TUGAS AKHIR (RC14 - 1501)

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA STUDI KASUS PROYEK RDMP-RU V PT. PERTAMINA BALIKPAPAN

MUHAMMAD IVAN ADI PERDANA
NRP 3113 100 031

Dosen Pembimbing I
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., MT.

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

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

TUGAS AKHIR (RC14 - 1501)

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA STUDI KASUS PROYEK RDMP-RU V PT. PERTAMINA BALIKPAPAN

MUHAMMAD IVAN ADI PERDANA
NRP 3113 100 031

Dosen Pembimbing I
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

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

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

FINAL PROJECT (RC14 - 1501)

PORT WALL REINFORCEMENT DESIGN AND THE USAGE OF DREDGING MATERIAL AS EMBANKMENT MATERIAL AT PORT EXPANSION AREA
CASE STUDY OF RDMP-RU V PT. PERTAMINA BALIKPAPAN PROJECT

MUHAMMAD IVAN ADI PERDANA
NRP 3113 100 031

Academic Supervisor I
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

Academic Supervisor II
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING GALIAN KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA STUDI KASUS PROYEK RDMP RU V PT PERTAMINA, BALIKPAPAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Reeguler Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHAMMAD IVAN ADI PERDANA
NRP 3113 100 031

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT ..... (Pembimbing I)
2. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D ..... (Pembimbing II)

SURABAYA, JULI 2017

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING GALIAN KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA STUDI KASUS PROYEK RDMP RU V PT PERTAMINA, BALIKPAPAN

Nama Mahasiswa : Muhammad Ivan Adi Perdana
NRP : 3113100031
Departemen : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing I : Dr. Yudhi Lastiasih., ST., MT.
Dosen Pembimbing II : Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Proyek Refinery Development Masterplan Program – Refinery Unit V Balikpapan (RDMP-RU) V PT. Pertamina Balikpapan adalah proyek pelabuhan kilang minyak yang berlokasi di kompleks pelabuhan Kota Balikpapan. Proyek tersebut meliputi pembangunan sisi darat dan sisi laut. Kawasan sisi darat akan digunakan untuk tempat parkir kendaraan dengan luas sebesar 7527 m,^{2} yang dibangun diatas tanah clayey silt. Tanah tersebut memiliki pemampatan yang cukup besar dan berlangsung sangat lama serta memiliki daya dukung yang kecil. Sedagkan kawasan sisi laut terdapat dredging area yang direncanakan dengan kedalaman -9 mLWS. Area tersebut menghasilkan material kerukan yang biasanya tidak dipergunakan lagi dan dibuang disuatu tempat. Hal ini akan lebih menguntungkan apabila dimanfaatkan sebagai material timbunan disisi darat

Dalam tugas akhir ini akan direncanakan penimbunan tanah pada sisi darat yang dibangun di atas tanah lunak, sehingga diperlukan perencanaan perbaikan tanah. Metode yang dapat digunakan dalam perencanaan perbaikan tanah adalah metode preloading dan prefabricated vertical drain (PVD) untuk mempercepat pemampatan. Disisi lain, dengan adanya timbunan

tersebut perlu dibangun konstruksi dinding penahan tanah untuk mencegah kelongsoran. Perkuatan yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah sheet pile, secant pile dan soldier pile.

Berdasarkan hasil analisis pada tugas akhir ini disimpulkan bahwa kondisi tanah dasar memiliki tebal lapisan mampu mampat sedalam 25 m dengan 3 meter awal lapisan tanah silty sand dan 22 meter dibawahnya adalah lapisan tanah clayey silt. Sedangkan kondisi tanah dredging di sisi laut proyek tersebut yang digunakan untuk material timbunan hingga kedalaman -9 mLws adalah lapisan silty sand. Material dredging dapat digunakan sebagai material timbunan dan tidak perlu dilakukan stabilisasi karena sudah memenuhi beberapa syarat material timbunan. Tinggi awal timbunan (H-Inisial) yaitu 5.28 m (Zona 1) dan 4.59 m (Zona 2). Besarnya pemampatan konsolidasi (Sc) adalah 1.42 m (Zona 1) dan 1.23 m (Zona 2). Pemasangan PVD direncanakan menggunakan pola segiempat dengan spasi 1.2 m yang ditanam sedalam 25 meter dengan waktu pemampatan konsolidasi (U) 90 % selama 23 minggu. Alternatif perkuatan dinding menggunakan secant pile dengan panjang 27.6 m (zona 1) dan 26.3 m (zona 2). Perkuatan dinding tersebut dipasang menggunakan blok angkur pada kedua zona. Total biaya konstruksi penimbunan hingga perencanaan secant pile sebesar Rp8.135.487.283,-.

Kata kunci: Material Dredging, Preloading, Prefabricated Vertical Drain (PVD), Sheet Pile, Soldier Pile, Secant Pile.

PORT WALL REINFORCEMENT DESIGN AND THE USAGE OF DREDGING MATERIAL AS EMBANKMENT MATERIAL AT PORT EXPANSION AREA CASE STUDY OF RDMP-RU V PT. PERTAMINA BALIKPAPAN PROJECT

Name of Student	**: Muhammad Ivan Adi Perdana**
Student's Number	**: 3113100031**
Department	**: Civil Engineering Dept. FTSP ITS**
Supervisor I	**: Dr. Yudhi Lastiasih., ST., MT**
Supervisor II	**: Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.**

Abstract

Refinery Development Masterplan Program - Refinery Unit V Balikpapan Project (RDMP-RU) V PT. Pertamina Balikpapan is an oil refinery port project that located in Balikpapan City port. Its project include the construction of land and sea side. The land side sector will be used for a port expansion area of 7527 m^2 wide as parking lot, that built on clayey silt soil. The soil has considerable compression and occurs in a very long time. In addition the soil has a small bearing capacity. While the sea side sector will be used as dredging planned areas with a depth of -9 mLWS. The dredging area which produces dredged material that is usually not used and disposed to somewhere, it will be more advantageous if used as a material on landfill embankment

In this final project will be designed landfill embankment on the land side that built on soft soil, so it is necessary to design of land improvement. The methods that can be used in land improvement design are the preloading and prefabricated vertical drain (PVD) methods to accelerate compression. Besides, in the presence of built on soft soil and using material dredging as land-fill embankments, it is necessary to construct a reinforcement or retaining wall to prevent sliding. The reinforcement that can be used as an alternative are sheet pile, secant pile and soldier pile.

Based on the analysis on this final project conclusion that the base soil conditions have a compresible soil layer of 25 m deep with 3 meters above is silty sand soil layer and 22 meters below is a clayey silt soil layer. The condition of dredging soil on the sea side, which is used for the embankment material up to -9 mLws depth is a layer of silty sand. Dredging materials can be used as embankment material and do not need to be stabilized because it fulfill some of the material requirements of the embankment. Initial height of embankment (H-Inisial) is 5.28 m (Zone 1) and 4.59 m (Zone 2). The total consolidation compression depth (Sc) is 1.42 m (Zone 1) and 1.23 m (Zone 2). PVD installation use a rectangular pattern with a space of 1.2 m, planted as deep as 25 meters with a consolidation time of (U) 90% for 23 weeks. The wall reinforcement alternative uses a 27.6 m secant pile (zone 1) and 26.3 m (zone 2). Reinforcement in both zones use anchors block. The total construction cost of the landfill dredging embankments and the construction of secant pile valued to Rp8.135.487.283,-.

Keywords: Dredging Material, Preloading, Prefabricated Vertical Drain (PVD), Sheet Pile, Soldier Pile, Secant Pile

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "PERENCANAAN PERKUATAN DINDING KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA STUDI KASUS PROYEK RDMP-RU V PT. PERTAMINA BALIKPAPAN" ini tepat pada waktunya.

Tugas Akhir ini diajukan sebagai persyaratan gelar kesarjanaan departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat berguna bagi semua pihak. Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan, untuk itu segala saran dan masukan tentang penulisan tugas akhir ini sangat diharapkan.

Adapun dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dan bimbingan serta banyak dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas segala kuasa dan bimbingan-Nya
2. Kedua orangtua Penulis; Bapak Pramuka Heru Siswanto dan Ibu Elin Herliyani atas dukungan, doa, motivasi, dan semangatnya.
3. Adik Penulis; Muhammad Dwi Kurnia Ramadhan atas dukungan dan semangatnya.
4. Ibu Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing baik akademik maupun non-akademik,
5. Ibu Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing bidang akademik, teknik penulisan serta motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir.

6. Devy Amalia yang telah memberikan motivasi dan doa agar istiqomah untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman kontrakan Wisper tengah V CC/41; Adam, Irfan, Abok, dan Agung yang memberikan semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini
8. Teman-teman S-56, angkatan 2013 Jurusan Teknik Sipil ITS yang telah berjuang bersama penulis selama empat tahun ini.
9. Semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat Penulis sebutkan satu per satu.

Walaupun masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan. Penulis juga memohon maaf atas kekurangan yang ada pada Tugas Akhir ini.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL..... i
TITLE PAGE ii
LEMBAR PENGESAHAN……..…… iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT vi
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL xviii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Rumusan Masalah..... 6
1.3 Tujuan 6
1.4 Batasan Masalah 7
1.5 Manfaat 7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
2.1 Parameter Tanah ……..... 9
2.2 Stratigrafi Tanah Dasar …….... 10
2.3 Rumus Empiris dan Korelasi Parameter Tanah…. 10
2.4 Pendekatan Statistik……..…..... 11
2.5 Timbunan..... 14
2.5.1 Material Timbunan Reklamasi..... 14
2.5.2 Stabilisasi Tanah Timbunan..... 15
2.5.3 Metode Analisis Kestabilan Lereng……... 18
2.6 Pemampatan..... 20
2.6.1 Pemampatan Segera (Si) 21
2.6.2 Pemampatan Konsolidasi (Sc) 22
2.6.3 Data dan Parameter Tanah untuk Perhitungan *Settlement* (Sc) 23
2.7 Perhitungan Tinggi Timbunan..... 25
2.7.1 Tinggi Timbunan Awal dan Akhir..... 25
2.8 Waktu Pemampatan..... 27

2.9 Percepatan Waktu Pemampatan..... 28
2.9.1 *Vertical Drain*..... 28
2.9.2 Kedalaman *Vertical Drain*..... 29
2.9.3 Waktu Konsolidasi dengan *Vertical Drain*... 29
2.9.4 *Horizontal Drain*..... 33
2.10 Timbunan Bertahap..... 35
2.10.1 Peningkatan Daya Dukung Tanah Dasar..... 35
2.10.2 Besar Pemampatan akibat Timbunan Bertahap..... 37
2.11 Tekanan Tanah Horizontal..... 37
2.11.1 Tekanan Lateral Aktif..... 38
2.11.2 Tekanan Lateral Pasif..... 38
2.12 Perkuatan Dinding..... 40
2.12.1 Perencanaan Perkuatan Dinding tanpa Angkur..... 40
2.12.2 Perencanaan Dinding dengan Angkur..... 41
2.13 Perencanaan *Secant Pile*..... 44
2.14 Perencanaan *Soldier Pile*..... 45
2.15 Program Bantu *GeoStudio* dan *Dxstable*..... 47
2.16 Program Bantu PCA Col..... 48
2.17 Program Bantu *Plaxis*..... 48
BAB III METODOLOGI 49
3.1 Bagan Alir 49
3.2 Penjelasan Bagan Alir..... 52
BAB IV ANALISIS DATA 55
4.1 Data Tanah Dasar 55
4.2 Material Timbunan..... 64
4.3 Zona Penimbunan……..... 68
4.4 Data untuk Desain dan Analisis..... 69
4.4.1 Data Beban 69
4.4.2 Data Spesifikasi Bahan 70
BAB V PERENCANAN TIMBUNAN *PRELOADING* DAN PERBAIKAN TANAH DASAR..... 71
5.1 Timbunan *Preloading*..... 71

5.2 Perhitungan Nilai Pemampatan Konsolidasi (Sc)... 72
5.2.1 Tegangan Overburden Efektif (σ'o) dan Tegangan Prakonsolidasi..... 73
5.2.2 Distribusi tegangan akibat timbunan (Δσ')... 73
5.2.3 Besarnya pemampatan (Sc) 74
5.3 Perhitungan Nilai Pemampatan Segera (Si).....75
5.4 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal (H-Initial) dan Tinggi Timbunan Akhir (H-Final) 76
5.5 Perhitungan Waktu Pemampatan Tanpa PVD…… 80
5.6 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) 86
5.6.1 Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal (Uv) 86
5.6.2 Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal (Uh) 86
5.6.3 Perhitungan Derajat Konsolidasi Rata-rata ($\bar{U}$) 87
5.7 Perencanaan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) 91
5.8 Penimbunan Bertahap..... 93
5.8.1 Penentuan H-Kritis..... 93
5.8.2 Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi (U) 100%.94
5.8.3 Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi (U) <100%..... 94
5.9 Perhitungan Kenaikan Cu pada Tanah Dasar.....95
5.10 Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap..... 95
BAB VI PERENCANAAN PERKUATAN DINDING 97
6.1 Geometri dan Pembebanan Perencanaan Dinding.. 97
6.2 Perencanaan Dinding tanpa Angkur.....99
6.3 Perencanaan Panjang Dinding dengan Angkur..... 104
6.4 Perencanaan Profil Dinding.....111
6.4.1 Turap *Sheet Pile*.....111
6.4.2 *Secant Pile*……..112

6.4.3 *Soldier Pile*……..119
6.5 Analisis Stabilitas dengan Program Bantu 127
6.6 Perhitungan Biaya Material untuk Pemilihan Alternatif …….. 128
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN..... 131
7.1 Kesimpulan..... 131
7.2 Saran…….....133
DAFTAR PUSTAKA…….....135
LAMPIRAN 1 Data Tanah…..... 137
LAMPIRAN 2 Gambar Rencana Awal.....148
LAMPIRAN 3 Hasil Analisis Perbaikan Tanah Dengan Metode Preloading..... 149
LAMPIRAN 4 Hasil Analisis Perkuatan Dinding..... 221
LAMPIRAN 5 Brosur Spesifikasi Material……... 233
LAMPIRAN 6 Gambar Perencanaan……..……239
BIODATA PENULIS…….....245

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Proyek Pelabuhan RDMP-RU V PT. Pertamina Balikpapan……...2
Gambar 1.2	Kerusakan yang Terjadi pada Struktur Pelabuhan Eksisting yek ……...3
Gambar 1.3	Lokasi Pelabuhan Eksisting dan Rencana Dermaga Pelabuhan Baru 3
Gambar 1.4	*Site Plan* Proyek Pelabuhan RDMP-RU V PT. Pertamina Balikpapan……5
Gambar 2.1	Ilustrasi Penimbunan 14
Gambar 2.2	Grafik Hubungan Berat Isi Tanah Dengan (Mixing to Compacting Delay)..... 16
Gambar 2.3	Ilustrasi Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Kapur ……17
Gambar 2.4	Grafik Kadar Air dengan Penambahan Kapur Berdasarkan Indeks Plastisitas, Batas Cair dan Batas Plastis …… 18
Gambar 2.5	Nilai *Unconfined Compressive Strength* dengan Penambahan Kapur Berdasarkan Jenis Tanah……18
Gambar 2.6	Gaya yang Bekerja pada Lereng dengan Metode irisan……20
Gambar 2.7	Diagram Tegangan Tanah akibat Timbunan……... 24
Gambar 2.8	Grafik Faktor Pengaruh (I) ……25
Gambar 2.9	Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan…..26
Gambar 2.10	Pemasangan Verical Drain..... 29
Gambar 2.11	PVD pola susunan bujur sangkar……30
Gambar 2.12	PVD pola susunan segitiga…… 30
Gambar 2.13	Diameter Ekivalen PVD..... 32
Gambar 2.14	Sistem Kolaborasi Prefabricated Vertical Drain dan Prefabricated Horizontal Drain……33

Gambar 2.15 Pemasangan Prefabricated Horizontal Drain…….…… 34
Gambar 2.16 Air pori dari PVD yang disalurkan ke *PHD* untuk menuju saluran drainase disamping kanan/kiri timbunan..…… 34
Gambar 2.17 Timbunan diletakkan secara Bertahap.....35
Gambar 2.18 Gaya-Gaya pada Diagram Tekanan Tanah Horisontal..... 40
Gambar 2.19 Contoh Penjangkaran..... 41
Gambar 2.20 Penentuan Lokasi Angker…..... 42
Gambar 2.21 Perencanaan *Secant Pile*…….…..... 44
Gambar 2.22 Konstruksi Soldier Pile …….…..... 46
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir 51
Gambar 4.1 Lokasi Titik Borlog SPT…..... 56
Gambar 4.2 Potongan Stratigrafi..... …..... 59
Gambar 4.3 Grafik Pengelompokan Parameter Tanah62
Gambar 4.4 Grafik Pengelompokan Parameter Tanah dredging…..... 66
Gambar 4.5 Zona Penimbunan pada Proyek RDMP RU V PT. Pertamina Balikpapan…..... 67
Gambar 4.6 Sketsa Dimensi Timbunan…..... 69
Gambar 5.1 Grafik Antara H-Final dan H-Inisial pada Zona 1…..... 78
Gambar 5.2 Grafik Antara H-Final dan Sc pada Zona 1…..... 79
Gambar 5.3 Grafik Antara H-Final dan H-Inisial pada Zona 2…..... 79
Gambar 5.4 Grafik Antara H-Final dan Sc pada Zona 2…..... 80
Gambar 5.5 Grafik Antara waktu dan Sc tanpa PVD pada Zona 1…..... 82
Gambar 5.6 Grafik Antara waktu dan Sc tanpa PVD pada Zona 2…..... 82

Gambar 5.7 Grafik Antara waktu dan Derajat Konsolidasi tanpa PVD pada Zona 1…….....83
Gambar 5.8 Grafik Antara waktu dan Derajat Konsolidasi tanpa PVD pada Zona 2.....83
Gambar 5.9 Grafik Derajat Konsolidasi PVD Pola Pemasangan Segitiga……..89
Gambar 5.10 Grafik Derajat Konsolidasi PVD Pola Pemasangan Segiempat……90
Gambar 6.1 Lokasi perkuatan dinding …… 98
Gambar 6.2 Geometri Perencanaan Dinding……..96
Gambar 6.3 Sketsa Gaya Horisontal yang Bekerja pada Dinding Tanpa Angkur……..100
Gambar 6.4 Sketsa Gaya Horisontal yang Bekerja pada Dinding dengan Angkur……106
Gambar 6.5 Sketsa Profil Penampang *Sheet Pile*……111
Gambar 6.6 Sketsa Panjang Angkur ……114
Gambar 6.7 Sketsa Profil Penampang *Secant Pile*…..119
Gambar 6.8 Sketsa Profil Penampang *Soldier Pile*….126

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Rumus Empiris Nilai Cc……	10
Tabel 2.2	Tabel Rumus Empiris Nilai Cv... ……	10
Tabel 2.3	Tabel Korelasi Beberapa Parameter Tanah……	12
Tabel 2.4	Tabel Statistik Distribusi……	13
Tabel 2.5	Korelasi Jenis Tanah degan Nilai E dan μ……	21
Tabel 2.6	Tabel Rumus Penambahan Tegangan Efektif U<100%..... ……	36
Tabel 4.1	Rekapitulasi Data Tanah Dasar Hasil Perhitungan Statistik..... ……	63
Tabel 4.2	Rekapitulasi Data Tanah Dredging Hasil Perhitungan Statistik..... ……	77
Tabel 5.1	Variasi Beban Timbunan (q) untuk masing-masing H timbunan……	71
Tabel 5.2	Rekapitulasi Nilai Pemampatan Segera untuk masing-masing variasi beban timbunan pada kedua Zona. ……	75
Tabel 5.3	Rekapitulasi Perhitungan H-Inisial, H-Final, dan Sc pada Zona 1……	77
Tabel 5.4	Rekapitulasi Perhitungan H-Inisial, H-Final, dan Sc pada Zona 2.....	77
Tabel 5.5	Nilai Cv Tiap Lapisan Tanah pada Data Tanah Titik A6.....	81
Tabel 5.6	Nilai Sc per Derajat Konsolidasi tanpa PVD Zona 1……	84
Tabel 5.7	Nilai Sc per Derajat Konsolidasi tanpa PVD Zona 2……	85
Tabel 5.8	Perbandingan Hasil Analisis Program Bantu……	93
Tabel 6.1	Parameter Tanah Dasar……	98

Tabel 6.2 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding Tanpa Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif untuk Zona 1…… 101
Tabel 6.3 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding Tanpa Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif untuk Zona 2…… 102
Tabel 6.4 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding Tanpa Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif…… 103
Tabel 6.5 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding dengan Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif untuk Zona 1…… 107
Tabel 6.6 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding dengan Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif untuk Zona 2…… 108
Tabel 6.7 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding Dengan Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif …… 109
Tabel 6.8 Rekapitulasi Kedalaman Konstruksi Dinding Penahan Tanah……..… 110
Tabel 6.9 *Safety Factor* dan *Overall Stability* Perkuatan Dinding……..... 127
Tabel 6.10 Deformasi Dinding Penahan Tanah 127
Tabel 6.11 Total Kebutuhan dan Biaya Material Konstruksi *Secant Pile* …… 129
Tabel 6.12 Total Kebutuhan dan Biaya Material Konstruksi *Soldier Pile* ……..... 129

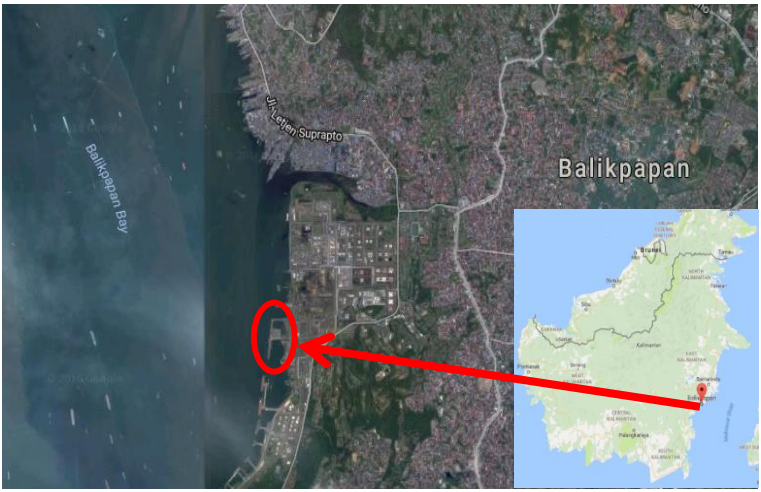
BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya kebutuhan pasar terhadap kendaraan bermotor di Indonesia perlu diimbangi oleh kebutuhan bahan bakar minyak (BBM). Berdasarkan data dari SMB (Statistik Minyak Bumi, 2011) dari tahun 2005 hingga 2011, konsumsi BBM di Indonesia meningkat dari 297.807 juta barrel menjadi 394.052 juta barrel. Berdasarkan data dari website www,tambang.co,id, diperkirakan konsumsi BBM pada tahun 2016 akan meningkat menjadi 72,1 juta kilo liter atau sekitar 453 juta barrel. Dalam rangka memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak di dalam negeri yang terus meningkat dari waktu kewaktu, diperlukan pembangunan dan pengembangan infrastruktur salah satunya pelabuhan kilang minyak.

Pelabuhan kilang minyak merupakan infrastruktur industri perminyakan yang sangat penting dalam pendistribusian BBM antar pulau di Indonesia. Salah satu wilayah yang membutuhkan distribusi BBM di Indonesia adalah pulau Kalimantan. PT. Pertamina (Persero), selaku perusahaan BUMN yang bergerak dibidang perminyakan, telah merencanakan proyek pelabuhan kilang minyak sektor Kalimantan di Kota Balikpapan. Proyek tersebut adalah pelabuhan *Refinery Development Masterplan Program* (RDMP) – *Refinery Unit* (RU) V Balikpapan.

Proyek RDMP-RU V PT. Pertamina Balikpapan berlokasi di kompleks pelabuhan yang berada di sebelah barat Kota Balikpapan. Lokasi ini merupakan daerah strategis untuk akses masuk berbagai macam jenis kapal karena terletak pada Teluk Balikpapan yang secara umum memiliki tinggi gelombang air laut yang relatif kecil. Kompleks pelabuhan ini, terdapat pelabuhan-pelabuhan lain seperti pelabuhan penumpang dan pelabuhan peti kemas. Lokasi proyek RDMP-RU V PT. Pertamina Balikpapan dapat dilihat pada lingkaran merah Gambar 1.1.

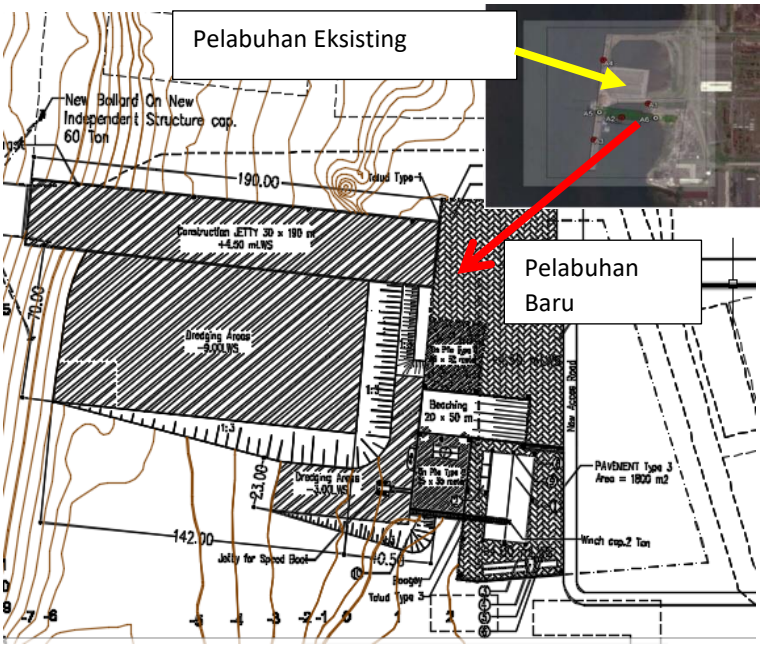


Gambar 1.1 Lokasi Proyek Pelabuhan RDMP-RU V PT. Pertamina Balikpapan (sumber: Google Maps)

Pada mulanya PT. Pertamina memiliki pelabuhan kilang minyak pada kompleks pelabuhan Balikpapan. Umur pelabuhan tersebut sudah melewati batas dari umur rencana sehingga tidak layak digunakan lagi. Pada Gambar 1.2 dapat dilihat beberapa kerusakan yang terjadi pada pelabuhan eksisting seperti pada pondasi tiang dan balok *jetty* yang mengalami pengelupasan beton atau *spalling*, sehingga tampak tulangan-tulangan yang telah mengalamai korosi. Selain itu pada bagian bawah dari plat beton dermaga *jetty* eksisting sudah terjadi *crack.* Dari kondisi tersebut, pelabuhan eksisting akan dibongkar dan akan dibangun konstruksi pelabuhan serta dermaga baru yang lokasinya tidak jauh pada pelabuhan eksisting. Lokasi rencana dermaga pelabuhan baru dapat dilihat pada Gambar 1.3.

(a) (b) (c)

Gambar 1.2 Kerusakan yang Terjadi pada Struktur Pelabuhan Eksisting (a) Spalling pada Pondasi Tiang. (b) Spalling pada Balok Jetty (c) Crack pada Pelat Beton Dermaga (sumber: Laporan Buku 5 Bagian 1 Assessment Jetty1_R1B)



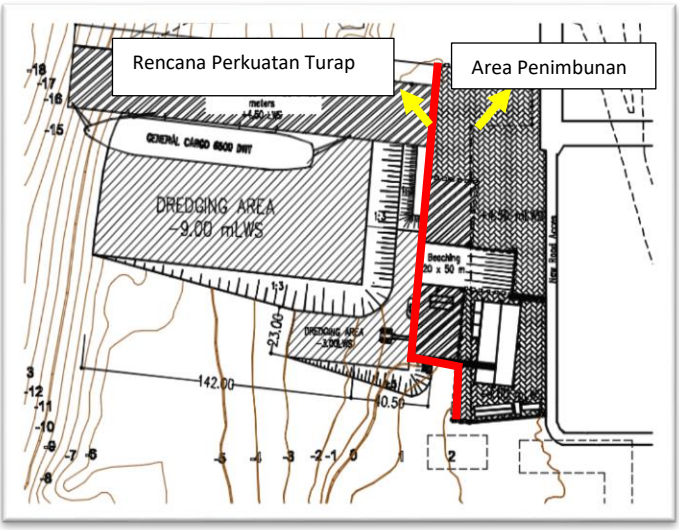
Gambar 1.3 Lokasi Pelabuhan Eksisting dan Rencana Dermaga Pelabuhan Baru (sumber: Soil Report Interim RU. V BLPP R1 dan Draft Final Report Drawing New Construction Jetty)

Perencanaan pembangunan proyek pelabuhan baru RDMP-RU V PT. Pertamina Balikpapan meliputi pembangunan sisi darat dan sisi laut. Sisi darat memiliki luas sebesar 7527 m^2. Kawasan sisi darat akan digunakan sebagai area perluasan dermaga untuk lokasi tempat parkir kendaraan. Lokasi tersebut rencananya akan dibangun perkerasan jalan dan membutuhkan penimbunan tanah dengan elevasi yaitu +4 sampai dengan +4.5 mLWS.

Kawasan sisi laut terdapat *dredging area* yang direncanakan dengan kedalaman -9 mLWS dan -3 mLWS. Tujuan *dredging area* adalah untuk menambah kedalaman air laut dari kedalaman yang mengikuti kontur menjadi kedalaman rencana, agar jenis kapal yang direncanakan dapat berlabuh pada *jetty*. Kedalaman dredging rencananya akan diubah menjadi -9 mLws seluruhnya karena terdapat *beaching* yang berfungsi untuk akses masuknya kapal yang membutuhkan perbaikan.

Dalam perencanaan sisi darat proyek ini terdapat konstruksi *deck on pile* yang dibangun diatas tiang pancang baja. Konstruksi *deck on pile* rencananya akan dirubah menjadi perluasan dermaga dengan perkerasan diatasnya, sehingga dibutuhkan penimbunan. Namun dibutuhkan perkuatan dinding penahan tanah yang efektif untuk mencegah kelongsoran. Daerah yang akan direncanakan alternatif perkuatan terdapat pada garis warna merah Gambar 1.4.

Perencanaan sisi darat dan sisi laut tersebut dibangun diatas tanah lunak. Berdasarkan data SPT dan BOR Log, secara umum memiliki jenis tanah *clayey silt.* Tanah tersebut merupakan jenis tanah *cohesive soil* yang memiliki nilai N-SPT = 2 sampai 9 dengan ketebalan yang berbeda-beda. Kedalaman lapisan tanah lunak yang paling dangkal sekitar 7 m, dan yang paling dalam sekitar 23 m. Tanah tersebut memiliki pemampatan yang cukup besar dan berlangsung sangat lama serta memiliki daya dukung yang kecil.



Gambar 1.4 *Site Plan* Proyek Pelabuhan RDMP-RU V PT. Pertamina Balikpapan (sumber: Draft Final Report Drawing New Construction Jetty)

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan diatas, pada tugas akhir ini akan direncanakan penimbunan tanah pada sisi darat yang dibangun di atas tanah lunak, sehingga diperlukan perencanaan perbaikan tanah. Metode yang dapat digunakan dalam perencanaan perbaikan tanah adalah metode *preloading* dan pemasangan *prefabricated vertical drain* (PVD) untuk mempercepat pemampatan. Di sisi laut, pada kawasan *dredging* menghasilkan material kerukan yang biasanya tidak dipergunakan lagi dan dibuang disuatu tempat. Dengan adanya material *dredging* dapat digunakan sebagai material timbunan pada area perluasan dermaga karena lebih ekonomis dan tidak perlu membuka lahan baru untuk pembuangan material *dredging*. Disisi lain dengan adanya perluasan dermaga, perlu dibangun konstruksi dinding penahan tanah untuk mencegah kelongsoran. Perkuatan yang dapat digunakan sebagai alternatif adalah *sheet pile*, *secant pile* dan

soldier pile. Dari ke 3 alternatif dinding tersebut dipilih yang paling murah dan efektif sebagai dinding kolam pelabuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka masalah yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kondisi tanah pada kawasan sisi darat dan laut proyek pelabuhan RDMP – RU V PT.Pertamina, Balikpapan?
2. Apakah material dredging dapat digunakan sebagai material timbunan?; Jika iya, apakah perlu tambahan material stabilisasi?
3. Berapa tinggi awal timbunan yang diperlukan pada perencanaan *preloading*?
4. Bagaimana hasil perencanaan metode perbaikan tanah menggunakan PVD untuk mempercepat pemampatan pada tanah dasar?
5. Bagaimana hasil analisis stabilitas perencanaan *sheet pile*, *secant pile* dan *soldier pile* untuk memperkuat dinding galian kolam pelabuhan?
6. Berapa biaya material dan alternatif manakah yang paling murah untuk konstruksi dinding galian kolam?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah merencanakaan alternatif perkuatan dinding kolam pelabuhan yang paling murah, menganalisis material *dredging* sebagai material timbunan dan merencanakan perbaikan tanah akibat penimbunan di sisi darat proyek pelabuhan RDMP – RU V PT.Pertamina, Balikpapan.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data tanah yang digunakan adalah data tanah sekunder.
2. Alternatif perkuatan dinding kolam menggunakan turap *sheet pile*, *secant pile* dan *soldier pile*.
3. Tidak merencanakan metode pelaksanaan.

1.5 Manfaat

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam perencanaan perkuatan dinding kolam pelabuhan, analisis material *dredging* sebagai material timbunan dan perencanaan perbaikan tanah pada perluasan dermaga di proyek pelabuhan pada umumnya dan pelabuhan RDMP yang sejenis di Indonesia.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Parameter Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpatikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Berdasarkan ukuran partikel, tanah dibagi menjadi empat jenis; kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*). Menurut Sistem Klasifikasi Unified , kerikil dan pasir disebut sebagai tanah berbutir kasar, sedangkan lanau dan lempung disebut sebagai tanah berbutir halus. Tanah memiliki parameter-parameter penting yang menunjukkan sifat tanah tersebut. Parameter-parameter dibagi menjadi 2 yaitu parameter fisik dan mekanis. Parameter fisik meliputi kadar air (wc), berat jenis tanah (γ), Spesific Gravity (Gs), Porositas (n), Angka Pori (e). Sedangkan parameter mekanis yaitu kohesi (c), dan sudut geser dalam (ϕ)

Berat jenis tanah dibagi menjadi 3 macam yaitu berat jenis tanah moist (γt), berat jenis tanah kering (γd), dan berat jenis tanah jenuh (γsat). Kohesi adalah parameter yang menunjukkan daya ikat antar partikel tanah. Tanah berbutir kasar memiliki nilai kohesi yang sangat kecil, atau bahkan tidak memiliki nilai kohesi sama sekali, sedangkan tanah berbutir halus memiliki nilai kohesi. Sudut geser tanah adalah parameter yang menunjukkan besar sudut yang terbentuk pada partikel-partikel dalam tanah akibat beban di atasnya. Berbeda dengan kohesi, tanah berbutir halus tidak memiliki sudut geser tanah, sedangkan tanah berbutir kasar memiliki sudut geser tanah.

2.2 Stratigrafi Tanah Dasar

Stratigrafi tanah dasar dibuat untuk mengetahui kondisi lapisan tanah dasar. Pembagian lapisan didasarkan pada hasil laboratorium yaitu jenis lapisan tanah dan N-SPT untuk mengetahui konsistensi tanah.

2.3 Rumus Empiris dan Korelasi Parameter Tanah

Untuk mencari nilai parameter tanah yang tidak didapatkan dari hasil laboratorium dapat menggunakan rumus empiris tabel korelasi. Berikut merupakan beberapa tabel rumus empiris untuk mendapatkan nilai parameter tanah.

Tabel 2.1 Tabel Rumus Empiris Nilai Cc (Das, 1988)

TABLE 8-2 Some Empirical Equations for C_c and $C_{c\epsilon}$*

Equation	Regions of Applicability
$C_c = 0.007\,(LL - 7)$	Remolded clays
$C_{c\epsilon} = 0.208e_o + 0.0083$	Chicago clays
$C_c = 17.66 \times 10^{-5} w_n^2 + 5.93 \times 10^{-3} w_n - 1.35 \times 10^{-1}$	Chicago clays
$C_c = 1.15(e_o - 0.35)$	All clays
$C_c = 0.30(e_o - 0.27)$	Inorganic, cohesive soil; silt, some clay; silty clay; clay
$C_c = 1.15 \times 10^{-2} w_n$	Organic soils–meadow mats, peats, and organic silt and clay
$C_c = 0.75(e_o - 0.50)$	Soils of very low plasticity
$C_{c\epsilon} = 0.156e_o + 0.0107$	All clays
$C_c = 0.01w_n$	Chicago clays

*As summarized by Azzouz, Krizek, and Corotis (1976).
Note: w_n = natural water content.

Tabel 2.2 Tabel Rumus Empiris Nilai Cv

TABLE 9-3 Typical Values of the Coefficient of Consolidation c_v

Soil	c_v $cm^2/s, \times 10^{-4}$	c_v m^2/yr
Boston blue clay (CL) (Ladd and Luscher, 1965)	40 ± 20	12 ± 6
Organic silt (OH) (Lowe, Zaccheo, and Feldman, 1964)	2–10	0.6–3
Glacial lake clays (CL) (Wallace and Otto, 1964)	6.5–8.7	2.0–2.7
Chicago silty clay (CL) (Terzaghi and Peck, 1967)	8.5	2.7
Swedish medium sensitive clays (CL-CH) (Holtz and Broms, 1972)		
1. laboratory	0.4–0.7	0.1–0.2
2. field	0.7–3.0	0.2–1.0
San Francisco Bay Mud (CL)	2–4	0.6–1.2
Mexico City clay (MH) (Leonards and Girault, 1961)	0.9–1.5	0.3–0.5

2.4 Pendekatan Statistik

Untuk menghitung distribusi parameter tanah menggunakan metode statistic distribusi T terhadap data-data tanah yang dimiliki. Beberapa persamaan statistik antara lain:

Rata-rata (Mean)

$$\bar{X}=\sum_{n=1}^{1} X \qquad (2.1)$$

Standard Deviasi

$$\text{STD} = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{X})^2}{n}} \qquad (2.2)$$

dimana

X = nilai data

Metode yang digunakan adalah cara statistik dengan selang kepercayaan yang baik, yaitu selang yang pendek dengan derajat kepercayaan yang tinggi. Oleh karena itu, digunakan selang kepercayaan 95%. Bentuk umum selang kepercayaan adalah Batas Bawah < (Parameter Tanah) < Batas Atas. Dengan menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$\bar{X} - \frac{STD}{\sqrt{n}}\, t_{(db)} < (\mu) < \bar{X} + \frac{STD}{\sqrt{n}}\, t_{(db)} \qquad (2.3)$$

Dimana,

$\bar{X}$ = rata-rata

STD = standar deviasi

n = jumlah data

$t_{(db)}$ = derajat kebebasan (pengali) yang didapatkan

dari Tabel 2.4 dengan nilai tail probability 0,05 dan v= n – 1.

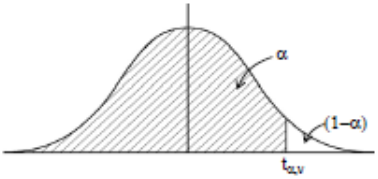
(μ) = nilai parameter tanah

Tabel 2.3 Tabel Korelasi Beberapa Parameter Tanah (Biarez & Favre, 1976)

Sifat Tanah		γ sat		e	n	Wsat	γ sat	K			Cv		gamma		mv=l/E	
		g/cm3	lb cb ft			%	g/cm3	cm/s	ft/year	lugeon	cm2/s	ft^2/year	bars	psi	cm2/kg	ft2/ton
Silt, Clay	lunak	0.5	31.25	4.4	0.8	163	1.31	1E-09	0.001	0.0001	0.00001		0.01	0.142	100	97.6
		0.6	37.5	3.5	0.78	129.6	1.38						0.05	0.71	20	19.52
		0.7	43.75	2.86	0.74	105.8	1.44	1E-08	0.0103	0.001	0.0001	3.4				
		0.8	50	2.38	0.7	88	1.5				0.0002	6.8	0.1	1.42	10	9.76
		0.9	56.25	2	0.67	74.1	1.57	1E-07	0.0103	0.01	0.0003	10.1	0.5	7.05	2	1.952
											0.0004	11.1	1	14.2	1	0.976
	rata-rata	1	62.5	1.7	0.63	63	1.63	1E-06	1.03	0.1	0.0005	16.9	2	28.4	0.5	0.488
		1.1	68.75	1.45	1.45	53.9	1.69	2E-06	2.06		0.0006	20.3	3	42.6	0.33	0.32208
		1.2	75	1.25	1.25	46.3	1.76	3E-06	3.1		0.0007	23.6	4	56.8	0.25	0.244
		1.3	81.25	1.08	1.08	39.9	1.82	4E-06	4.13		0.0008	27	5	71	0.2	0.1952
		1.4	87.5	0.93	0.93	34.4	1.88	5E-06	5.17		0.0009	30.4	6	85.2	0.17	0.16592
Gravel, Sand	sand	1.5	93.75	0.8	0.8	29.6	1.94	6E-06	6.2		0.001	338	7	99.4	0.14	0.13664
		1.6	100	0.69	0.69	25.5	2.04	7E-06	7.24				8	113.6	0.12	0.11712
		1.7	106.25	0.59	0.59	21.8	2.07	8E-06	8.26				9	127.8	0.11	0.10736
		1.8	112.5	0.5	0.5	18.5	2.13	9E-06	9.3		0.01	3380	10	142	0.1	0.0976
		1.9	118.75	0.42	0.42	15.6	2.2	0.00001	10.33	1			11	156.2	0.091	0.08882
								0.0001	103	10	0.1	338000	12	170.4	0.083	0.08101
	gravel	2	125	0.35	0.35	13	2.26	0.001	1030	100			13	184.6	0.077	0.07515
		2.1	131.25	0.29	0.29	10.6	2.32	0.01	10300	1000			14	198.8	0.073	0.07125
		2.2	137.5	0.23	0.23	8.4	2.39	0.1	103000	10000			15	213	0.064	0.06246
		2.3	143.75	0.17	0.17	6.4	2.45						20	284	0.05	0.0488
		2.4	150	0.13	0.13	4.63	2.51						50	710	0.02	0.01952
		2.5	156.25	0.08	0.08	2.96	2.57						100	1420	0.01	0.00976
		2.6	162.5	0.038	0.038	1.42	2.64						500	7100	0.002	0.00195
		2.7	168.75	0	0	0	2.7						1000	14200	0.001	0.00098

Tabel 2.4 Tabel Statistik Distribusi

Percentile Values ($t_{\alpha,\nu}$) for the t Distribution with ν Degrees of Freedom
(Shaded Area = α)

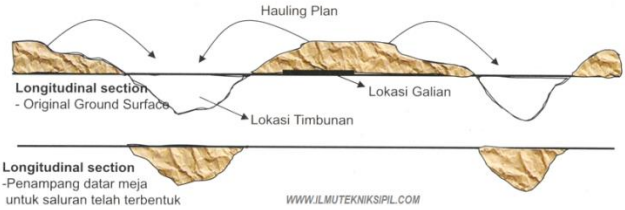


ν	α									
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.9	0.8	0.75	0.7	0.6	0.55
1	63.6567	31.8205	12.7062	6.3138	3.0777	1.3764	1.0000	0.7265	0.3249	0.1584
2	9.9248	6.9646	4.3027	2.9200	1.8856	1.0607	0.8165	0.6172	0.2887	0.1421
3	5.8409	4.5407	3.1824	2.3534	1.6377	0.9785	0.7649	0.5844	0.2767	0.1366
4	4.6041	3.7469	2.7764	2.1318	1.5332	0.9410	0.7407	0.5686	0.2707	0.1338
5	4.0321	3.3649	2.5706	2.0150	1.4759	0.9195	0.7267	0.5594	0.2672	0.1322
6	3.7074	3.1427	2.4469	1.9432	1.4398	0.9057	0.7176	0.5534	0.2648	0.1311
7	3.4995	2.9980	2.3646	1.8946	1.4149	0.8960	0.7111	0.5491	0.2632	0.1303
8	3.3554	2.8965	2.3060	1.8595	1.3968	0.8889	0.7064	0.5459	0.2619	0.1297
9	3.2498	2.8214	2.2622	1.8331	1.3830	0.8834	0.7027	0.5435	0.2610	0.1293
10	3.1693	2.7638	2.2281	1.8125	1.3722	0.8791	0.6998	0.5415	0.2602	0.1289
11	3.1058	2.7181	2.2010	1.7959	1.3634	0.8755	0.6974	0.5399	0.2596	0.1286
12	3.0545	2.6810	2.1788	1.7823	1.3562	0.8726	0.6955	0.5386	0.2590	0.1283
13	3.0123	2.6503	2.1604	1.7709	1.3502	0.8702	0.6938	0.5375	0.2586	0.1281
14	2.9768	2.6245	2.1448	1.7613	1.3450	0.8681	0.6924	0.5366	0.2582	0.1280
15	2.9467	2.6025	2.1314	1.7531	1.3406	0.8662	0.6912	0.5357	0.2579	0.1278
16	2.9208	2.5835	2.1199	1.7459	1.3368	0.8647	0.6901	0.5350	0.2576	0.1277
17	2.8982	2.5669	2.1098	1.7396	1.3334	0.8633	0.6892	0.5344	0.2573	0.1276
18	2.8784	2.5524	2.1009	1.7341	1.3304	0.8620	0.6884	0.5338	0.2571	0.1274
19	2.8609	2.5395	2.0930	1.7291	1.3277	0.8610	0.6876	0.5333	0.2569	0.1274
20	2.8453	2.5280	2.0860	1.7247	1.3253	0.8600	0.6870	0.5329	0.2567	0.1273
21	2.8314	2.5176	2.0796	1.7207	1.3232	0.8591	0.6864	0.5325	0.2566	0.1272
22	2.8188	2.5083	2.0739	1.7171	1.3212	0.8583	0.6858	0.5321	0.2564	0.1271
23	2.8073	2.4999	2.0687	1.7139	1.3195	0.8575	0.6853	0.5317	0.2563	0.1271
24	2.7969	2.4922	2.0639	1.7109	1.3178	0.8569	0.6848	0.5314	0.2562	0.1270
25	2.7874	2.4851	2.0595	1.7081	1.3163	0.8562	0.6844	0.5312	0.2561	0.1269
26	2.7787	2.4786	2.0555	1.7056	1.3150	0.8557	0.6840	0.5309	0.2560	0.1269
27	2.7707	2.4727	2.0518	1.7033	1.3137	0.8551	0.6837	0.5306	0.2559	0.1268
28	2.7633	2.4671	2.0484	1.7011	1.3125	0.8546	0.6834	0.5304	0.2558	0.1268
29	2.7564	2.4620	2.0452	1.6991	1.3114	0.8542	0.6830	0.5302	0.2557	0.1268
30	2.7500	2.4573	2.0423	1.6973	1.3104	0.8538	0.6828	0.5300	0.2556	0.1267
40	2.7045	2.4233	2.0211	1.6839	1.3031	0.8507	0.6807	0.5286	0.2550	0.1265
50	2.6778	2.4033	2.0086	1.6759	1.2987	0.8489	0.6794	0.5278	0.2547	0.1263
80	2.6387	2.3739	1.9901	1.6641	1.2922	0.8461	0.6776	0.5265	0.2542	0.1261
100	2.6259	2.3642	1.9840	1.6602	1.2901	0.8452	0.6770	0.5261	0.2540	0.1260
200	2.6006	2.3451	1.9719	1.6525	1.2858	0.8434	0.6757	0.5252	0.2537	0.1258
300	2.5923	2.3388	1.9679	1.6499	1.2844	0.8428	0.6753	0.5250	0.2536	0.1258
400	2.5882	2.3357	1.9659	1.6487	1.2837	0.8425	0.6751	0.5248	0.2535	0.1257
500	2.5840	2.3326	1.9639	1.6474	1.2830	0.8422	0.6749	0.5247	0.2535	0.1257
1000	2.5808	2.3301	1.9623	1.6464	1.2824	0.8420	0.6747	0.5246	0.2534	0.1257

(Sumber: Jurnal Statistik UGM)

2.5 Timbunan

Timbunan merupakan bangunan sederhana yang berupa tumpukan tanah yang berfungsi untuk penyesuaian elevasi bangunan lainya seperti bangunan gedung, jalan raya, fasilitas umum, dan lain-lain. Timbunan juga dapat berfungsi sebagai pengganti material existing *subgrade* yang tidak memenuhi syarat. Gambar 2.1 merupakan ilustrasi penimbunan pada suatu bukit, penimbunan membutuhkan volume tanah dari tempat lain untuk penyesuaian kontur. Bentuk yang digunakan untuk penyesuaian suatu kontur biasanya berbentuk trapesium dengan sisi bagian atas disesuaikan dengan lebar jalan yang ada diatasnya. Kemiringan *slope* yang ada di timbunan juga direncanakan agar timbunan tersebut stabil dan tidak mengalami kelongsoran. Kemiringan *slope* direncanakan biasanya lebih dari 1:1,5 agar tidak terlalu curam, atau bisa juga mengikuti lahan yang ada namun ditambah dengan perkuatan untuk mencegah kelongsoran.



Gambar 2.1 Ilustrasi Penimbunan

2.5.1 Material Timbunan Reklamasi

Material timbunan tidak boleh berupa:

1. Pasir halus berbutir homogen 100%
2. Material yang kandungan lempungnya terlalu banyak (>20%)

(Teknik Reklamasi, Wahyudi 1997)

Dalam realisasi pelaksanaan penimbunan reklamasi, biasanya peryaratan teknis disederhanakan menjadi:

1. Berupa tanah pasir bercampur kerikil dan sedikit lanau
2. Harus bersih dan bebas dari bahan organis dan kotoran
3. Diameter butiran maksimum = 20 mm

4. Porsentase material berdiameter halus yaitu yang lebih kecil dari 0.08 mm, adalah lebih kecil dari 20%.
5. Relative density timbunan minimum =80% untuk zone diatas muka air pasang, dan minimum = 60% pada zona dibawah muka air pasang
6. Koefisien permeabilitas minimum = 1 x 10^5 m/s

Sumber material timbunan reklamasi didapat dari

- Dasar laut
- Pulau tertentu
- Daratan, bukit atau gunung
- Dasar sungai
- Dasar danau

Untuk itu diperlukan sekali survey kualitas material reklamasi dan jumlah atau volume material yang tersedia pada quarry.

2.5.2 Stabilisasi Tanah Timbunan

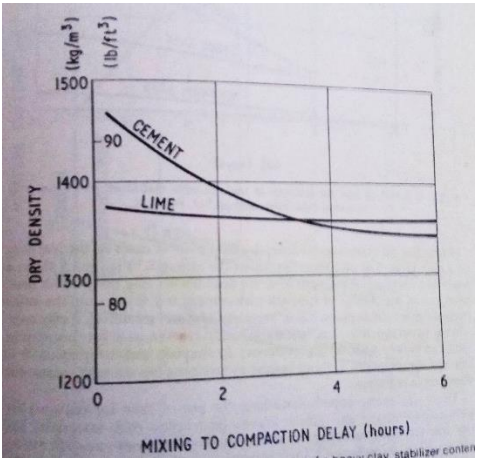
Stabilisasi tanah timbunan diperlukan bila suatu tanah yang terdapat di lapangan kondisinya jelek seperti sifat kembang susutnya besar dan permeabilitasnya tinggi. Stabilisasi pada tanah jelek diharapkan dapat memenuhi persyaratan teknis untuk perencanaan suatu konstruksi. Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia seperti semen, kapur atau *pozzolan.*

Bowles (1984) menyatakan stabilisasi dapat berupa:

- Menambah kepadatan tanah.
- Menambah material yang tidak aktif untuk mempertinggi kohesi/kuat geser.
- Menambah material agar terjadi perubahan alami dan kimiawi material tanah.
- Merendahkan permukaan air tanah

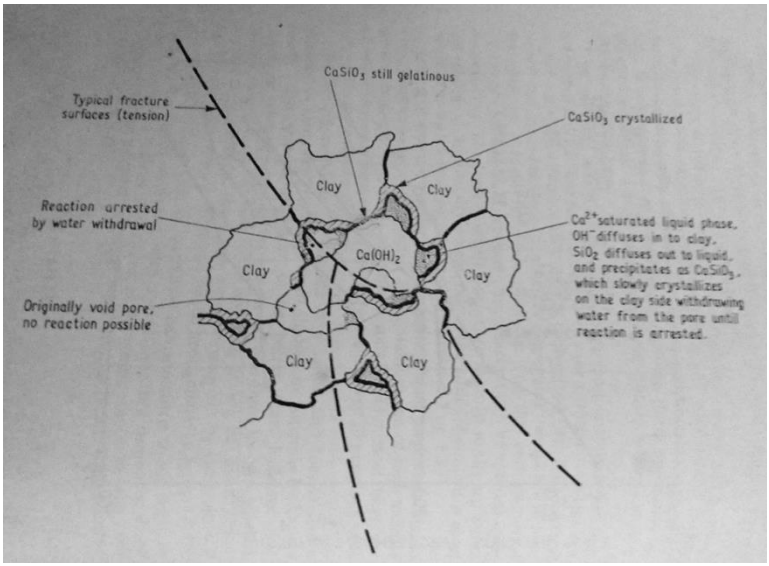
- Mengganti tanah-tanah yang buruk

Penelitian yang dilakukan oleh Ingles (1972) yaitu membandingkan penggunaan kapur dan semen berdasarkan berat isi kering tanah dan waktu pencampuran pemadatan (*mixing to compaction delay*) menghasilkan grafik seperti pada Gambar 2.2. Grafik tersebut menunjukan penggunaan kapur lebih stabil daripada semen.



