegangan di setiap lapisan dapat dilihat di Tabel 5.20 dan tegangan yang terjadi di setiap

lapisan pada derajat konsolidasi 100% dapat dilihat pada Tabel 5.21 :

Tabel 5. 20 Perubahan Tegangan Lapisan U=100% Minggu 15

| Perubahan Teg. | Po` | ΔP1` | ΔP2` | ΔP3` | ΔP4` | ΔP5` | ΔP6` | ΔP7` | ΔP8` | ΔP9` |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| Umur Timbunan | - | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 |
| U perminggu (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.958 | 9.250 | 9.250 | 9.249 | 9.248 | 9.246 | 9.242 | 9.236 | 9.226 | 9.211 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 9.249 | 9.248 | 9.247 | 9.244 | 9.239 | 9.231 | 9.220 | 9.204 | 9.180 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.792 | 9.247 | 9.245 | 9.241 | 9.235 | 9.227 | 9.214 | 9.196 | 9.172 | 9.138 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.708 | 9.243 | 9.238 | 9.231 | 9.222 | 9.208 | 9.189 | 9.164 | 9.130 | 9.085 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.222 | 9.235 | 9.227 | 9.217 | 9.202 | 9.182 | 9.156 | 9.122 | 9.077 | 9.019 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.333 | 9.223 | 9.211 | 9.196 | 9.176 | 9.149 | 9.114 | 9.070 | 9.013 | 8.941 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.444 | 9.206 | 9.190 | 9.169 | 9.142 | 9.107 | 9.063 | 9.007 | 8.938 | 8.852 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.556 | 9.184 | 9.162 | 9.135 | 9.100 | 9.057 | 9.002 | 8.935 | 8.853 | 8.752 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.667 | 9.156 | 9.128 | 9.094 | 9.051 | 8.998 | 8.933 | 8.854 | 8.758 | 8.643 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.778 | 9.122 | 9.087 | 9.045 | 8.993 | 8.931 | 8.855 | 8.763 | 8.655 | 8.525 |

| Perubahan Teg. | ΔP10` | ΔP11` | ΔP12` | ΔP13` | ΔP14` | ΔP15` | Σσ' | Σσ' |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| U perminggu (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | kn/m ² | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 9.189 | 9.157 | 9.111 | 9.048 | 8.961 | 8.841 | 140.422 | 1.404 |
| -1.00 s/d -2.00 | 9.147 | 9.102 | 9.040 | 8.956 | 8.844 | 8.696 | 145.721 | 1.457 |
| -2.00 s/d -3.00 | 9.093 | 9.032 | 8.951 | 8.846 | 8.709 | 8.533 | 150.871 | 1.509 |
| -3.00 s/d -4.00 | 9.025 | 8.947 | 8.847 | 8.719 | 8.558 | 8.356 | 155.871 | 1.559 |
| -4.00 s/d -5.00 | 8.944 | 8.849 | 8.729 | 8.579 | 8.394 | 8.167 | 161.322 | 1.613 |
| -5.00 s/d -6.00 | 8.850 | 8.738 | 8.598 | 8.427 | 8.220 | 7.972 | 167.230 | 1.672 |
| -6.00 s/d -7.00 | 8.745 | 8.615 | 8.456 | 8.266 | 8.039 | 7.771 | 173.009 | 1.730 |
| -7.00 s/d -8.00 | 8.629 | 8.482 | 8.306 | 8.097 | 7.852 | 7.568 | 178.670 | 1.787 |
| -8.00 s/d -9.00 | 8.505 | 8.341 | 8.148 | 7.923 | 7.663 | 7.365 | 184.226 | 1.842 |
| -9.00 s/d -10.00 | 8.373 | 8.194 | 7.986 | 7.747 | 7.473 | 7.164 | 189.691 | 1.897 |

Tabel 5. 21 Nilai Tegangan Lapisan U=100% Minggu 15

| Elevasi dari tanah dasar | Z | Po' | σ_1' | σ_2' | σ_3' | σ_4' | σ_5' | σ_6' | σ_7' |
|--------------------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | (m) | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| | | | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 |
| -0.00 s/d -1.00 | 0.5 | 2.96 | 12.21 | 21.46 | 30.71 | 39.96 | 49.20 | 58.44 | 67.68 |
| -1.00 s/d -2.00 | 1.5 | 8.88 | 18.12 | 27.37 | 36.62 | 45.86 | 55.10 | 64.33 | 73.55 |
| -2.00 s/d -3.00 | 2.5 | 14.79 | 24.04 | 33.28 | 42.53 | 51.76 | 60.99 | 70.20 | 79.40 |
| -3.00 s/d -4.00 | 3.5 | 20.71 | 29.95 | 39.19 | 48.42 | 57.64 | 66.85 | 76.04 | 85.20 |
| -4.00 s/d -5.00 | 4.5 | 27.22 | 36.46 | 45.68 | 54.90 | 64.10 | 73.29 | 82.44 | 91.56 |
| -5.00 s/d -6.00 | 5.5 | 34.33 | 43.56 | 52.77 | 61.96 | 71.14 | 80.29 | 89.40 | 98.47 |
| -6.00 s/d -7.00 | 6.5 | 41.44 | 50.65 | 59.84 | 69.01 | 78.15 | 87.26 | 96.32 | 105.33 |
| -7.00 s/d -8.00 | 7.5 | 48.56 | 57.74 | 66.90 | 76.04 | 85.14 | 94.19 | 103.20 | 112.13 |
| -8.00 s/d -9.00 | 8.5 | 55.67 | 64.82 | 73.95 | 83.04 | 92.09 | 101.09 | 110.03 | 118.88 |
| -9.00 s/d -10.00 | 9.5 | 62.78 | 71.90 | 80.99 | 90.03 | 99.03 | 107.96 | 116.81 | 125.57 |

| Elevasi dari tanah dasar | Z | Po' | σ_8' | σ_9' | σ_{10}' | σ_{11}' | σ_{12}' | σ_{13}' | σ_{14}' | σ_{15}' |
|--------------------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | (m) | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| | | | 4 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.50 | 7.00 | 7.50 |
| -0.00 s/d -1.00 | 0.5 | 2.96 | 76.90 | 86.12 | 95.30 | 104.46 | 113.57 | 122.62 | 131.58 | 140.42 |
| -1.00 s/d -2.00 | 1.5 | 8.88 | 82.76 | 91.94 | 101.08 | 110.19 | 119.23 | 128.18 | 137.03 | 145.72 |
| -2.00 s/d -3.00 | 2.5 | 14.79 | 88.57 | 97.71 | 106.80 | 115.83 | 124.78 | 133.63 | 142.34 | 150.87 |
| -3.00 s/d -4.00 | 3.5 | 20.71 | 94.33 | 103.42 | 112.44 | 121.39 | 130.24 | 138.96 | 147.52 | 155.87 |
| -4.00 s/d -5.00 | 4.5 | 27.22 | 100.64 | 109.66 | 118.60 | 127.45 | 136.18 | 144.76 | 153.15 | 161.32 |
| -5.00 s/d -6.00 | 5.5 | 34.33 | 107.48 | 116.43 | 125.28 | 134.01 | 142.61 | 151.04 | 159.26 | 167.23 |
| -6.00 s/d -7.00 | 6.5 | 41.44 | 114.27 | 123.12 | 131.86 | 140.48 | 148.93 | 157.20 | 165.24 | 173.01 |
| -7.00 s/d -8.00 | 7.5 | 48.56 | 120.98 | 129.74 | 138.36 | 146.85 | 155.15 | 163.25 | 171.10 | 178.67 |
| -8.00 s/d -9.00 | 8.5 | 55.67 | 127.64 | 136.28 | 144.78 | 153.13 | 161.27 | 169.20 | 176.86 | 184.23 |
| -9.00 s/d -10.00 | 9.5 | 62.78 | 134.23 | 142.75 | 151.13 | 159.32 | 167.31 | 175.05 | 182.53 | 189.69 |

Setelah mendapatkan nilai perubahan tegangan akibat beban bertahap dengan $U = 100\%$, maka untuk mendapatkan nilai C_u baru harus menghitung penambahan tegangan efektif akibat beban H kritis apabila $U < 100\%$. Untuk perhitungan perubahan tegangan efektif $U < 100\%$ menggunakan Persamaan 2.47 berikut

Data dari perhitungan sebelumnya

$$P_0' = 2,96 \text{ kn/m}^2$$

$$\sigma_1' = 12,21 \text{ kn/m}^2$$

$$\sigma_2' = 21,46 \text{ kn/m}^2$$

$$U8 = 0,720$$

$$U7 = 0,673$$

$$\begin{aligned}\Delta p1 \text{ lapisan 1} &= \left[\left(\frac{\sigma_1'}{p_{0'}} \right)^{u8} \times p_{0'} \right] - p_{0'} \\ &= \left[\left(\frac{12,21}{2,96} \right)^{0,720} \times 2,96' \right] - 2,96' \\ &= 5,247 \text{ kn/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta p1 \text{ lapisan 2} &= \left[\left(\frac{\sigma_2'}{\sigma_1'} \right)^{u7} \times \sigma_1' \right] - \sigma_1' \\ &= \left[\left(\frac{21,46}{12,21} \right)^{0,720} \times 12,21 \right] - 12,21 \\ &= 5,632 \text{ kn/m}^2\end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan penambahan tegangan efektif akibat beban H kritis apabila $U < 100\%$ dapat dilihat di Tabel 5.22 berikut ini :

Tabel 5. 22 Perubahan Tegangan Lapisan $U < 100\%$ minggu 8

| Perubahan Teg. | Po' | $\Delta P1'$ | $\Delta P2'$ | $\Delta P3'$ | $\Delta P4'$ | $\Delta P5'$ | $\Delta P6'$ | $\Delta P7'$ | $\Delta P8'$ | $\Sigma \sigma'$ | $\Sigma \sigma'$ |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | - | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| U perminggu (%) | 1 | 0.720 | 0.673 | 0.617 | 0.553 | 0.477 | 0.388 | 0.283 | 0.158 | kn/m ² | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.958 | 5.247 | 5.632 | 5.314 | 4.810 | 4.171 | 3.398 | 2.478 | 1.384 | 35.391 | 0.354 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 5.962 | 5.792 | 5.388 | 4.852 | 4.196 | 3.412 | 2.485 | 1.386 | 42.348 | 0.423 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.792 | 6.188 | 5.881 | 5.436 | 4.880 | 4.212 | 3.421 | 2.489 | 1.386 | 48.686 | 0.487 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.708 | 6.300 | 5.936 | 5.467 | 4.898 | 4.222 | 3.425 | 2.488 | 1.385 | 54.829 | 0.548 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.222 | 6.369 | 5.974 | 5.489 | 4.910 | 4.227 | 3.425 | 2.485 | 1.381 | 61.481 | 0.615 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.333 | 6.413 | 5.999 | 5.502 | 4.915 | 4.226 | 3.420 | 2.478 | 1.375 | 68.661 | 0.687 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.444 | 6.437 | 6.011 | 5.506 | 4.912 | 4.219 | 3.410 | 2.468 | 1.367 | 75.774 | 0.758 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.556 | 6.447 | 6.013 | 5.501 | 4.903 | 4.206 | 3.395 | 2.454 | 1.357 | 82.831 | 0.828 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.667 | 6.448 | 6.006 | 5.489 | 4.887 | 4.187 | 3.376 | 2.436 | 1.346 | 89.841 | 0.898 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.778 | 6.439 | 5.992 | 5.471 | 4.865 | 4.164 | 3.352 | 2.416 | 1.332 | 96.809 | 0.968 |

Setelah menghitung penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi $< 100\%$, nilai C_u baru dapat dihitung. Karena harga Plasticity Index (PI) pada tanah ini kurang dari 120% maka C_u baru dihitung menggunakan Persamaan 2.44. Contoh perhitungan menggunakan lapisan 1 dan lapisan 5

Lapisan 1

$$IP = 58,68\%$$

$$\Sigma \sigma' = 0,354 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Cu lama} &= 0,06 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Cu baru} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 PI) \sigma p' \\ &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 (58,68)) 0,354 \\ &= 0,11 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Cu pakai} &= 0,11 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Lapisan 5

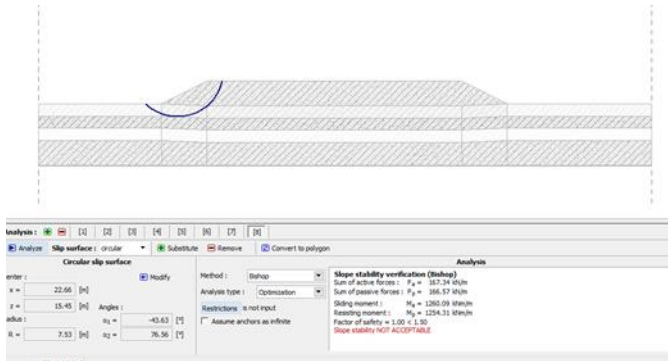
$$\begin{aligned} \text{IP} &= 79,1\% \\ \Sigma \sigma' &= 0,615 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Cu lama} &= 0,21 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Cu baru} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 PI) \sigma p' \\ &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 79,1) 0,615 \\ &= 0,11 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Cu pakai} &= 0,21 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai Cu baru dan Cu lama dibandingkan apabila nilai Cu lama lebih besar dari Cu baru maka Cu pakai nya menggunakan Cu lama, rekapitulasi perhitungan tiap lapisan dapat dilihat dari Tabel 5.23

Tabel 5. 23 Peningkatan Nilai Cu Untuk Timbunan 8 Tahap

| Kedalaman (m) | PI (%) | Cu lama kg/cm ² | Cu baru kg/cm ² | Cu baru kg/cm ² | cu pakai kg/cm ² | cu transisi kg/cm ² | cu transisi kg/cm ² |
|------------------|--------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| -0.00 s/d -1.00 | 56.575 | 0.06 | 0.11 | 0.11 | 0.12 | 0.08 | 0.09 |
| -1.00 s/d -2.00 | 56.575 | 0.06 | 0.12 | | | 0.09 | |
| -2.00 s/d -3.00 | 56.575 | 0.12 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.12 | 0.12 |
| -3.00 s/d -4.00 | 56.575 | 0.12 | 0.13 | | | 0.13 | |
| -4.00 s/d -5.00 | 79.1 | 0.21 | 0.11 | 0.11 | 0.21 | 0.16 | 0.16 |
| -5.00 s/d -6.00 | 79.1 | 0.21 | 0.12 | | | 0.16 | |
| -6.00 s/d -7.00 | 79.1 | 0.39 | 0.12 | 0.13 | 0.39 | 0.25 | 0.26 |
| -7.00 s/d -8.00 | 79.1 | 0.39 | 0.13 | | | 0.26 | |
| -8.00 s/d -9.00 | 79.1 | 0.39 | 0.13 | | | 0.26 | |
| -9.00 s/d -10.00 | 79.1 | 0.39 | 0.14 | | | 0.26 | |

Kemudian Hasil dari peningkatan Cu tersebut berguna untuk melakukan analisa dengan menggunakan program bantu Geo5 dan didapatkan hasil seperti Gambar 5.10 berikut ini :



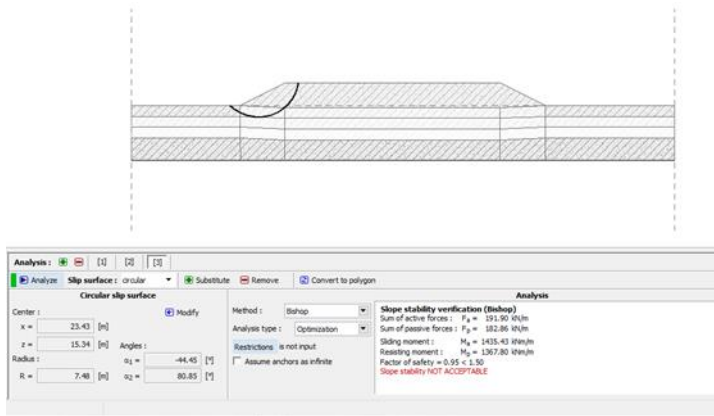
Gambar 5. 10 Analisa timbunan miring tinggi 4 m

Berdasarkan analisa diatas dihasilkan $SF = 1$ sehingga aman untuk dilakukan penimbunan selanjutnya. Dengan menggunakan perhitungan yang sama seperti sebelumnya, kenaikan C_u pada saat minggu ke 9 dengan tinggi timbunan 4,5 m ditampilkan pada Tabel 5.24

Tabel 5. 24 Peningkatan Nilai C_u Untuk Timbunan 9 Tahap

| Kedalaman (m) | PI (%) | C_u lama kg/cm ² | C_u baru kg/cm ² | C_u baru kg/cm ² | cu pakai kg/cm ² | cu transisi kg/cm ² | cu transisi kg/cm ² |
|------------------|--------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| -0.00 s/d -1.00 | 56.575 | 0.06 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.09 | 0.09 |
| -1.00 s/d -2.00 | 56.575 | 0.06 | 0.12 | | | 0.09 | |
| -2.00 s/d -3.00 | 56.575 | 0.12 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.13 | 0.13 |
| -3.00 s/d -4.00 | 56.575 | 0.12 | 0.14 | | | 0.13 | |
| -4.00 s/d -5.00 | 79.100 | 0.21 | 0.12 | 0.12 | 0.21 | 0.16 | 0.17 |
| -5.00 s/d -6.00 | 79.100 | 0.21 | 0.12 | | | 0.17 | |
| -6.00 s/d -7.00 | 79.100 | 0.39 | 0.13 | 0.13 | 0.39 | 0.26 | 0.26 |
| -7.00 s/d -8.00 | 79.100 | 0.39 | 0.13 | | | 0.26 | |
| -8.00 s/d -9.00 | 79.100 | 0.39 | 0.13 | | | 0.26 | |
| -9.00 s/d -10.00 | 79.100 | 0.39 | 0.14 | | | 0.26 | |

Kemudian Hasil dari peningkatan C_u tersebut berguna untuk melakukan analisa dengan menggunakan program bantu Geo5 dan didapatkan hasil seperti Gambar 5.11



Gambar 5. 11 Analisa timbunan miring tinggi 4,5 m

Dari analisa tersebut didapatkan Nilai SF = 0,95, atau lebih kecil daripada SF = 1 sehingga timbunan tersebut dianggap tidak aman. Dalam proyek ini tidak dilakukan penundaan untuk menunggu kenaikan Cu karena dirasa akan kurang efektif sehingga timbunan langsung dipasang perkuatan yang akan dibahas di bab selanjutnya.

5. 4. 2 Perhitungan Pemampatan Akibat Timbunan

Penambahan beban secara bertahap juga akan membuat tanah dasar menerima penurunan yang bertahap pula. Perhitungan penurunan akibat beban bertahap menggunakan 3 rumus yaitu Persamaan 2.50 s/d Persamaan 2.52 seperti berikut :

Tahap 1 ($P0' + \Delta p1 \leq Pc$)

$$Sc = \frac{Cs H}{1+eo} \log\left(\frac{P'0 + \Delta P1}{p'0}\right) \text{ (Persamaan 2.50)}$$

$$= \frac{0,07 \times 1}{1+1,82} \log\left(\frac{2,96 + 9,25}{2,96}\right)$$

$$= 0,0161 \text{ m}$$

Tahap 3 ($P0' + \Delta p1 + \Delta p2 + \Delta p3 \geq Pc$) (Persamaan 2.51)

$$Sc = \frac{Cs H}{1+eo} \log\left(\frac{P'c}{P'0 + \Delta P1 + \Delta P2}\right) + \frac{Cc H}{1+eo} \log\left(\frac{P'0 + \Delta P1 + \Delta P2 + \Delta P3}{P'c}\right)$$

$$Sc = \frac{0,07 \times 1}{1+1,82} \log\left(\frac{22,96}{21,46}\right) + \frac{0,5 \times 1}{1+1,82} \log\left(\frac{30,71}{22,96}\right)$$

$$=0,0232 \text{ m}$$

Tahap4 ($P_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 \geq P_c$)(Persamaan 2.52)

$$Sc = \frac{cc H}{1+eo} \log \left(\frac{P'_0 + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4}{P'_0 + \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3} \right)$$

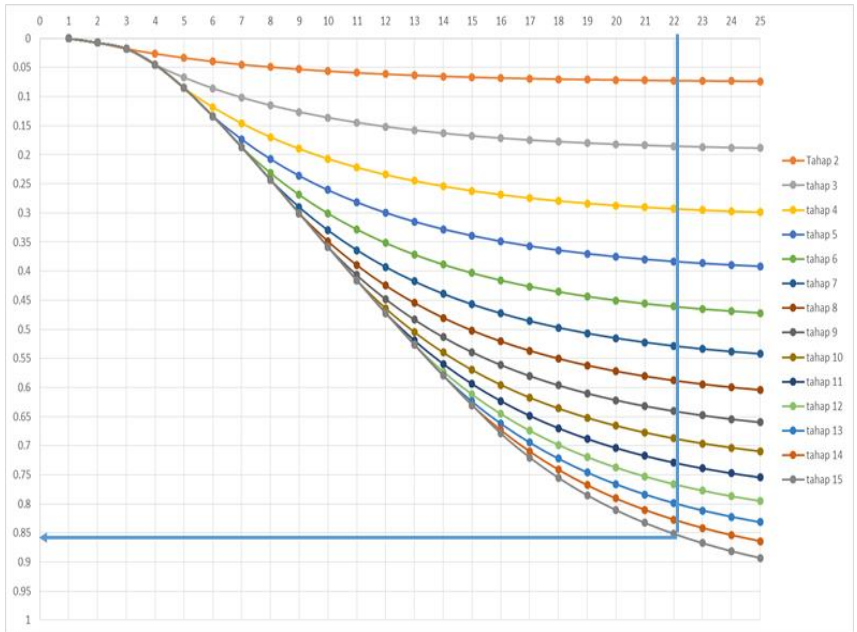
$$Sc = \frac{0,5 \times 1}{1+1,82} \log \left(\frac{39,96}{30,71} \right) = 0,0202 \text{ m}$$

Rekapitulasi salah satu tahap yaitu tahap 1 dengan menggunakan rumus pemampatan 1 dapat dilihat seperti Tabel 5.25 berikut ini :

Tabel 5. 25 Rekapitulasi Pemampatan Timbunan Tahap 1

| No | Tebal Lapisan | z m | eo | v kn/m ³ | cc | cs | Po kn/m ² | $\Sigma(P_0' + \Delta P_n')$ kn/m ² | Ket < atau > | Pc' kn/m ² | $\Sigma(P_0' + \Delta P_n') - \Delta P_n'$ kn/m ² | Sc pers 1 (m) | Sc kum 1 (m) |
|----|---------------|--------|------|------------------------|------|------|-------------------------|---|-----------------|--------------------------|---|------------------|-----------------|
| 1 | 1 | 0.5 | 1.82 | 5.92 | 0.5 | 0.07 | 2.96 | 12.21 | < | 22.96 | 2.96 | 0.016132 | 0.0161322 |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.82 | 5.92 | 0.5 | 0.07 | 8.88 | 18.12 | < | 28.88 | 8.88 | 0.008126 | 0.0242584 |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.82 | 5.92 | 0.5 | 0.07 | 14.79 | 24.04 | < | 34.79 | 14.79 | 0.005527 | 0.029785 |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.82 | 5.92 | 0.5 | 0.07 | 20.71 | 29.95 | < | 40.71 | 20.71 | 0.0042 | 0.0339849 |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.39 | 7.11 | 0.37 | 0.06 | 27.22 | 36.46 | < | 47.22 | 27.22 | 0.003184 | 0.0371693 |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.39 | 7.11 | 0.37 | 0.06 | 34.33 | 43.56 | < | 54.33 | 34.33 | 0.002594 | 0.0397631 |
| 7 | 1 | 6.5 | 1.39 | 7.11 | 0.37 | 0.06 | 41.44 | 50.65 | < | 61.44 | 41.44 | 0.002187 | 0.0419498 |
| 8 | 1 | 7.5 | 1.39 | 7.11 | 0.37 | 0.06 | 48.56 | 57.74 | < | 68.56 | 48.56 | 0.001888 | 0.0438383 |
| 9 | 1 | 8.5 | 1.39 | 7.11 | 0.37 | 0.06 | 55.67 | 64.82 | < | 75.67 | 55.67 | 0.00166 | 0.0454982 |
| 10 | 1 | 9.5 | 1.39 | 7.11 | 0.37 | 0.06 | 62.78 | 71.90 | < | 82.78 | 62.78 | 0.001479 | 0.0469772 |

Dari Penurunan tersebut kemudian dibuat grafik penurunan per minggu akibat beban bertahap seperti Gambar 5.12 berikut ini :



Gambar 5.12 Grafik settlement timbunan miring PVD full akibat H initial 7,5 m

Gambar 5.12 menunjukkan bahwa pola PVD segitiga dengan jarak 1,2 m dengan PVD dipasang sedalam 10 m didapatkan pemampatan pada umur 22 minggu mencapai 0,87 m atau tidak jauh berbeda dari 90% dari total pemampatan yang diinginkan yaitu 0,892 m

Selain dengan alternative PVD yang dipasang sedalam kedalaman tanah lunak, dicoba juga perhitungan menggunakan PVD yang hanya sedalam $\frac{2}{3}$ dari tanah lunak yang berarti 6 meter. Langkah-langkah perhitungan sama seperti diatas tetapi untuk perhitungan pemampatannya dipisah antara S_c yang terjadi di 6m dan di 4m yang tanpa menggunakan PVD dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut ini

Tabel 5. 26 Rekapitulasi Pemampatan Tahapan 1 PVD 6 m

| No | Tebal Lapisan | z | eo | γ | cc | cs | Po | $\Sigma(Po' + \Delta Pn')$ | Ket | Pc' | $\Sigma(Po' + \Delta Pn') - \Delta Pn'$ | Sc pers 1 | Sc kum 1 |
|----|---------------|-----|--------|----------|--------|--------|-------|----------------------------|----------|-------|---|-----------|-----------|
| | | m | | kn/m3 | | | kn/m2 | kn/m2 | < atau > | kn/m2 | kn/m2 | (m) | (m) |
| 1 | 1 | 0.5 | 1.8222 | 5.92 | 0.5002 | 0.074 | 2.96 | 12.21 | < | 22.96 | 2.96 | 0.016132 | 0.0397628 |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.8222 | 5.92 | 0.5002 | 0.074 | 8.88 | 18.12 | < | 28.88 | 8.88 | 0.008126 | |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.8222 | 5.92 | 0.5002 | 0.074 | 14.79 | 24.04 | < | 34.79 | 14.79 | 0.005527 | |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.8222 | 5.92 | 0.5002 | 0.074 | 20.71 | 29.95 | < | 40.71 | 20.71 | 0.0042 | |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.3877 | 7.11 | 0.3658 | 0.0599 | 27.22 | 36.46 | < | 47.22 | 27.22 | 0.003184 | |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.3877 | 7.11 | 0.3658 | 0.0599 | 34.33 | 43.56 | < | 54.33 | 34.33 | 0.002594 | |
| 7 | 1 | 6.5 | 1.3877 | 7.11 | 0.3658 | 0.0599 | 41.44 | 50.65 | < | 61.44 | 41.44 | 0.002187 | 0.0072131 |
| 8 | 1 | 7.5 | 1.3877 | 7.11 | 0.3658 | 0.0599 | 48.56 | 57.74 | < | 68.56 | 48.56 | 0.001888 | |
| 9 | 1 | 8.5 | 1.3877 | 7.11 | 0.3658 | 0.0599 | 55.67 | 64.82 | < | 75.67 | 55.67 | 0.00166 | |
| 10 | 1 | 9.5 | 1.3877 | 7.11 | 0.3658 | 0.0599 | 62.78 | 71.90 | < | 82.78 | 62.78 | 0.001479 | |

Kemudian dari perhitungan pemampatan selama 15 tahap diambil pemampatan kumulatif dari setiap tahap nya berikut adalah nilai sc atau pemampatan kumulatif selama 15 tahap dapat dilihat dari Tabel 5.27 dan 5.28

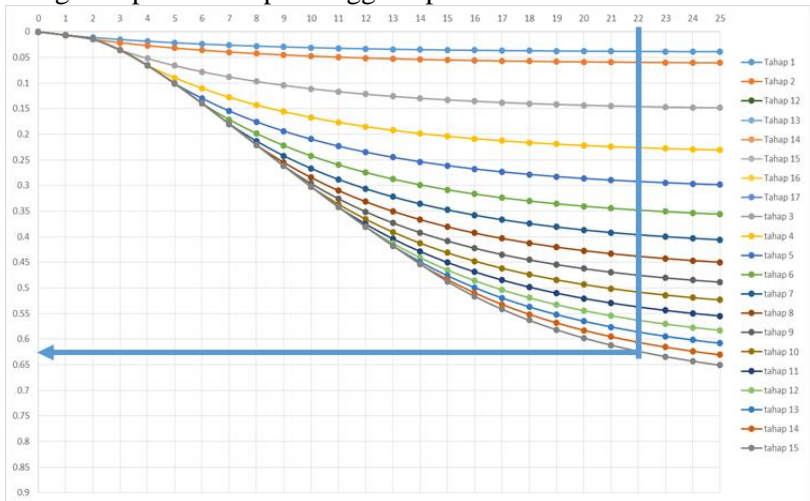
Tabel 5. 27 Rekap Sc 1-6 m

| Dengan PVD 1-6 m | | |
|------------------|------------|-----------|
| No | H timb (m) | Sc (m) |
| 1 | 0.5 | 0.0397628 |
| 2 | 1 | 0.0224243 |
| 3 | 1.5 | 0.0912387 |
| 4 | 2 | 0.0856333 |
| 5 | 2.5 | 0.0711369 |
| 6 | 3 | 0.0609003 |
| 7 | 3.5 | 0.0532425 |
| 8 | 4 | 0.0472692 |
| 9 | 4.5 | 0.0424557 |
| 10 | 5 | 0.0384711 |
| 11 | 5.5 | 0.0350944 |
| 12 | 6 | 0.0321708 |
| 13 | 6.5 | 0.0295876 |
| 14 | 7 | 0.0272591 |
| 15 | 7.5 | 0.0251812 |
| total | | 0.7018279 |

Tabel 5. 28 Rekap Sc 7-10

| Tanpa PVD 7-10 m | | |
|------------------|------------|-------------|
| No | H timb (m) | Sc (m) |
| 1 | 0.5 | 0.007213118 |
| 2 | 1 | 0.006155724 |
| 3 | 1.5 | 0.027418072 |
| 4 | 2 | 0.029004505 |
| 5 | 2.5 | 0.025994831 |
| 6 | 3 | 0.023512958 |
| 7 | 3.5 | 0.021420423 |
| 8 | 4 | 0.019621406 |
| 9 | 4.5 | 0.018047162 |
| 10 | 5 | 0.016646855 |
| 11 | 5.5 | 0.015381924 |
| 12 | 6 | 0.014222526 |
| 13 | 6.5 | 0.013145236 |
| 14 | 7 | 0.012131545 |
| 15 | 7.5 | 0.011222657 |
| total | | 0.261138941 |

Pada saat membuat grafik settlement terhadap waktu, derajat konsolidasi yang digunakan adalah yang berasal dari Tabel 5.15, dan grafik penurunan perminggu dapat dilihat dari Gambar 5.13



Gambar 5. 13 Hubungan settlement timbunan miring PVD 6 m akibat H initial 7,5 m

Grafik tersebut berarti pada pola PVD segitiga dengan jarak 1,2 m dengan PVD dipasang sedalam 6 m didapatkan pemampatan pada umur 22 minggu mencapai 0,623 m dan pemampatan tanpa pvd 0,261 meter atau tidak jauh berbeda dari 90% dari total pemampatan yang diinginkan yaitu 0,892 m. Pemampatan tanpa PVD di control terhadap *rate of settlement* dengan syarat bahwa penurunannya tidak boleh lebih dari 2,5 cm per tahun seperti pada Tabel 5.29 berikut ini :

Tabel 5. 29 Rate Of Settlement PVD 2/3 Timbunan Hinitial 7,5m

| Settlement Per tahun | | | | |
|----------------------|----------|-----------|-----------|---------|
| Settlement = | | 0.2611 m | | |
| Tahun ke- | T_v | U_v (%) | S_c (m) | Selisih |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0.016233 | 14.38% | 0.03754 | 0.03754 |
| 2 | 0.032467 | 20.33% | 0.05309 | 0.01555 |
| 3 | 0.0487 | 24.90% | 0.06503 | 0.01193 |
| 4 | 0.064933 | 28.75% | 0.07509 | 0.01006 |
| 5 | 0.081166 | 32.15% | 0.08395 | 0.00886 |
| 6 | 0.0974 | 35.22% | 0.09196 | 0.00801 |
| 7 | 0.113633 | 38.04% | 0.09933 | 0.00737 |
| 8 | 0.129866 | 40.66% | 0.10619 | 0.00686 |
| 9 | 0.146099 | 43.13% | 0.11263 | 0.00644 |
| 10 | 0.162333 | 45.46% | 0.11872 | 0.00609 |
| 11 | 0.178566 | 47.68% | 0.12452 | 0.00579 |
| 12 | 0.194799 | 49.80% | 0.13005 | 0.00554 |
| 13 | 0.211032 | 51.84% | 0.13536 | 0.00531 |
| 14 | 0.227266 | 53.79% | 0.14047 | 0.00511 |
| 15 | 0.243499 | 55.68% | 0.1454 | 0.00493 |
| 16 | 0.259732 | 57.51% | 0.15017 | 0.00477 |
| 17 | 0.275966 | 59.28% | 0.15479 | 0.00462 |
| 18 | 0.292199 | 61.00% | 0.15928 | 0.00449 |

Dari perhitungan diatas didapatkan penurunan tahun pertama masih diatas 2,5 cm sehingga untuk timbunan h initial 7,5 m menggunakan PVD dengan kedalaman 10 m. Rekap nilai rate of settlement pada semua ketinggian timbunan dan kedalaman pvd yang dipakai pada tabel 5.30 :

Tabel 5. 30 Rekapitulasi Penggunaan PVD

| Zona | Jenis Timbunan | Rate of settlement saat pvd 6m (cm) | kontrol x<2,5 cm | Kedalaman PVD pakai (m) |
|--------|----------------|---|---------------------|-------------------------------|
| zona 1 | miring | 3.353 | tidak oke | 10 |
| zona 2 | | 3.754 | tidak oke | 10 |
| zona 3 | | 1.578 | oke | 6 |
| zona 1 | Tegak | 3.212 | tidak oke | 10 |
| zona 2 | | 3.587 | tidak oke | 10 |
| zona 3 | | 1.526 | oke | 6 |

Perhitungan peningkatan C_u , pemampatan tiap zona dapat dilihat secara lengkap pada Lampiran 5 (soil preloading).

5.5 Metode Vacuum Preloading

Metode *Vacuum preloading* merupakan pengembangan dari metode *soil preloading*. Alih-alih meningkatkan tegangan efektif tanah dasar melalui beban timbunan tanah, metode *vacuum preloading* melakukan *preloading* dengan mengurangi tegangan air pori. Untuk perhitungan H awal metode vacuum preloading sama dengan H awal soil preloading yaitu 7,5 m (untuk zona 2). Untuk pentahapan timbunan bertahap dengan menggunakan metode vacuum preloading sangat bergantung pada spesifikasi pompa yang digunakan contoh perhitungan seperti dibawah ini :

Data diketahui

Kekuatan Pompa = 80 Kpa

$$= 8,158 \text{ t/m}^2$$

kemampuan pematat = 0,5 m/minggu

γ timb = 1,85 t/m³

H awal = 7,5 m

H kritis = 4m(sama dengan *soil preloading*)

H pompa = $\frac{\Delta p \text{ pompa}}{\gamma \text{ timb}}$

$$= \frac{8,158 \text{ t/m}^2}{1,85 \text{ t/m}^3}$$

$$= 4,4 \text{ m}$$

Tinggi Timb tanah = H awal – H pompa

$$= 7,5 \text{ m} - 4,4 \text{ m}$$

$$= 3,1 \text{ m}$$

Sehingga dari perhitungan diatas dapat dilihat bahwa kekuatan pompa yang mampu menggantikan kekuatan tanah timbunan setinggi 4,4 m. sehingga H initial sisanya yaitu sekitar 3,1 m masih menggunakan tanah dan sekaligus timbunan bertahap 3,1 m ini digunakan sebagai alas untuk meletakkan pompa *vacuum* tersebut. Hal ini sangat dimungkinkan karena tinggi tanah timbunan 3,1 m tersebut masih dibawah dari H kritis sehingga aman untuk dikerjakan. Berikut adalah Tabel pentahapan timbunan menggunakan vacuum preloading yaitu pada Tabel5.31 :

Tabel 5. 31 Pentahapan Timbunan Vacuum Preloading

| Tahap | h m | H timb m | B2 (m) | B1 (m) | q kn/m ² |
|-------|--------|-------------|-----------|-----------|------------------------|
| 1 | 0.50 | 0.50 | 1 | 28 | 9.25 |
| 2 | 0.50 | 1.00 | 1 | 27 | 9.25 |
| 3 | 0.50 | 1.50 | 1 | 26 | 9.25 |
| 4 | 0.50 | 2.00 | 1 | 25 | 9.25 |
| 5 | 0.50 | 2.50 | 1 | 24 | 9.25 |
| 6 | 0.50 | 3.00 | 1 | 23 | 9.25 |
| 7 | 0.10 | 3.10 | 0.2 | 22.80 | 1.85 |
| POMPA | | | | | |

5. 5. 1 Perhitungan Peningkatan Nilai Cu

Setelah pentahapan timbunan dengan menggunakan vacuum selesai maka tahapan selanjutnya adalah mengetahui peningkatan parameter Cu dari metode perbaikan tanah ini,Sebelumnya perlu dicari terlebih dahulu perubahan nilai tegangan tanah pada derajat konsolidasi 100% ($u=100%$) dengan cara sebagai berikut :

Data diketahui

$$I = 0,5 \text{ (Dari plot grafik di Gambar 2.2)}$$

$$Q = 9,25 \text{ Kn/m}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta p_1 &= 2 \times I \times q \\ &= 2 \times 0,5 \times 9,25 \text{ Kn/m}^2 \\ &= 9,25 \text{ Kn/m}^2 \end{aligned}$$

Kemudian setelah perubahan tegangan di setiap lapisan tanah pada derajat konsolidasi 100% diketahui , maka dicari tegangan yang terjadi pada setiap lapisan tanah tersebut pada derajat konsolidasi 100%. Berikut adalah contoh perhitungannya

$$\begin{aligned} \sigma_1' &= P_o + \Delta p_1 \\ &= 2,96 \text{ Kn/m}^2 + 9,25 \text{ Kn/m}^2 \\ &= 12,21 \text{ kn/m}^2 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan perubahan tegangan di setiap lapisan dapat dilihat di Tabel 5.32 dan tegangan yang terjadi di setiap lapisan pada derajat konsolidasi 100% dapat dilihat pada Tabel 5.33 :

Tabel 5. 32 Perubahan Tegangan Lapisan U=100% minggu 8 Vacuum

| Derajat Konsolidasi U = 100 % | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|--------------------|
| Perubahan Teg. | Po' | ΔP1' | ΔP2' | ΔP3' | ΔP4' | ΔP5' | ΔP6' | ΔP7' | POMPA | Σσ' | Σσ' |
| Satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 10 | | |
| U perminggu (%) | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | kn/m2 | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.958 | 9.250 | 9.250 | 9.249 | 9.248 | 9.246 | 9.242 | 1.848 | 81.576 | 141.867 | 1.419 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 9.249 | 9.248 | 9.247 | 9.244 | 9.239 | 9.231 | 1.846 | 81.576 | 147.755 | 1.478 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.79 | 9.247 | 9.245 | 9.241 | 9.235 | 9.227 | 9.214 | 1.842 | 81.576 | 153.619 | 1.536 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.71 | 9.243 | 9.238 | 9.231 | 9.222 | 9.208 | 9.189 | 1.836 | 81.576 | 159.452 | 1.595 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.22 | 9.235 | 9.227 | 9.217 | 9.202 | 9.182 | 9.156 | 1.829 | 81.576 | 165.847 | 1.658 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.33 | 9.223 | 9.211 | 9.196 | 9.176 | 9.149 | 9.114 | 1.820 | 81.576 | 172.798 | 1.728 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.44 | 9.206 | 9.190 | 9.169 | 9.142 | 9.107 | 9.063 | 1.809 | 81.576 | 179.706 | 1.797 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.56 | 9.184 | 9.162 | 9.135 | 9.100 | 9.057 | 9.002 | 1.796 | 81.576 | 186.567 | 1.866 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.67 | 9.156 | 9.128 | 9.094 | 9.051 | 8.998 | 8.933 | 1.781 | 81.576 | 193.382 | 1.934 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.78 | 9.122 | 9.087 | 9.045 | 8.993 | 8.931 | 8.855 | 1.764 | 81.576 | 200.151 | 2.002 |

Tabel 5. 33 Nilai Tegangan Lapisan U=100% minggu 8

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H (m) | Z (m) | Po' | σ1' | σ2' | σ3' | σ4' | σ5' | σ6' | σ7' | pompa |
|--------------------------|--------------|-------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|
| | | | | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | |
| -0.00 s/d -1.00 | a | 1 | 0.5 | 2.96 | 12.21 | 21.46 | 30.71 | 39.96 | 49.20 | 58.44 | 60.29 | 141.87 |
| -1.00 s/d -2.00 | b | 1 | 1.5 | 8.88 | 18.12 | 27.37 | 36.62 | 45.86 | 55.10 | 64.33 | 66.17913 | 147.76 |
| -2.00 s/d -3.00 | c | 1 | 2.5 | 14.79 | 24.04 | 33.28 | 42.53 | 51.76 | 60.99 | 70.20 | 72.04296 | 153.62 |
| -3.00 s/d -4.00 | d | 1 | 3.5 | 20.71 | 29.95 | 39.19 | 48.42 | 57.64 | 66.85 | 76.04 | 77.87633 | 159.45 |
| -4.00 s/d -5.00 | e | 1 | 4.5 | 27.22 | 36.46 | 45.68 | 54.90 | 64.10 | 73.29 | 82.44 | 84.27085 | 165.85 |
| -5.00 s/d -6.00 | f | 1 | 5.5 | 34.33 | 43.56 | 52.77 | 61.96 | 71.14 | 80.29 | 89.40 | 91.22206 | 172.80 |
| -6.00 s/d -7.00 | g | 1 | 6.5 | 41.44 | 50.65 | 59.84 | 69.01 | 78.15 | 87.26 | 96.32 | 98.12951 | 179.71 |
| -7.00 s/d -8.00 | h | 1 | 7.5 | 48.56 | 57.74 | 66.90 | 76.04 | 85.14 | 94.19 | 103.20 | 104.9911 | 186.57 |
| -8.00 s/d -9.00 | i | 1 | 8.5 | 55.67 | 64.82 | 73.95 | 83.04 | 92.09 | 101.09 | 110.03 | 111.8061 | 193.38 |
| -9.00 s/d -10.00 | j | 1 | 9.5 | 62.78 | 71.90 | 80.99 | 90.03 | 99.03 | 107.96 | 116.81 | 118.5745 | 200.15 |

Setelah mendapatkan nilai perubahan tegangan akibat beban bertahap dengan $U = 100\%$, maka untuk mendapatkan nilai C_u baru harus menghitung penambahan tegangan efektif akibat beban H kritis apabila $U < 100\%$. Untuk perhitungan tegangan efektif $U < 100\%$ menggunakan rumus berikut :

Data dari perhitungan sebelumnya

$$\begin{aligned} P0' &= 2,96 \text{ kn/m}^2 \\ \sigma 1' &= 12,21 \text{ kn/m}^2 \\ \sigma 2' &= 21,46 \text{ kn/m}^2 \\ U15 &= 0,91 \\ U14 &= 0,8893 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p1 \text{ lapisan 1} &= \left[\left(\frac{\sigma 1'}{P0'} \right)^{u15} \times P0' \right] - p0' \\ &= \left[\left(\frac{12,21}{2,96} \right)^1 \times 2,96' \right] - 2,96' \\ &= 7,71 \text{ kn/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p1 \text{ lapisan 2} &= \left[\left(\frac{\sigma 2'}{\sigma 1'} \right)^{u14} \times \sigma 1' \right] - \sigma 1' \\ &= \left[\left(\frac{21,46}{12,21} \right)^{0,8893} \times 12,21 \right] - 12,21 \\ &= 7,951 \text{ kn/m}^2 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan penambahan tegangan efektif akibat beban H apabila $U < 100\%$ dapat dilihat di Tabel 5.34 berikut ini
Tabel 5. 34 Perubahan Tegangan Lapisan $U < 100\%$ minggu 16 Vacuum

| Derajat Konsolidasi $U < 100\%$ | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|--------------------|
| Perubahan Teg. | Po' | $\Delta P1'$ | $\Delta P2'$ | $\Delta P3'$ | $\Delta P4'$ | $\Delta P5'$ | $\Delta P6'$ | $\Delta P7'$ | Pompa | | |
| satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | - | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | | |
| U perminggu (%) | 1 | 0.9051 | 0.889294 | 0.8708 | 0.8492 | 0.823964 | 0.794477 | 0.76001 | 0.7197 | kn/m2 | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.96 | 7.7139 | 7.951009 | 7.8598 | 7.6929 | 7.475628 | 7.210522 | 1.39931 | 51.323 | 101.585 | 1.016 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 8.0624 | 8.027192 | 7.8954 | 7.9292 | 7.947647 | 7.956636 | 1.60425 | 51.791 | 110.089 | 1.101 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.79 | 8.165 | 8.067306 | 7.916 | 7.9375 | 7.94768 | 7.949462 | 1.60116 | 52.2 | 116.576 | 1.166 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.71 | 8.2124 | 8.089048 | 7.926 | 7.9379 | 7.940254 | 7.934483 | 1.59661 | 52.56 | 122.905 | 1.229 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.22 | 8.2386 | 8.100345 | 7.9284 | 7.9314 | 7.925743 | 7.911748 | 1.59047 | 52.91 | 129.759 | 1.298 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.33 | 8.2508 | 8.102535 | 7.9231 | 7.9176 | 7.903596 | 7.880759 | 1.58266 | 53.248 | 137.142 | 1.371 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.44 | 8.2514 | 8.095507 | 7.9094 | 7.8956 | 7.873075 | 7.840949 | 1.57313 | 53.545 | 144.429 | 1.444 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.56 | 8.2428 | 8.080293 | 7.8878 | 7.8657 | 7.834288 | 7.792483 | 1.56189 | 53.81 | 151.630 | 1.516 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.67 | 8.2263 | 8.057437 | 7.8585 | 7.8279 | 7.787446 | 7.735678 | 1.54901 | 54.046 | 158.755 | 1.588 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.78 | 8.2024 | 8.027287 | 7.8218 | 7.7827 | 7.732871 | 7.670985 | 1.53458 | 54.26 | 165.810 | 1.658 |

Setelah menghitung penambahan tegangan efektif pada derajat konsolidasi <100%, nilai C_u baru dapat dihitung. Karena harga Plasticity Index (PI) pada tanah ini kurang dari 120% maka C_u baru dihitung menggunakan Persamaan 2.44. Contoh perhitungan menggunakan lapisan 1 dan lapisan 5

Lapisan 1

$$\begin{aligned}
 IP &= 56,6 \% \\
 \Sigma\sigma' &= 1,016 \text{ kg/cm}^2 \\
 Cu \text{ lama} &= 0,06 \text{ kg/cm}^2 \\
 Cu \text{ baru} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 PI) \sigma p' \\
 &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 (56,6)) 1,016 \\
 &= 0,17 \text{ kg/cm}^2 \\
 Cu \text{ pakai} &= 0,17 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Lapisan 5

$$\begin{aligned}
 IP &= 79,1 \% \\
 \Sigma\sigma' &= 1,298 \text{ kg/cm}^2 \\
 Cu \text{ lama} &= 0,21 \text{ kg/cm}^2 \\
 Cu \text{ baru} &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 PI) \sigma p' \\
 &= 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 79,1) 1,298 \\
 &= 0,16 \text{ kg/cm}^2 \\
 Cu \text{ pakai} &= 0,21 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai C_u baru dan C_u lama dibandingkan apabila nilai C_u lama lebih besar dari C_u baru maka C_u pakainya menggunakan C_u lama, rekapitulasi perhitungan tiap lapisan dapat dilihat dari Tabel 5.35

Tabel 5. 35 Rekapitulasi Peningkatan Cu Vacuum Preloading

| Kedalaman (m) | PI (%) | Cu lama kg/cm2 | Cu baru kg/cm2 | cu pakai kg/cm2 | cu transisi kg/cm2 | cu transisi kg/cm2 |
|------------------|--------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| -0.00 s/d -1.00 | 56.58 | 0.06 | 0.18 | 0.18 | 0.12 | 0.12 |
| -1.00 s/d -2.00 | 56.58 | 0.06 | | | 0.12 | |
| -2.00 s/d -3.00 | 56.58 | 0.12 | 0.20 | 0.20 | 0.16 | 0.16 |
| -3.00 s/d -4.00 | 56.58 | 0.12 | | | 0.16 | |
| -4.00 s/d -5.00 | 79.1 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.18 | 0.18 |
| -5.00 s/d -6.00 | 79.1 | 0.21 | | | 0.19 | |
| -6.00 s/d -7.00 | 79.1 | 0.39 | | | 0.28 | |
| -7.00 s/d -8.00 | 79.1 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.28 | 0.28 |
| -8.00 s/d -9.00 | 79.1 | 0.39 | | | 0.28 | |
| -9.00 s/d -10.00 | 79.1 | 0.39 | | | 0.28 | |

5. 5. 2 Perhitungan Pemampatan Akibat Timbunan

Penambahan beban secara bertahap juga akan membuat tanah dasar menerima penurunan yang bertahap pula. Perhitungan penurunan akibat beban bertahap menggunakan 3 rumus yaitu Persamaan 2.50 s/d 2.52 seperti berikut :

Tahap 1 ($P0' + \Delta p1 \leq Pc$)

$$\begin{aligned}
 Sc &= \frac{Cs H}{1+eo} \log\left(\frac{P'0+\Delta P1}{p'0}\right) \text{ (Rumus 1)} \\
 &= \frac{0,07 \times 1}{1+1,82} \log\left(\frac{2,96+9,25}{2,96}\right) \\
 &= 0,0161 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tahap 3 ($P0' + \Delta p1 + \Delta p2 + \Delta p3 \geq Pc$) (Rumus 2)

$$\begin{aligned}
 Sc &= \frac{Cs H}{1+eo} \log\left(\frac{P'c}{P'0+\Delta P1+\Delta P2}\right) + \frac{Cc H}{1+eo} \log\left(\frac{P'0+\Delta P1+\Delta P2+\Delta P3}{P'c}\right) \\
 Sc &= \frac{0,07 \times 1}{1+1,82} \log\left(\frac{22,96}{21,46}\right) + \frac{0,5 \times 1}{1+1,82} \log\left(\frac{30,71}{22,96}\right) \\
 &= 0,0232 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tahap Pompa ($P0 + \Delta p1 + \dots + \Delta p7 + \Delta p_{pompa} \geq Pc$) Rumus 3

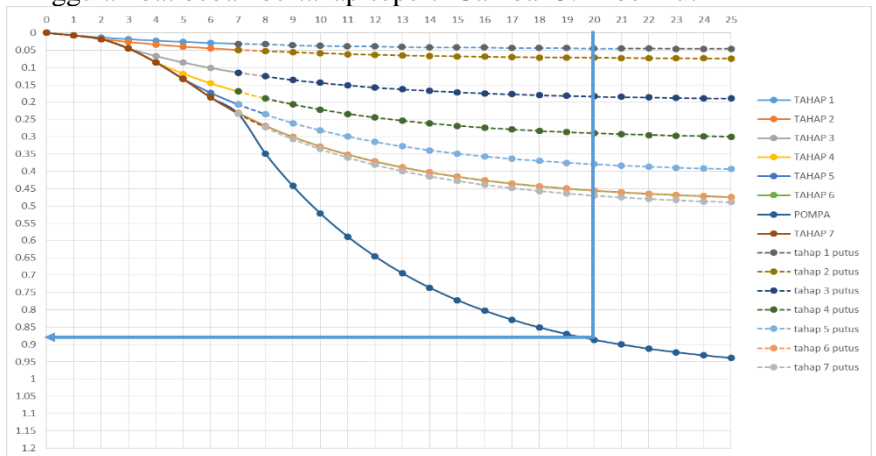
$$\begin{aligned}
 Sc &= \frac{Cc H}{1+eo} \log\left(\frac{P'0+\Delta P1+\Delta P2+\Delta P3+\Delta P4+\Delta P5+\Delta P6+\Delta P7+\Delta P_{pompa}}{P'0+\Delta P1+\Delta P2+\Delta P3+\Delta P4+\Delta P5+\Delta P6+\Delta P7}\right) \\
 Sc &= \frac{0,5 \times 1}{1+1,82} \log\left(\frac{141,87}{60,29}\right) \\
 &= 0,066 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berikut adalah Tabel rekapitulasi salah satu tahap yaitu tahap pompa dengan menggunakan rumus pemampatan 3 dapat dilihat seperti Tabel 5.36 berikut ini :

Tabel 5. 36 Rekapitulasi Sc Tahap Pompa Vacuum Preloading

| No | Tebal Lapisan | z m | eo | γ kn/m ³ | cc | cs | Po kn/m ² | $\Sigma(Po' + \Delta Pn')$ kn/m ² | Ket <atau> | Pc' kn/m ² | $\Sigma(Po' + \Delta Pn') - \Delta Pn'$ kn/m ² | sc pers 3 | Sc kum 3 (m) |
|----|---------------|--------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------------------------|---|---------------|--------------------------|--|-----------|-----------------|
| 1 | 1 | 0.5 | 1.822 | 5.917 | 0.500 | 0.074 | 2.958 | 141.867 | > | 22.958 | 60.291 | 0.066 | 0.066 |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.822 | 5.917 | 0.500 | 0.074 | 8.875 | 147.755 | > | 28.875 | 66.179 | 0.062 | 0.128 |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.822 | 5.917 | 0.500 | 0.074 | 14.792 | 153.619 | > | 34.792 | 72.043 | 0.058 | 0.186 |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.822 | 5.917 | 0.500 | 0.074 | 20.708 | 159.452 | > | 40.708 | 77.876 | 0.055 | 0.241 |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.388 | 7.111 | 0.366 | 0.060 | 27.222 | 165.847 | > | 47.222 | 84.271 | 0.045 | 0.286 |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.388 | 7.111 | 0.366 | 0.060 | 34.333 | 172.798 | > | 54.333 | 91.222 | 0.042 | 0.329 |
| 7 | 1 | 6.5 | 1.388 | 7.111 | 0.366 | 0.060 | 41.444 | 179.706 | > | 61.444 | 98.130 | 0.040 | 0.369 |
| 8 | 1 | 7.5 | 1.388 | 7.111 | 0.366 | 0.060 | 48.556 | 186.567 | > | 68.556 | 104.991 | 0.038 | 0.407 |
| 9 | 1 | 8.5 | 1.388 | 7.111 | 0.366 | 0.060 | 55.667 | 193.382 | > | 75.667 | 111.806 | 0.036 | 0.444 |
| 10 | 1 | 9.5 | 1.388 | 7.111 | 0.366 | 0.060 | 62.778 | 200.151 | > | 82.778 | 118.575 | 0.035 | 0.478 |

Dari Penurunan tersebut kemudian dibuat grafik penurunan per minggu akibat beban bertahap seperti Gambar 5.14 berikut



Gambar 5. 14 Hubungan pentahapan timbunan vacuum preloading h initial 7,5 m

Grafik tersebut berarti pada pola PVD segitiga dengan jarak 1,2 m dengan PVD dipasang sedalam 10 m atau seperti kedalaman tanah lunak didapatkan pemampatan pada umur 20 minggu mencapai 0,8865 m atau tidak jauh berbeda dari 90% dari total pemampatan yang diinginkan yaitu 0,892 m sedangkan

apabila dibandingkan dengan metode soil preloading dengan pola pemasangan dan jarak pvd yang sama soil preloading di minggu ke 22 dengan pemampatan hanya sekitar 0,8675 m. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa vacuum preloading mampu mempercepat pemampatan. Untuk zona 3 karena tinggi timbunan awal hanya 2.9 m maka tidak digunakan vacuum preloading. Berikut adalah pemampatan total yang terjadi akibat metode perbaikan tanah yang digunakan dengan durasi yang berbeda dan pola dan jarak PVD yang sama pada Tabel 5.37

Tabel 5. 37 Pemampatan Total yang Terjadi

| Zona | Jenis Timbunan | soil preloading | Vacuum preloading | 90 % SC total |
|--------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| | | SC akibat tahapan 22 minggu m | SC akibat tahapan 20 minggu m | |
| zona 1 | miring | 0.802 | 0.829 | 0.806 |
| zona 2 | | 0.868 | 0.887 | 0.892 |
| zona 3 | | 0.445 | - | 0.447 |
| zona 1 | Tegak | 0.789 | 0.831 | 0.802 |
| zona 2 | | 0.851 | 0.880 | 0.887 |
| zona 3 | | 0.441 | - | 0.445 |

Perhitungan peningkatan Cu, pemampatan tiap zona dapat dilihat secara lengkap pada Lampiran 5 (vacuum preloading).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI ALTERNATIF PERKUATAN TIMBUNAN

6.1 Perkuatan Timbunan miring

Pada analisa perkuatan timbunan miring ditinjau terhadap timbunan dengan H initial = 7,5 m dan H final = 6,9 m. Pada analisa ini digunakan program bantu Geo5 untuk melakukan analisa berupa 6 running program yang nantinya akan dipilih yang paling kritis atau membutuhkan jumlah perkuatan terbanyak. Hasil analisa Geo 5 dapat dilihat dari Tabel 6.1 berikut ini :

Tabel 6. 1 Analisa Geo 5 untuk Timbunan Miring H Initial 7,5 m

| No. | SF (bishop) | Moment resisting (KN-m) | circle center | | | SF Rencana | Momen Dorong (KN-m) | Momen Rencana (KN-m) | ΔMR (KN-m) |
|-----|-------------|-------------------------|---------------|-------|-------|------------|---------------------|----------------------|------------|
| | | | x (m) | y (m) | R (m) | | | | |
| 1 | 1.07 | 3772.93 | 24.02 | 19.55 | 10.99 | 1.5 | 3518.54 | 5277.81 | 1504.88 |
| 2 | 0.88 | 7238.68 | 25.2 | 19.65 | 13.86 | 1.5 | 8321.01 | 12481.52 | 5242.84 |
| 3 | 0.89 | 8462.64 | 26.11 | 20.96 | 15.02 | 1.5 | 9489.78 | 14234.67 | 5772.03 |
| 4 | 0.94 | 12152.03 | 27.57 | 20.04 | 16.36 | 1.5 | 12955.53 | 19433.30 | 7281.27 |
| 5 | 0.93 | 8422.19 | 27.41 | 20.51 | 14.57 | 1.5 | 9064.84 | 13597.26 | 5175.07 |
| 6 | 0.87 | 6789.15 | 25.16 | 19.1 | 13.31 | 1.5 | 7763.38 | 11645.07 | 4855.92 |

6.1.1 Perkuatan Micropile

Perkuatan untuk timbunan miring yang pertama adalah cerucuk atau micropile. Untuk dapat menghitung kebutuhan cerucuk terlebih dahulu ditentukan kekuatan 1 tiang untuk menahan gaya horizontal. Kemudian berdasarkan perbandingan dari besarnya momen pendorong dan momen yang dibutuhkan, ditentukan jumlah tiang yang dibutuhkan. Dalam perencanaan kali ini digunakan micropile dari PT Waskita Karya berupa prestressed concrete spun piles dengan spesifikasi sebagai berikut :