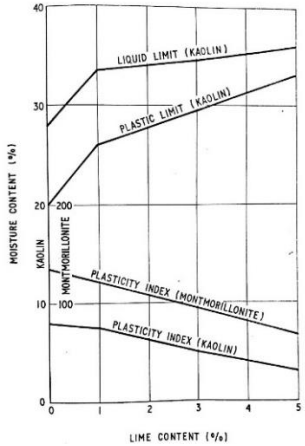
Gambar 2.2 Grafik Hubungan Berat Isi Tanah Dengan (*Mixing to Compacting Delay*) (Ingles, 1972)

Peningkatan kekuatan (*strength*) akibat dari stabilisasi lempung dengan kapur disebabkan reaksi yang terjadi, yaitu penyerapan air (*hydration of soil*), *flocculation*/pertukaran ion (*ion exchange*) Ca^{2+} dan OH^{-}, dan *cementation* (pengerasan)/reaksi pozolan (*pozzolanic reaction*). Mekanisme lainnya adalah karbonisasi (*carbonation*). Hidrasi kapur dan flokulasi termasuk reaksi cepat (*short term reaction*). Sedangkan sementasi (*cementation*) dan karbonisasi (*carbonation*) ternasuk reaksi lambat (*long term reaction*). Gambar 2.3 merupakan ilustrasi reaksi stabilisasi menggunakan kapur.

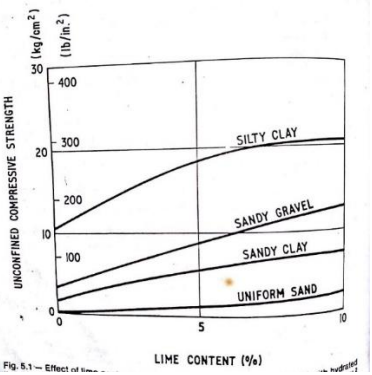


Gambar 2.3 Ilustrasi Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Kapur (Ingles, 1972)

Menurut Ingles (1972) penambahan kadar kapur berpengaruh terhadap nilai kadar air berdasarkan indeks plastisitas, batas cair dan batas plastis. Selain itu penambahan kapur juga meningkatkan nilai *unconfined compressive strength* berdasarkan jenis tanah. Gambar 2.4 dan 2.5 merupakan grafik penambahan kapur



Gambar 2.4 Grafik Kadar Air dengan Penambahan Kapur Berdasarkan Indeks Plastisitas, Batas Cair dan Batas Plastis (Ingles, 1972)



Gambar 2.5 Nilai *Unconfined Compressive Strength* dengan Penambahan Kapur Berdasarkan Jenis Tanah (Ingles, 1972)

2.5.3 Metode Analisis Kestabilan Lereng Timbunan

Tujuan dari analisis lereng timbunan adalah untuk menentukan angka keamanan. Umumnya angka keamanan didefinisikan sebagai

$$Fs = \frac{\tau f}{\tau d} \qquad (2.4)$$

dengan

Fs = angka kemanan terhadap kekuatan tanah

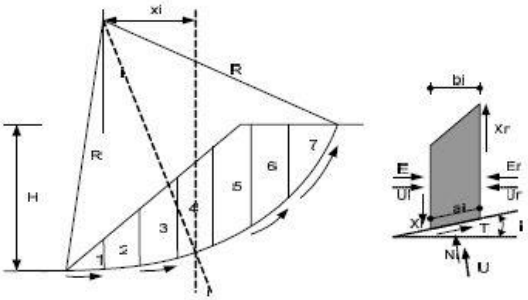
τf = kekuatan geser rata-rata dari tanah

τd = tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor

Ada beberapa cara yang dapat dipakai untuk melakukan analisis kestabilan lereng, baik untuk lereng batuan maupun lereng tanah. Terdapat 2 metode yang sering digunakan yaitu metode Felenius dan Bishop.

Metode Bishop digunakan dalam menganalisa kestabilan lereng dengan memperhitungkan gaya-gaya antar irisan yang ada dan memperhitungkan komponen gaya-gaya (horisontal dan vertikal) dengan memperhatikan keseimbangan momen dari masing-masing potongan seperti yang terlihat pada Gambar 2.6. Metode Bishop mengasumsikan bidang longsor berbentuk busur lingkaran atau circular.

Pertama yang harus diketahui adalah geometri dari lereng dan juga titik pusat busur lingkaran bidang luncur. Gambar 2.6 menunjukan gaya-gaya yang bekerja pada lereng dengan menggunakan metode irisan. Pada metode irisan, massa tanah pada lereng dibagi menjadi beberapa pias atau irisan. Tiap-tiap pias atau irisan memberikan kestabilan terhadap lereng. Bentuk kelongsoran yang terjadi pada lereng didekati dengan pola berbentuk lingkaran dengan pusat longsoran di titik O. Sehingga untuk pusat lingkaran O yang berada diatas lereng, terdapat pias tanah yang menambah kestabilan lereng, dan terdapat massa tanah yang melongsorkan lereng. Massa tanah pada lereng tersebut dibagi dalam beberapa irisan. Keseimbangan tiap irisan ditentukan oleh gaya-gaya yang bekerja pada irisan itu. Gaya-gaya itu adalah gaya geser (Xr dan Xl), gaya normal efektif (Er dan El), resultan gaya geser efektif (Ti), dan resultan gaya normal efektif (Ni). Pada irisan juga bekerja tekanan air pori di kedua sisi (Ur dan Ul) dan dari bawah irisan (Ui).



Gambar 2.6 Gaya yang Bekerja pada Lereng dengan Metode irisan (sumber: Das, 1999)

2.6 Pemampatan

Pembebanan yang diletakkan di atas permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan (*settlement*) pada tanah disebabkan oleh pembebanan yang dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu:

a. Pemampatan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air.
b. Pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Pemampatan konsolidasi dibagi menjadi dua bagian, yaitu konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder.

Besarnya pemampatan tanah total dalam Wahyudi (1997), adalah:

$$St = Si + Scp + Scs + Slat \quad (2.5)$$

Dimana:

St = Total *Settlement*
Si = *Immediate Settlement*
Scp = *Primary Consolidation Settlement*

Scs = *Secondary Consolidation Settlement*
Slat = S*ettlement* Akibat Gaya Lateral Tanah
Pemampatan konsolidasi sekunder dan lateral dapat diabaikan karena pada umumnya pemampatan tersebut nilainya relatif kecil.

2.6.1 Pemaptatan Segera (Si)

Pemampatan segera terjadi pada lapisan pasir degngan nilai NSPT < 10. Besarnya pemampatan segera menurut Biarez (1973)

$$Si = q \Sigma(\frac{h}{E'}) \quad (2.6)$$

Dimana
Si :Besar Pemampatan Segera (m)
Q :Tegangan yang bekerja pada permukaan tanah (t/m^2)
H :Tebal Lapisan Tanah I (m)
E' :*Modulus Oedometrik* pada lapisan I (T/m^2)

Dengan nilai E' menggunakan korelasi terhadap nilai *modulus young* (E)

$$E = E' \text{ x } (\frac{1-2\mu^2}{1-\mu}) \quad (2.7)$$

Dimana
E : *Modulus Young* (T/m^2)
μ : *Poisson Ratio*

Berikut merupakan tabel korelasi jenis tanah dengan nilai *modulus young* dan *poisson ratio*

Tabel 2.5 Korelasi Jenis Tanah degan Nilai E dan μ

Type of soil	Modulus of elasticity, E_s		Poisson's ratio, μ_s
	MN/m^2	lb/in^2	
Loose sand	10.5–24.0	1500–3500	0.20–0.40
Medium dense sand	17.25–27.60	2500–4000	0.25–0.40
Dense sand	34.50–55.20	5000–8000	0.30–0.45
Silty sand	10.35–17.25	1500–2500	0.20–0.40
Sand and gravel	69.00–172.50	10,000–25,000	0.15–0.35
Soft clay	4.1–20.7	600–3000	
Medium clay	20.7–41.4	3000–6000	0.20–0.50
Stiff clay	41.4–96.6	6000–14,000	

(sumber : B.Das, 2007)

2.6.2 Pemampatan Konsolidasi (Sc)

Penambahan beban di atas suatu lapisan tanah jenuh air menyebabkan tekanan air pori meningkat dan mengakibatkan air berusaha mengalir keluar dari pori-pori tanah. Pemampatan tanah tersebut disebut sebagai pemampatan konsolidasi primer. Besar pemampatan konsolidasi untuk jenis tanah lunak sangat bergantung pada sejarah geologis tanah. Tanah pada kedalaman tertentu telah mengalami tegangan efektif pra-konsolidasi, yakni tegangan efektif terbesar yang pernah dialami di masa lampau. Tegangan efektif pra-konsolidasi dapat lebih kecil atau sama dengan tegangan *overburden* efektif saat ini. Dengan begitu, terdapat dua jenis tanah berdasarkan sejarah tegangan, yakni:

- *Normally Consolidated Soil* (NC-Soil), yakni tegangan *overburden* efektif saat ini merupakan tegangan terbesar (maksimum) yang pernah dialami tanah tersebut.
- *Over Consolidated Soil* (OC-Soil), yakni tegangan *overburden* efektif saat ini lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami tanah sebelumnya

  Kategori tersebut tergantung dari angka *Over Consolidation Ratio* (OCR), yang didefinisikan dengan persamaan berikut:

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

Keterangan :
σ_c' = tegangan efektif pra-konsolodasi
σ_o' = tegangan *overburden* efektif
NC-Soil mempunyai angka OCR = 1 dan OC-Soil mempunyai angka OCR > 1.
Menurut Das (1985), besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanag lempung setebal H dapat dihitung dengan persamaan :

1. Untuk NC-Soil

   $$Sc = C_c.\frac{H_0}{1+e_0}.log\frac{\sigma'_{vo}+\Delta\sigma}{\sigma_{vo}'} \qquad (2.9)$$

2. Untuk OC-Soil
   - Bila $\sigma'_{vo} + \Delta\sigma \leq \sigma_c$, maka :

$$Sc = \frac{Cs.H_0}{1+e_0}.log\frac{\sigma'_{vo}+\Delta\sigma}{\sigma_{vo}'} \quad (2.10)$$

- Bila $\sigma'_{vo} + \Delta\sigma \geq \sigma_c$, maka :

$$Sc = \frac{Cs.H_0}{1+e_0}.log\frac{\sigma_c'}{\sigma_{vo}'} + \frac{Cc.H_0}{1+e_0}.log\frac{\sigma'_{vo}+\Delta\sigma}{\sigma_c'} \quad (2.11)$$

Keterangan :

Sc = besar pemampatan (m)
Cc = indeks pemampatan (compression index)
Cs = indeks pemuaian (swelling index)
e_0 = angka pori
σ_o' = tegangan *overburden* efektif
$\Delta\sigma$ = penambahan beban vertikal
σ_c' = tegangan pra-konsolidasi

Semua persamaan pemampatan konsolidasi adalah untuk lapisan tanah yang *compressible* (N-SPT<10).

2.6.3 Data dan Parameter Tanah untuk Perhitungan *Settlement* (Sc)

Parameter-parameter tanah yang digunakan dalam perhitungan *settlement* adalah sebagai berikut:

1. Tebal Lapisan *Compressible*

Tebal lapisan *compressible* yang diperhitungkan adalah yang memiliki nilai N-SPT < 10.

2. Tegangan *Overburden* Efektif (σ'_o)

Tegangan *overburden* efektif adalah tegangan vertikal efektif dari tanah asli akibat beban atau lapisan tanah di atas titik tanah asli yang ditinjau.Tegangan *overburden* efektif didapatkan dengan rumusan sebagai berikut:

$$\sigma'_o = \gamma' \text{ . H} \quad (2.12)$$

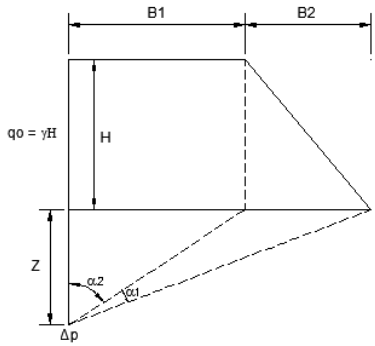
Dimana:

γ' = berat efektif tanah (γsat – γw)
H = kedalaman lapisan hingga titik yang ditinjau

3. Distribusi Tegangan Tanah ($\Delta\sigma$)

Distribusi Tegangan Tanah merupakan tambahan tegangan akibat pengaruh beban tambahan diatas tanah yang ditinjau di

tengah- tengah lapisan. Menurut Braja M. Das (1986), diagram tegangan tanah akibat timbunan ditunjukkan oleh Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Diagram Tegangan Tanah akibat Timbunan.
(sumber : Principles of Foundation Engineering, Second Edition)

Besarnya $\Delta\sigma'$ adalah:

$$\Delta\sigma' = 2 \times I \times q_0 \qquad (2.13)$$

Keterangan:

q_0 = beban timbunan (t/m^2)

$\Delta\sigma$' = besar distribusi tegangan di tengah tiap lapisan tanah (t/m^2)

I = faktor pengaruh, yang dapat dilihat pada Gambar 2.7.

$$I = [\left\{\frac{B1+B2}{B2}\right\} x\ (\alpha 1 + \alpha 2) - \frac{B1}{B2}\ x\ \alpha 2] \qquad (2.14)$$

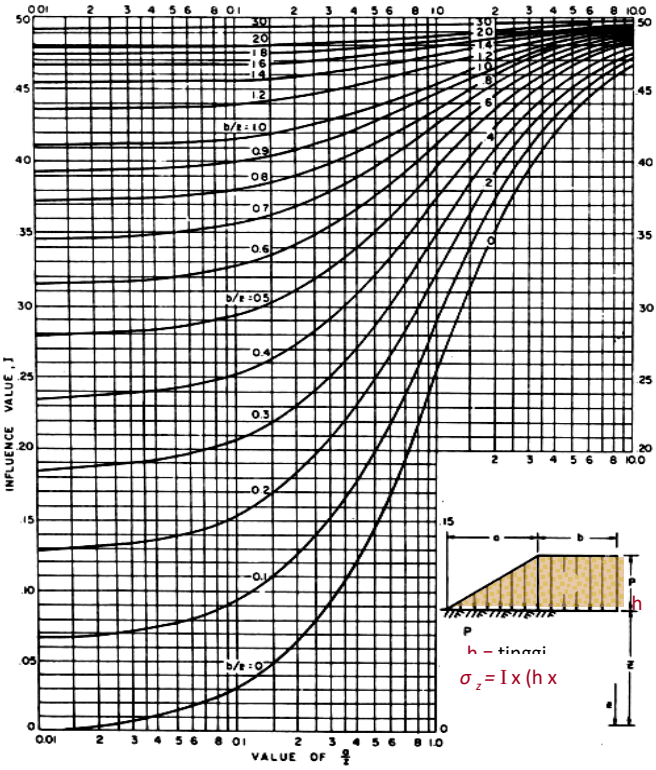
Dimana:

B1 = Panjang horizontal kemiringan timbunan

B2 = Lebar setengah timbunan

$\alpha 1$ = [Tan^{-1} {(B1+B2)/z} - Tan^{-1} (B2/z)] (radian)

$\alpha 2$ = [Tan^{-1} (B2/z)] (radian)



Gambar 2.8 Grafik Faktor Pengaruh (I)
(sumber: NAVFAC DM-7, 1970)

2.7 Perhitungan Tinggi Timbunan

Penggunaan pra-pembebanan (*preloading*) dan beban tambahan (*surcharge*) adalah untuk mempercepat proses terjadinya pemampatan yang diprediksi pada tanah dasar. dua metode *preloading* yang umum dipakai adalah :

- Menaikkan tegangan efektif tanah
- Menurunkan tegangan air pori

2.7.1 Tinggi Timbunan Awal dan Akhir

Tinggi timbunan awal pada saat pelaksanaan tidak sama dengan tinggi timunan rencana. Untuk menentukan tinggi timbunan rencana, perlu diperhatikan besarnya pemampatan yang terjadi pada tanah asli. Untuk mencari besarnya tinggi timbunan awal ($H_{initial}$) digunakan persamaan:

$$q = (H_{initial} - S_c) * \gamma_{timb} + S_c * \gamma'_{timb} \quad (2.15)$$

$$q = (H_{initial} \times \gamma_{timb}) - (S_c \times \gamma_{timb}) + (S_c \times \gamma'_{timb}) \quad (2.20)$$

$$H_{initial} = \frac{\left(q + (S_c \times \gamma_{timb}) + (S_c \times \gamma'_{timb})\right)}{\gamma_{timb}} \quad (2.16)$$

$$H_{akhir} = H_{intiial} - S_c \quad (2.17)$$

Dimana:

$H_{initial}$ = tinggi timbunan awal

H_{akhir} = tinggi timbunan akhir

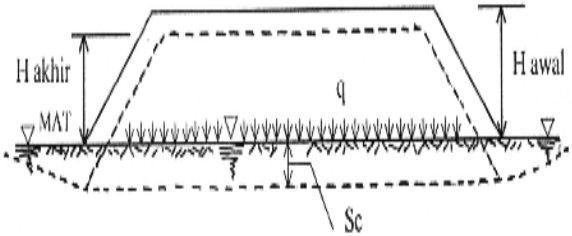
Sc = total penurunan tanah akibat timbunan H

γ'_{timb} = berat volume efektif material timbunan

Bila $\Upsilon_{sat} = \Upsilon_{timb}$, maka:

$$q = H_{initial} \cdot \gamma_{timb} - S_c \cdot \gamma_w \quad (2.18)$$

$$H_{initial} = \frac{q + S_c \times \gamma_w}{\gamma_{timb}} \quad (2.19)$$



Gambar 2.9 Kedudukan timbunan saat mengalami pemampatan (sumber : Mochtar, 2000)

2.8 Waktu Pemampatan

Proses konsolidasi tanah lempung yang tebal berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Perbandingan antara pemampatan tanah pada saat t = ∞ dengan pemampatan total yang terjadi disebut derajat konsolidasi. Nilai derajat konsolidasi adalah antara 0% sampai 100%. Formula derajat konsolidasi :

$$U = \frac{St}{S} \times 100\% \quad (2.20)$$

Keterangan :

U = Derajat konsolidasi
St = Pemampatan pada saat t
S = Pemampatan total yang terjadi

Derajat konsolidasi (U) juga diperoleh dengan persamaan

- Untuk U antara 0 – 60 %:

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

- Untuk U > 60 % :

Uv = (100 - a)%, dimana nilai a adalah

$$a = \frac{1.781 - Tv}{0.933} \quad (2.22)$$

Pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar yang terjadi karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous, yaitu ke atas atau ke bawah saja (*single drainage*) atau ke atas dan ke bawah (*double drainage*). Waktu konsolidasi dapat diasumsikan sebagai berikut :

$$t = \frac{T(H_{dr})^2}{Cv} \quad (2.23)$$

Keterangan :

t = waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan konsolidasi
T = *time factor*
Hdr = jarak terjauh air pori di lapisan tanah untuk mengalir keluar
Cv = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal

Untuk tanah yang memiliki banyak lapis dengan ketebalan yang berbeda-beda, harga Cv gabungan dapat ditentukan dengan formula berikut :

$$Cv\ gabungan = \frac{[H_1+H_2+\cdots+H_n]^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{Cv_1}}+\frac{H_2}{\sqrt{Cv_2}}+\cdots+\frac{Hn}{\sqrt{Cvn}}\right]} \quad (2.24)$$

Dimana:
Hi = Tebal Lapisan
Cvi = Nilai Cv pada lapisan i

2.9 Percepatan Waktu Pemampatan

Pemampatan yang direncanakan dapat membutuhkan waktu yang sangat lama, sehingga dibutuhkan percepatan waktu pemampatan dalam proses konsolidasi tanah. Salah sateu metode untuk mempercepat waktu konsolidasi adalah dengan menggunakan *Vertical Drain*.

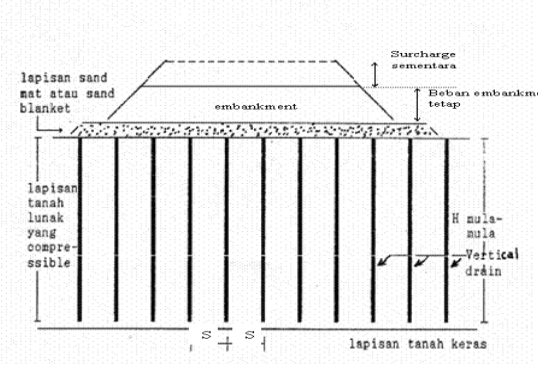
2.9.1 *Vertical Drain*

Vertical drain berfungsi untuk mempercepat waktu pemampatan. Hal ini dikarenakan pemampatan konsolidasi yang terjadi pada tanah lempung berlangsung sangat lambat. Dengan adanya *vertical drain* makan air pori tanah tidak hanya mengalir keluar kearah vertikal saja, tetapi juga ke arah horizontal. Metode ini digunakan saat penimbunan bertahap dan untuk mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi rencana.

Vertical drain dapat berupa kolom pasir (*sand drain*) atau *pre-fabricated vertical drain* (PVD). PVD terbuat dari bahan geosintetik yang diproduksi di pabrik. Bahan ini dapat mengalirkan air dengan baik, namun masa efektif kerja bahan ini hanya 6 bulan. PVD lebih umum dipakai di lapangan dibandingkan dengan kolom pasir karena kolom pasir pemasangannya jauh lebih rumit dan juga lebih mahal.

2.9.2 Kedalaman *Vertical Drain*

Kedalaman *vertical drain* adalah sepanjang lapisan tanah yang mengalami konsolidasi. *Vertical drain* dipasang sepanjang lapisan tanah *compressible* (N-SPT < 10) atau sedalam lapisan tanah yang masih mengalami pengaruh akibat distribusi tegangan dari beban diatasnya. Kedalaman *vertical drain* ditunjukkan Gambar 2.11.



Gambar 2.10 Pemasangan *Verical Drain*

2.9.3 Waktu Konsolidasi dengan *Vertical Drain*

Waktu konsolidasi yang dibutuhkan dengan menggunakan *vertical drain* menurut Barron (1948) adalah :

$$t = \left(\frac{D^2}{8.Ch}\right).F(n).\ln\left(\frac{1}{1-\bar{U}h}\right) \qquad (2.25)$$

Keterangan:

t = waktu yang diperlukan untuk mencapai $\bar{U}h$

D = diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari PVD

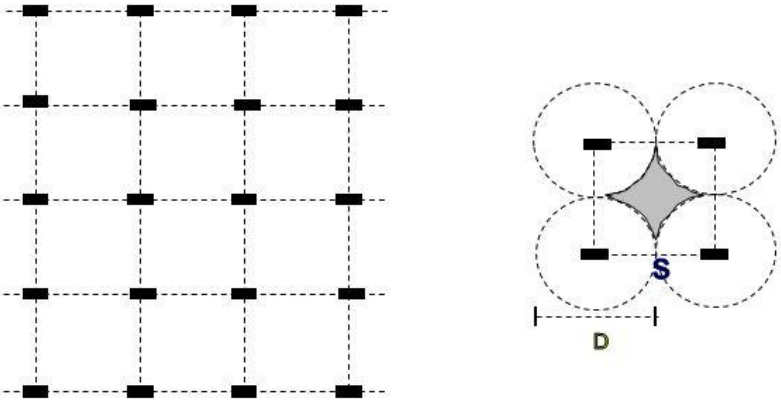
D = 1.13 x S, untuk pola susunan bujur sangkar, dan

D = 1.05 x S, untuk pola susunan segitiga

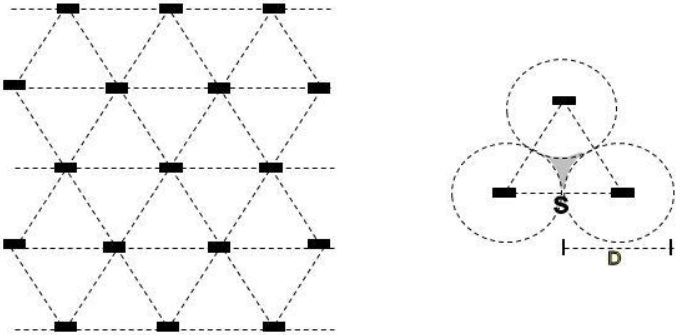
Ch = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

Ūh = Derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

Dimana Uh = $1 - \left(\frac{1}{e^{\frac{t \; x \; 8 \; x \; Ch}{D^2 \; x \; 2 \; x \; F(n)}}} \right) \; x \; 100\%$ (2.26)



Gambar 2.11 PVD pola susunan bujur sangkar
(sumber: Hansbo, 1979 dalam Mochtar, 2000)



Gambar 2.12 PVD pola susunan segitiga
(sumber: Hansbo, 1979 dalam Mochtar, 2000)

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

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

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2-1^2}\right)\left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2}\right)\right] \qquad (2.27)$$

Keterangan:

n = D/dw

dw = diameter ekivalen dari *vertical drain*

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

Jadi: F(n) = ln(n) – ¾, atau

F(n) = ln(D/dw) – ¾

Hansbo (1979) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8.Ch}\right)(F(n) + Fs + Fr).ln\left(\frac{1}{1-\bar{U}h}\right) \qquad (2.28)$$

Keterangan:

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

Fs = faktor hambatan tanah yang terganggu

Fr = faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri

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

$$Fr = \pi.z.(L-z).\left(\frac{kh}{qw}\right) \qquad (2.29)$$

Keterangan:

z = kedalaman titik yang ditinjau pada PVD terhadap permukaan tanah

L = panjang drain

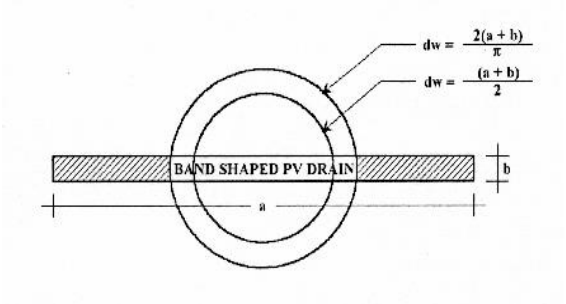
kh = koefisien permeabilitas arah horizontal dalam tanah yang tidak terganggu (*undisturbed*)

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

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

$$Fs = \left(\frac{kh}{ks} - 1\right).ln\left(\frac{ds}{dw}\right) \qquad (2.30)$$

Keterangan:
ks = koefisien permeabilitas arah horizontal pada tanah sudah terganggu (*disturbed*)
ds = diameter daerah yang terganggu (*disturbed*) sekeliling *vertical drain*
dw = diameter lingkaran ekivalen untuk PVD



Gambar 2.13 Diameter Ekivalen PVD

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

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

$$t = \left(\frac{D^2}{8.Ch}\right).(2.F(n)).ln\left(\frac{1}{1-\overline{U}h}\right) \qquad (2.31)$$

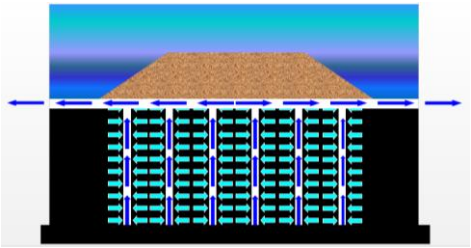
Keterangan:
t = waktu yang diperlukan untuk mencapai $\overline{U}h$

D = diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*
Ch = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial
F(n) = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD
$\bar{U}h$ = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial
Dengan memasukkan harga t tertentu, dapat dicari nilai Uh pada lapisan tanah yang dipasang PVD. Selain konsolidasi akibat aliran pori arah horisontal juga terjadi konsolidasi akibat aliran air vertikal Uv. Harga Uv dicari dengan Persamaan 2.21 dan Persamaan 2.22. Kemudian dapat dicari derajat konsolidasi rata-rata (Ū) dengan persamaan berikut:

$$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}h).(1 - \bar{U}v)]x100\% \quad (2.32)$$

2.9.4 *Horizontal Drain*

Prefabricated Horizontal Drain (PHD) digunakan untuk mengalirkan aliran air dari *Prefabricated Vertical Drain* dalam tanah ke saluran drainase utama disamping kanan atau kiri timbunan yang nantinya air pori akan keluar melewati *Prefabricated Vertical Drain* dan disalurkan di atas tanah menggunakan *Prefabricated Horizontal Drain* untuk menuju saluran drainase di samping kanan/kiri timbunan.



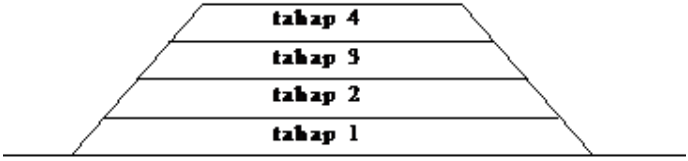
Gambar 2.14 Sistem Kolaborasi Prefabricated Vertical Drain dan Prefabricated Horizontal Drain

Gambar 2.15 Pemasangan Prefabricated Horizontal Drain

Gambar 2.16 Air pori dari PVD yang disalurkan ke PHD untuk menuju saluran drainase disamping kanan/kiri timbunan

2.10 Timbunan Bertahap

Pelaksanaan konstruksi timbunan secara bertahap dilakukan dengan cara menimbun tanah secara bertahap dalam jangka waktu tertentu. Metode ini bertujuan untuk mencegah kegagalan pada tanah dasar dengan cara memampatkan tanah dasar hingga tanah timbunan berikutnya diberikan, sehingga stabilitas tanah dasar dapat ditingkatkan Pemberian timbunan secara bertahap dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Timbunan diletakkan secara Bertahap

2.10.1 Peningkatan Daya Dukung Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar dapat meningkat jika beban timbunan diletakkan secara bertahap sampai mencapai tinggi timbunan kritis (Hcr). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ardana dan Mochtar (1999), diketahui bahwa terdapat vertikal efektif (σ_p'). Peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Untuk harga *Plasticity index*, PI tanah < 120%

$$Cu\ (kg/cm^2) = 0.0737 + (0.1899 - 0.0016\ PI)\ \sigma_o' \quad (2.33)$$

Untuk harga *Plasticity Index*, PI tanah > 120%

$$Cu\ (kg/cm^2) = 0.0737 + (0.0454 - 0.00004\ PI)\ \sigma_o' \quad (2.34)$$

Dimana harga σ_o' dalam kg/cm^2

Apabila tidak diketahui harga PI, maka dapat menggunakan formula hasil penelitian Lastiasih dan Tantri (2015).

$$c_{baru} = c_{awal} + a\Delta\sigma \quad (2.35)$$

$$a = U \tan \phi' \quad (2.36)$$

$$\Delta C_u = U \tan \phi' \Delta \sigma_v \qquad (2.37)$$

Untuk tanah yang sedang mengalami konsolidasi, harga σ_p' berubah sesuai dengan waktu. Secara umum menurut Ardana dan Mochtar (1999) harga σ_p' dapat dicari dengan cara berikut ini:

$$\sigma_p' = \left(\frac{P_o' + \Delta P'}{P_o'}\right)^U . P_o' \qquad (2.38)$$

Bila: U = 100% = 1, maka $\sigma_p' = p_o' + \Delta p'$
U < 100%, maka $\sigma_p' < p_o' + \Delta p'$

Menghitung penambahan tegangan efektif akibat beban timbunan dengan derajat konsolidasi (U) < 100% dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Tabel Rumus Penambahan Tegangan Efektif U<100%

Tahapan Penimbunan (meter)	Umur Timbunan (minggu)	Derajat konsolidasi PVD U (%)	Δp pada U <100%
Tanah Asli		100	
h1	4	U PVD 4 minggu	$\{\left(\frac{\sigma 1'}{p'0}\right)^{U4} . P0'\} - P0'$
h2	3	U PVD 3 minggu	$\{\left(\frac{\sigma 2'}{\sigma 1'}\right)^{U3} . \sigma 1'\} - \sigma 1'$
h3	2	U PVD 2 minggu	$\{\left(\frac{\sigma 3'}{\sigma 2'}\right)^{U2} . \sigma 2'\} - \sigma 2'$
h4	4	U PVD 1 minggu	$\{\left(\frac{\sigma 4'}{\sigma 3'}\right)^{U1} . \sigma 3'\} - \sigma 3'$

(sumber: Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah, 2012)

2.10.2 Besar Pemampatan akibat Timbunan Bertahap

Timbunan yang diletakkan secara bertahap mempengaruhi persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung besar pemampatan konsolidasi. Dalam perhitungan pemampatan konsolidasi disesuaikan dengan besar beban dan pemakaian nilai Cc dan Cs.

Perumusan untuk menghitung pemampatan konsolidasi yang terjadi adalah:

Apabila $p'o + \Delta p1 \leq pc =$

$$Sc = \frac{C_s \cdot H}{1+e_o} log \left(\frac{p'o+\Delta p1}{p'o}\right) \quad (2.39)$$

Apabila $p'o + \Delta p1 + \Delta p2 > pc =$

$$Sc = \frac{C_s \cdot H}{1+e_o} log \frac{p'c}{p'o+\Delta p1} + \frac{C_c \cdot H}{1+e_o} log \left(\frac{p'o+\Delta p1+\Delta p2}{p'c}\right) \quad (2.40)$$

Apabila $p'o + \Delta p1 + \Delta p2 + \Delta p3 > pc =$

$$Sc = \frac{C_c \cdot H}{1+e_o} log \left(\frac{p'o+\Delta p1+\Delta p2+\Delta p3}{p'o+\Delta p1+\Delta p2}\right) \quad (2.41)$$

Keterangan :

Cc = Indeks pemampatan (*compression index*)
Cs = Indeks mengembang (*swelling index*)
P'o = Tegangan efektif *overburden*
Δp = Penambahan tegangan akibat beban tahapan timbunan
e_o = Angka pori tanah dasar

2.11 Tekanan Tanah Horizontal

Dinding penahan tanah, turap, galian yang diperkokoh maupun tidak, semuanya memerlukan perkiraan tekanan tanah lateral secara kuantutatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas.Tekanan tanah lateral merupakan salah satu bagian perencanaan penting, khususnya dalam hal teknik pondasi maupun bangunan penahan tanah.

Dalam memperkirakan dan menghitung kestabilan dinding penahan, diperlukan menghitung tekanan ke arah samping (lateral). Tekanan lateral terjadi karena massa tanah menerima beban akibat tegangan normal maupun berat kolom tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya tekanan kearah tegak lurus atau kearah samping. Besarnya tekanan tanah lateral sendiri sangat dipengaruhi oleh fisik tanah, sudut geser, dan kemiringan tanah terhadap bentuk struktur dinding penahan.

Tekanan tanah lateral dibagi menjadi tekanan tanah dalam keadaan diam, tekanan tanah aktif, dan tekanan tanah pasif. Tekanan tanah dalam kondisi diam terjadi akibat massa tanah pada dinding penahan berada dalam kondisi seimbang. Tekanan tanah aktif merupakan tekanan yang berusaha untuk mendorong dinding penahan tersebut kedepan. Sementara tekanan tanah pasif merupakan tekanan yang berusaha mengimbangi tekanan tanah aktif.

2.11.1 Tekanan Lateral Aktif

Tekanan aktif merupakan tekanan yang mendorong dinding penahan tanah ke arah horizontal.Sementara dinding penahan tanah harus dalam keadaan seimbang dalam menahan tekanan arah horizontal.Tekanan ini dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tanah K_a. Rumusan tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_a = K_a \times \gamma \times H \tag{2.42}$$

Dimana harga K_a:

Untuk tanah datar:

$$K_a = tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \tag{2.43}$$

Untuk tanah miring:

$$K_a = \left(\frac{\cos Q}{1+\sqrt{\frac{\sin Q \sin(Q-\delta)}{\cos \delta}}} \right)^2 \tag{2.44}$$

Keterangan:
Q = sudut geser tanah
δ = kemiringan tanah
Selain itu, kohesi sebagai lekatan antara butiran tanah juga memiliki pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah yaitu sebesar $2c\sqrt{K_a}$, sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_{h\ aktif} = \sigma_v \cdot K_a - 2C\sqrt{K_a} \quad (2.45)$$

dimana c = kohesi tanah.

2.11.2 Tekanan Lateral Pasif

Tekanan lateral pasif tanah merupakan tekanan yang melawan arah dari tekanan lateral aktif. Hal ini disebabkan olehh gaya yang mendorong dinding cencerung ke arah urugannya. Tekanan pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah, yaitu gaya yang dibutuhkan untuk menahan dinding penahan tanah sebelum terjadi kegagalan.
Rumusan tekanan horizontal pasif dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sigma_p = K_p \times \gamma \times H \quad (2.46)$$

Dimana harga K_p
Untuk tanah datar adalah:

$$K_p = tan^2(45 + \tfrac{\phi}{2}) = \tfrac{1}{Ka} \quad (2.47)$$

Untuk tanah miring adalah:

$$K_a = \left(\frac{\cos Q}{1+\sqrt{\frac{\sin Q \sin(Q+\delta)}{\cos \delta}}} \right)^2 \quad (2.48)$$

Keterangan:
Q = sudut geser tanah
δ = kemiringan tanah
Dalam kasus tekanan lateral pasif, kohesi (lekatan antar butiran tanah) mempunyai pengaruh memperbesar tekanan pasif tanah sebesar $2c\sqrt{K_a}$, sehingga perumusan menjadi:

$$\sigma_{h\,pasif} = \sigma_v \cdot K_p + 2C\sqrt{K_p} \qquad (2.49)$$

2.12 Perkuatan Dinding

2.12.1 Perencanaan Perkuatan Dinding tanpa Angkur

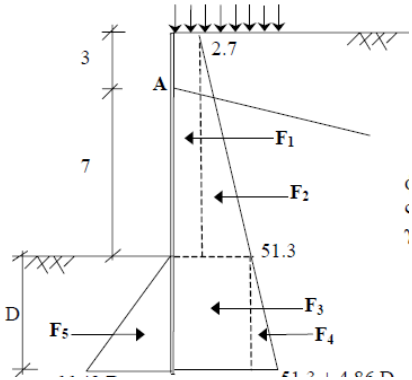
Berikut tahap-tahap dalam merencanakan turap tanpa angker:

1. Menggambar distribusi tekanan tanah aktif dan pasif
2. Mencari Kedalaman Turap (D)

Kedalaman turap diperoleh dari keseimbangan momen pada titik O, yaitu titik dasar dari perencanaan turap. (ΣMo = 0). Kedalaman turap hasil perhitungan kemudian dikalikan dengan angka keamanan antar 1,2 s/d 2,0.

3. Menentukan Profil Turap

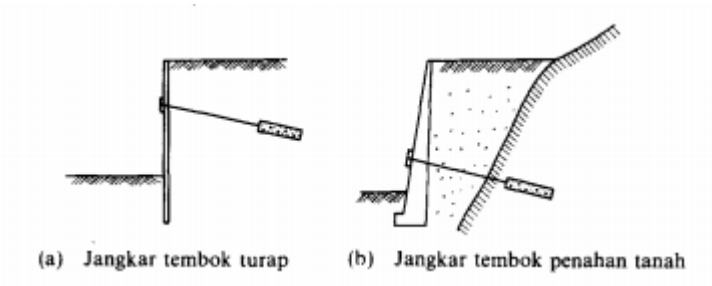
Profil turap ditentukan berdasarkan momen maksimum yang terjadi pada turap. Momen maksimum didapatkan dari turunan persamaan momen akibat gaya horisontal. Nilai yang didapatkan kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan momen akibat gaya horisontal.



Gambar 2.18 Gaya-Gaya pada Diagram Tekanan Tanah Horisontal

2.12.2 Perencanaan Dinding dengan Angkur

Metode penjangkaran tanah disebut juga dengan nama *Alluvian Anchor*, *Ground Anchor*, atau *Tieback Anchor*, sesuatu yang dikembangkan di Eropa sekitar 20 tahun lalu. Dalam metode ini pemboran dilakukan di dalam tanah pondasi yang baik terdiri dari lapisan berpasir, lapisan berkerikil, lapisan berbutir halus ataupun batuan yang lapuk, serta suatu bagian yang menahan gaya Tarik seperti campuran semen dengan kabel baja atau semen dengan batang baja dimasukkan ke dalam lubang hasil pemboran tersebut, kemudian disertai suatu gaya tarik setelahnya untuk memperkuat konstruksinya. Dalam banyak hal dipergunakan untuk melawan tekanan seperti turap ataupun tembok penahan tanah, lihat Gambar 2.19.



Gambar 2.19 Contoh Penjangkaran
(Sumber : K.Nakzawa dkk, 2000)

Perencanaan turap dengan angkur memiliki tahap perhitungan yang hampir sama dengan perencanaan turap tanpa angkur. Yang membedakan adalah cara menentukan kedalaman turap (D) serta adanya perencanaan angker. Pada turap tanpa angker, nilai D diperoleh dengan keseimbangan momen pada titik A (Gambar 2.18), yakni titik dimana angker dipasang. Langkah untuk menentukan profil turap sama. Untuk perencanaan angker sebagai berikut:

1. Perencanaan Blok Angker

Menurut Teng (1962), apabila $H/h \leq 1{,}5$ sampai 2 tinggi blok angker dapat dianggap = H.

Untuk B/h ≈ ∞; Pu = B(P_p – P_a) (2.50)

Untuk B/h < 5, persamaan untuk menghitung kapasitas blok angker pendek di dekat tanah untuk tanah granular adalah sebagai berikut:

$$T_{ult} \leq B(P_p - P_a) + \frac{1}{3} K_o \gamma (\sqrt{K_p} + \sqrt{K_a}) H^3 \tan \phi \quad (2.51)$$

dimana:

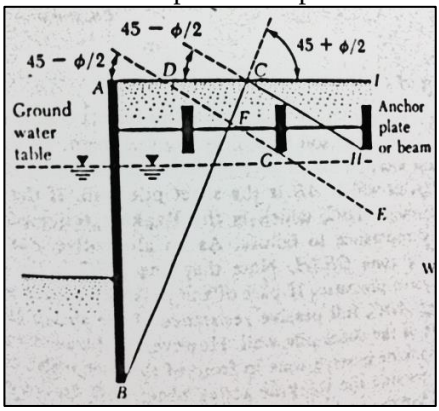
Tult = kapasitas maksimum blok angker
Ko = koefisien tekanan tanah diam (0,4)
H = kedalaman angker terhadap permukaan tanah
B = lebar blok angker

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 tan^2 (45 + \frac{\phi}{2}) \quad (2.52)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 tan^2 (45 - \frac{\phi}{2}) \quad (2.53)$$

2. Menentukan Panjang *Rod* Angker

Blok angker harus terletak di zona tanah yang stabil. Penggambaran zona aman dapat dilihat pada Gambar 2.20



Gambar 2.20 Penentuan Lokasi Angker
(sumber: Das, 1990)

3. Penulangan Blok Angkur

Penulangan blok angker direncanakan seperti menghitung penulangan pelat beton. Penulangan diberikan pada sisi dimana *rod* angker dipasang. Berikut tahap perhitungan penulangan blok angker:

a. Menentukan nilai d, fy, f'c, d', Mu, dan ∅ yang digunakan. dimana:

d = panjang tempat tulangan dipasang
fy = tegangan leleh baja
f'c = kuat tekan beton
d' = selimut beton
Mu = momen yang bekerja akibat gaya tarik *rod* angker
$Mu = \frac{1}{4}$ PL
P = gaya akibat *rod* angker
L = panjang penulangan
∅ = diameter tulangan

b. Menentukan nilai m

$$m = \frac{\text{fy}}{0{,}85\text{f}'\text{c}} \quad (2.54)$$

c. Menentukan nilai Rn

$$Rn = \frac{\text{Mu}}{0{,}85\text{b}d^2} \quad (2.55)$$

d. Menentukan rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{1}{\text{m}}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \text{m} \cdot \text{Rn}}{\text{fy}}}\right. \quad (2.56)$$

$$\rho min = \frac{1}{4} . \frac{1.4}{\text{fy}} \quad (2.57)$$

bila, $\rho_{min} > \rho$ digunakan ρ_{min}

e. Menentukan luas tulangan yang diperlukan (As_{perlu})

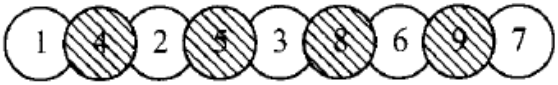
$$As_{perlu} = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.58)$$

f. Menentukan jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{\pi}{4}\emptyset^2 \cdot \frac{\text{b}}{\text{Asperlu}} \quad (2.59)$$

2.13 Perencanaan Secant Pile

Perencanaan *secant pile* merupakan perencanaan menggunakan metode tiang bor yang disusun berbaris secar tumpang tindih sebagai dinding penahan tanah dengan cara cor di tempat. Prosedur konstruksi tiang bor dengan cara cor di tempat dilakukan dengan mengebor lubang terlebih dahulu, kemudian memasukkan tulangan ke dalamnya dan diakhiri dengan pengecoran memakai pipa *Tremie*. Adapun perencanaan *secant pile* pada umumnya ditunjukkan oleh Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Perencanaan *Secant Pile*
{sumber : Chang-Yu Ou, 2006)

Pada Gambar 2.19 dijelaskan urutan pengerjaan *secant pile* dimana setelah *pile* nomor 1, 2, dan 3 selesai dikerjakan, sebelum mengental, *pile* nomor 4, 5, dan 6 dibuat dengan cara memotong tiang bor yang sebelumnya telah ada. Adapun keuntungan dari penggunaan tiang bor adalah sebagai berikut :

1. Tidak terlalu bising/bergetar dibandingkan dengan konstruksi *soldier pile*.
2. Kedalaman *pile* dapat disesuaikan.
3. Lebih kaku daripada *soldier piles*.
4. Pelaksanaan konstruksi lebih mudah pada tanah yang berpasir/

Sedangkan kekurangan akan konstrksi ini adalah sebagai berikut :

1. Tanpa pengekang lateral di arah paralel penggalian, tidak ada *arching effect* untuk menahan deformasi dinding.
2. Waktu konstruksi yang lebih lama dibandingkan konstruksi *soldier pile.*
3. Tingkat kekakuan lebih rendah daripada *diaphragm wall.*
4. Rentan terdapat kecacatan material setelah digali.

Perhitungan kontrol tulangan secant pile meliputi tulangan utama dan sengkang. Tulangan utama didapatkan melalui software *PCA.Col*. Penulangan geser direncanakan dengan kriteria perencanaan lentur sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.1.1.

$$\phi V_n \geq V_u \quad (2.60)$$

dimana,

ϕV_n = kuat geser penampang

V_u = geser ultimate yang ditahan oleh penampang

Kuat geser nominal dari penampang merupakan gabungan kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s) sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1 dan pasal 11.4.5.3.

$$V_c = 0{,}17 \sqrt{f'_c}\, x\, b_w x\, d \quad (2.61)$$

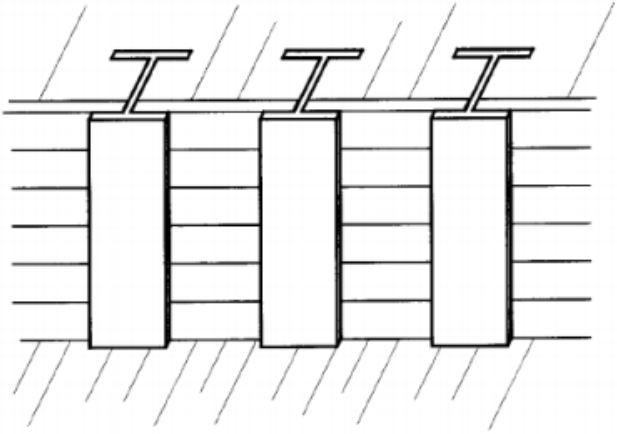
$$V_s = 0{,}33\, x \sqrt{f'_c}\, x\, b_w x\, d \quad (2.62)$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 11.5.6.2 jarak maksimum antar sengkang yang tidak memerlukan sengkang terutup tidak boleh melebihi

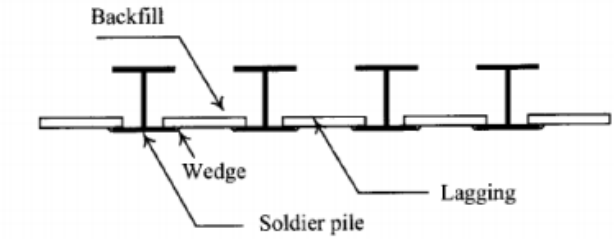
$$s = \frac{d}{2} \leq 300\ mm \quad (2.63)$$

2.14 Perencanaan *Soldier Pile*

Konstruksi *soldier pile* adalah konstruksi dinding penahan tanah menggunakan profil baja yang disambung dengan *lagging*. *Soldier pile* dibangun dengan cara menanamkan profil baja terlebih dahulu secara berbaris dan dengan jarak tertentu, kemudian dipasang dinding *lagging* bersamaan dengan proses penggalian. Konstruksi ini biasanya dibantu dengan penggunaan strut saat penggalian dengan bertumpu pada profil baja. Setelah penggalian selesai, konstruksi dilanjutkan dengan membuat dinding untuk struktur yang direncanakan, sehingga *soldier pile* berfungsi sebagai dinding penahan sementara. Perencanaan mengenai konstruksi *soldier pile* akan dijelaskan pada Gambar 2.22.



(a)



(b)

Gambar 2.22 Konstruksi Soldier Pile (a) Tampak Depan (b) Tampak Atas {sumber : Chang Yu – Ou,2006}

Keuntungan dalam menggunakan soldier pile adalah sebagai berikut.

1. Mudah dan cepat dalam proses konstruksi
2. Profil baja dapat dicabut kembali dengan mudah
3. Dapat digunakan kembali.
4. Namun, ada beberapa kekurangan yang terdapat dalam konstruksi soldier pile ini sebagai berikut.
5. Sulit untuk membuat dinding yang sangat rapat.

6. Metode konstruksi yang dapat menghasilkan kebisingan apabila ditanam dengan cara dipancang.
7. Diperlukan penimbunan apabila baja ditanam dengan pre-boring yang bisa menghasilkan efek buruk pada lingkungan sekitar.
8. Pemindahan profil baja dapat mengganggu keadaan tanah sekitar.

Perancangan dimensi profil baja yang digunakan dalam konstruksi soldier pile berdasar pada hasil analisa tegangan bending moment maksimal yang didapatkan dari analisa tegangan pada permodelan dinding penahan tanah. Nilai momen maksimal dapat digunakan untuk mencari modulus penampang profil baja. Profil *soldier pile* dapat berbentuk H-*beam* atau baja *hollow*

$$S = Mmax \; \emptyset \; \sigma a \qquad (2.64)$$

dimana,

σa = tegangan ijin baja

$\emptyset$ = faktor pembesar tegangan baja = 0,9

Jarak pemasangan profil baja biasanya berkisar 1 – 1,5 meter, sedangkan tebal dinding lagging dapat berkisar antara 5 – 10 centimeter.

2.15 Program Bantu *GeoStudio* dan *Dxstable*

Program bantu yang dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas dari lereng atau talud antara lain, *GeoStudio*, dan *Dxstable*. Metode perhitungan yang digunakan pada program ini adalah metode Janbu, Bishop, dan lain-lain. Input yang dimasukkan ke dalam program ini untuk analisis stabilitas lereng timbunan antara lain:

1. Input geometri timbunan
2. Input lapisan tanah di bawah timbunan
3. Input parameter tanah berupa berat jenis, sudut geser, kohesifitas, dan parameter lainnya
4. Input muka air tanah
5. dan input lainnya.

Hasil dari analisis dengan *software* ini yang berupa SF, koordinat dan bentuk bidang longsor, serta momen resisting kemudian dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas lereng timbunan.

2.16 Program Bantu *PCA Col*

PCA Col atau spColumn salah satu program untuk membantu perhitungan tulangan yang akan digunakan untuk kolom. Program ini akan membantu perhitungan desain dari tulangan *Secant Pile*. Peraturan yang digunakan adalah SNI 2847-2013, perencanaan bangunan beton untuk bangunan. *Input* perhitungan yang diminta dari spColumn ini adalah besar momen dan tekanan aksial yang terjadi, dimensi dari *secant pile*, data mutu beton dan tulangan, dan ukuran serta banyak dari tulangan yang digunakan. Versi program yang digunakan adalah versi 4.81

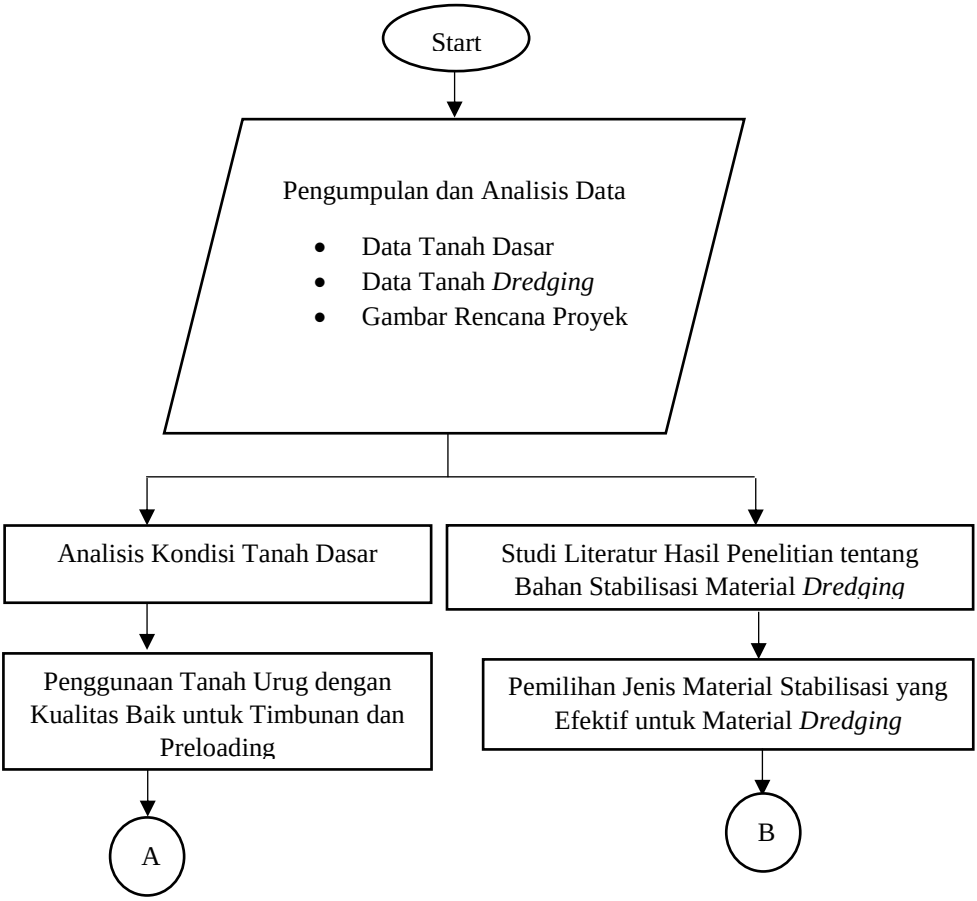
2.17 Program Bantu *Plaxis*

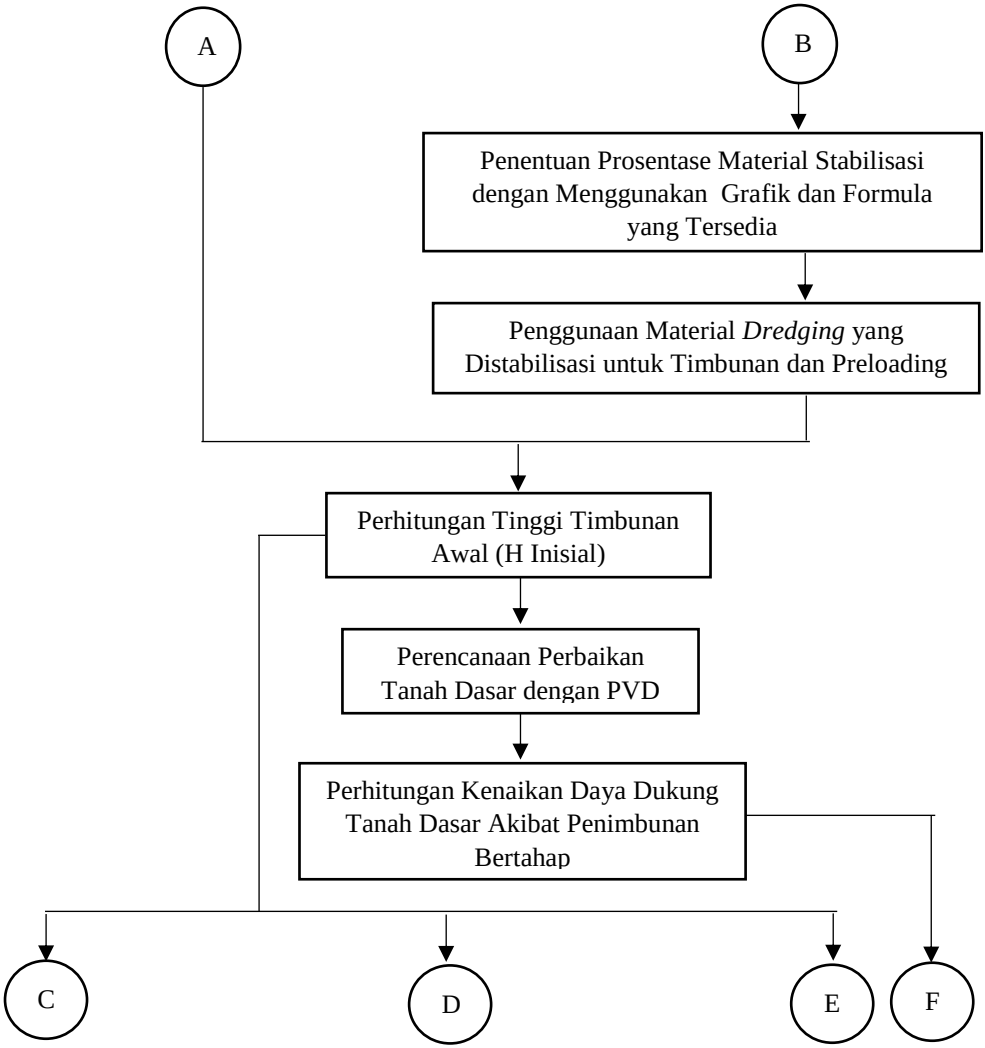
PLAXIS (Finite Element Code For Soil and Rock Analysis) adalah program permodelan dan postprocessing metode elemen hingga yang mampu melakukan analisis masalah-masalah geoteknik dalam perencanaan sipil. PLAXIS menyediakan berbagai analisa teknik tentang *displacement*, tegangan-tegangan yang terjadi pada tanah, dan lain-lain. Program ini dirancang untuk dapat melakukan pembuatan geometri yang akan dianalisis.

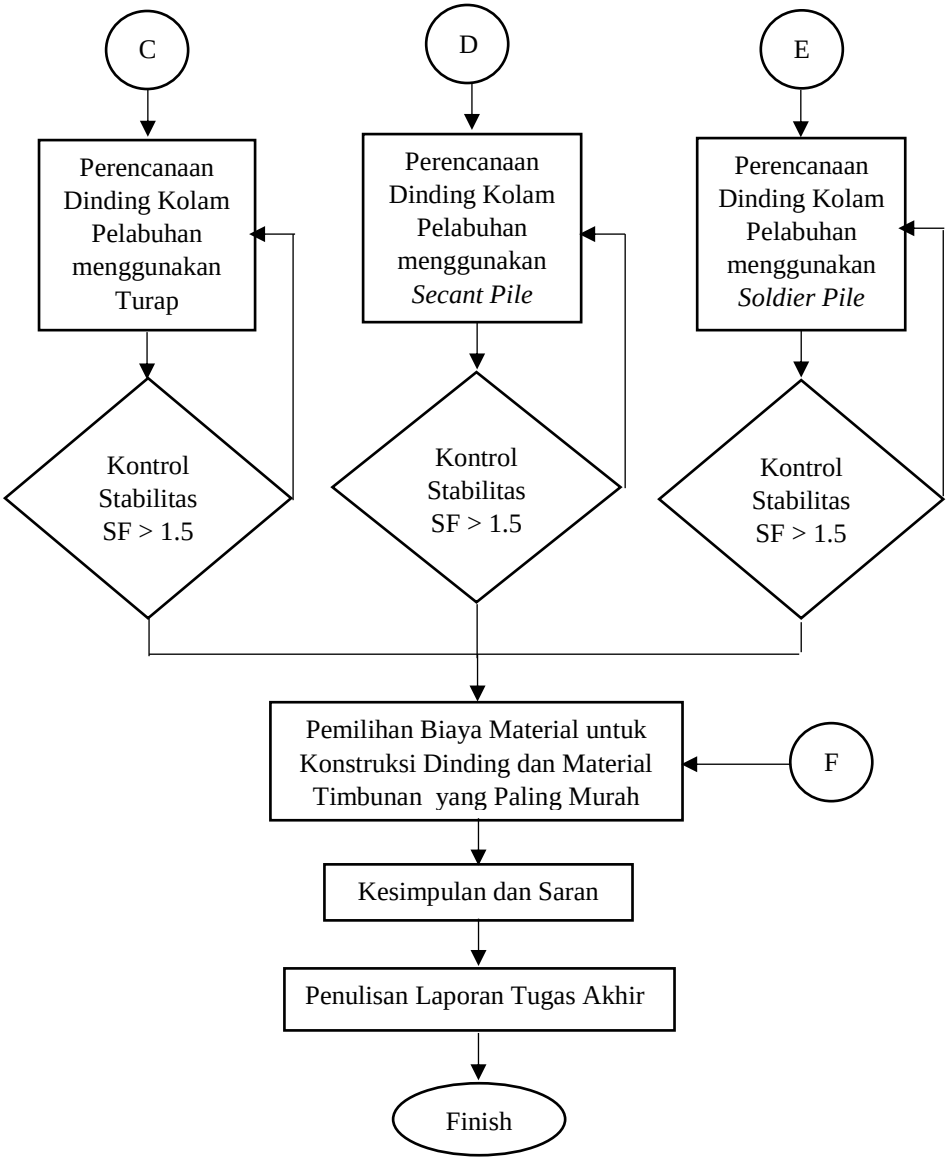
BAB III
METODOLOGI

3.1 Bagan Alir

Gambar 3.1 merupakan bagan alir dalam penulisan Tugas Akhir Perencanaan Perkuatan Dinding Galian Kolam Pelabuhan dan Penggunaan Material Dredging sebagai Material Timbunan pada Area Perluasan Dermaga Proyek RDMP RU V PT Pertamina, Balikpapan




A
B
Penentuan Prosentase Material Stabilisasi dengan Menggunakan Grafik dan Formula yang Tersedia
Penggunaan Material *Dredging* yang Distabilisasi untuk Timbunan dan Preloading
Perhitungan Tinggi Timbunan Awal (H Inisial)
Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dengan PVD
Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar Akibat Penimbunan Bertahap
C
D
E
F



Gambar 3.1 Bagan Alir Tugas Akhir

3.2 Penjelasan Bagan Alir

3.2.1 Pengumpulan dan Analisa Data

Data – data yang digunakan dalam alternatif perencanaan oprit jembatan ini adalah data yang diperoleh dari instansi terkait. Data tersebut meliputi:

- Data tanah berupa nilai N-SPT di lokasi yaitu dari data bor di titik A1-A6
- Data tanah *dredging*
- *Layout* area perluasan dermaga Proyek RDMP RU V PT Pertamina, Balikpapan
- Data Pasang Surut atau Fluktuasi Muka Air

3.2.2 Analisis Kondisi Tanah Dasar

Analisis stratigrafi tanah dasar pada sisi darat dan korelasi N-SPT berdasarkan data tanah dasar yang diketahui. Analisis stratigrafi meliputi pembagian lapisan tanah dasar di setiap kedalaman dan hubungan antar titik bor log yang diinterpolasikan.

3.2.3 Studi Literatur Hasil Penelitian tentang Bahan Stabilisasi Material *Dredging*

Pada tahap ini penulis melakukan studi literatur penelitian yang sudah ada tentang bahan stabilisasi material *dredging*.

3.2.4 Pemilihan Jenis Material Stabilisasi yang Efektif untuk Material *Dredging*

Dari hasil studi literatur maka diambil 1 jenis material stabilisasi yang efektif untuk material *dredging.*

3.2.5 Penentuan Prosentase Material Stabilisasi dengan Menggunakan Grafik dan Formula yang Tersedia

Menentukan berapa prosentase material stabilisasi yang di butuhkan untuk material *dredging.*

3.2.6 Penggunaan Material *Dredging* yang Distabilisasi untuk Timbunan dan Preloading

Material *dredging* yang sudah distabilisasi dengan material stabilisasi digunakan untuk timbunan dan *preloading.*

3.2.7 Penggunaan Tanah Urug dengan Kualitas Baik untuk Timbunan dan Preloading

Timbunan yang menggunakan material *dredging* harus di tambah dengan tanah urug dengan kualitas baik karena digunakan sebagai lantai kerja.

3.2.8 Penentuan Tinggi Timbunan Awal (H Inisial)

Menghitung tinggi awal atau h inisial timbunan yang dibutuhkan untuk *preloading*. Penentuan tinggi awal timbunan yang dimaksutkan adalah tinggi timbunan sebelum terjadi pemampatan.

3.2.9 Perencanaan Perbaikan Tanah dengan PVD

Perencanaan perbaikan tanah dengan PVD untuk mempercepat waktu pemampatan. Perencanaan perbaikan meliputi perhitungan jarak antar PVD dan kedalaman PVD.

3.2.10 Perhitungan Daya Dukung Tanah Dasar Akibat Penimbunan Bertahap

Tanah dasar setelah diperbaiki akan mengalami peningkatan daya dukung tanah secara bertahap karena penimbunan tidak bisa dilakukan secara langsung, tetapi mengikuti tinggi lapisan pemadatan.

3.2.11 Perencanaan Dinding Kolam Pelabuhan Menggunakan Turap

Perencanaan turap meliputi metode pelaksanaan dan perhitungan kedalaman, momen defleksi dan *overall stability* turap yang digunakan. Perhitungan tersebut jika tidak memenuhi standar keamanan maka menggunakan angkur. Setelah menghitung

perhitungan kedalaman, momen defleksi dan stabilitas turap kemudian memilih jenis profil turap yaitu baja atau beton.

3.2.12 Perencanaan Dinding Kolam Pelabuhan Menggunakan *Retaining Wall*

Perencanaan *retaining wall* meliputi metode pelaksanaan dan perhitungan stabilitas serta daya dukung pondasi *retaining wall*. Kontrol stabilitas harus memiliki nilai safety factor > 1.5.

3.2.13 Perencanaan Dinding Kolam Pelabuhan Menggunakan *Soldier Pile*

Perencanaan *soldier pile* meliputi metode pelaksanaan dan perhitungan kedalaman, momen defleksi dan *overall stability*. Kontrol stabilitas harus memiliki nilai safety factor > 1.5. Setelah menghitung kedalaman, momen defleksi dan *overall stability*, kemudian memilih jenis profil *Soldier Pile.*

3.2.14 Perhitungan Biaya Material untuk Konstruksi Dinding dan Material Timbunan yang Paling Murah

Menghitung biaya material dari material timbunan dan material dinding kolam pelabuhan, sehingga dapat diketahui alternatif konstruksi dinding yang paling murah.

3.2.15 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berupa pemaparan perencanaan akhir penggunaan material dredging sebagai material timbunan, perhitungan perbaikan tanah dan pemilihan alternatif perkuatan dinding kolam pelabuhan yang paling murah.

BAB IV
ANALISIS DATA

4.1 Data Tanah Dasar

Data tanah dasar yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah data sekunder yang berupa *Borlog, Standard Penetration Test* (SPT) dan hasil test laboratorium. Sumber data adalah buku *Interim Report Geotechnical Study* Jasa Konsultasi *Port Facilities Subsea Pipeline Route Study and Site Assessment* Proyek RDMP RU V Balikpapan, yang dilakukan oleh LPPM-ITS pada tahun 2016. Titik lokasi data SPT dapat dilihat pada Gambar 4.1 meliputi 6 titik bor yaitu titik A1, A2, A3, A4, A5, dan A6; pengetesan dilakukan hingga kedalaman 60 m. berdasarkan hasil data bor, setiap titik memiliki lapisan tanah mampu mampat yang bervariasi yaitu pada kedalaman -18 m hingga -30 m. Data borlog SPT dan hasil laboratorium dari 6 titik bor tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1.

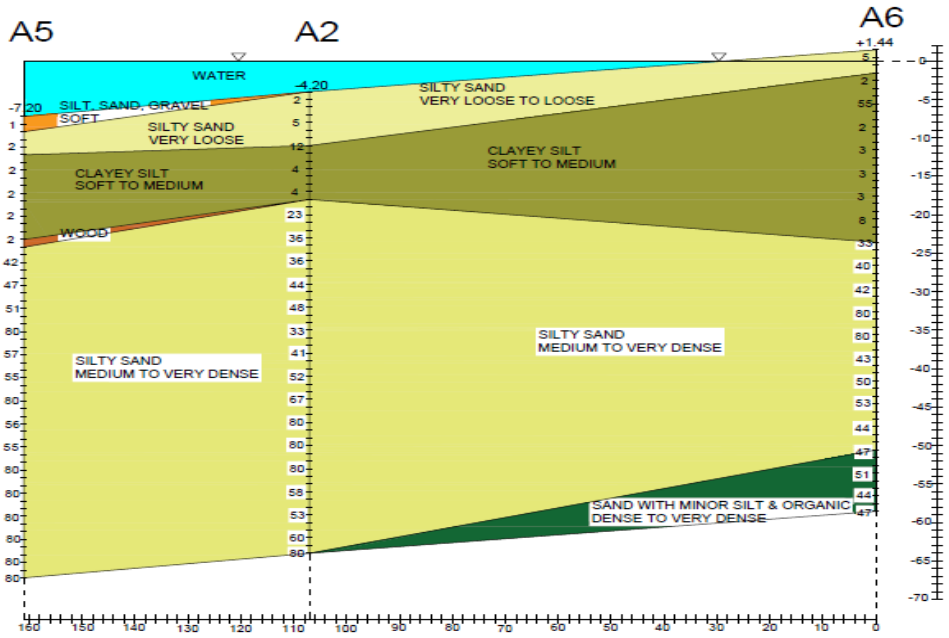
Titik bor A6 merupakan titik terdekat dengan area perencanaan perkuatan dinding dan penimbunan yang dilakukan pada tugas akhir ini. Data tanah yang digunakan dalam perencanaan ini tidak menggunakan 1 (satu) data tanah A6 saja tetapi menggunakan semua data tanah agar data tanah yang dipakai dalam perencanaan ini tidak bersifat sangat lokal. Untuk itu maka dibuat potongan stratigrafi yang menghubungkan titik dengan titik A6 sebagai acuan. Potongan stratigrafi untuk potongan A6-A1-A4, A6-A2-A5, dan A6-A2-A3 dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Dari hasil stratigrafi dapat diketahui bahwa secara umum terdapat 3 lapisan tanah yang dominan di area studi yaitu *silty sand very loose to loose, clayey silt soft to medium, silty sand medium to very dense*. Data lapisan tanah yang digunakan untuk perencanaan adalah lapisan *clayey silt soft to medium* karena lapisan *medium to very dense* memiliki tanah yang relatif keras, sehingga pemampatan yang terjadi dapat diabaikan. Di titik bor A3 hanya memiliki 1 (satu) jenis lapisan tanah dasar yaitu *silty sand medium*

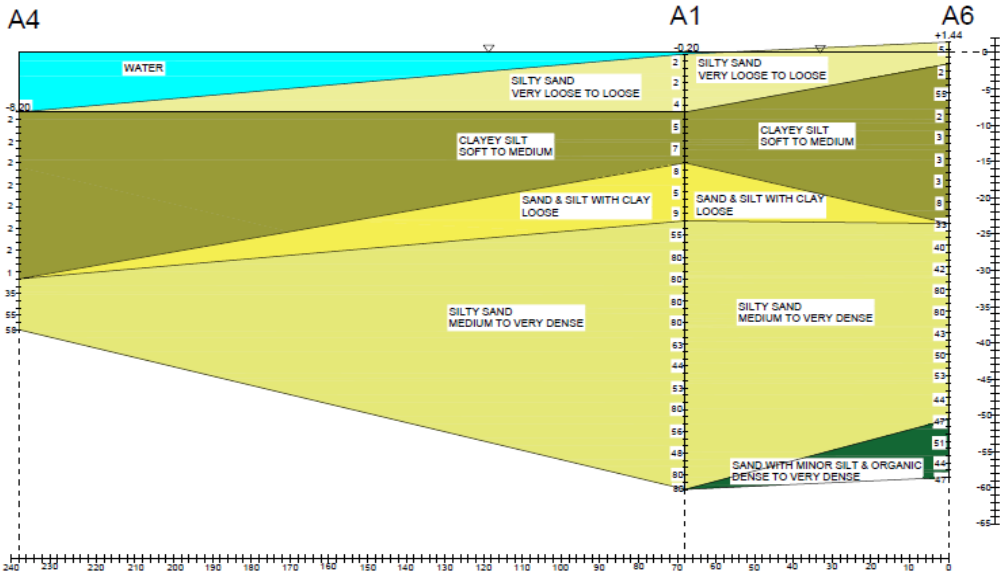
to very dense sehingga titik ini tidak digunakan untuk perhitungan distribusi parameter tanah dasar.

Gambar 4.1 Lokasi Titik Borlog SPT
(sumber: Google Maps)

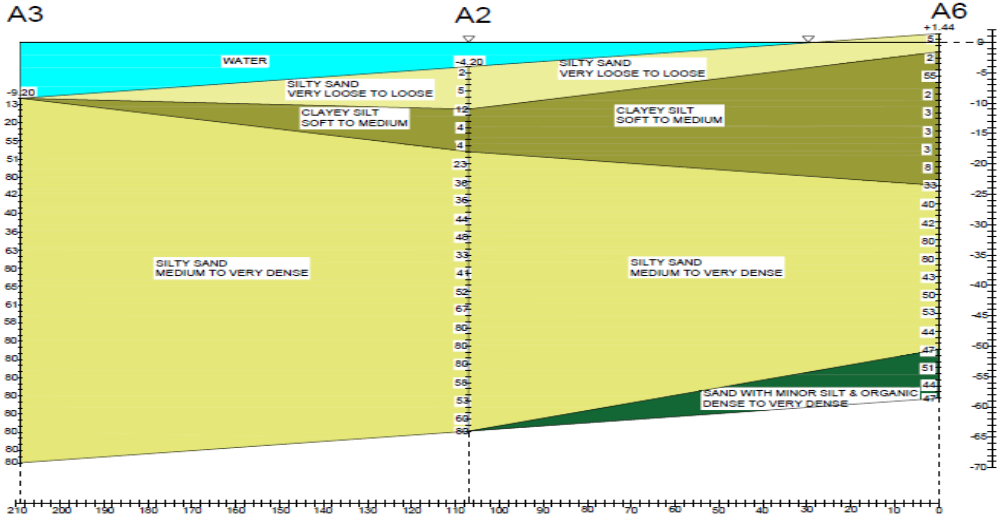
Parameter tanah dasar yang diperoleh dari laboratorium yaitu kadar air (wc), berat jenis tanah kering (γd), *Specific Gravity* (Gs), Porositas (n), Void Ratio (e), *Undrained cohession* (Cu), dan sudut geser dalam (ϕ). Parameter tanah yang akan didistribusikan adalah berat jenis tanah moist (γt), kadar air (wc), *Specific Gravity* (Gs) sebagai parameter fisik dan *Effective Cohession* (C'), sudut geser dalam (ϕ) Sebagai parameter tanah mekanis.


A5
A2
A6
+1.44
WATER
-4.20
-7.20
SILT, SAND, GRAVEL
SOFT
SILTY SAND
VERY LOOSE
SILTY SAND
VERY LOOSE TO LOOSE
CLAYEY SILT
SOFT TO MEDIUM
CLAYEY SILT
SOFT TO MEDIUM
WOOD
SILTY SAND
MEDIUM TO VERY DENSE
SILTY SAND
MEDIUM TO VERY DENSE
SAND WITH MINOR SILT & ORGANIC
DENSE TO VERY DENSE

(a)


A4
A1
A6
+1.44
-0.20
-8.00
WATER
SILTY SAND
VERY LOOSE TO LOOSE
SILTY SAND
VERY LOOSE TO LOOSE
CLAYEY SILT
SOFT TO MEDIUM
CLAYEY SILT
SOFT TO MEDIUM
SAND & SILT WITH CLAY
LOOSE
SAND & SILT WITH CLAY
LOOSE
SILTY SAND
MEDIUM TO VERY DENSE
SILTY SAND
MEDIUM TO VERY DENSE
SAND WITH MINOR SILT & ORGANIC
DENSE TO VERY DENSE

(b)



(c)

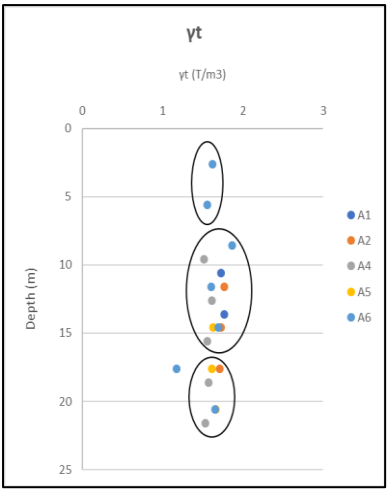
Gambar 4.2 Potongan Stratigrafi (a) A6-A2-A5 (b) A6-A1-A4 (c) A6-A2-A3 (Sumber: Hasil Analisis)

Data tanah yang dipakai ditentukan dengan menggunakan metode statistik distribusi dengan derajat kepercayaan (*Confidence Level*) 90%. Untuk itu persamaan (2.5) dipakai untuk mencari nilai distribusi dan dari Tabel 2.4 ditentukan koefisien statistik distribusi. Dari setiap parameter dikelompokkan berdasarkan kedekatan nilai parameter dan kedalaman sehingga tiap kelompok tersebut dijadikan satu nilai dengan metode statistik distribusi.

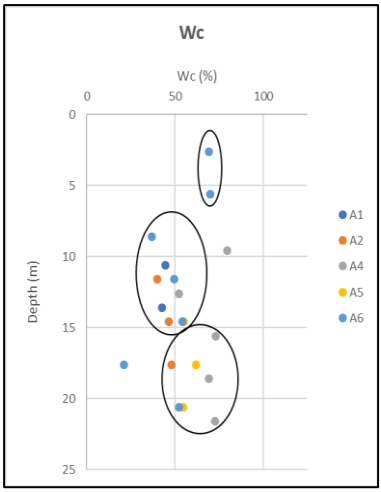
Data yang dikelompokkan minimal 3 data, jika hanya ada 2 data maka data yang digunakan adalah data dari hasil laboratorium. Grafik pengelompokkan parameter tanah dapat dilihat pada Gambar 4.3. Sedangkan rekapan hasil perhitungan statistik diberikan pada Tabel 4.2

Parameter tanah dasar lain yang dibutuhkan untuk tugas akhir ini adalah Indeks Pemampatan (Cc), Indeks Mengembang (Cs), Koefisien Konsolidasi Vertikal (Cv), dan Koefisien Konsolidasi Horisontal (Ch). Untuk mendapatkan nilai Cc digunakan rumus dari Tabel 2.1, sedangkan nilai Cs digunakan 1/5 nilai Cc. sedangkan untuk mencari nilai Cv digunakan Tabel 2.3 yang kemudian dikoreksi dengan menggunakan angka pada Tabel 2.2. Nilai Ch diasumsikan sebesar 2 x Cv.

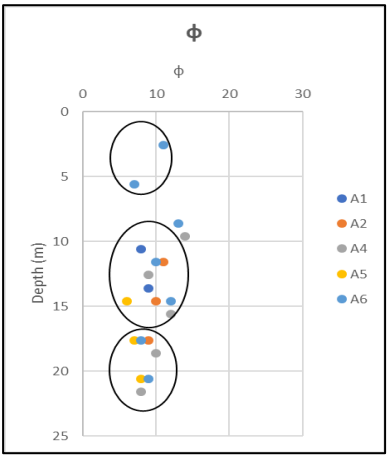
Berdasarkan hasil analisis didapat tebal lapisan mampu mampat sedalam 25 m dengan 3 meter awal lapisan tanah silty sand dan 22 meter dibawahnya adalah lapisan tanah *clayey silt*. Rekapitulasi data tanah di titik bor A6 dari hasil analisis menggunakan metode statistik distribusi dan rumus korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan akan digunakan untuk perencanaan perkuatan dinding dan penimbunan.


γt
γt (T/m3)
0
1
2
3
Depth (m)
0
5
10
15
20
25
A1
A2
A4
A5
A6

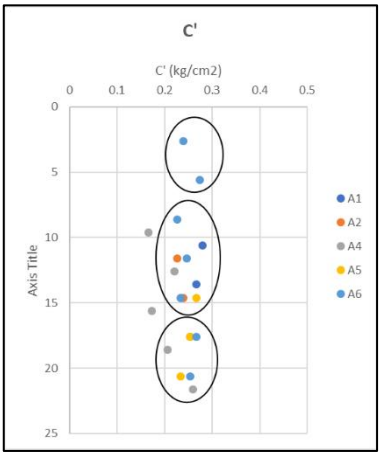
(a)


Wc
Wc (%)
0
50
100
Depth (m)
0
5
10
15
20
25
A1
A2
A4
A5
A6

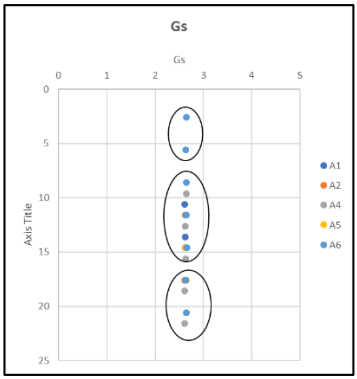
(b)


Φ
ϕ
0
10
20
30
Depth (m)
0
5
10
15
20
25
A1
A2
A4
A5
A6

(c)


C'
C' (kg/cm2)
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
Axis Title
0
5
10
15
20
25
A1
A2
A4
A5
A6

(d)



(e)

Gambar 4.3 Grafik Pengelompokan Parameter Tanah (a) γt, (b) wc, (c) Gs, (d) C', dan (e) ϕ
(Sumber: Hasil Analisis)

Tabel 4.1 Rekapitulasi Data Tanah Dasar Hasil Perhitungan Statistik

A6	Start Elevation		1.44 (dpl)	γw laut (T/m3)	1.025	T/m3													
Real Depth (m)	Bor Depth	Type of Soil	N-SPT	Wc (%)	γt (T/m3)	γd (T/m3)	Gs	ϕ	Cu (kg/cm2)	C' (kg/cm2)	e	n	Cc	Cc	Cc	Cc Rata2	Cs	Cv (Cm2/s)	Ch (Cm2/s)
1.44	0	Silty Sand	5	23.25	1.918	1.556	2.685	15.0	0.32	0.21	0.769	0.384	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0000	0.00000	0
0.44	1																		
-0.56	2																		
-1.56	3																		
-2.56	4	Clayey Silt	2	69.27	1.622	1.521	2.652	11.0	0.36	0.24	1.837	0.648	0.297	1.710	0.470	0.826	0.1652	0.00163	0.00489
-3.56	5																		
-4.56	6		55	69.86	1.556	0.916	2.631	7.0	0.41	0.27	1.944	0.648	0.314	1.833	0.502	0.883	0.1766	0.000332	0.000996
-5.56	7																		
-6.56	8																		
-7.56	9		2	43.58	1.632	1.136	2.627	8.7	0.35	0.23	1.369	0.578	0.224	1.172	0.330	0.575	0.1151	0.000636	0.001908
-8.56	10																		
-9.56	11																		
-10.56	12		3																
-11.56	13																		
-12.56	14																		
-13.56	15		3																
-14.56	16																		
-15.56	17																		
-16.56	18		3	55.40	1.579	1.016	2.618	7.9	0.35	0.23	1.641	0.621	0.267	1.485	0.411	0.721	0.1442	0.000516	0.001548
-17.56	19																		
-18.56	20																		
-19.56	21																		
-20.56	22		8																
-21.56	23																		
-22.56	24																		
-23.56	25																		

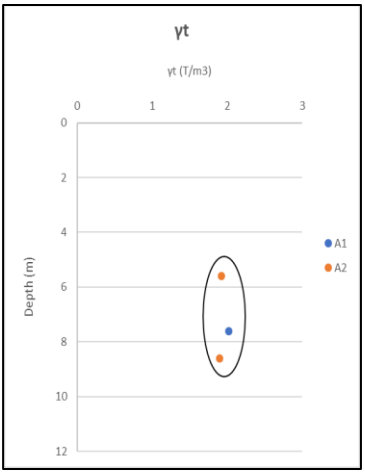
4.2 Material Timbunan

Material timbunan yang digunakan adalah tanah hasil *dredging* pada proyek RDMP RU V PT. Pertamina Balikpapan. Lokasi area *dredging* terletak pada sekitar 50 m dari sisi darat pelabuhan dimana dredging direncanakan akan dilakukan samapai kedalaman -9.0 mLws. Data tanah yang digunakan sebagai acuan parameter *dredging* adalah data tanah titik A2 dimana pada kedalaman -9.0 mLws jenis tanahnya *silty sand* dengan konsistensi *very loose to loose.*

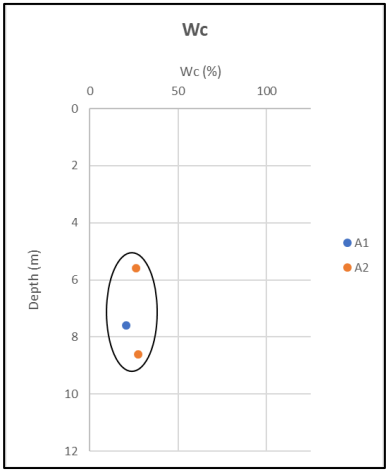
Data tanah dredging yang dipakai ditentukan seperti tanah dasar yaitu menggunakan metode statistik distribusi dengan derajat kepercayaan (*Confidence Level*) 90%. Berikut merupakan hasil analisis parameter tanah dredging.

γt	= 1.857 T/m^3
wc	= 19.67 %
Gs	= 2.655
C’	= 0.19 kg/cm^2
Φ	= 13^o
% gravel	= 0.12
% sand	= 79.14
% silt	= 20.74
% clay	= 0

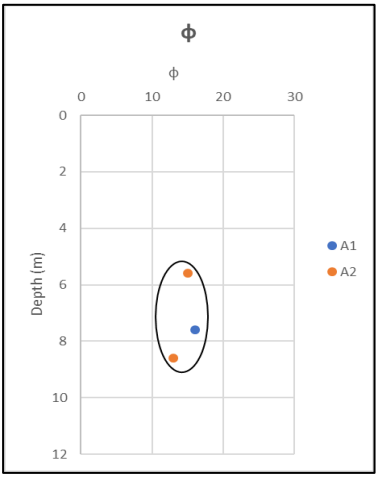
Berdasarkan analisis parameter material timbunan, maka tidak perlu dilakukan stabilisasi karena nilai γ lebih besar dari 1.85 T/m^3, prosentase pasir tidak 100% homogen dan prosentase lempung kurang dari 20% (Wahyudi, 1973), sehingga sudah cukup bagus digunakan sebagai tanah timbunan walaupun nilai sudut geser relatif kecil. Nilai sudut geser tersebut dapat dimaklumi apabila *overall stability* lereng timbunan aman dari kelongsoran, sehingga perlu adanya kontrol *overall stability* pada timbunan. Pembahasan tentang kontrol overall stability akan dibahas pada Bab V. Grafik pengelompokkan parameter tanah dapat dilihat pada Gambar 4.4. Sedangkan rekapan hasil perhitungan statistik diberikan pada Tabel 4.4


γt
γt (T/m3)
0
1
2
3
0
2
4
6
8
10
12
Depth (m)
A1
A2

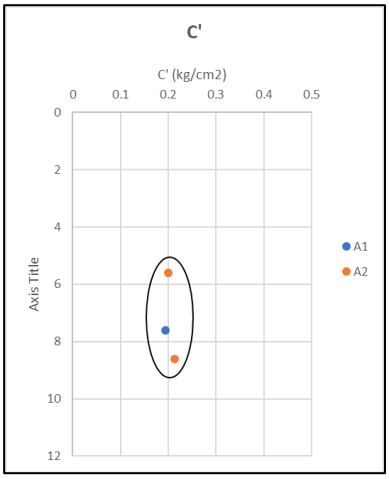
(a)


Wc
Wc (%)
0
50
100
0
2
4
6
8
10
12
Depth (m)
A1
A2

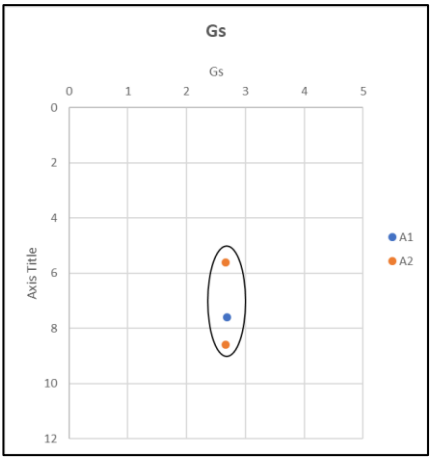
(b)


ϕ
ϕ
0
10
20
30
0
2
4
6
8
10
12
Depth (m)
A1
A2

(c)


C'
C' (kg/cm2)
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0
2
4
6
8
10
12
Axis Title
A1
A2

(d)



(e)

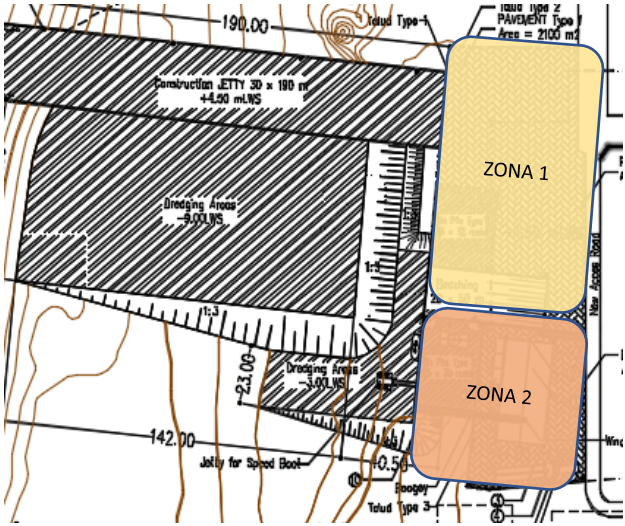
Gambar 4.4 Grafik Pengelompokan Parameter Tanah dredging: (a) γt; (b) wc; (c) Gs; (d) C'; dan (e) ϕ

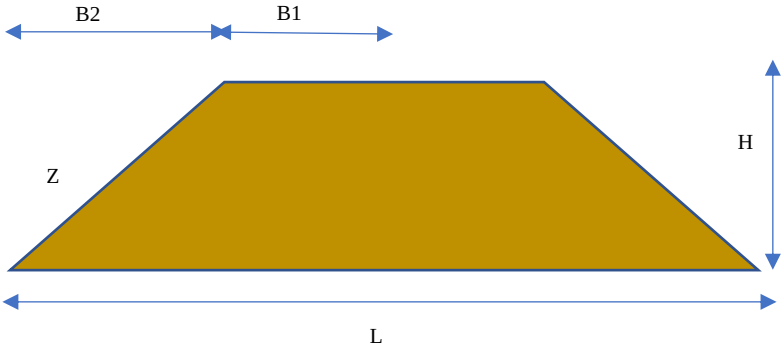
Tabel 4.2 Rekapitulasi Data Tanah *Dredging* Hasil Perhitungan Statistik

A2 (Dredging)	Start Elevation		1.44 (dpl)	γw laut (T/m3)	1.025	T/m3													
Real Depth (m)	Bor Depth	Type of Soil	N-SPT	Wc (%)	γt (T/m3)	γd (T/m3)	Gs	ϕ	Cu (kg/cm2)	C' (kg/cm2)	e	n	Cc	Cc	Cc	Cc Rata2	Cs	Cv (Cm2/s)	Ch (Cm2/s)
-4.2	0	Silty Sand	2	19.67	1.8574492	1.5522026	2.6554	12.6	0.28273175	0.18848783	0.7535	0.4297	0	0	0	0	0	0	0
-5.2	1																		
-6.2	2																		
-7.2	3																		
-8.2	4		5																
-9.2	5																		
-10.2	6																		
-11.2	7																		

4.3 Zona Penimbunan

Dalam perencanaan penimbunan terdapat 2 zona yaitu Zona 1 (satu) dengan tinggi elevasi akhir +4.5 m dan Zona 2 (dua) dengan elevasi akhir +4 m. Kedua zona timbunan tersebut direncanakan diatas muka tanah dengan elevasi +1.44 m dengan data tanah A6. Lokasi penimbunan dan dimensi timbunan dapat dilihat pada Gambar 4.5. Sketsa dimensi timbunan dapat dilihat pada Gambar 4.6.


190.00
Construction JETTY 30 x 190 m
+4.50 m.WS
Dredging Areas
-9.00 WS
ZONA 1
ZONA 2
Dredging Areas
-3.00 WS
23.00
142.00
Jetty for Speed Boat
+0.50
Existing
Toe
Toe
Toe



Gambar 4.6 Sketsa Dimensi Timbunan

- Zona 1

L = 110.5 m
H = 3.06 m
Z = 1:1.5
B1 = 50.66 m
B2 = 4.59 m

- Zona 2

L = 72.9 m
H = 2.56 m
Z = 1:1.5
B1 = 32.61 m
B2 = 3.84 m

4.4 Data untuk Desain dan Analisis

4.4.1 Data Beban

Beban untuk perencanaan timbunan adalah beban perkerasan dan beban *traffic* alat berat. Tebal perkerasan 20 cm dengan menggunakan perkerasan rigid (*rigid pavement*). Beban traffic alat berat diasumsikan sebesar 1 T/m^2. Total beban perkerasan

q = beban traffic + (γ beton x tebal perkerasan)

= 1+ (2.4 x 0.2) = 1.48 T/m^2

4.4.2 Data Spesifikasi Bahan

4.4.2.1 *Sheet Pile*

Jenis Turap : CPC (Corrugated Prestressed Concrete) Sheet Pile PT. Wijaya Karya
Tipe : W 500 A 1000
Section Modulus : 25530 cm^3
Panjang : 21 m
Brosur profil turap dapat dilihat pada lampiran 5

4.4.2.2 *Secant Pile*

Profil *secant pile* menggunakan mutu beton f'c = 40 MPa dan mutu tulangan fy = 390 MPa. Perhitungan dimensi dan tulangan utama menggunakan program bantu PCA.Col.

4.4.2.3 *Soldier Pile*

Profil *soldier pile* menggunakan Baja *Circular Hollow* berdimensi 2500 mm dan tebal 19 mm. Mutu baja BJ 55. Lagging untuk soldier pile menggunakan kayu setebal 10 cm dan lebar 20 cm. Katalog profil *soldier pile* dapat dilihat pada lampiran 5

4.4.2.4 PVD

Profil PVD menggunakan CeTeau-Drain CT-D822 dari PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi sebagai berikut

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

Katalog profil PVD dapat dilihat pada lampiran 5

4.4.2.5 PHD

Profil PVD menggunakan CETEAU CT-SD100-20 dari PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi sebagai berikut

Width : 100 m
Thickness : 20 mm
Discharge Capacity : 2.4 x 10^5 m^3/detik

Katalog profil PVD dapat dilihat pada lampiran 5

BAB V
PERENCANAN TIMBUNAN *PRELOADING* DAN PERBAIKAN TANAH DASAR

5.1 Timbunan *Preloading*

Penimbunan di daerah sisi darat Proyek RDMP-RU V PT. Pertamina Balikpapan direncanakan sebagai timbunan *preloading*. Timbunan *preloading* merupakan timbunan yang bekerja sebagai beban pada tanah dasar yang terdiri atas tinggi beban rencana dan tinggi beban akibat perkerasan dan *traffic* (H-Bongkar). Timbunan *preloading* akan turun bersamaan dengan pemampatan tanah dasar hingga mencapai tinggi final. Tinggi final rencana adalah 3.06 m untuk Zona 1 dan 2.56 m untuk Zona 2. Tinggi beban timbunan direncanakan bervariasai dengan tinggi 1 m, 2 m, 3 m, 4 m, dan 5 m. Sedangkan nilai H-Bongkar pada perencanaan ini adalah sebagai berikut.

$$\text{H-Bongkar} = \frac{\text{q pavement} + \text{q traffic}}{\gamma \text{ timb}} = \frac{1.48 \text{ T/m2}}{1.857 \text{ T/m3}} = 0.797 \text{ m}$$

Tabel 5.1 Variasi Beban Timbunan (q) untuk masing-masing H timbunan

H beban Timbunan (m)	H Bongkar (m)	H Timbunan (m)	q (t/m2)
1	0.797	1.797	3.337
2	0.797	2.797	5.195
3	0.797	3.797	7.052
4	0.797	4.797	8.910
5	0.797	5.797	10.767

Timbunan yang digunakan adalah tanah galian *dredging* dengan spesifikasi parameter timbunan yang dibahas pada Subbab 4.2. Berdasarkan hasil analisis data tanah, diperoleh lapisan mampu mampat sedalam 25 m dengan 3 meter awal lapisan tanah pasir lepas dan 22 meter dibawahnya adalah lapisan tanah lanau berlempung lunak. Apabila beban *preloading* membebani tanah dasar, maka lapisan pasir mengalami pemampatan segera (*Immediate Settlement*) dan lapisan lanau berlempung mengalamai pemampatan konsolidasi (*Consolidation Settlement*). Perhitungan pemampatan tanah dasar akibat beban *preloading* diharapakan mendapatkan hasil yaitu besar pemampatan total (St), pemampatan konsolidasi (Sc), pemampatan segera (Si), tinggi timbunan awal (H-Initial), dan waktu pemampatan.

5.2 Perhitungan Nilai Pemampatan Konsolidasi (Sc)

Perhitungan Pemampatan tanah dasar yaitu pada kondisi *overconsolidated* karena nilai OCR>1 dan $(\sigma_o' + \Delta\sigma) > \sigma_c'$ sehingga persamaan yang digunakan adalah persamaan 2.11. Perhitungan pemampatan konsiolidsasi ini hanya menghitung nilai pemampatan konsolidasi primer. Besar pemampatan dihitung pada titik tengah timbunan. Berikut akan diberikan contoh perhitungan pemampatan pada tanah dasar di lapisan ke 9 pada kedua timbunan dengan variasi tinggi timbunan 3 m.

Data tanah lapisan ke 9:

Tebal Lapisan (h)	= 1 m
Cc	= 0.575
Cs	= 0.115
eo	= 1.369
γsat lapisan ke 9	= 1.632 t/m^3
γsat lapisan ke 8	= 1.556 /m^3
γw (t/m^3)	= 1.025 t/m^3
z	= 8.5 m
σ'o lapisan ke 8	= 5.712 t/m^2

Data beban timbunan pada variasi tinggi timbunan 3 m

q0 = (γtimb x H) + q pavement + q traffic
= (1.857 x 3) + 1.48
= 7.052 t/m^2

5.2.1 Tegangan Overburden Efektif (σ'o) dan Tegangan Prakonsolidasi

Tegangan overburden efektif di tengah lapisan ke 9 dengan persamaan 2.11

σ'o = σ'o lapisan ke 8 + γ'lapisan ke 8 x (1/2 x h) + γ'lapisan ke 9 x (1/2 x h)
= 5.712 + (1.556-1.025) x 0,5 + (1.632-1.025) x 0.5
= 6.281 t/m^2

Tegangan prakonsolidasi

σc' = σ'o + Δσ fluktuasi
= 6.281 + (1.025 x 1.44) = 7.757 t/m^2

5.2.2 Distribusi tegangan akibat timbunan (Δσ')

Dari hasil analisis perhitungan distribusi tegangan diketahui pada Zona 1 nilai B1 = 50.66 m; B2 = 5.7 m; α1 = 0.0165 rad; α2 = 1.404 rad dan Zona 2 nilai B1 = 32.61 m; B2 = 5.7 m; α1 = 0.0366 rad; α2 = 1.316 rad. Dengan menggunakan persamaan 2.13 dan 2.14. Maka didapatkan nilai distribusi tegangan sebesar

$$\Delta\sigma' = \frac{q0}{\pi} x \left[\left\{\frac{B1+B2}{B2}\right\} x\ (\alpha1 + \alpha2) - \frac{B1}{B2}\ x\ \alpha2\right]$$

- Zona 1

$$\Delta\sigma' = \frac{7.052}{\pi} x \left[\left\{\frac{50.66+5.7}{5.7}\right\} x\ (0.0165 + 1.404) - \frac{50.66}{5.7}\ x1.404\right]$$
= 3.52 t/m^2

2Δσ' = 2 x 3.52 t/m^2 = 7.04 t/m^2

- Zona 2

$\Delta\sigma'$ $= \frac{7.052}{\pi} x [\left\{\frac{32.61+5.7}{5.7}\right\} x\ (0.0366 + 1.316\ )$ - $\frac{32.61}{5.7}\ x1.316\ ]$
$= 3.506$ t/m^2
$2\Delta\sigma'$ $= 2$ x 3.506 t/m^2 $= 7.013$ t/m^2

5.2.3 Besarnya pemampatan (Sc)

- Zona 1

$$Sc = \frac{Cs.H_0}{1+e_0}.log\frac{\sigma_c'}{\sigma_{vo}'} + \frac{Cc.H_0}{1+e_0}.log\frac{\sigma_{vo}'+\Delta\sigma}{\sigma_c'}$$

$$Sc = \frac{0.115\ x\ 1}{1+1.369}.log\frac{7.757}{6.281} + \frac{0.575\ \text{x}\ 1}{1+\ 1.369}.log\frac{6.281+7.04}{7.757}$$

Sc = 0.0615 m

Total pemampatan kosolidasi yang terjadi di seluruh lapisan tanah pada Zona 1 dengan variasi tinggi timbunan 3 m adalah sebesar
Sc Total = 1.219 m

- Zona 2

$$Sc = \frac{0.115\ x\ 1}{1+1.369}.log\frac{7.757}{6.281} + \frac{0.575\ \text{x}\ 1}{1+\ 1.369}.log\frac{6.281+7.013}{7.757}$$

Sc = 0.0613 m
Total pemampatan konsolidasi yang terjadi di seluruh lapisan tanah pada Zona 2 dengan variasi tinggi timbunan 3 m adalah sebesar
Sc Total = 1.2 m
Perhitungan pemampatan tanah untuk variasi tinggi beban timbunan yang lain dapat dilihat pada lampiran 3.

5.3 Perhitungan Nilai Pemampatan Segera (Si)

Berikut akan diberikan contoh perhitungan pemampatan segera pada tanah dasar pada kedua timbunan dengan variasi tinggi beban timbunan 3 m.