Spesifikasi cerucuk yang digunakan

Size/ diameter = 300 mm

Section inertia = 34607,78 cm⁴

Class = C

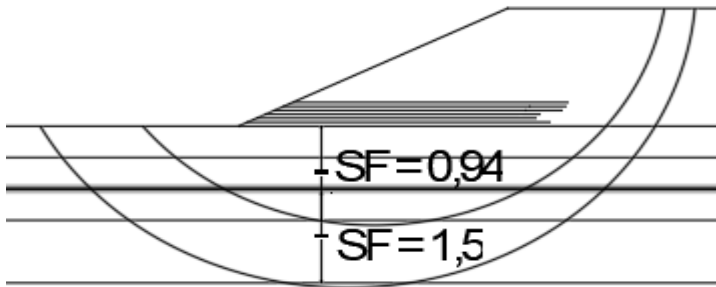
Moment crack = 4 t/m

Moment Ultimate = 8 t/m

Panjang Pile = 6 m s/d 15 m

$$F_c = 52 \text{ Mpa}$$

Setelah melakukan identifikasi pada spesifikasi micropile maka selanjutnya dihitung perencanaan micropile dengan contoh perhitungan menggunakan SF terkritik pada Tabel 6.1 yaitu SF 0,94 dan juga diidentifikasi sf aman berada di kedalaman berapa seperti Gambar 6.1 berikut ini



Gambar 6. 1 Analisa sf =1,5 dengan program bantu Geo5

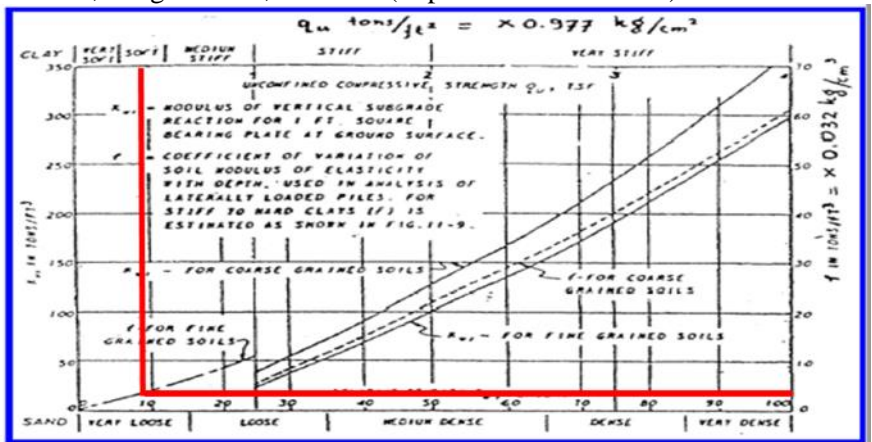
Dari Gambar tersebut diketahui bahwa micropile harus mencapai kedalaman 10 m agar sf rencana tercapai, Berikut adalah perhitungan gaya maksimal yang mampu ditahan oleh 1 cerucuk Data diketahui

$$\begin{aligned}
 E &= 4700 \sqrt{f_c'} \\
 &= 4700 \sqrt{52} \\
 &= 338922 \text{ kg/cm}^2 \\
 EI &= 11729331780 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{Cu lapisan transisi} &= 0,15 \text{ kg/cm}^2 \\
 \text{SF rencana} &= 1,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_f \text{ eksisting} &= 0,94 \\
 \text{Momen resist} &= 12152,03 \text{ knm} \\
 \text{Momen dorong} &= 12955,53 \text{ knm} \\
 \Delta m_r &= (\text{momen dorong} \times s_f \text{ renc}) - \text{momen resist} \\
 &= (12955,53 \times 1,5) - 12152,03 \\
 &= 7281,27 \text{ knm} \\
 L_a &= 6\text{m (panjang cerucuk diatas bid longsor)} \\
 L_b &= 4\text{m (panjang cerucuk dibawah bid longsor)}
 \end{aligned}$$

1) Menentukan Faktor kekuatan relative

$$\begin{aligned}
 C_u &= 0,18 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 2 \times 0,18 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 0,36 \text{ kg/cm}^2 = 0,3683 \text{ t/ft}^2 \text{ (di plot ke Gambar 2.20)}
 \end{aligned}$$



Gambar 6. 2 Grafik untuk menentukan nilai f

$$\begin{aligned}
 F &= 3 \text{ t/ft}^3 \\
 &= 0,096 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

Setelah f diketahui dari grafik tersebut selanjutnya menghitung faktor kekuatan relative (T) :

$$\begin{aligned}
 T &= \left(\frac{EI}{F}\right)^{1/5} \\
 &= \left(\frac{11729331780 \text{ kg/cm}^2}{0,096 \text{ kg/cm}^3}\right)^{1/5}
 \end{aligned}$$

$$= 164,968 \text{ cm}$$

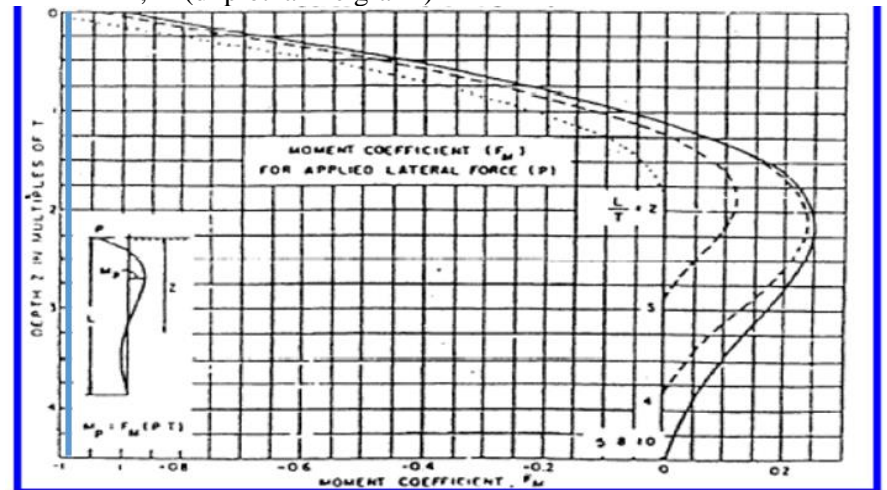
2) Menentukan gaya yang bisa ditahan oleh 1 cerucuk
Sebelumnya harus dicari terlebih dahulu F_m dari Gambar 6.3 yaitu koefisien momen akibat gaya lateral P

$$L_b = 4 \text{ m}$$

$$Z = 0$$

$$L/T = \frac{400 \text{ cm}}{164,968 \text{ cm}}$$

$$= 2,42 \text{ (di plotkan ke grafik)}$$



Gambar 6. 3 Grafik untuk menentukan F_m

F_m yang didapat dari grafik tersebut sebesar 0,97 dan untuk perhitungan P max 1 cerucuk momen yang digunakan adalah Momen crack = 4 t/m dikarenakan momen ultimit belum tentu tercapai di lapangan sehingga digunakan M_{crack} , contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P \text{ max} &= \frac{M_{crack}}{F_m \times T} \\ &= \frac{40 \text{ Kn m}}{0,97 \times 1,65 \text{ m}} \\ &= 24,997 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Perhitungan factor koreksi menurut Mochtar dan Arya

$$F_k = 2,643 \times \left[\frac{0,89+0,12 \left(\frac{L}{D}\right)}{2,69} \right] \left[\frac{0,855 \times C_u^{-0,392}}{2,865} \right]$$

$$= 2,643 \times \left[\frac{0,89+0,12 \left(\frac{400 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right)}{2,69} \right] \left[\frac{0,855 \times 0,180^{-0,392}}{2,865} \right]$$

$$= 1,430$$

$$P_{max} = P_{max \text{ awal}} \times F_k$$

$$= 24,997 \text{ kn} \times 1,430$$

$$= 35,75 \text{ Kn}$$

3) Jumlah cerucuk per meter panjang timbunan

$$N = \frac{\Delta m_r}{P_{max} \times R \text{ bidang longsor}}$$

$$= \frac{7281,27 \text{ Knm}}{35,75 \text{ Kn} \times 16,36 \text{ m}}$$

$$= 13 \text{ buah}$$

Berikut adalah rekapan micropile yang dibutuhkan baik pada metode soil preloading

Tabel 6. 2 Rekapitulasi Kebutuhan Micropile Timbunan Miring

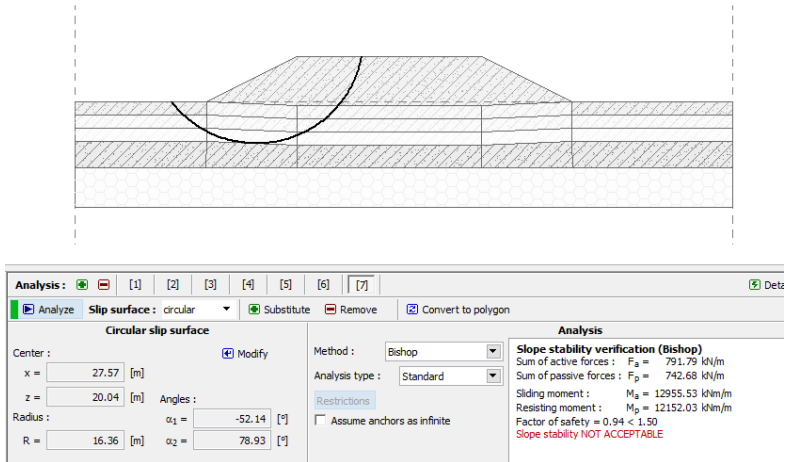
| Zona | panjang cerucuk | | | f | T | fm | faktor koreksi | pmax 1 cerucuk | Δmr | R longsor | jumlah |
|-------------------|--------------------|-------------|--------|--------|--------|------|----------------|----------------|---------|-----------|--------|
| | diatas bid longsor | dibawah bid | total | | | | | | | | |
| m | m | m | kg/cm3 | cm | | | | kn | kn m | m | buah |
| SOIL PRELOADING | | | | | | | | | | | |
| ZONA 1 | 6 | 4 | 10 | 0.096 | 164.97 | 0.97 | 1.4485 | 36.208 | 5038.36 | 16.36 | 9 |
| ZONA 2 | 6 | 4 | 10 | 0.096 | 164.97 | 0.97 | 1.4302 | 35.75 | 7281.27 | 16.36 | 13 |
| ZONA 3 | 2 | 2 | 4 | 0.0416 | 195 | 0.98 | 1.337 | 27.985 | 239.33 | 6.08 | 2 |
| VACUUM PRELOADING | | | | | | | | | | | |
| ZONA 1 | 6 | 3 | 9 | 0.096 | 164.97 | 1 | 1.2007 | 29.113 | 3911.49 | 16.36 | 8 |
| ZONA 2 | 6 | 4 | 10 | 0.1024 | 162.85 | 1 | 1.4149 | 34.753 | 6222.82 | 16.36 | 11 |

6. 1. 2 Perkuatan Geotextile

Geotextile yang digunakan pada perkuatan ini adalah Geotextile dengan kuat tarik maksimal adalah 120 kN/m. Pemasangan geotextile dilakukan berlapis dengan Sv (spasi) 0,25 meter dikarenakan untuk tahapan timbunan bertahap direncanakan sebesar 0,5 m sesuai dengan spesifikasi alat pemadat sehingga pekerjaan dilapangan mudah dikerjakan. Dalam pelaksanaanya geotextile ada yang dipasang 1 lapis dan ada juga yang dipasang 2 lapis agar pekerjaan menjadi lebih efektif. Berikut ini adalah

perencanaan factor keamanan untuk *embankment* yaitu $FS_{id} = 1,2$; $FS_{cr} = 2,1$; $FS_{cd} = 1,1$ dan $FS_{bd} = 1,1$.

SF rencana yang diharapkan adalah 1,5 sedangkan pada ketinggian H initial = 7,5 m kemiringan lereng 1:2, SF eksisting baru mencapai nilai 0,94 yang dapat ditunjukkan pada Gambar 6.4 sebagai berikut :



Gambar 6. 4 Output GEO 5 pada timbunan miring

Hasil analisa Geo5 diatas adalah yang membutuhkan perkuatan geotextile paling banyak. Berikut adalah contoh perhitungan lapis kebutuhan Geo 5

Data dari analisa geo 5

SF Bishop = 0,94
M resisting = 12152,03 Kn m
SF rencana = 1,5
Momen dorong = 12955,53 Kn M
Maka

- Momen Res rencana = $Momen\ dorong \times SF\ rencana$
 $= 12955,53\ Kn\ m \times 1,5$
 $= 19433,30\ Kn\ m$
- Δm_r = $Momen\ res\ rencana - m\ res$

- $$= 19433,30 \text{ Kn m} - 12152,03 \text{ Kn m}$$
- $$= 7281,27 \text{ Kn m}$$
- $$= \frac{T_{ult \text{ geotextile}}}{FSid \times FScr \times FScd \times FSbd}$$
- $$= \frac{7281,27}{1,2 \times 2,1 \times 1,1 \times 1,1}$$
- $$= 39,355 \text{ Kn/m untuk 1 lapis}$$
- $$= 78,7092 \text{ Kn/m untuk 2 lapis}$$
- Momen res geotex = $T \text{ allow geotex} \times \text{Lengan momen}$
 $= 78,709 \text{ Kn/m} \times 10,640 \text{ m}$
 $= 837,466 \text{ Knm (pada lapisan geotex 1)}$

Perhitungan kebutuhan Lapis geotextile agar mencapai SF rencana yaitu 1,5 dapat dilihat pada Tabel 6.3 berikut ini :

Tabel 6. 3 Kebutuhan Geotextile Pada Timbunan Miring Hinitial
 $= 7,5 \text{ m}$

| lapisan geotextile | jumlah lapis | T allow (kn/m) | sisa timbunan (m) | lengan momen (s1) (m) | momen resist (kn m) | momen resist kumulatif | Δmr (kn m) | keterangan |
|--------------------|--------------|----------------|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|--------------------|------------|
| 1 | 2 | 78.709 | 6.250 | 10.640 | 837.466 | 837.466 | 7281.265 | tidak oke |
| 2 | 2 | 78.709 | 6.000 | 10.390 | 817.788 | 1655.254 | 7281.265 | tidak oke |
| 3 | 2 | 78.709 | 5.750 | 10.140 | 798.111 | 2453.365 | 7281.265 | tidak oke |
| 4 | 2 | 78.709 | 5.500 | 9.890 | 778.434 | 3231.799 | 7281.265 | tidak oke |
| 5 | 2 | 78.709 | 5.250 | 9.640 | 758.756 | 3990.555 | 7281.265 | tidak oke |
| 6 | 2 | 78.709 | 5.000 | 9.390 | 739.079 | 4729.634 | 7281.265 | tidak oke |
| 7 | 2 | 78.709 | 4.750 | 9.140 | 719.402 | 5449.036 | 7281.265 | tidak oke |
| 8 | 2 | 78.709 | 4.500 | 8.890 | 699.725 | 6148.760 | 7281.265 | tidak oke |
| 9 | 2 | 78.709 | 4.250 | 8.640 | 680.047 | 6828.808 | 7281.265 | tidak oke |
| 10 | 2 | 78.70916962 | 4.00 | 8.39 | 660.3699331 | 7489.177489 | 7281.27 | oke |

Setelah didapat jumlah lapis kebutuhan geotextile untuk mencapai SF rencana 1,5 maka perhitungan selanjutnya adalah menghitung panjang kebutuhan geotextile yang digunakan variable yang dicari adalah L_d yaitu panjang bidang geotextile didalam bidang longsor, L_o Panjang lipatan geotextile dan L_e yaitu panjang geotextile dibelakang bidang longsor. Berikut adalah cara perhitungan untuk mencari L_e terlebih dahulu :

Data perhitungan

$H = 7,5 \text{ m}$

Timbunan

$$\begin{aligned}\emptyset &= 30^\circ \\ \delta &= 18^\circ \\ C_u &= 0 \text{ Kn/m}^2 \\ \gamma &= 18,50 \text{ Kn/m}^3\end{aligned}$$

Tanah dasar

$$\begin{aligned}\emptyset &= 2,5^\circ \\ \delta &= 1,5^\circ \\ C_u &= 16,66 \text{ Kn/m}^2 \\ \gamma &= 15,92 \text{ Kn/m}^3\end{aligned}$$

Tinjauan perhitungan adalah pada lapisan pertama

$$\begin{aligned}\sigma_v &= \gamma \text{ timbunan} \times H \\ &= 18,50 \text{ kn/m}^3 \times 7,5 \text{ m} \\ &= 138,750 \text{ kn/m}^3\end{aligned}$$

Setelah σ_v didapat maka selanjutnya menghitung τ langkahnya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\tau \text{ atas} &= C \text{ timb} + \sigma_v \tan \delta \\ &= 0 + 138,750 \tan 18 \\ &= 45,082 \text{ Kn/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau \text{ bawah} &= C \text{ tanah} + \sigma_v \tan \delta \\ &= 16,66 + 138,750 \tan 1,5 \\ &= 20,296 \text{ Kn/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_e &= \frac{T \text{ all} \times SF \text{ rencana}}{(\tau \text{ bawah} + \tau \text{ atas}) \times E} \\ &= \frac{78,709 \times 1,5}{(45,082 + 20,296) \times 0,8} \\ &= 2,257 \text{ m}\end{aligned}$$

Le pakai = 3 m

Rekapitulasi perhitungan Le ditunjukkan pada Tabel 6.4 berikut

Tabel 6. 4 Rekapitulasi Perhitungan Le

| lapisan geotextile | Tallow (kn/m) | SF | H (Ti) m | $\sigma'v$ (Kn/m ²) | τ atas (Kn/m ²) | τ bawah (Kn/m ²) | Le belakang bidang m | Le pakai (meter) m |
|--------------------|---------------|-------|----------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------|
| 1 | 78.709 | 1.500 | 7.500 | 138.750 | 45.083 | 20.296 | 2.257 | 3.000 |
| 2 | 78.709 | 1.500 | 7.250 | 134.125 | 43.580 | 43.580 | 1.693 | 2.000 |
| 3 | 78.709 | 1.500 | 7.000 | 129.500 | 42.077 | 42.077 | 1.754 | 2.000 |
| 4 | 78.709 | 1.500 | 6.750 | 124.875 | 40.574 | 40.574 | 1.819 | 2.000 |
| 5 | 78.709 | 1.500 | 6.500 | 120.250 | 39.072 | 39.072 | 1.889 | 2.000 |
| 6 | 78.709 | 1.500 | 6.250 | 115.625 | 37.569 | 37.569 | 1.964 | 2.000 |
| 7 | 78.709 | 1.500 | 6.000 | 111.000 | 36.066 | 36.066 | 2.046 | 3.000 |
| 8 | 78.709 | 1.500 | 5.750 | 106.375 | 34.563 | 34.563 | 2.135 | 3.000 |
| 9 | 78.709 | 1.5 | 5.500 | 101.75 | 33.061 | 33.061 | 2.232 | 3.00 |
| 10 | 78.70916962 | 1.5 | 5.250 | 97.125 | 31.558 | 31.558 | 2.338 | 3.00 |

Selain perhitungan Le tinjauan untuk menentukan panjang total Geotextile salah satunya adalah perhitungan Ld (panjang geotextile dibelakang bidang longsor) dan Lo (panjang daerah lipatan geotextile) perhitungannya pada lapisan ke 1 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} Lo &= 0,5 \times Le \text{ (dengan syarat } Lo \text{ minimal adalah } 1\text{m)} \\ &= 0,5 \times 3 \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Ld = 20,487 \text{ m (dilakukang pengukuran dengan Autocad)}$$

$$\begin{aligned} L_{total} &= \text{jumlah lapis} \times (Le + Lo + Ld + sv) \\ &= 2 \times (3\text{ m} + 1,5 \text{ m} + 20,487 \text{ m} + 0,25 \text{ m}) \\ &= 62,095 \text{ m (untuk } 0,5 \text{ sisi timbunan)} \end{aligned}$$

Untuk rekapitulasi perhitungan L_{total} dapat dilihat pada Tabel 6.5 berikut ini

Tabel 6. 5 Rekapituasi Perhitungan L Total

| lapisan geotextile | jumlah lapis | Le belakang bidang m | Le pakai (meter) m | Ld dalam bidang m | Lo m | sv m | L Total m | Ket. |
|--------------------|--------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------|-------|-----------|---------------|
| 1 | 2 | 2.257 | 3.000 | 20.487 | 1.500 | 0.250 | 62.095 | menerus |
| 2 | 2 | 1.693 | 2.000 | 20.178 | 1.000 | 0.250 | 46.855 | tidak menerus |
| 3 | 2 | 1.754 | 2.000 | 19.861 | 1.000 | 0.250 | 46.221 | tidak menerus |
| 4 | 2 | 1.819 | 2.000 | 19.537 | 1.000 | 0.250 | 45.573 | tidak menerus |
| 5 | 2 | 1.889 | 2.000 | 19.206 | 1.000 | 0.250 | 44.911 | tidak menerus |
| 6 | 2 | 1.964 | 2.000 | 18.868 | 1.000 | 0.250 | 44.236 | tidak menerus |
| 7 | 2 | 2.046 | 3.000 | 18.524 | 1.500 | 0.250 | 46.548 | tidak menerus |
| 8 | 2 | 2.135 | 3.000 | 18.174 | 1.500 | 0.250 | 45.848 | tidak menerus |
| 9 | 2 | 2.232 | 3.00 | 17.8181 | 1.5 | 0.25 | 45,14 | tidak menerus |
| 10 | 2 | 2.338 | 3.00 | 17.4563 | 1,5 | 0,25 | 44,41 | tidak menerus |

Rekapan perhiungan perkuatan untuk timbunan miring tiap zona secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 6 a (timbunan miring)

6.2 Perkuatan Timbunan Tegak

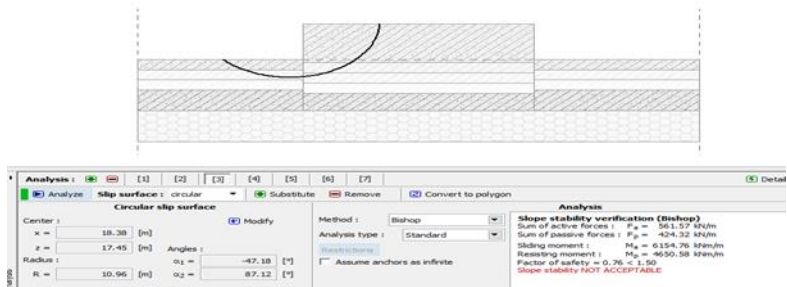
Pada analisa perkuatan timbunan tegak ditinjau terhadap timbunan dengan H initial = 7,5 m dan H final = 6,9 m. Pada analisa ini digunakan program bantu Xstabl dan Geo5 untuk melakukan analisa berupa 6 running program yang nantinya akan dipilih yang paling kritis atau membutuhkan jumlah perkuatan terbanyak. Hasil analisa Geo 5 dapat dilihat dari Tabel 6.6 :

Tabel 6. 6 Rekapitulasi Hasil Analisa Geo5 H awal 7,5 m Tegak

| No. | SF (bishop) | Moment resisting (KN-m) | circle center | | | SF Rencana | Momen Dorong (KN-m) | Momen Rencana (KN-m) | Δ MR (KN m) |
|-----|-------------|-------------------------|---------------|--------|--------|------------|---------------------|----------------------|--------------------|
| | | | x (m) | y (m) | R (m) | | | | |
| 1 | 0.914 | 2815.000 | 15.680 | 17.420 | 9.340 | 3079.869 | 4619.803 | 1804.803 | |
| 2 | 0.753 | 3226.000 | 18.510 | 17.430 | 9.450 | 4297.477 | 6446.215 | 3210.215 | |
| 3 | 0.747 | 4664.000 | 18.380 | 17.450 | 10.960 | 6243.641 | 9365.462 | 4701.462 | |
| 4 | 0.947 | 2124.000 | 16.680 | 17.430 | 8.150 | 2242.872 | 3364.308 | 1240.308 | |
| 5 | 0.760 | 3125.000 | 18.500 | 17.500 | 9.330 | 4111.842 | 6167.763 | 3042.763 | |
| 6 | 0.761 | 3394.000 | 19.460 | 17.590 | 9.550 | 4459.921 | 6689.882 | 3295.882 | |

6.2.1 Geotextile Timbunan Tegak

Geotextile yang digunakan pada perkuatan ini adalah Geotextile dengan kuat tarik maksimal adalah 120 kN/m, dengan factor keamanan untuk *embankment* yaitu FSid = 1,2 ; FScr = 2,1 ; FScd = 1,1 dan FSbd = 1,1. Nilai keamanan (SF) rencana adalah 1,5 sedangkan pada kondisi eksisting yang terkritik hanya mencapai 0,747 seperti pada Gambar 6.5



Gambar 6. 5 Output Geo 5 pada lereng tegak hinitial = 7,5

Hasil analisa Geo5 diatas adalah yang membutuhkan perkuatan geotextile paling banyak. Pada perencanaan Geotextile pada

timbunan tegak langkah awal untuk merencanakan adalah perhitungan SV masing masing geotextile contoh perhitungan sebagai berikut :

Data perencanaan

$$Z = 7,5 \text{ m (Lapis geotextile paling bawah)}$$

$$Q = 15 \text{ kn/m}^2$$

Timbunan

$$\emptyset = 30^\circ$$

$$\delta = 18^\circ$$

$$Cu = 0 \text{ Kn/m}^2$$

$$\gamma = 18,50 \text{ Kn/m}^3$$

Tanah dasar

$$\emptyset = 2,5^\circ$$

$$\delta = 1,5^\circ$$

$$Cu = 16,66 \text{ Kn/m}^2$$

$$\gamma = 15,92 \text{ Kn/m}^3$$

$$T \text{ allow} = \frac{T \text{ ult geotextile}}{FSid \times FScr \times FScd \times FSbd}$$

$$= \frac{120}{1,2 \times 2,1 \times 1,1 \times 1,1}$$

$$= 39,355 \text{ Kn /m}$$

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

$$= \tan^2\left(45 - \frac{30}{2}\right)$$

$$= 0,333$$

$$\sigma_v = (\gamma \text{ timbunan} \times H) + q$$

$$= \left(18,5 \frac{\text{kn}}{\text{m}^3} \times 7,5 \text{ m}\right) + 15 \text{ kn/m}^2$$

$$= 153,75 \text{ kn/m}^2$$

$$\sigma_h = \sigma_v \times Ka$$

$$= 153,75 \text{ kn/m}^2 \times 0,333$$

$$= 51,25 \text{ kn/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 S_v &= \frac{T_{all}}{\sigma_h \times SF \text{ rencana}} \\
 &= \frac{39,35}{51,25 \times 1,5} \\
 &= 0,51 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$S_v \text{ pakai} = 0,5 \text{ m}$$

rekapitulasi dari sv di setiap lapisanya terdapat pada Tabel 6.7 berikut :

Tabel 6. 7 Rekapitulasi Perhitungan Sv

| Hz (m) (m) | σ_v (kn/m ²) | Ka | σ_h (kn/m ²) | SF rencana' | Tall (kn/m) | Sv (m) | Sv pakai (m) |
|---------------|------------------------------------|------|------------------------------------|-------------|----------------|-----------|-----------------|
| 1 | 33.5 | 0.33 | 11.17 | 1.5 | 39.35 | 2.35 | 1 |
| 2 | 52 | 0.33 | 17.33 | 1.5 | 39.35 | 1.51 | 1 |
| 3 | 70.5 | 0.33 | 23.50 | 1.5 | 39.35 | 1.12 | 1 |
| 4 | 89 | 0.33 | 29.67 | 1.5 | 39.35 | 0.88 | 0.5 |
| 5 | 107.5 | 0.33 | 35.83 | 1.5 | 39.35 | 0.73 | 0.5 |
| 6 | 126 | 0.33 | 42.00 | 1.5 | 39.35 | 0.62 | 0.5 |
| 7.5 | 153.75 | 0.33 | 51.25 | 1.5 | 39.35 | 0.51 | 0.5 |

Setelah didapat jarak atau SV antar geotextile, maka untuk mencari SF rencana 1,5 perhitungan selanjutnya adalah menghitung panjang kebutuhan geotextile. Panjang yang dicari adalah Ld yaitu panjang bidang geotextile didalam bidang longsor, Lo Panjang lipatan geotextile dan Le yaitu panjang geotextile dibelakang bidang longsor. Untuk lapisan yang ditinjau adalah lapisan geotextile paling dasar berikut adalah cara perhitungan untuk mencari panjang geotextile tersebut :

Data analisis

Pada $z = 7,5 \text{ m}$

Hinitial = 7,5 m

Ka = 0,333

σ_v = 153,750 Kn/m²

σ_h = 51,25 Kn/m²

$$\begin{aligned}
 L_d &= (H - z) \times \left(\tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \right) \\
 &= (7,5 \text{ m} - 7,5 \text{ m}) \times \left(\tan \left(45 - \frac{30}{2} \right) \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \tau \text{ atas} &= 0 \text{ m} \\
 &= C \text{ timb} + \sigma v \tan \delta \\
 &= 0 + 153,750 \tan 18 \\
 &= 49,96 \text{ Kn/m}^2 \\
 \tau \text{ bawah} &= C \text{ tanah} + \sigma v \tan \delta \\
 &= 16,66 + 153,750 \tan 1,5 \\
 &= 20,66 \text{ Kn/m}^2 \\
 L_e &= \frac{T \text{ all} \times SF \text{ rencana}}{(\tau \text{ bawah} + \tau \text{ atas})} \\
 &= \frac{39,355 \times 1,5}{(45,082 + 20,296)} \\
 &= 0,544 \text{ m}
 \end{aligned}$$

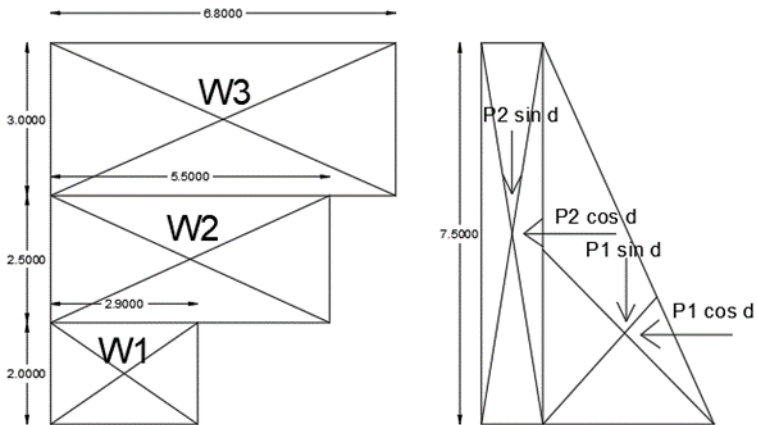
Berikut adalah rekapitulasi panjang geotextile yang digunakan pada tiap lapisannya pada Tabel 6.8

Tabel 6. 8 Rekapitulasi Perhitungan Panjang Geotextile

| tinggi | ch | | | SF Rencana | Sv | Sisa Timbunan | | l atas | l bawah | Lelebar bidang | Leperlebaran (meter) | Le Pakai | Ld dalam bidang | L _o | L Total Hwang | L Total Pakai | L total pakai | Le = Ld Pakai | |
|--------|---------------------|---------------------|-------------------|------------|-------|---------------|--------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|----------|--------------------|----------------|---------------|---------------|------------------|------------------|-------------------|
| | ch ₁ | ch ₂ | ch total | | | (m) | (m) | | | | | | | | | | | | (m ²) |
| (m) | (m/m ²) | (m/m ²) | (m ²) | | | (m) | (m) | (m ²) | (m ²) | (m) | (meter) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) |
| 0.000 | 5.000 | 46.250 | 51.250 | 1.500 | 0.500 | 7.500 | 49.956 | 20.662 | 0.544 | 1.000 | 2.000 | 0.00 | 0.50 | 2.0 | 3.0 | | | | |
| 0.500 | 5.000 | 48.167 | 48.167 | 1.500 | 0.500 | 7.000 | 46.951 | 46.951 | 0.385 | 1.000 | 2.000 | 0.29 | 0.50 | 2.5 | 3.3 | | | | |
| 1.000 | 5.000 | 40.083 | 45.083 | 1.500 | 0.500 | 6.500 | 43.945 | 43.945 | 0.385 | 1.000 | 2.000 | 0.58 | 0.50 | 2.6 | 3.6 | | | | |
| 1.500 | 5.000 | 37.000 | 42.000 | 1.500 | 0.500 | 6.000 | 40.940 | 40.940 | 0.385 | 1.000 | 2.000 | 0.87 | 0.50 | 2.9 | 3.9 | | | | |
| 2.000 | 5.000 | 33.917 | 38.917 | 1.500 | 0.500 | 5.500 | 37.934 | 37.934 | 0.385 | 1.000 | 2.000 | 1.15 | 0.50 | 3.2 | 4.2 | | | | |
| 2.500 | 5.000 | 30.833 | 35.833 | 1.500 | 0.500 | 5.000 | 34.929 | 34.929 | 0.385 | 1.000 | 2.000 | 1.44 | 0.50 | 3.4 | 4.4 | | | | |
| 3.000 | 5.000 | 27.750 | 32.750 | 1.500 | 0.500 | 4.500 | 31.923 | 31.923 | 0.385 | 1.000 | 2.000 | 1.73 | 0.50 | 3.7 | 4.7 | | | | |
| 3.500 | 5.000 | 24.667 | 29.667 | 1.500 | 1.000 | 4.000 | 28.918 | 28.918 | 0.769 | 2.000 | 3.000 | 2.02 | 1.00 | 6.0 | 7.0 | | | | |
| 4.500 | 5.000 | 18.500 | 23.500 | 1.500 | 1.000 | 3.000 | 22.907 | 22.907 | 0.769 | 1.000 | 2.000 | 2.60 | 0.50 | 5.1 | 6.1 | | | | |
| 5.500 | 5.000 | 12.333 | 17.333 | 1.500 | 1.000 | 2.000 | 16.896 | 16.896 | 0.769 | 2.000 | 3.000 | 3.18 | 1.00 | 7.2 | 8.2 | | | | |
| 6.500 | 5.000 | 6.167 | 11.167 | 1.500 | 1.000 | 1.000 | 10.885 | 10.885 | 0.769 | 2.000 | 3.000 | 3.75 | 1.00 | 7.8 | 8.8 | | | | |

Setelah didapatkan panjang geotextile tiap lapisan maka selanjutnya dilakukan kontrol terhadap stabilitas timbunan yang telah diperkuat berikut contoh perhitungannya :

Gaya gaya yang terjadi pada timbunan tersebut dilihat pada Gambar 6.6 :



Gambar 6. 6 Gaya yang terjadi pada timbunan

Gaya akibat tekanan tanah aktif

$$\begin{aligned}
 P1 \text{ akibat tanah} &= \frac{1}{2} \times \gamma_{\text{timb}} \times K_a \times H^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 18,5 \times 0,333 \times 7,5^2 \\
 &= 173,44 \text{ kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P1 \text{ dorong} &= P1 \times \cos \delta \\
 &= 173,44 \times \cos 18 \\
 &= 164,95
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P1 \text{ penahan} &= P1 \times \sin \delta \\
 &= 173,44 \times \sin 18 \\
 &= 53,60
 \end{aligned}$$

Gaya akibat beban lalu lintas $q = 15 \text{ kn/m}^2$

$$\begin{aligned}
 P2 \text{ akibat lalin} &= q \times k_a \times H \\
 &= 15 \times 0,333 \times 7,5 \text{ m} \\
 &= 37,50 \text{ kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 \text{ dorong} &= P1 \times \cos \delta \\
 &= 37,50 \times \cos 18 \\
 &= 35,66 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 \text{ Penahan} &= P1 \times \sin \delta \\
 &= 37,50 \times \sin 18 \\
 &= 11,59 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

Berat tanah timbunan

$$\begin{aligned}
 W1 &= L \text{ geotex} \times \text{tinggi} (sv) \times \gamma \text{timb} \\
 &= 2,9 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 18,5 \text{ kn/m}^3 \\
 &= 106,043 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W2 &= L \text{ geotex} \times \text{tinggi} (sv) \times \gamma \text{timb} \\
 &= 5,5 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} \times 18,5 \text{ kn/m}^3 \\
 &= 255,334 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W3 &= L \text{ geotex} \times \text{tinggi} (sv) \times \gamma \text{timb} \\
 &= 6,8 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 18,5 \text{ kn/m}^3 \\
 &= 374,779 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

$$W \text{ total} = 736,156 \text{ Kn}$$

- Cek stabilitas guling

Contoh perhitungan untuk momen guling diambil pada P1 seperti berikut ini :

$$P1 \text{ dorong} = 164,95 \text{ Kn}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Lengan} &= \frac{1}{3} \times \text{Tinggi timbunan} \\
 &= 2,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen } p1 &= p1 \times \text{lengan } p1 \\
 &= 164,95 \text{ kn} \times 2,5 \text{ m} \\
 &= 412,37 \text{ kn m}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan momen penahan dan pendorong dapat dilihat pada Tabel 6.9

Tabel 6. 9 Pehitungan Momen Untuk Cek Gulling

| | Gaya (kn) | Lengan (m) | Momen (kn-m) | Keterangan | Kumulatif (kn-m) |
|-----------|--------------|---------------|-----------------|------------|---------------------|
| p1 dorong | 164.949 | 2.500 | 412.372 | | |
| p2 dorong | 35.665 | 1.433 | 51.108 | Pendorong | 463.480 |
| W1 | 106.043 | 1.433 | 151.961 | | |
| W2 | 255.334 | 2.760 | 704.813 | | |
| W3 | 374.779 | 3.376 | 1265.400 | Penahan | 2184.446 |
| P1 tahan | 53.595 | 0.955 | 51.202 | | |
| p2 tahan | 11.588 | 0.955 | 11.071 | | |

$$SF = \frac{\Sigma \text{momen penahan}}{\Sigma \text{momen pendorong}} = 4,71$$

SF terjadi lebih dari 3 maka timbunan aman terhadap guling

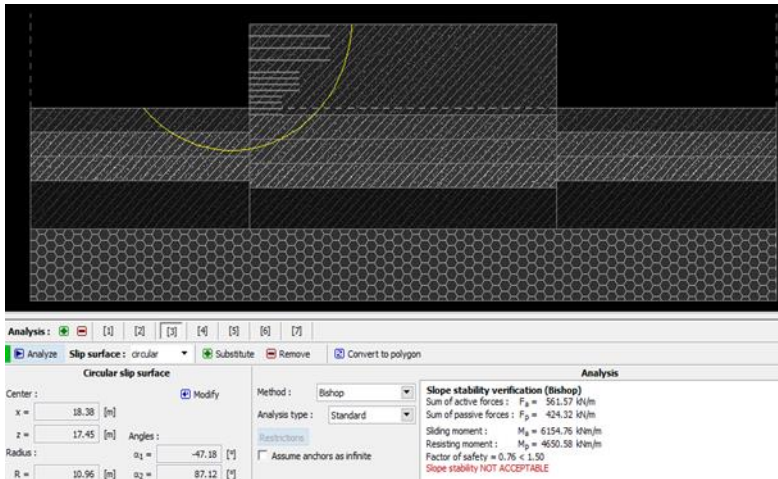
- Cek stabilitas geser

$$SF \text{ Geser} = \frac{C + \left(\frac{\Sigma W + \Sigma P \text{ penahan}}{L \text{ geser}} \right) \times \tan \delta}{\left(\frac{\Sigma P \text{ dorong}}{L \text{ geser}} \right)} = \frac{16,636 + \left(\frac{736,156 + 65,18}{2,9} \right) \times \tan 18^\circ}{\left(\frac{200,61}{2,9} \right)} = 1,535$$

SF terjadi lebih dari 1,5 maka timbunan aman terhadap geser

- Kontrol terhadap overall stability

Kondisi tanah setelah diperkuat geotextile wall akan di cek lagi terhadap overall stability dengan menggunakan program bantu geo 5. Hasilnya adalah Gambar 6.7 berikut ini :



Gambar 6. 7 Hasil analisa Geo 5 geotextile wall perhitungan

Setelah dilakukan analisa pada program bantu Geo5 ternyata SF yang didapat adalah 0,76 masih sama ketika timbunan tersebut tidak diperkuat. Salah satu penyebab SF tidak bertambah adalah karena geotextile wall tersebut tidak memotong bidang longsor yang terjadi, sehingga untuk overall stability akan diperkuat dengan micropile dengan perhitungan sebagai berikut :

Data diketahui :

$$SF \text{ terjadi} = 0,747$$

$$SF \text{ terjadi} = 1,5$$

$$\text{Momen resist} = 4664 \text{ Kn m}$$

$$\text{Momen dorong} = 6243,64 \text{ Kn m}$$

$$\text{Momen rencana} = SF \text{ renc} \times \text{momen dorong}$$

$$= 1,5 \times 6243,64 \text{ kn m}$$

$$= 9365,46 \text{ kn m}$$

$$\Delta m_r = \text{momen rencana} - \text{momen resist}$$

$$= 4701,46 \text{ kn m}$$

$$P_{\text{max micropile}} = \frac{M_p \max 1 \text{ cerucuk}}{F_m \times T} \times f_k$$

$$= \frac{40}{0,93 \times 1,789} \times 1,657$$

$$= 39,839 \text{ kn}$$

$$\text{Jumlah cerucuk} = \frac{\Delta mr}{P_{\max} \times R_{\text{longsor}}}$$

$$= \frac{4701,46}{39,839 \times 10,96}$$

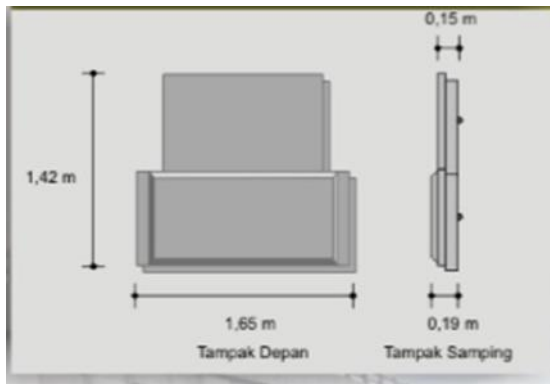
$$= 11 \text{ buah micropile}$$

Sehingga setelah dipasang micropile di sepanjang timbunan dianggap bahwa kontrol daya dukung sudah memenuhi akibat adanya peningkatan daya dukung tanah.

6. 2. 2 Alternatif Perencanaan Freyssisol

Alternatif timbunan tegak yang berikutnya adalah menggunakan perkuatan freyssisol. Perkuatan dengan Freyssisol ini memperhitungkan gaya tanah yang mendorong dinding precast dan kekuatan tahanan bahan paraweb straps. Dinding precast dan paraweb straps tersebut adalah satu kesatuan yang saling terikat. Dalam tugas akhir ini perencanaan freyssisol menggunakan paraweb straps dengan kekuatan sebesar 50 Kn.

Spesifikasi dinding yang digunakan pada perencanaan adalah tinggi = 1,42 m dan lebar = 1,65 m dengan tebal bagian bawah 0,19 m dan tebal bagian atas 0,15 m seperti Gambar 6.8 berikut ini

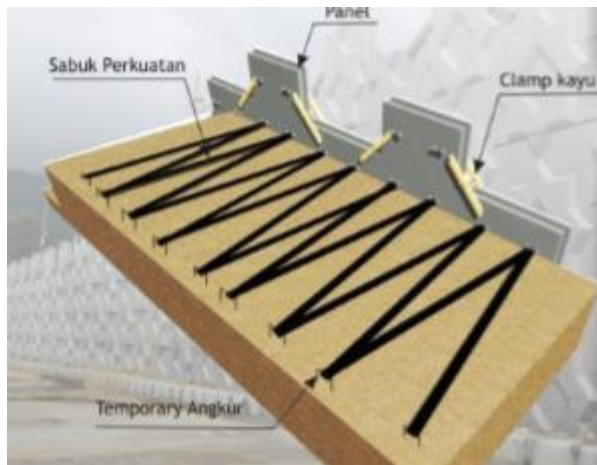


Gambar 6. 8 Dimensi dinding panel fresissol

Pada dinding panel terdapat 8 paraweb straps yaitu 4 paraweb straps pada sisi atas dan 4 paraweb straps dari sisi bawah dengan jarak 0,70 meter. Pemasangan paraweb strap minimal setinggi 0,35 m dari tanah dasar, skema pemasangan paraweb straps sendiri dapat dilihat di Gambar 6.9 dan 6.10 berikut ini:



Gambar 6. 9 Gambar potongan 1 paraweb straps



Gambar 6. 10 Gambar potongan 2 paraweb straps

Berikut nya setelah mengetahui skema pemasangan freyssisol dan spesifikasi dilanjutkan perhitungan kebutuhan panjang freyssisol apabila menggunakan spasi atau sv 0,7 dan 0,72 berikut adalah contoh perhitunganya dengan H initial 7,5 m :

Data perencanaan

$$Z = 7,5 \text{ m} - 0,35 \text{ m (paraweb straps paling bawah)}$$

$$= 7,15 \text{ m}$$

$$H = 7,5 \text{ m}$$

$$Q = 15 \text{ kn/m}^2$$

Timbunan

$$\emptyset = 30^\circ$$

$$\delta = 18^\circ$$

$$Cu = 0 \text{ Kn/m}^2$$

$$\gamma = 18,50 \text{ Kn/m}^3$$

Tanah dasar

$$\emptyset = 2,5^\circ$$

$$\delta = 1,5^\circ$$

$$Cu = 16,66 \text{ Kn/m}^2$$

$$\gamma = 15,92 \text{ Kn/m}^3$$

$$T \text{ allow} = \frac{T \text{ ult parawebs}}{FSid \times FScr \times FScd \times FSbd}$$

$$= \frac{50}{1,2 \times 2,1 \times 1,1 \times 1,1}$$

$$= 16,40 \text{ Kn /m}$$

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

$$= \tan^2\left(45 - \frac{30}{2}\right)$$

$$= 0,333$$

$$\sigma = ((\gamma \text{ timbunan} \times H) + ka) \times \left(\frac{1}{4} \times \text{lebar panel}\right)$$

$$= \left(\left(18,5 \frac{\text{kn}}{\text{m}^3} \times 7,5 \text{ m}\right) + 15 \frac{\text{kn}}{\text{m}^2}\right) \times 0,413 \text{ m}$$

$$= 60,751 \text{ kn/m}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_h &= \sigma_v \times K_a \\ &= 60,751 \frac{\text{kn}}{\text{m}^2} \times 0,333 \\ &= 20,250 \text{ kn/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_d &= (H - z) \times \left(\tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \right) \\ &= (7,5\text{m} - 7,15\text{m}) \times \left(\tan \left(45 - \frac{30^\circ}{2} \right) \right) \\ &= 0,20 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{\text{atas}} &= C_{\text{timb}} + \sigma_v \tan \delta \\ &= 0 + 60,751 \tan 18 \\ &= 19,74 \text{ Kn/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{\text{bawah}} &= C_{\text{timb}} + \sigma_v \tan \delta \\ &= 0 + 60,751 \tan 18 \\ &= 19,74 \text{ Kn/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L_e &= \frac{\sigma_h \times SF_{\text{rencana}} \times S_v}{(\tau_{\text{bawah}} + \tau_{\text{atas}})} \\ &= \frac{20,250 \times 1,5 \times 0,7}{(19,74 + 19,74)} \\ &= 0,388 \text{ m}\end{aligned}$$

L pakai diperpanjang agar control terhadap gesernya dapat memenuhi syarat. Rekanan perhitungan Le pakai dapat dilihat pada Tabel 6.10 berikut ini :

Tabel 6. 10 Rekapitulasi Kebutuhan Panjang parawebs straps

| tinggi m | Kuat tarik allow geotextile KNm' | σ_v kn/m ² | Ka | σ_h | | | Sf Rencana | Sv m | t atas kn/m ² | t bawah kn/m ² | Le belakang bidang (m) m | Le Pakai (meter) m | Ld dalam bidang (meter) m | Lo (meter) m | L Total Pakai (meter) m | L total pakai m | Lpakai m |
|-------------|---|---------------------------------|------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------|---------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------|----------------------------------|-----------------------|-------------|
| | | | | σ_{hq} kn/m ² | σ_{hs} kn/m ² | σ_{ht} kn/m ² | | | | | | | | | | | |
| 0.35 | 16.40 | 60.751 | 0.33 | 2.063 | 18.188 | 20.250 | 1.50 | 0.70 | 19.74 | 19.74 | 0.388 | 2.00 | 0.20 | 0.50 | 2.2 | 3.4 | 8.0 |
| 1.05 | 16.40 | 55.409 | 0.33 | 2.063 | 16.407 | 18.470 | 1.50 | 0.72 | 18.00 | 18.00 | 0.399 | 2.00 | 0.61 | 0.50 | 2.6 | | |
| 1.77 | 16.40 | 49.915 | 0.33 | 2.063 | 14.576 | 16.638 | 1.50 | 0.70 | 16.22 | 16.22 | 0.388 | 2.00 | 1.02 | 0.50 | 3.0 | | |
| 2.47 | 16.40 | 44.573 | 0.33 | 2.063 | 12.795 | 14.858 | 1.50 | 0.72 | 14.48 | 14.48 | 0.399 | 2.00 | 1.43 | 0.50 | 3.4 | | |
| 3.19 | 16.40 | 39.078 | 0.33 | 2.063 | 10.964 | 13.026 | 1.50 | 0.70 | 12.70 | 12.70 | 0.388 | 2.00 | 1.84 | 0.50 | 3.8 | | |
| 3.89 | 16.40 | 33.736 | 0.33 | 2.063 | 9.183 | 11.245 | 1.50 | 0.72 | 10.96 | 10.96 | 0.399 | 2.00 | 2.25 | 0.50 | 4.2 | | |
| 4.61 | 16.40 | 28.242 | 0.33 | 2.063 | 7.351 | 9.414 | 1.50 | 0.70 | 9.18 | 9.18 | 0.388 | 2.00 | 2.66 | 0.50 | 4.7 | | |
| 5.31 | 16.40 | 22.900 | 0.33 | 2.063 | 5.571 | 7.633 | 1.50 | 0.72 | 7.44 | 7.44 | 0.399 | 2.00 | 3.07 | 0.50 | 5.1 | | |
| 6.03 | 16.40 | 17.405 | 0.33 | 2.063 | 3.739 | 5.802 | 1.50 | 0.70 | 5.66 | 5.66 | 0.388 | 2.00 | 3.48 | 0.50 | 5.5 | | |
| 6.73 | 16.40 | 12.064 | 0.33 | 2.063 | 1.959 | 4.021 | 1.50 | 0.50 | 3.92 | 3.92 | 0.277 | 2.00 | 3.89 | 0.50 | 5.9 | | |
| 7.23 | 16.40 | 8.248 | 0.33 | 2.063 | 0.687 | 2.749 | 1.50 | 0.27 | 2.68 | 2.68 | 0.150 | 2.00 | 4.17 | 0.50 | 6.2 | | |

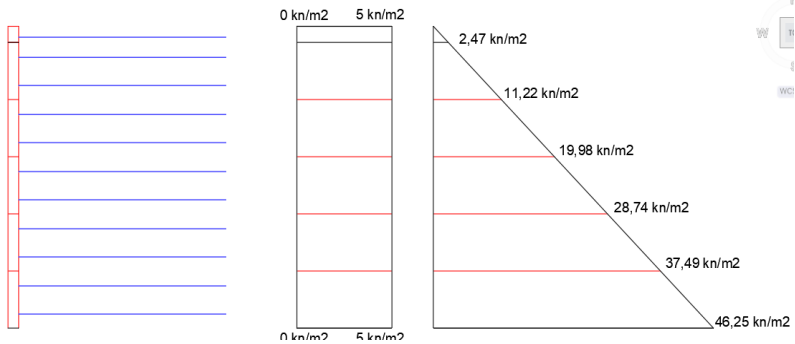
berdasarkan tabel tersebut diambil Le pakai sama untuk semua parawebs yaitu 8 agar aman terhadap perhitungan cek stabilitas

timbunan nya. Berikutnya setelah panjang parawebs straps diketahui dilanjutkan dengan pengecekan pada kuat Tarik parawebs straps seperti perhitungan berikut ini :

Data diketahui

$$\begin{aligned} H1 &= 7,5 \text{ m} \\ Q &= 15 \text{ kn/m}^2 \\ \text{Tinggi panel} &= 1,42 \text{ m} \\ \text{Lebar panel} &= 1,65 \text{ m} \end{aligned}$$

Berikut adalah grafik distribusi tegangan yang terjadi pada setiap facing freysissol dapat dilihat pada Gambar 6.11 berikut ini :



Gambar 6. 11 Gambar Distribusi Tegangan Freysissol

Gaya pendorong yang terjadi adalah akibat gaya tekanan dari tanah dan akibat beban lalu lintas diatas timbunan :

$$\begin{aligned} \text{Gaya tanah} &= \frac{1}{2} (\gamma_{\text{timb}} \times H \times k_a) * l_{\text{panel}} \times t_{\text{panel}} \\ &= \frac{1}{2} (46,25 + 37,49) \times 1,65 \text{ m} \times 1,42 \text{ m} \\ &= 98,11 \text{ kn} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya akibat } q &= q \times k_a \times l_{\text{panel}} \times t_{\text{panel}} \\ &= 15 \times 0,333 \times 1,65 \text{ m} \times 1,42 \\ &= 11,72 \text{ kn} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total gaya} &= \text{gaya tanah} + \text{gaya akibat } q \\ &= 109,82 \text{ kn} \end{aligned}$$

Gaya Tarik yang terjadi adalah kekuatan Tarik yang terjadi akibat kekuatan bahan dari parawebs contoh perhitunganya :

$$\text{Gaya Tarik} = n \times T_{\text{allowable parawebs}}$$

$$= 8 \times 11,72 \text{ Kn}$$

$$= 131,182 \text{ Kn}$$

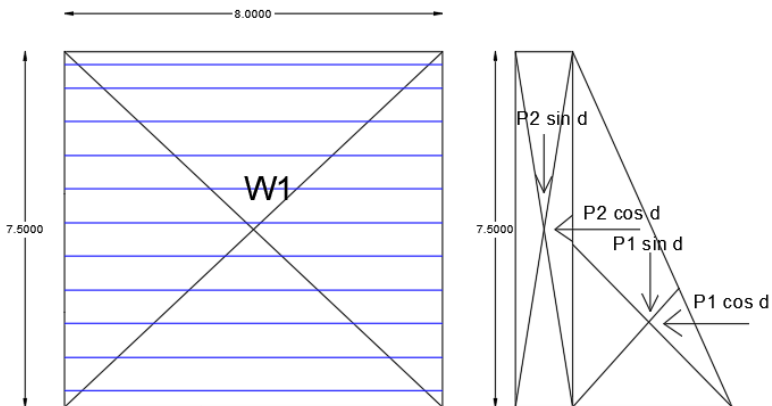
Pada perhitungan diatas didapatkan gaya Tarik > gaya dorong yaitu 131,82 Kn > 109,82 Kn maka perencanaan sudah memenuhi rekapan perhitungan di setiap panel dapat dilihat pada Tabel 6.11 berikut ini

Tabel 6. 11 Analisa Kuat Tarik Parawebs

| No | hz (m) | Tinggi Panel (m) | Lebar Panel (m) | Gaya Tanah (kn) | Akibat be (kn) | Gaya total (kn) | mlah strap | T allow (kn) | Σ Gaya Tarik (kn) | Keterangan |
|----|--------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------|--------------|-------------------|------------|
| 1 | 7.50 | 1.42 | 1.65 | 98.11 | 11.72 | 109.82 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 2 | 6.08 | 1.42 | 1.65 | 77.59 | 11.72 | 89.30 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 3 | 4.66 | 1.42 | 1.65 | 57.07 | 11.72 | 68.79 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 4 | 3.24 | 1.42 | 1.65 | 36.55 | 11.72 | 48.27 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 5 | 1.82 | 1.42 | 1.65 | 16.04 | 11.72 | 27.75 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 6 | 0.40 | 0.40 | 1.65 | 0.81 | 3.30 | 4.11 | 4 | 16.40 | 65.591 | OK |

Setelah didapatkan panjang parawebs tiap lapisan dan telah dikontrol kuat Tarik terhadap gaya terjadi, maka selanjutnya dilakukan kontrol terhadap stabilitas timbunan yang telah diperkuat berikut contoh perhitungannya :

Gaya gaya yang terjadi pada timbunan tersebut dilihat pada Gambar 6.12 :



Gambar 6. 12 Gaya yang terjadi pada fressisol
Gaya akibat tekanan tanah aktif

$$P1 \text{ akibat tanah} = \frac{1}{2} \times \gamma \text{timb} \times Ka \times H^2 \times \text{lebar panel}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{2} \times 18,5 \times 0,333 \times 7,5^2 \times 1,65 \text{ m} \\
 &= 286,17 \text{ kn} \\
 \text{P1 dorong} &= P1 \times \cos \delta \\
 &= 286,17 \times \cos 18 \\
 &= 272,17 \text{ kN} \\
 \text{P1 penahan} &= P1 \times \sin \delta \\
 &= 286,17 \times \sin 18 \\
 &= 88,43 \text{ kn} \\
 \text{Gaya akibat beban lalu lintas } q &= 15 \text{ kn/m}^2 \\
 \text{P2 akibat lalin} &= q \times ka \times H \times \text{lebar panel} \\
 &= 15 \times 0,333 \times 7,5 \text{ m} \times 1,65 \\
 &= 61,88 \text{ kn} \\
 \text{P2 dorong} &= 61,88 \times \cos \delta \\
 &= 61,88 \times \cos 18 \\
 &= 58,85 \text{ Kn} \\
 \text{P2 Penahan} &= P1 \times \sin \delta \\
 &= 61,88 \times \sin 18 \\
 &= 19,12 \text{ Kn} \\
 \text{Berat tanah timbunan} \\
 \text{W1} &= L \text{ paraweb} \times \text{tinggi (sv)} \times \gamma \text{timb} \\
 &= 8 \text{ m} \times 6,88 \text{ m} \times 18,5 \text{ kn/m}^3 \\
 &= 1018,240 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

- Cek stabilitas guling

Contoh perhitungan untuk momen guling diambil pada P1 seperti berikut ini :

$$\begin{aligned}
 \text{P1 dorong} &= 272,166 \text{ Kn} \\
 \text{Lengan} &= \frac{1}{3} \times \text{Tinggi timbunan} \\
 &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Momen p1} &= p1 \times \text{lengan p1} \\
 &= 272,166 \text{ kn} \times 2,5 \text{ m} \\
 &= 680,414 \text{ kn m}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan momen penahan dan pendorong dapat dilihat pada Tabel 6.12

Tabel 6. 12 Pehitungan Momen Untuk Cek Guling Freysissol

| gaya | Gaya kn | Lengan m | Momen kn m | Keterangan | Kumulatif kn m |
|-----------|------------|-------------|---------------|------------|-------------------|
| p1 dorong | 272.166 | 2.500 | 680.414 | Pendorong | 915.801 |
| p2 dorong | 58.847 | 4.000 | 235.386 | | |
| W1 | 1018.240 | 4.000 | 4072.960 | Penahan | 4370.522 |
| P1 tahan | 88.432 | 2.500 | 221.080 | | |
| p2 tahan | 19.120 | 4.000 | 76.482 | | |

$$SF = \frac{\Sigma \text{momen penahan}}{\Sigma \text{momen pendorong}} = 4,77$$

SF terjadi lebih dari 3 maka timbunan aman terhadap guling

- Cek stabilitas geser

$$SF \text{ Geser} = \frac{C + \left(\frac{\Sigma W + \Sigma P \text{ penahan}}{L \text{ geser}} \right) x \tan \delta}{\left(\frac{\Sigma P \text{ dorong}}{L \text{ geser}} \right)} = \frac{16,636 + \left(\frac{1018,240 + 107,55}{8} \right) x \tan 18}{\left(\frac{331,01}{8} \right)} = 1,507$$

SF terjadi lebih dari 1,5 maka timbunan aman terhadap geser

- Kontrol terhadap overall stability

Asumsi pada freysissol overall stability langsung ditahan oleh micropile seluruhnya, contohnya adalah sebagai berikut :

Data diketahui :

$$SF \text{ terjadi} = 0,747$$

$$SF \text{ terjadi} = 1,5$$

$$\text{Momen resist} = 4664 \text{ Kn m}$$

$$\text{Momen dorong} = 6243,64 \text{ Kn m}$$

$$\text{Momen rencana} = SF \text{ renc} x \text{momen dorong}$$

$$= 1,5 x 6243,64 \text{ kn m}$$

$$= 9365,46 \text{ kn m}$$

$$\Delta m_r = \text{momen rencana} - \text{momen resist}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4701,46 \text{ kn m} \\
 P_{\max} \text{ micropile} &= \frac{M_{p \max} 1 \text{ cerucuk}}{F_m \times T} \times f_k \\
 &= \frac{40}{0,93 \times 1,789} \times 1,657 \\
 &= 39,839 \text{ kn}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah cerucuk} &= \frac{\Delta m r}{P_{\max} \times R \text{ longsor}} \\
 &= \frac{4701,46}{39,839 \times 10,96} \\
 &= 11 \text{ buah micropile}
 \end{aligned}$$

Rekapan perhiungan perkuatan untuk timbunan tegak tiap zona secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 6 b (timbunan tegak). Sehingga ketika micropile sudah dipasang di sepanjang timbunan maka bisa dipastikan kontrol terhadap daya dukung tanah (bearing capacity) sudah memenuhi karena adanya kenaikan daya dukung tanah.

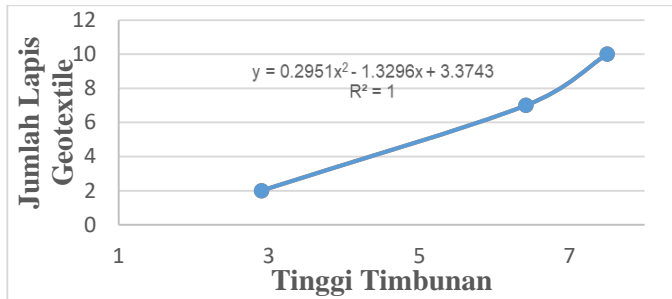
6. 2. 3 Perhitungan Biaya Material Perkuatan

Setelah melakukan perhitungan kebutuhan perkuatan dinding miring dan tegak kemudian dihitung terhadap tinggi timbunan yang berbeda-beda dengan cara berikut:

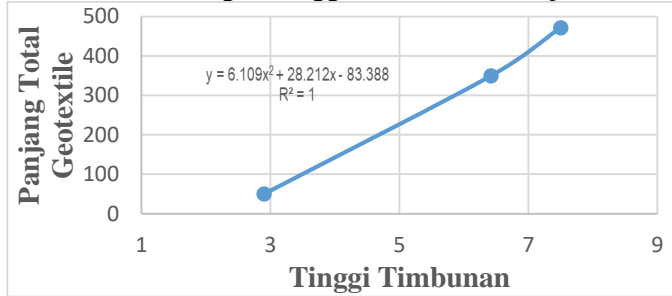
Perhitungan geotextile timbunan miring (soil preloading)

- H timbunan 7,5 m ; jumlah lapis 10; L total 472 m
- H timbunan 6,42 m ; jumlah lapis 7; L total 350 m
- H timbunan 2,9 m ; jumlah lapis 2; L total 50 m

Kemudian dari hasil diatas dibuat grafik dan dicari persamaanya sehingga bias digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan material timbunan dengan tinggi berbeda-beda hasilnya seperti Gambar 6.13 dan Gambar 6.14



Gambar 6. 13 Hubungan Tinggi Timbunan vs Lapis Geotextile



Gambar 6. 14 Hubungan Tinggi Timbunan vs Ltotal Geotextile

kemudian dicari biaya material yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 6.13 s/d Tabel 6.16

Tabel 6. 13 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Timb Miring Geotextile

| STA | Tinggi Timbunan (m) | jumlah lapis geotextile (n) | | panjang geotextile (m) | | volume geotextile (m ²) | | Harga geotextile | |
|---------------|---------------------|-----------------------------|--------|------------------------|--------|-------------------------------------|--------|------------------|------------------|
| | | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum |
| 7+688 - 7+738 | 6.1 | 6 | 5 | 632 | 424 | 31602 | 21212 | Rp442,429,526 | Rp 296,972, 914 |
| 7+738 - 7+788 | 6.42 | 7 | 5 | 699 | 508 | 34952 | 25376 | Rp489,333,639 | Rp 355,265, 832 |
| 7+788 - 7+838 | 6.42 | 7 | 5 | 699 | 508 | 34952 | 25376 | Rp489,333,639 | Rp 355,265, 832 |
| 7+838 - 7+888 | 7.5 | 10 | 9 | 944 | 854 | 47183 | 42684 | Rp660,566,550 | Rp 597,581, 250 |
| 7+888 - 7+938 | 6.75 | 7 | 7 | 771 | 609 | 38538 | 30132 | Rp539,538,038 | Rp 421,846, 163 |
| 7+938 - 7+988 | 7.29 | 9 | 9 | 894 | 779 | 44669 | 38926 | Rp625,708,702 | Rp 544,957, 164 |
| 7+988 - 8+028 | 6.3 | 6 | 5 | 674 | 475 | 26945 | 19010 | Rp377,231,467 | Rp 266,146, 037 |
| 8+028 - 8+078 | 2.9 | 2 | 1 | 100 | 77 | 4980 | 3827 | Rp69,724,886 | Rp 53,578,994 |
| TOTAL | | | | | | | | Rp3,693,866,446 | Rp 2,891,614,185 |

Tabel 6. 14 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Timb Miring
Micropile

| STA | Tinggi Timbunan | jumlah micropile 1baris (n) | | kedalaman micropile (m) | | jumlah memanjang (n) | | volume micropile (m) | | Harga micropile | |
|---------------|-----------------|-----------------------------|------|-------------------------|------|----------------------|------|----------------------|------|------------------|-----------------|
| | | (m) | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum | soil |
| 7+688 - 7+738 | 6.1 | 8 | 7 | 10 | 9 | 50 | 50 | 3989 | 3053 | Rp 797,757,920 | Rp610,585,010 |
| 7+738 - 7+788 | 6.41 | 9 | 8 | 10 | 9 | 50 | 50 | 4563 | 3630 | Rp912,677,413 | Rp725,946,762 |
| 7+788 - 7+838 | 6.41 | 9 | 8 | 10 | 9 | 50 | 50 | 4563 | 3630 | Rp912,677,413 | Rp725,946,762 |
| 7+838 - 7+888 | 7.5 | 13 | 12 | 10 | 10 | 50 | 50 | 6610 | 6061 | Rp1,321,989,500 | Rp1,212,177,000 |
| 7+888 - 7+938 | 6.74 | 11 | 10 | 10 | 9 | 50 | 50 | 5633 | 4707 | Rp1,126,660,858 | Rp941,434,375 |
| 7+938 - 7+988 | 7.28 | 13 | 12 | 10 | 10 | 50 | 50 | 6652 | 5953 | Rp1,330,468,485 | Rp1,190,527,756 |
| 7+988 - 8+028 | 6.3 | 9 | 8 | 10 | 9 | 40 | 40 | 3632 | 2862 | Rp 726,414,192 | Rp572,479,168 |
| 8+028 - 8+078 | 2.89 | 2 | 1 | 4 | 4 | 50 | 50 | 404 | 201 | Rp80,714,035 | Rp40,151,230 |
| TOTAL | | | | | | | | | | Rp 7,209,359,815 | Rp6,019,248,062 |

Tabel 6. 15 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Timb Tegak
Geotextile

| STA | Tinggi Timbunan | jumlah lapis geotextile (n) | | panjang geotextile (m) | | volume geotextile (m3) | | volume micropile (m) | | volume sheetpile (m) | | Harga total | |
|---------------|-----------------|-----------------------------|--------|------------------------|--------|------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|------------------|------------------|
| | | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum |
| 7+688 - 7+738 | 6.1 | 8 | 8 | 103 | 103 | 5152 | 5152 | 3600 | 3600 | 810 | 810 | Rp1,293,273,628 | Rp1,293,273,628 |
| 7+738 - 7+788 | 6.41 | 9 | 9 | 111 | 111 | 5526 | 5526 | 4000 | 3600 | 841 | 841 | Rp1,397,685,037 | Rp1,317,685,037 |
| 7+788 - 7+838 | 6.41 | 9 | 9 | 111 | 111 | 5526 | 5526 | 4000 | 3600 | 841 | 841 | Rp1,397,685,037 | Rp1,317,685,037 |
| 7+838 - 7+888 | 7.5 | 11 | 11 | 140 | 140 | 6980 | 6980 | 5500 | 5500 | 950 | 950 | Rp1,785,490,600 | Rp1,785,490,600 |
| 7+888 - 7+938 | 6.74 | 9 | 9 | 119 | 119 | 5943 | 5943 | 4500 | 4500 | 874 | 874 | Rp1,523,944,289 | Rp1,523,944,289 |
| 7+938 - 7+988 | 7.28 | 10 | 10 | 133 | 133 | 6669 | 6669 | 5000 | 5500 | 928 | 928 | Rp1,667,521,049 | Rp1,767,521,049 |
| 7+988 - 8+028 | 6.3 | 8 | 8 | 108 | 108 | 4313 | 4313 | 2880 | 2880 | 664 | 664 | Rp1,047,195,597 | Rp1,047,195,597 |
| 8+028 - 8+078 | 2.89 | 3 | 3 | 47 | 47 | 2325 | 2325 | 200 | 200 | 489 | 489 | Rp375,098,247 | Rp375,098,247 |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | Rp10,487,893,485 | Rp10,427,893,485 |

Tabel 6. 16 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Timb Tegak
Freyssissol

| STA | Tinggi Timbunan | volume freyssissol (m2) | | volume micropile (m) | | Harga total | |
|---------------|-----------------|-------------------------|--------|----------------------|--------|------------------|------------------|
| | | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum |
| 7+688 - 7+738 | 6.1 | 305 | 305 | 3600 | 3600 | Rp1,269,000,000 | Rp1,269,000,000 |
| 7+738 - 7+788 | 6.41 | 321 | 321 | 4000 | 3600 | Rp1,376,900,000 | Rp1,296,900,000 |
| 7+788 - 7+838 | 6.41 | 321 | 321 | 4000 | 3600 | Rp1,376,900,000 | Rp1,296,900,000 |
| 7+838 - 7+888 | 7.5 | 375 | 375 | 5500 | 5500 | Rp1,775,000,000 | Rp1,775,000,000 |
| 7+888 - 7+938 | 6.74 | 337 | 337 | 4500 | 4500 | Rp1,506,600,000 | Rp1,506,600,000 |
| 7+938 - 7+988 | 7.28 | 364 | 364 | 5000 | 5500 | Rp1,655,200,000 | Rp1,755,200,000 |
| 7+988 - 8+028 | 6.3 | 252 | 252 | 2880 | 2880 | Rp1,029,600,000 | Rp1,029,600,000 |
| 8+028 - 8+078 | 2.89 | 145 | 145 | 200 | 200 | Rp 300,100,000 | Rp300,100,000 |
| TOTAL | | | | | | Rp10,289,300,000 | Rp10,229,300,000 |

BAB VII KESIMPULAN

7.1 Kesimpulan

Dalam perencanaan tugas akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Kondisi tanah dasar dibawah timbunan merupakan tanah dengan jenis lempung dengan konsistensi soft s/d medium sampai pada kedalaman 10 m.
2. Perhitungan timbunan awal, akhir dan pemampatan total dibahas pada sub bab 5.1 dengan hasil pada Tabel 7.1 berikut ini :

Tabel 7. 1 Besar Pemampatan yang Terjadi

| Zona | Panjang m | STA | jenis timbunan | H Final m | H Initial m | SC Total m |
|------|--------------|---------------|----------------|--------------|----------------|---------------|
| 1 | 150 | 7+688 - 7+838 | miring | 5.9 | 6.42 | 0.896 |
| | 40 | 7+988 - 8+028 | | | | |
| | 150 | 7+838 - 7+988 | | | | |
| 3 | 50 | 8+028 - 8+078 | | 2.6 | 2.90 | 0.497 |
| 1 | 150 | 7+688 - 7+838 | tegak | 5.9 | 6.41 | 0.891 |
| | 40 | 7+988 - 8+028 | | | | |
| | 150 | 7+838 - 7+988 | | | | |
| 3 | 50 | 8+028 - 8+078 | | 2.6 | 2.89 | 0.495 |

3. Waktu konsolidasi yang terjadi untuk alternative PVD yang dipasang 10 m adalah 52,23 tahun dan PVD 6 m adalah 20,672 tahun, sebagaimana telah dibahas di sub bab 5.2 sehingga perlu dilakukan perencanaan PVD.
4. Perencanaan PVD dilakukan dengan kedalaman 10 meter dan 6 meter sehingga derajat konsolidasi (Utot) seperti tabel 7.2 berikut ini:

Tabel 7. 2 Derajat Konsolidasi Akibat PVD

| Minggu | PVD FULL 10 M | | PVD 6M | |
|--------|---------------|-------------|--------|-------------|
| | Uh | Uttotal (%) | Uh | Uttotal (%) |
| 1 | 0.141 | 15.836 | 0.129 | 15.743 |
| 2 | 0.261 | 28.298 | 0.241 | 27.624 |
| 3 | 0.365 | 38.793 | 0.339 | 37.631 |
| 4 | 0.454 | 47.697 | 0.424 | 46.167 |
| 5 | 0.531 | 55.277 | 0.498 | 53.486 |
| 6 | 0.597 | 61.740 | 0.562 | 59.780 |
| 7 | 0.654 | 67.257 | 0.619 | 65.203 |
| 8 | 0.702 | 71.971 | 0.668 | 69.881 |
| 9 | 0.744 | 76.001 | 0.711 | 73.921 |
| 10 | 0.780 | 79.448 | 0.748 | 77.412 |
| 11 | 0.811 | 82.396 | 0.780 | 80.431 |
| 12 | 0.838 | 84.920 | 0.809 | 83.042 |
| 13 | 0.860 | 87.080 | 0.833 | 85.302 |
| 14 | 0.880 | 88.929 | 0.855 | 87.259 |
| 15 | 0.897 | 90.513 | 0.873 | 88.954 |
| 16 | 0.911 | 91.870 | 0.890 | 90.421 |
| 17 | 0.924 | 93.032 | 0.904 | 91.693 |
| 18 | 0.935 | 94.027 | 0.916 | 92.795 |
| 19 | 0.944 | 94.880 | 0.927 | 93.750 |
| 20 | 0.952 | 95.611 | 0.936 | 94.578 |

5. Metode perbaikan tanah yang digunakan adalah vacuum preloading dan Preloading, berikut adalah pemampatan yang mampu dihasilkan dari metode perbaikan tersebut pada tabel 7.2:

Tabel 7. 3 Pemampatan Akibat Metode Perbaikan Tanah

| Zona | Jenis Timbunan | soil preloading | Vacuum preloading | 90 % SC total |
|--------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| | | SC akibat tahapan 22 minggu m | SC akibat tahapan 20 minggu m | |
| zona 1 | miring | 0.802 | 0.829 | 0.806 |
| zona 2 | | 0.868 | 0.887 | 0.892 |
| zona 3 | | 0.445 | - | 0.447 |
| zona 1 | Tegak | 0.789 | 0.831 | 0.802 |
| zona 2 | | 0.851 | 0.880 | 0.887 |
| zona 3 | | 0.441 | - | 0.445 |

6. Stabilitas timbunan oprit yang didapatkan di semua zona sepanjang 390 m masih dibawah dari SF Rencana = 1,5 sehingga perlu dilakukan perkuatan tanah.

7. Hasil perkuatan tanah dianalisis menggunakan alternative dinding miring dengan perkuatan berupa geotextile dan micopile dan alternative dinding tegak dengan perkuatan geotextile wall dan freyssisol. Hasil alternative dapat dilihat dari Tabel 7.4 s/d 7.7 berikut:

Tabel 7. 4 Rekap Volume Timbunan Miring Geotextile

| STA | Tinggi Timbunan (m) | jumlah lapis geotextile (n) | | panjang geotextile (m) | | volume geotextile (m ²) | |
|---------------|---------------------------|--------------------------------|--------|------------------------|--------|-------------------------------------|--------|
| | | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum |
| | | 7+688 - 7+738 | 6.1 | 6 | 5 | 632 | 424 |
| 7+738 - 7+788 | 6.42 | 7 | 5 | 699 | 508 | 34952 | 25376 |
| 7+788 - 7+838 | 6.42 | 7 | 5 | 699 | 508 | 34952 | 25376 |
| 7+838 - 7+888 | 7.5 | 10 | 9 | 944 | 854 | 47183 | 42684 |
| 7+888 - 7+938 | 6.75 | 7 | 7 | 771 | 608 | 38538 | 30132 |
| 7+938 - 7+988 | 7.29 | 9 | 9 | 894 | 779 | 44693 | 38926 |
| 7+988 - 8+028 | 6.3 | 6 | 5 | 674 | 475 | 26945 | 19010 |
| 8+028 - 8+078 | 2.9 | 2 | 1 | 100 | 77 | 4980 | 3827 |

Tabel 7. 5 Rekap Volume Timbunan Miring Micropile

| STA | | Tinggi Timbunan (m) | jumlah micropile 1 baris (n) | | kedalaman micropile (m) | | jumlah memanjang (n) | | volume micropile (m) | |
|-------|---------|---------------------|------------------------------|--------|-------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | | | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum |
| 7+688 | - 7+738 | 6.1 | 8 | 7 | 10 | 9 | 50 | 50 | 3989 | 3053 |
| 7+738 | - 7+788 | 6.41 | 9 | 8 | 10 | 9 | 50 | 50 | 4563 | 3690 |
| 7+788 | - 7+838 | 6.41 | 9 | 8 | 10 | 9 | 50 | 50 | 4563 | 3690 |
| 7+838 | - 7+888 | 7.5 | 13 | 12 | 10 | 10 | 50 | 50 | 6610 | 6061 |
| 7+888 | - 7+938 | 6.74 | 11 | 10 | 10 | 9 | 50 | 50 | 5633 | 4707 |
| 7+938 | - 7+988 | 7.28 | 13 | 12 | 10 | 10 | 50 | 50 | 6652 | 5953 |
| 7+988 | - 8+028 | 6.3 | 9 | 8 | 10 | 9 | 40 | 40 | 3632 | 2862 |
| 8+028 | - 8+078 | 2.89 | 2 | 1 | 4 | 4 | 50 | 50 | 404 | 201 |

Tabel 7. 6 Rekap Volume Timbunan Tegak Geotextile&Sheetpile

| STA | | Tinggi Timbunan (m) | volume geotextile (m3) | | volume micropile (m) | | volume sheetpile (m) | |
|-------|---------|---------------------|------------------------|--------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | | | soil | vacuum | soil | vacuum | soil | vacuum |
| 7+688 | - 7+738 | 6.1 | 5152 | 5152 | 3600 | 3600 | 810 | 810 |
| 7+738 | - 7+788 | 6.41 | 5526 | 5526 | 4000 | 3600 | 841 | 841 |
| 7+788 | - 7+838 | 6.41 | 5526 | 5526 | 4000 | 3600 | 841 | 841 |
| 7+838 | - 7+888 | 7.5 | 6980 | 6980 | 5500 | 5500 | 950 | 950 |
| 7+888 | - 7+938 | 6.74 | 5943 | 5943 | 4500 | 4500 | 874 | 874 |
| 7+938 | - 7+988 | 7.28 | 6669 | 6669 | 5000 | 5500 | 928 | 928 |
| 7+988 | - 8+028 | 6.3 | 4313 | 4313 | 2880 | 2880 | 664 | 664 |
| 8+028 | - 8+078 | 2.89 | 2325 | 2325 | 200 | 200 | 489 | 489 |

Tabel 7. 7 Rekap Volume Timbunan Tegak Freyssisol

| STA | | | Tinggi Timbunan (m) | volume freyssisol (m2) | | volume micropile (m) | |
|-------|---|-------|---------------------|------------------------|--------|----------------------|--------|
| | | | | soil | vacuum | soil | vacuum |
| 7+688 | - | 7+738 | 6.1 | 305 | 305 | 3600 | 3600 |
| 7+738 | - | 7+788 | 6.41 | 321 | 321 | 4000 | 3600 |
| 7+788 | - | 7+838 | 6.41 | 321 | 321 | 4000 | 3600 |
| 7+838 | - | 7+888 | 7.5 | 375 | 375 | 5500 | 5500 |
| 7+888 | - | 7+938 | 6.74 | 337 | 337 | 4500 | 4500 |
| 7+938 | - | 7+988 | 7.28 | 364 | 364 | 5000 | 5500 |
| 7+988 | - | 8+028 | 6.3 | 252 | 252 | 2880 | 2880 |
| 8+028 | - | 8+078 | 2.89 | 145 | 145 | 200 | 200 |

8. Berikut adalah biaya alternative untuk setiap alternative metode perbaikan tanah dan metode perkuatan tanah, dapat dilihat dari Tabel 7.8 s/d Tabel 7.9 berikut:

Tabel 7. 8 Perhitungan Alternatif Timbunan Miring

| Timbunan miring + Soil preloading | | | | |
|-------------------------------------|--------|-----------|--------------|-------------------|
| soil preloading & geotextile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 99797.858 | 83,300.00 | 8,313,161,571.40 |
| PVD | m | 165121 | 3,500.00 | 577,923,500.00 |
| PHD | m | 20878 | 27,000.00 | 563,706,000.00 |
| Geotextile | m2 | 263848 | 14,000.00 | 3,693,866,445.64 |
| GRAND TOTAL | | | | 13,148,657,517.04 |
| soil preloading & micropile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 99797.858 | 83,300.00 | 8,313,161,571.40 |
| PVD | m | 165121 | 3,500.00 | 577,923,500.00 |
| PHD | m | 20878 | 27,000.00 | 563,706,000.00 |
| Micropile | m | 36047 | 200,000.00 | 7,209,359,815.20 |
| GRAND TOTAL | | | | 16,664,150,886.60 |
| Timbunan miring + Vacuum preloading | | | | |
| vacuum preloading & geotextile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 99797.858 | 83,300.00 | 8,313,161,571.40 |
| operasional pompa | m2 | 20644.4 | 365,134.00 | 7,537,972,349.60 |
| PVD | m | 165121 | 3,500.00 | 577,923,500.00 |
| PHD | m | 20878 | 27,000.00 | 563,706,000.00 |
| Geotextile | m2 | 206544 | 14,000.00 | 2,891,614,184.76 |
| GRAND TOTAL | | | | 19,884,377,605.76 |
| vacuum preloading & micropile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 99797.858 | 83,300.00 | 8,313,161,571.40 |
| operasional pompa | m2 | 20644 | 365,134.00 | 7,537,972,349.60 |
| PVD | m | 165121 | 3,500.00 | 577,923,500.00 |
| PHD | m | 20878 | 27,000.00 | 563,706,000.00 |
| Micropile | m | 30096 | 200,000.00 | 6,019,248,061.80 |
| GRAND TOTAL | | | | 23,012,011,482.80 |

Tabel 7. 9 Perhitungan Alternatif Timbunan Tegak

| Timbunan tegak + Soil preloading | | | | |
|--|--------|--------|--------------|-------------------|
| soil preloading & geotextile wall kombinasi micropile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 67718 | 83,300.00 | 5,640,909,400.00 |
| PVD | m | 92774 | 3,500.00 | 324,709,000.00 |
| PHD | m | 10290 | 27,000.00 | 277,830,000.00 |
| Sheet pile | m | 6397 | 618,700.00 | 3,957,823,900.00 |
| Micropile | m | 29680 | 200,000.00 | 5,936,000,000.00 |
| Geotextile | m2 | 42434 | 14,000.00 | 594,069,585.06 |
| GRAND TOTAL | | | | 16,731,341,885.06 |
| soil preloading & freyssiisol kombinasi micropile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 67718 | 83,300.00 | 5,640,909,400.00 |
| PVD | m | 92774 | 3,500.00 | 324,709,000.00 |
| PHD | m | 10290 | 27,000.00 | 277,830,000.00 |
| freyssiisol | m2 | 2419 | 1,800,000.00 | 4,353,300,000.00 |
| Micropile | m | 29680 | 200,000.00 | 5,936,000,000.00 |
| GRAND TOTAL | | | | 16,532,748,400.00 |
| Timbunan tegak + Vacuum preloading | | | | |
| vacuum preloading & geotextile wall kombinasi micro pile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 67718 | 83,300.00 | 5,640,909,400.00 |
| operasional pompa | m2 | 10920 | 365,134.00 | 3,987,263,280.00 |
| PVD | m | 92774 | 3,500.00 | 324,709,000.00 |
| PHD | m | 10290 | 27,000.00 | 277,830,000.00 |
| Sheet pile | m | 6397 | 618,700.00 | 3,957,823,900.00 |
| Micropile | m | 29680 | 200,000.00 | 5,936,000,000.00 |
| Geotextile | m2 | 42434 | 14,000.00 | 594,069,585.06 |
| GRAND TOTAL | | | | 20,718,605,165.06 |
| vacuum preloading & freyssiisol | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 67718 | 83,300.00 | 5,640,909,400.00 |
| operasional pompa | m2 | 10920 | 365,134.00 | 3,987,263,280.00 |
| PVD | m | 92774 | 3,500.00 | 324,709,000.00 |
| PHD | m | 10290 | 27,000.00 | 277,830,000.00 |
| freyssiisol | m2 | 2419 | 1,800,000.00 | 4,353,300,000.00 |
| Micropile | m | 29380 | 200,000.00 | 5,876,000,000.00 |
| GRAND TOTAL | | | | 20,460,011,680.00 |

9. Dari perbandingan biaya diatas dipilih alternative perbaikan dan perkuatan dengan hanya meninjau dari segi biaya, yaitu menggunakan timbunan miring dengan perbaikan menggunakan soil preloading dan perkuatan menggunakan geotextile dengan biaya Rp 13,148,657,517. 04 ,.-.

7.2 **Saran**

Adapun beberapa saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut :

1. Diperlukan penyelidikan ulang terhadap parameter tanah di lapangan dengan tujuan tidak perlu dilakukan pendekatan-pendekatan, sehingga didapatkan parameter dan klasifikasi tanah yang sesuai dengan yang terdapat di lapangan.
2. Diperlukan perhitungan biaya yang lebih cermat, teliti, dan tepat sesuai harga di pasaran.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B.M (2007). **“Principle of Foundation Engineering”**. Toronto : Nelson.
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B). 1985. **“Mekanika Tanah (Prinsip -prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I”**. Jakarta: Erlangga
- Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B). 1985. **“Mekanika Tanah (Prinsip -prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II”**. Jakarta: Erlangga
- Bowles, J.E.(1988). **“Foundation Analysis and Design, 4th ed”**., Mc-Graw-Hill, New York
- Mochtar, Indrasurya B. 2000. **“Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)”**. Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS. Surabaya.
- Mochtar, Noor E. 2012. **“Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah”**. Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS. Surabaya.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. **“Mekanika Tanah 1”**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- NAVFAC DM-7. 1986.Design Manual 7.02, **“Foundation and Earth Structures”**. Naval Facilities Engineering Command. Virginia.

Lampiran 2 Analisis Parameter Tanah

Data Tanah Borlog
STA 7+580

| FIG DRILLING LOG | | | | | | | | | | Remarks | | | | | | | | | |
|--|----------------------|------------------|--------------------------------------|--------|--------------|-----------------------------------|--|---|-----------------|---------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------------------|----|--|--|--|--|
| Job Number <u>10-10-403</u> | | | Project <u>10.000-1000-0000-0000</u> | | | Type of Drilling <u>Hand</u> | | 7 Standard Penetration Test 20 Spot-size Indentation Sampling 25 Disturbed Sampling | | | | | | | | | | | |
| Hole Number <u>SP-1 (P&S) 1 of 1</u> | | | Location <u>500000 (10 7180)</u> | | | Date <u>December 1 to 4, 2021</u> | | | | | | | | | | | | | |
| Water Table <u>0.1-1.3</u> m | | | Elevation <u>0.1-0.30</u> m | | | Driller <u>Deo</u> | | | | | | | | | | | | | |
| Scale in ft | Elevation in m | Depth in m | Thickness in m | Legend | Type of Soil | Colour | Moisture Density or Consistency | Soil | General Remarks | Standard Penetration Test | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Blow in ft | Blow in m | Blow in ft | Blow in m | N - Value 10 20 30 40 50 | | | | | |
| 1 | | | | | Clay | Swain Grey | Soil | Med. High plasticity, contain a bit of sil | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | 1.00 | 0.30 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | 2.00 | 0.60 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | 3.00 | 0.90 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | 4.00 | 1.20 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | |
| 6 | -1.00 | 6.00 | 6.00 | | | | | | | 5.00 | 1.50 | 5 | 5 | 5 | 5 | | | | |
| 7 | | | | | Clay | Dark Grey | Soil | Med. medium plasticity, somewhat, with a bit of sil | | 6.00 | 1.80 | 6 | 6 | 6 | 6 | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | 7.00 | 2.10 | 7 | 7 | 7 | 7 | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | 8.00 | 2.40 | 8 | 8 | 8 | 8 | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | 9.00 | 2.70 | 9 | 9 | 9 | 9 | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | 10.00 | 3.00 | 10 | 10 | 10 | 10 | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | 11.00 | 3.30 | 11 | 11 | 11 | 11 | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | 12.00 | 3.60 | 12 | 12 | 12 | 12 | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | 13.00 | 3.90 | 13 | 13 | 13 | 13 | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | 14.00 | 4.20 | 14 | 14 | 14 | 14 | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | 15.00 | 4.50 | 15 | 15 | 15 | 15 | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | 16.00 | 4.80 | 16 | 16 | 16 | 16 | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | 17.00 | 5.10 | 17 | 17 | 17 | 17 | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | 18.00 | 5.40 | 18 | 18 | 18 | 18 | | | | |
| 20 | -11.00 | 20.00 | 11.00 | | | | | | | 19.00 | 5.70 | 19 | 19 | 19 | 19 | | | | |
| 21 | | | | | Silty Clay | Dark Grey | Very stiff to hard | Med. low plasticity, with a bit of the grain sand | | 20.00 | 6.00 | 20 | 20 | 20 | 20 | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | 21.00 | 6.30 | 21 | 21 | 21 | 21 | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | 22.00 | 6.60 | 22 | 22 | 22 | 22 | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | 23.00 | 6.90 | 23 | 23 | 23 | 23 | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | 24.00 | 7.20 | 24 | 24 | 24 | 24 | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | 25.00 | 7.50 | 25 | 25 | 25 | 25 | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | 26.00 | 7.80 | 26 | 26 | 26 | 26 | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | 27.00 | 8.10 | 27 | 27 | 27 | 27 | | | | |
| 29 | -20.00 | 20.00 | 0.00 | | Silty Clay | Grey | Hard | Med. low plasticity, somewhat, with a bit of the grain sand | | 28.00 | 8.40 | 28 | 28 | 28 | 28 | | | | |
| 30 | -20.00 | 20.00 | 1.00 | | | | | | | 29.00 | 8.70 | 29 | 29 | 29 | 29 | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | 30.00 | 9.00 | 30 | 30 | 30 | 30 | | | | |


Prepared By : _____ Checked By : _____ Approved By : _____

Lampiran 2 Analisis Parameter Tanah

STA 7+660

| FIG DRILLING LOG | | | | | | | | | | Remarks | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|--------|-----------------------------------|------------|---|-------------------------------------|------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Job Number <u>102 - 10 - 418</u> | | Project to <u>102-1020-0002-0000</u> | | | Type of Drilling <u>dry</u> | | F: Standard Penetration Test SPT: Spot-size Indefinite Sampling SS: Standard Sampling | | | | | | | | | | | | |
| Hole Number <u>10-1 (POT 1 of 1)</u> | | Location <u>station 10+660</u> | | | Date <u>December 2 to 3, 2015</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| Water Table <u>5.1</u> m | | Elevation <u>513.00</u> m | | | Driller <u>net</u> | | | | | | | | | | | | | | |
| Scale m ft | Elevation m ft | Depth m ft | Thickness m ft | Legend | Type of Soil | Color | Moisture Density or Consistency | General Remarks | Sampling | | Standard Penetration Test | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | Depth m ft | Depth m ft | Blow Per Blow Tube Use Use | Blow Per Blow Tube Use Use | N - Value 10 20 30 40 50 | | | | | | |
| 1 | | | | | Clay | Brown Grey | Key Soil No. 101 | Not high plasticity, medium to hard | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | 3.00 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | 3.40 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | 3.80 | | | | | | | | | | |
| 5 | -3.00 | 3.00 | 3.00 | | Clay | Dark Grey | Index Soil No. 102 | Medium plasticity, medium to hard | 4.20 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | 4.60 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | 5.00 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | 5.40 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | 5.80 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | 6.20 | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | 6.60 | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | 7.00 | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | 7.40 | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | 7.80 | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | 8.20 | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | 8.60 | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | 9.00 | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | 9.40 | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | 9.80 | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | 10.20 | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | 10.60 | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | 11.00 | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | 11.40 | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | 11.80 | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | 12.20 | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | 12.60 | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | 13.00 | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | 13.40 | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | 13.80 | | | | | | | | | | |
| 30 | -10.00 | 10.00 | 15.00 | | | | | | 14.20 | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | 14.60 | | | | | | | | | | |

Prepared By: _____



Checked By: _____ Approved By: _____

Formulas A.1.8

Lampiran 2 Analisis Parameter Tanah

Analisa statistik parameter tanah

Analisa Nilai γ (t/m³)

| kedalaman | Konsistensi | D m | STA 7+580 | STA 7+660 | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)^2$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawah | γ |
|-----------|-------------|--------|-----------|-----------|---|---|---------|-------------------|-------|-------|------------|-------------|----------|
| 0-4 | soft | 2 | 1.617 | 1.550 | 4 | 3 | 1.592 | 0.003 | 0.032 | 1.638 | 1.618 | 1.566 | 1.592 |
| | | 4 | 1.617 | 1.583 | | | | | | | | | |
| 6-10 | medium | 6 | 1.667 | 1.617 | 5 | 4 | 1.711 | 0.024 | 0.077 | 1.533 | 1.764 | 1.658 | 1.711 |
| | | 8 | 1.733 | | | | | | | | | | |
| | | 10 | 1.822 | 1.717 | | | | | | | | | |
| 12-18 | stiff | 12 | 1.822 | 1.822 | 8 | 7 | 1.864 | 0.053 | 0.087 | 1.415 | 1.907 | 1.820 | 1.864 |
| | | 14 | 1.800 | 1.867 | | | | | | | | | |
| | | 16 | 1.800 | 2.000 | | | | | | | | | |
| | | 18 | 1.800 | 2.000 | | | | | | | | | |

Analisa Nilai WC (%)

| kedalaman | D m | STA 7+580 | STA 7+660 | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)^2$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawah | wc |
|-----------|--------|-----------|-----------|---|---|---------|-------------------|-------|-------|------------|-------------|--------|
| 0-4 | 2 | 65.47 | | 3 | 2 | 67.522 | 25.352 | 3.560 | 1.886 | 71.399 | 63.645 | 67.522 |
| | 4 | 65.47 | 71.63 | | | | | | | | | |
| 6-10 | 6 | 57.44 | | 4 | 3 | 54.401 | 78.840 | 5.126 | 1.638 | 58.600 | 50.203 | 54.401 |
| | 8 | 49.20 | 59.97 | | | | | | | | | |
| | 10 | | 51.00 | | | | | | | | | |
| 12-18 | 12 | 39.70 | 39.70 | 8 | 7 | 36.924 | 286.835 | 6.401 | 1.415 | 40.127 | 33.722 | 36.924 |
| | 14 | 42.03 | 35.62 | | | | | | | | | |
| | 16 | 42.03 | 27.14 | | | | | | | | | |
| | 18 | 42.03 | 27.14 | | | | | | | | | |

Analisa Nilai Cv

| kedalaman | D m | STA 7+580 | STA 7+660 | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)^2$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawah | Cv |
|-----------|--------|-------------|-------------|---|---|----------|-------------------|------------|-------|------------|-------------|---------|
| 0-4 | 2 | 0.000455556 | | 3 | 2 | 0.000419 | 8.23E-09 | 6.415E-05 | 1.886 | 0.00049 | 0.000349 | 0.00042 |
| | 4 | 0.000455556 | 0.000344444 | | | | | | | | | |
| 6-10 | 6 | 0.000561111 | | 4 | 3 | 0.000599 | 1.12E-08 | 6.119E-05 | 1.638 | 0.00065 | 0.000548 | 0.0006 |
| | 8 | 0.000661905 | 0.000533333 | | | | | | | | | |
| | 10 | | 0.0006381 | | | | | | | | | |
| 12-18 | 12 | 0.000803704 | 0.0008037 | 6 | 5 | 0.00 | 9.37E-09 | 4.3298E-05 | 1.476 | 0.00082 | 0.000771 | 0.0008 |
| | 14 | 0.000766667 | 0.00087778 | | | | | | | | | |
| | 16 | 0.000766667 | | | | | | | | | | |
| | 18 | 0.000766667 | | | | | | | | | | |

Lampiran 2 Analisis Parameter Tanah

Analisa Nilai Cs

| kedalaman | D | STA 7+580 | STA 7+660 | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)^2$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawah | cs |
|-----------|----|-----------|-----------|---|---|----------|-------------------|------------|-------|------------|-------------|---------|
| | m | | | | | | | | | | | |
| 0-4 | 2 | 0.0713 | | 3 | 2 | 0.073957 | 4.19E-05 | 0.00457756 | 1.886 | 0.07894 | 0.068973 | 0.07396 |
| | 4 | 0.0713 | 0.0792 | | | | | | | | | |
| | 6 | 0.0610 | 0.0713 | | | | | | | | | |
| 6-10 | 8 | 0.0504 | 0.0642 | 5 | 4 | 0.059933 | 0.000292 | 0.00854763 | 1.533 | 0.06579 | 0.054073 | 0.05993 |
| | 10 | | 0.0527 | | | | | | | | | |
| | 12 | 0.0382 | 0.0382 | | | | | | | | | |
| 12-18 | 14 | 0.0412 | 0.0329 | 8 | 7 | 0.034617 | 0.000474 | 0.00823022 | 1.415 | 0.03873 | 0.0305 | 0.03462 |
| | 16 | 0.0412 | 0.0220 | | | | | | | | | |
| | 18 | 0.0412 | 0.0220 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Analisa Nilai Eo

| kedalaman | D | STA 7+580 | STA 7+660 | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)^2$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawah | eo |
|-----------|----|-----------|-----------|---|---|----------|-------------------|------------|-------|------------|-------------|---------|
| | m | | | | | | | | | | | |
| 0-4 | 2 | 1.7667 | | 3 | 2 | 1.822222 | 0.018519 | 0.09622504 | 1.886 | 1.927 | 1.717444 | 1.82222 |
| | 4 | 1.7667 | 1.9333 | | | | | | | | | |
| | 6 | 1.5472 | | | | | | | | | | |
| 6-10 | 8 | 1.3262 | 1.6167 | 5 | 4 | 1.387667 | 0.179978 | 0.21211935 | 1.533 | 1.53309 | 1.242242 | 1.38767 |
| | 10 | 1.0744 | 1.3738 | | | | | | | | | |
| | 12 | 1.0744 | 1.0744 | | | | | | | | | |
| 12-18 | 14 | 1.1367 | 0.9633 | 8 | 7 | 0.998778 | 0.209962 | 0.17318932 | 1.415 | 1.08542 | 0.912135 | 0.99878 |
| | 16 | 1.1367 | 0.7340 | | | | | | | | | |
| | 18 | 1.1367 | 0.7340 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Analisa Nilai Cc

| kedalaman | D | STA 7+580 | STA 7+660 | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)^2$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawah | cc |
|-----------|----|-----------|-----------|---|---|----------|-------------------|------------|-------|------------|-------------|---------|
| | m | | | | | | | | | | | |
| 0-4 | 2 | 0.4992 | | 3 | 2 | 0.5177 | 0.002054 | 0.03204294 | 1.886 | 0.55259 | 0.482809 | 0.50024 |
| | 4 | 0.4992 | 0.5547 | | | | | | | | | |
| | 6 | 0.4270 | | | | | | | | | | |
| 6-10 | 8 | 0.3528 | 0.4497 | 5 | 4 | 0.373143 | 0.020398 | 0.07141141 | 1.533 | 0.4221 | 0.324185 | 0.36576 |
| | 10 | 0.2673 | 0.3690 | | | | | | | | | |
| | 12 | 0.2673 | 0.2673 | | | | | | | | | |
| 12-18 | 14 | 0.2883 | 0.2306 | 8 | 7 | 0.242319 | 0.023234 | 0.05761156 | 1.415 | 0.27114 | 0.213497 | 0.22331 |
| | 16 | 0.2883 | 0.1543 | | | | | | | | | |
| | 18 | 0.2883 | 0.1543 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Lampiran 2 Analisis Parameter Tanah

Analisa Nilai Gs

| konsistensi | D | BH1 STA | BH2 STA | BH3 STA | BH4 STA | BH 2 STA | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawa | Gs |
|-------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|---|---|---------|-----------------|-------|-------|------------|------------|-------|
| | m | 0+540 | 0+540 | 0+540 | 0+540 | (0+400) | | | | | | | | | |
| soft | 0-5 | | | | | | 2 | 1 | 2.6400 | 0 | 0 | 3.078 | 2.64 | 2.64 | 2.64 |
| | 6-10 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11-15 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16-20 | | 2.6400 | | | | | | | | | | | | |
| | 21-25 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26-30 | | | | 2.6400 | | | | | | | | | | |
| medium | 0-5 | | | | | | 9 | 8 | 2.6689 | 0.008 | 0.033 | 1.382 | 2.684 | 2.654 | 2.669 |
| | 6-10 | | | 2.6900 | | | | | | | | | | | |
| | 11-15 | 2.6900 | 2.6700 | 2.6000 | | 2.6900 | | | | | | | | | |
| | 16-20 | 2.7100 | | 2.6500 | 2.6500 | 2.6700 | | | | | | | | | |
| | 21-25 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26-30 | | | | | | | | | | | | | | |

Analisa Nilai LL

| konsistensi | D | BH1 STA | BH2 STA | BH3 STA | BH4 STA | BH 2 STA | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawa | LL |
|-------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|---|---|----------|-----------------|-------|-------|------------|------------|-------|
| | m | 0+540 | 0+540 | 0+540 | 0+540 | (0+400) | | | | | | | | | |
| soft | 0-5 | | | | | | 2 | 1 | 79.9100 | 1039 | 32.23 | 3.078 | 150.1 | 9.762 | 79.91 |
| | 6-10 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11-15 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16-20 | | 102.70 | | | | | | | | | | | | |
| | 21-25 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26-30 | | | | 57.12 | | | | | | | | | | |
| medium | 0-5 | | | | | | 7 | 6 | 101.1100 | 22473 | 61.2 | 1.382 | 133.1 | 69.14 | 101.1 |
| | 6-10 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11-15 | 101.60 | 72.80 | 118.10 | | 111.30 | | | | | | | | | |
| | 16-20 | 77.77 | | 113.10 | 113.10 | | | | | | | | | | |
| | 21-25 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26-30 | | | | | | | | | | | | | | |

Analisa Nilai PL

| konsistensi | D | BH1 STA | BH2 STA | BH3 STA | BH4 STA | BH 2 STA | n | v | mean(x) | $\sum(X-Xrata)$ | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawa | PL |
|-------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|---|---|---------|-----------------|-------|-------|------------|------------|-------|
| | m | 0+540 | 0+540 | 0+540 | 0+540 | (0+400) | | | | | | | | | |
| soft | 0-5 | | | | | | 2 | 1 | 23.3350 | 5.951 | 2.44 | 3.078 | 28.64 | 18.03 | 23.34 |
| | 6-10 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11-15 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16-20 | | 21.61 | | | | | | | | | | | | |
| | 21-25 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26-30 | | | | 25.06 | | | | | | | | | | |
| medium | 0-5 | | | | | | 9 | 8 | 22.0100 | 65.1 | 2.853 | 1.382 | 23.32 | 20.7 | 22.01 |
| | 6-10 | | | 22.50 | | | | | | | | | | | |
| | 11-15 | 24.72 | 22.90 | 22.63 | | 23.16 | | | | | | | | | |
| | 16-20 | 20.19 | | 23.44 | 23.44 | 15.11 | | | | | | | | | |
| | 21-25 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26-30 | | | | | | | | | | | | | | |

Lampiran 2 Analisis Parameter Tanah

Analisa Nilai Ø

| konsistensi | D | BH1 STA | BH2 STA | BH3 STA | BH4 STA | BH 2 STA | n | v | mean(x) | Σ(X-Xrata) | Sd | tdb | Batas Atas | Batas Bawa | phi |
|-------------|-------|---------|---------|---------|---------|----------|---|---|---------|------------|-------|-------|------------|------------|-------|
| | m | 0+540 | 0+540 | 0+540 | 0+540 | (0+400) | | | | | | | | | |
| soft | 0-5 | | | | | | 2 | 1 | 2.5000 | 0.5 | 0.707 | 3.078 | 4.039 | 0.961 | 2.5 |
| | 6-10 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11-15 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16-20 | | 2.0000 | | | | | | | | | | | | |
| | 21-25 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26-30 | | | | 3.0000 | | | | | | | | | | |
| medium | 0-5 | | | | | | 9 | 8 | 2.1667 | 4.5 | 0.75 | 1.382 | 2.512 | 1.821 | 2.167 |
| | 6-10 | | | 2.5000 | | | | | | | | | | | |
| | 11-15 | 2.5000 | 2.0000 | 1.0000 | | 1.0000 | | | | | | | | | |
| | 16-20 | 2.0000 | | 3.0000 | 3.0000 | 2.5000 | | | | | | | | | |
| | 21-25 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 26-30 | | | | | | | | | | | | | | |

Rekapan Parameter Tanah

| Kedalaman m | Volumetric + Gravimetric | | | | | Konsolidasi | | | Atterberg Limits | | | Strength | | Field Test | KONSISTENSI |
|----------------|--------------------------|-------|--------|----------|------------|-------------|------------------------|-------|------------------|--------|--------|----------|-----------------------|------------|-------------|
| | gs | e | Wc % | gt gr/cc | gsat gr/cc | cc | cv cm ² /kg | cs | LL % | PL % | IP % | pi ° | Cu kg/cm ² | NSPT blow | |
| 2 | 2.640 | 1.822 | 67.522 | 1.592 | 1.592 | 0.500 | 0.00042 | 0.074 | 79.910 | 23.335 | 56.575 | 2.500 | 0.060 | 3 | soft |
| 4 | 2.640 | 1.822 | 67.522 | 1.592 | 1.592 | 0.500 | 0.00042 | 0.074 | 79.910 | 23.335 | 56.575 | 2.500 | 0.124 | 4 | |
| 6 | 2.669 | 1.388 | 54.401 | 1.711 | 1.711 | 0.366 | 0.0006 | 0.06 | 101.110 | 22.010 | 79.100 | 2.167 | 0.212 | 7 | medium |
| 8 | 2.669 | 1.388 | 54.401 | 1.711 | 1.711 | 0.366 | 0.0006 | 0.06 | 101.110 | 22.010 | 79.100 | 2.167 | 0.386 | 10 | |
| 10 | 2.669 | 1.388 | 54.401 | 1.711 | 1.711 | 0.366 | 0.0006 | 0.06 | 101.110 | 22.010 | 79.100 | 2.167 | 0.386 | 14 | |
| 12 | 2.669 | 0.999 | 36.924 | 1.864 | 1.864 | 0.223 | 0.0008 | 0.035 | 101.110 | 22.010 | 79.100 | 2.167 | 0.842 | 17 | stiff |
| 16 | 2.669 | 0.999 | 36.924 | 1.864 | 1.864 | 0.223 | 0.0008 | 0.035 | 101.110 | 22.010 | 79.100 | 2.167 | 0.842 | 21 | |
| 18 | 2.669 | 0.999 | 36.924 | 1.864 | 1.864 | 0.223 | 0.0008 | 0.035 | 101.110 | 22.010 | 79.100 | 2.167 | 0.842 | 21 | |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Perhitungan Tinggi awal, tinggi akhir dan pemampatan

a) Timbunan Miring (variasi timbunan 3m-5m)

Variasi Q = 55,5 Kn/m²

Akibat Timbunan

| No | Tebal Lapisan | z m | B1 m | α^2 ° | Timbunan sisi kiri | | | | | ΔP kn/m ² | ΔPF kn/m ² | Po kn/m ² | $\Delta P + Po$ kn/m ² | Ket < atau > | Pc' kn/m ² | OCR | Cek kondisi NC/OC | Sc (m) | Sc kum (m) |
|----|---------------|--------|---------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|--------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------|----------------------|-----------|---------------|
| | | | | | B2 m | α^1 ° | (B1+B2)/ B2 | B1/B2 | ΔP kn/m ² | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0.5 | 14 | 87.954592 | 6 | 0.61331 | 3.333333 | 2.3333 | 27.75 | 55.4994 | 20 | 2.96 | 58.46 | > | 22.96 | 19.76 | OC | 0.0952659 | 0.0952659 |
| 2 | 1 | 1.5 | 14 | 83.884496 | 6 | 1.82635 | 3.333333 | 2.3333 | 27.741 | 55.4829 | 20 | 8.88 | 64.36 | > | 28.88 | 7.2516 | OC | 0.0751236 | 0.1703895 |
| 3 | 1 | 2.5 | 14 | 79.875328 | 6 | 2.99966 | 3.333333 | 2.3333 | 27.711 | 55.4224 | 20 | 14.79 | 70.21 | > | 34.79 | 4.7469 | OC | 0.0637864 | 0.2341758 |
| 4 | 1 | 3.5 | 14 | 75.963757 | 6 | 4.11 | 3.333333 | 2.3333 | 27.646 | 55.2926 | 20 | 20.71 | 76.00 | > | 40.71 | 3.6701 | OC | 0.0557511 | 0.2899269 |
| 5 | 1 | 4.5 | 14 | 72.181111 | 6 | 5.13851 | 3.333333 | 2.3333 | 27.537 | 55.0742 | 20 | 27.22 | 82.30 | > | 47.22 | 3.0231 | OC | 0.0429583 | 0.3328851 |
| 6 | 1 | 5.5 | 14 | 68.552264 | 6 | 6.07149 | 3.333333 | 2.3333 | 27.377 | 54.7542 | 20 | 34.33 | 89.09 | > | 54.33 | 2.5948 | OC | 0.0379005 | 0.3707856 |
| 7 | 1 | 6.5 | 14 | 65.095231 | 6 | 6.90061 | 3.333333 | 2.3333 | 27.163 | 54.3266 | 20 | 41.44 | 95.77 | > | 61.44 | 2.3108 | OC | 0.0338194 | 0.404605 |
| 8 | 1 | 7.5 | 14 | 61.82141 | 6 | 7.62254 | 3.333333 | 2.3333 | 26.896 | 53.7918 | 20 | 48.56 | 102.35 | > | 68.56 | 2.1078 | OC | 0.0304196 | 0.4350246 |
| 9 | 1 | 8.5 | 14 | 58.736268 | 6 | 8.23824 | 3.333333 | 2.3333 | 26.577 | 53.1549 | 20 | 55.67 | 108.82 | > | 75.67 | 1.9549 | OC | 0.0275204 | 0.462545 |
| 10 | 1 | 9.5 | 14 | 55.840305 | 6 | 8.75198 | 3.333333 | 2.3333 | 26.213 | 52.425 | 20 | 62.78 | 115.20 | > | 82.78 | 1.8351 | OC | 0.0250044 | 0.4875494 |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Akibat Perkerasan

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H (m) | Pusat tanah (m) | kibat beban perkerasan | | | ΔP Kn/m ² | Po` Kn/m ² | Po`+ ΔP Kn/m ² | Ket. (> atau <) | Pc` Kn/m ² | OCR | Cek NC or OC | Sci (m) | Sci sigma (m) |
|--------------------------|--------------|-------|-----------------|------------------------|-----|------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|--------------|----------|---------------|
| | | | | x/z | y/z | l (grafik) | | | | | | | | | |
| 1.00 | a | 1 | 0.5 | 4.00 | ~ | 0.25 | 10.8 | 2.96 | 13.7583 | < | 22.96 | 7.761 | OC | 0.017493 | 0.01749 |
| 2.00 | b | 1 | 1.5 | 3.11 | ~ | 0.25 | 10.8 | 8.88 | 19.675 | < | 28.88 | 3.254 | OC | 0.00906 | 0.02655 |
| 3.00 | c | 1 | 2.5 | 2.55 | ~ | 0.246 | 10.6 | 14.79 | 25.4189 | < | 34.79 | 2.352 | OC | 0.006162 | 0.03271 |
| 4.00 | d | 1 | 3.5 | 2.15 | ~ | 0.242 | 10.5 | 20.71 | 31.1627 | < | 40.71 | 1.966 | OC | 0.004651 | 0.03737 |
| 5.00 | e | 1 | 4.5 | 1.87 | ~ | 0.238 | 10.3 | 27.22 | 37.5038 | < | 47.22 | 1.735 | OC | 0.003493 | 0.04086 |
| 6.00 | f | 1 | 5.5 | 1.65 | ~ | 0.234 | 10.1 | 34.33 | 44.4421 | < | 54.33 | 1.583 | OC | 0.002813 | 0.04367 |
| 7.00 | g | 1 | 6.5 | 1.47 | ~ | 0.229 | 9.89 | 41.44 | 51.3372 | < | 61.44 | 1.483 | OC | 0.002334 | 0.04601 |
| 8.00 | h | 1 | 7.5 | 1.33 | ~ | 0.224 | 9.68 | 48.56 | 58.2324 | < | 68.56 | 1.412 | OC | 0.001981 | 0.04799 |
| 9.00 | i | 1 | 8.5 | 1.22 | ~ | 0.218 | 9.42 | 55.67 | 65.0843 | < | 75.67 | 1.359 | OC | 0.001704 | 0.04969 |
| 10.00 | j | 1 | 9.5 | 1.12 | ~ | 0.214 | 9.24 | 62.78 | 72.0226 | < | 82.78 | 1.319 | OC | 0.001498 | 0.05119 |
| | | | | | | | | | | | | Total SC Q pav. | 0.051188 | m | |

Besar H final, H initial dan SC

| Q timb. | Sc timb. | yw | y timb. | H initial | Sc Pav. | H-traffic | H pav. | H final |
|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------|----------|-----------|--------|---------|
| kn/m ² | m | kn/m ² | kn/m ² | m | m | m | m | m |
| 55.5 | 0.49 | 10 | 18.5 | 3.26354 | 0.051188 | 0.3243243 | 0.5 | 2.90048 |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Variasi Q = 74 kN/m²

Akibat timbunan

| No | Tebal Lapisan | z m | B1 m | $\alpha 2$ ° | Timbunan sisi kiri | | | | | ΔP kn/m ² | ΔPF kn/m ² | Po kn/m ² | $\Delta P + Po$ kn/m ² | Ket < atau > | Pc' kn/m ² | OCR | Cek kondisi NC/OC | Sc (m) | Scum (m) |
|----|---------------|--------|---------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|-------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------|----------------------|-----------|-------------|
| | | | | | B2 m | $\alpha 1$ ° | (B1+B2)/ B2 | B1/B2 | ΔP kn/m ² | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0.5 | 14 | 87.954592 | 8 | 0.74346 | 2.75 | 1.75 | 37 | 73.9993 | 20 | 2.96 | 76.96 | > | 22.96 | 26.014 | OC | 0.116 | 0.116 |
| 2 | 1 | 1.5 | 14 | 83.884496 | 8 | 2.21501 | 2.75 | 1.75 | 36.99 | 73.9801 | 20 | 8.88 | 82.86 | > | 28.88 | 9.3358 | OC | 0.095 | 0.211 |
| 3 | 1 | 2.5 | 14 | 79.875328 | 8 | 3.6416 | 2.75 | 1.75 | 36.955 | 73.9093 | 20 | 14.79 | 88.70 | > | 34.79 | 5.9967 | OC | 0.082 | 0.293 |
| 4 | 1 | 3.5 | 14 | 75.963757 | 8 | 4.99676 | 2.75 | 1.75 | 36.879 | 73.7573 | 20 | 20.71 | 94.47 | > | 40.71 | 4.5617 | OC | 0.072 | 0.365 |
| 5 | 1 | 4.5 | 14 | 72.181111 | 8 | 6.25876 | 2.75 | 1.75 | 36.75 | 73.5007 | 20 | 27.22 | 100.72 | > | 47.22 | 3.7 | OC | 0.056 | 0.422 |
| 6 | 1 | 5.5 | 14 | 68.552264 | 8 | 7.41149 | 2.75 | 1.75 | 36.562 | 73.1234 | 20 | 34.33 | 107.46 | > | 54.33 | 3.1298 | OC | 0.050 | 0.472 |
| 7 | 1 | 6.5 | 14 | 65.095231 | 8 | 8.44475 | 2.75 | 1.75 | 36.309 | 72.6173 | 20 | 41.44 | 114.06 | > | 61.44 | 2.7522 | OC | 0.045 | 0.517 |
| 8 | 1 | 7.5 | 14 | 61.82141 | 8 | 9.35388 | 2.75 | 1.75 | 35.991 | 71.9811 | 20 | 48.56 | 120.54 | > | 68.56 | 2.4824 | OC | 0.041 | 0.559 |
| 9 | 1 | 8.5 | 14 | 58.736268 | 8 | 10.139 | 2.75 | 1.75 | 35.61 | 71.2197 | 20 | 55.67 | 126.89 | > | 75.67 | 2.2794 | OC | 0.038 | 0.597 |
| 10 | 1 | 9.5 | 14 | 55.840305 | 8 | 10.8041 | 2.75 | 1.75 | 35.171 | 70.3425 | 20 | 62.78 | 133.12 | > | 82.78 | 2.1205 | OC | 0.035 | 0.631 |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Akibat Perkerasan

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H (m) | Pusat tanah (m) | kibat beban perkerasan | | | ΔP (Kn/m ²) | Po` (Kn/m ²) | Po`+ ΔP (Kn/m ²) | Ket. (> atau <) | Pc` (Kn/m ²) | OCR | Cek (NC or OC) | Sci (m) | Sci sigma (m) |
|--------------------------|--------------|-------|-----------------|------------------------|---|------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|----------------|---------|---------------|
| | | | | m | n | l (grafik) | | | | | | | | | |
| 1.00 | a | 1 | 0.5 | 3.11 | ~ | 0.25 | 10.8 | 2.96 | 13.7583 | < | 22.96 | 7.761 | OC | 0.017 | 0.017 |
| 2.00 | b | 1 | 1.5 | 2.55 | ~ | 0.246 | 10.6 | 8.88 | 19.5022 | < | 28.88 | 3.254 | OC | 0.009 | 0.026 |
| 3.00 | c | 1 | 2.5 | 2.15 | ~ | 0.242 | 10.5 | 14.79 | 25.2461 | < | 34.79 | 2.352 | OC | 0.006 | 0.033 |
| 4.00 | d | 1 | 3.5 | 1.87 | ~ | 0.238 | 10.3 | 20.71 | 30.9899 | < | 40.71 | 1.966 | OC | 0.005 | 0.037 |
| 5.00 | e | 1 | 4.5 | 1.65 | ~ | 0.234 | 10.1 | 27.22 | 37.331 | < | 47.22 | 1.735 | OC | 0.003 | 0.041 |
| 6.00 | f | 1 | 5.5 | 1.47 | ~ | 0.229 | 9.89 | 34.33 | 44.2261 | < | 54.33 | 1.583 | OC | 0.003 | 0.043 |
| 7.00 | g | 1 | 6.5 | 1.33 | ~ | 0.224 | 9.68 | 41.44 | 51.1212 | < | 61.44 | 1.483 | OC | 0.002 | 0.046 |
| 8.00 | h | 1 | 7.5 | 1.22 | ~ | 0.218 | 9.42 | 48.56 | 57.9732 | < | 68.56 | 1.412 | OC | 0.002 | 0.048 |
| 9.00 | i | 1 | 8.5 | 1.12 | ~ | 0.214 | 9.24 | 55.67 | 64.9115 | < | 75.67 | 1.359 | OC | 0.002 | 0.049 |
| 10.00 | j | 1 | 9.5 | 1.04 | ~ | 0.208 | 8.99 | 62.78 | 71.7634 | < | 82.78 | 1.319 | OC | 0.001 | 0.051 |
| | | | | | | | | | | | | Total SC Q pav. | 0.050681 | m | |

Besar H final, H initial dan SC

| Q timb. | Sc timb. | yw | y timb. | H initial | Sc Pav. | H-traffic | H pav. | H final |
|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------|----------|-----------|--------|---------|
| kn/m ² | m | kn/m ² | kn/m ² | m | m | m | m | m |
| 74 | 0.63 | 10 | 18.5 | 4.341164 | 0.050681 | 0.1351351 | 0.5 | 4.02419 |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Variasi Q = 92,5 kN/m²

Akibat timbunan

| No | Tebal Lapisan | z m | B1 m | α_2 ° | Timbunan sisi kiri | | | | | ΔP kn/m ² | ΔPF kn/m ² | Po kn/m ² | $\Delta P + Po$ kn/m ² | Ket < atau > | Pc' kn/m ² | OCR | Cek kondisi NC/OC | Sc (m) | Sc kum (m) |
|----|---------------|--------|---------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|-------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------|----------------------|-----------|---------------|
| | | | | | B2 m | α_1 ° | (B1+B2)/ B2 | B1/B2 | ΔP kn/m ² | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0.5 | 14 | 87.954592 | 10 | 0.85192 | 2.4 | 1.4 | 46.25 | 92.4992 | 20 | 2.96 | 95.46 | > | 22.96 | 32.267 | OC | 0.133 | 0.133 |
| 2 | 1 | 1.5 | 14 | 83.884496 | 10 | 2.53917 | 2.4 | 1.4 | 46.239 | 92.4779 | 20 | 8.88 | 101.35 | > | 28.88 | 11.42 | OC | 0.110 | 0.243 |
| 3 | 1 | 2.5 | 14 | 79.875328 | 10 | 4.17781 | 2.4 | 1.4 | 46.2 | 92.3993 | 20 | 14.79 | 107.19 | > | 34.79 | 7.2467 | OC | 0.096 | 0.339 |
| 4 | 1 | 3.5 | 14 | 75.963757 | 10 | 5.7391 | 2.4 | 1.4 | 46.115 | 92.2303 | 20 | 20.71 | 112.94 | > | 40.71 | 5.4538 | OC | 0.086 | 0.426 |
| 5 | 1 | 4.5 | 14 | 72.181111 | 10 | 7.19923 | 2.4 | 1.4 | 45.972 | 91.9443 | 20 | 27.22 | 119.17 | > | 47.22 | 4.3775 | OC | 0.068 | 0.493 |
| 6 | 1 | 5.5 | 14 | 68.552264 | 10 | 8.54033 | 2.4 | 1.4 | 45.761 | 91.5226 | 20 | 34.33 | 125.86 | > | 54.33 | 3.6657 | OC | 0.061 | 0.554 |
| 7 | 1 | 6.5 | 14 | 65.095231 | 10 | 9.7507 | 2.4 | 1.4 | 45.478 | 90.9552 | 20 | 41.44 | 132.40 | > | 61.44 | 3.1946 | OC | 0.055 | 0.610 |
| 8 | 1 | 7.5 | 14 | 61.82141 | 10 | 10.8246 | 2.4 | 1.4 | 45.12 | 90.2393 | 20 | 48.56 | 138.79 | > | 68.56 | 2.8585 | OC | 0.051 | 0.660 |
| 9 | 1 | 8.5 | 14 | 58.736268 | 10 | 11.7613 | 2.4 | 1.4 | 44.689 | 89.379 | 20 | 55.67 | 145.05 | > | 75.67 | 2.6056 | OC | 0.047 | 0.707 |
| 10 | 1 | 9.5 | 14 | 55.840305 | 10 | 12.5644 | 2.4 | 1.4 | 44.192 | 88.3836 | 20 | 62.78 | 151.16 | > | 82.78 | 2.4079 | OC | 0.043 | 0.750 |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Akibat Perkerasan

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H (m) | Pusat tanah (m) | kibat beban perkerasa | | | ΔP Kn/m ² | Po` Kn/m ² | Po`+ ΔP Kn/m ² | Ket. (> atau <) | Pc` Kn/m ² | OCR | Cek NC or OC | Sci (m) | Sci sigma (m) |
|--------------------------|--------------|----------|--------------------|-----------------------|-----|----------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------------|------------|---------------------|
| | | | | m | n | l | | | | | | | | | |
| | | | | x/z | y/z | (grafik) | | | | | | | | | |
| 1.00 | a | 1 | 0.5 | 2.55 | ~ | 0.246 | 10.6 | 2.96 | 13.5855 | < | 22.96 | 7.761 | OC | 0.017 | 0.017 |
| 2.00 | b | 1 | 1.5 | 2.15 | ~ | 0.242 | 10.5 | 8.88 | 19.3294 | < | 28.88 | 3.254 | OC | 0.009 | 0.026 |
| 3.00 | c | 1 | 2.5 | 1.87 | ~ | 0.238 | 10.3 | 14.79 | 25.0733 | < | 34.79 | 2.352 | OC | 0.006 | 0.032 |
| 4.00 | d | 1 | 3.5 | 1.65 | ~ | 0.234 | 10.1 | 20.71 | 30.8171 | < | 40.71 | 1.966 | OC | 0.005 | 0.037 |
| 5.00 | e | 1 | 4.5 | 1.47 | ~ | 0.229 | 9.89 | 27.22 | 37.115 | < | 47.22 | 1.735 | OC | 0.003 | 0.040 |
| 6.00 | f | 1 | 5.5 | 1.33 | ~ | 0.224 | 9.68 | 34.33 | 44.0101 | < | 54.33 | 1.583 | OC | 0.003 | 0.043 |
| 7.00 | g | 1 | 6.5 | 1.22 | ~ | 0.218 | 9.42 | 41.44 | 50.862 | < | 61.44 | 1.483 | OC | 0.002 | 0.045 |
| 8.00 | h | 1 | 7.5 | 1.12 | ~ | 0.214 | 9.24 | 48.56 | 57.8004 | < | 68.56 | 1.412 | OC | 0.002 | 0.047 |
| 9.00 | i | 1 | 8.5 | 1.04 | ~ | 0.208 | 8.99 | 55.67 | 64.6523 | < | 75.67 | 1.359 | OC | 0.002 | 0.049 |
| 10.00 | j | 1 | 9.5 | 0.97 | ~ | 0.203 | 8.77 | 62.78 | 71.5474 | < | 82.78 | 1.319 | OC | 0.001 | 0.050 |
| | | | | | | | | | | | | Total SC Q pav. | 0.050 | m | |

Besar H final, H initial dan SC

| Q timb. | Sc timb. | γ_w | γ timb. | H initial | Sc Pav. | H-traffic | H pav. | H final |
|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------|----------|-----------|--------|---------|
| kn/m ² | m | kn/m ² | kn/m ² | m | m | m | m | m |
| 92.5 | 0.75 | 10 | 18.5 | 5.405368 | 0.050013 | 0.1351351 | 0.5 | 4.97029 |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

b) Timbunan Tegak (variasi timbunan 3m-5m)

SC akibat perkerasan tidak dicantumkan karena sama dengan dinding miring.