Data Tanah Pasir pada Lapisan 1-3

q = 7.052 t/m^2
h = 3 m
E = 11500 kN/m^2 (Tabel 2)
μ = 0.2 (Tabel 2)

Dengan persamaan 2.7 Didapat korelasi nilai E' adalah

$E = E' \text{ x } (\frac{1-2\mu^2}{1-\mu})$

E' = 13396 kN/ m^2

Maka nilai Si

$Si = q \Sigma(\frac{h}{E'})$

= 0.0158 m

Tabel 5.2 Rekapitulasi Nilai Pemampatan Segera untuk masing-masing variasi beban timbunan pada kedua Zona.

q (t/m2)	h (m)	E(MN/m2)	E(kN/m2)	E' (kN/m2)	μ	Si (m)
3.337	3	11.5	11500	13396.42357	0.233	0.0074739
5.195	3	11.5	11500	13396.42357	0.233	0.01163347
7.052	3	11.5	11500	13396.42357	0.233	0.01579305
8.910	3	11.5	11500	13396.42357	0.233	0.01995263
10.767	3	11.5	11500	13396.42357	0.233	0.02411221

Sehingga didapat nilai pemampatan segera sebesar 0.0158 m. Pemampatan total pada semua lapisan untuk beban timbunan 3 meter pada Zona 1 adalah

Stotal = Sc + Si

= 1.219 + 0.0158 = 1.235 m

Dengan cara yang sama didapat pemampatan total pada semua lapisan untuk beban timbunan 3 meter pada Zona 2 adalah

Stotal = Sc + Si

= 1.2 + 0.0158 = 1.216 m

5.4 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal (H-Initial) dan Tinggi Timbunan Akhir (H-Final)

Tinggi H-Initial dapat diperoleh dengan menggunkan Persamaan 2.16. Berikut merupakan perhitungan H-Inisial dan H-Final pada variasi tinggi timbunan 3m

$$\text{H-Inisial} = \frac{\text{q timb} + Stotal\ x\ (\gamma\text{timb} - \gamma'\text{timb})}{\gamma\text{timb}}$$

- Zona 1

$$\text{H-Inisial} = \frac{1.857 + 1.235\ x\ (1.857 - (1.857 - 1.025))}{1.857}$$

$$= 4.478 \text{ m}$$

- Zona 2

$$\text{H-Inisial} = \frac{1.857 + 1.2\ x\ (1.857 - (1.857 - 1.025))}{1.857}$$

$$= 4.468 \text{ m}$$

Persamaan H-Final adalah sebagai berikut:

H-Final = H-Inisial - H-Bongkar - Stotal

- Zona 1

H-Final = 4.469 - 0.781 - 1.235

= 2.447 m

- Zona 2

H-Final = 4.459 - 0.781 - 1.216

= 2.455 m

Perhitungan tersebut kemudian direkapitulasi yang ditunjukkan pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4

Tabel 5.3 Rekapitulasi Perhitungan H-Inisial, H-Final, dan Sc pada Zona 1

Htimb (m)	q total(t/m^2)	H inisial (m)	H bongkar (m)	Sc	Si	S Total	H final (m)
1	3.337	2.092	0.797	0.527	0.0074739	0.535	0.760
2	5.195	3.299	0.797	0.898	0.01163347	0.910	1.592
3	7.052	4.478	0.797	1.219	0.01579305	1.235	2.447
4	8.910	5.636	0.797	1.501	0.01995263	1.521	3.318
5	10.767	6.778	0.797	1.755	0.02411221	1.779	4.203

Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan H-Inisial, H-Final, dan Sc pada Zona 2

Htimb (m)	q total(t/m^2)	H inisial (m)	H bongkar (m)	Sc (m)	Si	S Total	H final (m)
1	3.337	2.085	0.797	0.515	0.0074739	0.523	0.766
2	5.195	3.290	0.797	0.882	0.01163347	0.894	1.599
3	7.052	4.468	0.797	1.200	0.01579305	1.216	2.455
4	8.910	5.625	0.797	1.481	0.01995263	1.501	3.327
5	10.767	6.767	0.797	1.733	0.02411221	1.757	4.212

Hubungan H-Inistial dan H-Final pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 dibuatkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.3. Sedangkan hubungan H-Final dengan Sc ditunjukkan pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.4. Persamaan yang digunakan menghitung H-Initial timbunan dengan H-Final dan SC dengan H-Final didapat dari persamaan regresi pangkat 3. Berikut perhitunganya:

- Zona 1, H-Final = 3.06 m

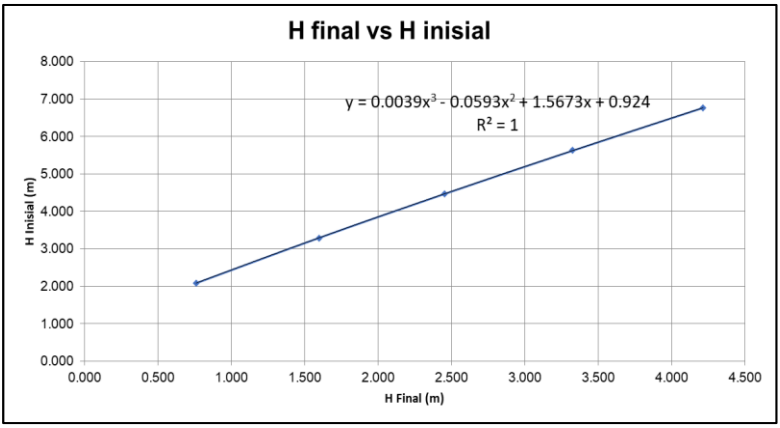
H-Initial $= 0.0039x^3 - 0.059x^2 + 1.5673x + 0.924$
$= 0.0039(3.06)^3-0.059(3.06)^2+1.5673(3.06)+ 0.924$
$= 5.28$ m

SC $= 0.0042x^3 - 0.0625x^2 + 0.5831x + 0.13$
$= 0.0042(3.06)^3 - 0.0625(3.06)^2 + 0.5831(3.06) + 0.13$
$= 1.42$ m

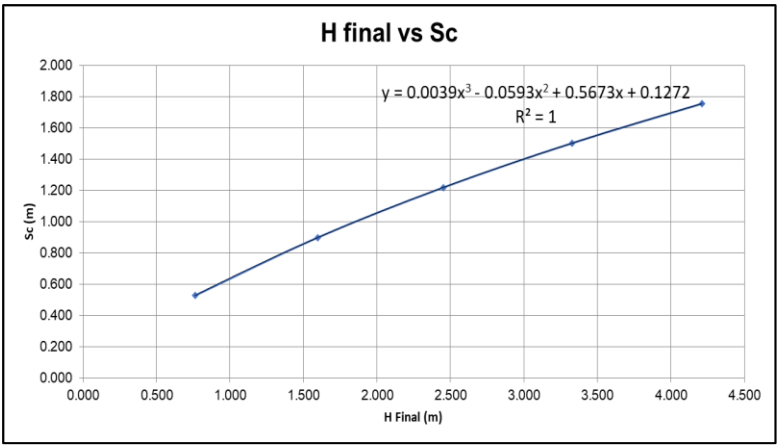
- Zona 2, H-Final = 2.56 m

H-Initial = $0.0037x^3 - 0.0575x^2 + 1.5588x + 0.9147$
= $0.0037(2.56)^3-0.0575(2.56)^2+1.5588(2.56)+0.9147$
= 4.59 m

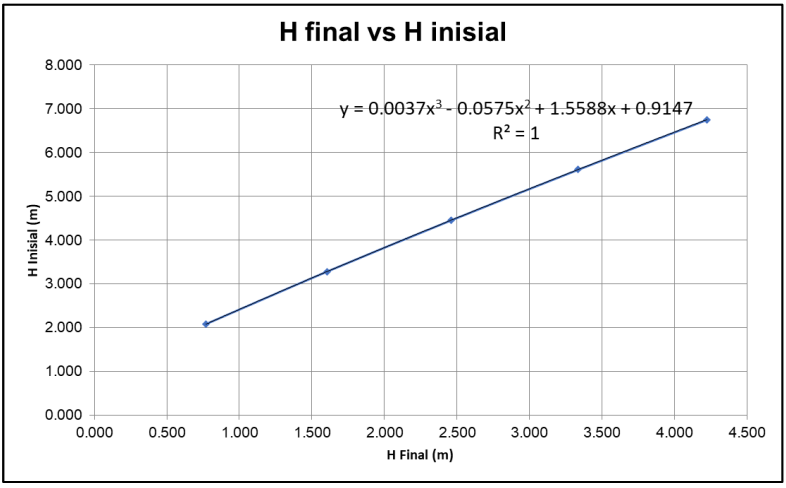
SC = $0.0037x^3 - 0.0575x^2 + 0.5588x + 0.1179$
= $0.0037(2.56)^3-0.0575(2.56)^2+0.5588(2.56)+0.1179$
= 1.23 m



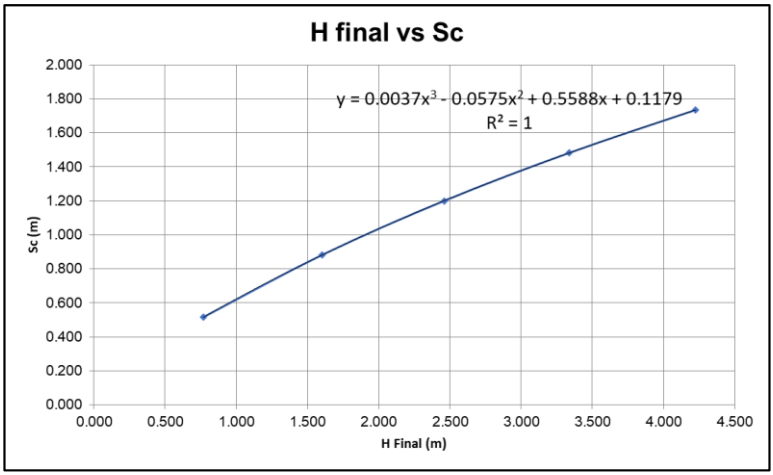
Gambar 5.1 Grafik Antara H-Final dan H-Inisial pada Zona 1



Gambar 5.2 Grafik Antara H-Final dan Sc pada Zona 1



Gambar 5.3 Grafik Antara H-Final dan H-Inisial pada Zona 2



Gambar 5.4 Grafik Antara H-Final dan Sc pada Zona 2

5.5 Perhitungan Waktu Pemampatan Tanpa PVD

Perhitungan waktu pemampatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan tersebut menggunakan Persamaan 2.23. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui perlu atau tidaknya pemasangan PVD sebagai pemercepat waktu pemampatan. Setiap lapisan tanah memiliki nilai Cv masing-masing, maka nilai Cv yang digunakan adalah nilai Cv gabungan yang diperoleh dari persamaan 2.24. Tabel 5.5 merupakan nilai Cv tiap lapisan tanah. Perhitungan nilai Cv gabungan dan waktu pemampatan tanpa PVD adalah sebagai berikut

Cv Gabungan $= \dfrac{[H_1+H_2+\cdots+H_n]^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{Cv_1}}+\frac{H_2}{\sqrt{Cv_2}}+\cdots+\frac{H_n}{\sqrt{Cv_n}}\right]^2}$

$= \dfrac{[2+3+9+8]^2}{\left[\frac{2}{\sqrt{0.00163}}+\frac{3}{\sqrt{0.000332}}+\frac{9}{\sqrt{0.000636}}+\frac{8}{\sqrt{0.000516}}\right]^2}$

$= 0.00056783$ cm^2/s

$= 1.791$ m^2/tahun

Tv 90% = 0.848

Hdr $= \frac{22}{2} = 11$ m

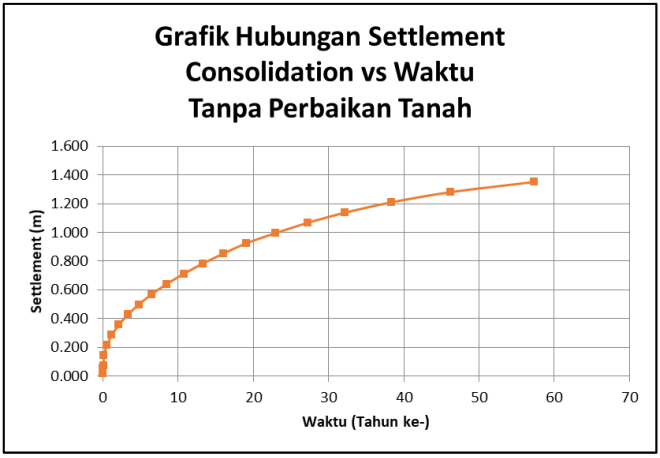
t $= \frac{Tv \times (H_{dr})^2}{Cv\ Gabungan} = \frac{0.848 \times (11)^2}{1.791} = 57.3$ tahun

Diperoleh Cv gabungan sebesar 1.791 m^2/tahun dan tebal lapisan *drainage* (Hdr) sebesar 11 m karena terdapat lapisan pasir dibawah tanah mampu mampat, sehingga air pada lapisan tersebut dapat mengalir ke atas dan ke bawah, maka nilai Hdr dibagi 2.

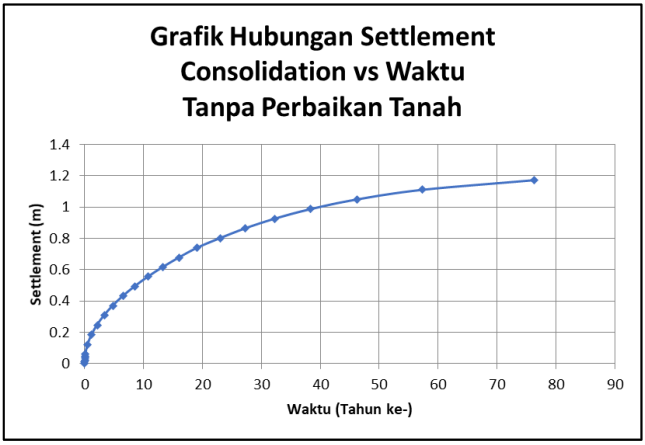
Dari hasil perhitungan tersebut, dengan derajat konsolidasi (U) sebesar 90%, lama pemampatan membutuhkan waktu selama 57.3 Tahun. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan PVD untuk mempercepat proses pemampatan.

Tabel 5.5 Nilai Cv Tiap Lapisan Tanah pada Data Tanah Titik A6

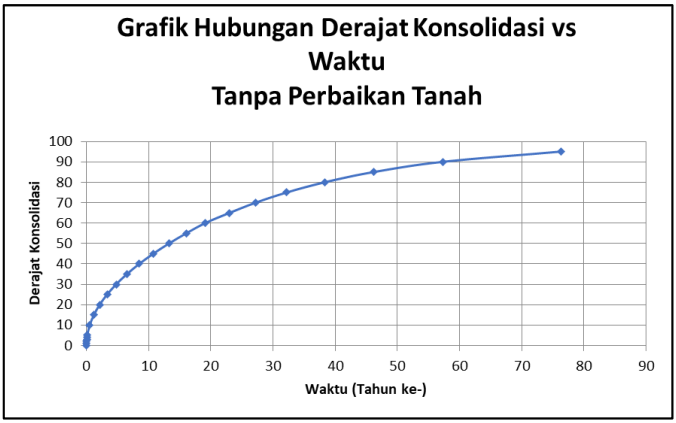
No	Kedalaman	Tebal Lapisan H (m)	z (m)	Cv (cm2/s)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	0
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	0
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	0
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	0.00163
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	0.00163
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	0.000332
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	0.000332
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	0.000332
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	0.000636
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	0.000636
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	0.000636
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	0.000636
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	0.000636
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	0.000636
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	0.000636
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	0.000636
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	0.000636
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	0.000516
19	16.56 to -17.56	1	18.5	0.000516
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	0.000516
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	0.000516
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	0.000516
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	0.000516
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	0.000516
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	0.000516



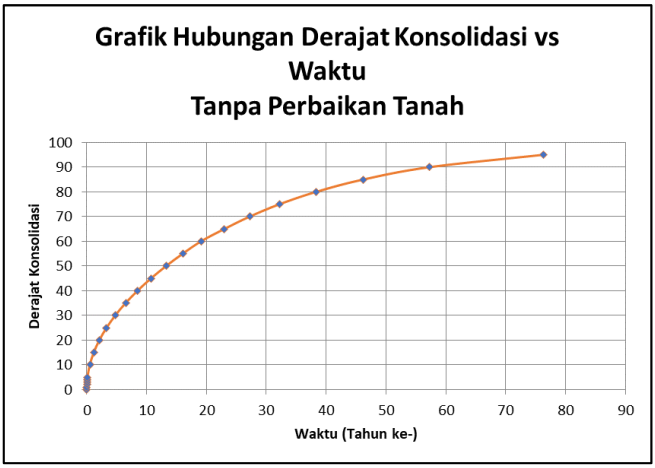
Gambar 5.5 Grafik Antara waktu dan Sc tanpa PVD pada Zona 1



Gambar 5.6 Grafik Antara waktu dan Sc tanpa PVD pada Zona 2



Gambar 5.7 Grafik Antara waktu dan Derajat Konsolidasi tanpa PVD pada Zona 1



Gambar 5.8 Grafik Antara waktu dan Derajat Konsolidasi tanpa PVD pada Zona 2

Tabel 5.6 Nilai Sc per Derajat Konsolidasi tanpa PVD Zona 1

Derajat Konsolidasi, U (%)	Faktor Waktu, Tv	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0	0
1	7.854E-05	0.00530702	0.014
2	0.00031416	0.02122806	0.028
3	0.00070686	0.04776314	0.043
4	0.00125664	0.08491225	0.057
5	0.0019635	0.13267539	0.071
10	0.00785398	0.53070154	0.142
15	0.01767146	1.19407847	0.213
20	0.03141593	2.12280617	0.284
25	0.04908739	3.31688464	0.355
30	0.07068583	4.77631388	0.426
35	0.09621128	6.5010939	0.497
40	0.12566371	8.49122468	0.568
45	0.15904313	10.7467062	0.639
50	0.19634954	13.2675386	0.710
55	0.23758294	16.0537217	0.781
60	0.28274334	19.1052555	0.852
65	0.34038451	23.0001285	0.923
70	0.40284587	27.2207059	0.994
75	0.47672197	32.2125894	1.065
80	0.56713901	38.3221611	1.136
85	0.68370686	46.1987689	1.207
90	0.848	57.3002242	1.278
95	1.12886099	76.2782872	1.349
100			

Tabel 5.7 Nilai Sc per Derajat Konsolidasi tanpa PVD Zona 2

Derajat Konsolidasi, U (%)	Faktor Waktu, Tv	t (tahun)	Sc (m)
0	0	0	0
1	7.854E-05	0.00530702	0.012
2	0.00031416	0.02122806	0.025
3	0.00070686	0.04776314	0.037
4	0.00125664	0.08491225	0.049
5	0.0019635	0.13267539	0.062
10	0.00785398	0.53070154	0.123
15	0.01767146	1.19407847	0.185
20	0.03141593	2.12280617	0.247
25	0.04908739	3.31688464	0.308
30	0.07068583	4.77631388	0.370
35	0.09621128	6.5010939	0.432
40	0.12566371	8.49122468	0.493
45	0.15904313	10.7467062	0.555
50	0.19634954	13.2675386	0.617
55	0.23758294	16.0537217	0.679
60	0.28274334	19.1052555	0.740
65	0.34038451	23.0001285	0.802
70	0.40284587	27.2207059	0.864
75	0.47672197	32.2125894	0.925
80	0.56713901	38.3221611	0.987
85	0.68370686	46.1987689	1.049
90	0.848	57.3002242	1.110
95	1.12886099	76.2782872	1.172
100			

5.6 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD)

PVD direncanakan dengan pilihan pola pemasangan yaitu pola segitiga dan segiempat dengan variasi jarak antar titik PVD sebesar 1 m; 1.1 m; 1.2 m; 1.3 m; 1.4 m; 1.5 m; 1.6 m. Variasi jarak dilakukan untuk mendapatkan jarak pemasangan PVD yang efisien. Langkah-langkah untuk menentukan jarak pemasangan PVD yang efisien yaitu menentukan nilai Uv; Uh; dan U rata-rata pada tiap variasi PVD.

5.6.1 Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal (Uv)

Perhitungan Uv dimulai dengan mencari nilai Tv terlebih dahulu. Perhitungan Tv berdasarkan Persamaan 2.23 Dengan menggunakan parameter tanah pada Tabel 5.5 Dengan menggunakan Persamaan 2.21 dan 2.22 didapatkan nilai Uv. Contoh perhitungan nilai Uv pada pola segitiga jarak pemasangan 1m sebagai berikut

Cv gabungan = 0.00056783 cm^2/s

= 0.034 m^2/minggu

t = 1 minggu

Tv $= \frac{t \times Cv}{(H_{dr})^2}$

$= \frac{1\ x\ 0.034}{(11)^2} = 0.000284$

Uv $= \left(2\sqrt{\frac{Tv}{\pi}}\right)$

$= \left(2\sqrt{\frac{0.000284}{\pi}}\right) = 0.019$

5.6.2 Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal (Uh)

Perhitungan Uh menggunakan Persamaan 2.26 Dalam perhitungan Uh menggunkan parameter F(n), Ch, dan D. Berikut adalah contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai Uh pada pola pemasangan segitiga dengan jarak 1 m.

D = 1.05 x s
= 1.05 x 1000 = 1050 mm
a = 100 mm (Brosur PVD dapat dilihat pada lampiran)
b = 4 mm (Brosur PVD dapat dilihat pada lampiran)
Dw $= \left(\frac{2(a+b)}{\pi}\right)$
$= \left(\frac{2(100+4)}{\pi}\right)$ = 66.208 mm
n = D/Dw = 1050/66.208 = 15.859

F(n) $= \left(\frac{n^2}{n^2-1^2}\right)\left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2}\right)\right]$
$= \left(\frac{15.859^2}{15.859^2-1^2}\right)\left[\ln(15.859) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4x15.859^2}\right)\right]$
= 2.021
Ch = 3 x Cv = 0.103 m^2/minggu
t $= \left(\frac{D^2}{8.Ch}\right).F(n).\ln\left(\frac{1}{1-\bar{U}h}\right)$
1 $= \left(\frac{(1050/1000)^2}{8\ x\ 0.103}\right) x\ 2.021\ x \ln\left(\frac{1}{1-\bar{U}h}\right)$
Uh = 0.169

5.6.3 Perhitungan Derajat Konsolidasi Rata-rata ($\bar{U}$)

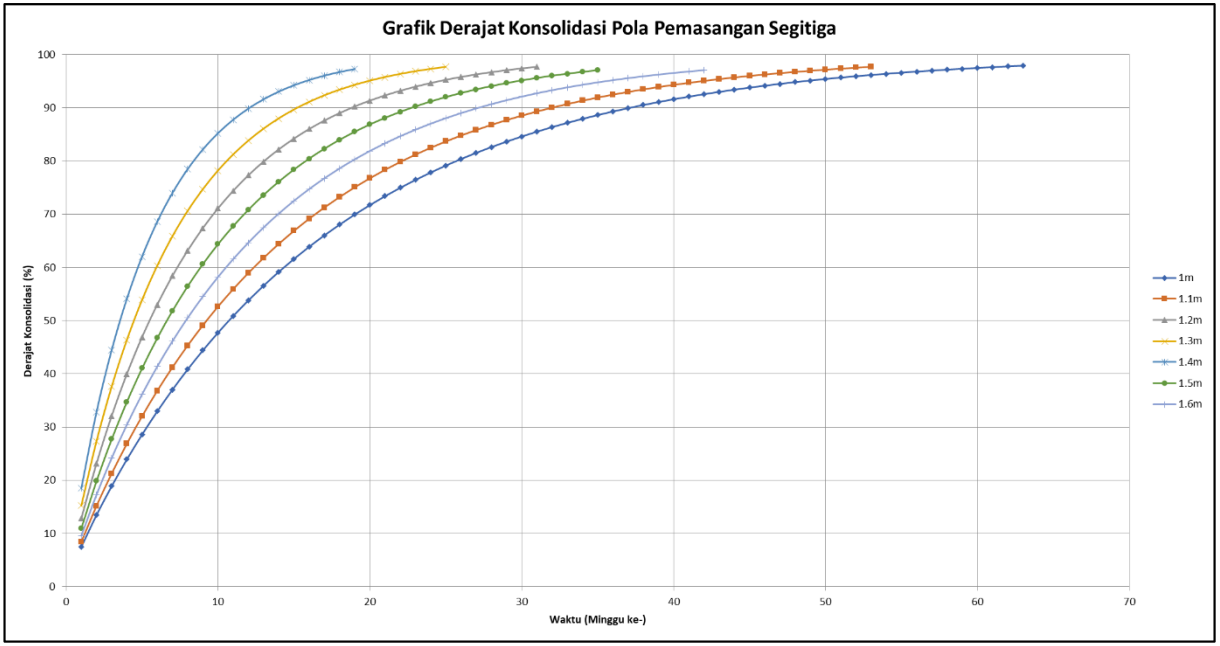
Setelah mendapatkan nilai Uv dan Uh maka selanjutnya menghitung nilai $\bar{U}$ dengan Persamaan 2.32 sebagai berikut

$\bar{U} = [1 - (1 - \bar{U}h).(1 - \bar{U}v)]x100\%$
$\bar{U} = [1 - (1 - 0.169).(1 - 0.019)]x100\%$
$\bar{U} = 18.467\ \%$

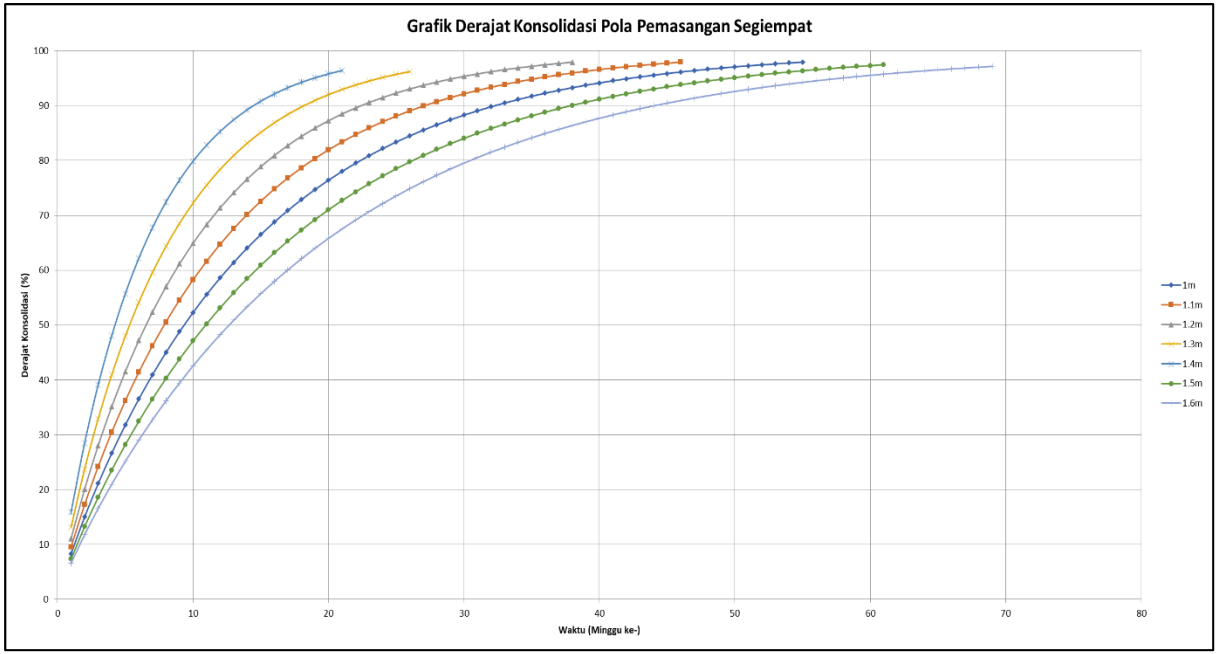
Rekapitulasi seluruh perhitungan dengan variasi jarak antar titik PVD terdapat pada Lampiran 3. Dari perhitungan tersebut dihasilkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.5 dan Gambar 5.6 Yaitu hubungan $\bar{U}$ dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi yang direncanakan. Dari grafik tersebut dipilih pemasangan pola segiempat dengan spasi 1.2 m dengan derajat konsolidasi sebesar 90.58 % yang dicapai selama 23 minggu.

Alasan penggunaan PVD segiempat dengan spasi 1.2 meter adalah

a. Pelaksanaan pemasangan PVD di lapangan lebih mudah dibandingkan dengan pola segitiga.
b. Jarak spasi antar PVD yang digunakan adalah s = 1,2 meter atas pertimbangan dapat mencapai U = 90% dalam waktu 23 minggu, sedangkan untuk s = 1,3 meter adalah lebih dari 28 minggu. Sehingga penggunaan PVD pada spasi 1,3 meter sudah tidak efektif digunakan setelah 24 minggu atau 6 bulan.
c. Jika dibandingkan dengan jarak s = 1.1 meter, beda waktu yang terjadi sekitar 4 minggu. Karena waktu yang disediakan cukup untuk s = 1,2 meter, maka diputuskan untuk penggunaan spasi PVD adalah 1,2 meter. Dengan pertimbangan yang lain adalah mahalnya harga material PVD



Gambar 5.9 Grafik Derajat Konsolidasi PVD Pola Pemasangan Segitiga



Gambar 5.10 Grafik Derajat Konsolidasi PVD Pola Pemasangan Segiempat

5.7 Perencanaan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD)

Penggunaan PHD berfungsi untuk menyalurkan air dari PVD ke saluran drainase di samping kanan atau kiri timbunan. Dalam tugas akhir ini material PHD yang digunakan adalah produk dari PT. Teknindo Geosistem Unggul. Spesifikasi PHD yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran. Berikut adalah contoh perhitungan apakah spesifikasi dari PHD yang digunakan sudah cukup aman dari pemasangan PVD pola segiempat dengan S = 1.2 m

a. Menghitung Koreksi Debit Air Vertikal per m^2 tanah

- Zona 1

  Sc 90% = 1.42 x 0.9 = 1.278 m
  Debit (U = 90%) = Volume aliran air / waktu pengaliran
  = 1.278 m x $1m^2$/ (23x7x24x3600)
  = 9.18×10^{-8} m^3/detik
  Sc 75% = 1.42 x 0.75 = 1.065 m
  Debit (U = 75%) = Volume aliran air / waktu pengaliran
  = 1.065 m x $1m^2$/ (14x7x24x3600)
  = 1.26×10^{-7} m^3/detik

- Zona 2

  Sc 90% = 1.23 x 0.9 = 1.11 m
  Debit (U = 90%) = Volume aliran air / waktu pengaliran
  = 1.11 m x $1m^2$/ (23x7x24x3600)
  = 9.18×10^{-8} m^3/detik
  Sc 75% = 1.11 x 0.75 = 0.925 m
  Debit (U = 75%) = Volume aliran air / waktu pengaliran
  = 0.925 m x $1m^2$/ (14x7x24x3600)
  = 1.09×10^{-7} m^3/detik

b. Menghitung Estimasi Debit Air per 1 Titik PVD

Untuk pemasangan PVD pola segiempat dengan spacing 1.2 m:

Ae = π/4 x $(1{,}13 \times 1{,}2)^2$
= 1.444 m^2

Setiap 1 titik ujung PVD mengalirkan air seluas 1.444 m^2, sehingga setiap 1 titik ujung PVD mengeluarkan air vertikal sebesar

Q = $1.444 \times 1.26 \times 10^{-7}$
= 1.82×10^{-7} m^3/detik

Setiap 1 titik ujung PVD mengeluarkan air dengan debit rata-rata 1.82×10^{-7} m^3/detik

c. Jumlah maksimum titik ujung PVD pada 1 lajur PHD

- Zona 1
  L lajur PHD = 110.5 m
  Jarak antar titik ujung PVD = 1.2 m
  Jumlah ujung PVD pada 1 lajur PHD = 93 buah
- Zona 2
  Panjang maksimum lajur PHD = 59 m
  Jarak antar titik ujung PVD = 1.2 m
  Jumlah ujung PVD pada 1 lajur PHD = 30 buah

d. Estimasi debit maksimum aliran air horizontal

Estimasi debit maksimum aliran air horizontal pada 1 lajur PHD adalah sebagai berikut:

- Zona 1
  Qu = 93 titik x 1.82×10^{-7} m^3/detik
  = 1.69×10^{-5} m^3/detik
- Zona 2
  Qu = 30 titik x 1.82×10^{-7} m^3/detik
  = 7.89×10^{-6} m^3/detik

Berdasarkan spesifikasi PHD CETEAU CT-SD100-20 dari brosur memiliki kapasitas pengaliran 2.4×10^{-5} m^3/detik, maka

- Zona 1
  SF = 2.4×10^{-5} m^3/detik / 1.69×10^{-5} m^3/detik
  = 14 > 1.3 (OK)
- Zona 2
  SF = 2.4×10^{-5} m^3/detik / 7.89×10^{-6} m^3/detik
  = 30 > 1.3 (OK)

Sehingga pemasangan PHD CETEAU CT-SD100-20 dapat dilaksanakan pada kedua timbunan.

5.8 Penimbunan Bertahap

Penimbunan bertahap dilakukan untuk mempermudah metode pelaksanaan di lapangan. Pelaksanaan penimbunan bertahap dilakukan dengan menggunakan perencanaan kecepatan penimbunan 0.5 m/minggu. Berdasarkan hasil perhitungan H-Inisial yang didapatkan maka jumlah tahapan penimbunan untuk Zona 1 adalah 11 minggu dan Zona 2 adalah 10 minggu. Perhitungan penimbunan bertahap meliputi perhitungan tegangan di tiap lapisan tanah pada derajat konsolidasi (U) 100% dan <100%. Perhitungan tegangan ini untuk mencari kenaikan Cu baru dan besarnya pemampatan tiap tahapan penimbunan.

5.8.1 Penentuan H-Kritis

Sebelum menghitung tegangan tiap lapisan tanah akibat penimbunan bertahap, perlu mencari tinggi kritis dari timbunan terlebih dahulu. H-Kritis diperlukan untuk mencari tinggi timbunan yang mampu dipikul oleh tanah dasar. Berikut merupakan hasil analisis menggunakan program bantu GeoSlope dan Xstable pada Tabel 5.8

Tabel 5.8 Perbandingan Hasil Analisis Program Bantu

Timbunan 1	Xstbl	GeoSlope	
H	5.28	5.28	m
SF	2.215	2.206	
R	11.27	12.645	m
Mres	10004	11877	kNm
x	17.87	17.902	m
y	32.62	33.981	m

Timbunan 2	Xstbl	GeoSlope	
H	4.59	4.59	m
SF	2.772	2.764	
R	10.78	8.962	m
Mres	8085	5296.4	kNm
X	20.69	20.173	m
y	32.44	31.497	m

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa dari kedua timbunan pada saat H-Inisial nilai faktor keamanan SF lebih besar dari 1 sehingga penimbunan bertahap sampai H-Inisial masih aman. Perhitungan tegangan dapat dilakukan sampai tahapan terakhir hingga mencapai H-Inisial. Hasil program bantu GeoSlope dan Xstable dapat dilihat pada lampiran 3.

5.8.2 Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi (U) 100%

Perhitungan tegangan di tiap lapisan tanah dimulai dengan menghitung distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan. Setelah menghitung distribusi tegangan pada tiap lapisan, maka dapat dihitung perubahan tegangan yang terjadi pada tiap lapisan tanah dengan persamaan berikut:

$\sigma_1' = Po + \Delta P_1$

$\sigma_2' = Po + \Delta P_2$

dan seterusnya, dimana

Po = Tegangan overburden efektif

ΔP_1 = Distribusi tegangan akibat penimbunan tahap pertama

ΔP_2 = Distribusi tegangan akibat penimbunan tahap pertama

Hasil perhitungan perubahan teganan akibat penimbunan bertahap untuk derajat konsolidasi 100% dapat dilihat pada Lampiran 3.

5.8.3 Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi (U) <100%

Perhitungan tegangan untuk derajat konsolidasi U<100% dilakukan untuk mendapatkan nilai Cu baru. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6. Nilai U yang digunakan adalah nilai $\overline{U}$ rata-rata dari PVD yang direncanakan. Perhitungan dilakukan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan. Perubahan tegangan yang terjadi di tiap lapisan merupakan total dari penjumlahan seluruh perubahan tegangan akibat tiap timbunan bertahap.

Rekapitulasi perhitungan tegangan untuk derajat konsolidasi <100% dapat dilihat pada Lampiran 3.

5.9 Perhitungan Kenaikan Cu pada Tanah Dasar

Perhitungan nilai Cu baru menggunakan Persamaan 2.35 Karena pada data tanah tidak tersedia data *Plasticity Index* (PI). Hasil perhitungan Cu Baru dapat dilihat pada Lampiran 3.

5.10 Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

Pemampatan akibat penimbunan bertahap dihitung dengan persamaan 2.39 sampai dengan 2.41, yang selanjutnya akan didapatkan grafik hubungan antara waktu tahapan dengan pemampatan yang terjadi. Besar pemampatan yang terjadi memiliki nilai yang hampir sama atau lebih kecil dibandingkan perhitungan pemampatan akibat H-Inisial dan H-Final. Hasil perhitungan dan grafik pemampatan akibat timbunan bertahap dapat dilihat pada Lampiran 3

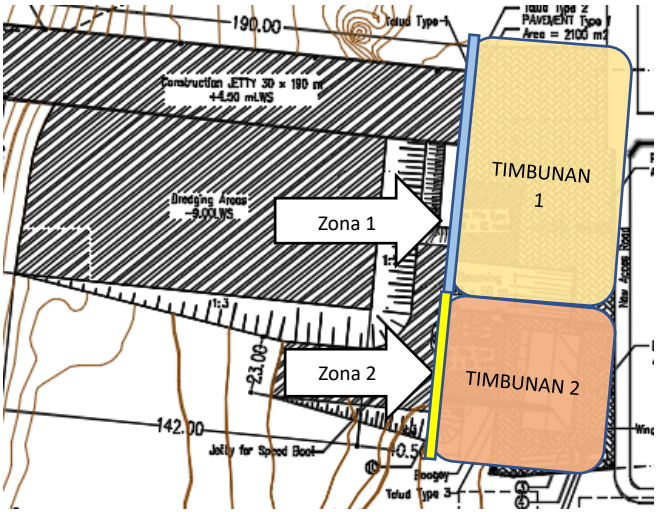
.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB VI
PERENCANAAN PERKUATAN DINDING PENAHAN TANAH

6.1 Geometri dan Pembebanan Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Perkuatan dinding pada proyek RDMP-RU V PT. Pertamina Balikpapan, terbagi menjadi 2 zona yaitu Zona 1 dan Zona 2. Zona 1 berlokasi di tepi pada timbunan 1 dan Zona 2 berlokasi di tepi timbunan 2. Lokasi perkuatan dinding dapat dilihat pada Gambar 6.1.

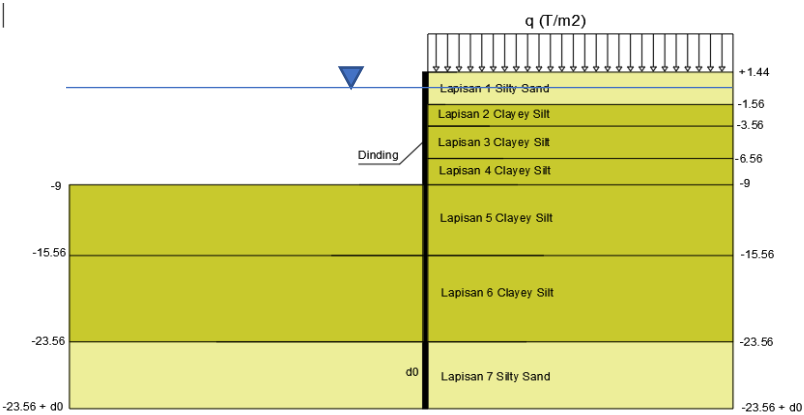


Gambar 6.1 Lokasi perkuatan dinding

Kedua zona tersebut memiliki kedalaman galian tanah dasar yang sama yaitu mulai dari elevasi +1.44 m hingga -9 m. Perencanaan dinding dari kedua zona tersebut menggunakan timbunan sebagai beban surcharge. Tinggi timbunan pada kedua zona tersebut merupakan H-Inisial timbunan yang diambil dari perhitungan pada Subbab 5.5 Beban surcharge untuk perencanaan dinding adalah sebagai berikut:

- Timbunan 1
  q = H x γtimb = 5.28 x 1.857 t/m^3 = 9.81 t/m^3
- Timbunan 2
  q = H x γtimb = 4.59 x 1.857 t/m^3 = 8.53 t/m^3

Tanah dasar yang digunakan untuk perencanaan dinding memiliki kedalaman 25 m yang dibagi menjadi 6 lapisan dan ditambah asumsi lapisan d0 untuk mencari nilai panjang jepit dari dinding. Geometri perencanaan dinding dan parameter tanah dasar dapat dilihat pada Gambar 6.2 dan Tabel 6.1



Gambar 6.2 Geometri Perencanaan Dinding

Tabel 6.1 Parameter Tanah Dasar

Elevasi	Tebal	Lapisan	γsat (t/m3)	γw (t/m3)	γ' (t/m3)	C' (kg/cm2)	C' (T/m2)	ϕ
+1.44	0	0	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0
-1.56	3	1	1.918	1.025	0.893	0.213	2.133	15
-3.56	2	2	1.622	1.025	0.597	0.240	2.400	11
-6.56	3	3	1.556	1.025	0.531	0.273	2.733	7
-9	2.44	4	1.632	1.025	0.607	0.235	2.346	8.7
-15.56	6.56	5	1.632	1.025	0.607	0.235	2.346	8.7
-23.56	8	6	1.579	1.025	0.554	0.235	2.347	7.9
-23.56+d0	d0	7	1.831	1.025	0.806	0.167	1.667	21

Alternatif perkuatan dinding yang akan direncanakan adalah *sheet pile*, *secant pile*, dan *soldier pile*. Ketiga alternatif tersebut dianalisis dengan dan tanpa menggunakan angkur. Diharapkan dari ketiga alternatif yang telah dianalisis mendapatkan profil yang tepat dan murah.

6.2 Perencanaan Dinding tanpa Angkur

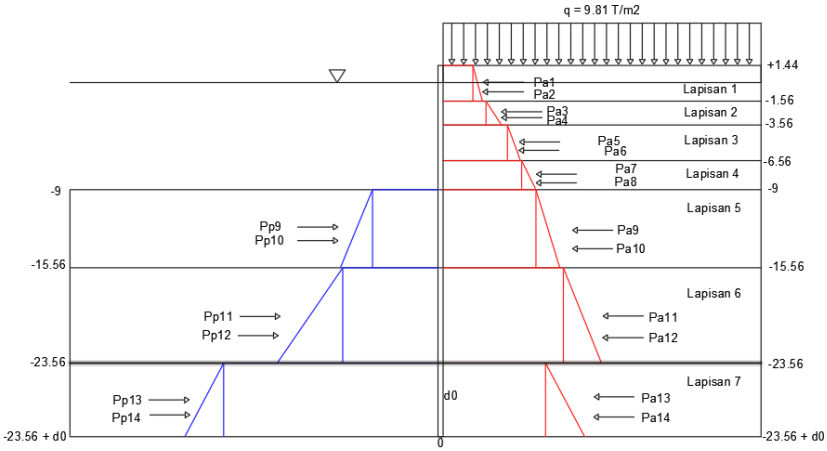
Perencanaan dinding tanpa angkur dianalisis secara manual berdasarkan geometri perencanaan. Adapun tahapan dalam merencanakan dinding tanpa angkur adalah sebagai berikut :

a. Menentukan Tegangan Tanah Horizontal Aktif dan Pasif

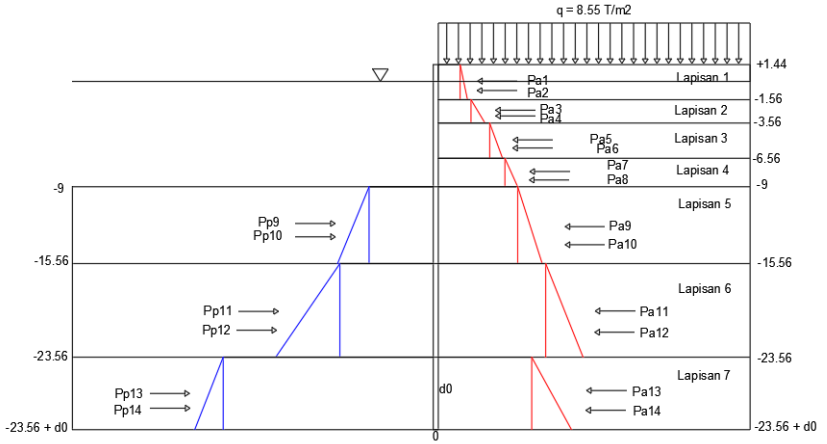
Perhitungan tegangan tanah horizontal aktif dan pasif menggunakan Persamaan 2.45 dan 2.49. Hasil perhitungan tegangan aktif pasif dapat dilihat pada Lampiran 4 .

b. Mencari Nilai d0

Setelah didapatkan tegangan horizontal aktif dan pasif, selanjutnya dihitung gaya-gaya yang bekerja pada dinding. Sketsa gaya-gaya yang bekerja pada turap ditunjukkan pada Gambar 6.3. Perhitungan gaya dimaksudkan untuk mendapatkan persamaan momen aktif dan pasif ditunjukkan pada Tabel 6.2 dan 6.3.



(a)



(b)

Gambar 6.3 Sketsa Gaya Horisontal yang Bekerja pada Dinding Tanpa Angkur: (a) Zona 1; (b) Zona 2

Tabel 6.2 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding Tanpa Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif untuk Zona 1

Lapisan	Gaya Aktif	Tebal	σv Aktif/Lebar (t/m2)		Gaya (ton)		Jarak Ke O (m)				Momen (T.m)									
	Pa1	3	2.500		7.49909		23.500		+	1 d0	176.22858	+	7.49909	d0	+			+		
1	Pa2	3	0.788		1.18272		23.000		+	1 d0	27.203	+	1.18272	d0	+			+		
	Pa3	2	3.617		7.23318		21.000		+	1 d0	151.897	+	7.23318	d0	+			+		
2	Pa4	2	1.316		1.31559		20.667		+	1 d0	27.189	+	1.31559	d0	+			+		
	Pa5	3	5.403		16.2077		18.500		+	1 d0	299.843	+	16.2077	d0	+			+		
3	Pa6	3	1.091		1.63583		18.000		+	1 d0	29.445	+	1.63583	d0	+			+		
	Pa7	2.44	6.640		16.2013		15.780		+	1 d0	255.656	+	16.2013	d0	+			+		
4	Pa8	2.44	1.133		1.38173		15.373		+	1 d0	21.242	+	1.38173	d0	+			+		
	Pa9	6.56	7.772		50.9872		11.280		+	1 d0	575.135	+	50.9872	d0	+			+		
5	Pa10	6.56	2.012		6.60071		10.187		+	1 d0	67.239	+	6.60071	d0	+			+		
	Pa11	8	10.144		81.1486		4.000		+	1 d0	324.594	+	81.1486	d0	+			+		
6	Pa12	8	3.196		12.7824		2.667		+	1 d0	34.086	+	12.7824	d0	+			+		
	Pa13	d0	8.549		8.549	d0	0.5	d0				+			+	4.2745	d0^2	+		
7	Pa14	d0	0.190	d0	0.09512	d0^2	0.33	d0				+			+			+	0.03171	d0^3
Persamaan Momen											1989.758	+	204.176	d0	+	4.2745	d0^2	+	0.03171	d0^3

Lapisan	Gaya Pasif	Tebal	σv Pasif/Lebar (t/m2)		Gaya (ton)		Jarak Ke O (m)				Momen (T.m)									
	Pp1	0	0.000		0		0		+	1 d0	0	+	0	d0	+			+		
1	Pp2	0	0.000		0		0		+	1 d0	0	+	0	d0	+			+		
	Pp3	0	0.000		0		0		+	1 d0	0	+	0	d0	+			+		
2	Pp4	0	0.000		0		0		+	1 d0	0	+	0	d0	+			+		
	Pp5	0	0.000		0		0		+	1 d0	0	+	0	d0	+			+		
3	Pp6	0	0.000		0		0		+	1 d0	0	+	0	d0	+			+		
	Pp7	0	0.000		0		0		+	1 d0	0	+	0	d0	+			+		
4	Pp8	0	0.000		0		0		+	1 d0	0	+	0	d0	+			+		
	Pp9	6.56	5.466		35.8558		11.28		+	1 d0	404.45361	+	35.8558	d0	+			+		
5	Pp10	6.56	2.700		8.85605		10.187		+	1 d0	90.213679	+	8.85605	d0	+			+		
	Pp11	8.00	8.006		64.0501		4.000		+	1 d0	256.20052	+	64.0501	d0	+			+		
6	Pp12	8.00	5.539		22.1579		2.667		+	1 d0	59.088	+	22.1579	d0	+			+		
	Pp13	d0	17.970		17.970	d0	0.500	d0				+			+	8.9852	d0^2	+		
7	Pp14	d0	0.853	d0	0.42633	d0	0.333	d0				+			+			+	0.14211	d0^3
Persamaan Momen											809.955	+	130.92	d0	+	8.9852	d0^2	+	0.14211	d0^3

Tabel 6.3 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding Tanpa Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif untuk Zona 2

Lapisan	Gaya Aktif	Tebal	σv Aktif/Lebar (t/m2)	Gaya (ton)	Jarak Ke O (m)	Momen (T.m)
	Pa1	3	1.746	5.23931	23.500 + 1 d0	123.12371 + 5.23931 d0 + +
1	Pa2	3	0.788	1.18272	23.000 + 1 d0	27.203 + 1.18272 d0 + +
	Pa3	2	2.747	5.49449	21.000 + 1 d0	115.384 + 5.49449 d0 + +
2	Pa4	2	1.316	1.31559	20.667 + 1 d0	27.189 + 1.31559 d0 + +
	Pa5	3	4.401	13.2036	18.500 + 1 d0	244.266 + 13.2036 d0 + +
3	Pa6	3	1.091	1.63583	18.000 + 1 d0	29.445 + 1.63583 d0 + +
	Pa7	2.44	5.697	13.9005	15.780 + 1 d0	219.349 + 13.9005 d0 + +
4	Pa8	2.44	1.133	1.38173	15.373 + 1 d0	21.242 + 1.38173 d0 + +
	Pa9	6.56	6.829	44.8014	11.280 + 1 d0	505.360 + 44.8014 d0 + +
5	Pa10	6.56	2.012	6.60071	10.187 + 1 d0	67.239 + 6.60071 d0 + +
	Pa11	8	9.172	73.3751	4.000 + 1 d0	293.500 + 73.3751 d0 + +
6	Pa12	8	3.196	12.7824	2.667 + 1 d0	34.086 + 12.7824 d0 + +
	Pa13	d0	7.945	7.945 d0	0.5 d0	+ + 3.9723 d0^2 +
7	Pa14	d0	0.190 d0	0.09512 d0^2	0.33 d0	+ + + 0.03171 d0^3
Persamaan Momen						1707.388 + 180.913 d0 + 3.9723 d0^2 + 0.03171 d0^3

Lapisan	Gaya Pasif	Tebal	σv Pasif/Lebar (t/m2)	Gaya (ton)	Jarak Ke O (m)	Momen (T.m)
	Pp1	0	0.000	0	0 + 1 d0	0 + 0 d0 + +
1	Pp2	0	0.000	0	0 + 1 d0	0 + 0 d0 + +
	Pp3	0	0.000	0	0 + 1 d0	0 + 0 d0 + +
2	Pp4	0	0.000	0	0 + 1 d0	0 + 0 d0 + +
	Pp5	0	0.000	0	0 + 1 d0	0 + 0 d0 + +
3	Pp6	0	0.000	0	0 + 1 d0	0 + 0 d0 + +
	Pp7	0	0.000	0	0 + 1 d0	0 + 0 d0 + +
4	Pp8	0	0.000	0	0 + 1 d0	0 + 0 d0 + +
	Pp9	6.56	5.466	35.8558	11.28 + 1 d0	404.45361 + 35.8558 d0 + +
5	Pp10	6.56	2.700	8.85605	10.187 + 1 d0	90.213679 + 8.85605 d0 + +
	Pp11	8.00	8.006	64.0501	4.000 + 1 d0	256.20052 + 64.0501 d0 + +
6	Pp12	8.00	5.539	22.1579	2.667 + 1 d0	59.088 + 22.1579 d0 + +
	Pp13	d0	17.970	17.970 d0	0.500 d0	+ + 8.9852 d0^2 +
7	Pp14	d0	0.853 d0	0.42633 d0	0.333 d0	+ + + 0.14211 d0^3
Persamaan Momen						809.955 + 130.92 d0 + 8.9852 d0^2 + 0.14211 d0^3

Berdasarkan Gambar 6.3 didapatkan gaya horizontal aktif dan pasif dari kedua zona yang digunakan untuk menghitung persamaan momen ΣM = 0 dengan titik putar momenya berada pada dasar dinding. Dalam perhitungan momen tersebut mengabaikan momen akibat tegangan aktif dan pasif dari air laut karena saling menghabiskan, sehingga total momen akibat tegangan air bernilai 0. Hasil perhitungan pada Tabel 6.2 s/d 6.3 antara persamaan momen aktif dan pasif dijumlahkan untuk mendapatkan persamaan momen ΣM = 0 yang akan digunakan untuk mencari panjang d0. Persamaan momen aktif dan pasif total dapat dilihat pada Tabel 6.4. Dari kedua persamaan yang didapatkan dari Tabel 6.4 maka dicari faktor dari persamaan tersebut, dan didapatkan panjang d0.