Variasi $Q = 55,5 \text{ Kn/m}^2$

Akibat timbunan

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H (m) | Pusat tanah (m) | Akibat beban perkerasan | | | | ΔP Kn/m ² | Po' Kn/m ² | $Po'+\Delta P$ Kn/m ² | Ket. (> atau <) | Pc' Kn/m ² | OCR | Cek NC or OC | Sci (m) | Sci sigma (m) |
|--------------------------|--------------|----------|--------------------|-------------------------|----------|----------|------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-----------------|----------------------------|------------------|-----------------|------------|---------------------|
| | | | | z (m) | m x/z | n y/z | l (grafik) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.00 | a | 1 | 0.5 | 0.5 | 28.00 | ~ | 0.25 | 55.5 | 2.96 | 58.458 | > | 22.96 | 7.7606 | OC | 0.095 | 0.095 |
| 2.00 | b | 1 | 1.5 | 1.5 | 9.33 | ~ | 0.25 | 55.5 | 8.88 | 64.375 | > | 28.88 | 3.2535 | OC | 0.075 | 0.170 |
| 3.00 | c | 1 | 2.5 | 2.5 | 5.60 | ~ | 0.25 | 55.5 | 14.79 | 70.292 | > | 34.79 | 2.3521 | OC | 0.064 | 0.234 |
| 4.00 | d | 1 | 3.5 | 3.5 | 4.00 | ~ | 0.25 | 55.5 | 20.71 | 76.208 | > | 40.71 | 1.9658 | OC | 0.056 | 0.290 |
| 5.00 | e | 1 | 4.5 | 4.5 | 3.11 | ~ | 0.25 | 55.5 | 27.22 | 82.722 | > | 47.22 | 1.7347 | OC | 0.043 | 0.334 |
| 6.00 | f | 1 | 5.5 | 5.5 | 2.55 | ~ | 0.244 | 54.168 | 34.33 | 88.501 | > | 54.33 | 1.5825 | OC | 0.037 | 0.371 |
| 7.00 | g | 1 | 6.5 | 6.5 | 2.15 | ~ | 0.242 | 53.724 | 41.44 | 95.168 | > | 61.44 | 1.4826 | OC | 0.033 | 0.404 |
| 8.00 | h | 1 | 7.5 | 7.5 | 1.87 | ~ | 0.237 | 52.614 | 48.56 | 101.17 | > | 68.56 | 1.4119 | OC | 0.030 | 0.434 |
| 9.00 | i | 1 | 8.5 | 8.5 | 1.65 | ~ | 0.233 | 51.726 | 55.67 | 107.39 | > | 75.67 | 1.3593 | OC | 0.027 | 0.461 |
| 10.00 | j | 1 | 9.5 | 9.5 | 1.47 | ~ | 0.229 | 50.838 | 62.78 | 113.62 | > | 82.78 | 1.3186 | OC | 0.024 | 0.485 |
| | | | | | | | | | | | | | Total SC Q timb. | 0.4848 | m | |

Besar H final, H initial dan SC

| Q timb. | Sc timb. | γ_w | γ timb. | H initial | Sc Pav. | H-traffic | H pav. | H final |
|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------|-------------|-----------|--------|-----------|
| kn/m ² | m | kn/m ² | kn/m ² | m | m | m | m | m |
| 55.5 | 0.48 | 10 | 18.5 | 3.262042 | 0.051188253 | 0.3243243 | 0.5 | 2.9017518 |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Variasi $Q = 74 \text{ Kn/m}^2$

Akibat timbunan

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H (m) | Pusat tanah (m) | Akibat beban perkerasan | | | | ΔP (Kn/m ²) | P_o' (Kn/m ²) | $P_o' + \Delta P$ (Kn/m ²) | Ket. (> atau <) | P_c' (Kn/m ²) | OCR | Cek NC or OC | Sci (m) | Sci sigma (m) |
|--------------------------|--------------|-------|-----------------|-------------------------|-------|---|------------|---------------------------------|-----------------------------|--|-----------------|-----------------------------|------------------|--------------|---------|---------------|
| | | | | z (m) | m | n | l (grafik) | | | | | | | | | |
| | | | | x/z | y/z | | | | | | | | | | | |
| 1.00 | a | 1 | 0.5 | 0.5 | 28.00 | ~ | 0.25 | 74 | 2.96 | 76.958 | > | 22.96 | 7.7606 | OC | 0.12 | 0.12 |
| 2.00 | b | 1 | 1.5 | 1.5 | 9.33 | ~ | 0.25 | 74 | 8.88 | 82.875 | > | 28.88 | 3.2535 | OC | 0.09 | 0.21 |
| 3.00 | c | 1 | 2.5 | 2.5 | 5.60 | ~ | 0.25 | 74 | 14.79 | 88.792 | > | 34.79 | 2.3521 | OC | 0.08 | 0.29 |
| 4.00 | d | 1 | 3.5 | 3.5 | 4.00 | ~ | 0.25 | 74 | 20.71 | 94.708 | > | 40.71 | 1.9658 | OC | 0.07 | 0.37 |
| 5.00 | e | 1 | 4.5 | 4.5 | 3.11 | ~ | 0.25 | 74 | 27.22 | 101.22 | > | 47.22 | 1.7347 | OC | 0.06 | 0.42 |
| 6.00 | f | 1 | 5.5 | 5.5 | 2.55 | ~ | 0.244 | 72.224 | 34.33 | 106.56 | > | 54.33 | 1.5825 | OC | 0.05 | 0.47 |
| 7.00 | g | 1 | 6.5 | 6.5 | 2.15 | ~ | 0.242 | 71.632 | 41.44 | 113.08 | > | 61.44 | 1.4826 | OC | 0.04 | 0.52 |
| 8.00 | h | 1 | 7.5 | 7.5 | 1.87 | ~ | 0.237 | 70.152 | 48.56 | 118.71 | > | 68.56 | 1.4119 | OC | 0.04 | 0.56 |
| 9.00 | i | 1 | 8.5 | 8.5 | 1.65 | ~ | 0.233 | 68.968 | 55.67 | 124.63 | > | 75.67 | 1.3593 | OC | 0.04 | 0.59 |
| 10.00 | j | 1 | 9.5 | 9.5 | 1.47 | ~ | 0.229 | 67.784 | 62.78 | 130.56 | > | 82.78 | 1.3186 | OC | 0.03 | 0.63 |
| | | | | | | | | | | | | | Total SC Q timb. | 0.63 | m | |

Besar H final, H initial dan SC

| H timbunan | Q timb. | Sc timb. | yw | y timb. | H initial | Sc Pav. | H-traffic | H pav. | H final |
|------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------|-------------|-----------|--------|-----------|
| m | kn/m ² | m | kn/m ² | kn/m ² | m | m | m | m | m |
| 4 | 74 | 0.63 | 10 | 18.5 | 4.338996 | 0.050680608 | 0.1351351 | 0.5 | 4.0260376 |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Variasi Q = 92,5 Kn/m²

Akibat timbunan

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H (m) | Pusat tanah (m) | Akibat beban perkerasan | | | | ΔP Kn/m ² | Po' Kn/m ² | Po'+ ΔP Kn/m ² | Ket. (> atau <) | Pc' Kn/m ² | OCR | Cek NC or OC | Sci (m) | Sci sigma (m) |
|--------------------------|--------------|----------|--------------------|-------------------------|-------|---|------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|------------------|-----------------|------------|---------------------|
| | | | | z (m) | m | n | l (grafik) | | | | | | | | | |
| | | | | x/z | y/z | | | | | | | | | | | |
| 1.00 | a | 1 | 0.5 | 0.5 | 28.00 | ~ | 0.25 | 92.5 | 2.96 | 95.458 | > | 22.96 | 7.7606 | OC | 0.133 | 0.133 |
| 2.00 | b | 1 | 1.5 | 1.5 | 9.33 | ~ | 0.25 | 92.5 | 8.88 | 101.38 | > | 28.88 | 3.2535 | OC | 0.110 | 0.243 |
| 3.00 | c | 1 | 2.5 | 2.5 | 5.60 | ~ | 0.25 | 92.5 | 14.79 | 107.29 | > | 34.79 | 2.3521 | OC | 0.096 | 0.340 |
| 4.00 | d | 1 | 3.5 | 3.5 | 4.00 | ~ | 0.25 | 92.5 | 20.71 | 113.21 | > | 40.71 | 1.9658 | OC | 0.086 | 0.426 |
| 5.00 | e | 1 | 4.5 | 4.5 | 3.11 | ~ | 0.25 | 92.5 | 27.22 | 119.72 | > | 47.22 | 1.7347 | OC | 0.068 | 0.494 |
| 6.00 | f | 1 | 5.5 | 5.5 | 2.55 | ~ | 0.244 | 90.28 | 34.33 | 124.61 | > | 54.33 | 1.5825 | OC | 0.060 | 0.554 |
| 7.00 | g | 1 | 6.5 | 6.5 | 2.15 | ~ | 0.242 | 89.54 | 41.44 | 130.98 | > | 61.44 | 1.4826 | OC | 0.055 | 0.609 |
| 8.00 | h | 1 | 7.5 | 7.5 | 1.87 | ~ | 0.237 | 87.69 | 48.56 | 136.25 | > | 68.56 | 1.4119 | OC | 0.049 | 0.658 |
| 9.00 | i | 1 | 8.5 | 8.5 | 1.65 | ~ | 0.233 | 86.21 | 55.67 | 141.88 | > | 75.67 | 1.3593 | OC | 0.045 | 0.703 |
| 10.00 | j | 1 | 9.5 | 9.5 | 1.47 | ~ | 0.229 | 84.73 | 62.78 | 147.51 | > | 82.78 | 1.3186 | OC | 0.041 | 0.745 |
| | | | | | | | | | | | | | Total SC Q timb. | 0.745 | m | |

Besar H final, H initial dan SC

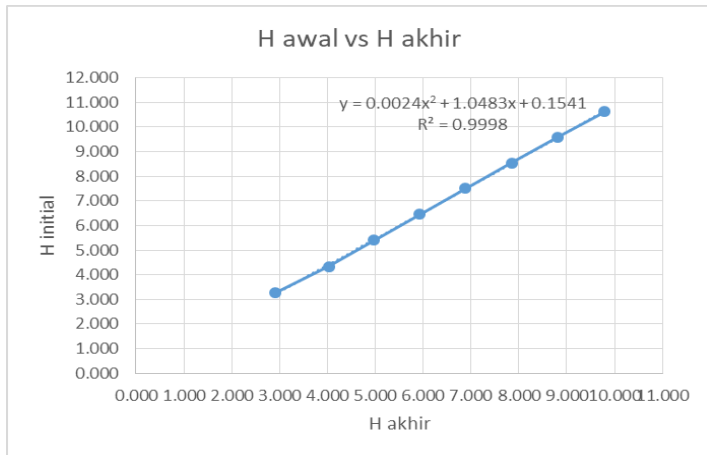
| H timbunan | Q timb. | Sc timb. | yw | y timb. | H initial | Sc Pav. | H-traffic | H pav. | H final |
|------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------|-------------|-----------|--------|-----------|
| m | kn/m ² | m | kn/m ² | kn/m ² | m | m | m | m | m |
| 5 | 92.5 | 0.74 | 10 | 18.5 | 5.402599 | 0.050012608 | 0.1351351 | 0.5 | 4.9726433 |

Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Rekapan Hasil H initial dan H final

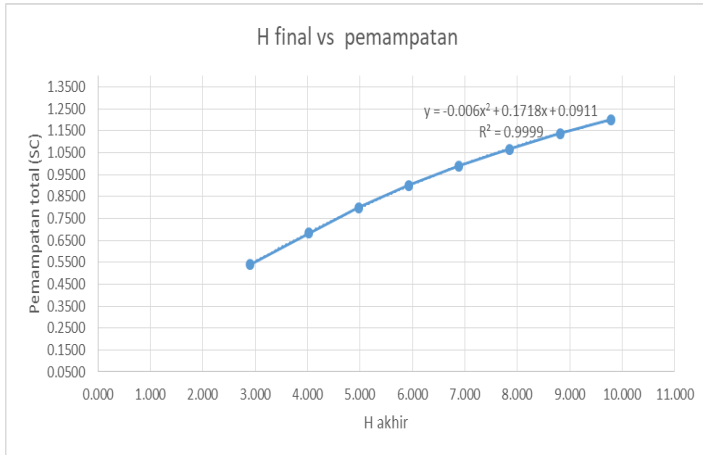
| Q timb. | Sc timb. | γw | γ timb. | H initial | Sc Pav. | H-traffic | H pav. | H final | Sc total |
|-------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------|---------|-----------|--------|---------|----------|
| kn/m ² | m | kn/m ² | kn/m ² | m | m | m | m | m | m |
| 18.5 | 0.075 | 10 | 18.5 | 1.041 | 0.052 | 1.189 | 0.5 | 0.224 | 0.1269 |
| 37 | 0.305 | 10 | 18.5 | 2.165 | 0.052 | 0.649 | 0.5 | 1.660 | 0.3566 |
| 55.5 | 0.488 | 10 | 18.5 | 3.264 | 0.051 | 0.324 | 0.5 | 2.900 | 0.5387 |
| 74 | 0.631 | 10 | 18.5 | 4.341 | 0.051 | 0.135 | 0.5 | 4.024 | 0.6818 |
| 92.5 | 0.750 | 10 | 18.5 | 5.405 | 0.050 | 0.135 | 0.5 | 4.970 | 0.7999 |
| 111 | 0.851 | 10 | 18.5 | 6.460 | 0.049 | 0.135 | 0.5 | 5.924 | 0.9007 |
| 129.5 | 0.940 | 10 | 18.5 | 7.508 | 0.049 | 0.135 | 0.5 | 6.884 | 0.9885 |
| 148 | 1.019 | 10 | 18.5 | 8.551 | 0.048 | 0.135 | 0.5 | 7.849 | 1.0664 |
| 166.5 | 1.089 | 10 | 18.5 | 9.589 | 0.047 | 0.135 | 0.5 | 8.817 | 1.1363 |
| 185 | 1.154 | 10 | 18.5 | 10.624 | 0.046 | 0.135 | 0.5 | 9.789 | 1.1997 |

Grafik untuk mencari H initial



Lampiran 3 H awal, H akhir SC total

Grafik untuk mencari SC total



Rekap pemampatan yang terejadi

| Zona | Panjang m | STA | jenis timbunan | H Final m | H Initial m | SC Total m |
|------|-----------|---------------|----------------|-----------|-------------|------------|
| 1 | 150 | 7+688 - 7+838 | miring | 5.9 | 6.42 | 0.896 |
| | | 7+988 - 8+028 | | | | |
| | | 7+838 - 7+988 | | | | |
| 3 | 50 | 8+028 - 8+078 | 2.6 | 2.90 | 0.497 | |
| 1 | 150 | 7+688 - 7+838 | tegak | 5.9 | 6.41 | 0.891 |
| | | 7+988 - 8+028 | | | | |
| | | 7+838 - 7+988 | | | | |
| 3 | 50 | 8+028 - 8+078 | 2.6 | 2.89 | 0.495 | |

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

a) PVD kedalaman 10 m

Perhitungan CV gabungan

| No | Tebal Lapisan | z m | eo | v kn/m ³ | cc | cs | cv | cv gab | cv gab | waktu konsolidasi |
|----|---------------|--------|--------|------------------------|------|------|----------|---------------------|-----------------------|-------------------|
| | | | | | | | | cm ² /dt | m ² /tahun | tahun |
| 1 | 1 | 0.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | 0.00051475 | 1.6233267 | 52.23840604 |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | | |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | | |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | | |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | | |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | | |
| 7 | 1 | 6.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | | |
| 8 | 1 | 7.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | | |
| 9 | 1 | 8.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | | |
| 10 | 1 | 9.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | | |

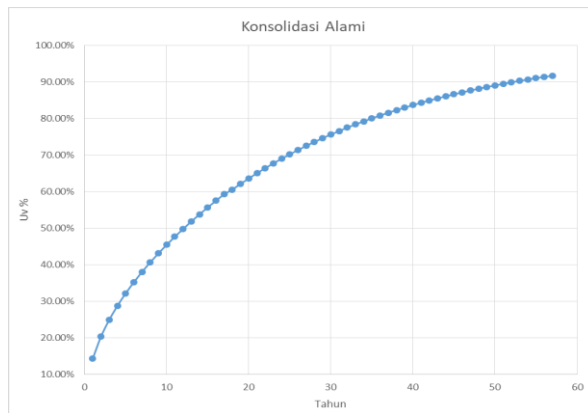
Pemampatan pertahun pada H initial 6.42 m

| Tahun | Tv | Uv Pakai (%) | Sc (m) | Tahun | Tv | Uv Pakai (%) | Sc (m) |
|-------|----------|--------------|----------|-------|----------|--------------|----------|
| 1 | 0.016233 | 14.38% | 0.128795 | 26 | 0.422065 | 71.39% | 0.639552 |
| 2 | 0.032467 | 20.33% | 0.182143 | 27 | 0.438298 | 72.51% | 0.649617 |
| 3 | 0.0487 | 24.90% | 0.223079 | 28 | 0.454531 | 73.59% | 0.659288 |
| 4 | 0.064933 | 28.75% | 0.25759 | 29 | 0.470765 | 74.63% | 0.668578 |
| 5 | 0.081166 | 32.15% | 0.287994 | 30 | 0.486998 | 75.63% | 0.677503 |
| 6 | 0.0974 | 35.22% | 0.315481 | 31 | 0.503231 | 76.58% | 0.686079 |
| 7 | 0.113633 | 38.04% | 0.340759 | 32 | 0.519465 | 77.50% | 0.694317 |
| 8 | 0.129866 | 40.66% | 0.364287 | 33 | 0.535698 | 78.39% | 0.702232 |
| 9 | 0.146099 | 43.13% | 0.386384 | 34 | 0.551931 | 79.24% | 0.709835 |
| 10 | 0.162333 | 45.46% | 0.407285 | 35 | 0.568164 | 80.05% | 0.717141 |
| 11 | 0.178566 | 47.68% | 0.427164 | 36 | 0.584398 | 80.83% | 0.724159 |
| 12 | 0.194799 | 49.80% | 0.446158 | 37 | 0.600631 | 81.59% | 0.730902 |
| 13 | 0.211032 | 51.84% | 0.464376 | 38 | 0.616864 | 82.31% | 0.73738 |
| 14 | 0.227266 | 53.79% | 0.481906 | 39 | 0.633097 | 83.00% | 0.743604 |

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD
 Pemampatan pertahun pada H initial 6.42 m (lanjutan)

| Tahun | Tv | Uv Pakai (%) | Sc (m) | Tahun | Tv | Uv Pakai (%) | Sc (m) |
|-------|----------|--------------|----------|-------|----------|--------------|----------|
| 15 | 0.243499 | 55.68% | 0.49882 | 40 | 0.649331 | 83.67% | 0.749583 |
| 16 | 0.259732 | 57.51% | 0.515179 | 41 | 0.665564 | 84.31% | 0.755327 |
| 17 | 0.275966 | 59.28% | 0.531034 | 42 | 0.681797 | 84.93% | 0.760846 |
| 18 | 0.292199 | 60.58% | 0.542714 | 43 | 0.69803 | 85.52% | 0.766148 |
| 19 | 0.308432 | 62.13% | 0.556582 | 44 | 0.714264 | 86.09% | 0.771242 |
| 20 | 0.324665 | 63.62% | 0.569906 | 45 | 0.730497 | 86.64% | 0.776136 |
| 21 | 0.340899 | 65.04% | 0.582707 | 46 | 0.74673 | 87.16% | 0.780838 |
| 22 | 0.357132 | 66.42% | 0.595004 | 47 | 0.762964 | 87.66% | 0.785355 |
| 23 | 0.373365 | 67.74% | 0.606819 | 48 | 0.779197 | 88.15% | 0.789694 |
| 24 | 0.389598 | 69.00% | 0.61817 | 49 | 0.79543 | 88.61% | 0.793864 |
| 25 | 0.405832 | 70.22% | 0.629075 | 50 | 0.811663 | 89.06% | 0.797869 |

Grafik dari pemampatan per tahun



Karena waktu pemampatan alami terlalu lama maka digunakan PVD

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

Pemasangan PVD kedalaman 10 m

Pola pemasangan segitiga

| jarak PVD | D | a | b | Dw | (n) | F(n) |
|-----------|------|------|------|------|------|--------|
| s (m) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | buah | |
| 0.7 | 735 | 100 | 4 | 66.2 | 12 | 1.7453 |
| 0.8 | 840 | 100 | 4 | 66.2 | 13 | 1.8243 |
| 0.9 | 945 | 100 | 4 | 66.2 | 15 | 1.9657 |
| 1 | 1050 | 100 | 4 | 66.2 | 16 | 2.0295 |
| 1.1 | 1155 | 100 | 4 | 66.2 | 18 | 2.1462 |
| 1.2 | 1260 | 100 | 4 | 66.2 | 20 | 2.2507 |
| 1.5 | 1575 | 100 | 4 | 66.2 | 24 | 2.4318 |

Pola pemasangan segi empat

| jarak PVD | D | a | b | Dw | (n) | F(n) |
|-----------|------|------|------|------|------|--------|
| s (m) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | buah | |
| 0.7 | 791 | 100 | 4 | 66.2 | 12 | 1.7453 |
| 0.8 | 904 | 100 | 4 | 66.2 | 14 | 1.8975 |
| 0.9 | 1017 | 100 | 4 | 66.2 | 16 | 2.0295 |
| 1 | 1130 | 100 | 4 | 66.2 | 18 | 2.1462 |
| 1.1 | 1243 | 100 | 4 | 66.2 | 19 | 2.1998 |
| 1.2 | 1356 | 100 | 4 | 66.2 | 21 | 2.2992 |
| 1.5 | 1695 | 100 | 4 | 66.2 | 26 | 2.5114 |

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

Derajat konsolidasi akibat pemasangan PVD

Pola segitiga dengan variasi jarak tertentu

| Pola Pemasangan | t minggu | TV | Uv % | Ch m ² /ming | jarak pemasangan | | | | | | | |
|-----------------|-------------|----------|-----------|----------------------------|------------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|
| | | | | | 0.7 | m | 0.8 | m | 0.9 | m | 1 | m |
| | | | | | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % |
| SEGITIGA | 1 | 0.000338 | 0.0207509 | 0.1352772 | 0.44 | 44.84 | 0.34 | 35.68 | 0.27 | 28.05 | 0.21 | 23.11 |
| | 2 | 0.000676 | 0.0293462 | | 0.68 | 69.20 | 0.57 | 58.13 | 0.46 | 47.60 | 0.38 | 40.16 |
| | 3 | 0.001015 | 0.0359417 | | 0.82 | 82.77 | 0.72 | 72.68 | 0.60 | 61.76 | 0.52 | 53.33 |
| | 4 | 0.001353 | 0.0415018 | | 0.90 | 90.35 | 0.81 | 82.16 | 0.71 | 72.07 | 0.62 | 63.57 |
| | 5 | 0.001691 | 0.0464005 | | 0.94 | 94.59 | 0.88 | 88.34 | 0.79 | 79.58 | 0.70 | 71.54 |
| | 6 | 0.002029 | 0.0508292 | | 0.97 | 96.97 | 0.92 | 92.38 | 0.84 | 85.07 | 0.77 | 77.76 |
| | 7 | 0.002367 | 0.0549018 | | 0.98 | 98.30 | 0.95 | 95.02 | 0.88 | 89.08 | 0.82 | 82.61 |
| | 8 | 0.002706 | 0.0586925 | | 0.99 | 99.05 | 0.97 | 96.74 | 0.92 | 92.01 | 0.86 | 86.40 |
| | 9 | 0.003044 | 0.0622528 | | 0.99 | 99.46 | 0.98 | 97.87 | 0.94 | 94.15 | 0.89 | 89.36 |
| | 10 | 0.003382 | 0.0656202 | | 1.00 | 99.70 | 0.99 | 98.60 | 0.95 | 95.72 | 0.91 | 91.68 |
| | 11 | 0.003720 | 0.068823 | | 1.00 | 99.83 | 0.99 | 99.09 | 0.97 | 96.86 | 0.93 | 93.49 |
| | 12 | 0.004058 | 0.0718833 | | 1.00 | 99.91 | 0.99 | 99.40 | 0.98 | 97.70 | 0.95 | 94.90 |
| | 13 | 0.004397 | 0.0748185 | | 1.00 | 99.95 | 1.00 | 99.61 | 0.98 | 98.32 | 0.96 | 96.01 |
| | 14 | 0.004735 | 0.0776428 | | 1.00 | 99.97 | 1.00 | 99.74 | 0.99 | 98.77 | 0.97 | 96.88 |
| | 15 | 0.005073 | 0.080368 | | 1.00 | 99.98 | 1.00 | 99.83 | 0.99 | 99.10 | 0.97 | 97.56 |
| | 16 | 0.005411 | 0.0830037 | | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.89 | 0.99 | 99.34 | 0.98 | 98.09 |
| | 17 | 0.005749 | 0.0855582 | | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.93 | 0.99 | 99.52 | 0.98 | 98.50 |
| | 18 | 0.006087 | 0.0880387 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.95 | 1.00 | 99.64 | 0.99 | 98.83 |
| | 19 | 0.006426 | 0.0904512 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.97 | 1.00 | 99.74 | 0.99 | 99.08 |
| | 20 | 0.006764 | 0.0928009 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.98 | 1.00 | 99.81 | 0.99 | 99.28 |
| | 21 | 0.007102 | 0.0950927 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.86 | 0.99 | 99.44 |
| | 22 | 0.007440 | 0.0973305 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.90 | 1.00 | 99.56 |
| | 23 | 0.007778 | 0.0995179 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.92 | 1.00 | 99.65 |
| | 24 | 0.008117 | 0.1016583 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.94 | 1.00 | 99.73 |
| | 25 | 0.008455 | 0.1037546 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.96 | 1.00 | 99.79 |

| Pola Pemasangan | t minggu | TV | Uv % | Ch m ² /ming | jarak pemasangan | | | | | |
|-----------------|-------------|----------|-----------|----------------------------|------------------|------------|---------|------------|---------|------------|
| | | | | | 1.1 | m | 1.2 | m | 1.5 | m |
| | | | | | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % |
| SEGITIGA | 1 | 0.000338 | 0.0207509 | 0.1352772 | 0.17 | 18.94 | 0.14 | 15.84 | 0.09 | 10.48 |
| | 2 | 0.000676 | 0.0293462 | | 0.31 | 33.49 | 0.26 | 28.30 | 0.16 | 18.88 |
| | 3 | 0.001015 | 0.0359417 | | 0.43 | 45.32 | 0.37 | 38.79 | 0.24 | 26.34 |
| | 4 | 0.001353 | 0.0415018 | | 0.53 | 54.99 | 0.45 | 47.70 | 0.30 | 33.05 |
| | 5 | 0.001691 | 0.0464005 | | 0.61 | 62.93 | 0.53 | 55.28 | 0.36 | 39.10 |
| | 6 | 0.002029 | 0.0508292 | | 0.68 | 69.46 | 0.60 | 61.74 | 0.42 | 44.59 |
| | 7 | 0.002367 | 0.0549018 | | 0.73 | 74.83 | 0.65 | 67.26 | 0.47 | 49.56 |
| | 8 | 0.002706 | 0.0586925 | | 0.78 | 79.25 | 0.70 | 71.97 | 0.51 | 54.07 |
| | 9 | 0.003044 | 0.0622528 | | 0.82 | 82.88 | 0.74 | 76.00 | 0.55 | 58.17 |
| | 10 | 0.003382 | 0.0656202 | | 0.85 | 85.88 | 0.78 | 79.45 | 0.59 | 61.90 |
| | 11 | 0.003720 | 0.068823 | | 0.87 | 88.35 | 0.81 | 82.40 | 0.63 | 65.28 |
| | 12 | 0.004058 | 0.0718833 | | 0.90 | 90.39 | 0.84 | 84.92 | 0.66 | 68.37 |
| | 13 | 0.004397 | 0.0748185 | | 0.91 | 92.07 | 0.86 | 87.08 | 0.69 | 71.17 |
| | 14 | 0.004735 | 0.0776428 | | 0.93 | 93.46 | 0.88 | 88.93 | 0.72 | 73.73 |
| | 15 | 0.005073 | 0.080368 | | 0.94 | 94.60 | 0.90 | 90.51 | 0.74 | 76.05 |
| | 16 | 0.005411 | 0.0830037 | | 0.95 | 95.54 | 0.91 | 91.87 | 0.76 | 78.17 |
| | 17 | 0.005749 | 0.0855582 | | 0.96 | 96.32 | 0.92 | 93.03 | 0.78 | 80.10 |
| | 18 | 0.006087 | 0.0880387 | | 0.97 | 96.96 | 0.93 | 94.03 | 0.80 | 81.85 |
| | 19 | 0.006426 | 0.0904512 | | 0.97 | 97.49 | 0.94 | 94.88 | 0.82 | 83.46 |
| | 20 | 0.006764 | 0.0928009 | | 0.98 | 97.93 | 0.95 | 95.61 | 0.83 | 84.91 |
| | 21 | 0.007102 | 0.0950927 | | 0.98 | 98.29 | 0.96 | 96.24 | 0.85 | 86.24 |
| | 22 | 0.007440 | 0.0973305 | | 0.98 | 98.59 | 0.96 | 96.77 | 0.86 | 87.45 |
| | 23 | 0.007778 | 0.0995179 | | 0.99 | 98.83 | 0.97 | 97.23 | 0.87 | 88.56 |
| | 24 | 0.008117 | 0.1016583 | | 0.99 | 99.04 | 0.97 | 97.63 | 0.88 | 89.56 |
| | 25 | 0.008455 | 0.1037546 | | 0.99 | 99.20 | 0.98 | 97.97 | 0.89 | 90.48 |

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

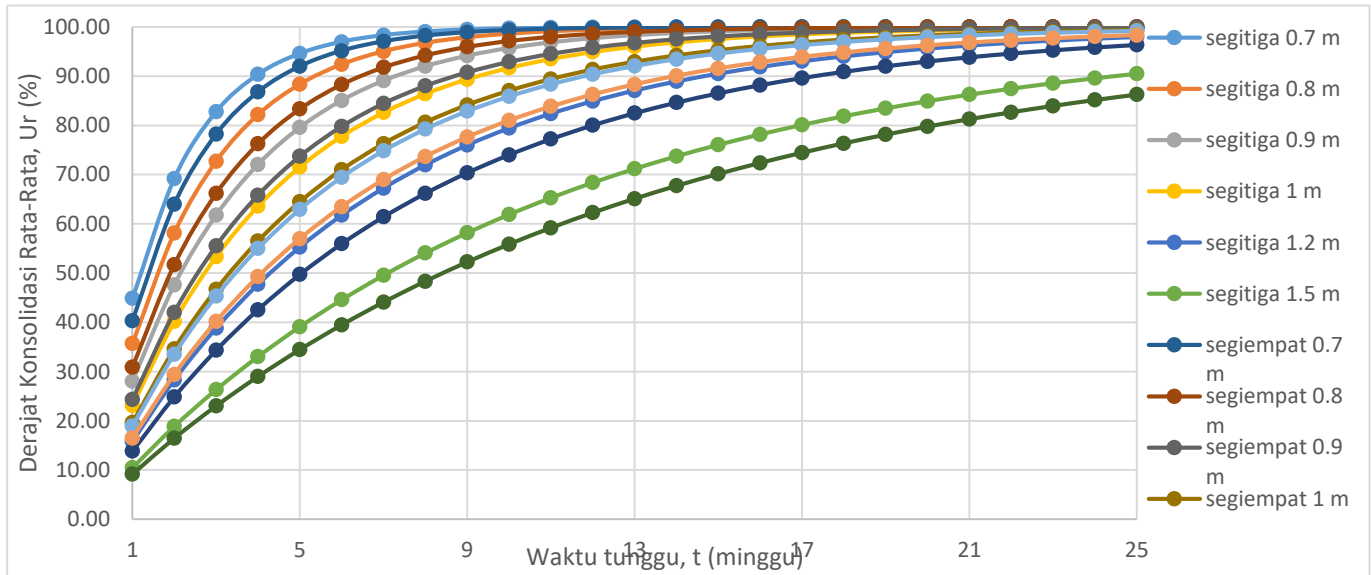
Pola segiempat dengan jarak tertentu

| Pola Pemasangan | t minggu | TV | Uv % | Ch m2/ming | jarak pemasangan | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------|----------|-----------|---------------|------------------|--------|------|-------|------|-------|------|-------|----|-------|
| | | | | | 0,7 | | 0,8 | | 0,9 | | 1 | | m | |
| | | | | | Uh | U tot | Uh | U tot | Uh | U tot | Uh | U tot | Uh | U tot |
| | | | | | % | % | % | % | % | % | % | % | % | % |
| SEGI EMPAT | 1 | 0.000338 | 0.0207509 | 0.1352772 | 0.39 | 40.34 | 0.29 | 30.92 | 0.23 | 24.33 | 0.18 | 19.62 | | |
| | 2 | 0.000676 | 0.0293462 | | 0.63 | 63.97 | 0.50 | 51.70 | 0.40 | 42.04 | 0.33 | 34.60 | | |
| | 3 | 0.001015 | 0.0359417 | | 0.77 | 78.20 | 0.65 | 66.16 | 0.54 | 55.51 | 0.45 | 46.68 | | |
| | 4 | 0.001353 | 0.0415018 | | 0.86 | 86.79 | 0.75 | 76.27 | 0.64 | 65.82 | 0.55 | 56.49 | | |
| | 5 | 0.001691 | 0.0464005 | | 0.92 | 92.00 | 0.83 | 83.34 | 0.72 | 73.72 | 0.63 | 64.47 | | |
| | 6 | 0.002029 | 0.0508292 | | 0.95 | 95.15 | 0.88 | 88.30 | 0.79 | 79.79 | 0.69 | 70.97 | | |
| | 7 | 0.002367 | 0.0549018 | | 0.97 | 97.06 | 0.91 | 91.78 | 0.84 | 84.45 | 0.75 | 76.27 | | |
| | 8 | 0.002706 | 0.0586925 | | 0.98 | 98.21 | 0.94 | 94.23 | 0.87 | 88.03 | 0.79 | 80.60 | | |
| | 9 | 0.003044 | 0.0622528 | | 0.99 | 98.92 | 0.96 | 95.94 | 0.90 | 90.78 | 0.83 | 84.14 | | |
| | 10 | 0.003382 | 0.0656202 | | 0.99 | 99.34 | 0.97 | 97.15 | 0.92 | 92.90 | 0.86 | 87.03 | | |
| | 11 | 0.003720 | 0.0688223 | | 1.00 | 99.60 | 0.98 | 98.00 | 0.94 | 94.54 | 0.89 | 89.39 | | |
| | 12 | 0.004058 | 0.0718833 | | 1.00 | 99.76 | 0.98 | 98.59 | 0.95 | 95.79 | 0.91 | 91.32 | | |
| | 13 | 0.004397 | 0.0748185 | | 1.00 | 99.85 | 0.99 | 99.01 | 0.96 | 96.76 | 0.92 | 92.90 | | |
| | 14 | 0.004735 | 0.0776428 | | 1.00 | 99.91 | 0.99 | 99.30 | 0.97 | 97.50 | 0.94 | 94.19 | | |
| | 15 | 0.005073 | 0.080368 | | 1.00 | 99.95 | 0.99 | 99.51 | 0.98 | 98.08 | 0.95 | 95.24 | | |
| | 16 | 0.005411 | 0.0830037 | | 1.00 | 99.97 | 1.00 | 99.66 | 0.98 | 98.52 | 0.96 | 96.11 | | |
| | 17 | 0.005749 | 0.0855582 | | 1.00 | 99.98 | 1.00 | 99.76 | 0.99 | 98.86 | 0.97 | 96.81 | | |
| | 18 | 0.006087 | 0.0880387 | | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.83 | 0.99 | 99.12 | 0.97 | 97.39 | | |
| | 19 | 0.006426 | 0.0904512 | | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.88 | 0.99 | 99.32 | 0.98 | 97.86 | | |
| | 20 | 0.006764 | 0.0928009 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.92 | 0.99 | 99.48 | 0.98 | 98.25 | | |
| | 21 | 0.007102 | 0.0950927 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.94 | 1.00 | 99.60 | 0.98 | 98.57 | | |
| | 22 | 0.007440 | 0.0973305 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.96 | 1.00 | 99.69 | 0.99 | 98.83 | | |
| | 23 | 0.007778 | 0.0995179 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.97 | 1.00 | 99.76 | 0.99 | 99.04 | | |
| | 24 | 0.008117 | 0.1016583 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.98 | 1.00 | 99.82 | 0.99 | 99.21 | | |
| | 25 | 0.008455 | 0.1037546 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.86 | 0.99 | 99.36 | | |

| Pola Pemasangan | t minggu | TV | Uv % | Ch m2/ming | jarak pemasangan | | | | | | | |
|-------------------|-------------|----------|-----------|---------------|------------------|-------|------|-------|------|-------|----|-------|
| | | | | | 1.1 | | 1.2 | | 1.5 | | m | |
| | | | | | Uh | U tot | Uh | U tot | Uh | U tot | Uh | U tot |
| | | | | | % | % | % | % | % | % | % | % |
| SEGI EMPAT | 1 | 0.000338 | 0.0207509 | 0.1352772 | 0.15 | 16.49 | 0.12 | 13.84 | 0.07 | 9.15 | | |
| | 2 | 0.000676 | 0.0293462 | | 0.27 | 29.40 | 0.23 | 24.86 | 0.14 | 16.45 | | |
| | 3 | 0.001015 | 0.0359417 | | 0.38 | 40.20 | 0.32 | 34.33 | 0.20 | 23.02 | | |
| | 4 | 0.001353 | 0.0415018 | | 0.47 | 49.30 | 0.40 | 42.56 | 0.26 | 28.99 | | |
| | 5 | 0.001691 | 0.0464005 | | 0.55 | 56.98 | 0.47 | 49.72 | 0.31 | 34.46 | | |
| | 6 | 0.002029 | 0.0508292 | | 0.62 | 63.48 | 0.54 | 55.96 | 0.36 | 39.48 | | |
| | 7 | 0.002367 | 0.0549018 | | 0.67 | 68.99 | 0.59 | 61.42 | 0.41 | 44.09 | | |
| | 8 | 0.002706 | 0.0586925 | | 0.72 | 73.66 | 0.64 | 66.19 | 0.45 | 48.34 | | |
| | 9 | 0.003044 | 0.0622528 | | 0.76 | 77.62 | 0.68 | 70.37 | 0.49 | 52.25 | | |
| | 10 | 0.003382 | 0.0656202 | | 0.80 | 80.98 | 0.72 | 74.02 | 0.53 | 55.86 | | |
| | 11 | 0.003720 | 0.0688223 | | 0.83 | 83.84 | 0.76 | 77.22 | 0.56 | 59.19 | | |
| | 12 | 0.004058 | 0.0718833 | | 0.85 | 86.26 | 0.78 | 80.02 | 0.59 | 62.26 | | |
| | 13 | 0.004397 | 0.0748185 | | 0.87 | 88.32 | 0.81 | 82.48 | 0.62 | 65.10 | | |
| | 14 | 0.004735 | 0.0776428 | | 0.89 | 90.07 | 0.83 | 84.63 | 0.65 | 67.72 | | |
| | 15 | 0.005073 | 0.080368 | | 0.91 | 91.56 | 0.85 | 86.52 | 0.68 | 70.14 | | |
| | 16 | 0.005411 | 0.0830037 | | 0.92 | 92.82 | 0.87 | 88.17 | 0.70 | 72.38 | | |
| | 17 | 0.005749 | 0.0855582 | | 0.93 | 93.89 | 0.89 | 89.62 | 0.72 | 74.44 | | |
| | 18 | 0.006087 | 0.0880387 | | 0.94 | 94.81 | 0.90 | 90.89 | 0.74 | 76.36 | | |
| | 19 | 0.006426 | 0.0904512 | | 0.95 | 95.58 | 0.91 | 92.01 | 0.76 | 78.12 | | |
| | 20 | 0.006764 | 0.0928009 | | 0.96 | 96.24 | 0.92 | 92.99 | 0.78 | 79.75 | | |
| | 21 | 0.007102 | 0.0950927 | | 0.96 | 96.80 | 0.93 | 93.84 | 0.79 | 81.27 | | |
| | 22 | 0.007440 | 0.0973305 | | 0.97 | 97.28 | 0.94 | 94.60 | 0.81 | 82.66 | | |
| | 23 | 0.007778 | 0.0995179 | | 0.97 | 97.69 | 0.95 | 95.26 | 0.82 | 83.95 | | |
| | 24 | 0.008117 | 0.1016583 | | 0.98 | 98.03 | 0.95 | 95.84 | 0.83 | 85.15 | | |
| | 25 | 0.008455 | 0.1037546 | | 0.98 | 98.33 | 0.96 | 96.35 | 0.85 | 86.25 | | |

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dan derajat konsolidasi PVD 10 m



Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

a) PVD kedalaman 6 m

Perhitungan CV gabungan

| No | Tebal Lapisan | z m | eo | v kn/m ³ | cc | cs | cv | cv gab | cv gab | aktu konsolidasi |
|----|---------------|--------|--------|------------------------|------|------|----------|---------------------|-----------------------|------------------|
| | | | | | | | | cm ² /dt | m ² /tahun | tahun |
| 1 | 1 | 0.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | 0.00046827 | 1.4767431 | 20.67251889 |
| 2 | 1 | 1.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | | |
| 3 | 1 | 2.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | | |
| 4 | 1 | 3.5 | 1.8222 | 15.92 | 0.5 | 0.07 | 0.000419 | | | |
| 5 | 1 | 4.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | | |
| 6 | 1 | 5.5 | 1.3877 | 17.11 | 0.37 | 0.06 | 0.000599 | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

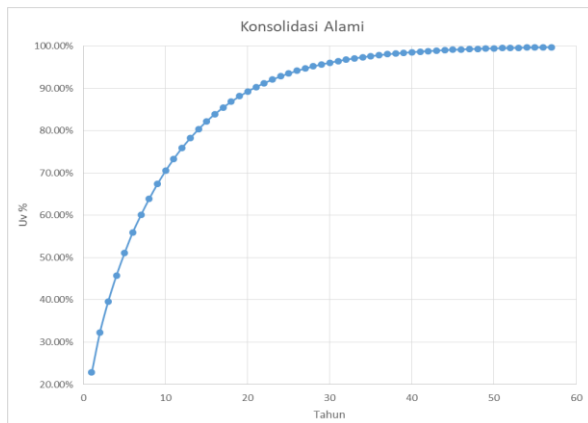
Pemampatan pertahun pada H initial 6.42 m

| Tahun | Tv | Uv Pakai (%) | Sc (m) | Tahun | Tv | Uv Pakai (%) | Sc (m) |
|-------|----------|--------------|----------|-------|----------|--------------|----------|
| 1 | 0.041021 | 22.85% | 0.156402 | 26 | 1.066537 | 94.17% | 0.644456 |
| 2 | 0.082041 | 32.32% | 0.221186 | 27 | 1.107557 | 94.73% | 0.648299 |
| 3 | 0.123062 | 39.58% | 0.270897 | 28 | 1.148578 | 95.24% | 0.651771 |
| 4 | 0.164083 | 45.71% | 0.312805 | 29 | 1.189599 | 95.70% | 0.654909 |
| 5 | 0.205103 | 51.10% | 0.349727 | 30 | 1.230619 | 96.11% | 0.657745 |
| 6 | 0.246124 | 55.98% | 0.383106 | 31 | 1.27164 | 96.48% | 0.660308 |
| 7 | 0.287144 | 60.09% | 0.411203 | 32 | 1.312661 | 96.82% | 0.662624 |
| 8 | 0.328165 | 63.93% | 0.437503 | 33 | 1.353681 | 97.13% | 0.664717 |
| 9 | 0.369186 | 67.40% | 0.461271 | 34 | 1.394702 | 97.41% | 0.666609 |
| 10 | 0.410206 | 70.54% | 0.482751 | 35 | 1.435722 | 97.66% | 0.668318 |
| 11 | 0.451227 | 73.38% | 0.502162 | 36 | 1.476743 | 97.88% | 0.669863 |
| 12 | 0.492248 | 75.94% | 0.519705 | 37 | 1.517764 | 98.09% | 0.671259 |
| 13 | 0.533268 | 78.26% | 0.535558 | 38 | 1.558784 | 98.27% | 0.672521 |
| 14 | 0.574289 | 80.35% | 0.549885 | 39 | 1.599805 | 98.44% | 0.673661 |

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD
 Pemampatan pertahun pada H initial 6.42 m (lanjutan)

| Tahun | Tv | Uv Pakai (%) | Sc (m) | Tahun | Tv | Uv Pakai (%) | Sc (m) |
|-------|----------|--------------|----------|-------|----------|--------------|----------|
| 15 | 0.61531 | 82.24% | 0.562833 | 40 | 1.640826 | 98.59% | 0.674692 |
| 16 | 0.65633 | 83.95% | 0.574534 | 41 | 1.681846 | 98.72% | 0.675623 |
| 17 | 0.697351 | 85.50% | 0.585109 | 42 | 1.722867 | 98.85% | 0.676465 |
| 18 | 0.738372 | 86.89% | 0.594665 | 43 | 1.763888 | 98.96% | 0.677225 |
| 19 | 0.779392 | 88.16% | 0.603301 | 44 | 1.804908 | 99.06% | 0.677913 |
| 20 | 0.820413 | 89.30% | 0.611106 | 45 | 1.845929 | 99.15% | 0.678534 |
| 21 | 0.861433 | 90.33% | 0.618159 | 46 | 1.88695 | 99.23% | 0.679095 |
| 22 | 0.902454 | 91.26% | 0.624534 | 47 | 1.92797 | 99.30% | 0.679602 |
| 23 | 0.943475 | 92.10% | 0.630294 | 48 | 1.968991 | 99.37% | 0.680061 |
| 24 | 0.984495 | 92.86% | 0.6355 | 49 | 2.010011 | 99.43% | 0.680475 |
| 25 | 1.025516 | 93.55% | 0.640205 | 50 | 2.051032 | 99.49% | 0.68085 |

Grafik dari pemampatan per tahun



Karena waktu pemampatan alami terlalu lama maka digunakan PVD

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

Pemasangan PVD kedalaman 6 m

Pola pemasangan segitiga

| jarak PVD | D | a | b | Dw | (n) | F(n) |
|-----------|------|------|------|------|------|--------|
| s (m) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | buah | |
| 0.7 | 735 | 100 | 4 | 66.2 | 12 | 1.7453 |
| 0.8 | 840 | 100 | 4 | 66.2 | 13 | 1.8243 |
| 0.9 | 945 | 100 | 4 | 66.2 | 15 | 1.9657 |
| 1 | 1050 | 100 | 4 | 66.2 | 16 | 2.0295 |
| 1.1 | 1155 | 100 | 4 | 66.2 | 18 | 2.1462 |
| 1.2 | 1260 | 100 | 4 | 66.2 | 20 | 2.2507 |
| 1.5 | 1575 | 100 | 4 | 66.2 | 24 | 2.4318 |

Pola pemasangan segi empat

| jarak PVD | D | a | b | Dw | (n) | F(n) |
|-----------|------|------|------|------|------|--------|
| s (m) | (mm) | (mm) | (mm) | (mm) | buah | |
| 0.7 | 791 | 100 | 4 | 66.2 | 12 | 1.7453 |
| 0.8 | 904 | 100 | 4 | 66.2 | 14 | 1.8975 |
| 0.9 | 1017 | 100 | 4 | 66.2 | 16 | 2.0295 |
| 1 | 1130 | 100 | 4 | 66.2 | 18 | 2.1462 |
| 1.1 | 1243 | 100 | 4 | 66.2 | 19 | 2.1998 |
| 1.2 | 1356 | 100 | 4 | 66.2 | 21 | 2.2992 |
| 1.5 | 1695 | 100 | 4 | 66.2 | 26 | 2.5114 |