Tabel 6.4 Persamaan Momen Aktif Pasif : (a) Zona 1; (b) Zona 2

(a)

Persamaan Momen												
Aktif	0.0317	d0^3	+	4.274477	d0^2	+	204.176	d0	+	1989.758	=	0
Pasif	0.1421	d0^3	+	8.985176	d0^2	+	130.9199	d0	+	809.955	=	0
Total	-0.1104	d0^3	+	-4.7107	d0^2	+	73.25614	d0	+	1179.8028	=	0
d0		=	19.493	m								

(b)

Persamaan Momen												
Aktif	0.0317	d0^3	+	3.977176	d0^2	+	181.2866	d0	+	1711.919	=	0
Pasif	0.1421	d0^3	+	8.985176	d0^2	+	130.9199	d0	+	809.955	=	0
Total	-0.1104	d0^3	+	-5.008	d0^2	+	50.36675	d0	+	901.96365	=	0
d0		=	15.863	m								

c. Menghitung Panjang Total Dinding

Setelah menghitung faktor dari persamaan pangkat tiga pada Tabel 6.4, maka didapatkan nilai d0 untuk zona 1 adalah 19.5 m dan zona 2 adalah 15.9 m. Nilai d0 ini kemudian dikalikan dengan angka keamanan, SF yaitu 1,2 lalu dijumlahkan lapisan tanah 25 m diatasnya. Sehingga total panjang turap yang dibutuhkan adalah

- Zona 1
  d = (19.5 m x 1.2) + 25 m = 48.39 m
- Zona 2
  d = (15.9 m x 1.2) + 25 m = 43.96 m.

Setelah mendapatkan panjang total dinding, perlu adanya kontrol menggunakan program bantu untuk mengetahui stabilitas yang dihasilkan oleh perkuatan tersebut. Stabilitas dinding akan dibahas pada Subbab 6.4

d. Menghitung Momen Maksimal

Momen maksimal digunakan untuk menentukan profil material dinding yang dipakai. Menentukan momen maksimal dengan cara menurunkan persamaan momen lalu mencari nilai x yaitu jarak ke momen maksimal. Setelah didapat nilai x maka disubstitusikan ke dalam persamaan momen semula sehingga didapatkan momen maksimal. Berikut akan diberikan contoh perhitungan Momen maksimum yang bekerja pada turap adalah :

- Zona 1

$$\Sigma Mx = -0{,}11x^3 - 4{,}711x^2 + 73{,}256x + 1179.8$$

Dari perhitungan $\frac{dy.\Sigma Mx}{dx} = 0$, dimana x adalah do diperoleh nilai x = 6.356 m

Nilai x ini disubstitusi ke persamaan ΣMx sehingga diperoleh momen maksimal (Mmax) sebesar 1427 ton.m = 142700000 kg.cm.

- Zona 2

$$\Sigma Mx = -0{,}11x^3 - 5{,}008x^2 + 50{,}367x + 901.964$$

Dari perhitungan $\frac{dy.\Sigma Mx}{dx} = 0$, dimana x adalah do diperoleh nilai x = 4.36 m

Nilai x ini disubstitusi ke persamaan ΣMx sehingga diperoleh momen maksimal (Mmax) sebesar 1011 ton.m = 10110000 kg.cm.

6.3 Perencanaan Panjang Dinding dengan Angkur

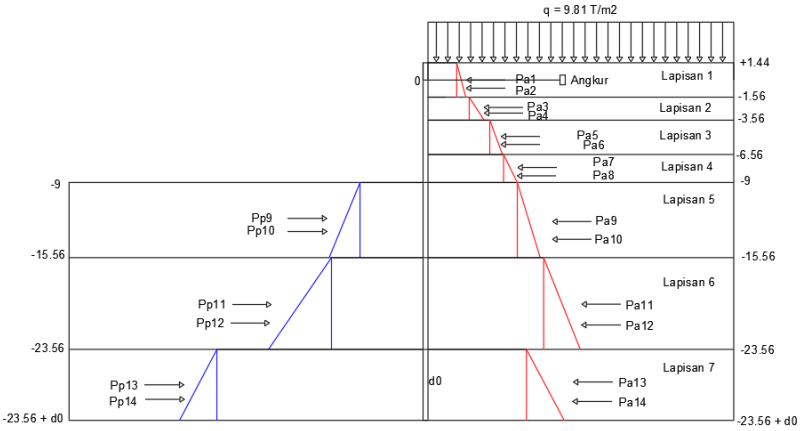
Pada perencanaan dinding dengan angkur dilakukan di kedua zona, dengan tujuan memperpendek dinding yang dibutuhkan. Letak angker berada 1.5 m di bawah permukaan tanah dasar. Adapun tahapan dalam merencanakan turap dengan angker adalah sebagai berikut :

a. Menghitung Tegangan Horizontal Aktif dan Pasif.

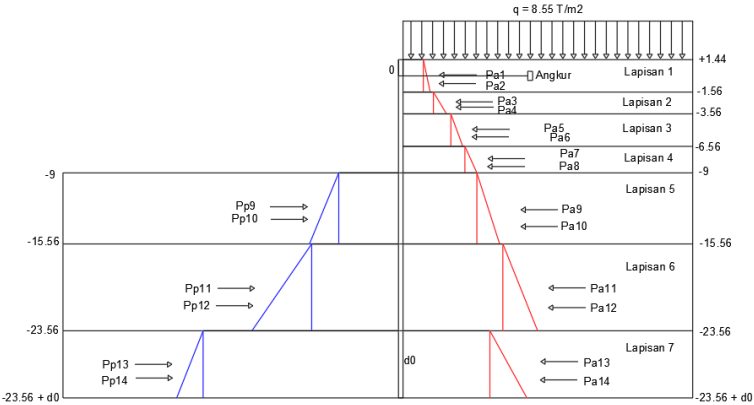
Perhitungan tegangan tanah horizontal aktif dan pasif menggunaka Persamaan 2.45 dan 2.49. Hasil perhitungan tegangan aktif pasif dapat dilihat pada Lampiran 4.

b. Mencari Nilai do.

Setelah didapatkan tegangan horizontal aktif dan pasif, selanjutnya dihitung gaya-gaya yang bekerja pada dinding. Sketsa gaya-gaya yang bekerja pada turap ditunjukkan pada Gambar 6.4. Perhitungan gaya dimaksudkan untuk mendapatkan persamaan momen aktif dan pasif ditunjukkan pada Tabel 6.5 dan 6.6.



(a)



(b)

Gambar 6.4 Sketsa Gaya Horisontal yang Bekerja pada Dinding dengan Angkur: (a) Zona 1; (b) Zona 2

Tabel 6.5 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding dengan Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif untuk Zona 1

Lapisan	Gaya Aktif	Tebal	σv Aktif/Lebar (t/m2)	Gaya (ton)	Jarak Ke O (m)	Momen (T.m)
	Pa1	3	2.500	7.49909	0.000	0
1	Pa2	3	0.788	1.18272	0.500	0.591
	Pa3	2	3.617	7.23318	2.500	18.083
2	Pa4	2	1.316	1.31559	2.833	3.728
	Pa5	3	5.403	16.2077	5.000	81.039
3	Pa6	3	1.091	1.63583	5.500	8.997
	Pa7	2.44	6.640	16.2013	7.720	125.074
4	Pa8	2.44	1.133	1.38173	8.127	11.229
	Pa9	6.56	7.772	50.9872	12.220	623.063
5	Pa10	6.56	2.012	6.60071	13.313	87.877
	Pa11	8	10.144	81.1486	19.500	1582.397
6	Pa12	8	3.196	12.7824	20.833	266.300
	Pa13	d0	8.549	8.549 d0	23.50 + 0.5 d0	+ 200.9 d0 + 4.27448 d0^2
7	Pa14	d0	0.190 d0	0.09512 d0^2	23.50 + 0.67 d0	+ 2.23538 d0^2 + 0.063415 d0^3
Persamaan Momen						2808.378 + 200.9 d0 + 6.50986 d0^2 + 0.063415 d0^3

Lapisan	Gaya Pasif	Tebal	σv Pasif/Lebar (t/m2)	Gaya (ton)	Jarak Ke O (m)	Momen (T.m)
	Pp1	0	0.000	0	0.000	0
1	Pp2	0	0.000	0	0.500	0
	Pp3	0	0.000	0	2.500	0
2	Pp4	0	0.000	0	2.833	0
	Pp5	0	0.000	0	5.000	0
3	Pp6	0	0.000	0	5.500	0
	Pp7	0	0.000	0	7.720	0
4	Pp8	0	0.000	0	8.127	0
	Pp9	6.56	5.466	35.8558	12.220	438.15808
5	Pp10	6.56	2.700	8.85605	13.313	117.90361
	Pp11	8.00	8.006	64.0501	19.500	1248.9775
6	Pp12	8.00	5.539	22.1579	20.833	461.622
	Pp13	d0	17.970	17.970 d0	23.500 + 0.5 d0	+ 422.303 d0 + 8.98518 d0^2
7	Pp14	d0	0.853 d0	0.42633 d0^2	23.500 + 0.66667 d0	+ 10.0188 d0^2 + 0.284221 d0^3
Persamaan Momen						2266.661 + 422.303 d0 + 19.004 d0^2 + 0.284221 d0^3

Tabel 6.6 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding dengan Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif untuk Zona 2

Lapisan	Gaya Aktif	Tebal	σv Aktif/Lebar (t/m2)		Gaya (ton)		Jarak Ke O (m)			Momen (T.m)								
	Pa1	3	1.746		5.23931		0.000	+		0	+		+		+			
1	Pa2	3	0.788		1.18272		0.500	+		0.591	+		+		+			
	Pa3	2	2.747		5.49449		2.500	+		13.736	+		+		+			
2	Pa4	2	1.316		1.31559		2.833	+		3.728	+		+		+			
	Pa5	3	4.401		13.2036		5.000	+		66.018	+		+		+			
3	Pa6	3	1.091		1.63583		5.500	+		8.997	+		+		+			
	Pa7	2.44	5.697		13.9005		7.720	+		107.312	+		+		+			
4	Pa8	2.44	1.133		1.38173		8.127	+		11.229	+		+		+			
	Pa9	6.56	6.829		44.8014		12.220	+		547.473	+		+		+			
5	Pa10	6.56	2.012		6.60071		13.313	+		87.877	+		+		+			
	Pa11	8	9.172		73.3751		19.500	+		1430.814	+		+		+			
6	Pa12	8	3.196		12.7824		20.833	+		266.300	+		+		+			
	Pa13	d0	7.945		7.945	d0	23.50	+	0.5 d0		+	186.699 d0	+	3.97233 d0^2	+			
7	Pa14	d0	0.190	d0	0.09512	d0^2	23.50	+	0.67 d0		+		+	2.23538 d0^2	+	0.063415	d0^3	
Persamaan Momen										2544.075	+	186.699 d0	+	6.20771 d0^2	+	0.063415	d0^3	
Lapisan	**Gaya Pasif**	**Tebal**	**σv Pasif/Lebar (t/m2)**		**Gaya (ton)**		**Jarak Ke O (m)**			**Momen (T.m)**								
	Pp1	0	0.000		0		0.000	+		0	+		+		+			
1	Pp2	0	0.000		0		0.500	+		0	+		+		+			
	Pp3	0	0.000		0		2.500	+		0	+		+		+			
2	Pp4	0	0.000		0		2.833	+		0	+		+		+			
	Pp5	0	0.000		0		5.000	+		0	+		+		+			
3	Pp6	0	0.000		0		5.500	+		0	+		+		+			
	Pp7	0	0.000		0		7.720	+		0	+		+		+			
4	Pp8	0	0.000		0		8.127	+		0	+		+		+			
	Pp9	6.56	5.466		35.8558		12.220	+		438.15808	+		+		+			
5	Pp10	6.56	2.700		8.85605		13.313	+		117.90361	+		+		+			
	Pp11	8.00	8.006		64.0501		19.500	+		1248.9775	+		+		+			
6	Pp12	8.00	5.539		22.1579		20.833	+		461.622	+		+		+			
	Pp13	d0	17.970		17.970	d0	23.500	+	0.5 d0		+	422.303 d0	+	8.98518 d0^2	+			
7	Pp14	d0	0.853	d0	0.42633	d0^2	23.500	+	0.66667 d0		+		+	10.0188 d0^2	+	0.284221	d0^3	
Persamaan Momen										2266.661	+	422.303 d0	+	19.004 d0^2	+	0.284221	d0^3	

Berdasarkan Gambar 6.3 didapatkan gaya horizontal aktif dan pasif dari kedua zona yang digunakan untuk menghitung persamaan momen ΣM = 0 dengan titik putar momenya berada pada dasar dinding. Dalam perhitungan momen tersebut mengabaikan momen akibat tegangan aktif dan pasif dari air laut karena saling menghabiskan, sehingga total momen akibat tegangan air bernilai 0. Hasil perhitungan pada Tabel 6.2 s/d 6.3 antara persamaan momen aktif dan pasif dijumlahkan untuk mendapatkan persamaan momen ΣM = 0 yang akan digunakan untuk mencari panjang d0. Persamaan momen aktif dan pasif total dapat dilihat pada Tabel 6.4. Dari kedua persamaan yang didapatkan dari Tabel 6.4 maka dicari faktor dari persamaan tersebut, dan didapatkan panjang d0.

Tabel 6.7 Perhitungan Gaya Horisontal yang Bekerja pada pada Dinding Dengan Angkur dan Persamaan Momen Aktif Pasif : (a) Zona 1; (b) Zona 2

(a)

Persamaan Momen												
Aktif	0.0634	d0^3	+	6.509861	d0^2	+	200.9004	d0	+	2808.378	=	0
Pasif	0.2842	d0^3	+	19.00396	d0^2	+	422.3033	d0	+	2266.661	=	0
Total	-0.2208	d0^3	+	-12.4941	d0^2	+	-221.403	d0	+	541.716	=	0
d0		=	2.170656	m								

(b)

Persamaan Momen												
Aktif	0.0634	d0^3	+	6.21256	d0^2	+	186.9272	d0	+	2548.316	=	0
Pasif	0.2842	d0^3	+	19.00396	d0^2	+	422.3033	d0	+	2266.661	=	0
Total	-0.2208	d0^3	+	-12.7914	d0^2	+	-235.376	d0	+	281.65489	=	0
d0		=	1.220896	m								

c. Menghitung Panjang Total Dinding.

Setelah menghitung faktor dari persamaan pangkat tiga pada Tabel 6.7, maka didapatkan nilai d0 untuk zona 1 adalah 2.17 m dan zona 2 adalah 1.23 m. Nilai d0 ini kemudian dikalikan dengan angka keamanan, SF yaitu 1,2 lalu dijumlahkan dengan tinggi timbunan dan lapisan tanah 25 m diatasnya. Sehingga total panjang turap yang dibutuhkan adalah:

- Zona 1
  d = (2.17 m x 1.2) + 25 m = 27.60 m
- Zona 2
  d = (1.22 m x 1.2) + 25 m = 26.33 m.

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan dinding dengan menggunakan angkur dapat disimpulkan bahwa dinding yang dipakai lebih pendek daripada tanpa menggunakan angkur yang dihitung pada Subbab 6.2. Berikut merupakan rekapitulasi panjang dinding penahan tanah.

Tabel 6.8 Rekapitulasi Kedalaman Konstruksi Dinding Penahan Tanah

Zona	Kedalaman Konstruksi Penahan Tanah (m)	
	Tanpa Angkur	Dengan Angkur
1	48.39	27.60
2	43.96	26.33

d. Menghitung Momen Maksimal

Momen maksimal digunakan untuk menentukan profil material dinding yang dipakai. Menentukan momen maksimal dengan cara menurunkan persamaan momen lalu mencari nilai x yaitu jarak ke momen maksimal. Setelah didapat nilai x maka disubstitusikan ke dalam persamaan momen semula sehingga didapatkan momen maksimal. Berikut akan diberikan contoh perhitungan Momen maksimum yang bekerja pada turap adalah :

- Zona 1

$$\Sigma Mx = -0{,}22x^3 - 12{,}49x^2 - 221{,}4x + 541{,}716$$

Dari perhitungan $\frac{dy.\Sigma Mx}{dx} = 0$, dimana x adalah do diperoleh nilai x = 14.12 m

Nilai x ini disubstitusi ke persamaan ΣMx sehingga diperoleh momen maksimal (Mmax) sebesar 1799 ton.m = 179900000 kg.cm.

- Zona 2

$$\Sigma Mx = -0{,}22x^3 - 12{,}79x^2 - 235{,}4x + 281{,}655$$

Dari perhitungan $\frac{dy.\Sigma Mx}{dx} = 0$, dimana x adalah do diperoleh nilai x = 15.12 m

Nilai x ini disubstitusi ke persamaan ΣMx sehingga diperoleh momen maksimal (Mmax) sebesar 1679 ton.m = 167900000 kg.cm.

6.4 Perencanaan Profil Dinding

Berdasarkan hasil perhitungan momen maksimal dari Subbab 6.2 dan 6.3, diambil momen maksimum yang terbesar. Momen maksimum terbesar untuk kedua zona adalah pada dinding menggunakan angkur. Berikut merupakan perhitungan untuk menentukan profil yang dipakai.

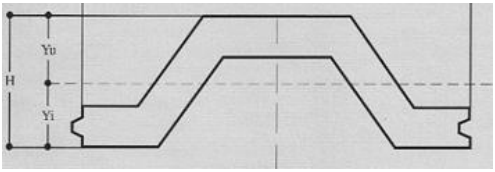
6.4.1 *Sheet Pile*

Profil *sheet pile* dapat dihitung melalui *section modulus*. Nilai s*ection modulus* akibat momen yang bekerja didapatkan dengan membagi Mmax dengan tegangan ijin, yakni sebesar 1500 kg/cm^2, sehingga diperoleh *section modulus* sebesar

Zona 1: $\frac{142700000}{1500} = 95117.59$ cm^3

Zona 2: $\frac{10110000}{1500} = 67397.39$ cm^3

Berdasarkan profil turap dari wika beton, yang dapat dilihat pada Lampiran 6, *section modulus* profil turap terbesar adalah 25530 cm^3. Dapat disimpulkan bahwa *section modulus* rencana lebih besar dari *section modulus* profil, sehingga profil turap tidak dapat digunakan untuk perkuatan dinding pada kedua zona. Selain itu, panjang *sheet pile* yang tersedia dari pabrik maksimal hanya 21 m, sehingga tidak dapat memenuhi panjang rencana dari dinding.



Gambar 6.5 Sketsa Penampang Profil *Sheet Pile*

6.4.2 *Secant Pile*

Profil *secant pile* didapatkan menggunakan program bantu *PCA COL* dengan memasukkan input beban, asumsi diameter dan tulangan utama. Beban yang dimasukkan adalah beban axial dan momen maksimum yg didapat dari perhitungan manual. Berikut merupakan hasil rekapitulasi dari PCA COL:

Zona 1

d = 1500 mm, tulangan utama 42 D50

Zona 2

d = 1500 mm, tulangan utama 38 D50

Hasil akhir atau output PCA COL dapat dilihat pada Lampiran 4. Profil *secant pile* tersebut kemudian dikontrol untuk mendapatkan tulangan geser atau sengkang.

Perhitungan tulangan geser dihitung menggunakan nilai Vu yang didapat dari Σgaya horizontal dan aktif. Berikut adalah perhitungan tulangan geser untuk kedua zona.

- Zona 1

  Vu = 614.939 kN

  $\phi Vn = 0.85 \times 0{,}17 \sqrt{f'_c} bd + \sqrt{\frac{f'c}{3}} bd$

  $\phi Vn = 8470.03$ kN

- Zona 2

  Vu = 461.466 kN

  $\phi Vn = 0.85 \times 0{,}17 \sqrt{f'_c} bd + \sqrt{\frac{f'c}{3}} bd$

  $\phi Vn = 8470.03$ kN

Nilai Vu dari kedua zona didapat lebih kecil daripada ϕVn, sehingga tidak perlu adanya tulangan geser. Namun untuk alasan keamanan tetap direncanakan tulangan geser dengan diameter D16 secara spiral.

Menentukan Diameter Baja Angker dapat dihitung dari nilai d0 disubstitusikan ke dalam gaya aktif dan gaya pasif pada Tabel 6.5 dan 6.6 untuk mendapatkan kuat tarik angker (T).

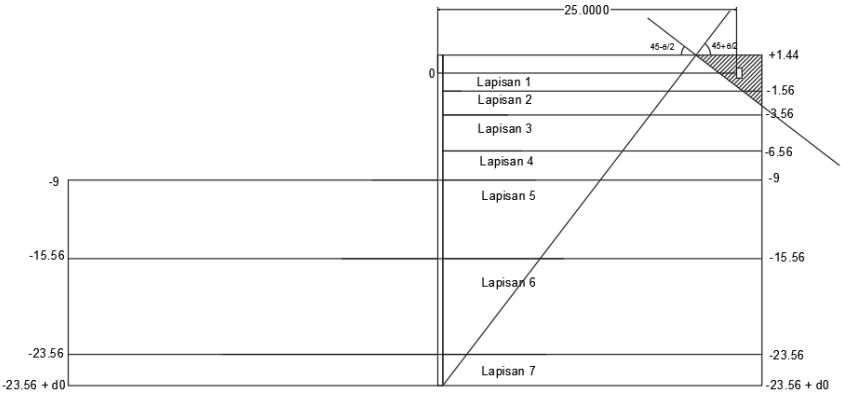
Nilai T didapatkan pada kondisi seimbang yaitu; $\Sigma E_{aktif} = \Sigma E_{pasif} + T$. Tabel 6.8 menunjukkan rekapitulasi gaya aktif dan pasif total, serta kuat tarik angker yang dibutuhkan.

- Zona 1
  ΣGaya Aktif = 223.18 ton
  ΣGaya Pasif = 171.94 ton
  T Angkur = 51.24 ton
- Zona 2
  ΣGaya Aktif = 191.14 ton
  ΣGaya Pasif = 153.49 ton
  T Angkur = 37.65 ton

Direncanakan diameter angker

- Zona 1 (Spasi Angker 2.25 m)
  T = 51,24 ton
  σ Angker = 2900 kg/cm^2
  $\sigma\ Angker = \frac{T}{A} = \frac{T}{0.25\ x\ \pi\ x\ D^2}$
  4100 = $\frac{T\ x\ 2.25}{0.25\ x\ \pi\ x\ D^2}$
  D = 8 cm
- Zona 2 (Spasi Angker 2.25 m)
  T = 37,65 ton
  σ Angker = 2900 kg/cm^2
  $\sigma\ Angker = \frac{T}{A} = \frac{T}{0.25\ x\ \pi\ x\ D^2}$
  4100 = $\frac{T\ x\ 25}{0.25\ x\ \pi\ x\ D^2}$
  D = 7 cm

Menentukan panjang angkur harus terletak pada daerah yang stabil. Dari sketsa letak angker didapatkan panjang angkur menurut Das (1990) adalah 25 m untuk kedua zona karena memiliki nilai ϕ yang sama pada lapisan yang tert anam angkur. Sketsa panjang angkur ditunjukkan pada Gambar 6.5



Gambar 6.6 Sketsa Panjang Angkur

Angkur direncakan dengan menggunakan metode blok angkur. Perencanaan blok angkur yaitu mencari lebar blok angkur. Untuk menentukan lebar blok angkur langkah pertama yaitu mengasumsi dimensi blok angkur sebagai berikut:

- Zona 1

Kedalaman Blok Angkur (H) = 3 m
Tinggi Angkur (h) = 2.5 m
ko = 0.4

Apabila H/h ≤ 1.5 maka tinggi blok angkur dapat dihitung sebagai H.

3/2.5 = 1.2, maka h = 3 m

Gaya yang bekerja pada blok angkut dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.52 dan 2.53

Nilai γ, Ka dan Kp menggunakan parameter lapisan 1

$\text{Pa} = \frac{1}{2} H^2 \gamma \text{ Ka} = 2.365 \text{ Ton}$

$\text{Pp} = \frac{1}{2} H^2 \gamma \text{ Kp} = 13.647 \text{ Ton}$

Dengan Persamaan 2.51, Tult = 1,2 x T, lebar blok angker (B) dapat dihitung sebagai berikut:

Tult ≤ B(Pp – Pa) + $\frac{1}{2}$ Ko γ′ ($\sqrt{Kp}$ + $\sqrt{Ka}$)H^3 tan ϕ

61,49 ≤ B(13.647 –2.365) + $\frac{1}{2}$ 0.4 x 0.89 x ($\sqrt{1.7}$ + $\sqrt{0.59}$)3^3 tan 15

B = 5 m

- Zona 2

Kedalaman Blok Angkur (H) = 3 m
Tinggi Angkur (h) = 2.5 m
ko = 0.4

Apabila H/h ≤ 1.5 maka tinggi blok angkur dapat dihitung sebagai H.

3/2.5 = 1.2, maka h = 3 m

Gaya yang bekerja pada blok angkut dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.52 dan 2.53

Nilai γ, Ka dan Kp menggunakan parameter lapisan 1

Pa = $\frac{1}{2}H^2$ γ Ka = 2.365 Ton

Pp = $\frac{1}{2}H^2$ γ Kp = 13.647 Ton

Dengan Persamaan 2.51, Tult = 1,2 x T, lebar blok angker (B) dapat dihitung sebagai berikut:

Tult ≤ B(Pp – Pa) + $\frac{1}{2}$ Ko γ′ ($\sqrt{Kp}$ + $\sqrt{Ka}$)H^3 tan ϕ

45.174 ≤ B(13.647 – 2.365) + $\frac{1}{2}$ 0.4 x 0.89 ($\sqrt{1.7}$ + $\sqrt{0.59}$)H^3 tan 15

B = 3 m

Perhitungan Tulangan Blok Angkur

Data yang digunakan untuk perhitungan blok angkur adalah sebagai berikut:

fy = 390 MPa
f'c = 40 MPa
d' = 50 mm

Perhitungan blok angkur menggunakan Persamaan 2.54 s/d 2.59 terbagi menjadi tulangan melintang dan memanjang.

- Zona 1 Tulangan Memanjang (L=5 m)

  Tult = 61.49 Ton

  $\varnothing$ = 19 mm

  Mu = (3/2T x L/2) – (T x 2.25)

  = 83.682 Ton.m

  = 836819167.8 N.mm

  m = $\frac{\text{fy}}{0{,}85\text{f}'\text{c}}$

  = 11.471

  Rn = $\frac{\text{Mu}}{0{,}85\text{b}d^2}$

  = 0.0499

  ρ = $\frac{1}{\text{m}}\left(1-\sqrt{1-\frac{2\cdot\text{m}\cdot\text{Rn}}{\text{fy}}}\right)$

  =1.283 x 10^{-4}

  ρmin = $\frac{1}{4}.\frac{1.4}{\text{fy}}$

  =0.000897

  Digunakan ρmin, sehingga

  As = $\rho \cdot b \cdot d$

  = 3982.585 mm^2

  s = $\frac{\pi}{4}\emptyset^2 .\frac{\text{b}}{\text{Asperlu}}$

  = 71.192 mm

  Digunakan tulangan D19-70mm

- Zona 1 Tulangan Melintang (L=3 m)

  Tult = 61.49 Ton

  $\varnothing$ = 16 mm

  Mu = $2/3$T x 2

  = 81.99 Ton.m

  = 819919308 N.mm

  m = $\frac{\text{fy}}{0{,}85\text{f}'\text{c}}$

  = 11.471

Rn $= \frac{\text{Mu}}{0{,}85\text{b}d^2}$
$= 0.0477$

ρ $= \frac{1}{\text{m}}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \text{m} \cdot \text{Rn}}{\text{fy}}})$
$= 2.278 \text{ x } 10^{-4}$

ρmin $= \frac{1}{4} . \frac{1.4}{\text{fy}}$
$= 0.000897$

Digunakan ρmin, sehingga

As $= \rho \cdot b \cdot d$
$= 2588.205 \text{ mm}^2$

s $= \frac{\pi}{4} \emptyset^2 . \frac{\text{b}}{\text{Asperlu}}$
$= 77.69$

Digunakan tulangan D16-75mm

- Zona 2 Tulangan Memanjang (L=3 m)

Tult $= 46.157$ Ton

$\varnothing$ $= 16$ mm

Mu $= \frac{1}{4}$ PL
$= 34.617$ Ton.m
$= 346175214.6$ N.mm

m $= \frac{\text{fy}}{0{,}85\text{f}'\text{c}}$
$= 11.471$

Rn $= \frac{\text{Mu}}{0{,}85\text{b}d^2}$
$= 0.0489$

ρ $= \frac{1}{\text{m}}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot \text{m} \cdot \text{Rn}}{\text{fy}}})$
$= 1.256 \text{ x } 10^{-4}$

ρmin $= \frac{1}{4} . \frac{1.4}{\text{fy}}$
$= 0.000897$

Digunakan ρmin, sehingga

As $= \rho \cdot b \cdot d$

$= 2588.205 \text{ mm}^2$

$s = \frac{\pi}{4}\emptyset^2 \cdot \frac{b}{Asperlu}$

$= 77.684 \text{ mm}$

Digunakan tulangan D16-70mm

- Zona 2 Tulangan Melintang (L=3 m)

Tult = 61.49 Ton

$\emptyset$ = 16 mm

$Mu = 2/3\text{T} \times 2$

$= 61.542 \text{ Ton.m}$

$= 6154226037 \text{ N.mm}$

$m = \frac{fy}{0{,}85f'c}$

$= 11.471$

$Rn = \frac{Mu}{0{,}85bd^2}$

$= 0.08704$

$\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}}\right)$

$= 2.234 \times 10^{-4}$

$\rho min = \frac{1}{4} \cdot \frac{1.4}{fy}$

$= 0.000897$

Digunakan ρmin, sehingga

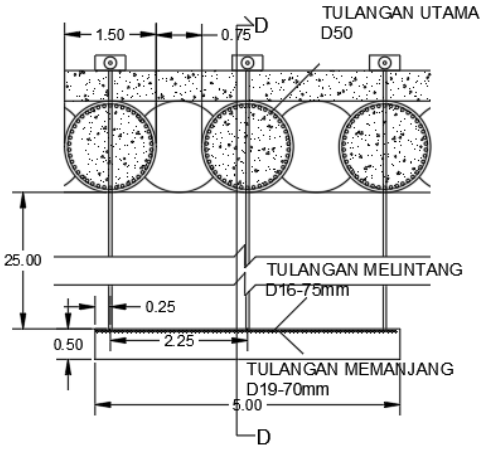
$As = \rho \cdot b \cdot d$

$= 2588.205 \text{ mm}^2$

$s = \frac{\pi}{4}\emptyset^2 \cdot \frac{b}{Asperlu}$

$= 77.684 \text{ mm}$

Digunakan tulangan D16-75mm



Gambar 6.7 Sketsa Profil Penampang *Secant Pile*

6.4.3 *Soldier Pile*

Profil *soldier pile* dapat dihitung melalui *section modulus*. Nilai s*ection modulus* akibat momen yang bekerja didapatkan dengan membagi Mmax dengan tegangan ijin baja BJ 55, yakni sebesar 4100 kg/cm^2, nilai section modulus untuk profil steel pile yang berbentuk circular hollow. Berikut diberikan perhitungan kontrol *soldier pile*

- Zona 1

  Mu = 179855897 kg.cm

  σijin = 410 MPa = 4100 kg/cm^2

  S = $\frac{Mu}{\phi\,\sigma ijin}$ = 43867.29194 cm^3

Direncanakan soldier pile profil circular hollow dengan spesifikasi

d2 = 2500 mm

t = 19 mm

d1= 2500-19 = 2481 mm

S *Circular Hollow*

$= \frac{\pi(d2^4 - d1^4)}{32d2}$

= 46104.08798 cm^3 > 43867.29194 cm^3 (OK)

Kontrol Momen Lentur
Mp = Zx fy
= 46104.08798 x 4100
= 210029788.9 kg.cm
ϕMn = ϕMp
ϕMn = 0.9 x 210029788.9
= 189026810 kg.cm
Mu = 179855897 kg.cm
ϕMn > Mu (OK)

Kontrol Geser
ϕVn = 0.9 x fy x d x t
= 0.9 x 4100 x 2500 x 19
= 175275000 kg
Vu = 614.939 kN = 61493.9 kg
ϕVn > Vu (OK)

- Zona 2
  Mu = 167758653.4 kg.cm
  σijin = 410 MPa = 4100 kg/cm^2
  S = $\frac{Mu}{\phi\,\sigma ijin}$ = 40916.74472 cm^3

Direncanakan soldier pile profil circular hollow dengan spesifikasi
d2 = 2500 mm
t = 19 mm
d1 = 2500-19 = 2481 mm
S *Circular Hollow*
= $\frac{\pi(d2^4-d1^4)}{32d2}$
= 46104.08798 cm^3 > 40916.74472 cm^3 (OK)

Kontrol Momen Lentur
Mp = Zx fy
= 46104.08798 x 4100
= 210029788.9 kg.cm
ϕMn = ϕMp
ϕMn = 0.9 x x 210029788.9

= 189026810 kg.cm
Mu = 167758653.4 kg.cm
ϕMn > Mu (OK)
Kontrol Geser
ϕVn = 0.9 x fy x d x t
= 0.9 x 4100 x 2500 x 19
= 175275000 kg
Vu = 461.466 kN = 46146.6 kg
ϕVn > Vu (OK)

Didapatkan profil *soldier pile* dari kedua zona menggunakan diameter 2500 mm dengan tebal 19 mm. Profil *soldier pile* menggunakan brosur dari PT. Swarna Bajapasific yang dapat dilihat pada Lampiran 6.

Menentukan Diameter Baja Angker untuk *soldier pile* dapat dihitung dari nilai d0 disubstitusikan ke dalam gaya aktif dan gaya pasif pada Tabel 6.5 dan 6.6 untuk mendapatkan kuat tarik angker (T). Nilai T didapatkan pada kondisi seimbang yaitu; $\Sigma E_{aktif} = \Sigma E_{pasif} + T$. Tabel 6.8 menunjukkan rekapitulasi gaya aktif dan pasif total, serta kuat tarik angker yang dibutuhkan.

- Zona 1
  ΣGaya Aktif = 223.18 ton
  ΣGaya Pasif = 171.94 ton
  T Angkur = 51.24 ton
- Zona 2
  ΣGaya Aktif = 191.14 ton
  ΣGaya Pasif = 153.49 ton
  T Angkur = 37.65 ton

Direncanakan diameter angker

- Zona 1 (Spasi Angker 3.5 m)
  T = 51,24 ton
  σ Angker = 2900 kg/cm^2
  $\sigma\ Angker = \frac{T}{A} = \frac{T}{0.25\ x\ \pi\ x\ D^2}$
  $4100 = \frac{T\ x\ 3.5}{0.25\ x\ \pi\ x\ D^2}$

D = 10 cm

- Zona 1 (Spasi Angker 3.5 m)

T = 37,65 ton

σ Angker = 2900 kg/cm^2

$\sigma\ Angker = \frac{T}{A} = \frac{T}{0.25\ x\ \pi\ x\ D^2}$

$4100 = \frac{T\ x\ 3.5}{0.25\ x\ \pi\ x\ D^2}$

D = 9 cm

Panjang angkur digunakan 25 m

Angkur direncakan dengan menggunakan metode blok angkur. Perencanaan blok angkur yaitu mencari lebar blok angkur. Untuk menentukan lebar blok angkur langkah pertama yaitu mengasumsi dimensi blok angkur sebagai berikut:

- Zona 1

Kedalaman Blok Angkur (H) = 3 m

Tinggi Angkur (h) = 2.5 m

ko = 0.4

Apabila H/h ≤ 1.5 maka tinggi blok angkur dapat dihitung sebagai H.

3/2.5 = 1.2, maka h = 3 m

Gaya yang bekerja pada blok angkut dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.52 dan 2.53

Nilai γ, Ka dan Kp menggunakan parameter lapisan 1

Pa $= \frac{1}{2} H^2$ γ Ka $= 2.365$ Ton

Pp $= \frac{1}{2} H^2$ γ Kp $= 13.647$ Ton

Dengan Persamaan 2.51, Tult = 1,2 x T, lebar blok angker (B) dapat dihitung sebagai berikut:

Tult ≤ B(Pp – Pa) + $\frac{1}{2}$ Ko γ′ ($\sqrt{Kp}$ + $\sqrt{Ka}$)H^3 tan ϕ

61,49 ≤ B(13.647 –2.365) + $\frac{1}{2}$ 0.4 x 0.89 x ($\sqrt{1.7}$ + $\sqrt{0.59}$)3^3 tan 15

B = 5 m

- Zona 2

Kedalaman Blok Angkur (H) = 3 m
Tinggi Angkur (h) = 2.5 m
ko = 0.4

Apabila H/h ≤ 1.5 maka tinggi blok angkur dapat dihitung sebagai H.
3/2.5 = 1.2, maka h = 3 m
Gaya yang bekerja pada blok angkut dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.52 dan 2.53
Nilai γ, Ka dan Kp menggunakan parameter lapisan 1

$\text{Pa} = \frac{1}{2} H^2 \gamma \text{ Ka} = 2.365 \text{ Ton}$

$\text{Pp} = \frac{1}{2} H^2 \gamma \text{ Kp} = 13.647 \text{ Ton}$

Dengan Persamaan 2.51, Tult = 1,2 x T, lebar blok angker (B) dapat dihitung sebagai berikut:

$\text{Tult} \leq \text{B(Pp} - \text{Pa)} + \frac{1}{2} \text{Ko } \gamma' (\sqrt{Kp} + \sqrt{Ka})\text{H}^3 \tan \phi$

$45.174 \leq \text{B}(13.647 - 2.365) + \frac{1}{2} 0.4 \text{ x } 0.89 (\sqrt{1.7} + \sqrt{0.59})\text{H}^3 \tan 15$

B = 3 m

Perhitungan Tulangan Blok Angkur

Data yang digunakan untuk perhitungan blok angkur adalah sebagai berikut:

fy = 390 MPa
f'c = 40 MPa
d' = 50 mm

Perhitungan blok angkur menggunakan Persamaan 2.54 s/d 2.59 terbagi menjadi tulangan melintang dan memanjang.

- Zona 1 Tulangan Memanjang (L=5 m)

Tult = 61.49 Ton
∅ = 19 mm
Mu = (T x L/2) – (T x 3.5)
= 83.682 Ton.m

= 836819167.8 N.mm

m $= \frac{fy}{0{,}85f'c}$

= 11.471

Rn $= \frac{Mu}{0{,}85bd^2}$

= 0.0499

ρ $= \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$

$=1.283 \times 10^{-4}$

$\rho min = \frac{1}{4} \cdot \frac{1.4}{fy}$

=0.000897

Digunakan ρmin, sehingga

As $= \rho \cdot b \cdot d$

$= 3982.585 \text{ mm}^2$

s $= \frac{\pi}{4}\emptyset^2 \cdot \frac{b}{Asperlu}$

= 71.192 mm

Digunakan tulangan D19-70mm

- Zona 1 Tulangan Melintang (L=3 m)

Tult = 61.49 Ton

∅ = 16 mm

Mu $= 2/3$T x 2

= 81.99 Ton.m

= 819919308 N.mm

m $= \frac{fy}{0{,}85f'c}$

= 11.471

Rn $= \frac{Mu}{0{,}85bd^2}$

= 0.0477

ρ $= \frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$

$= 2.278 \times 10^{-4}$

$\rho min = \frac{1}{4} \cdot \frac{1.4}{fy}$

=0.000897

Digunakan ρmin, sehingga

As = ρ · b · d

= 2588.205 mm^2

s = $\frac{\pi}{4}\emptyset^2 \cdot \frac{b}{Asperlu}$

= 77.69

Digunakan tulangan D16-75mm

- Zona 2 Tulangan Memanjang (L=3 m)

Tult = 46.157 Ton

∅ = 16 mm

Mu = $\frac{1}{4}$ PL

= 34.617 Ton.m

= 346175214.6 N.mm

m = $\frac{fy}{0{,}85f'c}$

= 11.471

Rn = $\frac{Mu}{0{,}85bd^2}$

= 0.0489

ρ = $\frac{1}{m}(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}})$

= 1.256 x 10^{-4}

ρmin = $\frac{1}{4} . \frac{1.4}{fy}$

= 0.000897

Digunakan ρmin, sehingga

As = ρ · b · d

= 2588.205 mm^2

s = $\frac{\pi}{4}\emptyset^2 \cdot \frac{b}{Asperlu}$

= 77.684 mm

Digunakan tulangan D16-70mm

- Zona 2 Tulangan Melintang (L=3 m)

Tult = 61.49 Ton

$\varnothing$ = 16 mm

Mu = 2/3T x 2

= 61.542 Ton.m

= 6154226037 N.mm

m = $\frac{\text{fy}}{0{,}85\text{f}'\text{c}}$

= 11.471

Rn = $\frac{\text{Mu}}{0{,}85\text{b}d^2}$

= 0.08704

ρ = $\frac{1}{\text{m}}(1-\sqrt{1-\frac{2\cdot\text{m}\cdot\text{Rn}}{\text{fy}}})$

= 2.234 x 10^{-4}

ρmin = $\frac{1}{4}.\frac{1.4}{\text{fy}}$

=0.000897

Digunakan ρmin, sehingga

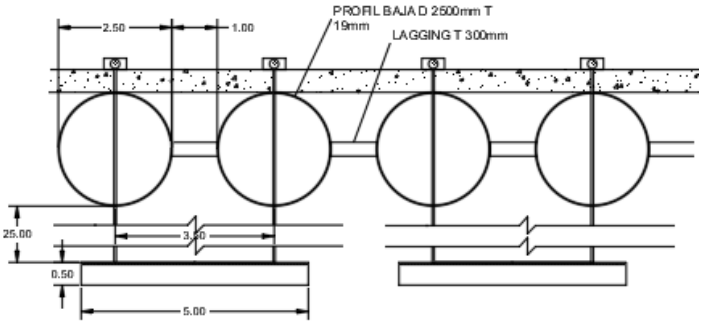
As = $\rho \cdot b \cdot d$

= 2588.205 mm^2

s = $\frac{\pi}{4}\emptyset^2 .\frac{\text{b}}{\text{Asperlu}}$

= 77.684 mm

Digunakan tulangan D16-75mm



Gambar 6.8 Sketsa Profil Penampang *Soldier Pile*

6.5 Analisis Stabilitas dengan Program Bantu

Analisis stabilitas dengan program bantu dilakukan untuk memeriksa *safety factor* overall stability dan deformasi perkuatan dinding akibat beban yang bekerja pada dinding. Program bantu yang digunakan adalah *Geoslope* dan *Plaxis*. Hasil analisis perkuatan dinding dengan menggunakan program bantu dapat dilihat pada Tabel 6.8. dan Tabel 6.9

Tabel 6.9 *Safety Factor* dan *Overall Stability* Perkuatan Dinding, (a) *Secant Pile*, (b) *Soldier Pile*

(a)

	Zona 1	Zona 2	
SF	1.501	1.552	
R	17.628	15.871	m
Mres	29533	23026	kNm
X	38.636	39.891	m
y	36.523	35.224	m

(b)

	Zona 1	Zona 2	
SF	2.142	2.259	
R	22.853	22.319	m
Mres	97448	98212	kNm
X	29.972	30.506	m
y	36.866	35.653	m

Tabel 6.10 Deformasi Dinding Penahan Tanah

	Zona	SF	Deformasi (m)
Secant Pile	1	1.501	0.0535
	2	1.552	0.0486
Soldier Pile	1	2.142	0.0634
	2	2.259	0.0581

Berdasarkan hasil analisis stabilitas dinding dengan program bantu yang tersaji pada Tabel 6.8 dan Tabel 6.9, dapat disimpulkan bahwa nilai SF pada dinding lebih besar daripada SF rencana yaitu 1.5 sehingga aman terhadap longsor. Kemudian nilai deformasi dari kedua jenis dinding kurang dari 7 cm sehingga dapat

digunakan. Hasil output program bantu *Geoslope* dan *Plaxis* dapat dilihat pada Lampiran 4.

6.6 Perhitungan Biaya Material

Biaya material dikelompokkan berdasarkan pekerjaan. Pekerjaan yang ditinjau adalah pemasangan PVD-PHD, pekerjaan *Secant* atau *Soldier Pile* dan angkur. Perhitungan total kebutuhan dan biaya material dilihat pada tabel 6.9 s/d 6.10. Berdasarkan hasil perhitungan total kebutuhan dan biaya material dari kedua konstruksi dinding, maka dapat diketahui bahwa perencanaan paling ekonomis adalah perkuatan dinding menggunakan *secant pile* dengan biaya material total sebesar Rp8.135.487.283,-, sehingga pemilihan alternatif berdasarkan efisiensi harga atau harga material yang lebih murah, *secant pile* dipilih sebagai perkuatan dinding.

Tabel 6.11 Total Kebutuhan dan Biaya Material Konstruksi *Secant Pile*

No	Pekerjaan	Satuan	Volume		Harga Satuan	Jumlah
			Timbunan 1	Timbunan 2	Rp	Rp
I	Pemasangan PVD dan PHD					
1	PVD	m	113400	58050	3,500.00	600,075,000.00
2	PHD	m	5471.28	2771.28	117,000.00	964,379,520.00
	Sub Total					1,564,454,520.00
II	Pekerjaan Secant Pile					
1	Primary Bor Pile	m3	2631.2	1196	50,000.00	191,360,000.00
2	Secondary Bor Pile	m3	3498.948818	1625.774198	980,000.00	5,022,228,555.84
	Sub Total					5,213,588,555.84
III	Blok Angkur					
1	Tendon	Ton	17.34011883	8.8627274	35,910,000.00	940,944,207.99
2	Pelat Beton	m3	281.25	143.75	980,000.00	416,500,000.00
	Sub Total					1,357,444,207.99
					Total	8,135,487,283.83

Tabel 6.12 Total Kebutuhan dan Biaya Material Konstruksi *Soldier Pile*

No	Pekerjaan	Satuan	Volume		Harga Satuan	Jumlah
			Zona 1	Zona 2	Rp	Rp
I	Pemasangan PVD dan PHD					
1	PVD	m	113400	58050	3,500.00	600,075,000.00
2	PHD	m	5471.28	2771.28	117,000.00	964,379,520.00
	Sub Total					1,564,454,520.00
II	Pekerjaan Soldier Pile					
1	Tiang Baja	buah/12m	52	20	75,000,000.00	5,400,000,000.00
2	Lagging	batang	3080	1200	260,000.00	1,112,800,000.00
	Sub Total					6,512,800,000.00
III	Blok Angkur					
1	Tendon	Ton	17.34011883	8.8627274	35,910,000.00	940,944,207.99
2	Pelat Beton	m3	281.25	143.75	260,000.00	110,500,000.00
	Sub Total					1,051,444,207.99
					Total	9,128,698,727.99

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB VII
KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan hasil analisis didapat kondisi tanah pada kawasan sisi darat proyek pelabuhan RDMP – RU V PT.Pertamina, Balikpapan memiliki tebal lapisan mampu mampat sedalam 25 m dengan 3 meter awal lapisan tanah *silty sand* dan 22 meter dibawahnya adalah lapisan tanah *clayey silt*. Sedangkan kondisi tanah *dredging* di sisi laut proyek pelabuhan RDMP – RU V PT. Pertamina, Balikpapan, yang digunakan untuk material timbunan hingga kedalaman -9 mLws adalah lapisan *silty sand.*

2. Material yang digunakan untuk timbunan adalah material *dredging*. Parameter material *dredging* didapat sebagai berikut:

   γt = 1.857 T/m^3
   wc = 19.67 %
   Gs = 2.655
   C’ = 0.19 kg/cm^2
   Φ = 13^o
   % gravel = 0.12
   % sand = 79.14
   % silt = 20.74
   % clay = 0

   Material timbunan tersebut tidak perlu dilakukan stabilisasi karena sudah memenuhi beberapa syarat parameter material timbunan seperti nilai γ lebih besar dari 1.85 T/m^3, prosentase pasir tidak 100% homogen dan prosentase lempung kurang dari 20%.

3. Tinggi awal timbunan (H-Inisial) yaitu
   Di Zona 1 = 5.28 m dengan nilai Sc = 1.42 m
   Di Zona 2 = 4.59 m dengan nilai Sc = 1.23 m

4. Waktu pemampatan konsolidasi tanpa PVD untuk mencapai derajat konsolidasi (U) 90% ditempuh dalam waktu 57.3 tahun. Sedangkan apabila digunakan PVD, waktu pemampatan konsolidasi untuk mencapai (U) 90 % dapat ditempuh dalam waktu 23 minggu. PVD direncanakan menggunakan pola segiempat dengan spasi 1.2 m yang ditanam sedalam 25 meter.

5. Hasil perencanaan konstruksi dinding penahan tanah adalah sebagai berikut:
   - *Sheet pile*
     Sheet pile tidak dapat digunakan karena *section modulus* rencana lebih besar dari *section modulus* profil, sehingga profil turap tidak dapat digunakan untuk perkuatan dinding pada Zona 1 dan 2. Selain itu, panjang *sheet pile* yang tersedia dari pabrik maksimal hanya 21 m, sehingga tidak dapat memenuhi panjang rencana dari dinding.
   - *Secant Pile*
     Di Zona 1
     d = 1500 mm, tulangan utama 42 D50
     Di Zona 2
     d = 1500 mm, tulangan utama 38 D50
     Nilai Vu dari kedua zona didapat lebih kecil daripada ϕVn, sehingga tidak perlu adanya tulangan geser. Namun untuk alasan keamanan tetap direncanakan tulangan geser dengan diameter D16 secara spiral.

- *Soldier Pile*
  Didapatkan profil *soldier pile* dari kedua zona adalah menggunakan profil baja *circular hollow* dengan diameter 2500 mm dengan tebal 19 mm.

6. Berdasarkan hasil perhitungan total kebutuhan dan biaya material, maka dapat diketahui bahwa perencanaan paling ekonomis adalah perkuatan dinding menggunakan *secant pile*. Biaya material total sebesar Rp8.135.487.283,-., dengan kedalaman 27.6 m untuk Zona 1 dan 26.3 m untuk Zona 2

7.2 Saran

Setelah dilakukan analisis dan perhitungan, penulis memberikan saran yaitu:

1. Perlu adanya standar peraturan tentang material *dredging* yang digunakan sebagai material tanah timbunan sehingga pada saat perencanaan penimbunan hasilnya lebih baik.
2. Perlu adanya metode pelaksanaan yang tepat untuk penggalian *dredging* dan pemasangan perkuatan dinding yang sesuai kenyataan di lapangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Biarez J, Favre J.L 1976. **Correlations de Parametres en Mecanique de sols. Ecole Centrale de Paris**

Bowles, J.E. 1984. **Physical and Geotechnical Properties of Soils, 2nd ed**. **McGraw-Hill**. NY: 578 pp.

Das, Braja M. 1988. **Mekanika Tanah: Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik jilid 1.** Diterjemahkan oleh Noor Endah dan Indrasurya B.M. Surabaya: Erlangga.

Das, Braja M. 1990. **Principles of Foundation Engineering.** Boston: PWS-KENT

Hansbo, S., 1979. **Consolidation of clay by band shaped prefabricated drains**. Ground Engineering 12 (5), 16e25.

Ingles, O.G and J.B Metcalf. 1972. **Soil Stabilization Principles and Practice.** Sydney-Melbourne-Brisbane: Butterworths.

Istiarto. 2010. **Tabel Distribusi T**. Jurnal Statistik Teknik Sipil UGM

Mochtar, Indrasurya B. 2006. **Empirical Parameters For Soft Soil In Situ**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mochtar, Noor Endah. 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

NAVFAC DM-7. 1971. **Soil Mechanics, Foundations, and Earth Structures**. Department of Navy Naval Facilities Engineering Command

Ou, Chang-Yu. 2006. **Deep Excavation Theory and Practice.** London: Taylor & Francis Group.

Sosrodarsono, S dan Nakazawa, K. 2000. **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta : Pradnya Paramita.

Wahyudi, Herman. 1997. **Teknik Reklamasi**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Lampiran 1. Data *Borlog* dan Hasil Laboratorium

¡Table 3.2 : Bor and SPT titik A1

Bore No : A1
Project : ACCELERATION RDMP RU V BALIKPAPAN
Location : NEW CONSTRUCTION JETTY
Elevatio : -0,20 m LWS of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479366
Y = 9861317
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	ϕ (°)
0–1			Silty Sand	White	1 + 1/1,00 + 1/1,50 = 2 m	1.06	58.26	40.68	0.00	31.56	1.460	2.665	0.457	0.841	0.35	13
1–4			Silty Sand	Grey Black	1 + 1/4,00 + 1/4,50 = 2 m	3,10	59,15	37,75	0,00	30,77	1,452	2,667	0,451	0,821	0,31	15
4–7			Silty Sand	Grey Black	1 + 2/7,00 + 2/7,50 = 4 m	0.56	80.81	18.62	0.00	20.41	1.677	2.682	0.354	0.547	0.29	16
7–10			Clayey Silt with Sand	Grey Black	1 + 2/10,00 + 3/10,50 = 5 m	0.15	2.18	60.86	36.81	44.40	1.193	2.614	0.537	1.161	0.42	8
10–13			Clayey Silt with Sand	Grey Black	2 + 3/13,00 + 4/13,50 = 7 m	0.66	22.64	50.08	26.62	42.67	1.238	2.622	0.528	1.119	0.40	9
13–16			Clayey Silt with Sand	Grey Black	3 + 3/16,00 + 5/16,50 = 8 m	0.00	41.12	35.58	23.30	15.20	1.903	2.648	0.287	0.403	0.37	11
16–19			Sand & Silt with Clay	Brown	2 + 2/19,00 + 3/19,50 = 5 m	0,00	39,73	45,28	14,98	17,46	1,793	2,633	0,315	0,460	0,39	10
19–22			Sand & Silt with Clay	Brown	2 + 4/22,00 + 5/22,50 = 9 m	0.00	49.52	31.34	19.13	18.66	1.768	2.652	0.331	0.495	0.36	12
22–25			Silty Sand	White	18 + 25/25,00 + 30/25,50 = 55 m	2.16	90.22	7.62	0.00	19.85	1.546	2.682	0.347	0.532	0.32	15
25–28			Silty Sand	White	20 + 37/28,00 + 30 / 11 cm/28,50 = 80 m	0,63	91,03	8,33	0,00	21,16	1,534	2,673	0,361	0,566	0,34	14
28–31			Silty Sand	White	23 + 36/31,00 + 28 / 10 cm/31,50 = 80 m	0.00	96.96	3.04	0.00	21.13	1.520	2.729	0.366	0.577	0.25	20

Table 3.2 : Bor and SPT titik A1 (lanjutan)

Bore No : A1
Project : ACCELERATION RDMP RU V BALIKPAPAN
Location : NEW CONSTRUCTION JETTY
Elevatio : -0,20 m LWS
of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479366
Y = 9861317
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	ϕ (°)
30–60		0 20 40 60 80	Silty Sand	White	23 + 36/31,00 + 28 / 10 cm - 31,50 = 80 m	0.00	96.96	3.04	0.00	21.13	1.520	2.729	0.366	0.577	0.25	20
					28 + 35/34,00 + 30 / 11 cm - 34,50 = 80 m	0,14	97,04	2,82	0,00	13,33	1,433	2,742	0,268	0,366	0,15	26
					32 + 40/37,00 + 20 / 4 cm - 37.50 = 80 m	0.12	98.91	0.97	0.00	15.44	1.483	2.738	0.297	0.423	0.17	25
				Grey Brown	12 + 28/40,00 + 25/40,50 = 53 m	0.00	97.02	2.98	0.00	13.90	1.451	2.724	0.275	0.379	0.23	22
					20 + 21/43,00 + 23/43,50 = 44 m	0.46	95.67	3.87	0.00	19.76	1.482	2.714	0.349	0.536	0.26	19
				Brown Grey	23 + 23/46,00 + 30/46.50 = 53 m	0.12	95.68	4.20	0.00	21.25	1.482	2.706	0.365	0.575	0.28	17
					60 / 9 cm 49,00 - 49,50 = 80 m	0,24	39,06	46,44	14,25	22,18	1,539	2,641	0,369	0,586	0,37	11
					16 + 22/52,00 + 34/52.50 = 56 m	0.00	97.09	2.91	0.00	20.86	1.513	2.727	0.363	0.569	0.20	23
					18 + 23/55,00 + 25/55,50 = 48 m	0.00	97.60	2.40	0.00	18.30	1.581	2.731	0.333	0.500	0.18	24
					25 + 30/58,00 + 30 / 10 cm - 58,50 = 80 m	0,00	96,57	3,43	0,00	21,53	1,499	2,713	0,369	0,584	0,24	21
					30 + 41/60,00 + 20 / 5 cm - 60,50 = 80 m	0.00	95.34	4.66	0.00	22.32	1.502	2.702	0.376	0.603	0.27	18

Table 3.3 : Bor and SPT titik A2

Bore No : A2
Project : ACCELERATION RDMP RU V BALIKPAPAN
Location : NEW CONSTRUCTION JETTY
Elevatio : -4,20 m LWS
of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479304
Y = 9861286
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	ϕ (°)
0		0 20 40 60 80														
1		2	Silty Sand	Grey	1 + 1/1,00 + 1/1,50 = 2 m	0.51	80.84	18.65	0.00	26.21	1.522	2.667	0.411	0.699	0.30	15
2																
3																
4		5			2 + 2/4,00 + 3/4,50 = 5 m	0,12	79,14	20,74	0,00	27,16	1,491	2,661	0,420	0,723	0,32	13
5																
6																
7		12			3 + 5/7,00 + 7/7,50 = 12 m	0.60	25.03	51.55	22.82	39.99	1.263	2.622	0.512	1.049	0.34	11
8																
9																
10		4	Clayey Silt with Sand		2 + 2/10,00 + 2/10,50 = 4 m	0,81	14,27	55,09	29,83	46,36	1,179	2,619	0,548	1,214	0,36	10
11																
12																
13		4			2 + 2/13,00 + 2/13,50 = 4 m	1.49	11.41	53.41	33.69	47.78	1.155	2.611	0.555	1.248	0.38	9
14																
15																
16		23	Silty Sand	White	6 + 8/16,00 + 15/16,50 = 23 m	0.00	95.35	4.65	0.00	20.05	1.487	2.703	0.351	0.542	0.27	18
17																
18																
19		36			10 + 13/19,00 + 23/19,50 = 36 m	0,00	96,13	3,87	0,00	22,18	1,480	2,715	0,376	0,602	0,25	19
20																
21																
22		36			11 + 15/22,00 + 21/22,50 = 36 m	0.00	97.13	2.87	0.00	21.72	1.498	2.727	0.372	0.592	0.19	21
23																
24																
25		44			12 + 17/25,00 + 27/25,50 = 44 m	0.00	97.85	2.15	0.00	20.44	1.484	2.738	0.359	0.560	0.15	26
26																
27																
28		48			13 + 19/28,00 + 29/28,50 = 48 m	0.00	96.58	3.42	0.00	21.77	1.479	2.719	0.372	0.592	0.23	20
29																
30																
31		33			8 + 12/31,00 + 21/31,50 = 33 m	0.00	97.15	2.85	0.00	18.21	1.501	2.722	0.331	0.496	0.18	22

Table 3.3 : Bor and SPT titik A2 (lanjutan)

Bore No : A2
Project : ACCELERATION ROMP RU V BALIKPAPAN
Location : NEW CONSTRUCTION JETTY
Elevatio : -4,20 m LWS of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479304
Y = 9861286
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	SPT Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (yd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	ϕ (°)
30–60		0 20 40 60 80	Silty Sand	White	8 + 12/31,00 + 21/31,50 = 33 m	0.00	97.15	2.85	0.00	18.21	1.501	2.722	0.331	0.496	0.18	22
					10 + 16/34,00 + 25/34,50 = 41 m	0,00	97,30	2,70	0,00	19,06	1,531	2,728	0,342	0,520	0,17	23
					14 + 21/37,00 + 31/37.50 = 52 m	0.00	97.38	2.62	0.00	21.02	1.477	2.731	0.365	0.574	0.16	24
					17 + 28/40,00 + 39/40,50 = 67 m	0,00	96,66	3,34	0,00	21,41	1,479	2,725	0,368	0,583	0,22	20
					20 + 30/43,00 + 43 / 6 cm/43,50 = 80 m	0.00	92.38	7.63	0.00	21.99	1.557	2.702	0.373	0.594	0.29	16
					19 + 36/46,00 + 25 / 5 cm/46.50 = 80 m	0.00	95.91	4.09	0.00	21.35	1.508	2.706	0.366	0.578	0.26	17
				Grey	21 + 36/49,00 + 29 / 4 cm/49,50 = 80 m	0,00	97,74	2,26	0,00	21,73	1,474	2,735	0,373	0,594	0,16	25
				Grey Black	16 + 24/52,00 + 34/52.50 = 58 m	0.00	96.01	3.99	0.00	24.24	1.456	2.712	0.397	0.657	0.26	18
					22 + 23/55,00 + 30/55,50 = 53 m	0.00	96.65	3.35	0.00	23.05	1.439	2.723	0.386	0.628	0.24	19
					25 + 28/58,00 + 32/58,50 = 60 m	0.00	96.00	4.00	0.00	22.68	1.467	2.709	0.381	0.614	0.28	17
					28 + 36/60,00 + 30 / 8 cm/60,50 = 80 m	0.00	97.11	2.89	0.00	23.71	1.410	2.719	0.392	0.645	0.18	21

Table 3.4 : Bor and SPT titik A3

Bore No : A3
Project : ACCELERATION ROMP RU V BALIKPAPAN
Location : EXISTING JETTY 6
Elevatio : -9,20 m LWS
of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479232
Y = 9861212
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	ϕ (°)
0		0 20 40 60 80														
1		13	Silty Sand	Grey	3 + 5/1,00 + 8/1,50 = 13 m	0.00	85.11	14.89	0.00	18.90	1.605	2.663	0.335	0.503	0.36	15
2																
3																
4		29		Grey White	5 + 9/4,00 + 11/4,50 = 20 m	0,13	98,77	1,10	0,00	20,12	1,486	2,735	0,355	0,550	0,14	26
5																
6																
7		56			15 + 24/7,00 + 31/7,50 = 55 m	0.00	97.92	2.08	0.00	20.15	1.532	2.775	0.359	0.559	0.16	25
8																
9																
10		51			12 + 21/10,00 + 30/10,50 = 51 m	0,00	97,03	2,97	0,00	19,45	1,514	2,726	0,346	0,530	0,18	23
11																
12																
13		80			17 + 30/13,00 + 30 / 12 cm/13,50 = 80 m	0.00	96.87	3.13	0.00	21.60	1.462	2.712	0.369	0.586	0.20	22
14																
15																
16		42			10 + 18/16,00 + 24/16,50 = 42 m	0.00	96.61	3.39	0.00	21.32	1.460	2.706	0.366	0.577	0.21	22
17																
18				White												
19		40			10 + 16/19,00 + 24/19,50 = 40 m	0,00	96,14	3,86	0,00	21,30	1,487	2,691	0,364	0,573	0,23	21
20																
21																
22		63			17 + 28/22,00 + 35/22,50 = 63 m	0.00	97.35	2.65	0.00	22.53	1.457	2.722	0.380	0.613	0.17	24
23																
24																
25		80			21 + 33/25,00 + 30 / 8 cm/25,50 = 80 m	0.00	97.32	2.68	0.00	20.84	1.503	2.716	0.361	0.566	0.19	23
26																
27																
28		65			18 + 30/28,00 + 35/28,50 = 65 m	0.41	94.21	5.39	0.00	19.66	1.525	2.671	0.344	0.525	0.34	16
29																
30																
31		61			15 + 27/31,00 + 34/31,50 = 61 m	0.00	97.43	2.57	0.00	20.46	1.457	2.718	0.357	0.556	0.18	24

Table 3.4 : Bor and SPT titik A3 (lanjutan)

Bore No : A3
Project : ACCELERATION RDMP RU V BALIKPAPAN
Location : EXISTING JETTY 6
Elevation : -9,20 m LWS of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479232
Y = 9861212
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	φ (°)
30–60		0 20 40 60 80	Silty Sand	White Grey	15 + 27 (31,00) + 34 (31,50) = 61 m	0.00	97.43	2.57	0.00	20.46	1.457	2.718	0.357	0.556	0.18	24
					15 + 25 (34,00) + 33 (34,50) = 58 m	0,00	95,65	4,35	0,00	20,35	1,478	2,684	0,353	0,546	0,29	17
					21 + 32 (37,00) + 28 / 7 cm (37.50) = 80 m	0.15	95.69	4.16	0.00	21.12	1.504	2.688	0.362	0.568	0.30	17
					21 + 35 (40,00) + 25 / 5 cm (40,50) = 80 m	0,11	96,20	3,69	0,00	18,91	1,422	2,694	0,337	0,509	0,28	19
					25 + 36 (43,00) + 25 / 5 cm (43,50) = 80 m	0.00	96.46	3.54	0.00	24.09	1.429	2.701	0.394	0.651	0.25	20
					28 + 41 (46,00) + 20 / 3 cm (46.50) = 80 m	0.00	95.89	4.11	0.00	22.42	1.499	2.692	0.376	0.603	0.30	18
					30 + 43 (49,00) + 17 / 3 cm (49,50) = 80 m	0,77	95,27	3,97	0,00	23,33	1,467	2,691	0,386	0,628	0,26	20
					22 + 34 (52,00) + 30 / 8 cm (52.50) = 80 m	0.00	95.68	4.32	0.00	21.67	1.506	2.686	0.368	0.582	0.31	18
					31 + 40 (55,00) + 20 / 4 cm (55,50) = 80 m	0.00	96.56	3.44	0.00	22.52	1.442	2.703	0.378	0.609	0.29	21
					25 + 37 (58,00) + 25 / 5 cm (58,50) = 80 m	0.00	96.34	3.66	0.00	21.03	1.493	2.696	0.362	0.567	0.27	19
					18 + 30 (60,00) + 35 / 10 cm (60,50) = 80 m	0.00	95.02	4.98	0.00	20.29	1.483	2.682	0.352	0.544	0.32	16

Table 3.5 : Bor and SPT titik A4

Bore No : A4
Project : ACCELERATION RDMP RU V BALIKPAPAN
Location : EXISTING JETTY 7
Elevatio : -8,20 m LWS
of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479261
Y = 9861456
Diameter of Bore : 75 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	φ (°)
0–30		0 20 40 60 80	Clayey Silt with minor Sand	Brown Grey	1 + 1/1,00 + 1/1,50 = 2/m	19.37	6.87	46.76	27.00	79.48	0.845	2.646	0.678	2.103	0.25	14
					1 + 1/4,00 + 1/4,50 = 2/m	0,18	1,47	52,87	45,48	52,13	1,057	2,619	0,577	1,366	0,33	9
					1 + 1/7,00 + 1/7,50 = 2/m	0.54	27.27	36.43	35.75	73.13	0.899	2.637	0.659	1.928	0.26	12
					1 + 1/10,00 + 1/10,50 = 2/m	0,17	1,48	55,02	43,33	69,05	0,929	2,613	0,643	1,805	0,31	10
					1 + 1/13,00 + 1/13,50 = 2/m	0.35	1.26	55.54	42.85	72.61	0.888	2.608	0.654	1.894	0.39	8
					1 + 1/16,00 + 1/16,50 = 2/m	1.05	0.60	55.05	43.30	61.02	1.008	2.622	0.615	1.600	0.36	7
					0 + 1/19,00 + 1/19,50 = 2/m	1,13	1,49	53,90	43,49	71,56	0,880	2,633	0,653	1,884	0,28	11
					0 + 0/22,00 + 1/22,50 = 1/m	0.37	1.16	53.93	44.55	52.59	1.110	2.604	0.578	1.370	0.38	6
			Silty Sand	White Brown	12 + 15/25,00 + 20/25,50 = 35/m	0.25	95.26	4.49	0.00	19.15	1.566	2.713	0.342	0.520	0.19	22
					14 + 20/28,00 + 35/28,50 = 55/m	0.23	95.80	3.96	0.00	19.01	1.507	2.721	0.341	0.517	0.17	24
		1 35 56 68			15 + 21/31,00 + 37/31,50 = 58/m	6.88	86.64	6.48	0.00	18.41	1.581	2.683	0.331	0.494	0.21	18

Table 3.6 : Bor and SPT titik A5

Bore No : A5
Project : ACCELERATION RDMP RU V BALIKPAPAN
Location : NEW CONSTRUCTION JETTY
Elevatio : -7,20 m LWS
of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479249
Y = 9661284
Diameter of Bore : 79 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	ϕ (°)
0–1		0 20 40 60 80	Silt, Sand, Gravel	Black	0 + 0/1,00 + 1/1,50 = 1	21.30	32.64	46.06	0.00	65.74	0.950	2.664	0.637	1.751	0.31	10
1–4		1	Silty Sand		1 + 1/4,00 + 1/4,50 = 2	0,00	77,11	22,89	0,00	26,34	1,521	2,673	0,413	0,704	0,29	12
4–7		2	Clayey Silt with minor Sand	Brown Grey	1 + 1/7,00 + 1/7,50 = 2	0.15	2.06	58.21	39.58	54.76	1.050	2.631	0.590	1.441	0.40	6
7–10		2			1 + 1/10,00 + 1/10,50 = 2	0,44	4,44	57,80	37,32	61,60	0,995	2,643	0,619	1,628	0,38	7
10–13		2			1 + 1/13,00 + 1/13,50 = 2	0.09	5.69	57.41	36.81	54.28	1.074	2.648	0.590	1.438	0.35	8
13–16		2			1 + 1/16,00 + 1/16,50 = 2	0.68	11.35	54.24	33.73	52.42	1.077	2.654	0.582	1.391	0.33	9
16–17			Wood	Black												
17–19		42	Silty Sand	White	8 + 20/19,00 + 22/19,50 = 42	0,80	96,66	2,54	0,00	20,81	1,535	2,717	0,361	0,565	0,26	15
19–22		47			18 + 22/22,00 + 25/22,50 = 47	0.00	96.40	3.60	0.00	21.55	1.506	2.724	0.370	0.587	0.24	17
22–25		51			13 + 24/25,00 + 27/25,50 = 51	0.18	95.85	3.97	0.00	21.86	1.493	2.711	0.372	0.593	0.27	16
25–28		80			20 + 30/28,00 + 30 / 12 cm/28,50 = 80	0.00	98.16	1.84	0.00	21.44	1.473	2.735	0.370	0.586	0.15	26
28–31		67			20 + 27/31,00 + 30/31,50 = 57	0.00	96.89	3.11	0.00	22.87	1.477	2.726	0.384	0.624	0.17	23

Table 3.6 : Bor and SPT titik A5 (lanjutan)

Bore No : A5
Project : ACCELERATION RDMP RU V BALIKPAPAN
Location : NEW CONSTRUCTION JETTY
Elevatio : -7,20 m LWS
of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479249
Y = 9861284
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	ϕ (°)
30		0 20 40 60 80														
31					20 + 27 / 31,00 + 30 / 31,50 = 57 m	0.00	96.89	3.11	0.00	22.87	1.477	2.726	0.384	0.624	0.17	23
32																
33																
34					20 + 24 / 34,00 + 31 / 34,50 = 55 m	0,30	86,36	13,34	0,00	7,80	1,701	2,682	0,173	0,209	0,25	16
35																
36																
37					25 + 30 / 37,00 + 33 / 10 cm / 37.50 = 80 m	0.00	96.66	3.34	0.00	19.98	1.523	2.722	0.352	0.544	0.20	21
38																
39																
40					21 + 26 / 40,00 + 30 / 40,50 = 56 m	0,29	96,13	3,58	0,00	20,57	1,509	2,691	0,356	0,554	0,23	18
41																
42																
43					18 + 23 / 43,00 + 32 / 43,50 = 55 m	1.06	95.91	3.03	0.00	21.11	1.508	2.728	0.365	0.576	0.18	22
44																
45			Silty Sand	White												
46					21 + 30 / 46,00 + 31 / 10 cm / 46.50 = 80 m	0.00	97.71	2.29	0.00	20.83	1.495	2.731	0.363	0.569	0.16	25
47																
48																
49					31 + 49,00 60 / 13 cm / 49,50 = 80 m	0,12	82,94	16,95	0,00	20,80	1,497	2,679	0,358	0,557	0,28	13
50				Grey												
51																
52					33 + 52,00 60 / 12 cm / 52.50 = 80 m	0.00	96.40	3.60	0.00	19.99	1.522	2.702	0.351	0.540	0.22	19
53																
54																
55					20 + 32 / 55,00 + 35 / 10 cm / 55,50 = 80 m	0.00	96.81	3.19	0.00	20.29	1.504	2.714	0.355	0.551	0.19	21
56				Grey Black												
57																
58					30 + 36 / 58,00 + 30 / 6 cm / 58,50 = 80 m	0.00	96.41	3.59	0.00	20.63	1.488	2.706	0.358	0.558	0.21	20
59																
60					35 + 43 / 60,00 + 20 / 4 cm / 60,50 = 80 m	0.00	96.10	3.90	0.00	22.14	1.486	2.695	0.374	0.597	0.27	15

Table 3.7 : Bor and SPT titik A6

Bore No : A6
Project : ACCELERATION RDMP RU V BALIKPAPAN
Location : NEW CONSTRUCTION JETTY
Elevatio : +1,44 m LWS
of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479408
Y = 9861265
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	ϕ (°)
0		0 20 40 60 80														
1		3	Silty Sand	Grey	2 + 2/1,00 + 3/1,50 = 5 m	1.62	76.48	21.90	0.00	23.25	1.556	2.685	0.384	0.624	0.32	15
2																
3																
4		4			1 + 1/4,00 + 1/4,50 = 2 m	1,70	14,39	50,85	33,06	69,27	1,521	2,652	0,648	1,837	0,36	11
5																
6																
7		55			15 + 24/7,00 + 31/7,50 = 55 m	0.20	4.55	51.25	43.99	69.86	0.916	2.631	0.648	1.838	0.41	7
8																
9																
10		2			1 + 1/10,00 + 1/10,50 = 2 m	0,30	49,70	34,23	15,77	36,72	1,366	1,972	0,420	0,724	0,34	13
11																
12																
13		4	Clayey Silt with Sand		1 + 1/13,00 + 2/13,50 = 3 m	0.79	9.39	50.95	38.86	49.38	1.074	2.648	0.567	1.308	0.37	10
14																
15																
16		4			1 + 1/16,00 + 2/16,50 = 3 m	0.40	26.39	51.70	21.51	54.23	1.098	2.657	0.590	1.441	0.35	12
17																
18																
19		3			1 + 1/19,00 + 2/19,50 = 3 m	0,51	5,19	57,80	36,50	20,81	0,968	2,635	0,354	0,548	0,40	8
20																
21																
22		8			2 + 3/22,00 + 5/22,50 = 8 m	0.49	7.86	52.20	39.45	52.04	1.086	2.642	0.579	1.375	0.38	9
23																
24																
25		33			13 + 15/25,00 + 18/25,50 = 33 m	0.00	97.31	2.69	0.00	19.76	1.567	2.728	0.350	0.539	0.21	23
26																
27																
28		40	Sand with minor Silt	White	14 + 17/28,00 + 23/28,50 = 40 m	0.00	97.09	2.91	0.00	19.72	1.529	2.714	0.349	0.535	0.25	21
29																
30																
31		42			14 + 16/31,00 + 26/31,50 = 42 m	0.00	96.52	3.48	0.00	19.57	1.532	2.708	0.346	0.530	0.27	19

Table 3.7 : Bor and SPT titik A6 (lanjutan)

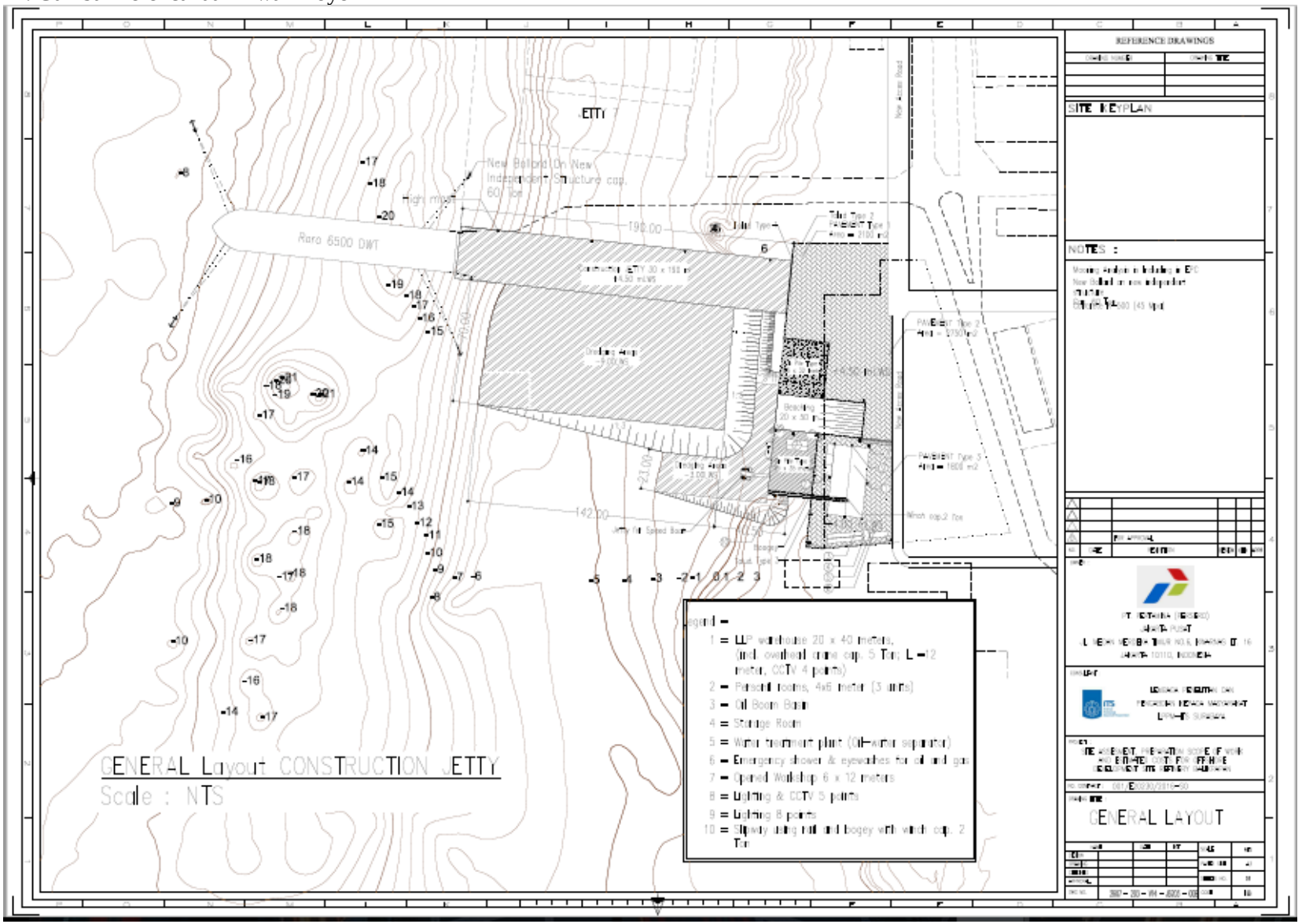
Bore No : A6
Project : ACCELERATION RDMP RU V BALIKPAPAN
Location : NEW CONSTRUCTION JETTY
Elevation : +1,44 m LWS of sea bed

Coordinates of GPS (UTM) X = 0479408
Y = 9861265
Diameter of Bore : 73 mm
Diameter of Casing : 89 mm

BORE LOG

DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOUR	S P T Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%) Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Physical Properties Water Content (%)	Dry Density (γd) (gr/cm³)	Specific Gravity GS	Porosity n	Void Ratio e	Mechanical Properties Direct Shear Test c kg/cm²	ϕ (°)
30–60		0 20 40 60 80	Sand with minor Silt	White	14 + 16/31,00 + 26/31,50 = 42 m	0.00	96.52	3.48	0.00	19.57	1.532	2.708	0.346	0.530	0.27	19
					13 + 20/34,00 + 25 / 6 cm/34,50 = 80 m	0,00	97,59	2,41	0,00	21,59	1,491	2,746	0,372	0,593	0,15	26
					15 + 22/37,00 + 27 / 5 cm/37.50 = 80 m	0.00	93.75	6.25	0.00	21.35	1.508	2.723	0.368	0.581	0.24	22
					12 + 19/40,00 + 24/40,50 = 43 m	0,00	97,38	2,62	0,00	20,71	1,448	2,731	0,361	0,566	0,20	23
					14 + 21/43,00 + 29/43,50 = 50 m	0.00	97.46	2.54	0.00	22.00	1.444	2.742	0.376	0.603	0.16	25
					15 + 22/46,00 + 31/46.50 = 53 m	0.00	97.43	2.57	0.00	21.51	1.484	2.738	0.371	0.589	0.18	24
					12 + 21/49,00 + 23/49,50 = 44 m	0,00	96,98	3,02	0,00	20,33	1,483	2,711	0,355	0,551	0,26	20
			Sand with minor Silt & organic	Grey Black	12 + 22/52,00 + 25/52.50 = 47 m	0.00	97.44	2.56	0.00	21.00	1.491	2.735	0.365	0.574	0.19	24
					13 + 23/55,00 + 28/55,50 = 51 m	0.32	93.49	6.19	0.00	22.71	1.480	2.689	0.379	0.611	0.31	16
					11 + 20/58,00 + 24/58,50 = 44 m	0.11	94.94	4.95	0.00	22.85	1.448	2.557	0.369	0.584	0.30	17
					12 + 21/60,00 + 26/60,50 = 47 m	0.18	94.96	4.85	0.00	23.39	1.456	2.702	0.387	0.632	0.29	18

Lampiran 2. Gambar Perencanaan Awal Proyek



Lampiran 3. Hasil Analisis Perbaikan Tanah dengan Metode Preloading

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 1 variasi tinggi beban timbunan 1 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H	z (m)	γsat (t/m3)	γw (t/m3)	γ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.918	0	1.918	0.959	1.44	2.435	0.000	1.561	3.34	1.669	3.337	OC2	0	0.769	0.000	0.000
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.918	1.025	0.893	1.852	1.44	3.328	0.001	1.541	3.34	1.669	3.337	OC2	0	0.769	0.000	0.000
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.918	1.025	0.893	2.744	1.44	4.220	0.002	1.521	3.34	1.669	3.337	OC2	0	0.769	0.000	0.000
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.622	1.025	0.597	3.489	1.44	4.965	0.003	1.502	3.34	1.669	3.337	OC2	0.1652	1.837	0.826	0.049
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.622	1.025	0.597	4.086	1.44	5.562	0.004	1.482	3.34	1.668	3.337	OC2	0.1652	1.837	0.826	0.044
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.556	1.025	0.531	4.650	1.44	6.126	0.005	1.463	3.34	1.668	3.336	OC2	0.1766	1.944	0.883	0.042
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.556	1.025	0.531	5.181	1.44	6.657	0.006	1.443	3.34	1.667	3.335	OC2	0.1766	1.944	0.883	0.039
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.556	1.025	0.531	5.712	1.44	7.188	0.007	1.424	3.34	1.667	3.333	OC2	0.1766	1.944	0.883	0.036
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.632	1.025	0.607	6.281	1.44	7.757	0.008	1.405	3.34	1.666	3.331	OC2	0.1151	1.369	0.575	0.027
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.632	1.025	0.607	6.887	1.44	8.363	0.009	1.385	3.34	1.665	3.329	OC2	0.1151	1.369	0.575	0.025
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.632	1.025	0.607	7.494	1.44	8.970	0.010	1.366	3.34	1.663	3.326	OC2	0.1151	1.369	0.575	0.024
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.632	1.025	0.607	8.101	1.44	9.577	0.011	1.348	3.34	1.661	3.323	OC2	0.1151	1.369	0.575	0.022
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.632	1.025	0.607	8.708	1.44	10.184	0.012	1.329	3.34	1.660	3.319	OC2	0.1151	1.369	0.575	0.021
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.632	1.025	0.607	9.314	1.44	10.790	0.013	1.310	3.34	1.657	3.315	OC2	0.1151	1.369	0.575	0.020
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.632	1.025	0.607	9.921	1.44	11.397	0.013	1.292	3.34	1.655	3.309	OC2	0.1151	1.369	0.575	0.019
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.632	1.025	0.607	10.528	1.44	12.004	0.014	1.274	3.34	1.652	3.304	OC2	0.1151	1.369	0.575	0.018
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.632	1.025	0.607	11.135	1.44	12.611	0.015	1.256	3.34	1.649	3.297	OC2	0.1151	1.369	0.575	0.017
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579	1.025	0.554	11.715	1.44	13.191	0.016	1.238	3.34	1.645	3.290	OC2	0.1442	1.641	0.721	0.018
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579	1.025	0.554	12.269	1.44	13.745	0.016	1.221	3.34	1.641	3.282	OC2	0.1442	1.641	0.721	0.017
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579	1.025	0.554	12.824	1.44	14.300	0.017	1.203	3.34	1.637	3.274	OC2	0.1442	1.641	0.721	0.017
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579	1.025	0.554	13.378	1.44	14.854	0.018	1.186	3.34	1.632	3.264	OC2	0.1442	1.641	0.721	0.016
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579	1.025	0.554	13.932	1.44	15.408	0.018	1.169	3.34	1.627	3.255	OC2	0.1442	1.641	0.721	0.015
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579	1.025	0.554	14.487	1.44	15.963	0.019	1.153	3.34	1.622	3.244	OC2	0.1442	1.641	0.721	0.015
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579	1.025	0.554	15.041	1.44	16.517	0.019	1.136	3.34	1.616	3.233	OC2	0.1442	1.641	0.721	0.014
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579	1.025	0.554	15.595	1.44	17.071	0.020	1.120	3.34	1.611	3.221	OC2	0.1442	1.641	0.721	0.014
																	Sc total		0.527

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 1 variasi tinggi beban timbunan 2 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H	z (m)	γ sat (t/m3)	γ w (t/m3)	γ ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.91777	0	1.9178	0.9589	1.44	2.4349	0.000755	1.5609269	5.1949	2.5974	5.1949	OC2	0	0.76872	0	0
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.91777	1.025	0.8928	1.8517	1.44	3.3277	0.002263	1.5411958	5.1949	2.5974	5.19485	OC2	0	0.76872	0	0
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.91777	1.025	0.8928	2.7444	1.44	4.2204	0.003766	1.5214877	5.1949	2.5973	5.19466	OC2	0	0.76872	0	0
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.621877	1.025	0.5969	3.4892	1.44	4.9652	0.00526	1.5018179	5.1949	2.5971	5.19426	OC2	0.1652	1.837	0.8258	0.079581
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.621877	1.025	0.5969	4.0861	1.44	5.5621	0.006744	1.4822014	5.1949	2.5968	5.19354	OC2	0.1652	1.837	0.8258	0.072503
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.555918	1.025	0.5309	4.65	1.44	6.126	0.008213	1.462653	5.1949	2.5962	5.19242	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.068953
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.555918	1.025	0.5309	5.1809	1.44	6.6569	0.009665	1.4431872	5.1949	2.5954	5.19084	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.064299
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.555918	1.025	0.5309	5.7119	1.44	7.1879	0.011097	1.4238181	5.1949	2.5943	5.1887	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.060238
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.631734	1.025	0.6067	6.2807	1.44	7.7567	0.012506	1.4045595	5.1949	2.593	5.18593	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.045675
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.631734	1.025	0.6067	6.8874	1.44	8.3634	0.013889	1.3854245	5.1949	2.5912	5.18247	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.042783
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.631734	1.025	0.6067	7.4942	1.44	8.9702	0.015245	1.3664259	5.1949	2.5891	5.17826	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.040231
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.631734	1.025	0.6067	8.1009	1.44	9.5769	0.01657	1.3475757	5.1949	2.5866	5.17324	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.037959
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.631734	1.025	0.6067	8.7076	1.44	10.184	0.017864	1.3288854	5.1949	2.5837	5.16736	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.035922
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.631734	1.025	0.6067	9.3144	1.44	10.79	0.019123	1.3103659	5.1949	2.5803	5.16057	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.034083
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.631734	1.025	0.6067	9.9211	1.44	11.397	0.020347	1.2920275	5.1949	2.5764	5.15285	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.032413
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.631734	1.025	0.6067	10.528	1.44	12.004	0.021534	1.2738795	5.1949	2.5721	5.14415	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.030888
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.631734	1.025	0.6067	11.135	1.44	12.611	0.022682	1.2559308	5.1949	2.5672	5.13445	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.029489
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579318	1.025	0.5543	11.715	1.44	13.191	0.023792	1.2381895	5.1949	2.5619	5.12374	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.031755
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579318	1.025	0.5543	12.269	1.44	13.745	0.024861	1.220663	5.1949	2.556	5.11201	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.030515
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579318	1.025	0.5543	12.824	1.44	14.3	0.025889	1.203358	5.1949	2.5496	5.09924	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.029355
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579318	1.025	0.5543	13.378	1.44	14.854	0.026876	1.1862805	5.1949	2.5427	5.08544	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.028267
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579318	1.025	0.5543	13.932	1.44	15.408	0.027821	1.1694357	5.1949	2.5353	5.07061	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.027244
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579318	1.025	0.5543	14.487	1.44	15.963	0.028724	1.1528284	5.1949	2.5274	5.05476	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.026279
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579318	1.025	0.5543	15.041	1.44	16.517	0.029586	1.1364625	5.1949	2.519	5.0379	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.025368
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579318	1.025	0.5543	15.595	1.44	17.071	0.030407	1.1203414	5.1949	2.51	5.02006	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.024505
																		Sc total	0.898

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 1 variasi tinggi beban timbunan 3 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H	z (m)	γ sat (t/m3)	γ w (t/m3)	γ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.91777	0	1.9178	0.9589	1.44	2.4349	0.000997	1.5609269	7.05235	3.5262	7.05235	OC2	0	0.76872	0	0
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.91777	1.025	0.8928	1.8517	1.44	3.3277	0.00299	1.5411958	7.05235	3.5261	7.05228	OC2	0	0.76872	0	0
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.91777	1.025	0.8928	2.7444	1.44	4.2204	0.004976	1.5214877	7.05235	3.526	7.05204	OC2	0	0.76872	0	0
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.621877	1.025	0.5969	3.4892	1.44	4.9652	0.006952	1.5018179	7.05235	3.5258	7.05151	OC2	0.1652	1.837	0.8258	0.104084
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.621877	1.025	0.5969	4.0861	1.44	5.5621	0.008913	1.4822014	7.05235	3.5253	7.05057	OC2	0.1652	1.837	0.8258	0.095564
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.555918	1.025	0.5309	4.65	1.44	6.126	0.010856	1.462653	7.05235	3.5246	7.04912	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.091466
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.555918	1.025	0.5309	5.1809	1.44	6.6569	0.012777	1.4431872	7.05235	3.5235	7.04705	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.085747
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.555918	1.025	0.5309	5.7119	1.44	7.1879	0.014671	1.4238181	7.05235	3.5221	7.04425	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.080716
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.631734	1.025	0.6067	6.2807	1.44	7.7567	0.016536	1.4045595	7.05235	3.5203	7.04064	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.061486
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.631734	1.025	0.6067	6.8874	1.44	8.3634	0.018368	1.3854245	7.05235	3.5181	7.03612	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.05785
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.631734	1.025	0.6067	7.4942	1.44	8.9702	0.020164	1.3664259	7.05235	3.5153	7.03062	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.054619
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.631734	1.025	0.6067	8.1009	1.44	9.5769	0.021922	1.3475757	7.05235	3.512	7.02405	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.051725
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.631734	1.025	0.6067	8.7076	1.44	10.184	0.023637	1.3288854	7.05235	3.5082	7.01636	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.049115
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.631734	1.025	0.6067	9.3144	1.44	10.79	0.025309	1.3103659	7.05235	3.5037	7.00749	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.046747
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.631734	1.025	0.6067	9.9211	1.44	11.397	0.026935	1.2920275	7.05235	3.4987	6.99738	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.044587
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.631734	1.025	0.6067	10.528	1.44	12.004	0.028512	1.2738795	7.05235	3.493	6.98599	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.042607
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.631734	1.025	0.6067	11.135	1.44	12.611	0.03004	1.2559308	7.05235	3.4866	6.97329	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.040782
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579318	1.025	0.5543	11.715	1.44	13.191	0.031517	1.2381895	7.05235	3.4796	6.95925	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.04402
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579318	1.025	0.5543	12.269	1.44	13.745	0.032942	1.220663	7.05235	3.4719	6.94386	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.042393
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579318	1.025	0.5543	12.824	1.44	14.3	0.034314	1.203358	7.05235	3.4636	6.92711	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.040867
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579318	1.025	0.5543	13.378	1.44	14.854	0.035632	1.1862805	7.05235	3.4545	6.909	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.039432
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579318	1.025	0.5543	13.932	1.44	15.408	0.036896	1.1694357	7.05235	3.4448	6.88952	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.03808
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579318	1.025	0.5543	14.487	1.44	15.963	0.038105	1.1528284	7.05235	3.4343	6.86869	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.036802
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579318	1.025	0.5543	15.041	1.44	16.517	0.03926	1.1364625	7.05235	3.4233	6.84653	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.035592
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579318	1.025	0.5543	15.595	1.44	17.071	0.040361	1.1203414	7.05235	3.4115	6.82306	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.034444
																		Sc total	1.219

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 1 variasi tinggi beban timbunan 4 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H	z (m)	γ sat (t/m3)	γ w (t/m3)	γ ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.91777	0	1.9178	0.9589	1.44	2.4349	0.001227	1.5609269	8.9098	4.4549	8.90979	OC2	0	0.76872	0	0
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.91777	1.025	0.8928	1.8517	1.44	3.3277	0.00368	1.5411958	8.9098	4.4549	8.90972	OC2	0	0.76872	0	0
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.91777	1.025	0.8928	2.7444	1.44	4.2204	0.006124	1.5214877	8.9098	4.4547	8.90942	OC2	0	0.76872	0	0
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.621877	1.025	0.5969	3.4892	1.44	4.9652	0.008556	1.5018179	8.9098	4.4544	8.90878	OC2	0.1652	1.837	0.8258	0.1246
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.621877	1.025	0.5969	4.0861	1.44	5.5621	0.010971	1.4822014	8.9098	4.4538	8.90764	OC2	0.1652	1.837	0.8258	0.11506
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.555918	1.025	0.5309	4.65	1.44	6.126	0.013363	1.462653	8.9098	4.4529	8.90587	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.110657
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.555918	1.025	0.5309	5.1809	1.44	6.6569	0.015729	1.4431872	8.9098	4.4517	8.90335	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.104159
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.555918	1.025	0.5309	5.7119	1.44	7.1879	0.018063	1.4238181	8.9098	4.45	8.89995	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.09841
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.631734	1.025	0.6067	6.2807	1.44	7.7567	0.020362	1.4045595	8.9098	4.4478	8.89556	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.075234
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.631734	1.025	0.6067	6.8874	1.44	8.3634	0.022621	1.3854245	8.9098	4.445	8.89006	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.071033
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.631734	1.025	0.6067	7.4942	1.44	8.9702	0.024837	1.3664259	8.9098	4.4417	8.88336	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.06728
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.631734	1.025	0.6067	8.1009	1.44	9.5769	0.027006	1.3475757	8.9098	4.4377	8.87536	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.063902
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.631734	1.025	0.6067	8.7076	1.44	10.184	0.029125	1.3288854	8.9098	4.433	8.86599	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.060844
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.631734	1.025	0.6067	9.3144	1.44	10.79	0.031191	1.3103659	8.9098	4.4276	8.85518	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.058057
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.631734	1.025	0.6067	9.9211	1.44	11.397	0.033201	1.2920275	8.9098	4.4214	8.84285	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.055506
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.631734	1.025	0.6067	10.528	1.44	12.004	0.035154	1.2738795	8.9098	4.4145	8.82896	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.053158
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.631734	1.025	0.6067	11.135	1.44	12.611	0.037046	1.2559308	8.9098	4.4067	8.81346	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.050989
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579318	1.025	0.5543	11.715	1.44	13.191	0.038877	1.2381895	8.9098	4.3982	8.79633	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.055143
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579318	1.025	0.5543	12.269	1.44	13.745	0.040645	1.220663	8.9098	4.3888	8.77754	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.053198
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579318	1.025	0.5543	12.824	1.44	14.3	0.042348	1.203358	8.9098	4.3785	8.75707	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.051371
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579318	1.025	0.5543	13.378	1.44	14.854	0.043986	1.1862805	8.9098	4.3675	8.73492	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.049648
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579318	1.025	0.5543	13.932	1.44	15.408	0.045559	1.1694357	8.9098	4.3555	8.71109	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.048021
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579318	1.025	0.5543	14.487	1.44	15.963	0.047065	1.1528284	8.9098	4.3428	8.6856	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.046481
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579318	1.025	0.5543	15.041	1.44	16.517	0.048506	1.1364625	8.9098	4.3292	8.65847	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.045021
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579318	1.025	0.5543	15.595	1.44	17.071	0.04988	1.1203414	8.9098	4.3149	8.62971	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.043632
																		Sc total	1.501

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 1 variasi tinggi beban timbunan 5 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H	z (m)	γ sat (t/m3)	γ w (t/m3)	γ ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.91777	0	1.9178	0.9589	1.44	2.4349	0.001446	1.5609269	10.7672	5.3836	10.7672	OC2	0	0.76872	0	0
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.91777	1.025	0.8928	1.8517	1.44	3.3277	0.004334	1.5411958	10.7672	5.3836	10.7672	OC2	0	0.76872	0	0
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.91777	1.025	0.8928	2.7444	1.44	4.2204	0.007214	1.5214877	10.7672	5.3834	10.7668	OC2	0	0.76872	0	0
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.621877	1.025	0.5969	3.4892	1.44	4.9652	0.01008	1.5018179	10.7672	5.383	10.7661	OC2	0.1652	1.837	0.8258	0.142247
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.621877	1.025	0.5969	4.0861	1.44	5.5621	0.012925	1.4822014	10.7672	5.3824	10.7647	OC2	0.1652	1.837	0.8258	0.131948
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.555918	1.025	0.5309	4.65	1.44	6.126	0.015745	1.462653	10.7672	5.3813	10.7627	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.12738
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.555918	1.025	0.5309	5.1809	1.44	6.6569	0.018534	1.4431872	10.7672	5.3799	10.7597	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.120289
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.555918	1.025	0.5309	5.7119	1.44	7.1879	0.021286	1.4238181	10.7672	5.3779	10.7558	OC2	0.1766	1.94408	0.8831	0.113987
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.631734	1.025	0.6067	6.2807	1.44	7.7567	0.023998	1.4045595	10.7672	5.3753	10.7507	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.087397
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.631734	1.025	0.6067	6.8874	1.44	8.3634	0.026664	1.3854245	10.7672	5.3721	10.7443	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.082751
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.631734	1.025	0.6067	7.4942	1.44	8.9702	0.029281	1.3664259	10.7672	5.3682	10.7364	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.078584
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.631734	1.025	0.6067	8.1009	1.44	9.5769	0.031843	1.3475757	10.7672	5.3636	10.7271	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.074821
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.631734	1.025	0.6067	8.7076	1.44	10.184	0.034347	1.3288854	10.7672	5.3581	10.7162	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.0714
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.631734	1.025	0.6067	9.3144	1.44	10.79	0.036791	1.3103659	10.7672	5.3518	10.7036	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.068274
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.631734	1.025	0.6067	9.9211	1.44	11.397	0.03917	1.2920275	10.7672	5.3446	10.6892	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.065403
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.631734	1.025	0.6067	10.528	1.44	12.004	0.041482	1.2738795	10.7672	5.3365	10.673	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.062755
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.631734	1.025	0.6067	11.135	1.44	12.611	0.043724	1.2559308	10.7672	5.3274	10.6549	OC2	0.1151	1.36899	0.5753	0.060301
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579318	1.025	0.5543	11.715	1.44	13.191	0.045895	1.2381895	10.7672	5.3174	10.6348	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.065319
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579318	1.025	0.5543	12.269	1.44	13.745	0.047993	1.220663	10.7672	5.3064	10.6129	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.063109
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579318	1.025	0.5543	12.824	1.44	14.3	0.050016	1.203358	10.7672	5.2945	10.5889	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.061029
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579318	1.025	0.5543	13.378	1.44	14.854	0.051964	1.1862805	10.7672	5.2815	10.563	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.059064
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579318	1.025	0.5543	13.932	1.44	15.408	0.053836	1.1694357	10.7672	5.2676	10.5351	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.057205
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579318	1.025	0.5543	14.487	1.44	15.963	0.05563	1.1528284	10.7672	5.2526	10.5052	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.055443
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579318	1.025	0.5543	15.041	1.44	16.517	0.057348	1.1364625	10.7672	5.2367	10.4734	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.053768
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579318	1.025	0.5543	15.595	1.44	17.071	0.058989	1.1203414	10.7672	5.2199	10.4397	OC2	0.1442	1.64096	0.7209	0.052174
																		Sc total	1.755

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 2 variasi tinggi beban timbunan 1 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H (m)	z (m)	γsat (t/m3)	γw (t/m3)	γ ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.918	0	1.918	0.959	1.44	2.435	0.001	1.555	3.34	1.669	3.337	OC2	0	0.769	0.000	0.000
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.918	1.025	0.893	1.852	1.44	3.328	0.004	1.525	3.34	1.669	3.337	OC2	0	0.769	0.000	0.000
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.918	1.025	0.893	2.744	1.44	4.220	0.006	1.494	3.34	1.668	3.337	OC2	0	0.769	0.000	0.000
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.622	1.025	0.597	3.489	1.44	4.965	0.008	1.464	3.34	1.668	3.336	OC2	0.16516	1.837	0.826	0.049
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.622	1.025	0.597	4.086	1.44	5.562	0.010	1.434	3.34	1.667	3.334	OC2	0.16516	1.837	0.826	0.044
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.556	1.025	0.531	4.650	1.44	6.126	0.013	1.404	3.34	1.666	3.332	OC2	0.17663	1.944	0.883	0.042
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.556	1.025	0.531	5.181	1.44	6.657	0.015	1.374	3.34	1.664	3.328	OC2	0.17663	1.944	0.883	0.039
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.556	1.025	0.531	5.712	1.44	7.188	0.017	1.345	3.34	1.661	3.323	OC2	0.17663	1.944	0.883	0.036
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.632	1.025	0.607	6.281	1.44	7.757	0.019	1.316	3.34	1.658	3.317	OC2	0.11505	1.369	0.575	0.027
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.632	1.025	0.607	6.887	1.44	8.363	0.021	1.287	3.34	1.655	3.309	OC2	0.11505	1.369	0.575	0.025
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.632	1.025	0.607	7.494	1.44	8.970	0.022	1.259	3.34	1.650	3.300	OC2	0.11505	1.369	0.575	0.023
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.632	1.025	0.607	8.101	1.44	9.577	0.024	1.232	3.34	1.645	3.289	OC2	0.11505	1.369	0.575	0.022
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.632	1.025	0.607	8.708	1.44	10.184	0.026	1.205	3.34	1.638	3.277	OC2	0.11505	1.369	0.575	0.020
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.632	1.025	0.607	9.314	1.44	10.790	0.027	1.178	3.34	1.631	3.263	OC2	0.11505	1.369	0.575	0.019
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.632	1.025	0.607	9.921	1.44	11.397	0.029	1.152	3.34	1.624	3.247	OC2	0.11505	1.369	0.575	0.018
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.632	1.025	0.607	10.528	1.44	12.004	0.030	1.127	3.34	1.615	3.230	OC2	0.11505	1.369	0.575	0.017
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.632	1.025	0.607	11.135	1.44	12.611	0.031	1.102	3.34	1.606	3.211	OC2	0.11505	1.369	0.575	0.016
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579	1.025	0.554	11.715	1.44	13.191	0.032	1.078	3.34	1.596	3.191	OC2	0.14417	1.641	0.721	0.017
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579	1.025	0.554	12.269	1.44	13.745	0.033	1.055	3.34	1.585	3.170	OC2	0.14417	1.641	0.721	0.016
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579	1.025	0.554	12.824	1.44	14.300	0.034	1.032	3.34	1.574	3.147	OC2	0.14417	1.641	0.721	0.016
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579	1.025	0.554	13.378	1.44	14.854	0.035	1.010	3.34	1.562	3.123	OC2	0.14417	1.641	0.721	0.015
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579	1.025	0.554	13.932	1.44	15.408	0.036	0.988	3.34	1.549	3.098	OC2	0.14417	1.641	0.721	0.014
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579	1.025	0.554	14.487	1.44	15.963	0.037	0.967	3.34	1.536	3.072	OC2	0.14417	1.641	0.721	0.014
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579	1.025	0.554	15.041	1.44	16.517	0.037	0.946	3.34	1.523	3.045	OC2	0.14417	1.641	0.721	0.013
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579	1.025	0.554	15.595	1.44	17.071	0.038	0.926	3.34	1.509	3.017	OC2	0.14417	1.641	0.721	0.012
																	Sc total		0.515