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

Derajat konsolidasi akibat pemasangan PVD

Pola segitiga dengan variasi jarak tertentu

| Pola Pemasangan | t minggu | TV | Uv % | Ch m ² /ming | jarak pemasangan | | | | | | | |
|-----------------|-------------|----------|-----------|----------------------------|------------------|------------|---------|------------|---------|------------|------|-------|
| | | | | | 0.7 | | 0.8 | | 0.9 | | | |
| | | | | | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | | |
| SEGITIGA | 1 | 0.000855 | 0.0329865 | 0.1230619 | 0.41 | 42.63 | 0.32 | 34.03 | 0.24 | 26.95 | 0.20 | 22.39 |
| | 2 | 0.001709 | 0.0466499 | | 0.65 | 66.44 | 0.53 | 55.63 | 0.43 | 45.59 | 0.36 | 38.60 |
| | 3 | 0.002564 | 0.0571342 | | 0.79 | 80.31 | 0.68 | 70.06 | 0.57 | 59.35 | 0.48 | 51.27 |
| | 4 | 0.003418 | 0.0659729 | | 0.88 | 88.43 | 0.78 | 79.77 | 0.67 | 69.58 | 0.59 | 61.26 |
| | 5 | 0.004273 | 0.07376 | | 0.93 | 93.19 | 0.85 | 86.31 | 0.75 | 77.21 | 0.67 | 69.17 |
| | 6 | 0.005128 | 0.0808 | | 0.96 | 95.99 | 0.90 | 90.73 | 0.81 | 82.91 | 0.73 | 75.44 |
| | 7 | 0.005982 | 0.087274 | | 0.97 | 97.64 | 0.93 | 93.72 | 0.86 | 87.18 | 0.79 | 80.43 |
| | 8 | 0.006837 | 0.0932998 | | 0.98 | 98.61 | 0.95 | 95.75 | 0.89 | 90.38 | 0.83 | 84.40 |
| | 9 | 0.007691 | 0.0989594 | | 0.99 | 99.18 | 0.97 | 97.12 | 0.92 | 92.78 | 0.86 | 87.56 |
| | 10 | 0.008546 | 0.1043123 | | 0.99 | 99.52 | 0.98 | 98.04 | 0.94 | 94.58 | 0.89 | 90.07 |
| | 11 | 0.009401 | 0.1094037 | | 1.00 | 99.71 | 0.99 | 98.67 | 0.95 | 95.93 | 0.91 | 92.08 |
| | 12 | 0.010255 | 0.1142684 | | 1.00 | 99.83 | 0.99 | 99.10 | 0.97 | 96.94 | 0.93 | 93.68 |
| | 13 | 0.011110 | 0.1189344 | | 1.00 | 99.90 | 0.99 | 99.39 | 0.97 | 97.70 | 0.94 | 94.95 |
| | 14 | 0.011964 | 0.123424 | | 1.00 | 99.94 | 1.00 | 99.59 | 0.98 | 98.27 | 0.95 | 95.97 |
| | 15 | 0.012819 | 0.127756 | | 1.00 | 99.97 | 1.00 | 99.72 | 0.99 | 98.70 | 0.96 | 96.78 |
| | 16 | 0.013674 | 0.1319458 | | 1.00 | 99.98 | 1.00 | 99.81 | 0.99 | 99.02 | 0.97 | 97.43 |
| | 17 | 0.014528 | 0.1360066 | | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.87 | 0.99 | 99.27 | 0.98 | 97.95 |
| | 18 | 0.015383 | 0.1399497 | | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.91 | 0.99 | 99.45 | 0.98 | 98.36 |
| | 19 | 0.016237 | 0.1437846 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.94 | 1.00 | 99.58 | 0.98 | 98.69 |
| | 20 | 0.017092 | 0.1475199 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.96 | 1.00 | 99.69 | 0.99 | 98.95 |
| | 21 | 0.017947 | 0.1511629 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.97 | 1.00 | 99.76 | 0.99 | 99.16 |
| | 22 | 0.018801 | 0.1547202 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.98 | 1.00 | 99.82 | 0.99 | 99.33 |
| | 23 | 0.019656 | 0.1581975 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.87 | 0.99 | 99.47 |
| | 24 | 0.020510 | 0.1616 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.90 | 0.99 | 99.57 |
| | 25 | 0.021365 | 0.1649323 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.92 | 1.00 | 99.66 |

| Pola Pemasangan | t minggu | TV | Uv % | Ch m ² /ming | jarak pemasangan | | | | | |
|-----------------|-------------|----------|-----------|----------------------------|------------------|------------|---------|------------|---------|------------|
| | | | | | 1.1 | | 1.2 | | 1.5 | |
| | | | | | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % |
| SEGITIGA | 1 | 0.000855 | 0.0329865 | 0.1230619 | 0.16 | 18.57 | 0.13 | 15.74 | 0.08 | 10.88 |
| | 2 | 0.001709 | 0.0466499 | | 0.29 | 32.40 | 0.24 | 27.62 | 0.15 | 19.02 |
| | 3 | 0.002564 | 0.0571342 | | 0.40 | 43.71 | 0.34 | 37.63 | 0.22 | 26.19 |
| | 4 | 0.003418 | 0.0659729 | | 0.50 | 53.04 | 0.42 | 46.17 | 0.28 | 32.61 |
| | 5 | 0.004273 | 0.07376 | | 0.58 | 60.79 | 0.50 | 53.49 | 0.34 | 38.41 |
| | 6 | 0.005128 | 0.0808 | | 0.64 | 67.24 | 0.56 | 59.78 | 0.39 | 43.66 |
| | 7 | 0.005982 | 0.087274 | | 0.70 | 72.61 | 0.62 | 65.20 | 0.44 | 48.44 |
| | 8 | 0.006837 | 0.0932998 | | 0.75 | 77.08 | 0.67 | 69.88 | 0.48 | 52.80 |
| | 9 | 0.007691 | 0.0989594 | | 0.79 | 80.82 | 0.71 | 73.92 | 0.52 | 56.77 |
| | 10 | 0.008546 | 0.1043123 | | 0.82 | 83.95 | 0.75 | 77.41 | 0.56 | 60.39 |
| | 11 | 0.009401 | 0.1094037 | | 0.85 | 86.56 | 0.78 | 80.43 | 0.59 | 63.70 |
| | 12 | 0.010255 | 0.1142684 | | 0.87 | 88.75 | 0.81 | 83.04 | 0.62 | 66.73 |
| | 13 | 0.011110 | 0.1189344 | | 0.89 | 90.57 | 0.83 | 85.30 | 0.65 | 69.50 |
| | 14 | 0.011964 | 0.123424 | | 0.91 | 92.10 | 0.85 | 87.26 | 0.68 | 72.03 |
| | 15 | 0.012819 | 0.127756 | | 0.92 | 93.38 | 0.87 | 88.95 | 0.71 | 74.35 |
| | 16 | 0.013674 | 0.1319458 | | 0.94 | 94.46 | 0.89 | 90.42 | 0.73 | 76.47 |
| | 17 | 0.014528 | 0.1360066 | | 0.95 | 95.35 | 0.90 | 91.69 | 0.75 | 78.42 |
| | 18 | 0.015383 | 0.1399497 | | 0.95 | 96.10 | 0.92 | 92.80 | 0.77 | 80.20 |
| | 19 | 0.016237 | 0.1437846 | | 0.96 | 96.73 | 0.93 | 93.75 | 0.79 | 81.83 |
| | 20 | 0.017092 | 0.1475199 | | 0.97 | 97.26 | 0.94 | 94.58 | 0.80 | 83.33 |
| | 21 | 0.017947 | 0.1511629 | | 0.97 | 97.70 | 0.94 | 95.30 | 0.82 | 84.70 |
| | 22 | 0.018801 | 0.1547202 | | 0.98 | 98.08 | 0.95 | 95.92 | 0.83 | 85.96 |
| | 23 | 0.019656 | 0.1581975 | | 0.98 | 98.39 | 0.96 | 96.46 | 0.85 | 87.11 |
| | 24 | 0.020510 | 0.1616 | | 0.98 | 98.65 | 0.96 | 96.93 | 0.86 | 88.17 |
| | 25 | 0.021365 | 0.1649323 | | 0.99 | 98.86 | 0.97 | 97.33 | 0.87 | 89.14 |

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

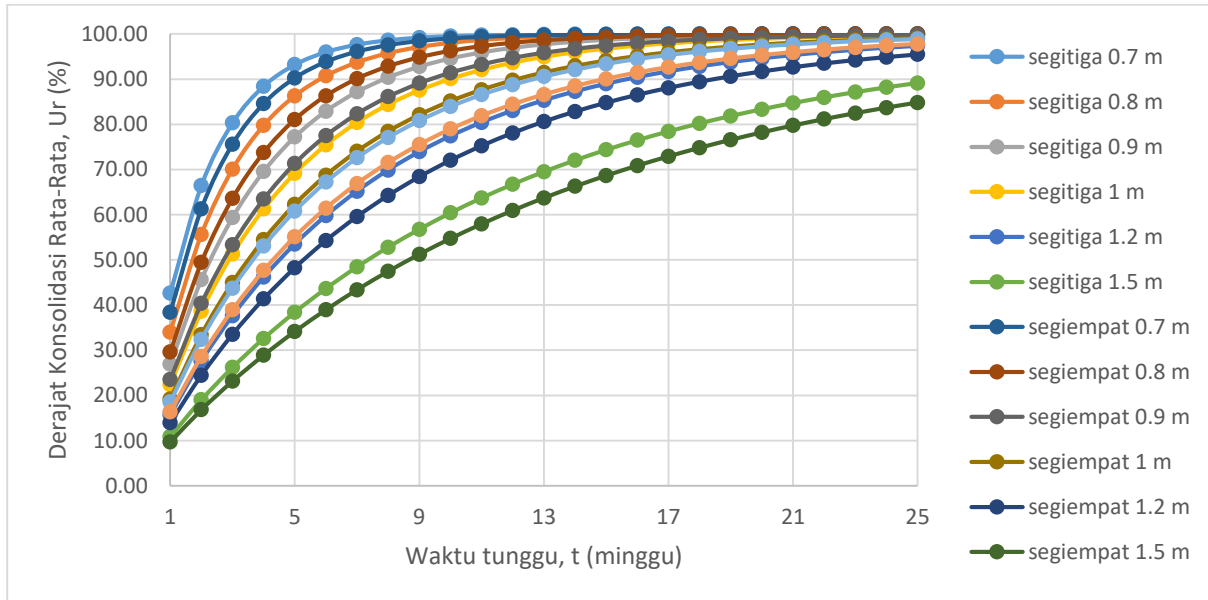
Pola segiempat dengan jarak tertentu

| Pola Pemasangan | t minggu | TV | Uv % | Ch m2/ming | jarak pemasangan | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|----------|-----------|---------------|------------------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|---------|------------|--|--|
| | | | | | 0.7 | | 0.8 | | 0.9 | | 1 | | 1.1 | | | |
| | | | | | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | | |
| SEGI EMPAT | 1 | 0.000855 | 0.0329865 | 0.1230619 | 0.36 | 38.39 | 0.27 | 29.60 | 0.21 | 23.51 | 0.16 | 19.20 | 0.13 | | | |
| | 2 | 0.001709 | 0.0466499 | | 0.59 | 61.30 | 0.47 | 49.47 | 0.37 | 40.36 | 0.30 | 33.44 | 0.25 | | | |
| | 3 | 0.002564 | 0.0571342 | | 0.74 | 75.61 | 0.61 | 63.62 | 0.51 | 53.34 | 0.42 | 44.99 | 0.35 | | | |
| | 4 | 0.003418 | 0.0659729 | | 0.84 | 84.61 | 0.72 | 73.76 | 0.61 | 63.44 | 0.51 | 54.47 | 0.44 | | | |
| | 5 | 0.004273 | 0.07376 | | 0.90 | 90.28 | 0.80 | 81.06 | 0.69 | 71.32 | 0.59 | 62.27 | 0.52 | | | |
| | 6 | 0.005128 | 0.0808 | | 0.93 | 93.85 | 0.85 | 86.32 | 0.76 | 77.49 | 0.66 | 68.71 | 0.58 | | | |
| | 7 | 0.005982 | 0.087274 | | 0.96 | 96.11 | 0.89 | 90.11 | 0.81 | 82.32 | 0.72 | 74.04 | 0.64 | | | |
| | 8 | 0.006837 | 0.0932998 | | 0.97 | 97.54 | 0.92 | 92.85 | 0.85 | 86.11 | 0.76 | 78.45 | 0.69 | | | |
| | 9 | 0.007691 | 0.0989594 | | 0.98 | 98.44 | 0.94 | 94.82 | 0.88 | 89.08 | 0.80 | 82.11 | 0.73 | | | |
| | 10 | 0.008546 | 0.1043123 | | 0.99 | 99.01 | 0.96 | 96.25 | 0.90 | 91.42 | 0.83 | 85.14 | 0.77 | | | |
| | 11 | 0.009401 | 0.1094037 | | 1.00 | 99.37 | 0.97 | 97.29 | 0.92 | 93.25 | 0.86 | 87.65 | 0.80 | | | |
| | 12 | 0.010255 | 0.1142684 | | 1.00 | 99.60 | 0.98 | 98.04 | 0.94 | 94.69 | 0.88 | 89.74 | 0.82 | | | |
| | 13 | 0.011110 | 0.1189344 | | 1.00 | 99.75 | 0.98 | 98.58 | 0.95 | 95.82 | 0.90 | 91.47 | 0.85 | | | |
| | 14 | 0.011964 | 0.123424 | | 1.00 | 99.84 | 0.99 | 98.97 | 0.96 | 96.71 | 0.92 | 92.91 | 0.87 | | | |
| | 15 | 0.012819 | 0.127756 | | 1.00 | 99.90 | 0.99 | 99.25 | 0.97 | 97.41 | 0.93 | 94.10 | 0.89 | | | |
| | 16 | 0.013674 | 0.1319458 | | 1.00 | 99.94 | 0.99 | 99.46 | 0.98 | 97.96 | 0.94 | 95.10 | 0.90 | | | |
| | 17 | 0.014528 | 0.1360066 | | 1.00 | 99.96 | 1.00 | 99.61 | 0.98 | 98.40 | 0.95 | 95.92 | 0.91 | | | |
| | 18 | 0.015383 | 0.1399497 | | 1.00 | 99.97 | 1.00 | 99.72 | 0.99 | 98.74 | 0.96 | 96.61 | 0.93 | | | |
| | 19 | 0.016237 | 0.1437846 | | 1.00 | 99.98 | 1.00 | 99.79 | 0.99 | 99.01 | 0.97 | 97.18 | 0.94 | | | |
| | 20 | 0.017092 | 0.1475199 | | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.85 | 0.99 | 99.22 | 0.97 | 97.65 | 0.94 | | | |
| | 21 | 0.017947 | 0.1511629 | | 1.00 | 99.99 | 1.00 | 99.89 | 0.99 | 99.38 | 0.98 | 98.05 | 0.95 | | | |
| | 22 | 0.018801 | 0.1547202 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.92 | 0.99 | 99.51 | 0.98 | 98.38 | 0.96 | | | |
| | 23 | 0.019656 | 0.1581975 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.94 | 1.00 | 99.62 | 0.98 | 98.65 | 0.96 | | | |
| | 24 | 0.020510 | 0.1616 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.96 | 1.00 | 99.70 | 0.99 | 98.87 | 0.97 | | | |
| | 25 | 0.021365 | 0.1649323 | | 1.00 | 100.00 | 1.00 | 99.97 | 1.00 | 99.76 | 0.99 | 99.06 | 0.97 | | | |

| Pola Pemasangan | t minggu | TV | Uv % | Ch m2/ming | jarak pemasangan | | | | | |
|-----------------|-------------|----------|-----------|---------------|------------------|------------|---------|------------|---------|------------|
| | | | | | 1.1 | | 1.2 | | 1.5 | |
| | | | | | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % | Uh % | U tot % |
| SEGI EMPAT | 1 | 0.000855 | 0.0329865 | 0.1230619 | 0.13 | 16.34 | 0.11 | 13.93 | 0.07 | 9.68 |
| | 2 | 0.001709 | 0.0466499 | | 0.25 | 28.64 | 0.21 | 24.47 | 0.13 | 16.82 |
| | 3 | 0.002564 | 0.0571342 | | 0.35 | 38.94 | 0.29 | 33.51 | 0.19 | 23.16 |
| | 4 | 0.003418 | 0.0659729 | | 0.44 | 47.67 | 0.37 | 41.37 | 0.24 | 28.90 |
| | 5 | 0.004273 | 0.07376 | | 0.52 | 55.10 | 0.44 | 48.25 | 0.29 | 34.15 |
| | 6 | 0.005128 | 0.0808 | | 0.58 | 61.45 | 0.50 | 54.29 | 0.34 | 38.96 |
| | 7 | 0.005982 | 0.087274 | | 0.64 | 66.88 | 0.56 | 59.60 | 0.38 | 43.38 |
| | 8 | 0.006837 | 0.0932998 | | 0.69 | 71.54 | 0.61 | 64.28 | 0.42 | 47.47 |
| | 9 | 0.007691 | 0.0989594 | | 0.73 | 75.53 | 0.65 | 68.40 | 0.46 | 51.24 |
| | 10 | 0.008546 | 0.1043123 | | 0.77 | 78.95 | 0.69 | 72.04 | 0.49 | 54.72 |
| | 11 | 0.009401 | 0.1094037 | | 0.80 | 81.89 | 0.72 | 75.26 | 0.53 | 57.95 |
| | 12 | 0.010255 | 0.1142684 | | 0.82 | 84.42 | 0.75 | 78.10 | 0.56 | 60.94 |
| | 13 | 0.011110 | 0.1189344 | | 0.85 | 86.59 | 0.78 | 80.61 | 0.59 | 63.71 |
| | 14 | 0.011964 | 0.123424 | | 0.87 | 88.46 | 0.80 | 82.83 | 0.62 | 66.27 |
| | 15 | 0.012819 | 0.127756 | | 0.89 | 90.06 | 0.83 | 84.79 | 0.64 | 68.65 |
| | 16 | 0.013674 | 0.1319458 | | 0.90 | 91.45 | 0.84 | 86.53 | 0.66 | 70.86 |
| | 17 | 0.014528 | 0.1360066 | | 0.91 | 92.63 | 0.86 | 88.06 | 0.69 | 72.91 |
| | 18 | 0.015383 | 0.1399497 | | 0.93 | 93.66 | 0.88 | 89.42 | 0.71 | 74.81 |
| | 19 | 0.016237 | 0.1437846 | | 0.94 | 94.54 | 0.89 | 90.63 | 0.73 | 76.58 |
| | 20 | 0.017092 | 0.1475199 | | 0.94 | 95.29 | 0.90 | 91.70 | 0.74 | 78.22 |
| | 21 | 0.017947 | 0.1511629 | | 0.95 | 95.95 | 0.91 | 92.64 | 0.76 | 79.74 |
| | 22 | 0.018801 | 0.1547202 | | 0.96 | 96.51 | 0.92 | 93.48 | 0.78 | 81.16 |
| | 23 | 0.019656 | 0.1581975 | | 0.96 | 96.99 | 0.93 | 94.22 | 0.79 | 82.47 |
| | 24 | 0.020510 | 0.1616 | | 0.97 | 97.41 | 0.94 | 94.87 | 0.81 | 83.69 |
| | 25 | 0.021365 | 0.1649323 | | 0.97 | 97.76 | 0.95 | 95.46 | 0.82 | 84.83 |

Lampiran 4 Waktu Pemampatan dan Perencanaan PVD

Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dan derajat konsolidasi PVD 6 m



Lampiran 5 Timbunan Bertahap

a) H initial 6,42 m

- soil preloading (13 tahap)

Perubahan tegangan tiap lapisan U=100%

| Derajat Konsolidasi U < 100 % | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|--------------------|
| Perubahan Teg. | Po` | ΔP1` | ΔP2` | ΔP3` | ΔP4` | ΔP5` | ΔP6` | ΔP7` | ΔP8` | ΔP9` | ΔP10` | ΔP11` | ΔP12` | ΔP13` | Σσ' | Σσ' |
| satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | - | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| U perminggu (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | kn/m2 | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.958333 | 9.25 | 9.25 | 9.25 | 9.25 | 9.24 | 9.24 | 9.23 | 9.22 | 9.20 | 9.16 | 9.12 | 9.05 | 7.58 | 120.9991 | 1.20999 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 9.249278 | 9.248084 | 9.245798 | 9.241823 | 9.23533 | 9.225184442 | 9.2098 | 9.187201 | 9.15447 | 9.107955 | 9.04281 | 8.95263 | 7.4773 | 126.4527 | 1.26453 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.79167 | 9.246678 | 9.243592 | 9.238607 | 9.230907 | 9.219398 | 9.202623644 | 9.1787 | 9.144988 | 9.09834 | 9.034553 | 8.94837 | 8.83305 | 7.35437 | 131.7658 | 1.31766 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.70833 | 9.240979 | 9.235004 | 9.226165 | 9.213417 | 9.195397 | 9.170338246 | 9.136 | 9.089419 | 9.02705 | 8.944382 | 8.83597 | 8.69505 | 7.21621 | 136.9337 | 1.36934 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.22222 | 9.231084 | 9.221186 | 9.207323 | 9.188225 | 9.162274 | 9.127425996 | 9.0811 | 9.020204 | 8.94081 | 8.838314 | 8.70731 | 8.54124 | 7.06572 | 142.5545 | 1.42554 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.33333 | 9.216037 | 9.20118 | 9.181157 | 9.154488 | 9.119328 | 9.073402575 | 9.0139 | 8.937584 | 8.84039 | 8.71776 | 8.56451 | 8.37447 | 6.90587 | 148.6334 | 1.48633 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.44444 | 9.195039 | 9.174229 | 9.146992 | 9.111166 | 9.066204 | 9.00817575 | 8.9347 | 8.842244 | 8.72699 | 8.584488 | 8.40992 | 8.19767 | 6.73946 | 154.5822 | 1.54582 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.55556 | 9.167466 | 9.139789 | 9.1044 | 9.059482 | 9.002867 | 8.931999884 | 8.8439 | 8.735209 | 8.6021 | 8.440466 | 8.24596 | 8.01362 | 6.56901 | 160.4118 | 1.60412 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.66667 | 9.132876 | 9.097524 | 9.053195 | 8.997959 | 8.929566 | 8.845417894 | 8.7426 | 8.61774 | 8.46737 | 8.287716 | 8.07498 | 7.82484 | 6.39671 | 166.1351 | 1.66135 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.77778 | 9.09101 | 9.047304 | 8.99341 | 8.927331 | 8.846786 | 8.749197458 | 8.6317 | 8.491236 | 8.32451 | 8.128217 | 7.89913 | 7.63357 | 6.2244 | 171.7656 | 1.71766 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

tegangan tiap lapisan $U=100\%$

| Elevasi dari tanah dasar | Po` | σ_1' | σ_2' | σ_3' | σ_4' | σ_5' | σ_6' | σ_7' | σ_8' | σ_9' | σ_{10}' | σ_{11}' | σ_{12}' | σ_{13}' |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| | | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.42 |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.96 | 12.21 | 21.46 | 30.71 | 39.95 | 49.20 | 58.44 | 67.67 | 76.89 | 86.08 | 95.25 | 104.36 | 113.42 | 121.00 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.88 | 18.12 | 27.37 | 36.62 | 45.86 | 55.10 | 64.32 | 73.53 | 82.72 | 91.87 | 100.98 | 110.02 | 118.98 | 126.45 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.79 | 24.04 | 33.28 | 42.52 | 51.75 | 60.97 | 70.17 | 79.35 | 88.50 | 97.60 | 106.63 | 115.58 | 124.41 | 131.77 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.71 | 29.95 | 39.18 | 48.41 | 57.62 | 66.82 | 75.99 | 85.13 | 94.22 | 103.24 | 112.19 | 121.02 | 129.72 | 136.93 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.22 | 36.45 | 45.67 | 54.88 | 64.07 | 73.23 | 82.36 | 91.44 | 100.46 | 109.40 | 118.24 | 126.95 | 135.49 | 142.55 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.33 | 43.55 | 52.75 | 61.93 | 71.09 | 80.21 | 89.28 | 98.29 | 107.23 | 116.07 | 124.79 | 133.35 | 141.73 | 148.63 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.44 | 50.64 | 59.81 | 68.96 | 78.07 | 87.14 | 96.15 | 105.08 | 113.92 | 122.65 | 131.24 | 139.65 | 147.84 | 154.58 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.56 | 57.72 | 66.86 | 75.97 | 85.03 | 94.03 | 102.96 | 111.81 | 120.54 | 129.14 | 137.58 | 145.83 | 153.84 | 160.41 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.67 | 64.80 | 73.90 | 82.95 | 91.95 | 100.88 | 109.72 | 118.47 | 127.08 | 135.55 | 143.84 | 151.91 | 159.74 | 166.14 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.78 | 71.87 | 80.92 | 89.91 | 98.84 | 107.68 | 116.43 | 125.06 | 133.56 | 141.88 | 150.01 | 157.91 | 165.54 | 171.77 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Perubahan tegangan tiap lapisan $U < 100\%$

| Perubahan Teg. | Po' | ΔP1' | ΔP2' | ΔP3' | ΔP4' | ΔP5' | ΔP6' | ΔP7' | ΔP8' | ΔP9' | ΔP10' | ΔP11' | ΔP12' | ΔP13' | Σσ' | Σσ' |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|--------------------|
| Tinggi Penimbunan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | - | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| U perminggu (%) | 1 | 0.870799 | 0.849198 | 0.823964 | 0.794477 | 0.760012 | 0.719714411 | 0.6726 | 0.617399 | 0.55277 | 0.476971 | 0.38793 | 0.28298 | 0.15836 | kn/m2 | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.96 | 7.206926 | 7.500209 | 7.371602 | 7.143278 | 6.847476 | 6.48736755 | 6.0581 | 5.550876 | 4.95455 | 4.255634 | 3.43861 | 2.48556 | 1.16828 | 73.42677 | 0.73427 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 7.652098 | 7.598092 | 7.417146 | 7.168985 | 6.862064 | 6.49387323 | 6.0576 | 5.543862 | 4.94132 | 4.236938 | 3.41617 | 2.46277 | 1.15394 | 79.87985 | 0.79880 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.79167 | 7.784894 | 7.65001 | 7.443923 | 7.182909 | 6.867116 | 6.491479968 | 6.0483 | 5.527818 | 4.91903 | 4.209531 | 3.38596 | 2.43393 | 1.13667 | 85.8732 | 0.85873 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.70833 | 7.846756 | 7.678578 | 7.457396 | 7.186616 | 6.862908 | 6.479985055 | 6.0297 | 5.502474 | 4.88761 | 4.173585 | 3.34841 | 2.39963 | 1.11688 | 91.67885 | 0.91679 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.22222 | 7.881452 | 7.694048 | 7.461492 | 7.181992 | 6.850497 | 6.460099495 | 6.0025 | 5.468485 | 4.84783 | 4.130031 | 3.30454 | 2.36084 | 1.09512 | 97.96119 | 0.97961 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.33333 | 7.898494 | 7.698224 | 7.456281 | 7.16863 | 6.829396 | 6.431426455 | 5.9666 | 5.425886 | 4.79999 | 4.079419 | 3.25507 | 2.31829 | 1.07183 | 104.7328 | 1.04733 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.44444 | 7.900862 | 7.691065 | 7.440962 | 7.145585 | 6.798744 | 6.393301178 | 5.9214 | 5.374559 | 4.74427 | 4.022156 | 3.20056 | 2.27253 | 1.04734 | 111.3977 | 1.11398 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.55556 | 7.891953 | 7.674021 | 7.416258 | 7.113316 | 6.758951 | 6.346203011 | 5.8676 | 5.315276 | 4.68158 | 3.959239 | 3.14197 | 2.22437 | 1.02205 | 117.9683 | 1.17968 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.66667 | 7.873407 | 7.647918 | 7.38269 | 7.072267 | 6.710508 | 6.290733932 | 5.8059 | 5.24892 | 4.6129 | 3.891682 | 3.08024 | 2.17454 | 0.99632 | 124.4547 | 1.24455 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.77778 | 7.846139 | 7.613329 | 7.34073 | 7.022932 | 6.653997 | 6.227600498 | 5.7372 | 5.176436 | 4.53923 | 3.820469 | 3.01624 | 2.12371 | 0.97044 | 130.8663 | 1.30866 |

Peningkatan Cu

| Kedalaman (m) | PI (%) | Cu lama kg/cm ² | Cu baru kg/cm ² | cu pakai kg/cm ² | cu transisi kg/cm ² |
|------------------|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| -0.00 s/d -1.00 | 56.58 | 0.06 | 0.15 | 0.15 | 0.10 |
| -1.00 s/d -2.00 | 56.58 | 0.06 | | | |
| -2.00 s/d -3.00 | 56.58 | 0.12 | 0.16 | 0.16 | 0.14 |
| -3.00 s/d -4.00 | 56.58 | 0.12 | | | |
| -4.00 s/d -5.00 | 79.10 | 0.21 | 0.14 | 0.21 | 0.17 |
| -5.00 s/d -6.00 | 79.10 | 0.21 | | | |
| -6.00 s/d -7.00 | 79.10 | 0.39 | 0.15 | 0.39 | 0.27 |
| -7.00 s/d -8.00 | 79.10 | 0.39 | | | |
| -8.00 s/d -9.00 | 79.10 | 0.39 | | | |
| -9.00 s/d -10.00 | 79.10 | 0.39 | | | |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Pemampatan tiap lapisan tanah akibat beban bertahap

| LAPISAN | SC (M) | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | TAHAP 1 | TAHAP 2 | TAHAP 3 | TAHAP 4 | TAHAP 5 | TAHAP 6 | TAHAP 7 | TAHAP 8 | TAHAP 9 | TAHAP 10 | TAHAP 11 | TAHAP 12 | TAHAP 13 |
| 1 | 0.0161 | 0.0064 | 0.0232 | 0.0203 | 0.0160 | 0.0132 | 0.0113 | 0.0098 | 0.0087 | 0.0078 | 0.0070 | 0.0064 | 0.0050 |
| 2 | 0.0081 | 0.0047 | 0.0189 | 0.0173 | 0.0141 | 0.0119 | 0.0103 | 0.0091 | 0.0081 | 0.0073 | 0.0066 | 0.0060 | 0.0047 |
| 3 | 0.0055 | 0.0037 | 0.0159 | 0.0151 | 0.0126 | 0.0108 | 0.0095 | 0.0084 | 0.0075 | 0.0068 | 0.0062 | 0.0057 | 0.0044 |
| 4 | 0.0042 | 0.0031 | 0.0138 | 0.0134 | 0.0114 | 0.0099 | 0.0087 | 0.0078 | 0.0070 | 0.0064 | 0.0058 | 0.0053 | 0.0042 |
| 5 | 0.0032 | 0.0025 | 0.0104 | 0.0103 | 0.0089 | 0.0078 | 0.0070 | 0.0063 | 0.0057 | 0.0052 | 0.0047 | 0.0043 | 0.0034 |
| 6 | 0.0026 | 0.0021 | 0.0090 | 0.0092 | 0.0080 | 0.0071 | 0.0064 | 0.0058 | 0.0053 | 0.0048 | 0.0044 | 0.0041 | 0.0032 |
| 7 | 0.0022 | 0.0018 | 0.0080 | 0.0083 | 0.0073 | 0.0065 | 0.0059 | 0.0054 | 0.0049 | 0.0045 | 0.0041 | 0.0038 | 0.0030 |
| 8 | 0.0019 | 0.0016 | 0.0071 | 0.0075 | 0.0067 | 0.0060 | 0.0055 | 0.0050 | 0.0046 | 0.0042 | 0.0039 | 0.0036 | 0.0028 |
| 9 | 0.0017 | 0.0014 | 0.0064 | 0.0069 | 0.0062 | 0.0056 | 0.0051 | 0.0047 | 0.0043 | 0.0039 | 0.0036 | 0.0033 | 0.0026 |
| 10 | 0.0015 | 0.0013 | 0.0057 | 0.0063 | 0.0057 | 0.0052 | 0.0048 | 0.0044 | 0.0040 | 0.0037 | 0.0034 | 0.0031 | 0.0025 |
| TOTAL | 0.0470 | 0.0286 | 0.1184 | 0.1145 | 0.0970 | 0.0842 | 0.0744 | 0.0666 | 0.0601 | 0.0546 | 0.0499 | 0.0457 | 0.0356 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

- Vacuum Preloading(5 tahap)

Perubahan tegangan tiap lapisan $U=100\%$

| Perubahan Teg. | P_o' | $\Delta P1'$ | $\Delta P2'$ | $\Delta P3'$ | $\Delta P4'$ | POMPA |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Tinggi Penimbunan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| Umur Timbunan | | 13 | 12 | 11 | 10 | |
| U perminggu (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kedalaman (m) | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.95833 | 9.25 | 9.25 | 9.25 | 9.67 | 81.58 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 9.24928 | 9.2480837 | 9.2458 | 9.6596 | 81.58 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.7917 | 9.24668 | 9.2435921 | 9.23861 | 9.64802 | 81.58 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.7083 | 9.24098 | 9.235005 | 9.22617 | 9.62952 | 81.58 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.2222 | 9.23109 | 9.2211876 | 9.20732 | 9.60293 | 81.58 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.3333 | 9.21604 | 9.2011829 | 9.18116 | 9.56737 | 81.58 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.4444 | 9.19504 | 9.1742343 | 9.14699 | 9.52228 | 81.58 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.5556 | 9.16747 | 9.1397962 | 9.1044 | 9.46739 | 81.58 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.6667 | 9.13288 | 9.0975343 | 9.05319 | 9.40272 | 81.58 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.7778 | 9.09102 | 9.0473167 | 8.99341 | 9.32854 | 81.58 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

tegangan tiap lapisan $U=100\%$

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H | Z | Po` | σ_1' | σ_2' | σ_3' | σ_4' | pompa |
|--------------------------|--------------|-----|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | (m) | (m) | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| | | | | | 0.50 | 1.00 | 1.50 | 2.02 | 2.02 |
| -0.00 s/d -1.00 | a | 1 | 0.5 | 2.96 | 12.21 | 21.46 | 30.71 | 40.37 | 121.95 |
| -1.00 s/d -2.00 | b | 1 | 1.5 | 8.88 | 18.12 | 27.37 | 36.62 | 46.28 | 127.85 |
| -2.00 s/d -3.00 | c | 1 | 2.5 | 14.79 | 24.04 | 33.28 | 42.52 | 52.17 | 133.74 |
| -3.00 s/d -4.00 | d | 1 | 3.5 | 20.71 | 29.95 | 39.18 | 48.41 | 58.04 | 139.62 |
| -4.00 s/d -5.00 | e | 1 | 4.5 | 27.22 | 36.45 | 45.67 | 54.88 | 64.48 | 146.06 |
| -5.00 s/d -6.00 | f | 1 | 5.5 | 34.33 | 43.55 | 52.75 | 61.93 | 71.50 | 153.08 |
| -6.00 s/d -7.00 | g | 1 | 6.5 | 41.44 | 50.64 | 59.81 | 68.96 | 78.48 | 160.06 |
| -7.00 s/d -8.00 | h | 1 | 7.5 | 48.56 | 57.72 | 66.86 | 75.97 | 85.43 | 167.01 |
| -8.00 s/d -9.00 | i | 1 | 8.5 | 55.67 | 64.80 | 73.90 | 82.95 | 92.35 | 173.93 |
| -9.00 s/d -10.00 | j | 1 | 9.5 | 62.78 | 71.87 | 80.92 | 89.91 | 99.24 | 180.81 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Perubahan tegangan tiap lapisan $U < 100\%$

| Derajat Konsolidasi $U < 100\%$ | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Perubahan Teg. | Po' | $\Delta P1'$ | $\Delta P2'$ | $\Delta P3'$ | $\Delta P4'$ | POMPA | $\Sigma \sigma'$ | $\Sigma \sigma'$ |
| Tinggi Penimbunan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | - | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | | |
| U perminggu (%) | 1 | 0.8708 | 0.8491982 | 0.82396 | 0.79448 | 0.76001 | kn/m ² | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.96 | 7.20693 | 7.5002091 | 7.3716 | 7.45766 | 53.1596 | 85.65 | 0.85654 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 7.6521 | 7.5980919 | 7.41715 | 7.79111 | 53.906 | 93.24 | 0.93239 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.7917 | 7.78489 | 7.6500102 | 7.44392 | 7.80344 | 54.5287 | 100.00 | 1.00003 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.7083 | 7.84676 | 7.6785792 | 7.4574 | 7.80525 | 55.0567 | 106.55 | 1.06553 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.2222 | 7.88145 | 7.6940496 | 7.46149 | 7.79824 | 55.5535 | 113.61 | 1.13611 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.3333 | 7.8985 | 7.6982265 | 7.45628 | 7.78197 | 56.0166 | 121.18 | 1.21185 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.4444 | 7.90087 | 7.6910691 | 7.44096 | 7.75545 | 56.4142 | 128.65 | 1.28647 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.5556 | 7.89196 | 7.6740273 | 7.41626 | 7.71913 | 56.7594 | 136.02 | 1.36016 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.6667 | 7.87341 | 7.6479262 | 7.38269 | 7.67344 | 57.0621 | 143.31 | 1.43306 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.7778 | 7.84615 | 7.6133396 | 7.34073 | 7.61888 | 57.3298 | 150.53 | 1.50527 |

Peningkatan Cu

| Kedalaman (m) | PI (%) | Cu lama kg/cm ² | Cu baru kg/cm ² | cu pakai kg/cm ² | cu transisi kg/cm ² | cu transisi kg/cm ² |
|------------------|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| -0.00 s/d -1.00 | 56.58 | 0.06 | 0.16 | 0.16 | 0.11 | 0.11 |
| -1.00 s/d -2.00 | 56.575 | 0.06 | | | 0.11 | |
| -2.00 s/d -3.00 | 56.575 | 0.12 | 0.18 | 0.18 | 0.15 | 0.15 |
| -3.00 s/d -4.00 | 56.575 | 0.12 | | | 0.15 | |
| -4.00 s/d -5.00 | 79.1 | 0.21 | 0.15 | 0.21 | 0.18 | 0.18 |
| -5.00 s/d -6.00 | 79.1 | 0.21 | | | 0.18 | |
| -6.00 s/d -7.00 | 79.1 | 0.39 | | | 0.27 | |
| -7.00 s/d -8.00 | 79.1 | 0.39 | | | 0.27 | |
| -8.00 s/d -9.00 | 79.1 | 0.39 | 0.16 | 0.39 | 0.28 | 0.27 |
| -9.00 s/d -10.00 | 79.1 | 0.39 | | | 0.28 | |

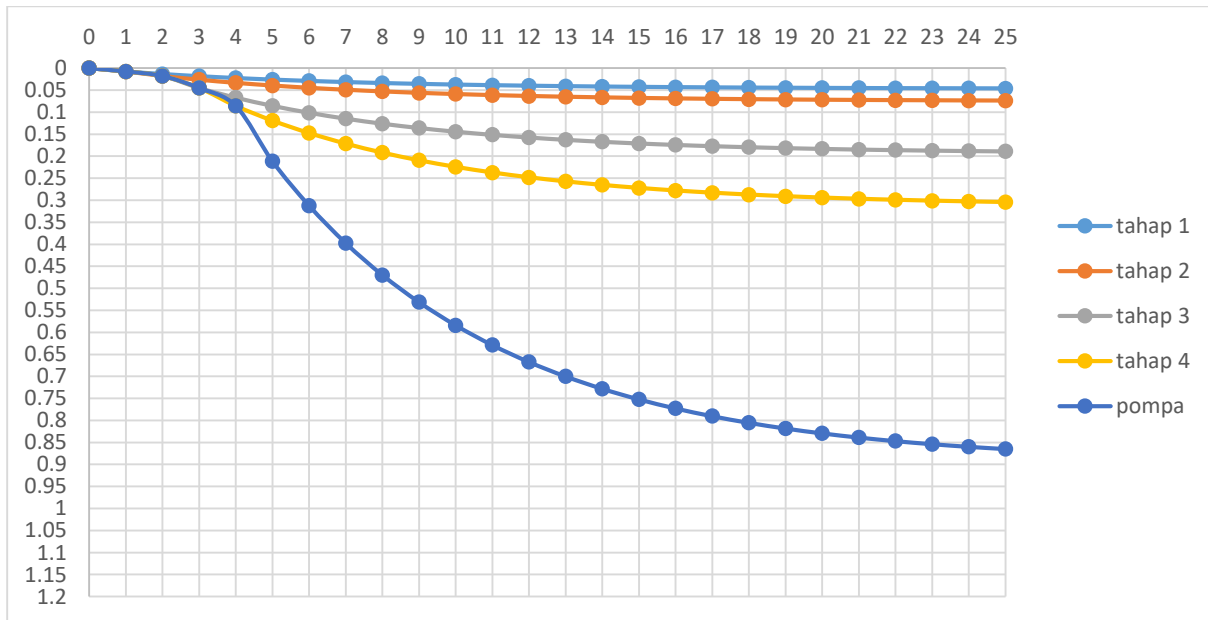
Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Pemampatan tiap lapisan tanah akibat beban bertahap

| LAPISAN | SC (M) | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | TAHAP 1 | TAHAP2 | TAHAP 3 | TAHAP 4 | POMPA |
| 1 | 0.01613 | 0.00642 | 0.02316 | 0.02107 | 0.08510 |
| 2 | 0.00813 | 0.00469 | 0.01890 | 0.01802 | 0.07823 |
| 3 | 0.00553 | 0.00370 | 0.01595 | 0.01574 | 0.07247 |
| 4 | 0.00420 | 0.00306 | 0.01377 | 0.01397 | 0.06757 |
| 5 | 0.00318 | 0.00246 | 0.01036 | 0.01073 | 0.05439 |
| 6 | 0.00259 | 0.00209 | 0.00903 | 0.00956 | 0.05064 |
| 7 | 0.00218 | 0.00182 | 0.00797 | 0.00860 | 0.04741 |
| 8 | 0.00189 | 0.00160 | 0.00710 | 0.00781 | 0.04459 |
| 9 | 0.00166 | 0.00143 | 0.00637 | 0.00714 | 0.04211 |
| 10 | 0.00147 | 0.00129 | 0.00575 | 0.00657 | 0.03991 |
| TOTAL | 0.0469591 | 0.0285624 | 0.1183573 | 0.1192086 | 0.5824322 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Grafik pemampatan terhadap waktu



Lampiran 5 Timbunan Bertahap

b) H initial 7,5 m

- soil preloading (15 tahap)

Perubahan tegangan tiap lapisan U=100%

| Perubahan Teg. | Po' | ΔP1' | ΔP2' | ΔP3' | ΔP4' | ΔP5' | ΔP6' | ΔP7' | ΔP8' | ΔP9' | ΔP10' | ΔP11' | ΔP12' | ΔP13' | ΔP14' | ΔP15' |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| Umur Timbunan | - | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| U perminggu (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.958 | 9.250 | 9.250 | 9.249 | 9.248 | 9.246 | 9.242 | 9.236 | 9.226 | 9.211 | 9.189 | 9.157 | 9.111 | 9.048 | 8.961 | 8.841 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 9.249 | 9.248 | 9.247 | 9.244 | 9.239 | 9.231 | 9.220 | 9.204 | 9.180 | 9.147 | 9.102 | 9.040 | 8.956 | 8.844 | 8.696 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.792 | 9.247 | 9.245 | 9.241 | 9.235 | 9.227 | 9.214 | 9.196 | 9.172 | 9.138 | 9.093 | 9.032 | 8.951 | 8.846 | 8.709 | 8.533 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.708 | 9.243 | 9.238 | 9.231 | 9.222 | 9.208 | 9.189 | 9.164 | 9.130 | 9.085 | 9.025 | 8.947 | 8.847 | 8.719 | 8.558 | 8.356 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.222 | 9.235 | 9.227 | 9.217 | 9.202 | 9.182 | 9.156 | 9.122 | 9.077 | 9.019 | 8.944 | 8.849 | 8.729 | 8.579 | 8.394 | 8.167 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.333 | 9.223 | 9.211 | 9.196 | 9.176 | 9.149 | 9.114 | 9.070 | 9.013 | 8.941 | 8.850 | 8.738 | 8.598 | 8.427 | 8.220 | 7.972 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.444 | 9.206 | 9.190 | 9.169 | 9.142 | 9.107 | 9.063 | 9.007 | 8.938 | 8.852 | 8.745 | 8.615 | 8.456 | 8.266 | 8.039 | 7.771 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.556 | 9.184 | 9.162 | 9.135 | 9.100 | 9.057 | 9.002 | 8.935 | 8.852 | 8.752 | 8.629 | 8.482 | 8.306 | 8.097 | 7.852 | 7.568 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.667 | 9.156 | 9.128 | 9.094 | 9.051 | 8.998 | 8.933 | 8.854 | 8.758 | 8.643 | 8.505 | 8.341 | 8.148 | 7.923 | 7.663 | 7.365 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.778 | 9.122 | 9.087 | 9.045 | 8.993 | 8.931 | 8.855 | 8.763 | 8.655 | 8.525 | 8.373 | 8.194 | 7.986 | 7.747 | 7.473 | 7.164 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

tegangan tiap lapisan U=100%

| Elevasi dari tanah dasar | Po' | σ_1' | σ_2' | σ_3' | σ_4' | σ_5' | σ_6' | σ_7' | σ_8' | σ_9' | σ_{10}' | σ_{11}' | σ_{12}' | σ_{13}' | σ_{14} | σ_{15}' |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| | | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.50 | 7.00 | 7.50 |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.96 | 12.21 | 21.46 | 30.71 | 39.96 | 49.20 | 58.44 | 67.68 | 76.90 | 86.12 | 95.30 | 104.46 | 113.57 | 122.62 | 131.58 | 140.42 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.88 | 18.12 | 27.37 | 36.62 | 45.86 | 55.10 | 64.33 | 73.55 | 82.76 | 91.94 | 101.08 | 110.19 | 119.23 | 128.18 | 137.03 | 145.72 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.79 | 24.04 | 33.28 | 42.53 | 51.76 | 60.99 | 70.20 | 79.40 | 88.57 | 97.71 | 106.80 | 115.83 | 124.78 | 133.63 | 142.34 | 150.87 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.71 | 29.95 | 39.19 | 48.42 | 57.64 | 66.85 | 76.04 | 85.20 | 94.33 | 103.42 | 112.44 | 121.39 | 130.24 | 138.96 | 147.52 | 155.87 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.22 | 36.46 | 45.68 | 54.90 | 64.10 | 73.29 | 82.44 | 91.56 | 100.64 | 109.66 | 118.60 | 127.45 | 136.18 | 144.76 | 153.15 | 161.32 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.33 | 43.56 | 52.77 | 61.96 | 71.14 | 80.29 | 89.40 | 98.47 | 107.48 | 116.43 | 125.28 | 134.01 | 142.61 | 151.04 | 159.26 | 167.23 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.44 | 50.65 | 59.84 | 69.01 | 78.15 | 87.26 | 96.32 | 105.33 | 114.27 | 123.12 | 131.86 | 140.48 | 148.93 | 157.20 | 165.24 | 173.01 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.56 | 57.74 | 66.90 | 76.04 | 85.14 | 94.19 | 103.20 | 112.13 | 120.98 | 129.74 | 138.36 | 146.85 | 155.15 | 163.25 | 171.10 | 178.67 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.67 | 64.82 | 73.95 | 83.04 | 92.09 | 101.09 | 110.03 | 118.88 | 127.64 | 136.28 | 144.78 | 153.13 | 161.27 | 169.20 | 176.86 | 184.23 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.78 | 71.90 | 80.99 | 90.03 | 99.03 | 107.96 | 116.81 | 125.57 | 134.23 | 142.75 | 151.13 | 159.32 | 167.31 | 175.05 | 182.53 | 189.69 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Perubahan tegangan tiap lapisan $U < 100\%$

| Perubahan Teg. | $\Delta P3'$ | $\Delta P4'$ | $\Delta P5'$ | $\Delta P6'$ | $\Delta P7'$ | $\Delta P8'$ | $\Delta P9'$ | $\Delta P10'$ | $\Delta P11'$ | $\Delta P12'$ | $\Delta P13'$ | $\Delta P14'$ | $\Delta P15'$ | $\Sigma \sigma'$ | $\Sigma \sigma'$ |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Tinggi Penimbunan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| U perminggu (%) | 0.871 | 0.849 | 0.824 | 0.794 | 0.760 | 0.720 | 0.673 | 0.617 | 0.553 | 0.477 | 0.388 | 0.283 | 0.158 | kn/m ² | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 7.860 | 7.693 | 7.476 | 7.211 | 6.894 | 6.520 | 6.079 | 5.563 | 4.958 | 4.251 | 3.428 | 2.472 | 1.362 | 90.388 | 0.904 |
| -1.00 s/d -2.00 | 7.895 | 7.713 | 7.487 | 7.216 | 6.893 | 6.514 | 6.067 | 5.545 | 4.934 | 4.223 | 3.397 | 2.443 | 1.342 | 96.634 | 0.966 |
| -2.00 s/d -3.00 | 7.916 | 7.724 | 7.491 | 7.213 | 6.885 | 6.499 | 6.047 | 5.518 | 4.902 | 4.186 | 3.360 | 2.409 | 1.318 | 102.492 | 1.025 |
| -3.00 s/d -4.00 | 7.926 | 7.726 | 7.487 | 7.203 | 6.869 | 6.476 | 6.018 | 5.483 | 4.861 | 4.142 | 3.316 | 2.370 | 1.293 | 108.179 | 1.082 |
| -4.00 s/d -5.00 | 7.928 | 7.721 | 7.476 | 7.185 | 6.845 | 6.446 | 5.980 | 5.439 | 4.813 | 4.091 | 3.266 | 2.328 | 1.265 | 114.344 | 1.143 |
| -5.00 s/d -6.00 | 7.923 | 7.709 | 7.457 | 7.160 | 6.812 | 6.407 | 5.934 | 5.387 | 4.757 | 4.034 | 3.212 | 2.282 | 1.237 | 120.999 | 1.210 |
| -6.00 s/d -7.00 | 7.909 | 7.689 | 7.430 | 7.126 | 6.772 | 6.359 | 5.880 | 5.328 | 4.694 | 3.972 | 3.154 | 2.234 | 1.207 | 127.547 | 1.275 |
| -7.00 s/d -8.00 | 7.888 | 7.661 | 7.395 | 7.084 | 6.723 | 6.303 | 5.819 | 5.262 | 4.626 | 3.905 | 3.092 | 2.185 | 1.177 | 133.998 | 1.340 |
| -8.00 s/d -9.00 | 7.858 | 7.625 | 7.352 | 7.035 | 6.666 | 6.240 | 5.750 | 5.190 | 4.553 | 3.834 | 3.029 | 2.134 | 1.146 | 140.363 | 1.404 |
| -9.00 s/d -10.00 | 7.822 | 7.582 | 7.302 | 6.977 | 6.602 | 6.170 | 5.676 | 5.113 | 4.476 | 3.760 | 2.964 | 2.083 | 1.116 | 146.651 | 1.467 |

Peningkatan Cu

| Kedalaman (m) | PI (%) | Cu lama kg/cm ² | Cu baru kg/cm ² | cu pakai kg/cm ² | cu transisi kg/cm ² |
|------------------|--------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| -0.00 s/d -1.00 | 56.575 | 0.06 | | | |
| -1.00 s/d -2.00 | 56.575 | 0.06 | 0.17 | 0.17 | 0.11 |
| -2.00 s/d -3.00 | 56.575 | 0.12 | | | |
| -3.00 s/d -4.00 | 56.575 | 0.12 | 0.18 | 0.18 | 0.15 |
| -4.00 s/d -5.00 | 79.1 | 0.21 | | | |
| -5.00 s/d -6.00 | 79.1 | 0.21 | 0.15 | 0.21 | 0.18 |
| -6.00 s/d -7.00 | 79.1 | 0.39 | | | |
| -7.00 s/d -8.00 | 79.1 | 0.39 | | | |
| -8.00 s/d -9.00 | 79.1 | 0.39 | 0.16 | 0.39 | 0.27 |
| -9.00 s/d -10.00 | 79.1 | 0.39 | | | |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Pemampatan tiap lapisan tanah akibat beban bertahap

| LAPISAN | SC (M) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | TAHAP 1 | TAHAP 2 | TAHAP 3 | TAHAP 4 | TAHAP 5 | TAHAP 6 | TAHAP 7 | TAHAP 8 | TAHAP 9 | TAHAP 10 | TAHAP 11 | TAHAP 12 | TAHAP 13 | TAHAP 14 | TAHAP 15 |
| 1 | 0.01613 | 0.00642 | 0.02316 | 0.02027 | 0.01602 | 0.01325 | 0.01129 | 0.00984 | 0.00871 | 0.00780 | 0.00706 | 0.00644 | 0.00590 | 0.00543 | 0.00501 |
| 2 | 0.00813 | 0.00469 | 0.01890 | 0.01733 | 0.01413 | 0.01192 | 0.01031 | 0.00908 | 0.00810 | 0.00730 | 0.00664 | 0.00607 | 0.00558 | 0.00514 | 0.00474 |
| 3 | 0.00553 | 0.00370 | 0.01596 | 0.01513 | 0.01263 | 0.01083 | 0.00948 | 0.00842 | 0.00756 | 0.00685 | 0.00625 | 0.00573 | 0.00527 | 0.00486 | 0.00448 |
| 4 | 0.00420 | 0.00306 | 0.01379 | 0.01342 | 0.01141 | 0.00991 | 0.00876 | 0.00784 | 0.00708 | 0.00644 | 0.00589 | 0.00542 | 0.00499 | 0.00460 | 0.00424 |
| 5 | 0.00318 | 0.00246 | 0.01038 | 0.01031 | 0.00891 | 0.00783 | 0.00698 | 0.00629 | 0.00571 | 0.00522 | 0.00479 | 0.00441 | 0.00406 | 0.00375 | 0.00346 |
| 6 | 0.00259 | 0.00209 | 0.00906 | 0.00919 | 0.00805 | 0.00715 | 0.00643 | 0.00583 | 0.00532 | 0.00487 | 0.00449 | 0.00414 | 0.00382 | 0.00353 | 0.00325 |
| 7 | 0.00219 | 0.00182 | 0.00801 | 0.00828 | 0.00733 | 0.00657 | 0.00595 | 0.00542 | 0.00496 | 0.00457 | 0.00421 | 0.00389 | 0.00359 | 0.00332 | 0.00306 |
| 8 | 0.00189 | 0.00161 | 0.00716 | 0.00752 | 0.00673 | 0.00607 | 0.00552 | 0.00506 | 0.00465 | 0.00428 | 0.00396 | 0.00366 | 0.00338 | 0.00313 | 0.00288 |
| 9 | 0.00166 | 0.00144 | 0.00644 | 0.00688 | 0.00620 | 0.00563 | 0.00515 | 0.00473 | 0.00436 | 0.00403 | 0.00373 | 0.00345 | 0.00319 | 0.00295 | 0.00271 |
| 10 | 0.00148 | 0.00130 | 0.00583 | 0.00633 | 0.00574 | 0.00524 | 0.00481 | 0.00443 | 0.00410 | 0.00379 | 0.00351 | 0.00325 | 0.00301 | 0.00278 | 0.00256 |
| TOTAL | 0.04698 | 0.02858 | 0.11868 | 0.11465 | 0.09715 | 0.08443 | 0.07468 | 0.06692 | 0.06053 | 0.05516 | 0.05052 | 0.04645 | 0.04280 | 0.03947 | 0.03638 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

- Vacuum Preloading(8 tahap)

Perubahan tegangan tiap lapisan U=100%

| Perubahan Teg. | Po` | $\Delta P1`$ | $\Delta P2`$ | $\Delta P3`$ | $\Delta P4`$ | $\Delta P5`$ | $\Delta P6`$ | $\Delta P7`$ | POMPA |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| Umur Timbunan | | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 10 |
| U perminggu (%) | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.958 | 9.250 | 9.250 | 9.249 | 9.248 | 9.246 | 9.242 | 1.848 | 81.576 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 9.249 | 9.248 | 9.247 | 9.244 | 9.239 | 9.231 | 1.846 | 81.576 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.792 | 9.247 | 9.245 | 9.241 | 9.235 | 9.227 | 9.214 | 1.842 | 81.576 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.708 | 9.243 | 9.238 | 9.231 | 9.222 | 9.208 | 9.189 | 1.836 | 81.576 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.222 | 9.235 | 9.227 | 9.217 | 9.202 | 9.182 | 9.156 | 1.829 | 81.576 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.333 | 9.223 | 9.211 | 9.196 | 9.176 | 9.149 | 9.114 | 1.820 | 81.576 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.444 | 9.206 | 9.190 | 9.169 | 9.142 | 9.107 | 9.063 | 1.809 | 81.576 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.556 | 9.184 | 9.162 | 9.135 | 9.100 | 9.057 | 9.002 | 1.796 | 81.576 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.667 | 9.156 | 9.128 | 9.094 | 9.051 | 8.998 | 8.933 | 1.781 | 81.576 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.778 | 9.122 | 9.087 | 9.045 | 8.993 | 8.931 | 8.855 | 1.764 | 81.576 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

tegangan tiap lapisan $U=100\%$

| Elevasi dari tanah dasar | P_0' | σ_1' | σ_2' | σ_3' | σ_4' | σ_5' | σ_6' | σ_7' | pompa |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| | | 0.50 | 1.00 | 1.50 | 2.00 | 2.50 | 3.00 | 3.10 | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.96 | 12.21 | 21.46 | 30.71 | 39.96 | 49.20 | 58.44 | 60.29 | 141.87 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.88 | 18.12 | 27.37 | 36.62 | 45.86 | 55.10 | 64.33 | 66.17913 | 147.76 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.79 | 24.04 | 33.28 | 42.53 | 51.76 | 60.99 | 70.20 | 72.04296 | 153.62 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.71 | 29.95 | 39.19 | 48.42 | 57.64 | 66.85 | 76.04 | 77.87633 | 159.45 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.22 | 36.46 | 45.68 | 54.90 | 64.10 | 73.29 | 82.44 | 84.27085 | 165.85 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.33 | 43.56 | 52.77 | 61.96 | 71.14 | 80.29 | 89.40 | 91.22206 | 172.80 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.44 | 50.65 | 59.84 | 69.01 | 78.15 | 87.26 | 96.32 | 98.12951 | 179.71 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.56 | 57.74 | 66.90 | 76.04 | 85.14 | 94.19 | 103.20 | 104.9911 | 186.57 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.67 | 64.82 | 73.95 | 83.04 | 92.09 | 101.09 | 110.03 | 111.8061 | 193.38 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.78 | 71.90 | 80.99 | 90.03 | 99.03 | 107.96 | 116.81 | 118.5745 | 200.15 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Perubahan tegangan tiap lapisan $U < 100\%$

| Perubahan Teg. | Po' | $\Delta P1'$ | $\Delta P2'$ | $\Delta P3'$ | $\Delta P4'$ | $\Delta P5'$ | $\Delta P6'$ | $\Delta P7'$ | POMPA |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| Umur Timbunan | - | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 |
| U perminggu (%) | 1 | 0.9051 | 0.889294 | 0.8708 | 0.8492 | 0.823964 | 0.794477 | 0.76001 | 0.7197 |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.958 | 7.714 | 7.951 | 7.860 | 7.693 | 7.476 | 7.211 | 1.399 | 51.323 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 8.062 | 8.027 | 7.895 | 7.929 | 7.948 | 7.957 | 1.604 | 51.791 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.792 | 8.165 | 8.067 | 7.916 | 7.938 | 7.948 | 7.949 | 1.601 | 52.200 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.708 | 8.212 | 8.089 | 7.926 | 7.938 | 7.940 | 7.934 | 1.597 | 52.560 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.222 | 8.239 | 8.100 | 7.928 | 7.931 | 7.926 | 7.912 | 1.590 | 52.910 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.333 | 8.251 | 8.103 | 7.923 | 7.918 | 7.904 | 7.881 | 1.583 | 53.248 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.444 | 8.251 | 8.096 | 7.909 | 7.896 | 7.873 | 7.841 | 1.573 | 53.545 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.556 | 8.243 | 8.080 | 7.888 | 7.866 | 7.834 | 7.792 | 1.562 | 53.810 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.667 | 8.226 | 8.057 | 7.858 | 7.828 | 7.787 | 7.736 | 1.549 | 54.046 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.778 | 8.202 | 8.027 | 7.822 | 7.783 | 7.733 | 7.671 | 1.535 | 54.260 |

Peningkatan Cu

| Kedalaman (m) | PI (%) | Cu lama | | cu pakai | cu transisi | |
|------------------|--------|---------|--------|----------|-------------|--------|
| | | kg/cm2 | kg/cm2 | | kg/cm2 | kg/cm2 |
| -0.00 s/d -1.00 | 56.58 | 0.06 | 0.18 | 0.18 | 0.12 | 0.12 |
| -1.00 s/d -2.00 | 56.58 | 0.06 | 0.18 | 0.18 | 0.12 | 0.12 |
| -2.00 s/d -3.00 | 56.58 | 0.12 | 0.20 | 0.20 | 0.16 | 0.16 |
| -3.00 s/d -4.00 | 56.58 | 0.12 | 0.20 | 0.20 | 0.16 | 0.16 |
| -4.00 s/d -5.00 | 79.1 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.18 | 0.18 |
| -5.00 s/d -6.00 | 79.1 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.19 | 0.18 |
| -6.00 s/d -7.00 | 79.1 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.28 | 0.28 |
| -7.00 s/d -8.00 | 79.1 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.28 | 0.28 |
| -8.00 s/d -9.00 | 79.1 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.28 | 0.28 |
| -9.00 s/d -10.00 | 79.1 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.28 | 0.28 |