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 2 variasi tinggi beban timbunan 2 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H (m)	z (m)	γ sat (t/m3)	γ w (t/m3)	γ ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.91777	0	1.91777	0.95889	1.44	2.434885	0.001747	1.5554648	5.1949	2.59745	5.19489	OC2	0	0.76872	0	0
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.91777	1.025	0.89277	1.85166	1.44	3.327655	0.005233	1.5248306	5.1949	2.59736	5.19472	OC2	0	0.76872	0	0
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.91777	1.025	0.89277	2.74443	1.44	4.220425	0.008693	1.4942824	5.1949	2.59704	5.19407	OC2	0	0.76872	0	0
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.621877	1.025	0.59688	3.48925	1.44	4.9652487	0.01211	1.4638766	5.1949	2.59632	5.19265	OC2	0.16516	1.837	0.8258	0.079558
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.621877	1.025	0.59688	4.08613	1.44	5.5621262	0.015467	1.4336679	5.1949	2.59508	5.19015	OC2	0.16516	1.837	0.8258	0.072456
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.555918	1.025	0.53092	4.65002	1.44	6.1260238	0.01875	1.4037089	5.1949	2.59316	5.18632	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.068873
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.555918	1.025	0.53092	5.18094	1.44	6.6569414	0.021944	1.3740495	5.1949	2.59045	5.18091	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.064174
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.555918	1.025	0.53092	5.71186	1.44	7.187859	0.025036	1.3447367	5.1949	2.58685	5.1737	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.060058
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.631734	1.025	0.60673	6.28068	1.44	7.7566849	0.028016	1.3158137	5.1949	2.58225	5.1645	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.045478
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.631734	1.025	0.60673	6.88742	1.44	8.3634192	0.030874	1.2873202	5.1949	2.57659	5.15318	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.042527
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.631734	1.025	0.60673	7.49415	1.44	8.9701536	0.033601	1.2592919	5.1949	2.56981	5.13961	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.039909
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.631734	1.025	0.60673	8.10089	1.44	9.5768879	0.036191	1.2317604	5.1949	2.56186	5.12372	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.037565
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.631734	1.025	0.60673	8.70762	1.44	10.183622	0.03864	1.2047532	5.1949	2.55272	5.10545	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.035451
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.631734	1.025	0.60673	9.31436	1.44	10.790357	0.040944	1.1782937	5.1949	2.54239	5.08479	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.03353
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.631734	1.025	0.60673	9.92109	1.44	11.397091	0.043101	1.1524013	5.1949	2.53087	5.06175	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.031774
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.631734	1.025	0.60673	10.5278	1.44	12.003825	0.045111	1.1270916	5.1949	2.51818	5.03637	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.03016
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.631734	1.025	0.60673	11.1346	1.44	12.610559	0.046975	1.1023764	5.1949	2.50436	5.00872	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.028671
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579318	1.025	0.55432	11.7151	1.44	13.191086	0.048695	1.0782641	5.1949	2.48944	4.97887	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.030731
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579318	1.025	0.55432	12.2694	1.44	13.745404	0.050274	1.05476	5.1949	2.47347	4.94694	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.029384
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579318	1.025	0.55432	12.8237	1.44	14.299723	0.051715	1.0318663	5.1949	2.45652	4.91303	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.028117
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579318	1.025	0.55432	13.378	1.44	14.854041	0.053022	1.0095827	5.1949	2.43864	4.87728	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.026923
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579318	1.025	0.55432	13.9324	1.44	15.40836	0.054201	0.9879062	5.1949	2.4199	4.83981	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.025795
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579318	1.025	0.55432	14.4867	1.44	15.962678	0.055258	0.966832	5.1949	2.40038	4.80076	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.024729
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579318	1.025	0.55432	15.041	1.44	16.516997	0.056197	0.9463533	5.1949	2.38014	4.76028	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.023718
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579318	1.025	0.55432	15.5953	1.44	17.071315	0.057024	0.9264616	5.1949	2.35925	4.71851	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.022759
																		Sc total	0.882

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 2 variasi tinggi beban timbunan 3 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H (m)	z (m)	γ sat (t/m3)	γ w (t/m3)	γ ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.91777	0	1.91777	0.95889	1.44	2.434885	0.002279	1.5554648	7.05235	3.52617	7.05234	OC2	0	0.76872	0	0
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.91777	1.025	0.89277	1.85166	1.44	3.327655	0.006827	1.5248306	7.05235	3.52606	7.05212	OC2	0	0.76872	0	0
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.91777	1.025	0.89277	2.74443	1.44	4.220425	0.011341	1.4942824	7.05235	3.52565	7.05129	OC2	0	0.76872	0	0
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.621877	1.025	0.59688	3.48925	1.44	4.9652487	0.015801	1.4638766	7.05235	3.52473	7.04947	OC2	0.16516	1.837	0.8258	0.104059
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.621877	1.025	0.59688	4.08613	1.44	5.5621262	0.020187	1.4336679	7.05235	3.52313	7.04627	OC2	0.16516	1.837	0.8258	0.095515
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.555918	1.025	0.53092	4.65002	1.44	6.1260238	0.024478	1.4037089	7.05235	3.52068	7.04136	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.09138
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.555918	1.025	0.53092	5.18094	1.44	6.6569414	0.028658	1.3740495	7.05235	3.5172	7.03441	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.085612
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.555918	1.025	0.53092	5.71186	1.44	7.187859	0.03271	1.3447367	7.05235	3.51258	7.02515	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.080521
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.631734	1.025	0.60673	6.28068	1.44	7.7566849	0.036619	1.3158137	7.05235	3.50667	7.01334	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.06127
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.631734	1.025	0.60673	6.88742	1.44	8.3634192	0.040373	1.2873202	7.05235	3.49939	6.99878	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.057567
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.631734	1.025	0.60673	7.49415	1.44	8.9701536	0.043962	1.2592919	7.05235	3.49066	6.98131	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.05426
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.631734	1.025	0.60673	8.10089	1.44	9.5768879	0.047377	1.2317604	7.05235	3.48042	6.96083	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.051283
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.631734	1.025	0.60673	8.70762	1.44	10.183622	0.050612	1.2047532	7.05235	3.46863	6.93726	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.048583
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.631734	1.025	0.60673	9.31436	1.44	10.790357	0.053662	1.1782937	7.05235	3.45529	6.91058	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.046119
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.631734	1.025	0.60673	9.92109	1.44	11.397091	0.056525	1.1524013	7.05235	3.4404	6.88079	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.043858
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.631734	1.025	0.60673	10.5278	1.44	12.003825	0.059201	1.1270916	7.05235	3.42397	6.84794	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.041772
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.631734	1.025	0.60673	11.1346	1.44	12.610559	0.061688	1.1023764	7.05235	3.40605	6.8121	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.039839
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579318	1.025	0.55432	11.7151	1.44	13.191086	0.063991	1.0782641	7.05235	3.38668	6.77336	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.042834
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579318	1.025	0.55432	12.2694	1.44	13.745404	0.066111	1.05476	7.05235	3.36593	6.73186	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.041077
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579318	1.025	0.55432	12.8237	1.44	14.299723	0.068053	1.0318663	7.05235	3.34387	6.68773	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.039421
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579318	1.025	0.55432	13.378	1.44	14.854041	0.069823	1.0095827	7.05235	3.32057	6.64114	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.037857
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579318	1.025	0.55432	13.9324	1.44	15.40836	0.071427	0.9879062	7.05235	3.29612	6.59223	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.036375
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579318	1.025	0.55432	14.4867	1.44	15.962678	0.07287	0.966832	7.05235	3.2706	6.54121	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.03497
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579318	1.025	0.55432	15.041	1.44	16.516997	0.074161	0.9463533	7.05235	3.24412	6.48823	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.033636
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579318	1.025	0.55432	15.5953	1.44	17.071315	0.075305	0.9264616	7.05235	3.21675	6.43349	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.032366
																		Sc total	1.200

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 2 variasi tinggi beban timbunan 4 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H (m)	z (m)	γ sat (t/m3)	γ w (t/m3)	γ ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.91777	0	1.91777	0.95889	1.44	2.434885	0.002771	1.5554648	8.9098	4.45489	8.90979	OC2	0	0.76872	0	0
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.91777	1.025	0.89277	1.85166	1.44	3.327655	0.0083	1.5248306	8.9098	4.45476	8.90952	OC2	0	0.76872	0	0
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.91777	1.025	0.89277	2.74443	1.44	4.220425	0.01379	1.4942824	8.9098	4.45427	8.90853	OC2	0	0.76872	0	0
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.621877	1.025	0.59688	3.48925	1.44	4.9652487	0.019217	1.4638766	8.9098	4.45318	8.90635	OC2	0.16516	1.837	0.8258	0.124575
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.621877	1.025	0.59688	4.08613	1.44	5.5621262	0.024556	1.4336679	8.9098	4.45127	8.90253	OC2	0.16516	1.837	0.8258	0.11501
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.555918	1.025	0.53092	4.65002	1.44	6.1260238	0.029784	1.4037089	8.9098	4.44833	8.89665	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.110568
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.555918	1.025	0.53092	5.18094	1.44	6.6569414	0.03488	1.3740495	8.9098	4.44417	8.88834	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.10402
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.555918	1.025	0.53092	5.71186	1.44	7.187859	0.039825	1.3447367	8.9098	4.43863	8.87725	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.098208
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.631734	1.025	0.60673	6.28068	1.44	7.7566849	0.044602	1.3158137	8.9098	4.43155	8.8631	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.075009
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.631734	1.025	0.60673	6.88742	1.44	8.3634192	0.049196	1.2873202	8.9098	4.42282	8.84563	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.070735
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.631734	1.025	0.60673	7.49415	1.44	8.9701536	0.053595	1.2592919	8.9098	4.41233	8.82467	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.066901
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.631734	1.025	0.60673	8.10089	1.44	9.5768879	0.057787	1.2317604	8.9098	4.40003	8.80006	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.063434
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.631734	1.025	0.60673	8.70762	1.44	10.183622	0.061766	1.2047532	8.9098	4.38586	8.77171	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.060276
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.631734	1.025	0.60673	9.31436	1.44	10.790357	0.065525	1.1782937	8.9098	4.3698	8.73959	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.057384
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.631734	1.025	0.60673	9.92109	1.44	11.397091	0.069061	1.1524013	8.9098	4.35184	8.70369	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.054721
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.631734	1.025	0.60673	10.5278	1.44	12.003825	0.072373	1.1270916	8.9098	4.33203	8.66405	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.052256
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.631734	1.025	0.60673	11.1346	1.44	12.610559	0.07546	1.1023764	8.9098	4.31038	8.62075	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.049965
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579318	1.025	0.55432	11.7151	1.44	13.191086	0.078326	1.0782641	8.9098	4.28695	8.57391	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.05385
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579318	1.025	0.55432	12.2694	1.44	13.745404	0.080973	1.05476	8.9098	4.26183	8.52365	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.05176
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579318	1.025	0.55432	12.8237	1.44	14.299723	0.083406	1.0318663	8.9098	4.23508	8.47015	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.049784
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579318	1.025	0.55432	13.378	1.44	14.854041	0.085632	1.0095827	8.9098	4.20679	8.41358	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.047913
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579318	1.025	0.55432	13.9324	1.44	15.40836	0.087656	0.9879062	8.9098	4.17707	8.35414	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.046138
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579318	1.025	0.55432	14.4867	1.44	15.962678	0.089486	0.966832	8.9098	4.14602	8.29204	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.044451
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579318	1.025	0.55432	15.041	1.44	16.516997	0.091131	0.9463533	8.9098	4.11374	8.22749	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.042845
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579318	1.025	0.55432	15.5953	1.44	17.071315	0.092598	0.9264616	8.9098	4.08035	8.1607	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.041315
																		Sc total	1.481

- Perhitungan pemampatan konsolidasi timbunan 2 variasi tinggi beban timbunan 5 m

No	Kedalaman	Tebal Lapisan H (m)	z (m)	γ sat (t/m3)	γ w (t/m3)	γ ' (t/m3)	σ'o (t/m2)	h fluktuasi (m)	σ'c (t/m2)	α1 (rad)	α2 (rad)	qtotal (t/m2)	Δσ (t/m2)	2Δσ (t/m2)	OCR	Cs	eo	Cc	Sc (m)
1	+1.44 to +0.44	1	0.5	1.91777	0	1.91777	0.95889	1.44	2.434885	0.003227	1.5554648	10.7672	5.38362	10.7672	OC2	0	0.76872	0	0
2	+0.44 to -0.56	1	1.5	1.91777	1.025	0.89277	1.85166	1.44	3.327655	0.009667	1.5248306	10.7672	5.38347	10.7669	OC2	0	0.76872	0	0
3	-0.56 to -1.56	1	2.5	1.91777	1.025	0.89277	2.74443	1.44	4.220425	0.016063	1.4942824	10.7672	5.3829	10.7658	OC2	0	0.76872	0	0
4	-1.56 to -2.56	1	3.5	1.621877	1.025	0.59688	3.48925	1.44	4.9652487	0.022387	1.4638766	10.7672	5.38165	10.7633	OC2	0.16516	1.837	0.8258	0.142222
5	-2.56 to -3.56	1	4.5	1.621877	1.025	0.59688	4.08613	1.44	5.5621262	0.028611	1.4336679	10.7672	5.37946	10.7589	OC2	0.16516	1.837	0.8258	0.131898
6	-3.56 to -4.56	1	5.5	1.555918	1.025	0.53092	4.65002	1.44	6.1260238	0.034711	1.4037089	10.7672	5.37609	10.7522	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.127291
7	-4.56 to -5.56	1	6.5	1.555918	1.025	0.53092	5.18094	1.44	6.6569414	0.040662	1.3740495	10.7672	5.37132	10.7426	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.120149
8	-5.56 to -6.56	1	7.5	1.555918	1.025	0.53092	5.71186	1.44	7.187859	0.046441	1.3447367	10.7672	5.36495	10.7299	OC2	0.17663	1.94408	0.8831	0.113782
9	-6.56 to -7.56	1	8.5	1.631734	1.025	0.60673	6.28068	1.44	7.7566849	0.052031	1.3158137	10.7672	5.35682	10.7136	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.087167
10	-7.56 to -8.56	1	9.5	1.631734	1.025	0.60673	6.88742	1.44	8.3634192	0.057412	1.2873202	10.7672	5.34679	10.6936	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.082447
11	-8.56 to -9.56	1	10.5	1.631734	1.025	0.60673	7.49415	1.44	8.9701536	0.062572	1.2592919	10.7672	5.33473	10.6695	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.078196
12	-9.56 to -10.56	1	11.5	1.631734	1.025	0.60673	8.10089	1.44	9.5768879	0.067497	1.2317604	10.7672	5.32056	10.6411	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.074338
13	-10.56 to -11.56	1	12.5	1.631734	1.025	0.60673	8.70762	1.44	10.183622	0.072179	1.2047532	10.7672	5.30423	10.6085	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.070814
14	-11.56 to -12.56	1	13.5	1.631734	1.025	0.60673	9.31436	1.44	10.790357	0.076612	1.1782937	10.7672	5.2857	10.5714	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.067576
15	-12.56 to -13.56	1	14.5	1.631734	1.025	0.60673	9.92109	1.44	11.397091	0.080789	1.1524013	10.7672	5.26497	10.5299	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.064585
16	-13.56 to -14.56	1	15.5	1.631734	1.025	0.60673	10.5278	1.44	12.003825	0.08471	1.1270916	10.7672	5.24207	10.4841	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.061811
17	-14.56 to -15.56	1	16.5	1.631734	1.025	0.60673	11.1346	1.44	12.610559	0.088374	1.1023764	10.7672	5.21702	10.434	OC2	0.11505	1.36899	0.5753	0.059227
18	-15.56 to -16.56	1	17.5	1.579318	1.025	0.55432	11.7151	1.44	13.191086	0.091784	1.0782641	10.7672	5.18989	10.3798	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.063958
19	16.56 to -17.56	1	18.5	1.579318	1.025	0.55432	12.2694	1.44	13.745404	0.094942	1.05476	10.7672	5.16075	10.3215	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.06159
20	-17.56 to -18.56	1	19.5	1.579318	1.025	0.55432	12.8237	1.44	14.299723	0.097854	1.0318663	10.7672	5.1297	10.2594	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.059348
21	-18.56 to -19.56	1	20.5	1.579318	1.025	0.55432	13.378	1.44	14.854041	0.100526	1.0095827	10.7672	5.09682	10.1936	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.057221
22	-19.56 to -20.56	1	21.5	1.579318	1.025	0.55432	13.9324	1.44	15.40836	0.102965	0.9879062	10.7672	5.06224	10.1245	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.055199
23	-20.56 to -21.56	1	22.5	1.579318	1.025	0.55432	14.4867	1.44	15.962678	0.105179	0.966832	10.7672	5.02607	10.0521	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.053274
24	-21.56 to -22.56	1	23.5	1.579318	1.025	0.55432	15.041	1.44	16.516997	0.107178	0.9463533	10.7672	4.98842	9.97684	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.051438
25	-22.56 to -23.56	1	24.5	1.579318	1.025	0.55432	15.5953	1.44	17.071315	0.10897	0.9264616	10.7672	4.94942	9.89885	OC2	0.14417	1.64096	0.7209	0.049685
																		Sc total	1.733

- Rekapitulasi seluruh perhitungan dengan variasi jarak antar titik PVD pola segitiga

Pola Pemasangan Segitiga

Jarak PVD S (m)	D (mm)	a (mm)	b (mm)	Dw (mm)	n	F(n)
1	1050	100	4	66.208	15.859	2.021
1.1	1155	100	4	66.208	17.445	2.115
1.2	1260	100	4	66.208	19.031	2.201
1.3	1365	100	4	66.208	20.617	2.281
1.4	1470	100	4	66.208	22.203	2.354
1.5	1575	100	4	66.208	23.789	2.423
1.6	1680	100	4	66.208	25.374	2.487

- Rekapitulasi seluruh perhitungan dengan variasi jarak antar titik PVD pola segiempat

Pola Pemasangan Segiempat

Jarak PVD S (m)	D (mm)	a (mm)	b (mm)	Dw (mm)	n	F(n)
1	1130	100	4	66.208	17.067	2.093
1.1	1243	100	4	66.208	18.774	2.188
1.2	1356	100	4	66.208	20.481	2.274
1.3	1469	100	4	66.208	22.187	2.354
1.4	1582	100	4	66.208	23.894	2.427
1.5	1695	100	4	66.208	25.601	2.496
1.6	1808	100	4	66.208	27.308	2.560

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segitiga jarak 1 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.169	18.467
2	0.001	0.027	0.309	32.780
3	0.001	0.033	0.426	44.479
4	0.001	0.038	0.523	54.098
5	0.001	0.043	0.603	62.028
6	0.002	0.047	0.670	68.574
7	0.002	0.050	0.726	73.983
8	0.002	0.054	0.772	78.456
9	0.003	0.057	0.811	82.156
10	0.003	0.060	0.843	85.218
11	0.003	0.063	0.869	87.753
12	0.003	0.066	0.891	89.851
13	0.004	0.069	0.910	91.589
14	0.004	0.071	0.925	93.029
15	0.004	0.074	0.938	94.222
16	0.005	0.076	0.948	95.210
17	0.005	0.078	0.957	96.029
18	0.005	0.081	0.964	96.708
19	0.005	0.083	0.970	97.270

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segitiga jarak 1.1 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.136	15.231
2	0.001	0.027	0.253	27.338
3	0.001	0.033	0.355	37.602
4	0.001	0.038	0.442	46.365
5	0.001	0.043	0.518	53.869
6	0.002	0.047	0.584	60.306
7	0.002	0.050	0.640	65.834
8	0.002	0.054	0.689	70.585
9	0.003	0.057	0.731	74.670
10	0.003	0.060	0.768	78.183
11	0.003	0.063	0.799	81.207
12	0.003	0.066	0.827	83.809
13	0.004	0.069	0.850	86.049
14	0.004	0.071	0.871	87.979
15	0.004	0.074	0.888	89.640
16	0.005	0.076	0.903	91.071
17	0.005	0.078	0.916	92.304
18	0.005	0.081	0.928	93.366
19	0.005	0.083	0.938	94.281
20	0.006	0.085	0.946	95.070
21	0.006	0.087	0.953	95.750
22	0.006	0.089	0.960	96.336
23	0.007	0.091	0.965	96.840
24	0.007	0.093	0.970	97.276
25	0.007	0.095	0.974	97.651

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segitiga jarak 1.2 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.111	12.812
2	0.001	0.027	0.210	23.132
3	0.001	0.033	0.298	32.106
4	0.001	0.038	0.376	39.975
5	0.001	0.043	0.445	46.900
6	0.002	0.047	0.507	53.007
7	0.002	0.050	0.562	58.397
8	0.002	0.054	0.611	63.159
9	0.003	0.057	0.654	67.370
10	0.003	0.060	0.692	71.094
11	0.003	0.063	0.727	74.389
12	0.003	0.066	0.757	77.306
13	0.004	0.069	0.784	79.888
14	0.004	0.071	0.808	82.175
15	0.004	0.074	0.829	84.200
16	0.005	0.076	0.848	85.994
17	0.005	0.078	0.865	87.584
18	0.005	0.081	0.880	88.992
19	0.005	0.083	0.894	90.240
20	0.006	0.085	0.905	91.346
21	0.006	0.087	0.916	92.326
22	0.006	0.089	0.925	93.195
23	0.007	0.091	0.934	93.965
24	0.007	0.093	0.941	94.648
25	0.007	0.095	0.948	95.253
26	0.007	0.097	0.953	95.790
27	0.008	0.099	0.959	96.266
28	0.008	0.101	0.963	96.688
29	0.008	0.102	0.967	97.062
30	0.009	0.104	0.971	97.394
31	0.009	0.106	0.974	97.688

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segitiga jarak 1.3 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.092	10.967
2	0.001	0.027	0.176	19.844
3	0.001	0.033	0.252	27.703
4	0.001	0.038	0.322	34.731
5	0.001	0.043	0.384	41.039
6	0.002	0.047	0.441	46.715
7	0.002	0.050	0.493	51.829
8	0.002	0.054	0.540	56.440
9	0.003	0.057	0.582	60.602
10	0.003	0.060	0.621	64.360
11	0.003	0.063	0.656	67.755
12	0.003	0.066	0.688	70.823
13	0.004	0.069	0.717	73.595
14	0.004	0.071	0.743	76.102
15	0.004	0.074	0.766	78.369
16	0.005	0.076	0.788	80.419
17	0.005	0.078	0.808	82.274
18	0.005	0.081	0.825	83.952
19	0.005	0.083	0.842	85.470
20	0.006	0.085	0.856	86.844
21	0.006	0.087	0.870	88.087
22	0.006	0.089	0.882	89.212
23	0.007	0.091	0.893	90.231
24	0.007	0.093	0.902	91.153
25	0.007	0.095	0.911	91.987
26	0.007	0.097	0.920	92.743
27	0.008	0.099	0.927	93.427
28	0.008	0.101	0.934	94.047
29	0.008	0.102	0.940	94.608
30	0.009	0.104	0.945	95.115
31	0.009	0.106	0.951	95.575
32	0.009	0.108	0.955	95.992
33	0.009	0.109	0.959	96.369
34	0.010	0.111	0.963	96.711
35	0.010	0.112	0.966	97.020

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segitiga jarak 1.4 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.078	9.534
2	0.001	0.027	0.150	17.242
3	0.001	0.033	0.216	24.155
4	0.001	0.038	0.277	30.425
5	0.001	0.043	0.333	36.137
6	0.002	0.047	0.385	41.356
7	0.002	0.050	0.433	46.130
8	0.002	0.054	0.477	50.503
9	0.003	0.057	0.518	54.512
10	0.003	0.060	0.555	58.188
11	0.003	0.063	0.590	61.562
12	0.003	0.066	0.622	64.659
13	0.004	0.069	0.651	67.502
14	0.004	0.071	0.678	70.114
15	0.004	0.074	0.703	72.513
16	0.005	0.076	0.726	74.718
17	0.005	0.078	0.748	76.744
18	0.005	0.081	0.767	78.606
19	0.005	0.083	0.785	80.318
20	0.006	0.085	0.802	81.892
21	0.006	0.087	0.817	83.340
22	0.006	0.089	0.832	84.670
23	0.007	0.091	0.845	85.894
24	0.007	0.093	0.857	87.020
25	0.007	0.095	0.868	88.055
26	0.007	0.097	0.878	89.007
27	0.008	0.099	0.888	89.883
28	0.008	0.101	0.896	90.689
29	0.008	0.102	0.905	91.431
30	0.009	0.104	0.912	92.113
31	0.009	0.106	0.919	92.740
32	0.009	0.108	0.925	93.318
33	0.009	0.109	0.931	93.849
34	0.010	0.111	0.936	94.338
35	0.010	0.112	0.941	94.788
36	0.010	0.114	0.946	95.203
37	0.011	0.116	0.950	95.584
38	0.011	0.117	0.954	95.934
39	0.011	0.119	0.958	96.257
40	0.011	0.120	0.961	96.554
41	0.012	0.122	0.964	96.828
42	0.012	0.123	0.967	97.080

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segitiga jarak 1.5 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.066	8.402
2	0.001	0.027	0.128	15.158
3	0.001	0.033	0.186	21.272
4	0.001	0.038	0.240	26.876
5	0.001	0.043	0.290	32.040
6	0.002	0.047	0.337	36.812
7	0.002	0.050	0.381	41.230
8	0.002	0.054	0.422	45.325
9	0.003	0.057	0.460	49.124
10	0.003	0.060	0.496	52.651
11	0.003	0.063	0.530	55.927
12	0.003	0.066	0.561	58.970
13	0.004	0.069	0.590	61.799
14	0.004	0.071	0.617	64.430
15	0.004	0.074	0.642	66.876
16	0.005	0.076	0.666	69.152
17	0.005	0.078	0.688	71.269
18	0.005	0.081	0.709	73.239
19	0.005	0.083	0.728	75.072
20	0.006	0.085	0.746	76.779
21	0.006	0.087	0.763	78.367
22	0.006	0.089	0.779	79.846
23	0.007	0.091	0.793	81.223
24	0.007	0.093	0.807	82.505
25	0.007	0.095	0.820	83.699
26	0.007	0.097	0.832	84.811
27	0.008	0.099	0.843	85.846
28	0.008	0.101	0.853	86.811
29	0.008	0.102	0.863	87.709
30	0.009	0.104	0.872	88.546
31	0.009	0.106	0.881	89.326
32	0.009	0.108	0.889	90.052
33	0.009	0.109	0.896	90.728
34	0.010	0.111	0.903	91.359
35	0.010	0.112	0.909	91.946
36	0.010	0.114	0.915	92.493
37	0.011	0.116	0.921	93.003
38	0.011	0.117	0.926	93.478
39	0.011	0.119	0.931	93.921
40	0.011	0.120	0.936	94.334
41	0.012	0.122	0.940	94.718
42	0.012	0.123	0.944	95.076

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segitiga jarak 1.6 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.057	7.494
2	0.001	0.027	0.111	13.469
3	0.001	0.033	0.161	18.909
4	0.001	0.038	0.209	23.935
5	0.001	0.043	0.254	28.607
6	0.002	0.047	0.297	32.962
7	0.002	0.050	0.337	37.032
8	0.002	0.054	0.375	40.839
9	0.003	0.057	0.410	44.405
10	0.003	0.060	0.444	47.746
11	0.003	0.063	0.476	50.879
12	0.003	0.066	0.506	53.818
13	0.004	0.069	0.534	56.577
14	0.004	0.071	0.560	59.166
15	0.004	0.074	0.585	61.598
16	0.005	0.076	0.609	63.882
17	0.005	0.078	0.631	66.027
18	0.005	0.081	0.652	68.043
19	0.005	0.083	0.672	69.938
20	0.006	0.085	0.691	71.718
21	0.006	0.087	0.709	73.392
22	0.006	0.089	0.725	74.965
23	0.007	0.091	0.741	76.445
24	0.007	0.093	0.756	77.836
25	0.007	0.095	0.770	79.144
26	0.007	0.097	0.783	80.374
27	0.008	0.099	0.795	81.531
28	0.008	0.101	0.807	82.619
29	0.008	0.102	0.818	83.642
30	0.009	0.104	0.828	84.605
31	0.009	0.106	0.838	85.510
32	0.009	0.108	0.847	86.363
33	0.009	0.109	0.856	87.164
34	0.010	0.111	0.864	87.918
35	0.010	0.112	0.872	88.628
36	0.010	0.114	0.879	89.295
37	0.011	0.116	0.886	89.924
38	0.011	0.117	0.893	90.515
39	0.011	0.119	0.899	91.071
40	0.011	0.120	0.904	91.595
41	0.012	0.122	0.910	92.087
42	0.012	0.123	0.915	92.551
43	0.012	0.125	0.920	92.988
44	0.012	0.126	0.924	93.398
45	0.013	0.128	0.929	93.785

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segiempat jarak 1 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.143	15.916
2	0.001	0.027	0.265	28.508
3	0.001	0.033	0.370	39.102
4	0.001	0.038	0.460	48.077
5	0.001	0.043	0.537	55.703
6	0.002	0.047	0.603	62.193
7	0.002	0.050	0.660	67.721
8	0.002	0.054	0.709	72.434
9	0.003	0.057	0.750	76.454
10	0.003	0.060	0.786	79.884
11	0.003	0.063	0.817	82.811
12	0.003	0.066	0.843	85.311
13	0.004	0.069	0.865	87.446
14	0.004	0.071	0.884	89.269
15	0.004	0.074	0.901	90.827
16	0.005	0.076	0.915	92.158
17	0.005	0.078	0.927	93.296
18	0.005	0.081	0.938	94.268
19	0.005	0.083	0.947	95.098
20	0.006	0.085	0.954	95.809
21	0.006	0.087	0.961	96.416

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segiempat jarak 1.1 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.115	13.160
2	0.001	0.027	0.216	23.743
3	0.001	0.033	0.306	32.914
4	0.001	0.038	0.386	40.926
5	0.001	0.043	0.456	47.950
6	0.002	0.047	0.519	54.119
7	0.002	0.050	0.574	59.544
8	0.002	0.054	0.623	64.318
9	0.003	0.057	0.666	68.522
10	0.003	0.060	0.704	72.226
11	0.003	0.063	0.738	75.490
12	0.003	0.066	0.768	78.368
13	0.004	0.069	0.795	80.906
14	0.004	0.071	0.819	83.144
15	0.004	0.074	0.839	85.119
16	0.005	0.076	0.858	86.861
17	0.005	0.078	0.874	88.398
18	0.005	0.081	0.889	89.755
19	0.005	0.083	0.901	90.953
20	0.006	0.085	0.913	92.010
21	0.006	0.087	0.923	92.943
22	0.006	0.089	0.932	93.767
23	0.007	0.091	0.939	94.495
24	0.007	0.093	0.946	95.137
25	0.007	0.095	0.953	95.704
26	0.007	0.097	0.958	96.205

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segiempat jarak 1.2 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.094	11.107
2	0.001	0.027	0.179	20.096
3	0.001	0.033	0.256	28.044
4	0.001	0.038	0.326	35.141
5	0.001	0.043	0.389	41.502
6	0.002	0.047	0.446	47.216
7	0.002	0.050	0.498	52.357
8	0.002	0.054	0.545	56.986
9	0.003	0.057	0.588	61.157
10	0.003	0.060	0.627	64.917
11	0.003	0.063	0.662	68.309
12	0.003	0.066	0.694	71.369
13	0.004	0.069	0.722	74.131
14	0.004	0.071	0.748	76.623
15	0.004	0.074	0.772	78.874
16	0.005	0.076	0.793	80.907
17	0.005	0.078	0.813	82.742
18	0.005	0.081	0.830	84.400
19	0.005	0.083	0.846	85.898
20	0.006	0.085	0.861	87.252
21	0.006	0.087	0.874	88.475
22	0.006	0.089	0.886	89.580
23	0.007	0.091	0.896	90.578
24	0.007	0.093	0.906	91.481
25	0.007	0.095	0.915	92.297
26	0.007	0.097	0.923	93.034
27	0.008	0.099	0.930	93.701
28	0.008	0.101	0.937	94.304
29	0.008	0.102	0.943	94.848
30	0.009	0.104	0.948	95.341
31	0.009	0.106	0.953	95.786
32	0.009	0.108	0.957	96.189
33	0.009	0.109	0.961	96.553
34	0.010	0.111	0.965	96.882
35	0.010	0.112	0.968	97.180
36	0.010	0.114	0.971	97.449
37	0.011	0.116	0.974	97.693
38	0.011	0.117	0.976	97.913

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segiempat jarak 1.3 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.078	9.546
2	0.001	0.027	0.150	17.264
3	0.001	0.033	0.216	24.185
4	0.001	0.038	0.277	30.462
5	0.001	0.043	0.333	36.180
6	0.002	0.047	0.385	41.403
7	0.002	0.050	0.433	46.181
8	0.002	0.054	0.477	50.556
9	0.003	0.057	0.518	54.566
10	0.003	0.060	0.556	58.244
11	0.003	0.063	0.590	61.618
12	0.003	0.066	0.622	64.715
13	0.004	0.069	0.652	67.559
14	0.004	0.071	0.679	70.170
15	0.004	0.074	0.704	72.568
16	0.005	0.076	0.727	74.772
17	0.005	0.078	0.748	76.797
18	0.005	0.081	0.768	78.658
19	0.005	0.083	0.786	80.368
20	0.006	0.085	0.803	81.941
21	0.006	0.087	0.818	83.386
22	0.006	0.089	0.832	84.715
23	0.007	0.091	0.845	85.937
24	0.007	0.093	0.857	87.061
25	0.007	0.095	0.868	88.095
26	0.007	0.097	0.879	89.045
27	0.008	0.099	0.888	89.920
28	0.008	0.101	0.897	90.724
29	0.008	0.102	0.905	91.464
30	0.009	0.104	0.912	92.144
31	0.009	0.106	0.919	92.770
32	0.009	0.108	0.925	93.346
33	0.009	0.109	0.931	93.876
34	0.010	0.111	0.937	94.364
35	0.010	0.112	0.942	94.813
36	0.010	0.114	0.946	95.226
37	0.011	0.116	0.950	95.605
38	0.011	0.117	0.954	95.955
39	0.011	0.119	0.958	96.277
40	0.011	0.120	0.961	96.573

- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segiempat jarak 1.4 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.066	8.335
2	0.001	0.027	0.127	15.034
3	0.001	0.033	0.184	21.099
4	0.001	0.038	0.238	26.662
5	0.001	0.043	0.288	31.792
6	0.002	0.047	0.334	36.535
7	0.002	0.050	0.378	40.930
8	0.002	0.054	0.419	45.006
9	0.003	0.057	0.457	48.790
10	0.003	0.060	0.493	52.305
11	0.003	0.063	0.526	55.572
12	0.003	0.066	0.557	58.610
13	0.004	0.069	0.586	61.436
14	0.004	0.071	0.613	64.065
15	0.004	0.074	0.639	66.512
16	0.005	0.076	0.662	68.790
17	0.005	0.078	0.684	70.911
18	0.005	0.081	0.705	72.886
19	0.005	0.083	0.724	74.725
20	0.006	0.085	0.742	76.438
21	0.006	0.087	0.759	78.034
22	0.006	0.089	0.775	79.520
23	0.007	0.091	0.790	80.906
24	0.007	0.093	0.804	82.196
25	0.007	0.095	0.817	83.399
26	0.007	0.097	0.829	84.520
27	0.008	0.099	0.840	85.565
28	0.008	0.101	0.850	86.539
29	0.008	0.102	0.860	87.447
30	0.009	0.104	0.869	88.293
31	0.009	0.106	0.878	89.082
32	0.009	0.108	0.886	89.817
33	0.009	0.109	0.893	90.503
34	0.010	0.111	0.900	91.142
35	0.010	0.112	0.907	91.738
36	0.010	0.114	0.913	92.294
37	0.011	0.116	0.919	92.812
38	0.011	0.117	0.924	93.295
39	0.011	0.119	0.929	93.746
40	0.011	0.120	0.934	94.166

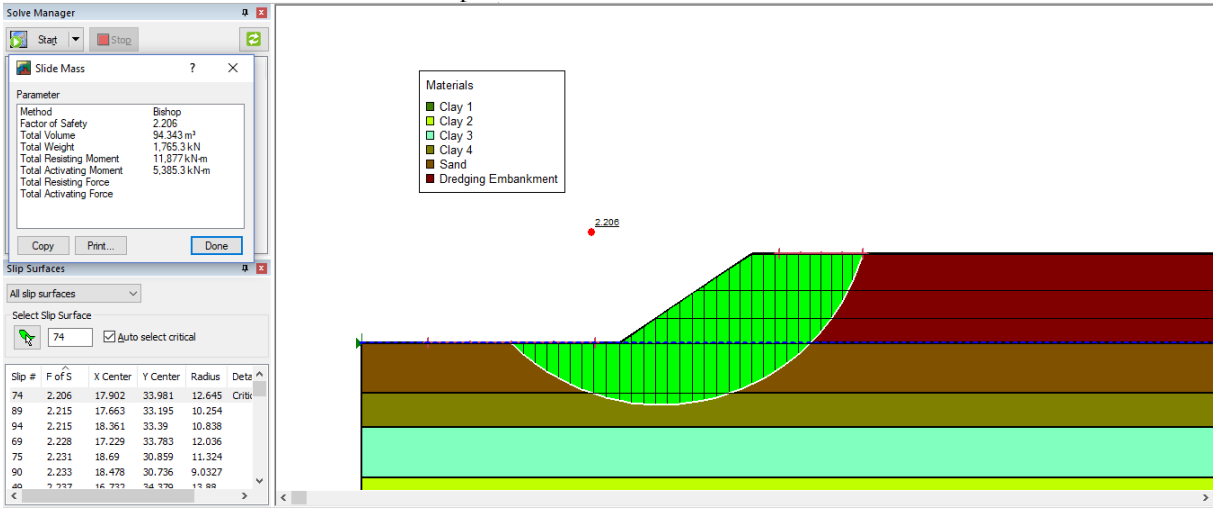
- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segiempat jarak 1.5 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.056	7.379
2	0.001	0.027	0.109	13.254
3	0.001	0.033	0.158	18.607
4	0.001	0.038	0.205	23.557
5	0.001	0.043	0.250	28.163
6	0.002	0.047	0.292	32.462
7	0.002	0.050	0.331	36.484
8	0.002	0.054	0.369	40.250
9	0.003	0.057	0.404	43.781
10	0.003	0.060	0.437	47.095
11	0.003	0.063	0.469	50.205
12	0.003	0.066	0.498	53.127
13	0.004	0.069	0.526	55.872
14	0.004	0.071	0.553	58.452
15	0.004	0.074	0.578	60.878
16	0.005	0.076	0.601	63.159
17	0.005	0.078	0.624	65.304
18	0.005	0.081	0.645	67.323
19	0.005	0.083	0.664	69.222
20	0.006	0.085	0.683	71.009
21	0.006	0.087	0.701	72.691
22	0.006	0.089	0.718	74.274
23	0.007	0.091	0.733	75.764
24	0.007	0.093	0.748	77.167
25	0.007	0.095	0.762	78.488
26	0.007	0.097	0.776	79.731
27	0.008	0.099	0.788	80.902
28	0.008	0.101	0.800	82.005
29	0.008	0.102	0.811	83.044
30	0.009	0.104	0.822	84.022
31	0.009	0.106	0.832	84.943
32	0.009	0.108	0.841	85.811
33	0.009	0.109	0.850	86.629
34	0.010	0.111	0.858	87.399
35	0.010	0.112	0.866	88.124
36	0.010	0.114	0.874	88.807
37	0.011	0.116	0.881	89.451
38	0.011	0.117	0.887	90.058
39	0.011	0.119	0.894	90.629
40	0.011	0.120	0.900	91.168
41	0.012	0.122	0.905	91.675
42	0.012	0.123	0.911	92.153
43	0.012	0.125	0.916	92.604
44	0.012	0.126	0.920	93.028
45	0.013	0.128	0.925	93.428

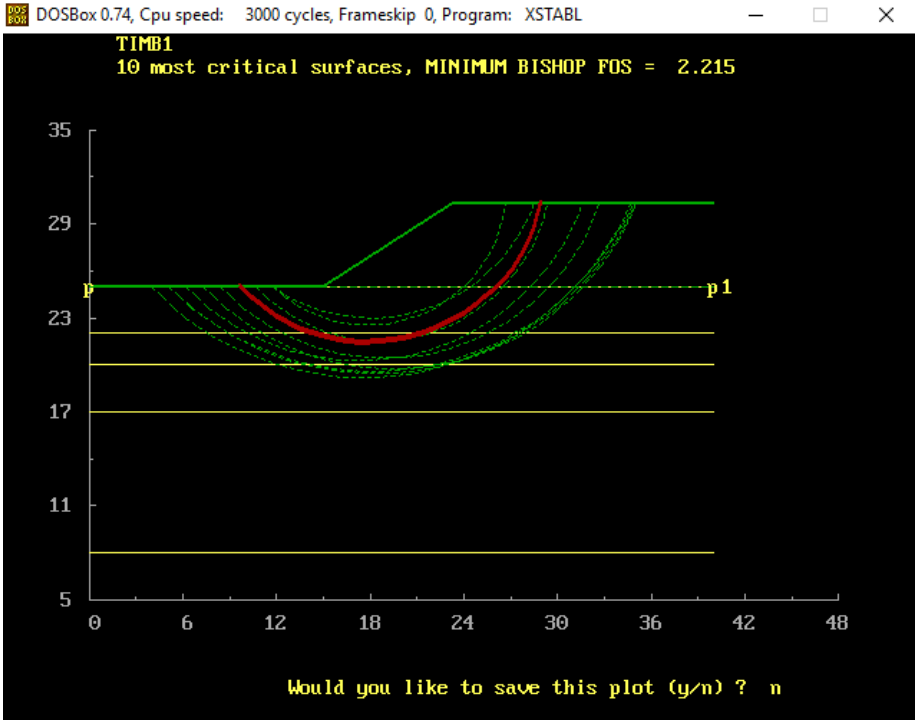
- Perhitungan nilai Utotal pola pemasangan segiempat jarak 1.6 m

t (minggu)	Tv	Uv	Uh	Utotal (%)
1	0.000	0.019	0.048	6.614
2	0.001	0.027	0.094	11.815
3	0.001	0.033	0.137	16.573
4	0.001	0.038	0.179	21.000
5	0.001	0.043	0.218	25.147
6	0.002	0.047	0.256	29.045
7	0.002	0.050	0.292	32.719
8	0.002	0.054	0.326	36.186
9	0.003	0.057	0.358	39.462
10	0.003	0.060	0.389	42.559
11	0.003	0.063	0.418	45.490
12	0.003	0.066	0.446	48.264
13	0.004	0.069	0.473	50.892
14	0.004	0.071	0.498	53.381
15	0.004	0.074	0.522	55.740
16	0.005	0.076	0.545	57.977
17	0.005	0.078	0.567	60.097
18	0.005	0.081	0.588	62.108
19	0.005	0.083	0.608	64.015
20	0.006	0.085	0.626	65.825
21	0.006	0.087	0.644	67.542
22	0.006	0.089	0.662	69.171
23	0.007	0.091	0.678	70.716
24	0.007	0.093	0.693	72.184
25	0.007	0.095	0.708	73.576
26	0.007	0.097	0.722	74.898
27	0.008	0.099	0.735	76.153
28	0.008	0.101	0.748	77.345
29	0.008	0.102	0.760	78.476
30	0.009	0.104	0.772	79.550
31	0.009	0.106	0.783	80.570
32	0.009	0.108	0.793	81.539
33	0.009	0.109	0.803	82.459
34	0.010	0.111	0.813	83.332
35	0.010	0.112	0.822	84.162
36	0.010	0.114	0.830	84.950
37	0.011	0.116	0.838	85.699
38	0.011	0.117	0.846	86.410
39	0.011	0.119	0.853	87.085
40	0.011	0.120	0.860	87.727
41	0.012	0.122	0.867	88.336
42	0.012	0.123	0.874	88.915
43	0.012	0.125	0.880	89.465
44	0.012	0.126	0.885	89.988
45	0.013	0.128	0.891	90.485
46	0.013	0.129	0.896	90.957
47	0.013	0.130	0.901	91.405
48	0.014	0.132	0.906	91.831
49	0.014	0.133	0.910	92.236
50	0.014	0.134	0.915	92.620

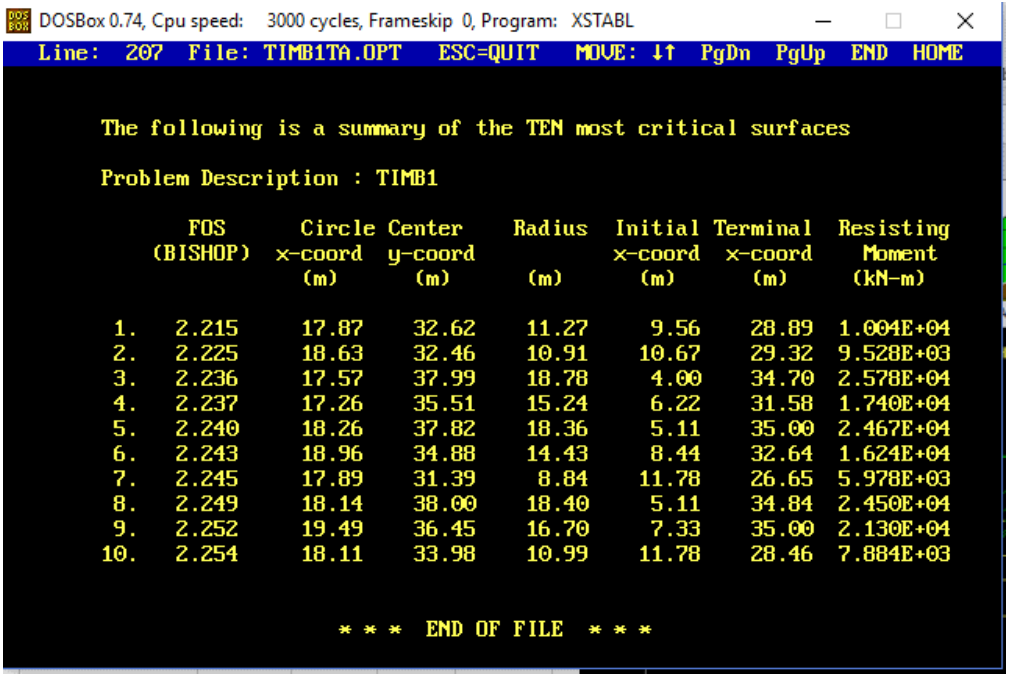
- SF = 2.206 timbunan 1 Geoslope



- SF = 2.215 timbunan 1 Xstabl



- SF = 2.215 timbunan 1 Xstabl output



DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: XSTABL

Line: 207 File: TIMB1TA.OPT ESC=QUIT MOVE: ↓↑ PgDn PgUp END HOME

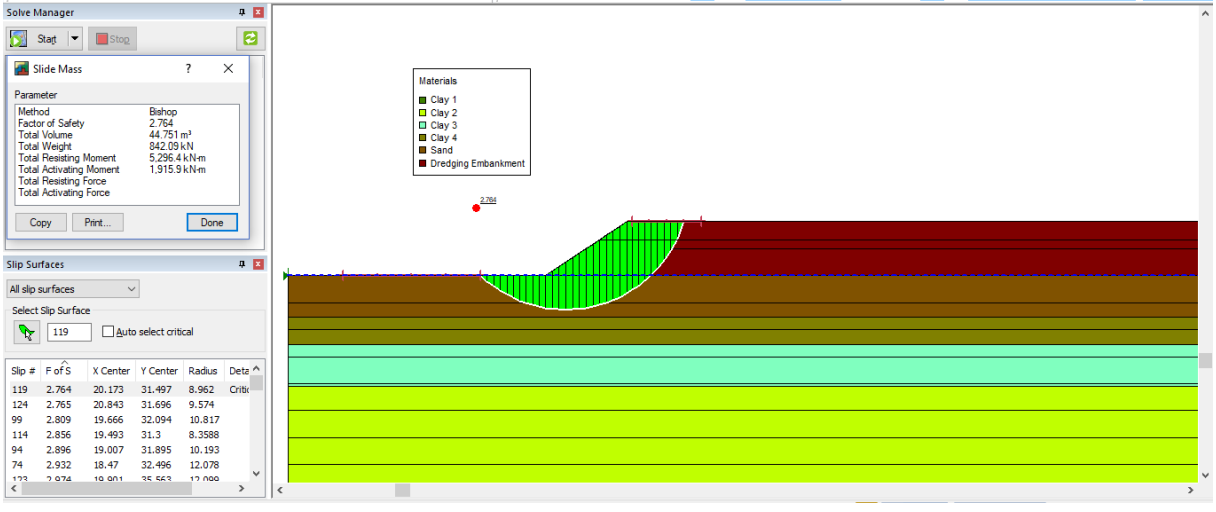
The following is a summary of the TEN most critical surfaces

Problem Description : TIMB1

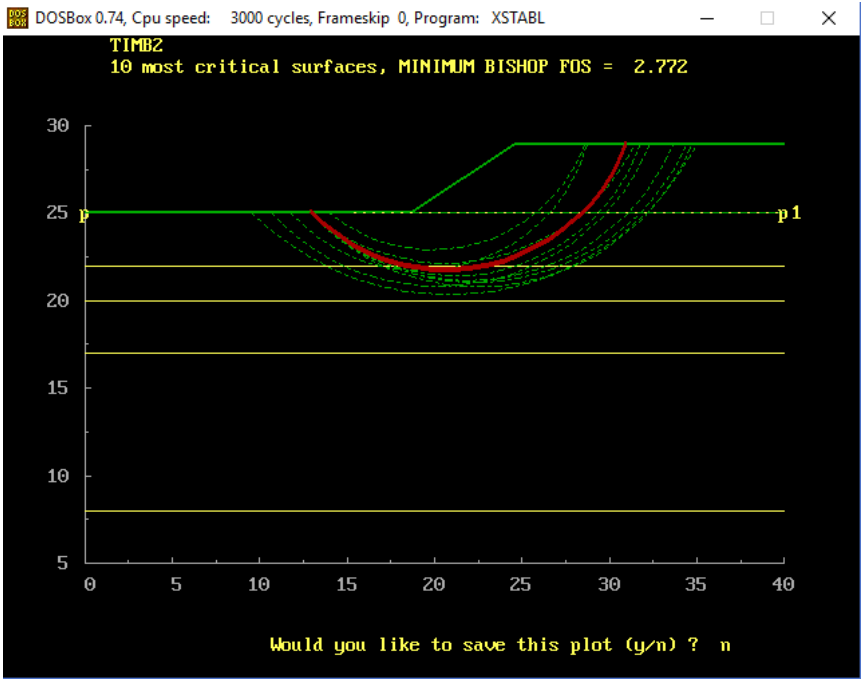
	FOS (BISHOP)	Circle Center x-coord (m)	Circle Center y-coord (m)	Radius (m)	Initial x-coord (m)	Terminal x-coord (m)	Resisting Moment (kN-m)
1.	2.215	17.87	32.62	11.27	9.56	28.89	1.004E+04
2.	2.225	18.63	32.46	10.91	10.67	29.32	9.528E+03
3.	2.236	17.57	37.99	18.78	4.00	34.70	2.578E+04
4.	2.237	17.26	35.51	15.24	6.22	31.58	1.740E+04
5.	2.240	18.26	37.82	18.36	5.11	35.00	2.467E+04
6.	2.243	18.96	34.88	14.43	8.44	32.64	1.624E+04
7.	2.245	17.89	31.39	8.84	11.78	26.65	5.978E+03
8.	2.249	18.14	38.00	18.40	5.11	34.84	2.450E+04
9.	2.252	19.49	36.45	16.70	7.33	35.00	2.130E+04
10.	2.254	18.11	33.98	10.99	11.78	28.46	7.884E+03