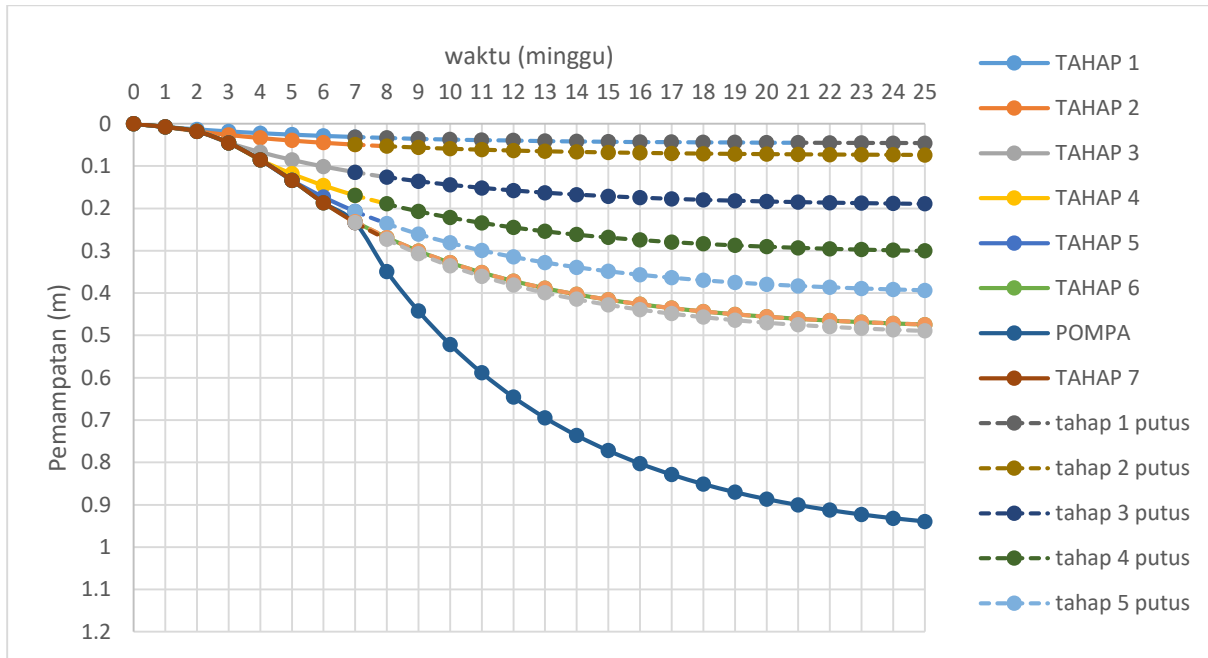
Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Pemampatan tiap lapisan tanah akibat beban bertahap

| LAPISAN | SC (M) | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | TAHAP 1 | TAHAP2 | TAHAP 3 | TAHAP 4 | TAHAP 5 | TAHAP 6 | TAHAP 7 | POMPA |
| 1 | 0.01613 | 0.00642 | 0.02316 | 0.02027 | 0.01602 | 0.01325 | 0.00240 | 0.06587 |
| 2 | 0.00813 | 0.00469 | 0.01890 | 0.01733 | 0.01413 | 0.01192 | 0.00218 | 0.06183 |
| 3 | 0.00553 | 0.00370 | 0.01596 | 0.01513 | 0.01263 | 0.01083 | 0.00199 | 0.05829 |
| 4 | 0.00420 | 0.00306 | 0.01379 | 0.01342 | 0.01141 | 0.00991 | 0.00184 | 0.05516 |
| 5 | 0.00318 | 0.00246 | 0.01038 | 0.01031 | 0.00891 | 0.00783 | 0.00146 | 0.04504 |
| 6 | 0.00259 | 0.00209 | 0.00906 | 0.00919 | 0.00805 | 0.00715 | 0.00134 | 0.04250 |
| 7 | 0.00219 | 0.00182 | 0.00801 | 0.00828 | 0.00733 | 0.00657 | 0.00124 | 0.04025 |
| 8 | 0.00189 | 0.00161 | 0.00716 | 0.00752 | 0.00673 | 0.00607 | 0.00115 | 0.03825 |
| 9 | 0.00166 | 0.00144 | 0.00644 | 0.00688 | 0.00620 | 0.00563 | 0.00107 | 0.03645 |
| 10 | 0.00148 | 0.00130 | 0.00583 | 0.00633 | 0.00574 | 0.00524 | 0.00100 | 0.03483 |
| TOTAL | 0.04698 | 0.02858 | 0.11868 | 0.11465 | 0.09715 | 0.08443 | 0.01566 | 0.47847 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Grafik pemampatan terhadap waktu



Lampiran 5 Timbunan Bertahap

c) H initial 2,9 m

- soil preloading (6 tahap)

Perubahan tegangan tiap lapisan U=100%

| Perubahan Teg. | Po` | ΔP1` | ΔP2` | ΔP3` | ΔP4` | ΔP5` | ΔP6` | Σσ' | Σσ' |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| satuan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | - | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| U perminggu (%) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | kn/m ² | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.958 | 9.250 | 9.249 | 9.247 | 9.243 | 9.233 | 7.376 | 56.557 | 0.566 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.875 | 9.248 | 9.245 | 9.238 | 9.226 | 9.206 | 7.344 | 62.382 | 0.624 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.792 | 9.242 | 9.233 | 9.219 | 9.196 | 9.159 | 7.293 | 68.134 | 0.681 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.708 | 9.227 | 9.211 | 9.186 | 9.148 | 9.092 | 7.224 | 73.797 | 0.738 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.222 | 9.203 | 9.176 | 9.137 | 9.082 | 9.003 | 7.135 | 79.959 | 0.800 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.333 | 9.167 | 9.127 | 9.072 | 8.996 | 8.893 | 7.028 | 86.618 | 0.866 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.444 | 9.118 | 9.063 | 8.990 | 8.892 | 8.763 | 6.906 | 93.177 | 0.932 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.556 | 9.055 | 8.984 | 8.891 | 8.770 | 8.616 | 6.771 | 99.643 | 0.996 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.667 | 8.979 | 8.890 | 8.777 | 8.634 | 8.455 | 6.625 | 106.026 | 1.060 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.778 | 8.889 | 8.782 | 8.649 | 8.484 | 8.282 | 6.472 | 112.336 | 1.123 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

tegangan tiap lapisan U=100%

| Elevasi dari tanah dasar | Titik tinjau | H | Z | Po` | σ_1' | σ_2' | σ_3' | σ_4' | σ_5' | σ_6' |
|--------------------------|--------------|-----|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | (m) | (m) | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² |
| | | | | | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 |
| -0.00 s/d -1.00 | a | 1 | 0.5 | 2.96 | 12.21 | 21.46 | 30.71 | 39.95 | 49.18 | 56.56 |
| -1.00 s/d -2.00 | b | 1 | 1.5 | 8.88 | 18.12 | 27.37 | 36.61 | 45.83 | 55.04 | 62.38 |
| -2.00 s/d -3.00 | c | 1 | 2.5 | 14.79 | 24.03 | 33.27 | 42.49 | 51.68 | 60.84 | 68.13 |
| -3.00 s/d -4.00 | d | 1 | 3.5 | 20.71 | 29.94 | 39.15 | 48.33 | 57.48 | 66.57 | 73.80 |
| -4.00 s/d -5.00 | e | 1 | 4.5 | 27.22 | 36.43 | 45.60 | 54.74 | 63.82 | 72.82 | 79.96 |
| -5.00 s/d -6.00 | f | 1 | 5.5 | 34.33 | 43.50 | 52.63 | 61.70 | 70.70 | 79.59 | 86.62 |
| -6.00 s/d -7.00 | g | 1 | 6.5 | 41.44 | 50.56 | 59.63 | 68.62 | 77.51 | 86.27 | 93.18 |
| -7.00 s/d -8.00 | h | 1 | 7.5 | 48.56 | 57.61 | 66.59 | 75.49 | 84.26 | 92.87 | 99.64 |
| -8.00 s/d -9.00 | i | 1 | 8.5 | 55.67 | 64.65 | 73.54 | 82.31 | 90.95 | 99.40 | 106.03 |
| -9.00 s/d -10.00 | j | 1 | 9.5 | 62.78 | 71.67 | 80.45 | 89.10 | 97.58 | 105.86 | 112.34 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Perubahan tegangan tiap lapisan $U < 100\%$

| Derajat Konsolidasi $U < 100\%$ | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Perubahan Teg. | Po` | $\Delta P1`$ | $\Delta P2`$ | $\Delta P3`$ | $\Delta P4`$ | $\Delta P5`$ | $\Delta P6`$ | $\Sigma \sigma'$ | $\Sigma \sigma'$ |
| Tinggi Penimbunan | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | kn/m ² | | |
| Umur Timbunan | - | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | |
| U perminggu (%) | 1 | 0.5978 | 0.5348589 | 0.46167 | 0.37631 | 0.27624 | 0.1574323 | kn/m2 | kg/cm ² |
| Kedalaman (m) | | | | | | | | | |
| -0.00 s/d -1.00 | 2.9583 | 3.9450 | 4.2983 | 3.8605 | 3.1963 | 2.3618 | 1.0940 | 21.7140 | 0.2171 |
| -1.00 s/d -2.00 | 8.8750 | 4.7246 | 4.4701 | 3.9330 | 3.2312 | 2.3769 | 1.0960 | 28.7068 | 0.2871 |
| -2.00 s/d -3.00 | 14.7917 | 4.9794 | 4.5645 | 3.9771 | 3.2509 | 2.3827 | 1.0942 | 35.0404 | 0.3504 |
| -3.00 s/d -4.00 | 20.7083 | 5.1036 | 4.6188 | 4.0012 | 3.2579 | 2.3796 | 1.0885 | 41.1579 | 0.4116 |
| -4.00 s/d -5.00 | 27.2222 | 5.1770 | 4.6512 | 4.0118 | 3.2551 | 2.3694 | 1.0795 | 47.7662 | 0.4777 |
| -5.00 s/d -6.00 | 34.3333 | 5.2176 | 4.6653 | 4.0095 | 3.2425 | 2.3522 | 1.0674 | 54.8879 | 0.5489 |
| -6.00 s/d -7.00 | 41.4444 | 5.2316 | 4.6615 | 3.9938 | 3.2197 | 2.3276 | 1.0523 | 61.9309 | 0.6193 |
| -7.00 s/d -8.00 | 48.5556 | 5.2262 | 4.6431 | 3.9665 | 3.1878 | 2.2968 | 1.0346 | 68.9106 | 0.6891 |
| -8.00 s/d -9.00 | 55.6667 | 5.2055 | 4.6123 | 3.9292 | 3.1483 | 2.2609 | 1.0149 | 75.8378 | 0.7584 |
| -9.00 s/d -10.00 | 62.7778 | 5.1720 | 4.5710 | 3.8834 | 3.1024 | 2.2207 | 0.9936 | 82.7208 | 0.8272 |

Peningkatan Cu

| Kedalaman (m) | PI (%) | Cu lama kg/cm2 | Cu baru kg/cm2 | cu pakai kg/cm2 | cu transisi kg/cm2 |
|------------------|--------|----------------|----------------|-----------------|--------------------|
| -0.00 s/d -1.00 | 56.58 | 0.06 | 0.10 | 0.10 | 0.08 |
| -1.00 s/d -2.00 | 56.58 | 0.06 | | | |
| -2.00 s/d -3.00 | 56.58 | 0.12 | 0.11 | 0.12 | 0.12 |
| -3.00 s/d -4.00 | 56.58 | 0.12 | | | |
| -4.00 s/d -5.00 | 79.10 | 0.21 | 0.11 | 0.21 | 0.16 |
| -5.00 s/d -6.00 | 79.10 | 0.21 | | | |
| -6.00 s/d -7.00 | 79.10 | 0.39 | 0.12 | 0.39 | 0.25 |
| -7.00 s/d -8.00 | 79.10 | 0.39 | | | |
| -8.00 s/d -9.00 | 79.10 | 0.39 | | | |
| -9.00 s/d -10.00 | 79.10 | 0.39 | | | |

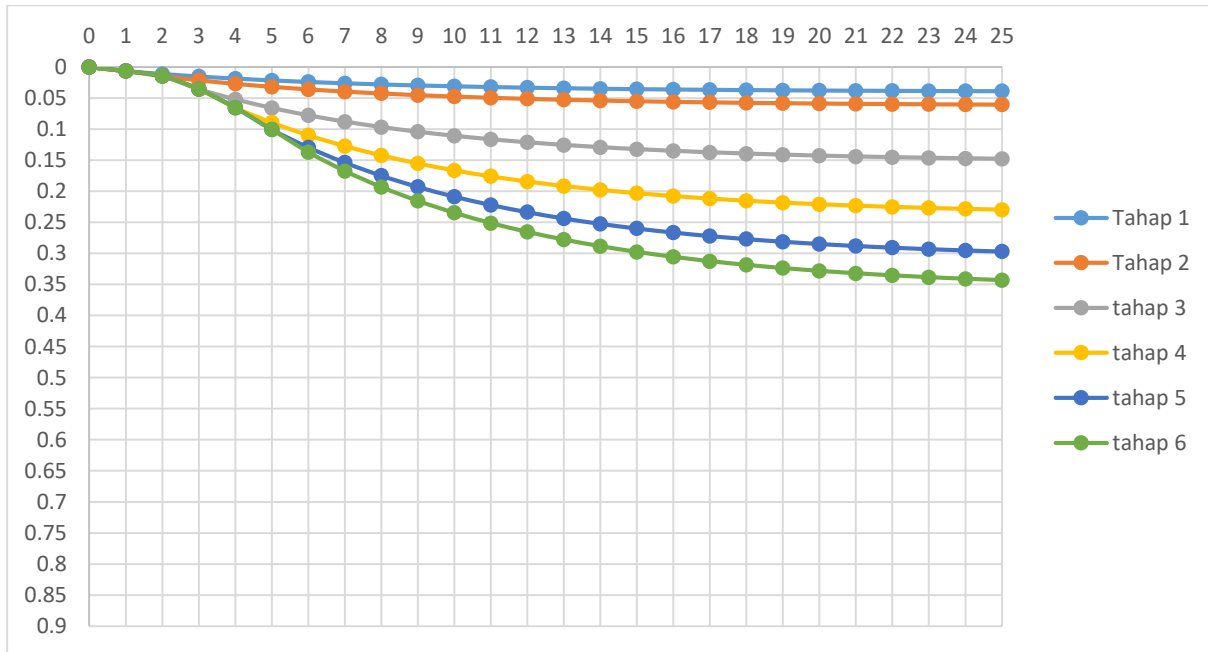
Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Pemampatan tiap lapisan tanah akibat beban bertahap

| LAPISAN | SC (M) | | | | | |
|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | TAHAP 1 | TAHAP2 | TAHAP 3 | TAHAP 4 | TAHAP 5 | TAHAP 6 |
| 1.000 | 0.016 | 0.006 | 0.023 | 0.020 | 0.016 | 0.011 |
| 2.000 | 0.008 | 0.005 | 0.019 | 0.017 | 0.014 | 0.010 |
| 3.000 | 0.006 | 0.004 | 0.016 | 0.015 | 0.013 | 0.009 |
| 4.000 | 0.004 | 0.003 | 0.014 | 0.013 | 0.011 | 0.008 |
| 5.000 | 0.003 | 0.002 | 0.010 | 0.010 | 0.009 | 0.006 |
| 6.000 | 0.003 | 0.002 | 0.009 | 0.009 | 0.008 | 0.006 |
| 7.000 | 0.002 | 0.002 | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.005 |
| 8.000 | 0.002 | 0.002 | 0.007 | 0.007 | 0.006 | 0.005 |
| 9.000 | 0.002 | 0.001 | 0.006 | 0.007 | 0.006 | 0.004 |
| 10.000 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.004 |
| TOTAL | 0.047 | 0.028 | 0.116 | 0.113 | 0.096 | 0.067 |

Lampiran 5 Timbunan Bertahap

Grafik pemampatan terhadap waktu



Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

a) Timbunan miring

- Perkuatan Geotextile

zona 1

Hasil analisa geo 5

| No. | SF (bishop) | Moment resisting (KN-m) | circle center | | | SF Rencana | Momen Dorong (KN-m) | Momen Rencana (KN-m) | ΔMR (KN-m) |
|-----|----------------|-------------------------------|---------------|-------|-------|---------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|
| | | | x (m) | y (m) | R (m) | | | | |
| 1 | 1.04 | 11303 | 27.57 | 20.04 | 16.36 | 1.5 | 10894.26 | 16341.39 | 5038.36 |

Perhitungan kebutuhan lapis timbunan

| lapisan geotextile | jumlah lapis | T allow | sisa timbunan | lengan momen | momen resist knm | momen resist komulatif | Δmr knm | keterangan |
|-----------------------|-----------------|---------|------------------|-----------------|------------------------|------------------------------|--------------------|------------|
| | | (kn/m) | | | | | | |
| 1 | 2 | 78.7092 | 5.17 | 10.56 | 831.17 | 831.169 | 5038.36 | tidak oke |
| 2 | 2 | 78.7092 | 4.92 | 10.31 | 811.49 | 1642.66 | 5038.36 | tidak oke |
| 3 | 2 | 78.7092 | 4.67 | 10.06 | 791.81 | 2434.47 | 5038.36 | tidak oke |
| 4 | 2 | 78.7092 | 4.42 | 9.81 | 772.14 | 3206.61 | 5038.36 | tidak oke |
| 5 | 2 | 78.7092 | 4.17 | 9.56 | 752.46 | 3959.07 | 5038.36 | tidak oke |
| 6 | 2 | 78.7092 | 3.92 | 9.31 | 732.78 | 4691.85 | 5038.36 | tidak oke |
| 7 | 2 | 78.7092 | 3.67 | 9.06 | 713.11 | 5404.96 | 5038.36 | oke |

Kebutuhan panjang total geotextile

| lapisan geotextile | $\sigma'v$ (Kn/m ²) | τ atas (Kn/m ²) | τ bawah (Kn/m ²) | Le belakam | Le pakaim | Ld dalam bidang m | Lo m | sv m | L Total m |
|-----------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|---------------|--------------|-------------------------|---------|---------|--------------|
| 1 | 118.818359 | 38.6064 | 20.1755 | 2,511 | 3.00 | 20.487 | 2 | 0.25 | 58.19 |
| 2 | 114.193359 | 37.1037 | 37.1037 | 1.989 | 2.00 | 20.1773 | 1 | 0.25 | 46.85 |
| 3 | 109.568359 | 35.6009 | 35.6009 | 2.073 | 3.00 | 19.86 | 2 | 0.25 | 50.22 |
| 4 | 104.943359 | 34.0982 | 34.0982 | 2.164 | 3.00 | 19.5359 | 2 | 0.25 | 49.57 |
| 5 | 100.318359 | 32.5954 | 32.5954 | 2.264 | 3.00 | 19.2048 | 2 | 0.25 | 48.91 |
| 6 | 95.693359 | 31.0927 | 31.0927 | 2.373 | 3.00 | 18.8671 | 2 | 0.25 | 48.23 |
| 7 | 91.068359 | 29.5899 | 29.5899 | 2.494 | 3.00 | 18.523 | 2 | 0.25 | 47.55 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Zona 2

Hasil analisa geo 5

| No. | SF (bishop) | Moment resisting (KN-m) | circle center | | | SF Rencana | Momen Dorong (KN-m) | Momen Rencana (KN-m) | ΔMR (KN-m) |
|-----|-------------|-------------------------|---------------|-------|-------|------------|---------------------|----------------------|------------|
| | | | x (m) | y (m) | R (m) | | | | |
| 4 | 0.94 | 12152.03 | 27.57 | 20.04 | 16.36 | 1.5 | 12955.53 | 19433.30 | 7281.27 |

Perhitungan kebutuhan lapis timbunan

| lapisan geotextile | jumlah lapis | T allow (kn/m) | sisa timbunan (m) | lengan momen (s1) (m) | momen resist (kn m) | momen resist kumulatif | Δ m _r (kn m) | keterangan |
|--------------------|--------------|----------------|-------------------|-----------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|------------|
| 1 | 2 | 78.709 | 6.250 | 10.640 | 837.466 | 837.466 | 7281.265 | tidak oke |
| 2 | 2 | 78.709 | 6.000 | 10.390 | 817.788 | 1655.254 | 7281.265 | tidak oke |
| 3 | 2 | 78.709 | 5.750 | 10.140 | 798.111 | 2453.365 | 7281.265 | tidak oke |
| 4 | 2 | 78.709 | 5.500 | 9.890 | 778.434 | 3231.799 | 7281.265 | tidak oke |
| 5 | 2 | 78.709 | 5.250 | 9.640 | 758.756 | 3990.555 | 7281.265 | tidak oke |
| 6 | 2 | 78.709 | 5.000 | 9.390 | 739.079 | 4729.634 | 7281.265 | tidak oke |
| 7 | 2 | 78.709 | 4.750 | 9.140 | 719.402 | 5449.036 | 7281.265 | tidak oke |
| 8 | 2 | 78.709 | 4.500 | 8.890 | 699.725 | 6148.760 | 7281.265 | tidak oke |
| 9 | 2 | 78.709 | 4.250 | 8.640 | 680.047 | 6828.808 | 7281.265 | tidak oke |
| 10 | 2 | 78.70916962 | 4.00 | 8.39 | 660.3699331 | 7489.177489 | 7281.27 | oke |

Kebutuhan panjang total geotextile

| lapisan geotextile | jumlah lapis | SF | H (Ti) m | σ ^v (Kn/m ²) | τ atas (Kn/m ²) | τ bawah (Kn/m ²) | Le belakang bidang m | Le pakai (meter) m | Ld dalam bidang m | Lo m | sv m | L Total m |
|--------------------|--------------|-------|----------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------|-------|-----------|
| 1 | 2 | 1.500 | 7.500 | 138.750 | 45.083 | 20.296 | 2.257 | 3.000 | 20.487 | 1.500 | 0.250 | 62.095 |
| 2 | 2 | 1.500 | 7.250 | 134.125 | 43.580 | 43.580 | 1.693 | 2.000 | 20.178 | 1.000 | 0.250 | 46.855 |
| 3 | 2 | 1.500 | 7.000 | 129.500 | 42.077 | 42.077 | 1.754 | 2.000 | 19.861 | 1.000 | 0.250 | 46.221 |
| 4 | 2 | 1.500 | 6.750 | 124.875 | 40.574 | 40.574 | 1.819 | 2.000 | 19.537 | 1.000 | 0.250 | 45.573 |
| 5 | 2 | 1.500 | 6.500 | 120.250 | 39.072 | 39.072 | 1.889 | 2.000 | 19.206 | 1.000 | 0.250 | 44.911 |
| 6 | 2 | 1.500 | 6.250 | 115.625 | 37.569 | 37.569 | 1.964 | 2.000 | 18.868 | 1.000 | 0.250 | 44.236 |
| 7 | 2 | 1.500 | 6.000 | 111.000 | 36.066 | 36.066 | 2.046 | 3.000 | 18.524 | 1.500 | 0.250 | 46.548 |
| 8 | 2 | 1.500 | 5.750 | 106.375 | 34.563 | 34.563 | 2.135 | 3.000 | 18.174 | 1.500 | 0.250 | 45.848 |
| 9 | 2 | 1.5 | 5.500 | 101.75 | 33.061 | 33.061 | 2.232 | 3.00 | 17.8181 | 1.5 | 0.25 | 45.14 |
| 10 | 2 | 1.5 | 5.250 | 97.125 | 31.558 | 31.558 | 2.338 | 3.00 | 17.4563 | 1.5 | 0.25 | 44.41 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Zona 3

Hasil analisa geo 5

| No. | SF (bishop) | Moment resisting (KN-m) | circle center | | | SF Rencana | Momen Dorong (KN-m) | Momen Rencana (KN-m) | Δ MR (KN-m) |
|-----|----------------|-------------------------------|---------------|-------|-------|---------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------|
| | | | x (m) | y (m) | R (m) | | | | |
| 1 | 1.13 | 721.45 | 21.98 | 13.97 | 6.08 | 640.52 | 960.78 | 239.33 | |

Perhitungan kebutuhan lapis geotextile

| lapisan geotextile | jumlah lapis | T allow (kn/m) | sisas timbunan (m) | lengan momen (m) | momen resist (kn m) | momen resist kumulatif | Δ mr (kn m) | keterang an |
|-----------------------|-----------------|-------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------|----------------|
| 1 | 1 | 39.35458 | 1.65 | 4.27 | 168.0441 | 168.0441 | 239.33 | tidak oke |
| 2 | 1 | 39.35458 | 1.40 | 4.02 | 158.2054 | 326.2495 | 239.33 | oke |

Perhitungan kebutuhan panjang geotextile

| lapisan geotextile | jumlah lapis | SF | H (Ti) m | σ_v (Kn/m ²) | τ atas (Kn/m ²) | τ bawah (Kn/m ²) | Le belakang m | Le pakai (meter) m | Ld dalam bidang m | Lo m | sv m | L Total m |
|-----------------------|-----------------|-----|-------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|---------|---------|--------------|
| 1 | 1 | 1.5 | 2.900 | 53.65 | 17.4319417 | 11.6277564 | 2.539 | 3.00 | 6.5849 | 2 | 0.25 | 38.26 |
| 2 | 1 | 1.5 | 2.650 | 49.025 | 15.9291881 | 15.9291881 | 2.316 | 3.00 | 6.2892 | 2 | 0.25 | 11.54 |

- Perkuatan Micropile

Zona 1

Data cerucuk yang digunakan

| size | thickness (t) | section inertia cm ⁴ | class | bending moment | | allowable compression | ecopression tension | length of pile | fc mpa | E kg/cm ² | EI Kg cm ² |
|------|------------------|------------------------------------|-------|----------------|-------|--------------------------|------------------------|-------------------|-----------|-------------------------|--------------------------|
| | | | | crack | ult | | | | | | |
| 300 | 60 | 34607.78 | C | 4 t/m | 8 t/m | 65.4 ton | 49.7 ton | 6 15 | 52 | 338921.82 | 1.173E+10 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Perhitungan micropile timbunan miring

| Zona | panjang cerucuk | | | f kg/cm ³ | T cm | fm | faktor koreksi | pmax 1 cerucuk kn | Δmr kn m | R longsor m | jumlah buah |
|-------------------|----------------------------|---------------------|------------|-------------------------|---------|------|-------------------|-------------------------|-------------|----------------|----------------|
| | diatas bid longsor m | dibawah bid m | total m | | | | | | | | |
| SOIL PRELOADING | | | | | | | | | | | |
| ZONA 1 | 6 | 4 | 10 | 0.096 | 164.97 | 0.97 | 1.4485 | 36.208 | 5038.36 | 16.36 | 9 |
| ZONA 2 | 6 | 4 | 10 | 0.096 | 164.97 | 0.97 | 1.4302 | 35.75 | 7281.27 | 16.36 | 13 |
| ZONA 3 | 2 | 2 | 4 | 0.0416 | 195 | 0.98 | 1.337 | 27.985 | 239.33 | 6.08 | 2 |
| VACUUM PRELOADING | | | | | | | | | | | |
| ZONA 1 | 6 | 3 | 9 | 0.112 | 159.96 | 1 | 1.1265 | 28.169 | 3911.49 | 16.36 | 8 |
| ZONA 2 | 6 | 4 | 10 | 0.112 | 159.96 | 1 | 1.3421 | 33.56 | 6222.82 | 16.36 | 12 |

b) Perhitungan timbunan tegak

- Perkuatan Sheetpile kombinasi geotextile

ZONA 1

Perhitungan jarak vertical pemasangan geotextile

| Hz (m) (m) | σv (kn/m ²) | Ka | σh (kn/m ²) | SF rencana | T all (kn/m) | Sv (m) | Sv pakai (m) |
|---------------|----------------------------|------|----------------------------|------------|-----------------|-----------|-----------------|
| 1 | 18.5 | 0.33 | 6.17 | 1.5 | 39.35 | 4.25 | 1 |
| 2 | 37 | 0.33 | 12.33 | 1.5 | 39.35 | 2.13 | 1 |
| 3 | 55.5 | 0.33 | 18.50 | 1.5 | 39.35 | 1.42 | 1 |
| 4 | 74 | 0.33 | 24.67 | 1.5 | 39.35 | 1.06 | 1 |
| 5 | 92.5 | 0.33 | 30.83 | 1.5 | 39.35 | 0.85 | 0.5 |
| 6 | 111 | 0.33 | 37.00 | 1.5 | 39.35 | 0.71 | 0.5 |
| 6.415 | 118.671469 | 0.33 | 39.56 | 1.5 | 39.35 | 0.66 | 0.5 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Perhitungan panjang kebutuhan geotextile

| NO | tinggi (m) | oh | | | Sf Rencana | Sv (m) | Sisa Timbunan (m) | t atas (kn/m ²) | t bawah (kn/m ²) |
|------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------|-----------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | | ohq (kn/m ²) | ohs (kn/m ²) | oh tot (kn/m ²) | | | | | |
| 1.00 | 0.00 | 5.00 | 44.56 | 49.56 | 1.50 | 0.50 | 6.41 | 43.43 | 16.64 |
| 2.00 | 0.50 | 5.00 | 41.47 | 46.47 | 1.50 | 0.50 | 5.91 | 40.43 | 40.43 |
| 3.00 | 1.00 | 5.00 | 38.39 | 43.39 | 1.50 | 0.50 | 5.41 | 37.42 | 37.42 |
| 4.00 | 1.50 | 5.00 | 35.31 | 40.31 | 1.50 | 0.50 | 4.91 | 34.42 | 34.42 |
| 5.00 | 2.00 | 5.00 | 32.22 | 37.22 | 1.50 | 0.41 | 4.41 | 31.41 | 31.41 |
| 6.00 | 2.41 | 5.00 | 29.70 | 34.70 | 1.50 | 1.00 | 4.00 | 28.95 | 28.95 |
| 7.00 | 3.41 | 5.00 | 23.53 | 28.53 | 1.50 | 1.00 | 3.00 | 22.93 | 22.93 |
| 8.00 | 4.41 | 5.00 | 17.36 | 22.36 | 1.50 | 1.00 | 2.00 | 16.92 | 16.92 |
| 9.00 | 5.41 | 5.00 | 11.20 | 16.20 | 1.50 | 1.00 | 1.00 | 10.91 | 10.91 |

Perhitungan panjang kebutuhan geotextile (lanjutan)

| NO | Le belkang bidang (m) | Le pembulatan (meter) | Le Pakai (m) | Ld dalam bidang (m) | Lo (m) | L.Total Hitung (m) | L.Total Pakai (m) | L total pakai (m) | Le + Ld Pakai (m) |
|------|--------------------------|--------------------------|-----------------|------------------------|-----------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1.00 | 0.62 | 1.00 | 2.00 | 0 | 0.50 | 2.0 | 3.0 | 4.5 |
| 2.00 | 0.43 | 1.00 | 2.00 | 0.92 | 0.50 | 2.9 | 3.9 | | |
| 3.00 | 0.43 | 1.00 | 2.00 | 1.20 | 0.50 | 3.2 | 4.2 | | |
| 4.00 | 0.44 | 1.00 | 2.00 | 1.49 | 0.50 | 3.5 | 4.5 | | |
| 5.00 | 0.36 | 1.00 | 2.00 | 1.78 | 0.50 | 3.7 | 4.7 | 5.5 | 4.0 |
| 6.00 | 0.90 | 1.00 | 2.00 | 2.02 | 0.50 | 4.5 | 5.5 | | |
| 7.00 | 0.93 | 1.00 | 2.00 | 2.60 | 0.50 | 5.1 | 6.1 | | |
| 8.00 | 0.99 | 1.00 | 2.00 | 3.17 | 0.50 | 5.7 | 6.7 | 8.8 | 6.8 |
| 9.00 | 1.11 | 2.00 | 3.00 | 3.75 | 1.00 | 7.8 | 8.8 | | |

ZONA 2

Perhitungan jarak vertical pemasangan geotextile

| H _z (m) (m) | σ_v (kn/m ²) | K _a | oh (kn/m ²) | rencan | T all (kn/m) | Sv (m) | Sv pakai (m) |
|---------------------------|------------------------------------|----------------|----------------------------|--------|-----------------|-----------|-----------------|
| 1 | 33.5 | 0.33 | 11.17 | 1.5 | 39.35 | 2.35 | 1 |
| 2 | 52 | 0.33 | 17.33 | 1.5 | 39.35 | 1.51 | 1 |
| 3 | 70.5 | 0.33 | 23.50 | 1.5 | 39.35 | 1.12 | 1 |
| 4 | 89 | 0.33 | 29.67 | 1.5 | 39.35 | 0.88 | 0.5 |
| 5 | 107.5 | 0.33 | 35.83 | 1.5 | 39.35 | 0.73 | 0.5 |
| 6 | 126 | 0.33 | 42.00 | 1.5 | 39.35 | 0.62 | 0.5 |
| 7.5 | 153.75 | 0.33 | 51.25 | 1.5 | 39.35 | 0.51 | 0.5 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Perhitungan panjang kebutuhan geotextile

| NO | tinggi (m) | Kuat tarik allow geotextile (KN/m) | σv (kn/m ²) | oh | | | Sf Rencana | Sv (m) | Sisa Timbunan (m) | t atas (kn/m ²) | t bawah (kn/m ²) |
|--------|---------------|---------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------|-----------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | | | | ohq (kn/m ²) | ohs (kn/m ²) | oh tot (kn/m ²) | | | | | |
| 1.000 | 0.000 | 39.355 | 153.750 | 5.000 | 46.250 | 51.250 | 1.500 | 0.500 | 7.500 | 49.956 | 20.662 |
| 2.000 | 0.500 | 39.355 | 144.500 | 5.000 | 43.167 | 48.167 | 1.500 | 0.500 | 7.000 | 46.951 | 46.951 |
| 3.000 | 1.000 | 39.355 | 135.250 | 5.000 | 40.083 | 45.083 | 1.500 | 0.500 | 6.500 | 43.945 | 43.945 |
| 4.000 | 1.500 | 39.355 | 126.000 | 5.000 | 37.000 | 42.000 | 1.500 | 0.500 | 6.000 | 40.940 | 40.940 |
| 5.000 | 2.000 | 39.355 | 116.750 | 5.000 | 33.917 | 38.917 | 1.500 | 0.500 | 5.500 | 37.934 | 37.934 |
| 6.000 | 2.500 | 39.355 | 107.500 | 5.000 | 30.833 | 35.833 | 1.500 | 0.500 | 5.000 | 34.929 | 34.929 |
| 7.000 | 3.000 | 39.355 | 98.250 | 5.000 | 27.750 | 32.750 | 1.500 | 0.500 | 4.500 | 31.923 | 31.923 |
| 8.000 | 3.500 | 39.355 | 89.000 | 5.000 | 24.667 | 29.667 | 1.500 | 1.000 | 4.000 | 28.918 | 28.918 |
| 9.000 | 4.500 | 39.355 | 70.500 | 5.000 | 18.500 | 23.500 | 1.500 | 1.000 | 3.000 | 22.907 | 22.907 |
| 10.000 | 5.500 | 39.355 | 52.000 | 5.000 | 12.333 | 17.333 | 1.500 | 1.000 | 2.000 | 16.896 | 16.896 |
| 11.000 | 6.500 | 39.355 | 33.500 | 5.000 | 6.167 | 11.167 | 1.500 | 1.000 | 1.000 | 10.885 | 10.885 |

Perhitungan panjang kebutuhan geotextile (lanjutan)

| NO | tinggi (m) | Le belakang bidang (m) | Le Pakai (m) | Ld dalam bidang (m) | L _o (m) | L Total Hitung (m) | L Total Pakai (m) | L total pakai | Le + Ld Pakai |
|--------|---------------|------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | | | (m) | (m) |
| 1.000 | 0.000 | 0.544 | 2.000 | 0.00 | 0.50 | 2.0 | 3.0 | 3.9 | 2.9 |
| 2.000 | 0.500 | 0.385 | 2.000 | 0.29 | 0.50 | 2.3 | 3.3 | | |
| 3.000 | 1.000 | 0.385 | 2.000 | 0.58 | 0.50 | 2.6 | 3.6 | | |
| 4.000 | 1.500 | 0.385 | 2.000 | 0.87 | 0.50 | 2.9 | 3.9 | | |
| 5.000 | 2.000 | 0.385 | 2.000 | 1.15 | 0.50 | 3.2 | 4.2 | 7.0 | 5.5 |
| 6.000 | 2.500 | 0.385 | 2.000 | 1.44 | 0.50 | 3.4 | 4.4 | | |
| 7.000 | 3.000 | 0.385 | 2.000 | 1.73 | 0.50 | 3.7 | 4.7 | | |
| 8.000 | 3.500 | 0.769 | 3.000 | 2.02 | 1.00 | 6.0 | 7.0 | | |
| 9.000 | 4.500 | 0.769 | 2.000 | 2.60 | 0.50 | 5.1 | 6.1 | | |
| 10.000 | 5.500 | 0.769 | 3.000 | 3.18 | 1.00 | 7.2 | 8.2 | 8.8 | 6.8 |
| 11.000 | 6.500 | 0.769 | 3.000 | 3.75 | 1.00 | 7.8 | 8.8 | | |

ZONA 3

Perhitungan jarak vertical pemasangan geotextile

| Hz (m) (m) | σv (kn/m ²) | Ka | oh | rencan | T all (kn/m) | Sv (m) | Sv pakai (m) |
|---------------|----------------------------|------|----------------------|--------|-----------------|-----------|-----------------|
| | | | (kn/m ²) | | | | |
| 1 | 18.5 | 0.33 | 6.17 | 1.5 | 39.35 | 4.25 | 1 |
| 2 | 37 | 0.33 | 12.33 | 1.5 | 39.35 | 2.13 | 1 |
| 2.893 | 53.5205 | 0.33 | 17.84 | 1.5 | 39.35 | 1.47 | 1 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Perhitungan panjang kebutuhan geotextile

| NO | tinggi (m) | Kuat tarik allow geotextile (KNm) | σv (kn/m2) | Ka | oh | | | Sf Rencana | Sv (m) | Sisa Timbunan (m) |
|----|---------------|--------------------------------------|---------------|------|----------------|----------------|-------------------|------------|-----------|----------------------|
| | | | | | ohq (kn/m2) | ohs (kn/m2) | oh tot (kn/m2) | | | |
| 1 | 0 | 39.35 | 68.525 | 0.33 | 5 | 22.842 | 27.842 | 1.50 | 0.89 | 2.89 |
| 2 | 0.89 | 39.35 | 52.060 | 0.33 | 5 | 17.353 | 22.353 | 1.50 | 1.00 | 2.00 |
| 3 | 1.89 | 39.35 | 33.560 | 0.33 | 5 | 11.187 | 16.187 | 1.50 | 1.00 | 1.00 |

Perhitungan panjang kebutuhan geotextile (lanjutan)

| NO | Le belakang bidang (m) | Le pembulatan (meter) | Le Pakai (m) | Ld dalam bidang (m) | Lo (m) | L Total Hitung (m) | L Total Pakai (m) | L total pakai (m) | Le + Ld Pakai (m) |
|----|------------------------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|-----------|-----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| | 1 | 0.955 | 1.00 | 1.00 | 0 | 0.50 | 2.4 | 2.4 | 7.8 |
| 2 | 0.991 | 1.00 | 1.00 | 3.17 | 0.50 | 5.7 | 5.7 | | |
| 3 | 1.113 | 2.00 | 2.00 | 3.75 | 1.00 | 7.8 | 7.8 | | |

Rekapan kebutuhan micropile

| Zona | panjang cerucuk | | | f kg/cm3 | T cm | fm | faktor koreksi | pmax 1 cerucuk kn | Δmr kn m | R longsor m | jumlah buah |
|-------------------|----------------------------|-----------------------------|------------|-------------|----------|------|-------------------|-------------------------|-------------|----------------|----------------|
| | diatas bid longsor m | dibawah bid longsor m | total m | | | | | | | | |
| SOIL PRELOADING | | | | | | | | | | | |
| ZONA 1 | 2 | 6 | 8 | 0.032 | 205.5061 | 0.95 | 1.496989 | 30.67118 | 2577.23 | 9.05 | 10 |
| ZONA 2 | 4 | 6 | 10 | 0.064 | 178.9034 | 0.93 | 1.657113 | 39.8392 | 4701.46 | 10.96 | 11 |
| ZONA 3 | 2 | 2 | 4 | 0.032 | 205.5061 | 0.98 | 1.496989 | 29.73227 | 120.27 | 5.2 | 1 |
| VACUUM PRELOADING | | | | | | | | | | | |
| ZONA 1 | 2 | 6 | 8 | 0.032 | 205.5061 | 0.95 | 1.496989 | 30.67118 | 2412.03 | 9.05 | 9 |
| ZONA 2 | 4 | 6 | 10 | 0.064 | 178.9034 | 0.93 | 1.657113 | 39.8392 | 4391.89 | 10.96 | 11 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

- Perkuatan Freyssissol

Zona 1

Data perencanaan freyssissol

| Data Perencanaan Strip | | |
|---------------------------|--------|--------|
| Keterangan | Data | Satuan |
| T ult | 50 | Kn |
| T allow | 16.40 | Kn |
| Width of strip | 0.09 | m |
| Thick of strip | 0.005 | m |
| Horizontal strip distance | 0.7 | m |
| Vertical strip distance | 0.7 | m |
| Wall Height | 39.35 | m |
| Lebar Panel | 1.65 | m |
| Tinggi Panel | 1.42 | m |
| Spacing load | 0.75 | m |
| 1/4 lebar panel | 0.4125 | m |

Menentukan panjang freyssissol

| NO | tinggi (m) | Kuat tarik allow geotextile (KNm) | σ_v (kn/m ²) | Ka | σ_h | | | SF Rencana | Sv (m) | t atas (kn/m ²) | t bawah (kn/m ²) |
|----|---------------|---|------------------------------------|------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|------------|-----------|--------------------------------|---------------------------------|
| | | | | | σ_{hq} (kn/m ²) | σ_{hs} (kn/m ²) | $\sigma_{h\ tot}$ (kn/m ²) | | | | |
| 1 | 0.35 | 39.35 | 52.469 | 0.33 | 2.063 | 15.427 | 17.490 | 1.50 | 0.70 | 17.05 | 16.64 |
| 2 | 1.05 | 39.35 | 47.127 | 0.33 | 2.063 | 13.646 | 15.709 | 1.50 | 0.72 | 15.31 | 15.31 |
| 3 | 1.77 | 39.35 | 41.632 | 0.33 | 2.063 | 11.815 | 13.877 | 1.50 | 0.70 | 13.53 | 13.53 |
| 4 | 2.47 | 39.35 | 36.290 | 0.33 | 2.063 | 10.034 | 12.097 | 1.50 | 0.72 | 11.79 | 11.79 |
| 5 | 3.19 | 39.35 | 30.796 | 0.33 | 2.063 | 8.203 | 10.265 | 1.50 | 0.70 | 10.01 | 10.01 |
| 6 | 3.89 | 39.35 | 25.454 | 0.33 | 2.063 | 6.422 | 8.485 | 1.50 | 0.72 | 8.27 | 8.27 |
| 7 | 4.61 | 39.35 | 19.959 | 0.33 | 2.063 | 4.591 | 6.653 | 1.50 | 0.70 | 6.49 | 6.49 |
| 8 | 5.31 | 39.35 | 14.618 | 0.33 | 2.063 | 2.810 | 4.873 | 1.50 | 0.72 | 4.75 | 4.75 |
| 9 | 6.03 | 39.35 | 9.123 | 0.33 | 2.063 | 0.979 | 3.041 | 1.50 | 0.38 | 2.96 | 2.96 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Menentukan panjang freyssissol (lanjutan)

| NO | Le belakang bidang | Le Pakai | Ld dalam bidang | Lo | L Total Hitung | L Total Pakai | L total hitung | L total pakai | L Pakai |
|----|--------------------|----------|-----------------|------|----------------|---------------|----------------|---------------|---------|
| | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m) |
| 1 | 0.545 | 2.00 | 0.83 | 0.50 | 1.8 | 2.8 | 3.1 | 4.1 | 7.0 |
| 2 | 0.554 | 2.00 | 1.23 | 0.50 | 2.2 | 3.2 | | | |
| 3 | 0.539 | 2.00 | 1.65 | 0.50 | 2.6 | 3.6 | | | |
| 4 | 0.554 | 2.00 | 2.05 | 0.50 | 3.1 | 4.1 | | | |
| 5 | 0.539 | 2.00 | 2.47 | 0.50 | 3.5 | 4.5 | 4.7 | 5.7 | |
| 6 | 0.554 | 2.00 | 2.87 | 0.50 | 3.9 | 4.9 | | | |
| 7 | 0.539 | 2.00 | 3.29 | 0.50 | 4.3 | 5.3 | | | |
| 8 | 0.554 | 2.00 | 3.69 | 0.50 | 4.7 | 5.7 | | | |
| 9 | 0.296 | 2.00 | 4.11 | 0.50 | 5.1 | 6.1 | | | |

Control gaya Tarik

| No | hz (m) | Tinggi Panel (m) | Lebar Panel (m) | Gaya Tanah (kn) | Akibat be (kn) | Gaya total (kn) | jumlah strai (kn) | T allow (kn) | Gaya Tarik (kn) | Keterangan |
|----|--------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------|-----------------|------------|
| 1 | 6.41 | 1.42 | 1.65 | 82.42 | 11.72 | 94.14 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 2 | 4.99 | 1.42 | 1.65 | 61.91 | 11.72 | 73.62 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 3 | 3.57 | 1.42 | 1.65 | 41.39 | 11.72 | 53.11 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 4 | 2.15 | 1.42 | 1.65 | 20.87 | 11.72 | 32.59 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 5 | 0.73 | 0.73 | 1.65 | 2.75 | 6.06 | 8.81 | 4 | 16.40 | 65.591 | OK |

Zona 2

Menentukan panjang freyssissol

| No | tinggi m | Kuat tarik allow geotextile KNm ² | σv kn/m ² | Ka | oh | | | Sf Rencana | Sv m | t atas kn/m ² | t bawah kn/m ² |
|----|----------|--|----------------------|------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|------------|------|--------------------------|---------------------------|
| | | | | | ohq kn/m ² | ohs kn/m ² | oh tot kn/m ² | | | | |
| 1 | 0.35 | 16.40 | 60.751 | 0.33 | 2.063 | 18.188 | 20.250 | 1.50 | 0.70 | 19.74 | 19.74 |
| 2 | 1.05 | 16.40 | 55.409 | 0.33 | 2.063 | 16.407 | 18.470 | 1.50 | 0.72 | 18.00 | 18.00 |
| 3 | 1.77 | 16.40 | 49.915 | 0.33 | 2.063 | 14.576 | 16.638 | 1.50 | 0.70 | 16.22 | 16.22 |
| 4 | 2.47 | 16.40 | 44.573 | 0.33 | 2.063 | 12.795 | 14.858 | 1.50 | 0.72 | 14.48 | 14.48 |
| 5 | 3.19 | 16.40 | 39.078 | 0.33 | 2.063 | 10.964 | 13.026 | 1.50 | 0.70 | 12.70 | 12.70 |
| 6 | 3.89 | 16.40 | 33.736 | 0.33 | 2.063 | 9.183 | 11.245 | 1.50 | 0.72 | 10.96 | 10.96 |
| 7 | 4.61 | 16.40 | 28.242 | 0.33 | 2.063 | 7.351 | 9.414 | 1.50 | 0.70 | 9.18 | 9.18 |
| 8 | 5.31 | 16.40 | 22.900 | 0.33 | 2.063 | 5.571 | 7.633 | 1.50 | 0.72 | 7.44 | 7.44 |
| 9 | 6.03 | 16.40 | 17.405 | 0.33 | 2.063 | 3.739 | 5.802 | 1.50 | 0.70 | 5.66 | 5.66 |
| 10 | 6.73 | 16.40 | 12.064 | 0.33 | 2.063 | 1.959 | 4.021 | 1.50 | 0.50 | 3.92 | 3.92 |
| 11 | 7.23 | 16.40 | 8.248 | 0.33 | 2.063 | 0.687 | 2.749 | 1.50 | 0.27 | 2.68 | 2.68 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Menentukan panjang freyssissol (lanjutan)

| No | Le belakang bidang (m) | Le Pakai (meter) | Ld dalam bidang (meter) | Lo (meter) | L Total Hitung (meter) | L Total Pakai (meter) | L total hitung | L total pakai | Lpakai |
|----|------------------------|------------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------------------|----------------|---------------|--------|
| | m | m | m | m | m | m | m | m | m |
| 1 | 0.388 | 2.00 | 0.20 | 0.50 | 1.2 | 2.2 | 2.4 | 3.4 | 8.0 |
| 2 | 0.399 | 2.00 | 0.61 | 0.50 | 1.6 | 2.6 | | | |
| 3 | 0.388 | 2.00 | 1.02 | 0.50 | 2.0 | 3.0 | | | |
| 4 | 0.399 | 2.00 | 1.43 | 0.50 | 2.4 | 3.4 | 4.1 | 5.1 | |
| 5 | 0.388 | 2.00 | 1.84 | 0.50 | 2.8 | 3.8 | | | |
| 6 | 0.399 | 2.00 | 2.25 | 0.50 | 3.2 | 4.2 | | | |
| 7 | 0.388 | 2.00 | 2.66 | 0.50 | 3.7 | 4.7 | | | |
| 8 | 0.399 | 2.00 | 3.07 | 0.50 | 4.1 | 5.1 | 5.2 | 6.2 | |
| 9 | 0.388 | 2.00 | 3.48 | 0.50 | 4.5 | 5.5 | | | |
| 10 | 0.277 | 2.00 | 3.89 | 0.50 | 4.9 | 5.9 | | | |
| 11 | 0.150 | 2.00 | 4.17 | 0.50 | 5.2 | 6.2 | | | |

Kontrol terhadap gaya tarik

| No | hz (m) | Tinggi Panel (m) | Lebar Panel (m) | Gaya Tanah (kn) | Akibat be (kn) | Gaya total (kn) | mlah str (kn) | T allow (kn) | Gaya Tarik (kn) | Keterangan |
|----|--------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|------------|
| 1 | 7.50 | 1.42 | 1.65 | 98.11 | 11.72 | 109.82 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 2 | 6.08 | 1.42 | 1.65 | 77.59 | 11.72 | 89.30 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 3 | 4.66 | 1.42 | 1.65 | 57.07 | 11.72 | 68.79 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 4 | 3.24 | 1.42 | 1.65 | 36.55 | 11.72 | 48.27 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 5 | 1.82 | 1.42 | 1.65 | 16.04 | 11.72 | 27.75 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 6 | 0.40 | 0.40 | 1.65 | 0.81 | 3.30 | 4.11 | 4 | 16.40 | 65.591 | OK |

Zona 3

Menentukan panjang freyssissol

| No | tinggi m | Kuat tarik allow geotextile KNm' | σv kn/m2 | Ka | σh | | | Sf Rencana | Sv m | t atas kn/m2 | t bawah kn/m2 |
|----|----------|----------------------------------|----------|------|-----------|-----------|--------------|------------|------|--------------|---------------|
| | | | | | σhq kn/m2 | σhs kn/m2 | σh tot kn/m2 | | | | |
| 1 | 0.35 | 16.40 | 25.596 | 0.33 | 2.0625 | 6.46938 | 8.532 | 1.50 | 0.70 | 8.32 | 16.64 |
| 2 | 1.05 | 16.40 | 20.254 | 0.33 | 2.0625 | 4.68875 | 6.751 | 1.50 | 0.72 | 6.58 | 6.58 |
| 3 | 1.77 | 16.40 | 14.759 | 0.33 | 2.0625 | 2.85725 | 4.920 | 1.50 | 0.70 | 4.80 | 4.80 |
| 4 | 2.47 | 16.40 | 9.417 | 0.33 | 2.0625 | 1.07663 | 3.139 | 1.50 | | 3.06 | 3.06 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Menentukan panjang freyssissol (lanjutan)

| No | Le belakang bidang (m) | Le pembulatan (m) | Le Pakai (meter) | Ld dalam bidang (meter) | Lo (meter) | L Total Hitung (meter) | L Total Pakai (meter) | L total hitung | L total pakai |
|----|------------------------|-------------------|------------------|-------------------------|------------|------------------------|-----------------------|----------------|---------------|
| | m | m | m | m | m | m | m | m | m |
| 1 | 0.258 | 1.00 | 2.00 | 0 | 0.50 | 1.0 | 2.0 | 4.7 | 5.7 |
| 2 | 0.399 | 1.00 | 2.00 | 3.27 | 0.50 | 4.3 | 5.3 | | |
| 3 | 0.388 | 1.00 | 2.00 | 3.68 | 0.50 | 4.7 | 5.7 | | |
| 4 | 0.000 | 0.00 | 1.00 | 4.09 | 0.00 | 4.1 | 5.1 | | |

Kontrol terhadap gaya tarik

| No | hz (m) | Tinggi Panel (m) | Lebar Panel (m) | Gaya Tanah (kn) | Akibat be (kn) | Gaya total (kn) | mlah str (kn) | T allow (kn) | Gaya Tarik (kn) | Keterangan |
|----|--------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|--------------|-----------------|------------|
| 1 | 2.89 | 1.42 | 1.65 | 31.54 | 11.72 | 43.26 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |
| 2 | 1.47 | 1.47 | 1.65 | 11.04 | 12.15 | 23.20 | 8 | 16.40 | 131.182 | OK |

Rekap kebutuhan micropile untuk perkuatan freyssissol

| Zona | panjang cerucuk | | | f kg/cm ³ | T cm | fm | faktor koreksi | pmax 1 cerucuk kn | Δmr kn m | R longsor m | jumlah buah |
|-------------------|-------------------------|--------------------------|------------|-------------------------|----------|------|----------------|----------------------|-------------|----------------|----------------|
| | diatas bid longsor m | dibawah bid longsor m | total m | | | | | | | | |
| SOIL PRELOADING | | | | | | | | | | | |
| ZONA 1 | 2 | 6 | 8 | 0.032 | 205.5061 | 0.95 | 1.496989 | 30.67118 | 2577.23 | 9.05 | 10 |
| ZONA 2 | 4 | 6 | 10 | 0.064 | 178.9034 | 0.93 | 1.657113 | 39.8392 | 4701.46 | 10.96 | 11 |
| ZONA 3 | 2 | 2 | 4 | 0.032 | 205.5061 | 0.98 | 1.496989 | 29.73227 | 120.27 | 5.2 | 1 |
| VACUUM PRELOADING | | | | | | | | | | | |
| ZONA 1 | 2 | 6 | 8 | 0.032 | 205.5061 | 0.95 | 1.496989 | 30.67118 | 2412.03 | 9.05 | 9 |
| ZONA 2 | 4 | 6 | 10 | 0.064 | 178.9034 | 0.93 | 1.657113 | 39.8392 | 4391.89 | 10.96 | 11 |

Perhitungan biaya tiap alternatif

Perhitungan timbunan miring menggunakan soil preloading

| Timbunan miring + Soil preloading | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------|--------------|-------------------|
| soil preloading & geotextile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 99797.858 | 83,300.00 | 8,313,161,571.40 |
| PVD | m | 165121 | 3,500.00 | 577,923,500.00 |
| PHD | m | 20878 | 27,000.00 | 563,706,000.00 |
| Geotextile | m2 | 263848 | 14,000.00 | 3,693,866,445.64 |
| GRAND TOTAL | | | | 13,148,657,517.04 |
| soil preloading & micropile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 99797.858 | 83,300.00 | 8,313,161,571.40 |
| PVD | m | 165121 | 3,500.00 | 577,923,500.00 |
| PHD | m | 20878 | 27,000.00 | 563,706,000.00 |
| Micropile | m | 36047 | 200,000.00 | 7,209,359,815.20 |
| GRAND TOTAL | | | | 16,664,150,886.60 |

Perhitungan timbunan miring menggunakan vacuum preloading

| Timbunan miring + Vacuum preloading | | | | |
|-------------------------------------|--------|-----------|--------------|-------------------|
| vacuum preloading & geotextile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 99797.858 | 83,300.00 | 8,313,161,571.40 |
| operasional pompa | m2 | 20644.4 | 365,134.00 | 7,537,972,349.60 |
| PVD | m | 165121 | 3,500.00 | 577,923,500.00 |
| PHD | m | 20878 | 27,000.00 | 563,706,000.00 |
| Geotextile | m2 | 206544 | 14,000.00 | 2,891,614,184.76 |
| GRAND TOTAL | | | | 19,884,377,605.76 |
| vacuum preloading & micropile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 99797.858 | 83,300.00 | 8,313,161,571.40 |
| operasional pompa | m2 | 20644 | 365,134.00 | 7,537,972,349.60 |
| PVD | m | 165121 | 3,500.00 | 577,923,500.00 |
| PHD | m | 20878 | 27,000.00 | 563,706,000.00 |
| Micropile | m | 30096 | 200,000.00 | 6,019,248,061.80 |
| GRAND TOTAL | | | | 23,012,011,482.80 |

Lampiran 6 Perkuatan Timbunan

Perhitungan timbunan tegak menggunakan soil preloading

| Timbunan tegak + Soil preloading | | | | |
|---|--------|--------|--------------|-------------------|
| soil preloading & geotextile wall kombinasi micropile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 67718 | 83,300.00 | 5,640,909,400.00 |
| PVD | m | 92774 | 3,500.00 | 324,709,000.00 |
| PHD | m | 10290 | 27,000.00 | 277,830,000.00 |
| Sheet pile | m | 6397 | 618,700.00 | 3,957,823,900.00 |
| Micropile | m | 29680 | 200,000.00 | 5,936,000,000.00 |
| Geotextile | m2 | 42434 | 14,000.00 | 594,069,585.06 |
| GRAND TOTAL | | | | 16,731,341,885.06 |
| soil preloading & freysissol kombinasi micropile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 67718 | 83,300.00 | 5,640,909,400.00 |
| PVD | m | 92774 | 3,500.00 | 324,709,000.00 |
| PHD | m | 10290 | 27,000.00 | 277,830,000.00 |
| freysissol | m2 | 2419 | 1,800,000.00 | 4,353,300,000.00 |
| Micropile | m | 29680 | 200,000.00 | 5,936,000,000.00 |
| GRAND TOTAL | | | | 16,532,748,400.00 |

Perhitungan timbunan tegak menggunakan vacuum preloading

| Timbunan tegak + Vacuum preloading | | | | |
|--|--------|--------|--------------|-------------------|
| vacuum preloading & geotextile wall kombinasi micro pile | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 67718 | 83,300.00 | 5,640,909,400.00 |
| operasional pompa | m2 | 10920 | 365,134.00 | 3,987,263,280.00 |
| PVD | m | 92774 | 3,500.00 | 324,709,000.00 |
| PHD | m | 10290 | 27,000.00 | 277,830,000.00 |
| Sheet pile | m | 6397 | 618,700.00 | 3,957,823,900.00 |
| Micropile | m | 29680 | 200,000.00 | 5,936,000,000.00 |
| Geotextile | m2 | 42434 | 14,000.00 | 594,069,585.06 |
| GRAND TOTAL | | | | 20,718,605,165.06 |
| vacuum preloading & freysissol | | | | |
| Nama material | satuan | volume | harga satuan | total |
| Tanah timbunan | m3 | 67718 | 83,300.00 | 5,640,909,400.00 |
| operasional pompa | m2 | 10920 | 365,134.00 | 3,987,263,280.00 |
| PVD | m | 92774 | 3,500.00 | 324,709,000.00 |
| PHD | m | 10290 | 27,000.00 | 277,830,000.00 |
| freysissol | m2 | 2419 | 1,800,000.00 | 4,353,300,000.00 |
| Micropile | m | 29380 | 200,000.00 | 5,876,000,000.00 |
| GRAND TOTAL | | | | 20,460,011,680.00 |

Lampiran 7 Spesifikasi Bahan

Produk Geotextile



HUESKER STABLENKA® DATA SHEET HIGH STRENGTH WOVEN GEOTEXTILE FOR SOIL REINFORCEMENT

| PRODUCT | | | 100/50 | 120/120 | 150/45 | 200/45 | 300/45 | 400/50 | 600/50 | 800/50 | 1000/100 |
|--|---------------|------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| MECHANICAL | TEST | UNIT | | | | | | | | | |
| Ultimate tensile strength Longitudinal | EN ISO 10.319 | kN/m | ≥ 100 | ≥ 120 | ≥ 150 | ≥ 200 | ≥ 300 | ≥ 400 | ≥ 600 | ≥ 800 | ≥ 1000 |
| Transverse | | | ≥ 50 | ≥ 120 | ≥ 45 | ≥ 45 | ≥ 45 | ≥ 50 | ≥ 50 | ≥ 50 | ≥ 100 |
| Tensile strength @ 6% strain : Longitudinal | EN ISO 10.319 | kN/m | ≥ 60 | --- | ≥ 85 | ≥ 120 | ≥ 180 | ≥ 230 | ≥ 320 | ≥ 460 | ≥ 600 |
| Strain @ nominal tensile Strength : longitudinal | EN ISO 10.319 | % | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 | ≤ 10 |
| Transverse | | | ≤ 20 | ≤ 10 | ≤ 20 | ≤ 20 | ≤ 20 | ≤ 20 | ≤ 20 | ≤ 20 | ≤ 20 |
| Creep after two years @ 50% stress ratio | | % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Produk Micropile

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES

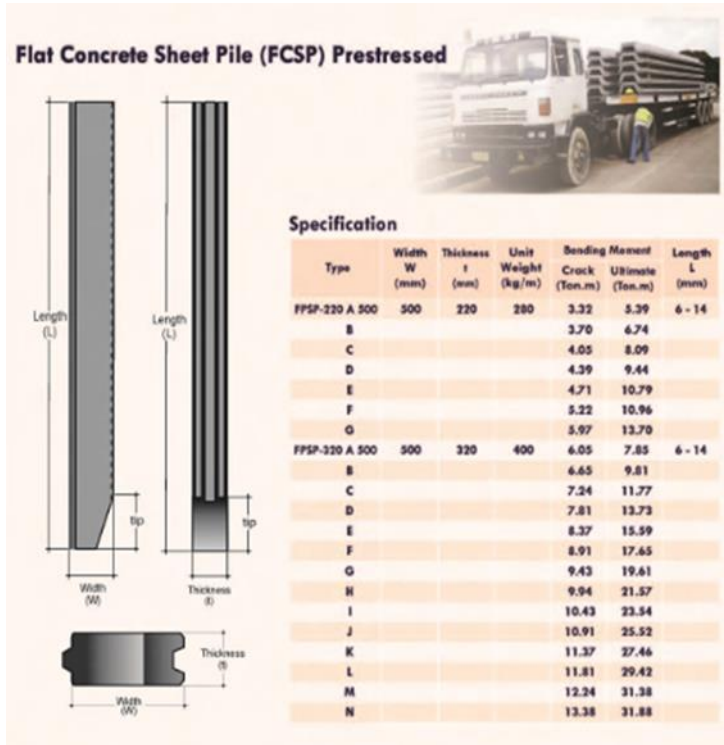
The diagrams illustrate the components and specifications of prestressed concrete spun piles. It shows a 'MIDDLE / UPPER PILE' and a 'BOTTOM / SINGLE PILE' with 'JOINT PLATE' details. A 'PILE SECTION' diagram shows the circular cross-section with 'PRESTRESSING STEEL' and 'SPIRAL' reinforcement, and a 'PERFORATED SIDE'.

PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION
Concrete Compressive Strength $f_c' = 52 \text{ MPa}$ (Cube 600 kg/cm^3)

| Size | Thickness Wall (t) | Cross Section (cm^2) | Section Inertia (cm^4) | Unit Weight (kg/m) | Class | Bending Moment | | Allowable Compression (ton) | Decompression Tension (ton) | Length of Pile** (m) |
|------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| | | | | | | Crack* (ton.m) | Break (ton.m) | | | |
| 300 | 60 | 452.39 | 34,607.78 | 113 | A2 | 2.50 | 3.75 | 72.60 | 23.11 | 6 - 12 |
| | | | | | A3 | 3.00 | 4.50 | 70.75 | 29.86 | 6 - 13 |
| | | | | | B | 3.50 | 6.30 | 67.50 | 41.96 | 6 - 14 |
| | | | | | C | 4.00 | 8.00 | 65.40 | 49.66 | 6 - 15 |


Lampiran 7 Spesifikasi Bahan

Produk sheet pile



Lampiran 7 Spesifikasi Bahan

Produk freyssisol

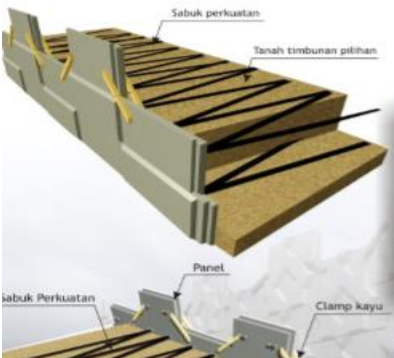


G E O F O R C E I N D O N E S I A
geosynthetic engineering

GSRW

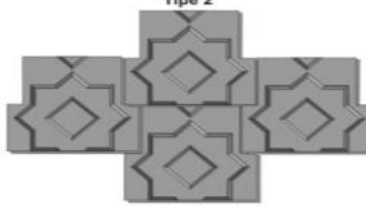
Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW) adalah suatu konstruksi dinding penahan tanah dari lapisan-lapisan tanah timbunan yang dipadatkan dengan sistem perkuatan menggunakan sabuk (*friction tie*).

Facing dari dinding penahan tanah GSRW ini terbuat dari beton precast yang dicetak dengan akurasi tinggi.

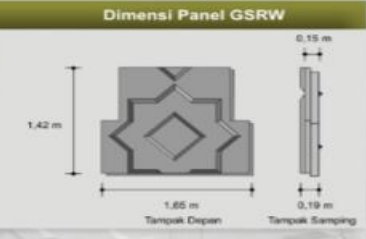


Sabuk perkuatan
Tanah timbunan pilihan
Panel
Sabuk Perkuatan
Clamp kayu

Geoforce Segmental Retaining Wall (GSRW) Tipe 2

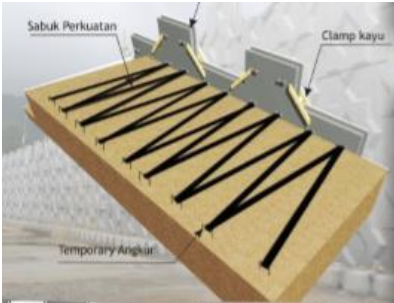


Dimensi Panel GSRW




1.42 m
1.85 m
0.19 m
Tampak Depan
Tampak Samping

Gambar Potongan GSRW



Sabuk Perkuatan
Clamp kayu
Temporary Angkur

Gambar Potongan GSRW



1.42 m
1.85 m
0.19 m
Tampak Depan
Tampak Samping
Panel Beton
Sabuk Perkuatan
70 cm
35 cm

www.geoforce-indonesia.com

G E O F O R C E I N D O N E S I A
geosynthetic engineering

Lampiran 7 Spesifikasi Bahan

Spesifikasi PVD dan PHD

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

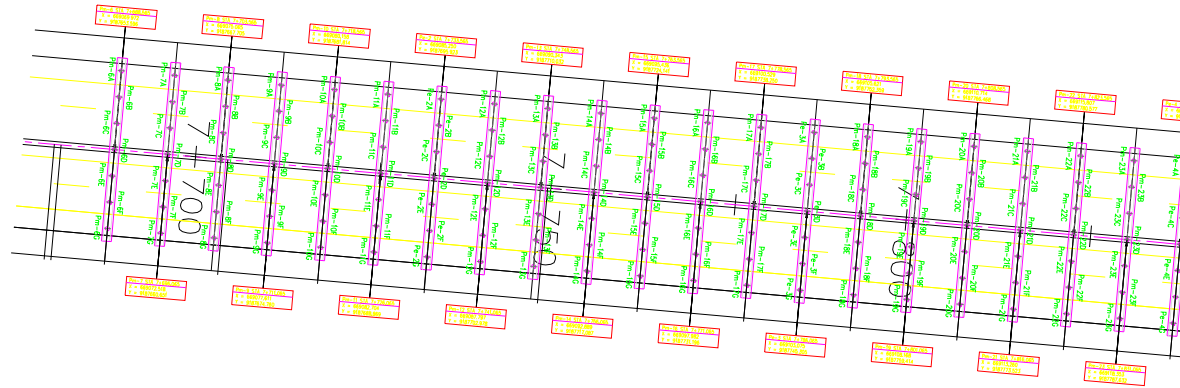
Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage at 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

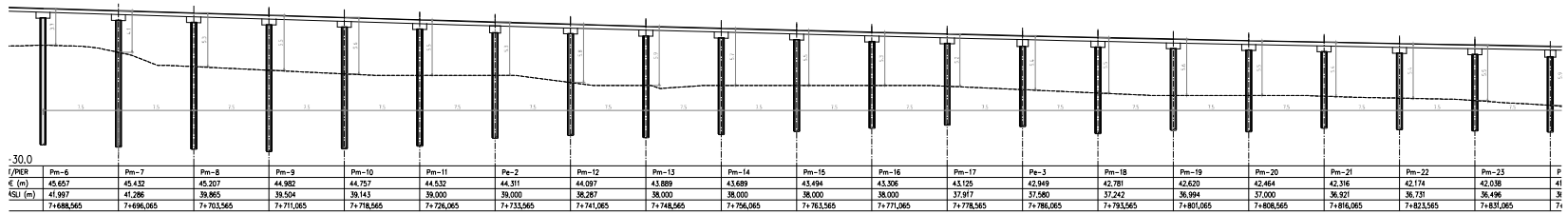
| Physical properties | | Unit | CT-D822 |
|---------------------|---------------|------|----------|
| Drain Body | Configuration | - | 3000x130 |
| | Material | - | PP |
| | Colour | - | white |
| Filter Jacket | Material | - | PET |
| | Colour | - | Grey |
| Assembled Drain | Weight | g/m | 75 |
| | Width | mm | 100 |
| | Thickness | mm | 4 |

| Mechanical properties | | Symbol | Test | Unit | CT-D822 |
|------------------------|-------------------------------------|--------|------------|------|--------------------------|
| Filter Jacket | | | | | |
| | Crack Tensile Strength | F | ASTM D4632 | N | 480 |
| | Elongation | ε | ASTM D4632 | % | 32 |
| | Tear Strength | | ASTM D4533 | N | 120 |
| | Pore Size | CL | ASTM D4751 | µm | < 75 |
| | Permeability | k | ASTM D4491 | m/s | > 1.9 x 10 ⁻⁷ |
| Assembled Drain | | | | | |
| | Tensile Strength | F | ASTM D4595 | kN | 2.75 |
| | Elongation at break | ε | ASTM D4595 | % | 48 |
| | Strength at 10% elongation | F | ASTM D4595 | kN | 2.2 |
| | Elongation at 1 kN tensile strength | ε | ASTM D4595 | % | 1.5 |
| | Discharge capacity at 100 kPa | Q | ASTM D4716 | m/s | 158 x 10 ⁻⁷ |
| | Discharge capacity at 150 kPa | Q | ASTM D4716 | m/s | 157 x 10 ⁻⁷ |
| | Discharge capacity at 200 kPa | Q | ASTM D4716 | m/s | 155 x 10 ⁻⁷ |
| | Discharge capacity at 250 kPa | Q | ASTM D4716 | m/s | 150 x 10 ⁻⁷ |
| | Discharge capacity at 300 kPa | Q | ASTM D4716 | m/s | 141 x 10 ⁻⁷ |
| | Discharge capacity at 350 kPa | Q | ASTM D4716 | m/s | 135 x 10 ⁻⁷ |

| 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 |



DENAH STA 7+688 s.d STA 7+838
SKALA 1: 1000

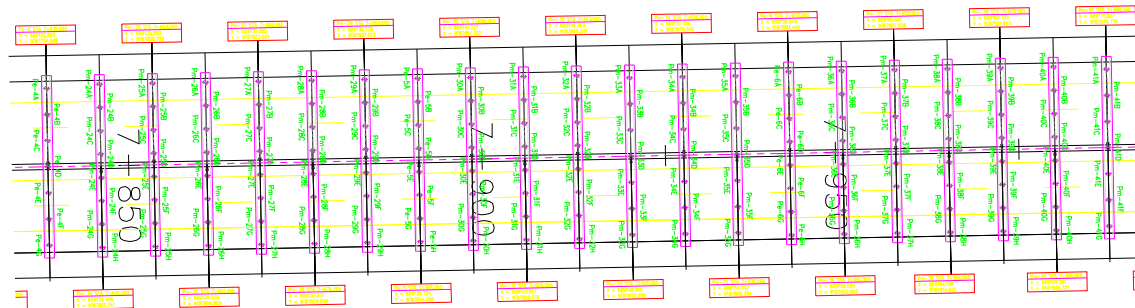


DENAH STA 7+688 s.d STA 7+838
SKALA 1: 1000

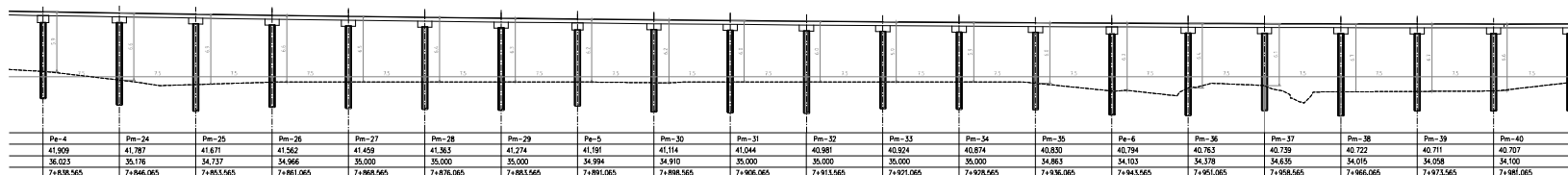


JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSLK - ITS

| JUDUL TUGAS AKHIR | JUDUL GAMBAR | SKALA | NO | DOSEN PEMBIMBING | MAHASISWA |
|---|---|----------|------|---|------------------------------|
| ALTERNATIF PERENCANAAN KONSTRUKSI OPRIT JEMBATAN TOL KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR STA 7+688- STA 8+078 | POTONGAN MEMANJANG ZONA 1 STA 7+688 - 7+838 | 1 : 1000 | 1 | Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT NIP. Putu Tantri Kumana Sari, ST, MT NIP. | Risanda Yugo Pratama NRP. |
| | | | JMLH | | |
| | | | 24 | | |



DENAH STA 7+838 s.d STA 7+988
 SKALA 1: 1000



DENAH STA 7+838 s.d STA 7+988
 SKALA 1: 1000



JUDUL TUGAS AKHIR
ALTERNATIF PERENCANAAN
KONSTRUKSI OPRIT JEMBATAN TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR
STA 7+688- STA 8+078

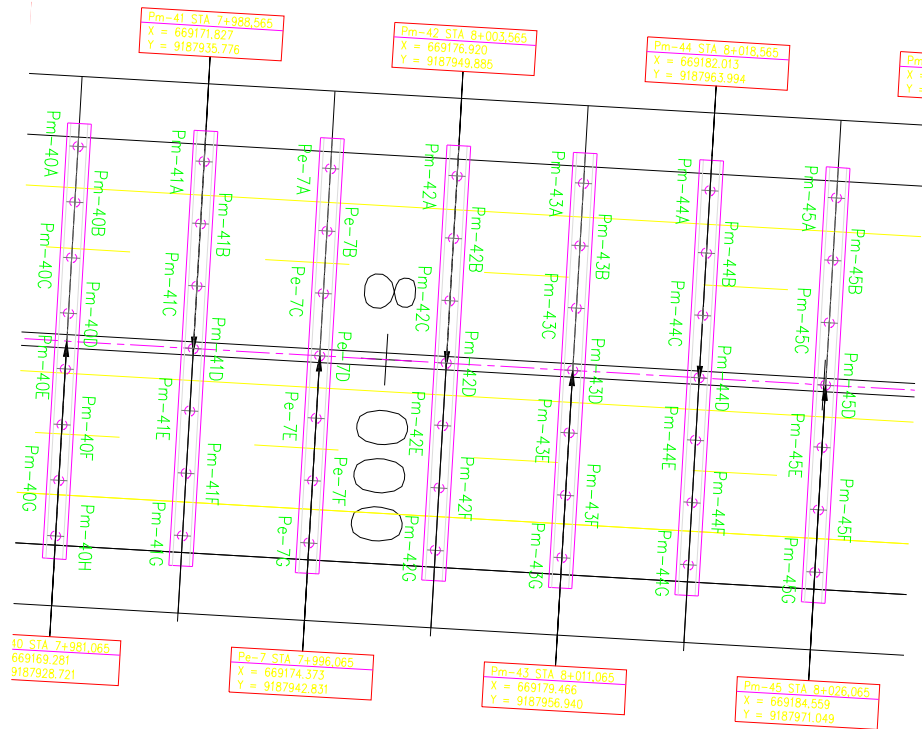
JUDUL GAMBAR
POTONGAN MEMANJANG
ZONA 2 STA 7+838 - 7+988

SKALA
1 : 1000

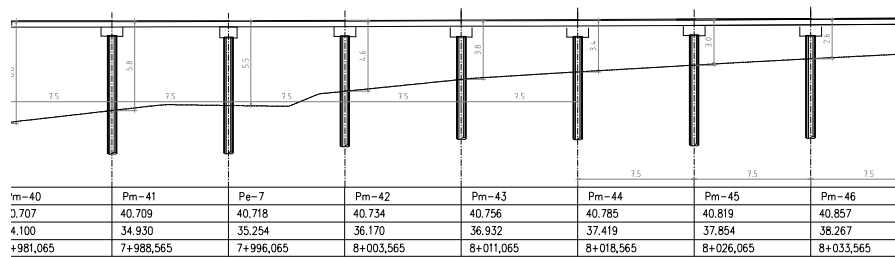
NO
2
JMLH
24

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT
NIP.
Putu Tantri Kumana Sari, ST, MT
NIP.

MAHASISWA
Risanda Yugo Pratama
NRP.



DENAH STA 7+988 s.d STA 8+028
SKALA 1: 1000



DENAH STA 7+988 s.d STA 8+028
SKALA 1: 1000



JUDUL TUGAS AKHIR
ALTERNATIF PERENCANAAN
KONSTRUKSI OPRIT JEMBATAN TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR
STA 7+688- STA 8+078

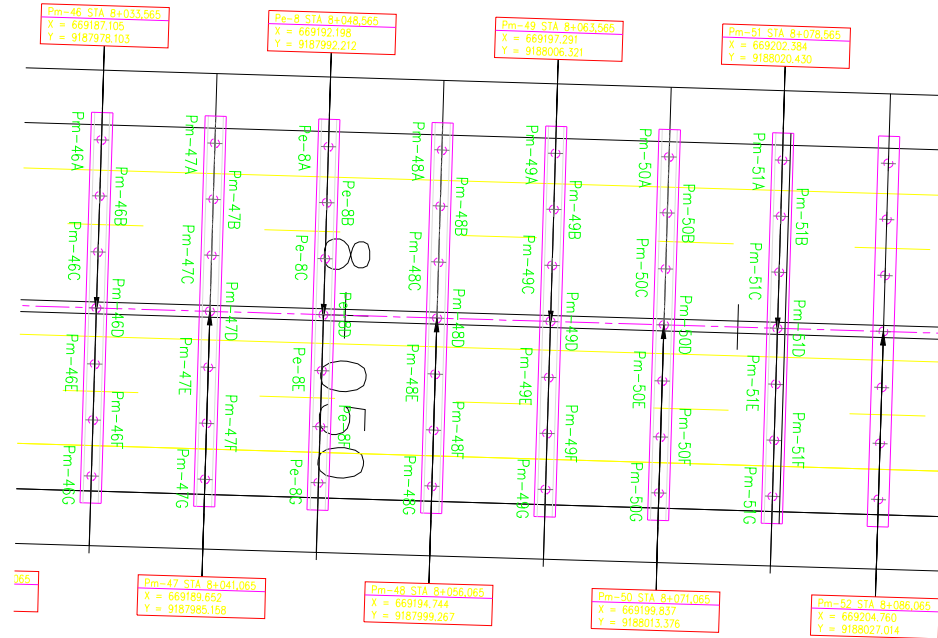
JUDUL GAMBAR
POTONGAN MEMANJANG
ZONA 1 STA 7+988 - 8+028

SKALA
1 : 1000

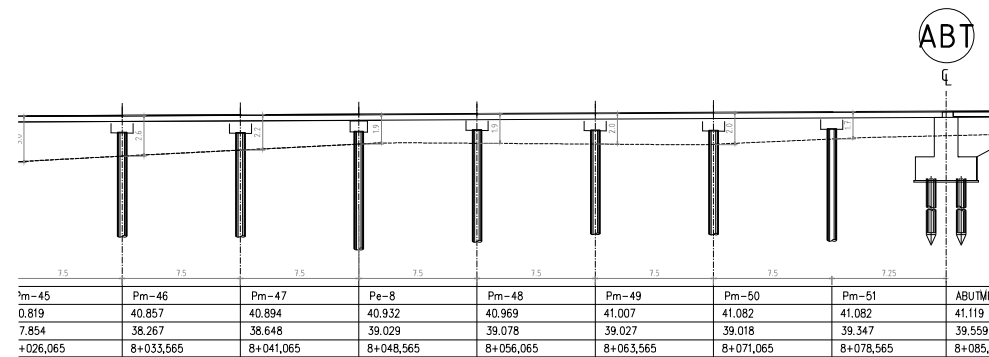
NO
3
JMLH
24

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yudhi Lastiasih,ST., MT
NIP.
Putu Tantri Kumana Sari, ST, MT
NIP.

MAHASISWA
Risanda Yugo Pratama
NRP.



DENAH STA 8+028 s.d STA 8+078
SKALA 1:1000



DENAH STA 8+028 s.d STA 8+078
SKALA 1:1000



JUDUL TUGAS AKHIR
ALTERNATIF PERENCANAAN
KONSTRUKSI OPRIT JEMBATAN TOL
KRIAN-LEGUNDI-BUNDER-MANYAR
STA 7+688- STA 8+078

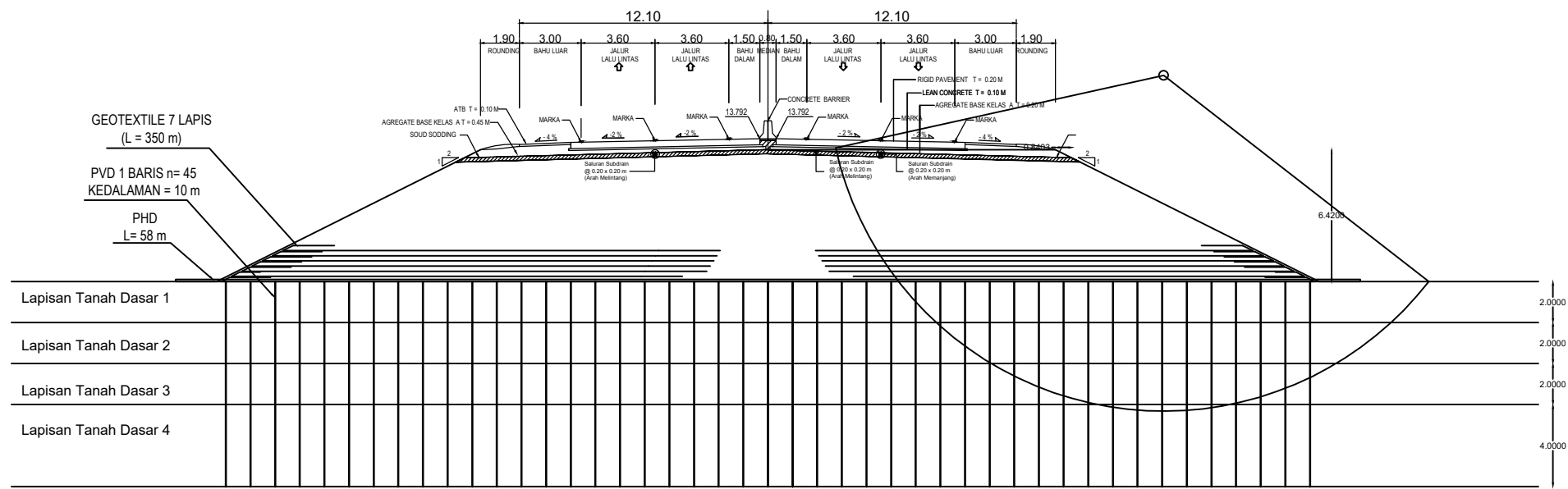
JUDUL GAMBAR
POTONGAN MEMANJANG
ZONA 3 STA 8+028 - 8+078

SKALA
1 : 1000

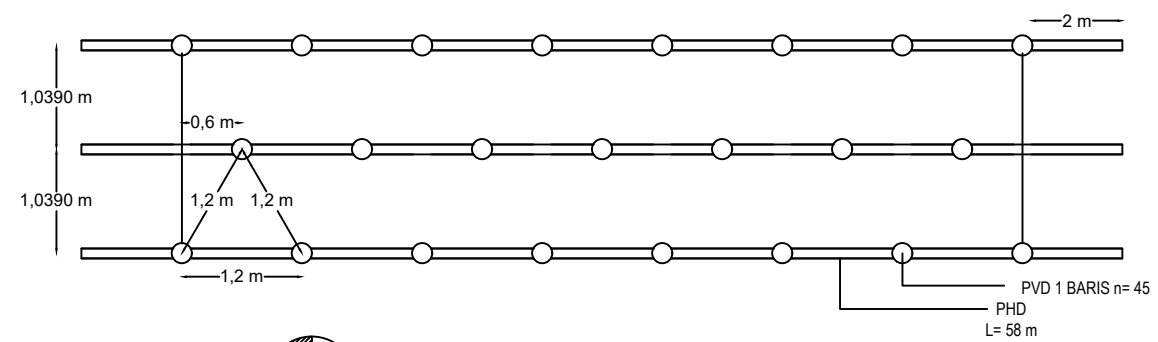
NO
4
JMLH
24

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yudhi Lastiasih,ST., MT
NIP.
Putu Tantri Kumana Sari, ST, MT
NIP.

MAHASISWA
Risanda Yugo Pratama
NRP.



alternatif timb miring preloading dan geotextile zona 1
 SKALA 1 : 300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m
 SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2019

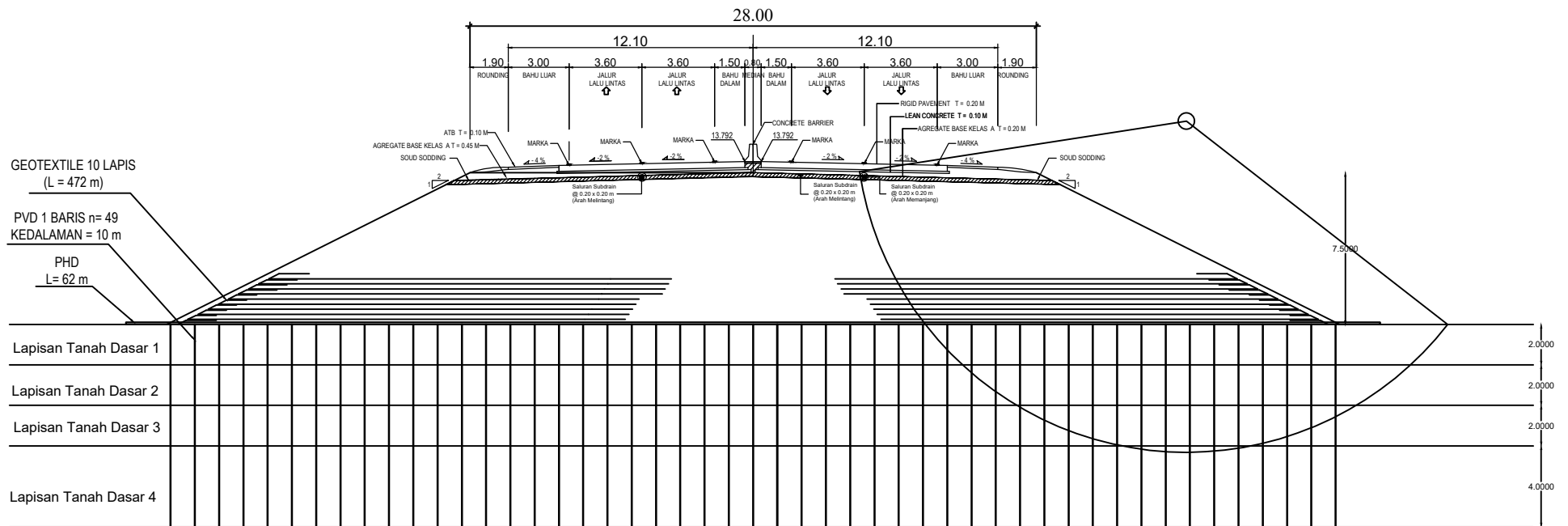
JUDUL TUGAS AKHIR
 Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
 Jembatan Tol
 Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
 7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING
 Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
 Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA
 RISANDA YUGO PRATAMA
 0311174500025

SKALA
 NO. LEMBAR
 5

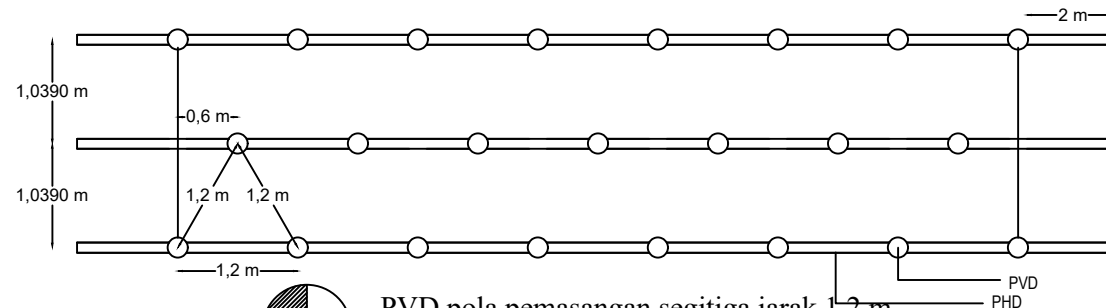
JML LEMBAR
 24



alternatif timb miring preloading dan geotextile zona 2



SKALA 1 : 300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m



SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT.

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
0311174500025

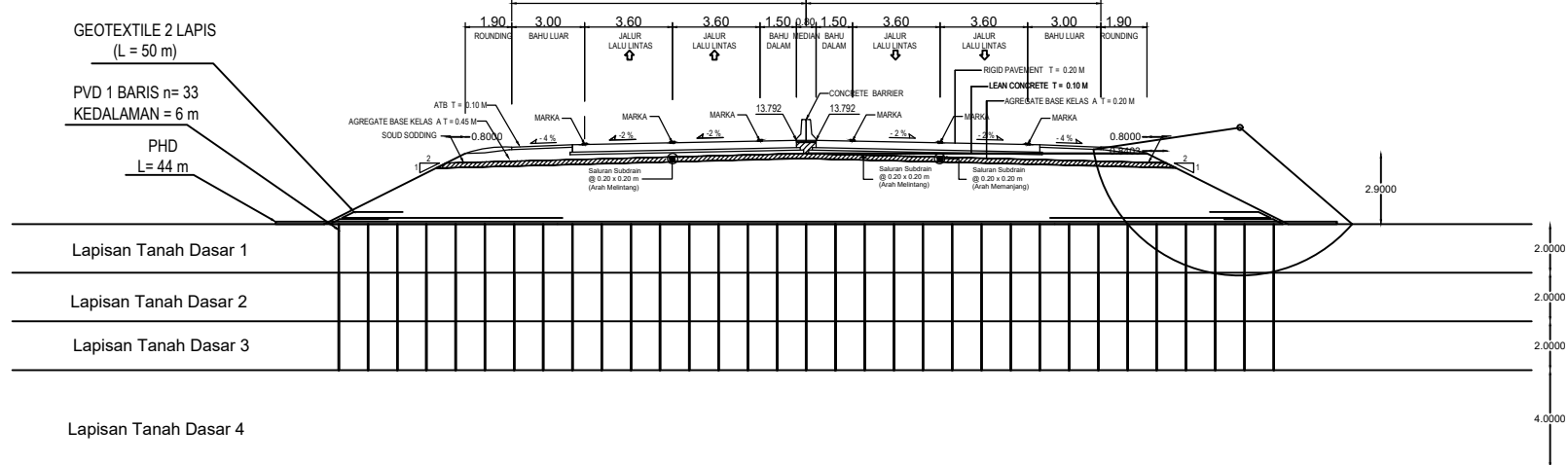
SKALA

NO. LEMBAR

6

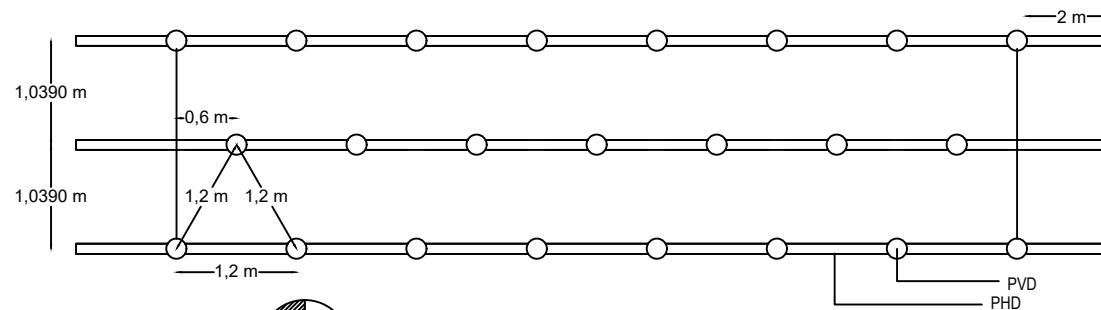
JML LEMBAR

24



alternatif timb miring preloading dan geotextile zona 3

SKALA 1 : 300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
0311174500025

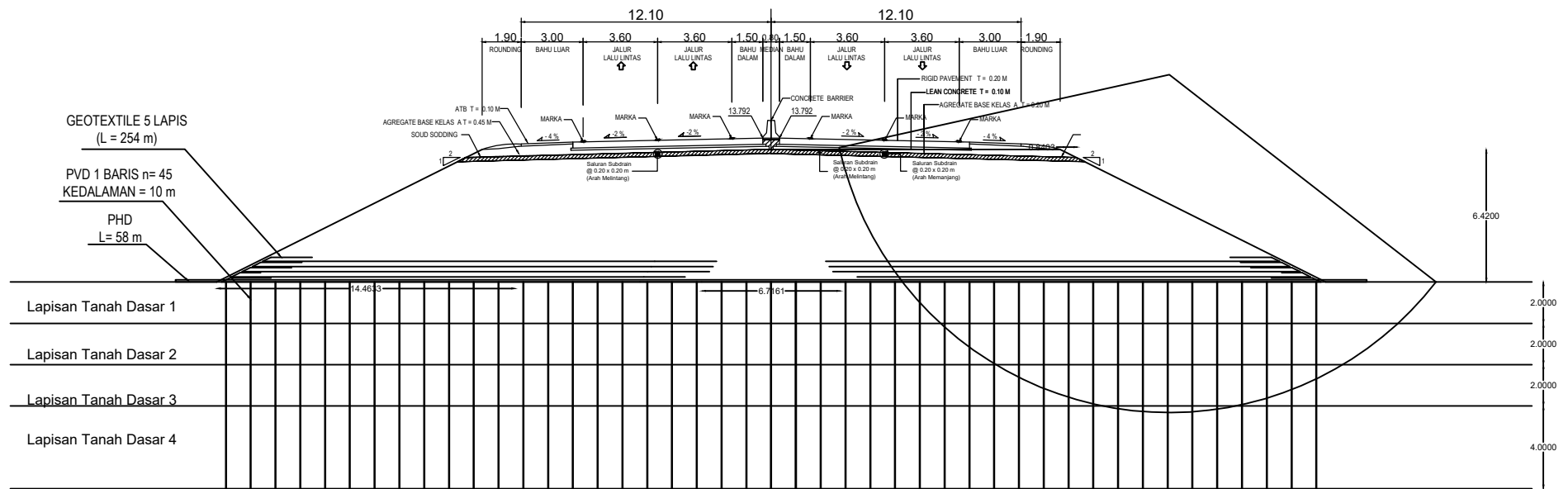
SKALA

NO. LEMBAR

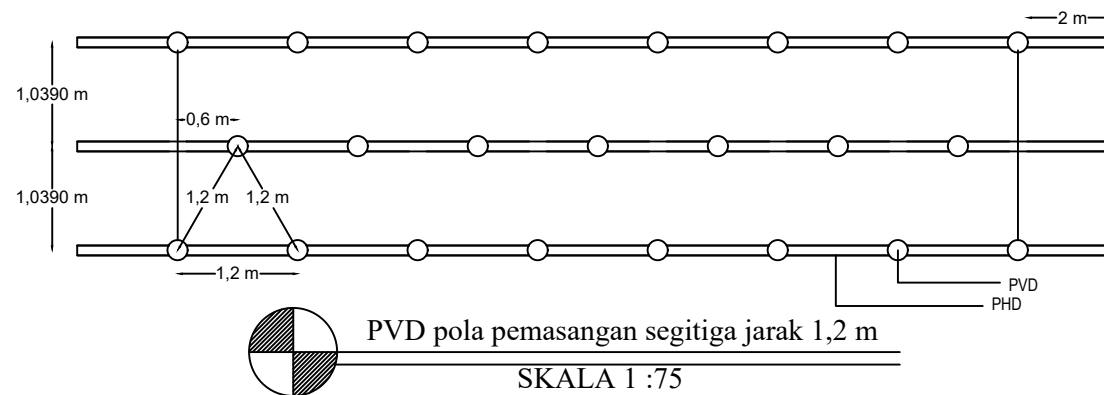
7

JML LEMBAR

24



alternatif timb miring vacuum dan geotextile zona 1
SKALA 1 : 300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m
SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR
Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

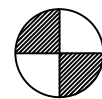
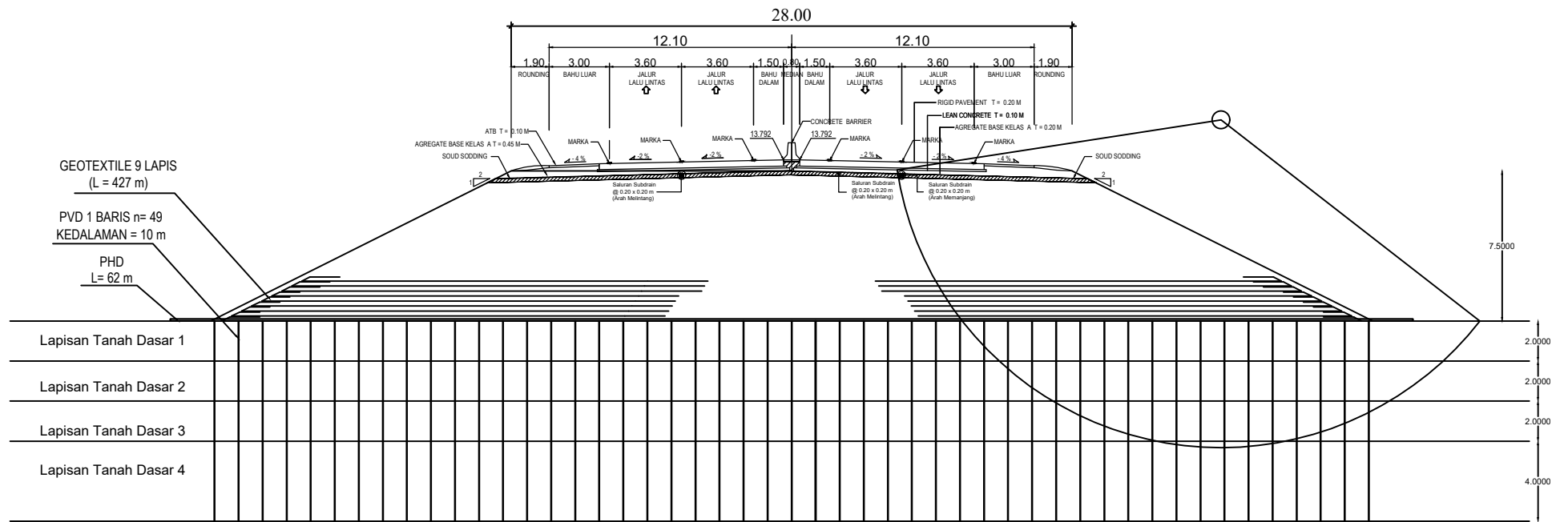
DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA
RISANDA YUGO PRATAMA
03111745000025

SKALA

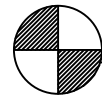
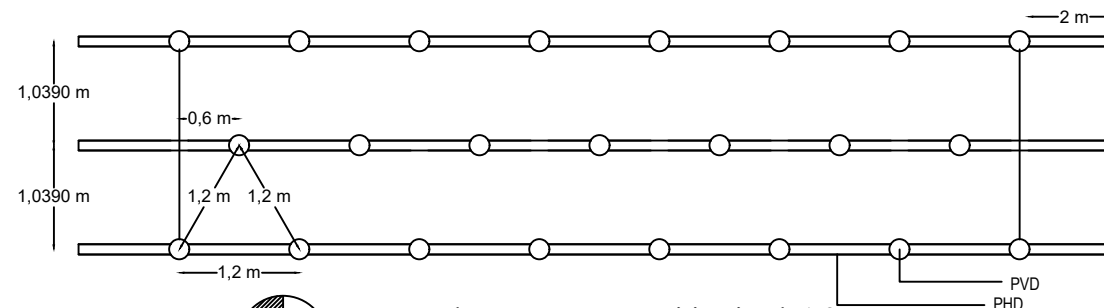
NO. LEMBAR
8

JML LEMBAR
24



alternatif timb miring vacuum dan geotextile zona 2

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR
Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA
RISANDA YUGO PRATAMA
03111745000025

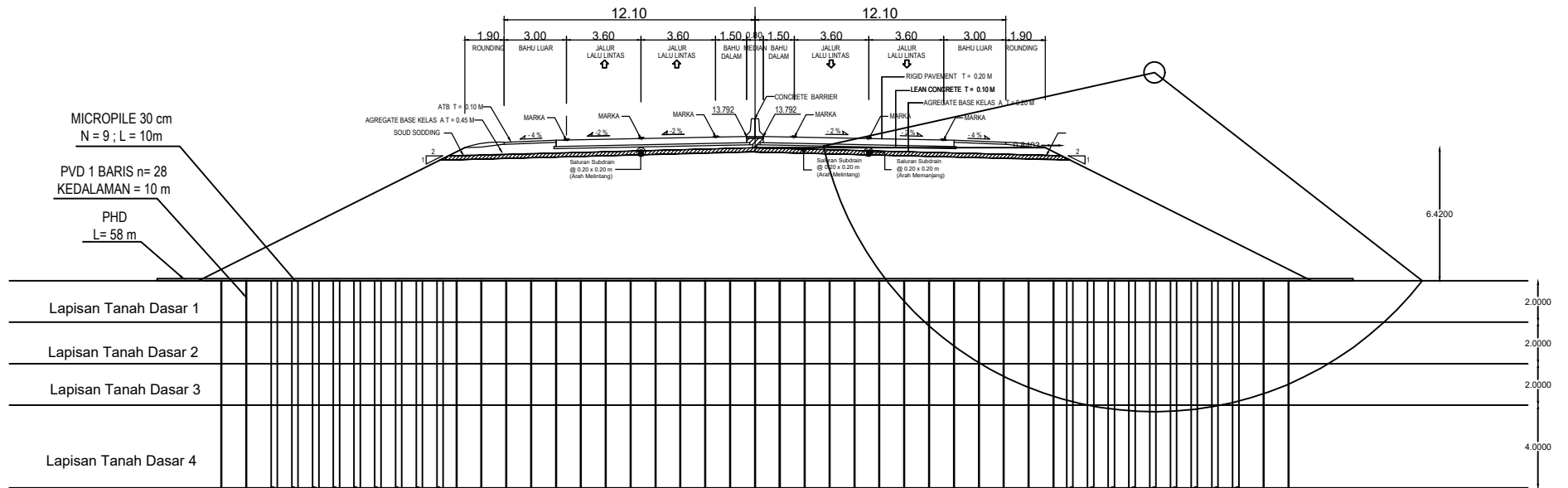
SKALA

NO. LEMBAR

9

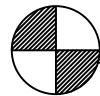
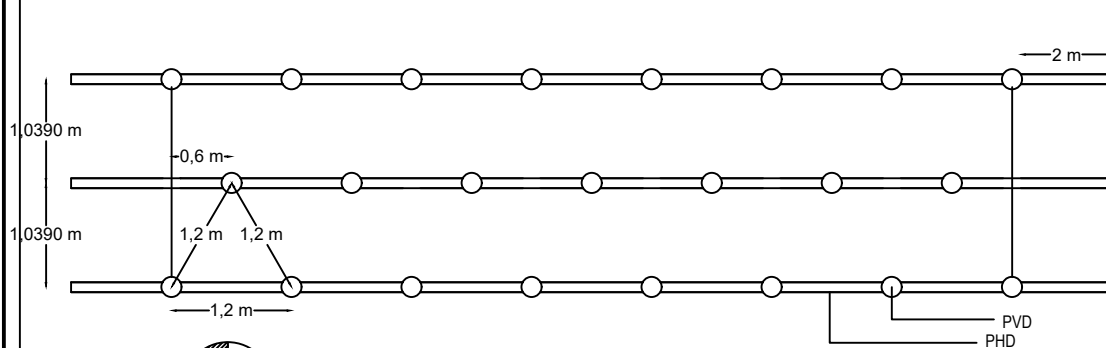
JML LEMBAR

24



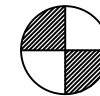
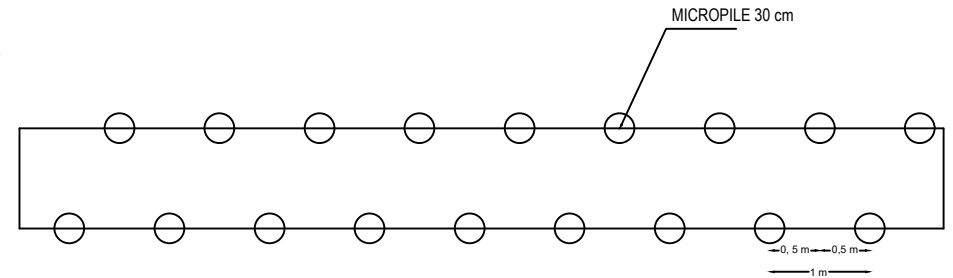
alternatif timb miring preloading dan micropile zona 1

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR
 Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
 Jembatan Tol
 Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
 7+688 - STA 8+078

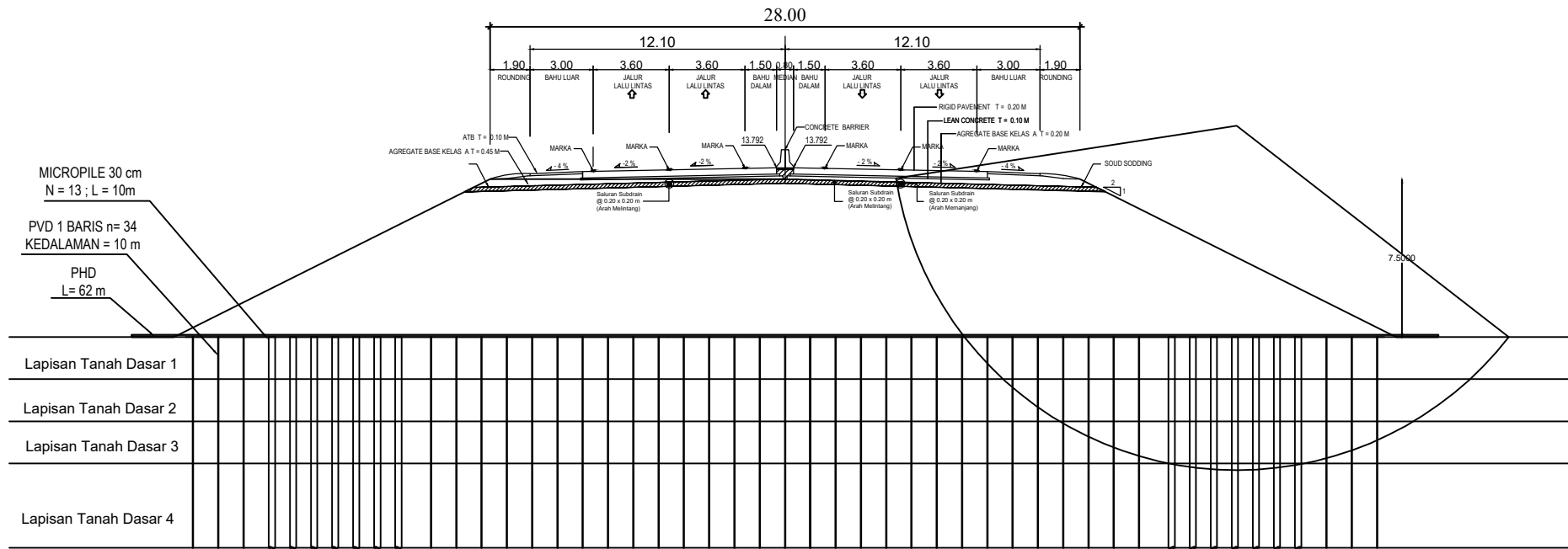
DOSEN PEMBIMBING
 Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
 Putu Tantri Kumana Sari, ST ,MT

NAMA MAHASISWA
 RISANDA YUGO PRATAMA
 03111745000025

SKALA

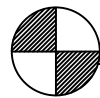
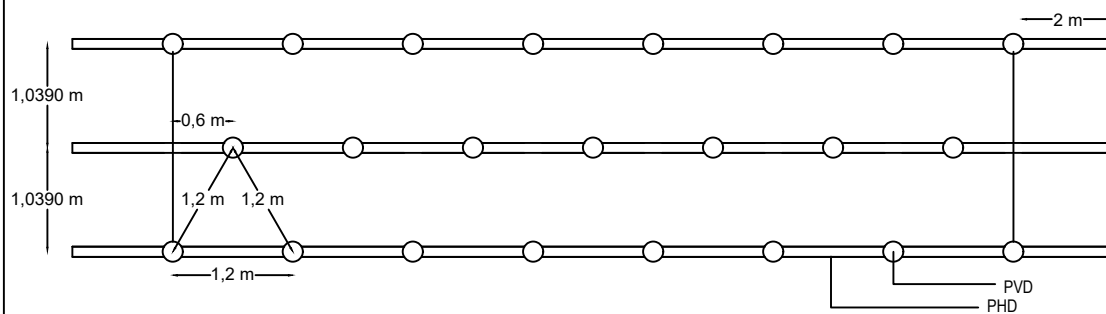
NO. LEMBAR
 10

JML LEMBAR
 24



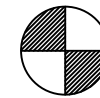
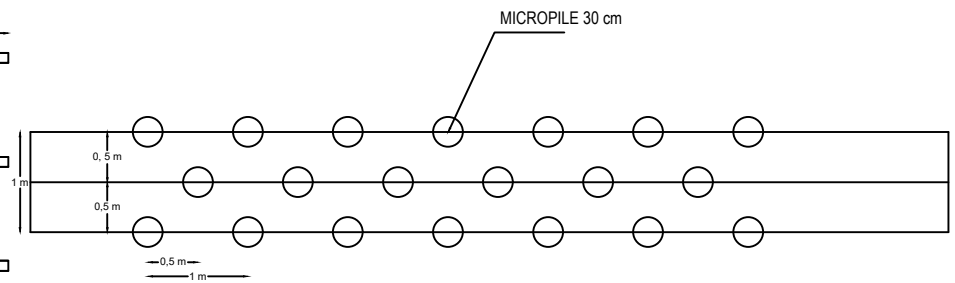
alternatif timb miring preloading dan micropile zona 2

SKALA 1 : 300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 : 75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
0311174500025

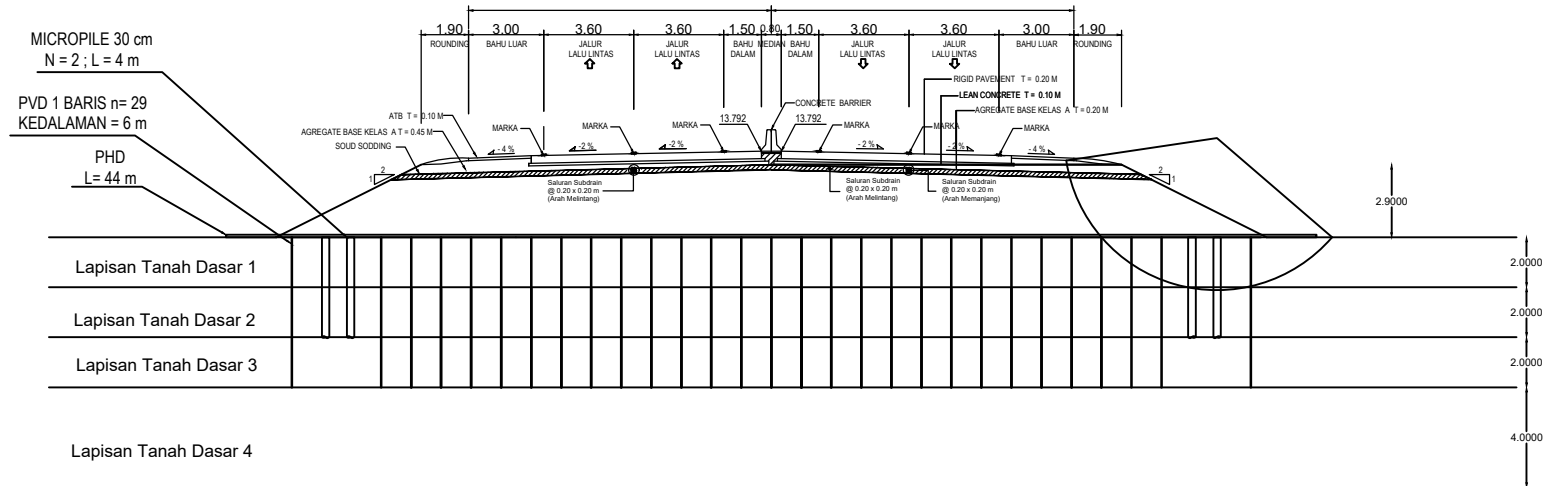
SKALA

NO. LEMBAR

11

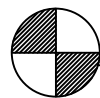
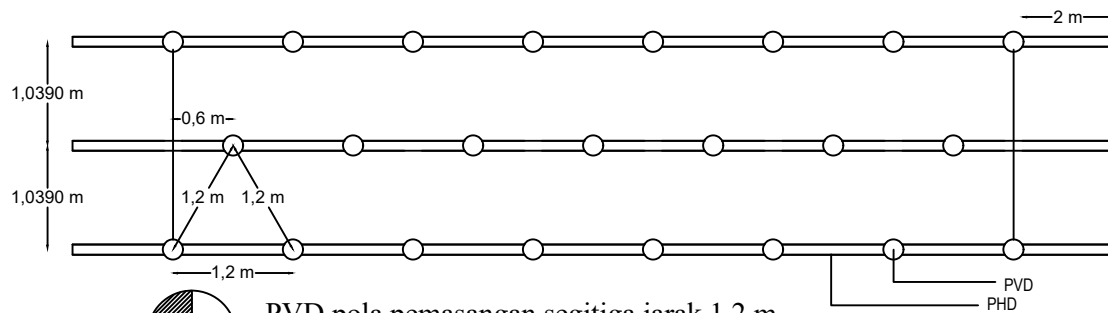
JML LEMBAR

24



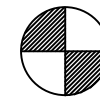
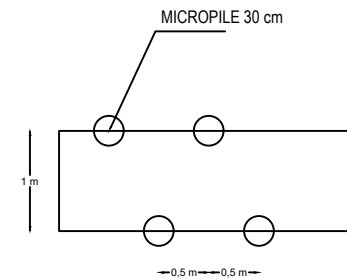
alternatif timb miring preloading dan micropile zona 3

SKALA 1 : 300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 : 75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
0311174500025

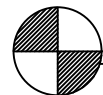
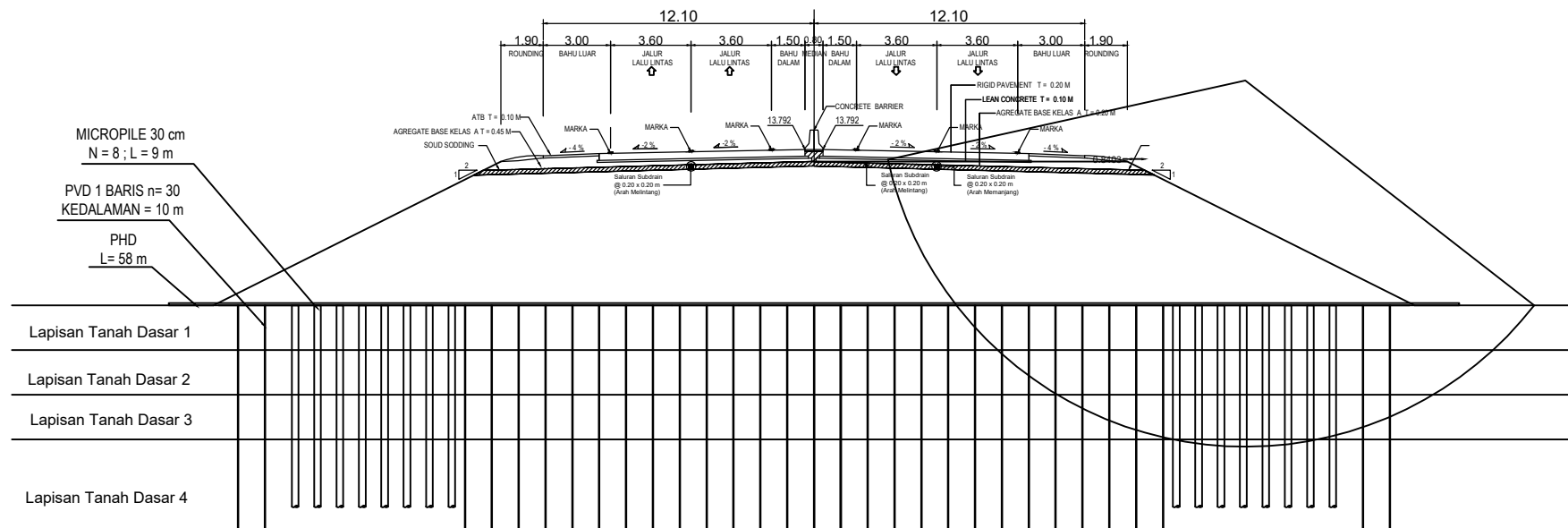
SKALA

NO. LEMBAR

12

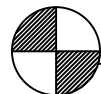
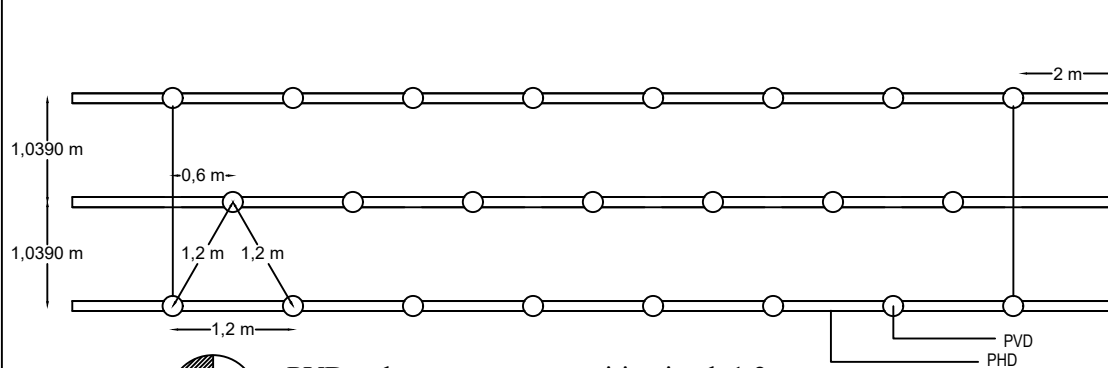
JML LEMBAR

24



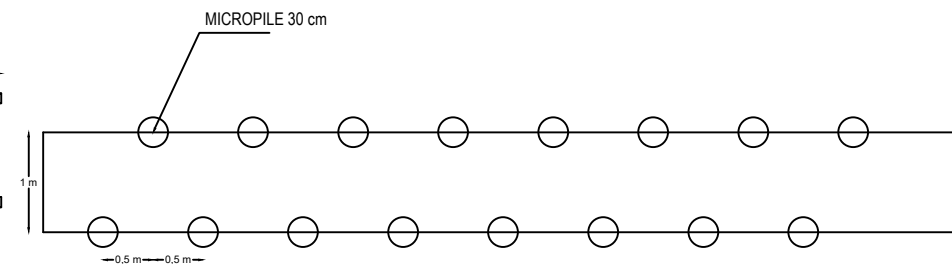
alternatif timb miring vacuum dan micropile zona 1

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprtit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST ,MT

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
03111745000025

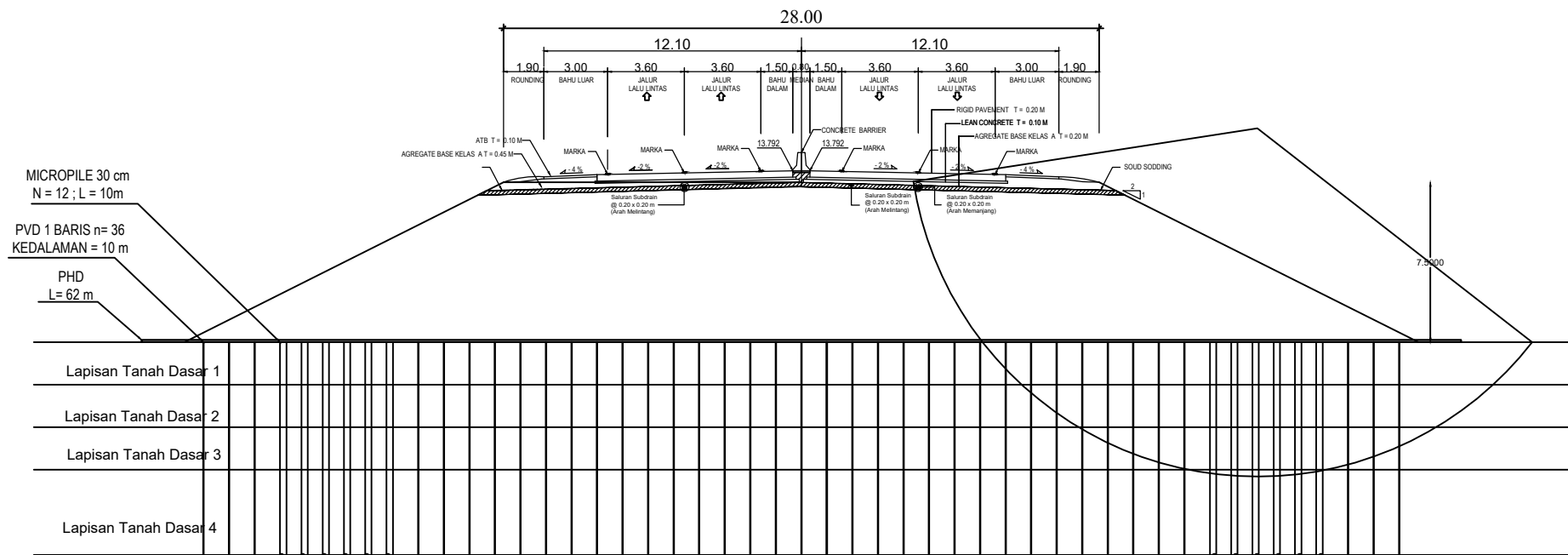
SKALA

NO. LEMBAR

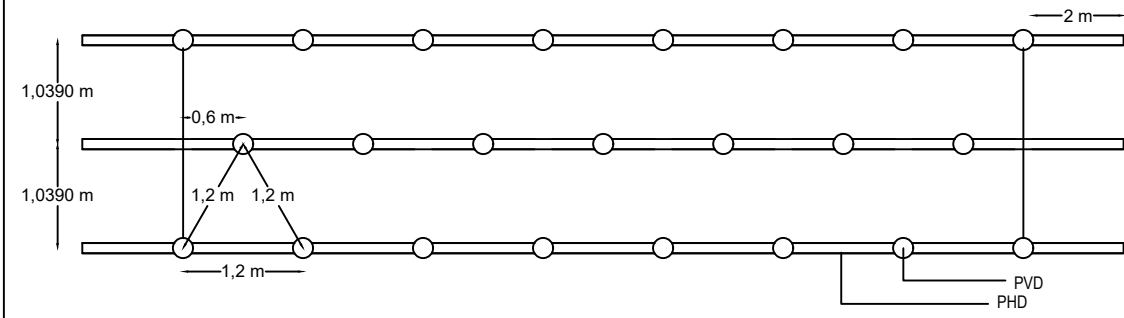
13

JML LEMBAR

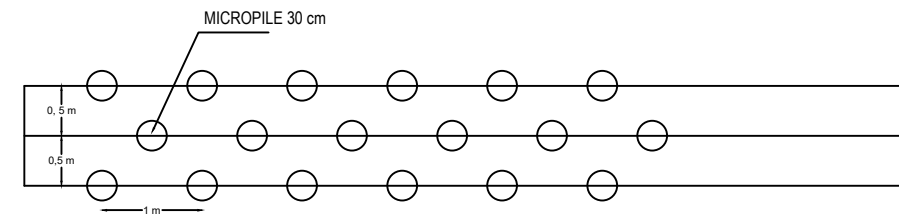
24



alternatif timb miring vacuum dan micropile zona 2
SKALA 1 : 300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m
SKALA 1 : 75

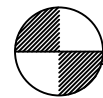
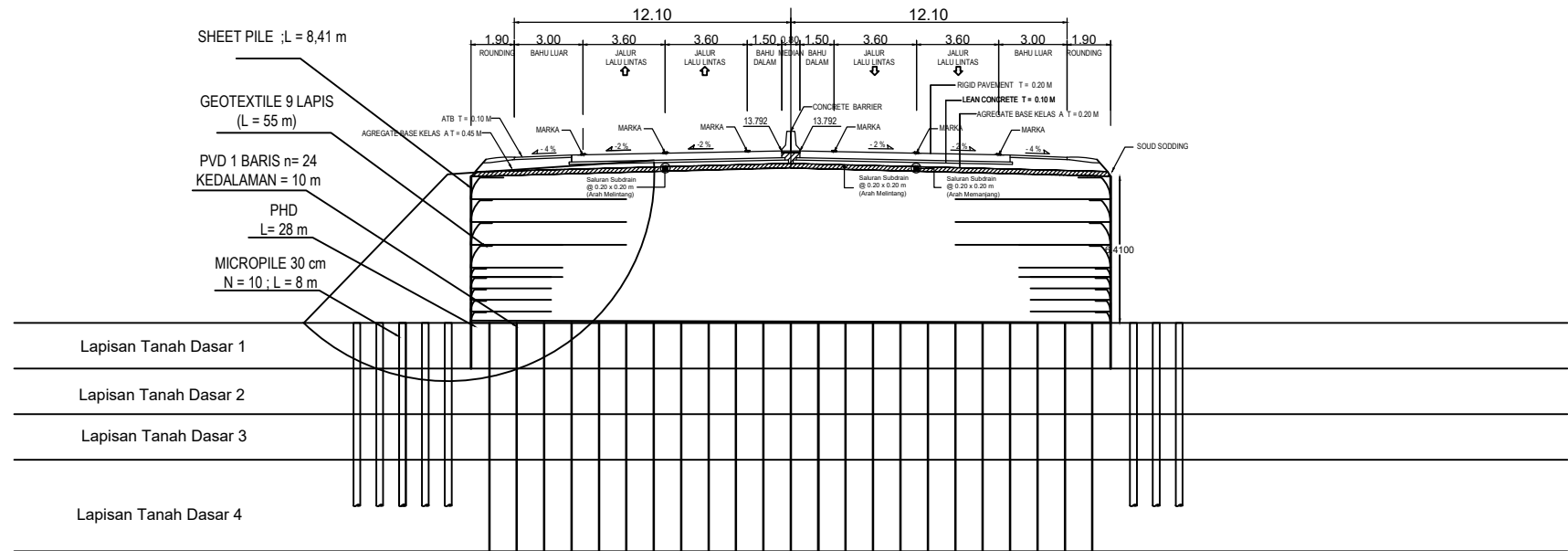


pola pemasangan micropile jarak 1m
SKALA 1 : 75



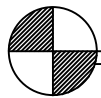
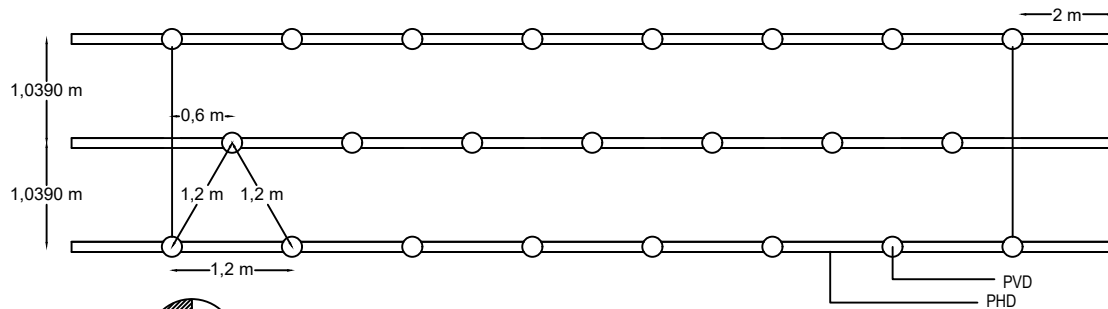
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

| JUDUL TUGAS AKHIR | DOSEN PEMBIMBING | NAMA MAHASISWA | SKALA | NO. LEMBAR | JML LEMBAR |
|--|---|--|-------|------------|------------|
| Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit Jembatan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA 7+688 - STA 8+078 | Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT. Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT | RISANDA YUGO PRATAMA 03111745000025 | | 14 | 24 |



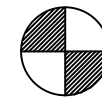
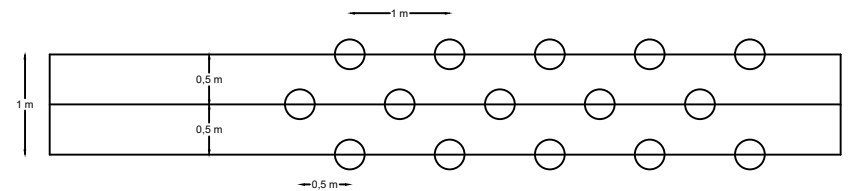
alternatif timb tegak preloading dan geotex zonal

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR
 Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
 Jembatan Tol
 Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
 7+688 - STA 8+078

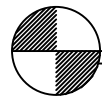
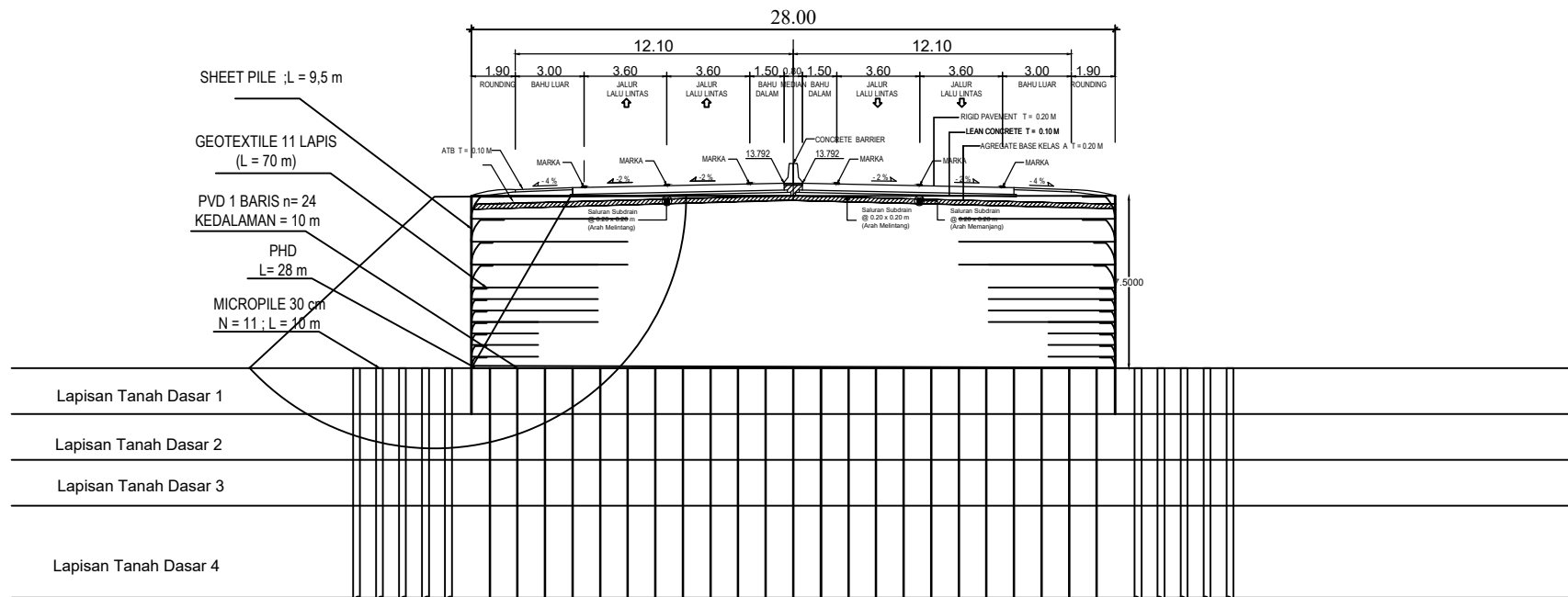
DOSEN PEMBIMBING
 Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
 Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA
 RISANDA YUGO PRATAMA
 0311174500025

SKALA

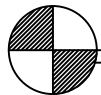
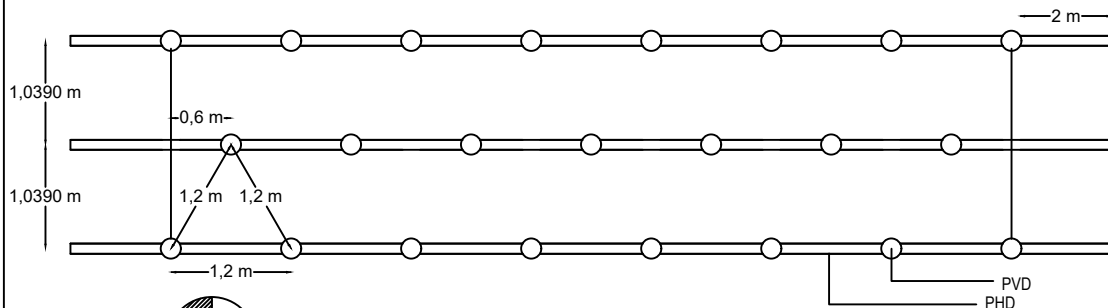
NO. LEMBAR
 15

JML LEMBAR
 24



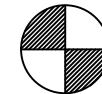
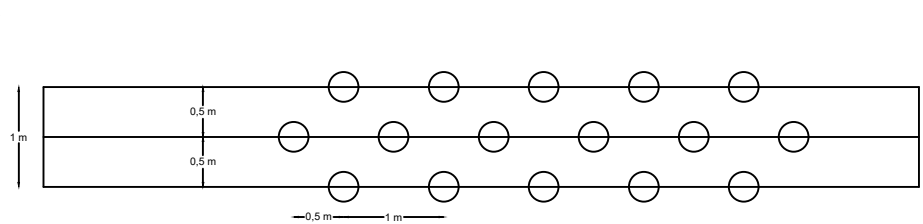
alternatif timb tegak preloading dan geotex zona2

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
03111745000025

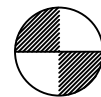
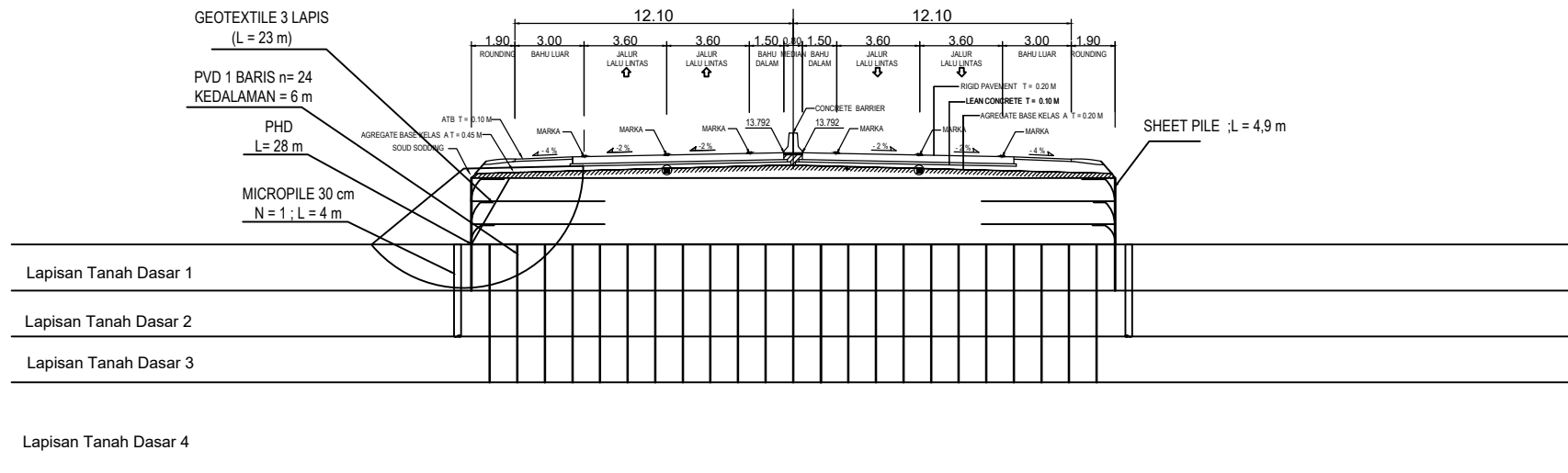
SKALA

NO. LEMBAR

16

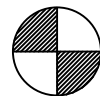
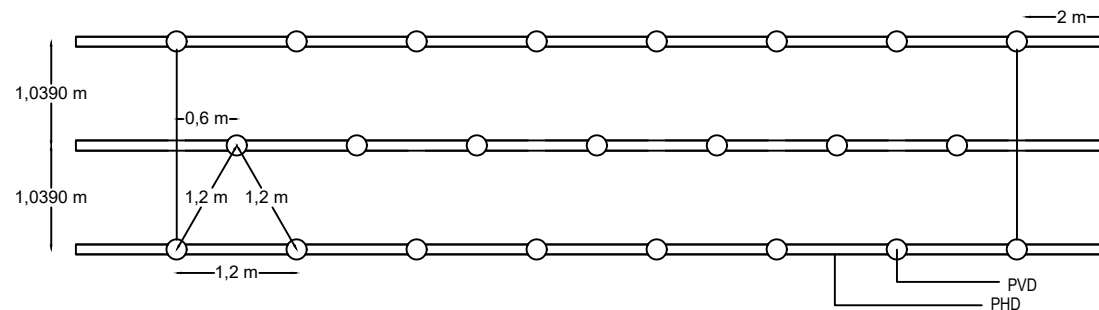
JML LEMBAR

24



alternatif timb tegak preloading dan geotex zona3

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR
Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

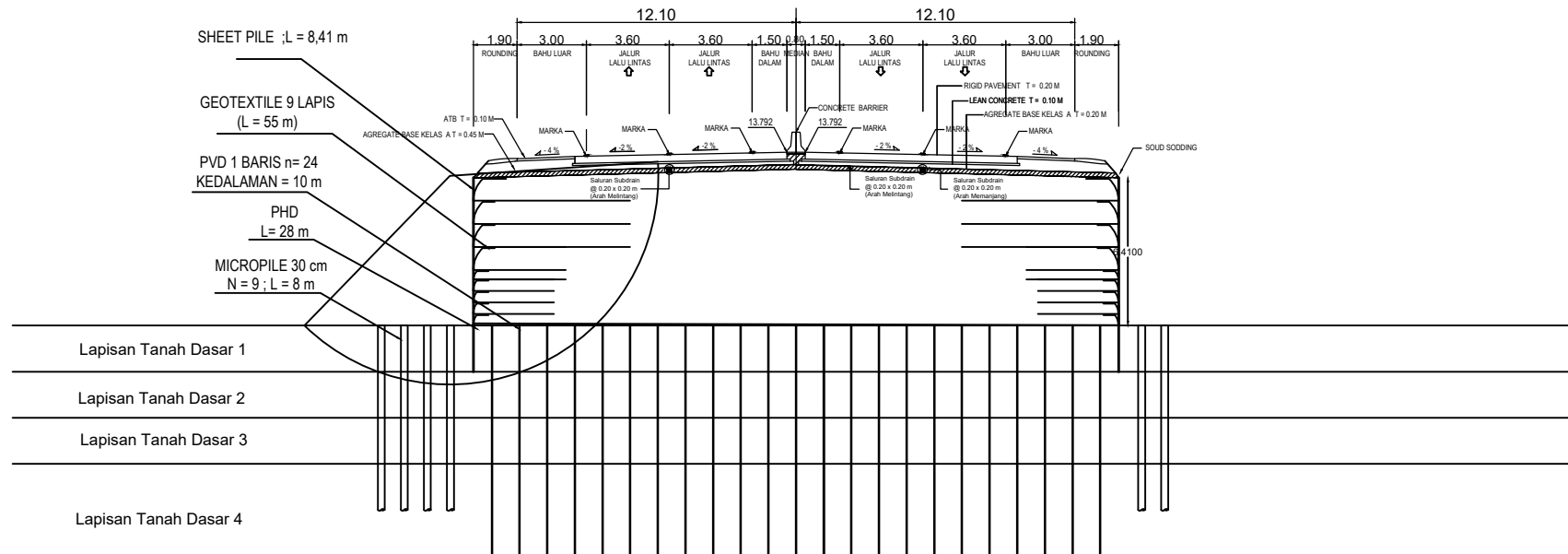
DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA
RISANDA YUGO PRATAMA
03111745000025

SKALA

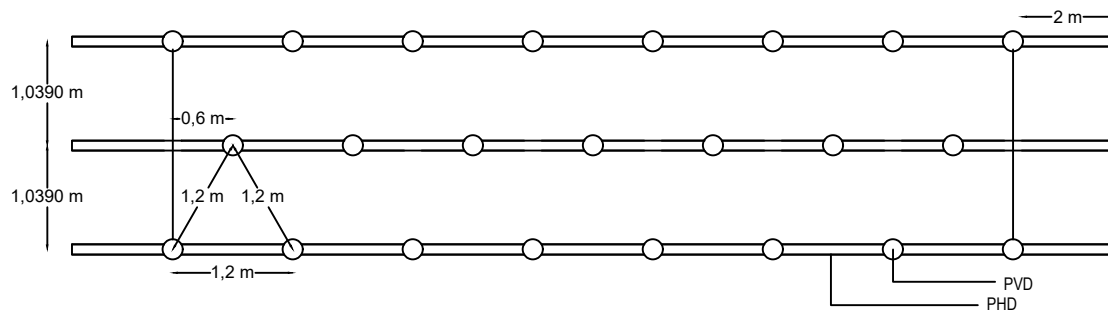
NO. LEMBAR
17

JML LEMBAR
24



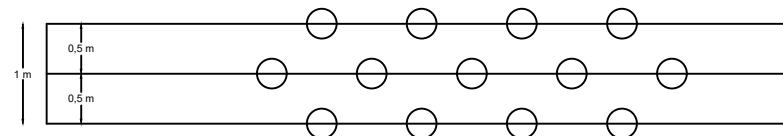
alternatif timb tegak vacuum dan geotex zona I

SKALA 1 : 300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 : 75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
0311174500025

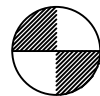
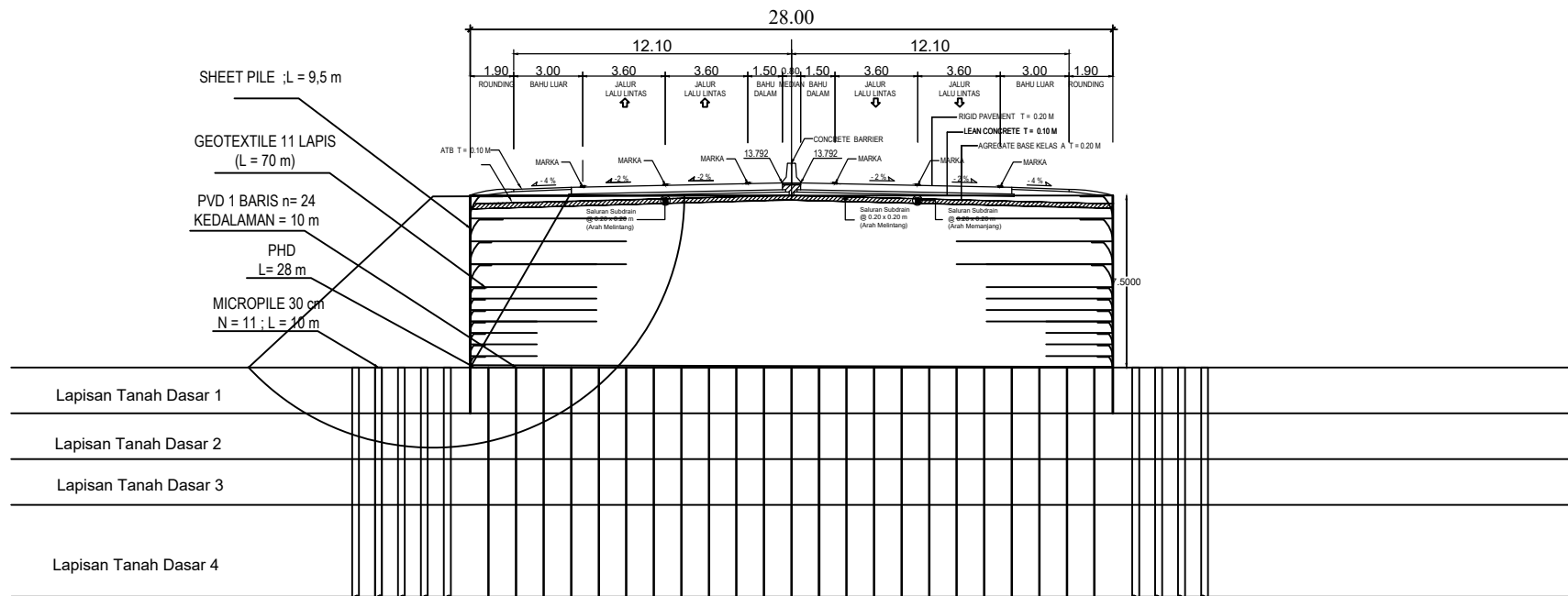
SKALA

NO. LEMBAR

18

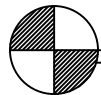
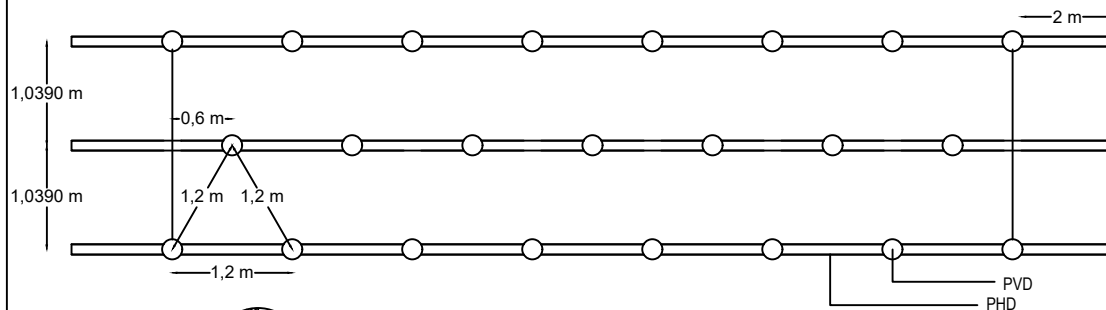
JML LEMBAR

24



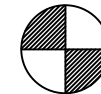
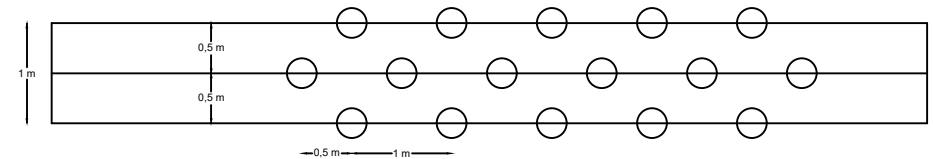
alternatif timb tegak vacuum dan geotex zona2

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR
Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA
RISANDA YUGO PRATAMA
0311174500025

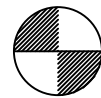
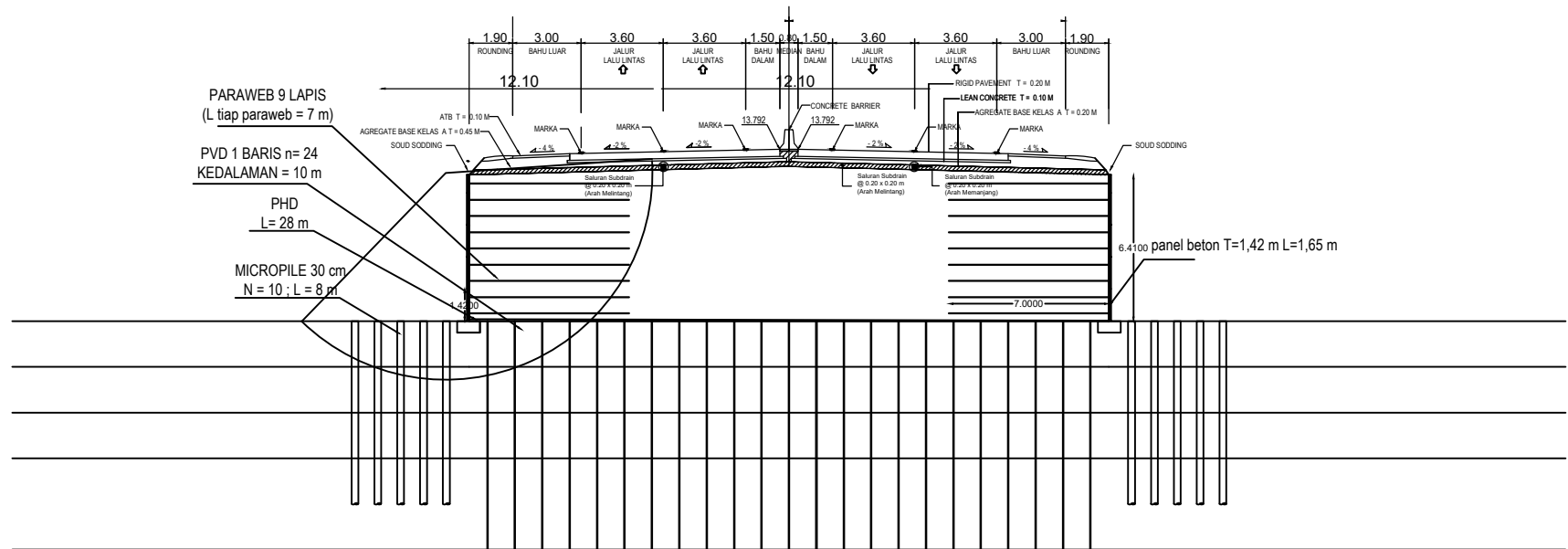
SKALA

NO. LEMBAR

JML LEMBAR

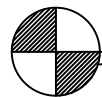
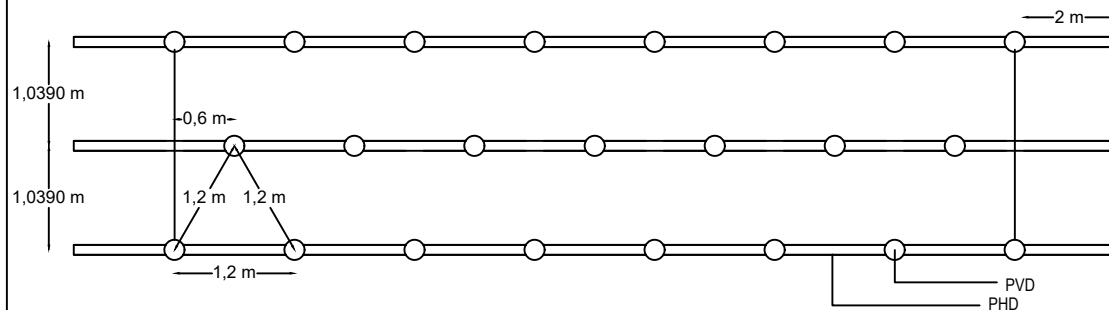
19

24



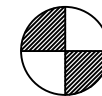
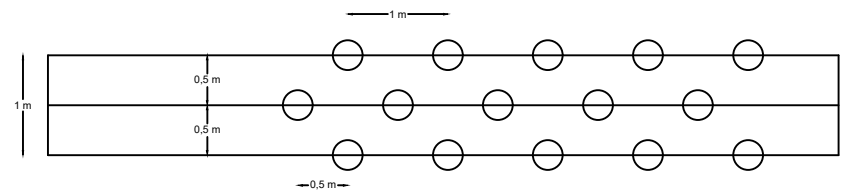
alternatif timb tegak preloading dan freyssissol zonal

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR
Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

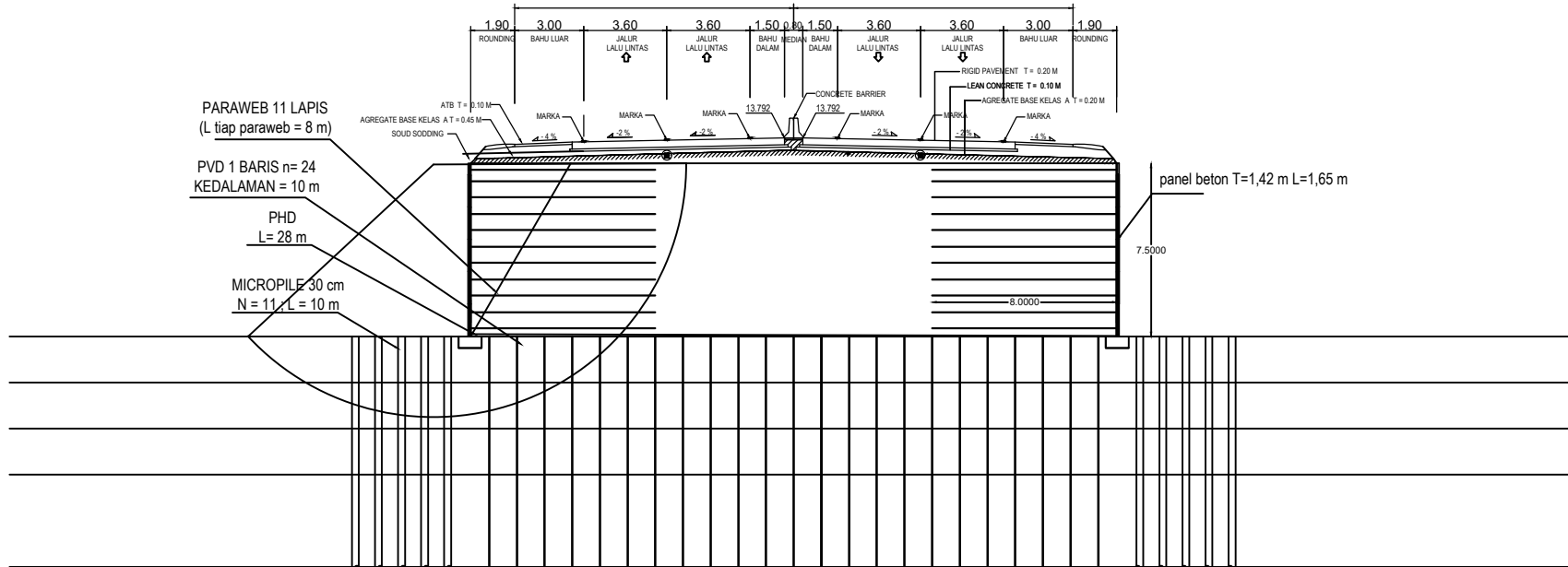
DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA
RISANDA YUGO PRATAMA
0311174500025

SKALA

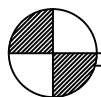
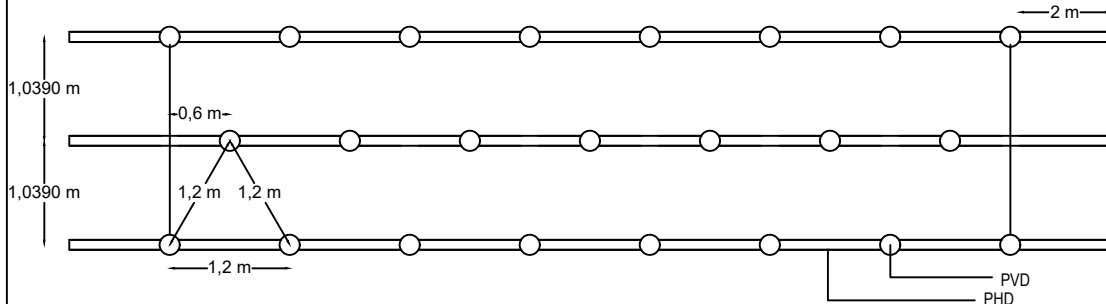
NO. LEMBAR
20

JML LEMBAR
24



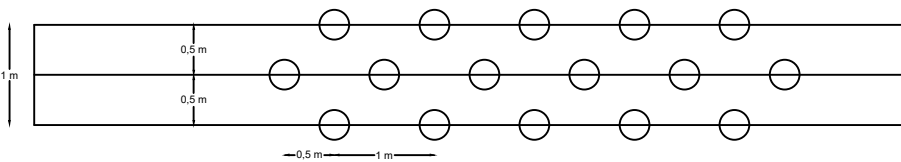
alternatif timb tegak preloading dan freysissol zona 2

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
0311174500025

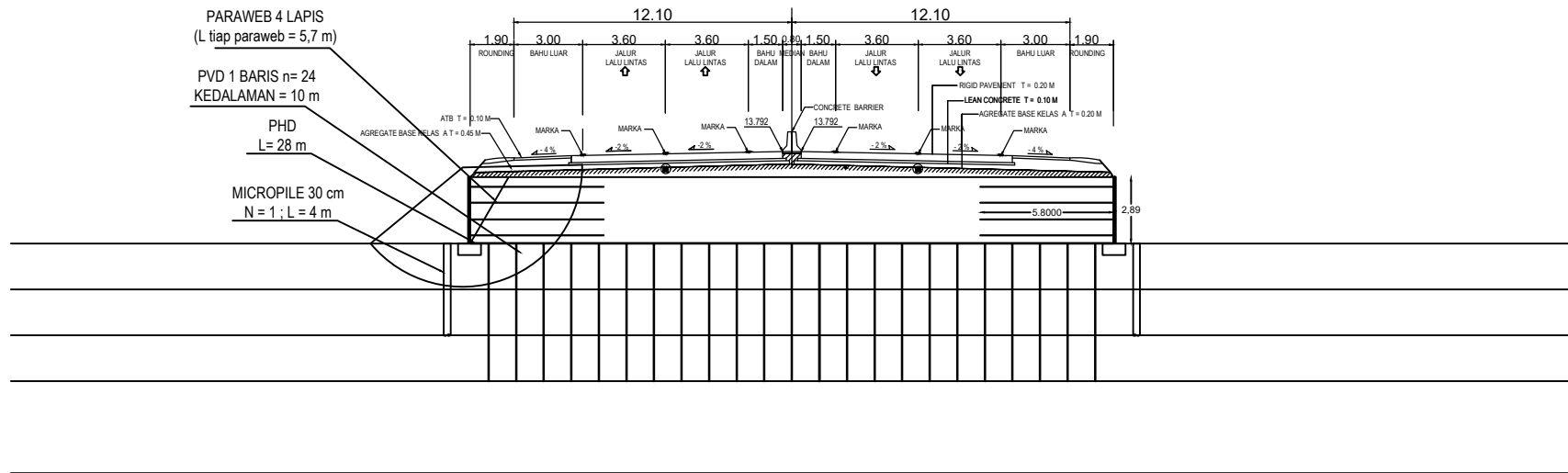
SKALA

NO. LEMBAR

21

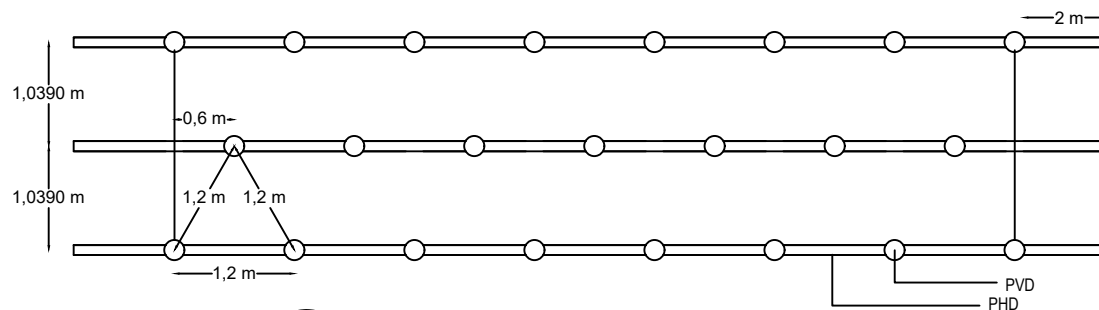
JML LEMBAR

24



alternatif timb tegak preloading dan freyssisol zona 3

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
03111745000025

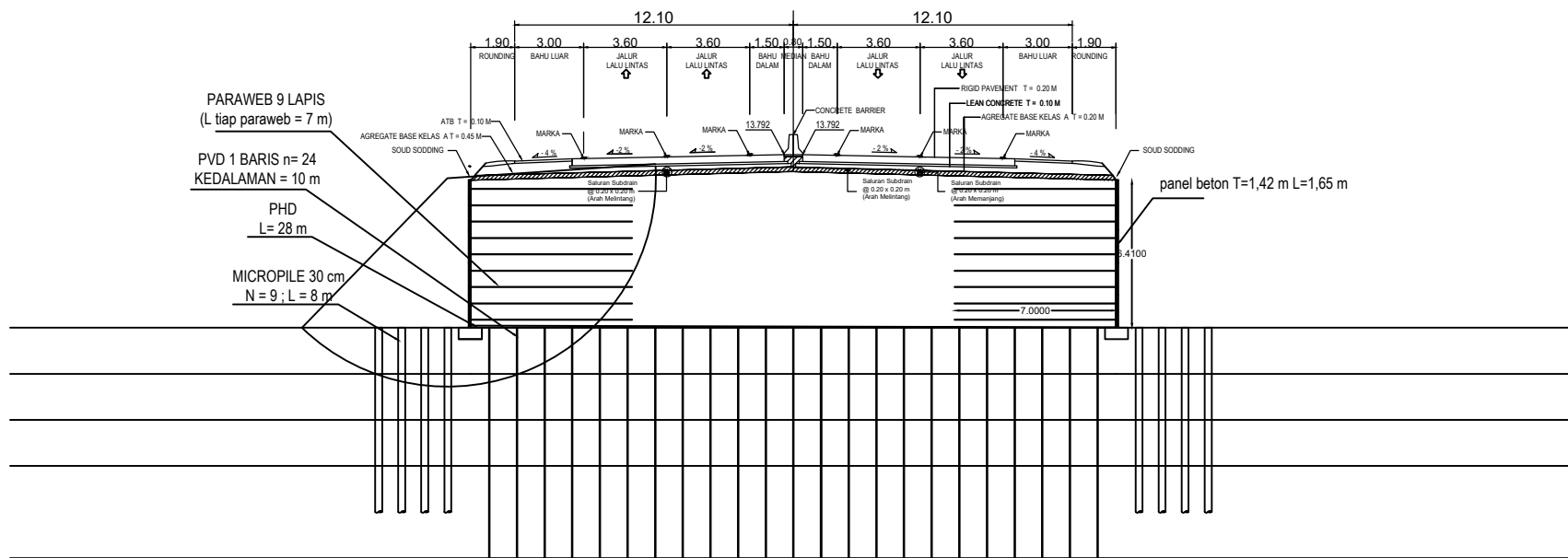
SKALA

NO. LEMBAR

22

JML LEMBAR

24



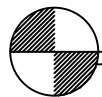
PARAWEB 9 LAPIS
(L tiap paraweb = 7 m)

PVD 1 BARIS n= 24
KEDALAMAN = 10 m

PHD
L= 28 m

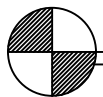
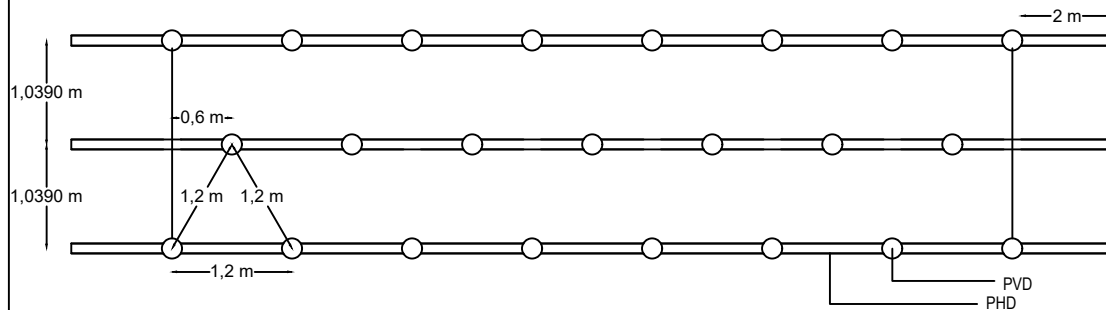
MICROPILE 30 cm
N = 9 ; L = 8 m

panel beton T=1,42 m L=1,65 m



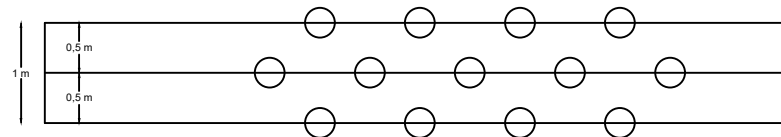
alternatif timb tegak vacuum dan freyssisol zona I

SKALA 1 : 300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 : 75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 : 75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR
Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA
RISANDA YUGO PRATAMA
03111745000025

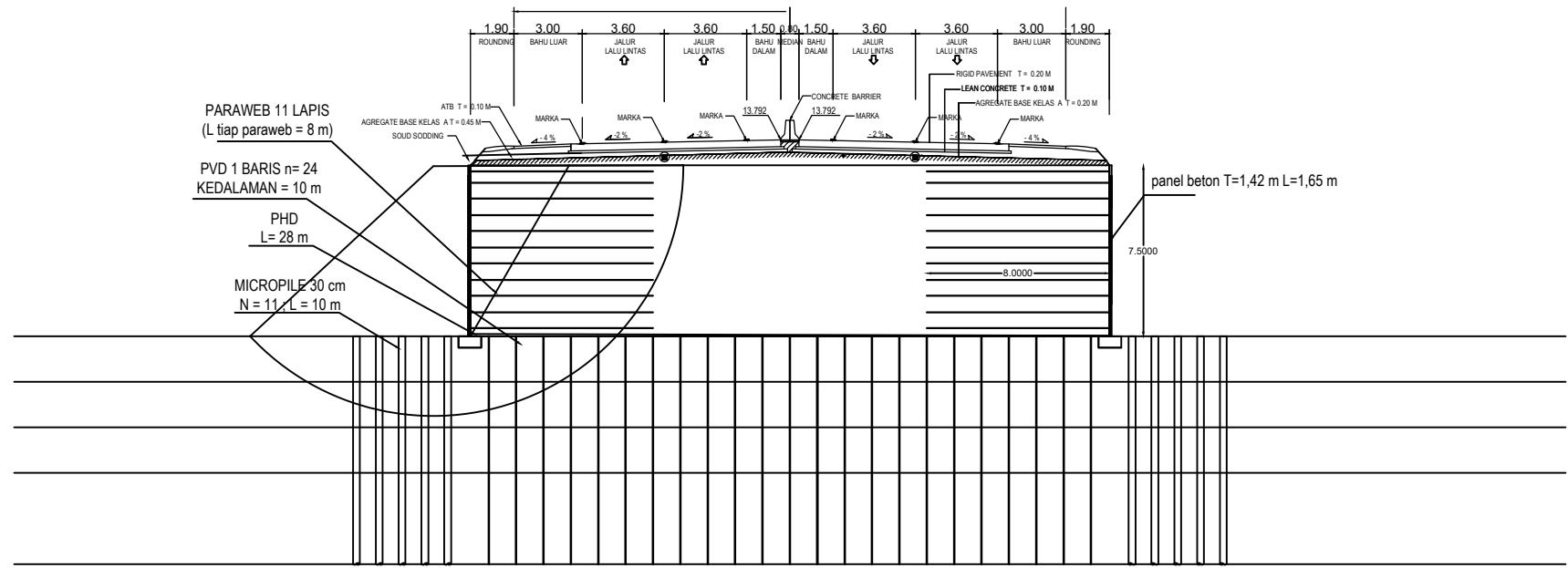
SKALA

NO. LEMBAR

JML LEMBAR

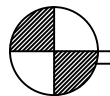
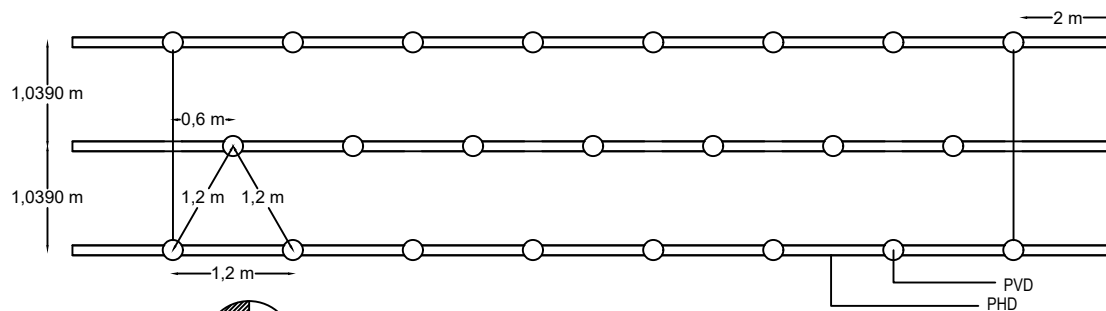
23

24



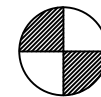
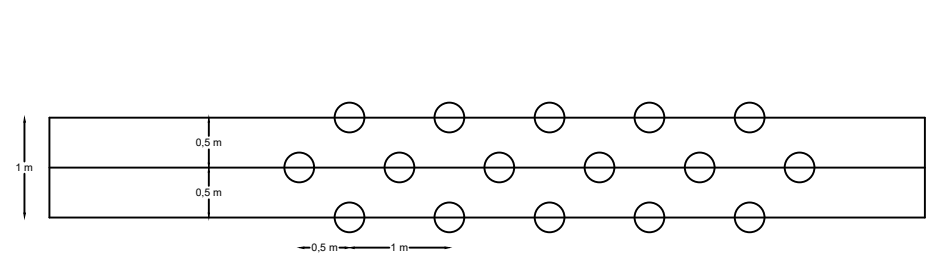
alternatif timb tegak vacuum dan freysissol zona2

SKALA 1 :300



PVD pola pemasangan segitiga jarak 1,2 m

SKALA 1 :75



pola pemasangan micropile jarak 1m

SKALA 1 :75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

JUDUL TUGAS AKHIR

Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit
Jembatan Tol
Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA
7+688 - STA 8+078

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.
Putu Tantri Kumana Sari, ST., MT

NAMA MAHASISWA

RISANDA YUGO PRATAMA
0311174500025

SKALA

NO. LEMBAR

24

JML LEMBAR

24

**BERITA ACARA PENYELENGGARAAN UJIAN
 SEMINAR DAN LISAN
 TUGAS AKHIR**

Pada hari ini Kamis tanggal 4 Juli 2019 jam 08:00 WIB telah diselenggarakan UJIAN SEMINAR DAN LISAN TUGAS AKHIR Program Sarjana (S1) Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS bagi mahasiswa:

| NRP | Nama | Judul Tugas Akhir |
|----------------|----------------------|--|
| 03111745000025 | Risanda Yugo Pratama | Alternatif Perencanaan Konstruksi Oprit Jembatan Tol Krian-Legundi-Bunder-Manyar STA 7+688 - STA 8+078 |

1. Dengan perbaikan/penyempurnaan yang harus dilakukan adalah :

- 1) Judul ~~Alternatif Perencanaan Timbunan Oprit Jembatan...~~
- 2) Tidak usah pakai Hoopbar, shg hanya tambah Hawal saja.
- 3) Hilangkan H pada tabel s.b. Langsung saja pakai nilai i.
- 4) Grafik jumlah perkeratan geotekstille diperjelas, pakai σ 1 garis/grafik saja.
- 5) Perkeratan jumlah perkeratannya jangan dikombinasi, pakai sendiri³.
- 6) Perhitungan daya dukung ke Pak Indra. → Lihat di Broja. Das.
- 7) cerucuk direkomendasikan dipasang seluruhnya dibawah timbunan u/ meningkatkan daya dukung tanah.
8. Gambar diagram tegangan

2. Rentang nilai dari hasil diskusi Tim Penguji Tugas Akhir adalah: A / B / C / D / E

3. Dengan hasil ujian (wajib dibacakan oleh Ketua Sidang di depan Peserta Ujian dan Penguji) :

- Lulus Tanpa Perbaikan Mengulang Ujian Seminar dan Lisan
 Lulus Dengan Perbaikan Mengulang Ujian Lisan

| Tim Penguji (Anggota) | Tanda Tangan |
|--|--------------|
| Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT (Pembimbing 1) | |
| Putu Tantri Kumala Sari, ST. MT (Pembimbing 2) | |
| Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., Ph.D | |
| Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD | |

Surabaya, 4 Juli 2019

Mengetahui,
 Ketua Program Studi S1

Dr. techn. Umboro Lasmino, ST. MSc
 NIP 19721202 199802 1 001

Ketua Sidang

(.....Endah.....)
 Nama terang

FORM TAMBAHAN PERBAIKAN/PENYEMPURNAAN
SEMINAR & LISAN TUGAS AKHIR
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSLK - ITS

Nama Mahasiswa : Rizanda Yugo P
NRP :

Saran/Masukan :

- 9. Dagu dukung diubah menjadi 2 lapis
Tidak usah replacement angkas sbg tanah dasar saja, chg
micropile dipasng spj timbunan
- 10. Revisi angka yg menekan panel, u mencari Le
- 11. Sebutkan dasar perencanaan pelaksanaan ketebalan lapisan
daluangan
- 12. Gambar tambahkan detail pemasangan PVD & PHP

Surabaya


Rizanda Yugo P



Form: M/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 | : Yudhi LACTIASIH PUTU TANIRI KUMALQ SARI |
| NAMA MAHASISWA | : RISANDA YUDD PRATAMA |
| NRP | : 03111745000025 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Alternatif perencanaan konstruksi oprit jembatan tol Krian - Legundi - Bunder - Manyar STA 7+608 - STA 8+070 |
| TANGGAL PROPOSAL | : 8 Januari 2019 |
| NO. SP-MMTA | : 14620 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|----------|--|------------------------------|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 1 | 22/02/19 | - mencari rata-rata NSPT dari setiap jenis tanah yg berbeda - mencari parameter tanah | | |
| 2 | 1/03/19 | - untuk korelasi tinggi mencari indeks plastisitas | - pemampatan akibat timbunan | |
| 3 | 5/03/19 | - menggunakan cara statistik untuk perhitungan korelasi - data yang belum ada ambil dari STA 0+900 | - pemampatan akibat timbunan | |
| 4 | 11/3/19 | - kroscek cara pemampatan manual dan grafik - NSPT diganti rata-rata - zoning berdasar tinggi timbunan | | |
| 5 | 14/3/19 | - penyampaian data tetap per STA - grafik & pakai Hissia - H final | | |



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 601111
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



| | |
|-------------------|---|
| NAMA PEMBIMBING | : YUDHI LASTIASIH PUDY TANTRI KUMALA SARI |
| NAMA MAHASISWA | : RISMANDA YUDD PRATAMA |
| NRP | : 051117450000 25 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Alternatif perencanaan konstruksi optit jembatan D1 KIBM STA 7+628 - STA 8+078 |
| TANGGAL PROPOSAL | : 8 Januari 2019 |
| NO. SP-MMTA | : 14630 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|----------|---|--|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 7 | 01/03/19 | - Zoning yang hampir sama dijadikan satu - yg 2/3 hanya yg paling kritis | | |
| 8 | 21/03/19 | - & Hfinal yang dihitung sampai pavement - Variasi jarak PVD ditambah | | |
| 9 | 27/03/19 | - Ekoran Se timbunan bertahap | - Perhitungan Vacuum Preloading | |
| 10 | 30/03/19 | - Se timbunan bertahap | - Perhitungan dengan 2/3 PVD | |
| 11 | 5/04/19 | - Rate of settlement PVD tidak full tidak oke | - Kroscek perhitungan Vacuum | |
| 12 | 5/04/19 | - Vacuum preloading | - coba perhitungan Geotex @ SF - kroscek pemampatan setelah pompa tidak rusak | |



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 | : YUDHI LASTIASIH PUTRI TANTRI KUMALA SAFI |
| NAMA MAHASISWA | : RISANDA YUO PRATAMA |
| NRP | : 0511745000025 |
| JUDUL TUGAS AKHIR | : Alternatif perencanaan konstruksi opret jembatan tol KLB M STA 7+698 - STA 8+078 |
| TANGGAL PROPOSAL | : 8 Januari 2019 |
| NO. SP-MMTA | : 14650 |

| NO | TANGGAL | KEGIATAN | | PARAF ASISTEN |
|----|-------------|---|--|---------------|
| | | REALISASI | RENCANA MINGGU DEPAN | |
| 13 | 12/09/19 | - H kritis & run timbunan Full | - micropile perlu dikalikan FK tidak - SF yang digunakan SF renc atau kritis | MA |
| 14 | 12/09/19 | - Vacuum preloading | - | MA |
| 15 | 25/09/19 | - Perkuatan dinding miring vacuum & soil preloading | - cek untuk micropile | MA |
| 16 | 29/09/19 | - perkuatan dinding miring vacuum & soil preloading . | - cek untuk perban dengan perkuatan vacuum & soil preload. - cek untuk pvd tidak full (2/3) | MA |
| 17 | 10/20/06/19 | Draft laporan tugas akhir format n1 | | MA |

BIODATA PENULIS



RISANDA YUGO PRATAMA

Penulis lahir di Surabaya pada tanggal, 25 April 1995, penulis menempuh pendidikan formal di TK Bhayangkari Surabaya, SDI Darut Taqwa Surabaya, SMPN 6 Surabaya, SMAN 1 Surabaya, dan menempuh pendidikan diploma di DIII Teknik Sipil ITS pada tahun 2013. Di jurusan DIII Teknik Sipil ITS penulis mengambil Program Studi

Bangunan Transportasi. Pada tahun 2017, Penulis mengikuti ujian masuk Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil dan diterima dan terdaftar dengan NRP 03111745000025 Penulis Aktif dalam beberapa organisasi mahasiswa dan Aktif dalam kegiatan kepanitiaan mahasiswa serta Aktif dalam bidang keilmiahan. Penulis bisa dihubungi melalui email risandayugop@gmail.com