* * * END OF FILE * * *

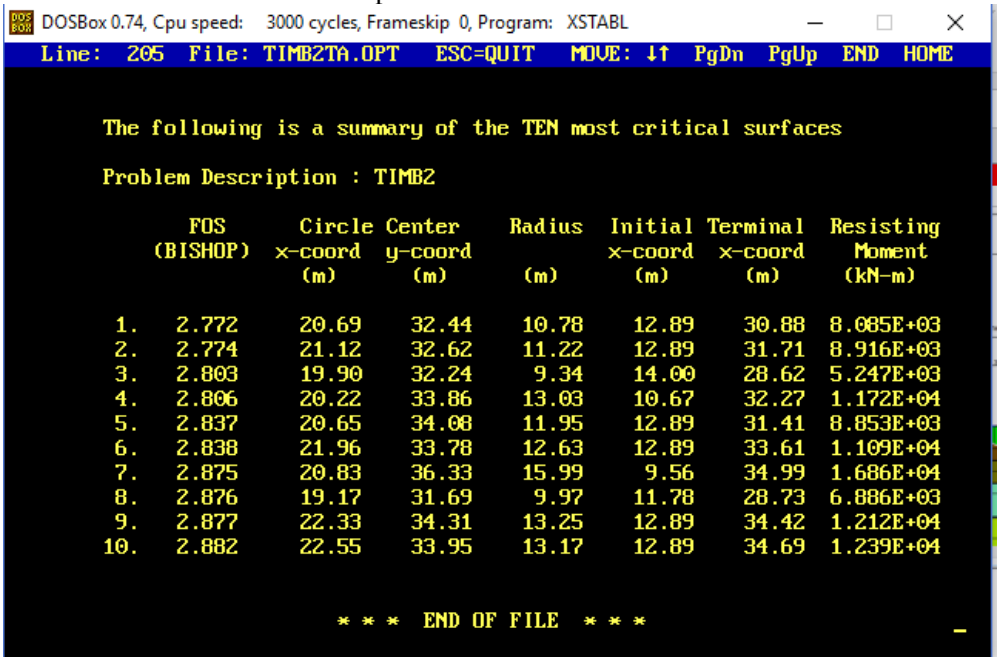
- SF = 2.764 timbunan 2 Geoslope



- SF = 2.772 timbunan 1 Xstabl



- SF = 2.72 timbunan 1 Xstabl output



- Distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Timbunan 1

Tahap	1			Tahap	2			Tahap	3		
Htimb (m)	0.5			Htimb (m)	0.5			Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.9287246			q (t/m^2)	0.92872461			q (t/m^2)	0.928725		
b1 (m)	54.5			b1 (m)	53.75			b1 (m)	53		
b2 (m)	0.75			b2 (m)	0.75			b2 (m)	0.75		
z (m)	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'1 (t/m2)	z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'2 (t/m2)	z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'3 (t/m2)
0.5	0.000	1.562	0.929	1	0.000	1.552	0.929	1.5	0.000	1.543	0.929
1.5	0.000	1.543	0.929	2	0.001	1.534	0.929	2.5	0.001	1.524	0.929
2.5	0.001	1.525	0.929	3	0.001	1.515	0.929	3.5	0.001	1.505	0.929
3.5	0.001	1.507	0.929	4	0.001	1.497	0.929	4.5	0.001	1.486	0.928
4.5	0.001	1.488	0.929	5	0.001	1.478	0.928	5.5	0.001	1.467	0.928
5.5	0.001	1.470	0.928	6	0.002	1.460	0.928	6.5	0.002	1.449	0.928
6.5	0.002	1.452	0.928	7	0.002	1.441	0.928	7.5	0.002	1.430	0.928
7.5	0.002	1.434	0.928	8	0.002	1.423	0.927	8.5	0.002	1.412	0.927
8.5	0.002	1.416	0.927	9	0.002	1.405	0.927	9.5	0.002	1.393	0.927
9.5	0.002	1.398	0.927	10	0.002	1.387	0.926	10.5	0.003	1.375	0.926
10.5	0.003	1.380	0.926	11	0.003	1.369	0.926	11.5	0.003	1.357	0.925
11.5	0.003	1.363	0.925	12	0.003	1.351	0.925	12.5	0.003	1.339	0.924
12.5	0.003	1.345	0.924	13	0.003	1.333	0.924	13.5	0.003	1.321	0.923
13.5	0.003	1.328	0.923	14	0.003	1.316	0.922	14.5	0.004	1.304	0.921
14.5	0.003	1.311	0.922	15	0.004	1.299	0.921	15.5	0.004	1.286	0.920
15.5	0.004	1.294	0.921	16	0.004	1.281	0.920	16.5	0.004	1.269	0.918
16.5	0.004	1.277	0.919	17	0.004	1.264	0.918	17.5	0.004	1.252	0.916
17.5	0.004	1.260	0.917	18	0.004	1.248	0.916	18.5	0.004	1.235	0.914
18.5	0.004	1.244	0.915	19	0.004	1.231	0.914	19.5	0.005	1.218	0.912
19.5	0.004	1.227	0.913	20	0.005	1.215	0.912	20.5	0.005	1.202	0.910
20.5	0.004	1.211	0.911	21	0.005	1.198	0.909	21.5	0.005	1.185	0.907
21.5	0.005	1.195	0.909	22	0.005	1.182	0.907	22.5	0.005	1.169	0.904
22.5	0.005	1.179	0.906	23	0.005	1.166	0.904	23.5	0.005	1.153	0.902
23.5	0.005	1.164	0.903	24	0.005	1.151	0.901	24.5	0.005	1.138	0.898
24.5	0.005	1.148	0.901	25	0.005	1.135	0.898	25.5	0.005	1.122	0.895

- Distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Tahap	4		
Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.928725		
b1 (m)	52.25		
b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'4 (t/m2)
2	0.001	1.533	0.929
3	0.001	1.513	0.929
4	0.001	1.494	0.929
5	0.001	1.475	0.928
6	0.002	1.456	0.928
7	0.002	1.438	0.928
8	0.002	1.419	0.927
9	0.002	1.400	0.927
10	0.003	1.382	0.926
11	0.003	1.363	0.925
12	0.003	1.345	0.924
13	0.003	1.327	0.923
14	0.004	1.309	0.922
15	0.004	1.291	0.920
16	0.004	1.274	0.919
17	0.004	1.256	0.917
18	0.004	1.239	0.915
19	0.005	1.222	0.913
20	0.005	1.205	0.910
21	0.005	1.189	0.908
22	0.005	1.172	0.905
23	0.005	1.156	0.902
24	0.005	1.140	0.899
25	0.006	1.125	0.896
26	0.006	1.109	0.892

Tahap	5		
Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.928724612		
b1 (m)	51.5		
b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'5 (t/m2)
2.5	0.001	1.522	0.929
3.5	0.001	1.503	0.929
4.5	0.001	1.484	0.928
5.5	0.002	1.464	0.928
6.5	0.002	1.445	0.928
7.5	0.002	1.426	0.928
8.5	0.002	1.407	0.927
9.5	0.003	1.388	0.926
10.5	0.003	1.370	0.926
11.5	0.003	1.351	0.925
12.5	0.003	1.333	0.924
13.5	0.004	1.314	0.922
14.5	0.004	1.296	0.921
15.5	0.004	1.278	0.919
16.5	0.004	1.261	0.917
17.5	0.004	1.243	0.915
18.5	0.005	1.226	0.913
19.5	0.005	1.209	0.911
20.5	0.005	1.192	0.908
21.5	0.005	1.175	0.906
22.5	0.005	1.159	0.903
23.5	0.005	1.143	0.899
24.5	0.006	1.127	0.896
25.5	0.006	1.111	0.893
26.5	0.006	1.096	0.889

Tahap	6		
Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.928725		
b1 (m)	50.75		
b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'6 (t/m2)
3	0.001	1.512	0.929
4	0.001	1.492	0.929
5	0.001	1.473	0.928
6	0.002	1.453	0.928
7	0.002	1.434	0.928
8	0.002	1.414	0.927
9	0.003	1.395	0.927
10	0.003	1.376	0.926
11	0.003	1.357	0.925
12	0.003	1.339	0.924
13	0.004	1.320	0.923
14	0.004	1.302	0.921
15	0.004	1.283	0.920
16	0.004	1.265	0.918
17	0.004	1.248	0.916
18	0.005	1.230	0.914
19	0.005	1.213	0.911
20	0.005	1.195	0.909
21	0.005	1.178	0.906
22	0.005	1.162	0.903
23	0.005	1.145	0.900
24	0.006	1.129	0.897
25	0.006	1.113	0.893
26	0.006	1.097	0.889
27	0.006	1.082	0.886

- Distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Tahap	7		
Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.9287246		
b1 (m)	50		
b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'7 (t/m2)
3.5	0.001	1.501	0.929
4.5	0.001	1.481	0.928
5.5	0.002	1.461	0.928
6.5	0.002	1.442	0.928
7.5	0.002	1.422	0.927
8.5	0.002	1.402	0.927
9.5	0.003	1.383	0.926
10.5	0.003	1.364	0.925
11.5	0.003	1.345	0.924
12.5	0.003	1.326	0.923
13.5	0.004	1.307	0.922
14.5	0.004	1.289	0.920
15.5	0.004	1.270	0.918
16.5	0.004	1.252	0.916
17.5	0.005	1.234	0.914
18.5	0.005	1.216	0.912
19.5	0.005	1.199	0.909
20.5	0.005	1.182	0.907
21.5	0.005	1.165	0.904
22.5	0.006	1.148	0.901
23.5	0.006	1.131	0.897
24.5	0.006	1.115	0.894
25.5	0.006	1.099	0.890
26.5	0.006	1.083	0.886
27.5	0.006	1.068	0.882

Tahap	8		
Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.9287246		
b1 (m)	49.25		
b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'8 (t/m2)
4	0.001	1.490	0.929
5	0.002	1.470	0.928
6	0.002	1.450	0.928
7	0.002	1.430	0.928
8	0.002	1.410	0.927
9	0.003	1.390	0.926
10	0.003	1.370	0.926
11	0.003	1.351	0.925
12	0.003	1.332	0.924
13	0.004	1.313	0.922
14	0.004	1.294	0.921
15	0.004	1.275	0.919
16	0.004	1.257	0.917
17	0.005	1.238	0.915
18	0.005	1.220	0.913
19	0.005	1.203	0.910
20	0.005	1.185	0.907
21	0.005	1.168	0.904
22	0.006	1.151	0.901
23	0.006	1.134	0.898
24	0.006	1.117	0.894
25	0.006	1.101	0.890
26	0.006	1.085	0.886
27	0.006	1.069	0.882
28	0.006	1.054	0.878

Tahap	9		
Htimb (m)	0.500		
q (t/m^2)	0.929		
b1 (m)	48.5		
b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'9 (t/m2)
4.5	0.001	1.478	0.928
5.5	0.002	1.458	0.928
6.5	0.002	1.438	0.928
7.5	0.002	1.417	0.927
8.5	0.003	1.397	0.927
9.5	0.003	1.377	0.926
10.5	0.003	1.358	0.925
11.5	0.003	1.338	0.924
12.5	0.004	1.319	0.923
13.5	0.004	1.299	0.921
14.5	0.004	1.280	0.919
15.5	0.004	1.261	0.918
16.5	0.005	1.243	0.915
17.5	0.005	1.225	0.913
18.5	0.005	1.206	0.911
19.5	0.005	1.189	0.908
20.5	0.005	1.171	0.905
21.5	0.006	1.154	0.902
22.5	0.006	1.136	0.898
23.5	0.006	1.120	0.895
24.5	0.006	1.103	0.891
25.5	0.006	1.087	0.887
26.5	0.006	1.071	0.883
27.5	0.007	1.055	0.878
28.5	0.007	1.040	0.874

- Distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Tahap	10			Tahap	11		
Htimb (m)	0.500			Htimb (m)	0.279		
q (t/m^2)	0.929			q (t/m^2)	0.519		
b1 (m)	47.75			b1 (m)	47.3311538		
b2 (m)	0.75			b2 (m)	0.4188462		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'10 (t/m2)	z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'11 (t/m2)
5	0.002	1.466	0.928	5.28	0.001	1.460	0.518
6	0.002	1.446	0.928	6.28	0.001	1.439	0.518
7	0.002	1.425	0.928	7.28	0.001	1.418	0.518
8	0.003	1.405	0.927	8.28	0.001	1.398	0.518
9	0.003	1.385	0.926	9.28	0.002	1.377	0.517
10	0.003	1.364	0.925	10.28	0.002	1.357	0.517
11	0.003	1.344	0.924	11.28	0.002	1.337	0.516
12	0.004	1.325	0.923	12.28	0.002	1.317	0.515
13	0.004	1.305	0.922	13.28	0.002	1.297	0.514
14	0.004	1.286	0.920	14.28	0.002	1.278	0.513
15	0.004	1.266	0.918	15.28	0.003	1.259	0.512
16	0.005	1.247	0.916	16.28	0.003	1.240	0.511
17	0.005	1.229	0.914	17.28	0.003	1.221	0.510
18	0.005	1.210	0.911	18.28	0.003	1.202	0.508
19	0.005	1.192	0.908	19.28	0.003	1.184	0.506
20	0.006	1.174	0.905	20.28	0.003	1.166	0.505
21	0.006	1.156	0.902	21.28	0.003	1.148	0.503
22	0.006	1.139	0.899	22.28	0.003	1.131	0.501
23	0.006	1.122	0.895	23.28	0.003	1.114	0.499
24	0.006	1.105	0.891	24.28	0.004	1.097	0.496
25	0.006	1.088	0.887	25.28	0.004	1.080	0.494
26	0.007	1.072	0.883	26.28	0.004	1.064	0.492
27	0.007	1.056	0.879	27.28	0.004	1.048	0.489
28	0.007	1.040	0.874	28.28	0.004	1.032	0.487
29	0.007	1.025	0.869	29.28	0.004	1.017	0.484

- Distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Timbunan 2

Tahap	1			Tahap	2			Tahap	3		
Htimb (m)	0.5			Htimb (m)	0.5			Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.928725			q (t/m^2)	0.928725			q (t/m^2)	0.92872		
b1 (m)	35.7			b1 (m)	34.95			b1 (m)	34.2		
b2 (m)	0.75			b2 (m)	0.75			b2 (m)	0.75		
z (m)	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'1 (t/m2)	z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'2 (t/m2)	z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'3 (t/m2)
0.5	0.000	1.557	0.929	1	0.001	1.542	0.929	1.5	0.001	1.527	0.929
1.5	0.001	1.529	0.929	2	0.001	1.514	0.929	2.5	0.002	1.498	0.929
2.5	0.001	1.501	0.929	3	0.002	1.485	0.928	3.5	0.002	1.469	0.928
3.5	0.002	1.473	0.928	4	0.002	1.457	0.928	4.5	0.003	1.440	0.928
4.5	0.003	1.445	0.928	5	0.003	1.429	0.928	5.5	0.003	1.411	0.927
5.5	0.003	1.418	0.927	6	0.004	1.401	0.927	6.5	0.004	1.383	0.926
6.5	0.004	1.391	0.927	7	0.004	1.373	0.926	7.5	0.004	1.355	0.925
7.5	0.004	1.364	0.925	8	0.005	1.346	0.924	8.5	0.005	1.327	0.923
8.5	0.005	1.337	0.924	9	0.005	1.319	0.923	9.5	0.006	1.300	0.921
9.5	0.005	1.311	0.922	10	0.006	1.292	0.921	10.5	0.006	1.273	0.919
10.5	0.006	1.285	0.920	11	0.006	1.266	0.918	11.5	0.006	1.246	0.916
11.5	0.006	1.259	0.917	12	0.006	1.240	0.915	12.5	0.007	1.220	0.913
12.5	0.006	1.234	0.914	13	0.007	1.215	0.912	13.5	0.007	1.195	0.909
13.5	0.007	1.209	0.911	14	0.007	1.190	0.908	14.5	0.008	1.170	0.905
14.5	0.007	1.185	0.907	15	0.008	1.165	0.904	15.5	0.008	1.145	0.900
15.5	0.008	1.161	0.903	16	0.008	1.141	0.899	16.5	0.008	1.121	0.895
16.5	0.008	1.138	0.899	17	0.008	1.118	0.895	17.5	0.009	1.098	0.890
17.5	0.008	1.115	0.894	18	0.009	1.095	0.889	18.5	0.009	1.075	0.884
18.5	0.008	1.093	0.889	19	0.009	1.073	0.884	19.5	0.009	1.053	0.878
19.5	0.009	1.071	0.883	20	0.009	1.051	0.878	20.5	0.010	1.031	0.872
20.5	0.009	1.050	0.877	21	0.009	1.030	0.871	21.5	0.010	1.010	0.865
21.5	0.009	1.029	0.871	22	0.010	1.009	0.865	22.5	0.010	0.989	0.858
22.5	0.009	1.008	0.864	23	0.010	0.989	0.858	23.5	0.010	0.969	0.851
23.5	0.010	0.989	0.858	24	0.010	0.969	0.851	24.5	0.010	0.949	0.843
24.5	0.010	0.969	0.851	25	0.010	0.950	0.843	25.5	0.010	0.930	0.835

- Distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Tahap	4		
Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.9287		
b1 (m)	33.45		
b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'4 (t/m2)
2	0.001	1.511	0.929
3	0.002	1.481	0.928
4	0.003	1.452	0.928
5	0.003	1.422	0.927
6	0.004	1.393	0.927
7	0.004	1.365	0.925
8	0.005	1.336	0.924
9	0.006	1.308	0.922
10	0.006	1.280	0.920
11	0.007	1.253	0.917
12	0.007	1.226	0.913
13	0.007	1.200	0.910
14	0.008	1.174	0.906
15	0.008	1.149	0.901
16	0.009	1.125	0.896
17	0.009	1.101	0.891
18	0.009	1.077	0.885
19	0.009	1.054	0.879
20	0.010	1.032	0.872
21	0.010	1.010	0.865
22	0.010	0.989	0.858
23	0.010	0.968	0.851
24	0.010	0.948	0.843
25	0.011	0.929	0.835
26	0.011	0.910	0.827

Tahap	5		
Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.928725		
b1 (m)	32.7		
b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'5 (t/m2)
2.5	0.002	1.494	0.929
3.5	0.002	1.464	0.928
4.5	0.003	1.434	0.928
5.5	0.004	1.404	0.927
6.5	0.004	1.375	0.926
7.5	0.005	1.345	0.924
8.5	0.005	1.316	0.923
9.5	0.006	1.288	0.920
10.5	0.007	1.260	0.917
11.5	0.007	1.233	0.914
12.5	0.007	1.206	0.911
13.5	0.008	1.179	0.906
14.5	0.008	1.153	0.902
15.5	0.009	1.128	0.897
16.5	0.009	1.103	0.891
17.5	0.009	1.079	0.885
18.5	0.010	1.056	0.879
19.5	0.010	1.033	0.872
20.5	0.010	1.011	0.865
21.5	0.010	0.989	0.858
22.5	0.011	0.968	0.850
23.5	0.011	0.948	0.843
24.5	0.011	0.928	0.835
25.5	0.011	0.908	0.826
26.5	0.011	0.890	0.818

Tahap	6		
Htimb (m)	0.5		
q (t/m^2)	0.928725		
b1 (m)	31.95		
b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'6 (t/m2)
3	0.002	1.477	0.928
4	0.003	1.446	0.928
5	0.004	1.416	0.927
6	0.004	1.385	0.926
7	0.005	1.355	0.925
8	0.005	1.325	0.923
9	0.006	1.296	0.921
10	0.007	1.267	0.918
11	0.007	1.239	0.915
12	0.008	1.212	0.911
13	0.008	1.184	0.907
14	0.008	1.158	0.903
15	0.009	1.132	0.898
16	0.009	1.107	0.892
17	0.010	1.082	0.886
18	0.010	1.058	0.880
19	0.010	1.034	0.873
20	0.010	1.011	0.866
21	0.011	0.989	0.858
22	0.011	0.968	0.850
23	0.011	0.947	0.842
24	0.011	0.927	0.834
25	0.011	0.907	0.826
26	0.011	0.888	0.817
27	0.011	0.869	0.808

- Distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Tahap	7			Tahap	8			Tahap	9		
Htimb (m)	0.5			Htimb (m)	0.5			Htimb (m)	0.500		
q (t/m^2)	0.928725			q (t/m^2)	0.928725			q (t/m^2)	0.929		
b1 (m)	31.2			b1 (m)	30.45			b1 (m)	29.7		
b2 (m)	0.75			b2 (m)	0.75			b2 (m)	0.75		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'7 (t/m2)	z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'8 (t/m2)	z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'9 (t/m2)
3.5	0.003	1.459	0.928	4	0.003	1.440	0.928	4.5	0.004	1.420	0.927
4.5	0.003	1.428	0.928	5	0.004	1.408	0.927	5.5	0.004	1.388	0.926
5.5	0.004	1.396	0.927	6	0.005	1.376	0.926	6.5	0.005	1.355	0.925
6.5	0.005	1.365	0.925	7	0.005	1.345	0.924	7.5	0.006	1.323	0.923
7.5	0.005	1.335	0.924	8	0.006	1.314	0.922	8.5	0.007	1.292	0.921
8.5	0.006	1.305	0.922	9	0.007	1.283	0.920	9.5	0.007	1.261	0.918
9.5	0.007	1.275	0.919	10	0.007	1.253	0.917	10.5	0.008	1.231	0.914
10.5	0.007	1.246	0.916	11	0.008	1.224	0.913	11.5	0.008	1.201	0.910
11.5	0.008	1.218	0.912	12	0.008	1.195	0.909	12.5	0.009	1.172	0.905
12.5	0.008	1.190	0.908	13	0.009	1.167	0.904	13.5	0.009	1.144	0.900
13.5	0.009	1.162	0.904	14	0.009	1.140	0.899	14.5	0.010	1.117	0.894
14.5	0.009	1.136	0.898	15	0.010	1.113	0.894	15.5	0.010	1.090	0.888
15.5	0.009	1.110	0.893	16	0.010	1.087	0.887	16.5	0.011	1.064	0.881
16.5	0.010	1.084	0.887	17	0.010	1.062	0.881	17.5	0.011	1.038	0.874
17.5	0.010	1.060	0.880	18	0.011	1.037	0.874	18.5	0.011	1.014	0.867
18.5	0.010	1.036	0.873	19	0.011	1.013	0.866	19.5	0.011	0.990	0.858
19.5	0.011	1.012	0.866	20	0.011	0.990	0.858	20.5	0.012	0.967	0.850
20.5	0.011	0.989	0.858	21	0.011	0.967	0.850	21.5	0.012	0.944	0.841
21.5	0.011	0.967	0.850	22	0.012	0.945	0.842	22.5	0.012	0.922	0.833
22.5	0.011	0.946	0.842	23	0.012	0.924	0.833	23.5	0.012	0.901	0.823
23.5	0.011	0.925	0.834	24	0.012	0.903	0.824	24.5	0.012	0.881	0.814
24.5	0.012	0.905	0.825	25	0.012	0.883	0.815	25.5	0.012	0.861	0.805
25.5	0.012	0.886	0.816	26	0.012	0.864	0.806	26.5	0.012	0.842	0.795
26.5	0.012	0.867	0.807	27	0.012	0.845	0.796	27.5	0.012	0.824	0.785
27.5	0.012	0.848	0.798	28	0.012	0.827	0.787	28.5	0.012	0.806	0.775

- Distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Tahap	10		
Htimb (m)	0.090		
q (t/m^2)	0.168		
b1 (m)	29.5642925		
b2 (m)	0.13570755		
z	α1 (rad)	α2 (rad)	Δσ'10 (t/m2)
4.6	0.001	1.417	0.168
5.6	0.001	1.384	0.168
6.6	0.001	1.351	0.167
7.6	0.001	1.319	0.167
8.6	0.001	1.288	0.166
9.6	0.001	1.257	0.166
10.6	0.001	1.227	0.165
11.6	0.002	1.197	0.164
12.6	0.002	1.168	0.164
13.6	0.002	1.140	0.163
14.6	0.002	1.112	0.161
15.6	0.002	1.086	0.160
16.6	0.002	1.059	0.159
17.6	0.002	1.034	0.158
18.6	0.002	1.009	0.156
19.6	0.002	0.986	0.155
20.6	0.002	0.962	0.153
21.6	0.002	0.940	0.152
22.6	0.002	0.918	0.150
23.6	0.002	0.897	0.148
24.6	0.002	0.877	0.147
25.6	0.002	0.857	0.145
26.6	0.002	0.838	0.143
27.6	0.002	0.820	0.141
28.6	0.002	0.802	0.139

- Rekapitulasi distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Timbunan 1

Tahap		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
No	z (m)	Δσ'1 (t/m2)	Δσ'2 (t/m2)	Δσ'3 (t/m2)	Δσ'4 (t/m2)	Δσ'5 (t/m2)	Δσ'6 (t/m2)	Δσ'7 (t/m2)	Δσ'8 (t/m2)	Δσ'9 (t/m2)	Δσ'10 (t/m2)	Δσ11 (t/m2)
1	0.5	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.928	0.928	0.518
2	1.5	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.928	0.928	0.928	0.928	0.518
3	2.5	0.929	0.929	0.929	0.929	0.928	0.928	0.928	0.928	0.928	0.928	0.518
4	3.5	0.929	0.929	0.928	0.928	0.928	0.928	0.928	0.928	0.927	0.927	0.518
5	4.5	0.929	0.928	0.928	0.928	0.928	0.928	0.927	0.927	0.927	0.926	0.517
6	5.5	0.928	0.928	0.928	0.928	0.928	0.927	0.927	0.926	0.926	0.925	0.517
7	6.5	0.928	0.928	0.928	0.927	0.927	0.927	0.926	0.926	0.925	0.924	0.516
8	7.5	0.928	0.927	0.927	0.927	0.926	0.926	0.925	0.925	0.924	0.923	0.515
9	8.5	0.927	0.927	0.927	0.926	0.926	0.925	0.924	0.924	0.923	0.922	0.514
10	9.5	0.927	0.926	0.926	0.925	0.925	0.924	0.923	0.922	0.921	0.920	0.513
11	10.5	0.926	0.926	0.925	0.924	0.924	0.923	0.922	0.921	0.919	0.918	0.512
12	11.5	0.925	0.925	0.924	0.923	0.922	0.921	0.920	0.919	0.918	0.916	0.511
13	12.5	0.924	0.924	0.923	0.922	0.921	0.920	0.918	0.917	0.915	0.914	0.510
14	13.5	0.923	0.922	0.921	0.920	0.919	0.918	0.916	0.915	0.913	0.911	0.508
15	14.5	0.922	0.921	0.920	0.919	0.917	0.916	0.914	0.913	0.911	0.908	0.506
16	15.5	0.921	0.920	0.918	0.917	0.915	0.914	0.912	0.910	0.908	0.905	0.505
17	16.5	0.919	0.918	0.916	0.915	0.913	0.911	0.909	0.907	0.905	0.902	0.503
18	17.5	0.917	0.916	0.914	0.913	0.911	0.909	0.907	0.904	0.902	0.899	0.501
19	18.5	0.915	0.914	0.912	0.910	0.908	0.906	0.904	0.901	0.898	0.895	0.499
20	19.5	0.913	0.912	0.910	0.908	0.906	0.903	0.901	0.898	0.895	0.891	0.496
21	20.5	0.911	0.909	0.907	0.905	0.903	0.900	0.897	0.894	0.891	0.887	0.494
22	21.5	0.909	0.907	0.904	0.902	0.899	0.897	0.894	0.890	0.887	0.883	0.492
23	22.5	0.906	0.904	0.902	0.899	0.896	0.893	0.890	0.886	0.883	0.879	0.489
24	23.5	0.903	0.901	0.898	0.896	0.893	0.889	0.886	0.882	0.878	0.874	0.487
25	24.5	0.901	0.898	0.895	0.892	0.889	0.886	0.882	0.878	0.874	0.869	0.484

- Rekapitulasi distribusi tegangan pada tiap lapisan tanah akibat tahapan penimbunan

Timbunan 2

Tahap		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
No	z (m)	Δσ'1 (t/m2)	Δσ'2 (t/m2)	Δσ'3 (t/m2)	Δσ'4 (t/m2)	Δσ'5 (t/m2)	Δσ'6 (t/m2)	Δσ'7 (t/m2)	Δσ'8 (t/m2)	Δσ'9 (t/m2)	Δσ'10 (t/m2)
1	0.5	0.929	0.929	0.929	0.929	0.929	0.928	0.928	0.928	0.927	0.168
2	1.5	0.929	0.929	0.929	0.928	0.928	0.928	0.928	0.927	0.926	0.168
3	2.5	0.929	0.928	0.928	0.928	0.928	0.927	0.927	0.926	0.925	0.167
4	3.5	0.928	0.928	0.928	0.927	0.927	0.926	0.925	0.924	0.923	0.167
5	4.5	0.928	0.928	0.927	0.927	0.926	0.925	0.924	0.922	0.921	0.166
6	5.5	0.927	0.927	0.926	0.925	0.924	0.923	0.922	0.920	0.918	0.166
7	6.5	0.927	0.926	0.925	0.924	0.923	0.921	0.919	0.917	0.914	0.165
8	7.5	0.925	0.924	0.923	0.922	0.920	0.918	0.916	0.913	0.910	0.164
9	8.5	0.924	0.923	0.921	0.920	0.917	0.915	0.912	0.909	0.905	0.164
10	9.5	0.922	0.921	0.919	0.917	0.914	0.911	0.908	0.904	0.900	0.163
11	10.5	0.920	0.918	0.916	0.913	0.911	0.907	0.904	0.899	0.894	0.161
12	11.5	0.917	0.915	0.913	0.910	0.906	0.903	0.898	0.894	0.888	0.160
13	12.5	0.914	0.912	0.909	0.906	0.902	0.898	0.893	0.887	0.881	0.159
14	13.5	0.911	0.908	0.905	0.901	0.897	0.892	0.887	0.881	0.874	0.158
15	14.5	0.907	0.904	0.900	0.896	0.891	0.886	0.880	0.874	0.867	0.156
16	15.5	0.903	0.899	0.895	0.891	0.885	0.880	0.873	0.866	0.858	0.155
17	16.5	0.899	0.895	0.890	0.885	0.879	0.873	0.866	0.858	0.850	0.153
18	17.5	0.894	0.889	0.884	0.879	0.872	0.866	0.858	0.850	0.841	0.152
19	18.5	0.889	0.884	0.878	0.872	0.865	0.858	0.850	0.842	0.833	0.150
20	19.5	0.883	0.878	0.872	0.865	0.858	0.850	0.842	0.833	0.823	0.148
21	20.5	0.877	0.871	0.865	0.858	0.850	0.842	0.834	0.824	0.814	0.147
22	21.5	0.871	0.865	0.858	0.851	0.843	0.834	0.825	0.815	0.805	0.145
23	22.5	0.864	0.858	0.851	0.843	0.835	0.826	0.816	0.806	0.795	0.143
24	23.5	0.858	0.851	0.843	0.835	0.826	0.817	0.807	0.796	0.785	0.141
25	24.5	0.851	0.843	0.835	0.827	0.818	0.808	0.798	0.787	0.775	0.139

- Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi (U) 100% Timbunan 1

	U	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Htimb (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.279
No	z (m)	σ'o (t/m2)	σ'1 (t/m2)	σ'2 (t/m2)	σ'3 (t/m2)	σ'4 (t/m2)	σ'5 (t/m2)	σ'6 (t/m2)	σ'7 (t/m2)	σ'8 (t/m2)	σ'9 (t/m2)	σ'10 (t/m2)	σ'11 (t/m2)
1	0.5	0.959	1.888	2.816	3.745	4.674	5.602	6.531	7.460	8.388	9.317	10.245	10.763
2	1.5	1.852	2.780	3.709	4.638	5.566	6.495	7.424	8.352	9.280	10.208	11.136	11.655
3	2.5	2.744	3.673	4.602	5.530	6.459	7.387	8.316	9.244	10.172	11.100	12.027	12.545
4	3.5	3.489	4.418	5.346	6.275	7.203	8.132	9.060	9.988	10.915	11.843	12.770	13.287
5	4.5	4.086	5.015	5.943	6.871	7.800	8.727	9.655	10.583	11.510	12.437	13.363	13.880
6	5.5	4.650	5.578	6.507	7.435	8.362	9.290	10.217	11.144	12.071	12.997	13.922	14.438
7	6.5	5.181	6.109	7.037	7.965	8.892	9.819	10.746	11.672	12.597	13.523	14.447	14.963
8	7.5	5.712	6.640	7.567	8.494	9.421	10.347	11.273	12.199	13.123	14.047	14.970	15.485
9	8.5	6.281	7.208	8.135	9.062	9.988	10.913	11.838	12.763	13.686	14.609	15.530	16.045
10	9.5	6.887	7.814	8.741	9.666	10.592	11.516	12.440	13.363	14.286	15.207	16.127	16.640
11	10.5	7.494	8.420	9.346	10.271	11.195	12.119	13.041	13.963	14.884	15.803	16.721	17.233
12	11.5	8.101	9.026	9.951	10.875	11.798	12.720	13.642	14.562	15.481	16.398	17.314	17.825
13	12.5	8.708	9.632	10.556	11.478	12.400	13.321	14.241	15.159	16.076	16.992	17.905	18.415
14	13.5	9.314	10.238	11.160	12.081	13.002	13.921	14.839	15.756	16.670	17.583	18.495	19.003
15	14.5	9.921	10.843	11.764	12.684	13.603	14.520	15.436	16.351	17.263	18.174	19.082	19.588
16	15.5	10.528	11.448	12.368	13.286	14.203	15.119	16.032	16.944	17.854	18.762	19.667	20.172
17	16.5	11.135	12.054	12.971	13.888	14.803	15.716	16.627	17.537	18.444	19.349	20.251	20.754
18	17.5	11.715	12.632	13.548	14.463	15.376	16.286	17.195	18.102	19.006	19.908	20.806	21.307
19	18.5	12.269	13.185	14.099	15.011	15.921	16.830	17.736	18.639	19.540	20.439	21.334	21.833
20	19.5	12.824	13.737	14.649	15.559	16.466	17.372	18.275	19.176	20.073	20.968	21.859	22.356
21	20.5	13.378	14.289	15.198	16.106	17.011	17.913	18.813	19.710	20.605	21.495	22.383	22.877
22	21.5	13.932	14.841	15.748	16.652	17.554	18.454	19.351	20.244	21.135	22.021	22.904	23.396
23	22.5	14.487	15.393	16.297	17.198	18.097	18.994	19.887	20.777	21.663	22.546	23.424	23.914
24	23.5	15.041	15.944	16.845	17.744	18.640	19.532	20.422	21.308	22.190	23.068	23.943	24.429
25	24.5	15.595	16.496	17.394	18.289	19.181	20.070	20.956	21.838	22.716	23.590	24.459	24.943

- Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi (U) 100% Timbunan 2

	U	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	Htimb (m)	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	4.6
No	z (m)	σ'o (t/m2)	σ'1 (t/m2)	σ'2 (t/m2)	σ'3 (t/m2)	σ'4 (t/m2)	σ'5 (t/m2)	σ'6 (t/m2)	σ'7 (t/m2)	σ'8 (t/m2)	σ'9 (t/m2)	σ'10 (t/m2)
1	0.5	0.959	1.888	2.816	3.745	4.674	5.602	6.531	7.459	8.387	9.314	9.482
2	1.5	1.852	2.780	3.709	4.638	5.566	6.494	7.422	8.350	9.277	10.203	10.371
3	2.5	2.744	3.673	4.602	5.530	6.458	7.386	8.313	9.240	10.166	11.091	11.258
4	3.5	3.489	4.418	5.346	6.274	7.201	8.128	9.054	9.980	10.904	11.827	11.994
5	4.5	4.086	5.014	5.942	6.869	7.796	8.721	9.646	10.570	11.492	12.413	12.580
6	5.5	4.650	5.577	6.504	7.430	8.356	9.280	10.203	11.125	12.045	12.963	13.128
7	6.5	5.181	6.107	7.033	7.958	8.882	9.805	10.725	11.645	12.561	13.475	13.641
8	7.5	5.712	6.637	7.562	8.485	9.407	10.327	11.245	12.161	13.074	13.984	14.149
9	8.5	6.281	7.205	8.127	9.048	9.968	10.885	11.801	12.713	13.622	14.527	14.691
10	9.5	6.887	7.810	8.730	9.649	10.566	11.480	12.391	13.300	14.204	15.104	15.267
11	10.5	7.494	8.414	9.332	10.248	11.162	12.072	12.979	13.883	14.782	15.677	15.838
12	11.5	8.101	9.018	9.933	10.846	11.756	12.662	13.565	14.463	15.357	16.245	16.405
13	12.5	8.708	9.622	10.534	11.443	12.348	13.250	14.148	15.041	15.928	16.809	16.969
14	13.5	9.314	10.225	11.134	12.038	12.939	13.836	14.728	15.615	16.496	17.370	17.528
15	14.5	9.921	10.828	11.732	12.633	13.529	14.420	15.306	16.186	17.060	17.926	18.083
16	15.5	10.528	11.431	12.331	13.226	14.116	15.002	15.881	16.755	17.621	18.479	18.634
17	16.5	11.135	12.033	12.928	13.818	14.703	15.582	16.454	17.320	18.179	19.029	19.182
18	17.5	11.715	12.609	13.498	14.382	15.261	16.133	16.999	17.857	18.708	19.549	19.701
19	18.5	12.269	13.158	14.042	14.920	15.792	16.657	17.515	18.366	19.207	20.040	20.190
20	19.5	12.824	13.707	14.584	15.456	16.321	17.179	18.030	18.872	19.705	20.528	20.677
21	20.5	13.378	14.255	15.127	15.991	16.849	17.700	18.542	19.376	20.200	21.014	21.161
22	21.5	13.932	14.803	15.668	16.526	17.377	18.219	19.053	19.878	20.693	21.498	21.643
23	22.5	14.487	15.351	16.209	17.060	17.903	18.737	19.563	20.379	21.185	21.979	22.122
24	23.5	15.041	15.899	16.749	17.593	18.428	19.254	20.071	20.878	21.674	22.460	22.601
25	24.5	15.595	16.446	17.289	18.125	18.952	19.770	20.578	21.376	22.163	22.938	23.078

- Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi (U) <100% Timbunan 1

Tahap			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Umur Timb (minggu)			11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
U (%)		100	68.309	64.917	61.157	56.986	52.357	47.216	41.502	35.141	28.044	20.096	11.107	
No	z (m)	σ'o (t/m2)	Δσ'1 (t/m2)	Δσ'2 (t/m2)	Δσ'3 (t/m2)	Δσ'4 (t/m2)	Δσ'5 (t/m2)	Δσ'6 (t/m2)	Δσ'7 (t/m2)	Δσ'8 (t/m2)	Δσ'9 (t/m2)	Δσ'10 (t/m2)	Δσ'11 (t/m2)	∑σ' (t/m2)
1	0.5	0.959	0.564	0.560	0.536	0.504	0.465	0.421	0.370	0.314	0.251	0.180	0.056	5.180
2	1.5	1.852	0.593	0.572	0.543	0.508	0.468	0.423	0.372	0.315	0.251	0.180	0.056	6.134
3	2.5	2.744	0.605	0.579	0.548	0.511	0.471	0.425	0.373	0.316	0.252	0.180	0.056	7.060
4	3.5	3.489	0.610	0.582	0.550	0.513	0.472	0.426	0.374	0.317	0.252	0.181	0.056	7.824
5	4.5	4.086	0.613	0.585	0.552	0.514	0.473	0.426	0.375	0.317	0.253	0.181	0.056	8.431
6	5.5	4.650	0.616	0.586	0.553	0.515	0.473	0.427	0.375	0.317	0.253	0.181	0.056	9.002
7	6.5	5.181	0.617	0.587	0.554	0.516	0.474	0.427	0.375	0.317	0.253	0.181	0.056	9.539
8	7.5	5.712	0.618	0.588	0.554	0.516	0.474	0.427	0.375	0.317	0.253	0.181	0.056	10.073
9	8.5	6.281	0.619	0.589	0.555	0.517	0.474	0.427	0.375	0.317	0.253	0.181	0.056	10.644
10	9.5	6.887	0.620	0.589	0.555	0.517	0.474	0.427	0.375	0.317	0.253	0.181	0.056	11.253
11	10.5	7.494	0.621	0.590	0.555	0.517	0.474	0.427	0.375	0.317	0.252	0.180	0.056	11.859
12	11.5	8.101	0.621	0.590	0.555	0.517	0.474	0.427	0.375	0.317	0.252	0.180	0.056	12.465
13	12.5	8.708	0.621	0.590	0.555	0.517	0.474	0.427	0.374	0.316	0.252	0.180	0.056	13.069
14	13.5	9.314	0.621	0.590	0.555	0.516	0.473	0.426	0.374	0.316	0.251	0.179	0.056	13.671
15	14.5	9.921	0.621	0.589	0.554	0.516	0.473	0.425	0.373	0.315	0.251	0.179	0.056	14.273
16	15.5	10.528	0.620	0.589	0.554	0.515	0.472	0.425	0.372	0.314	0.250	0.179	0.055	14.874
17	16.5	11.135	0.620	0.588	0.553	0.514	0.471	0.424	0.372	0.314	0.249	0.178	0.055	15.473
18	17.5	11.715	0.619	0.587	0.552	0.513	0.470	0.423	0.371	0.313	0.249	0.177	0.055	16.045
19	18.5	12.269	0.618	0.586	0.551	0.512	0.469	0.422	0.370	0.312	0.248	0.177	0.055	16.589
20	19.5	12.824	0.617	0.585	0.550	0.511	0.468	0.421	0.368	0.311	0.247	0.176	0.055	17.133
21	20.5	13.378	0.616	0.584	0.549	0.510	0.467	0.419	0.367	0.310	0.246	0.175	0.054	17.675
22	21.5	13.932	0.615	0.582	0.547	0.508	0.465	0.418	0.366	0.309	0.245	0.175	0.054	18.216
23	22.5	14.487	0.613	0.581	0.546	0.507	0.464	0.417	0.365	0.307	0.244	0.174	0.054	18.757
24	23.5	15.041	0.611	0.579	0.544	0.505	0.462	0.415	0.363	0.306	0.243	0.173	0.054	19.296
25	24.5	15.595	0.610	0.578	0.542	0.503	0.460	0.413	0.362	0.305	0.242	0.172	0.053	19.835

- Perhitungan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah untuk Derajat Konsolidasi (U) <100% Timbunan 2

Tahap			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Umur Timb (minggu)			10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Total
U (%)		100	64.917	61.157	56.986	52.357	47.216	41.502	35.141	28.044	20.096	11.107	
No	z (m)	σ'o (t/m2)	Δσ'1 (t/m2)	Δσ'2 (t/m2)	Δσ'3 (t/m2)	Δσ'4 (t/m2)	Δσ'5 (t/m2)	Δσ'6 (t/m2)	Δσ'7 (t/m2)	Δσ'8 (t/m2)	Δσ'9 (t/m2)	Δσ'10 (t/m2)	∑σ' (t/m2)
1	0.5	0.959	0.530	0.523	0.497	0.461	0.418	0.368	0.312	0.249	0.179	0.018	4.513
2	1.5	1.852	0.559	0.536	0.504	0.465	0.420	0.370	0.314	0.250	0.179	0.018	5.467
3	2.5	2.744	0.572	0.543	0.508	0.468	0.423	0.372	0.315	0.251	0.179	0.018	6.392
4	3.5	3.489	0.577	0.546	0.510	0.470	0.424	0.372	0.315	0.251	0.180	0.018	7.153
5	4.5	4.086	0.581	0.549	0.512	0.471	0.424	0.373	0.315	0.251	0.179	0.018	7.758
6	5.5	4.650	0.583	0.550	0.513	0.471	0.424	0.373	0.315	0.251	0.179	0.018	8.326
7	6.5	5.181	0.584	0.551	0.513	0.471	0.424	0.372	0.314	0.250	0.179	0.018	8.857
8	7.5	5.712	0.585	0.551	0.513	0.471	0.424	0.372	0.314	0.249	0.178	0.018	9.386
9	8.5	6.281	0.585	0.551	0.513	0.470	0.423	0.371	0.313	0.249	0.177	0.018	9.951
10	9.5	6.887	0.585	0.551	0.512	0.470	0.422	0.370	0.312	0.248	0.176	0.018	10.551
11	10.5	7.494	0.585	0.550	0.511	0.469	0.421	0.369	0.311	0.247	0.176	0.018	11.149
12	11.5	8.101	0.584	0.549	0.510	0.467	0.420	0.367	0.309	0.245	0.174	0.018	11.745
13	12.5	8.708	0.583	0.548	0.509	0.466	0.418	0.365	0.308	0.244	0.173	0.018	12.338
14	13.5	9.314	0.582	0.546	0.507	0.464	0.416	0.363	0.306	0.242	0.172	0.017	12.930
15	14.5	9.921	0.580	0.544	0.505	0.461	0.414	0.361	0.304	0.240	0.171	0.017	13.519
16	15.5	10.528	0.578	0.542	0.502	0.459	0.411	0.359	0.302	0.239	0.169	0.017	14.106
17	16.5	11.135	0.575	0.539	0.500	0.456	0.409	0.356	0.299	0.237	0.168	0.017	14.691
18	17.5	11.715	0.573	0.537	0.497	0.453	0.406	0.354	0.297	0.234	0.166	0.017	15.249
19	18.5	12.269	0.570	0.534	0.494	0.450	0.403	0.351	0.294	0.232	0.164	0.017	15.778
20	19.5	12.824	0.567	0.530	0.491	0.447	0.400	0.348	0.292	0.230	0.163	0.016	16.306
21	20.5	13.378	0.563	0.527	0.487	0.444	0.396	0.345	0.289	0.228	0.161	0.016	16.833
22	21.5	13.932	0.559	0.523	0.483	0.440	0.393	0.342	0.286	0.225	0.159	0.016	17.359
23	22.5	14.487	0.555	0.519	0.479	0.436	0.389	0.338	0.283	0.223	0.157	0.016	17.884
24	23.5	15.041	0.551	0.515	0.475	0.432	0.386	0.335	0.280	0.220	0.156	0.016	18.407
25	24.5	15.595	0.547	0.511	0.471	0.428	0.382	0.331	0.277	0.218	0.154	0.015	18.930

- Perhitungan Kenaikan Cu pada Tanah Dasar

Timbunan 1

		Umur	11
		U(%)	68.309
z (m)	ϕ	Cu Lama (kg/cm2)	Cu Baru (kg/cm2)
0.5	15	0.000	0.000
1.5	15	0.000	0.000
2.5	15	0.000	0.000
3.5	11	0.360	0.441
4.5	11	0.360	0.441
5.5	7	0.410	0.462
6.5	7	0.410	0.462
7.5	7	0.410	0.462
8.5	8.7	0.352	0.417
9.5	8.7	0.352	0.417
10.5	8.7	0.352	0.417
11.5	8.7	0.352	0.417
12.5	8.7	0.352	0.417
13.5	8.7	0.352	0.417
14.5	8.7	0.352	0.417
15.5	8.7	0.352	0.417
16.5	8.7	0.352	0.417
17.5	7.9	0.352	0.410
18.5	7.9	0.352	0.410
19.5	7.9	0.352	0.410
20.5	7.9	0.352	0.410
21.5	7.9	0.352	0.410
22.5	7.9	0.352	0.410
23.5	7.9	0.352	0.410
24.5	7.9	0.352	0.410

Timbunan 2

		Umur	10
		U(%)	64.917
z (m)	ϕ	Cu Lama (kg/cm2)	Cu Baru (kg/cm2)
0.5	15	0.000	0.000
1.5	15	0.000	0.000
2.5	15	0.000	0.000
3.5	11	0.360	0.433
4.5	11	0.360	0.433
5.5	7	0.410	0.456
6.5	7	0.410	0.457
7.5	7	0.410	0.457
8.5	8.7	0.352	0.410
9.5	8.7	0.352	0.410
10.5	8.7	0.352	0.410
11.5	8.7	0.352	0.410
12.5	8.7	0.352	0.410
13.5	8.7	0.352	0.410
14.5	8.7	0.352	0.410
15.5	8.7	0.352	0.409
16.5	8.7	0.352	0.409
17.5	7.9	0.352	0.403
18.5	7.9	0.352	0.403
19.5	7.9	0.352	0.403
20.5	7.9	0.352	0.402
21.5	7.9	0.352	0.402
22.5	7.9	0.352	0.402
23.5	7.9	0.352	0.401
24.5	7.9	0.352	0.401

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

Timbunan 1

					Tahap			1			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'1 (t/m2)	σ'1 (t/m2)	Rumus	Sc1 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.929	1.888	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.929	2.780	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.929	3.673	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.929	4.418	rumus 1	0.005
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.929	5.015	rumus 1	0.004
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.928	5.578	rumus 1	0.004
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.928	6.109	rumus 1	0.003
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.928	6.640	rumus 1	0.003
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.927	7.208	rumus 1	0.002
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.927	7.814	rumus 1	0.002
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.926	8.420	rumus 1	0.001
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.925	9.026	rumus 1	0.001
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.924	9.632	rumus 1	0.001
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.923	10.238	rumus 1	0.001
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.922	10.843	rumus 1	0.001
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.921	11.448	rumus 1	0.001
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.919	12.054	rumus 1	0.001
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.917	12.632	rumus 1	0.001
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.915	13.185	rumus 1	0.001
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.913	13.737	rumus 1	0.001
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.911	14.289	rumus 1	0.001
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.909	14.841	rumus 1	0.000
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.906	15.393	rumus 1	0.000
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.903	15.944	rumus 1	0.000
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.901	16.496	rumus 1	0.000
										Sc Total	**0.034**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			2			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'2 (t/m2)	σ'2 (t/m2)	Rumus	Sc2 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.929	2.816	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.929	3.709	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.929	4.602	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.929	5.346	rumus 2	0.012
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.928	5.943	rumus 2	0.011
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.928	6.507	rumus 2	0.010
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.928	7.037	rumus 2	0.009
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.927	7.567	rumus 2	0.009
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.927	8.135	rumus 2	0.007
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.926	8.741	rumus 2	0.006
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.926	9.346	rumus 2	0.006
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.925	9.951	rumus 2	0.005
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.924	10.556	rumus 2	0.005
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.922	11.160	rumus 2	0.005
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.921	11.764	rumus 2	0.004
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.920	12.368	rumus 2	0.004
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.918	12.971	rumus 2	0.004
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.916	13.548	rumus 2	0.004
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.914	14.099	rumus 2	0.004
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.912	14.649	rumus 2	0.004
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.909	15.198	rumus 2	0.004
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.907	15.748	rumus 2	0.003
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.904	16.297	rumus 2	0.003
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.901	16.845	rumus 2	0.003
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.898	17.394	rumus 2	0.003
										Sc Total	**0.126**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			3			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'3 (t/m2)	σ'3 (t/m2)	Rumus	Sc3 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.929	3.745	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.929	4.638	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.929	5.530	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.928	6.275	rumus 3	0.019
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.928	6.871	rumus 3	0.018
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.928	7.435	rumus 3	0.017
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.928	7.965	rumus 3	0.015
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.927	8.494	rumus 3	0.014
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.927	9.062	rumus 3	0.011
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.926	9.666	rumus 3	0.010
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.925	10.271	rumus 3	0.009
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.924	10.875	rumus 3	0.009
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.923	11.478	rumus 3	0.008
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.921	12.081	rumus 3	0.008
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.920	12.684	rumus 3	0.007
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.918	13.286	rumus 3	0.007
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.916	13.888	rumus 3	0.006
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.914	14.463	rumus 3	0.007
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.912	15.011	rumus 3	0.007
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.910	15.559	rumus 3	0.006
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.907	16.106	rumus 3	0.006
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.904	16.652	rumus 3	0.006
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.902	17.198	rumus 3	0.006
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.898	17.744	rumus 3	0.005
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.895	18.289	rumus 3	0.005
										Sc Total	**0.205**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			4			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'4 (t/m2)	σ'4 (t/m2)	Rumus	Sc4 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.929	4.674	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.929	5.566	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.929	6.459	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.928	7.203	rumus 3	0.017
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.928	7.800	rumus 3	0.015
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.928	8.362	rumus 3	0.015
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.927	8.892	rumus 3	0.014
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.927	9.421	rumus 3	0.013
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.926	9.988	rumus 3	0.009
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.925	10.592	rumus 3	0.009
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.924	11.195	rumus 3	0.008
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.923	11.798	rumus 3	0.008
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.922	12.400	rumus 3	0.007
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.920	13.002	rumus 3	0.007
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.919	13.603	rumus 3	0.007
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.917	14.203	rumus 3	0.006
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.915	14.803	rumus 3	0.006
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.913	15.376	rumus 3	0.006
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.910	15.921	rumus 3	0.006
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.908	16.466	rumus 3	0.006
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.905	17.011	rumus 3	0.006
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.902	17.554	rumus 3	0.005
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.899	18.097	rumus 3	0.005
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.896	18.640	rumus 3	0.005
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.892	19.181	rumus 3	0.005
										Sc Total	**0.185**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			5			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'5 (t/m2)	σ'5 (t/m2)	Rumus	Sc5 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.929	5.602	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.929	6.495	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	7.387	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.928	8.132	rumus 3	0.015
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.928	8.727	rumus 3	0.013
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.928	9.290	rumus 3	0.013
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.927	9.819	rumus 3	0.012
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.926	10.347	rumus 3	0.011
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.926	10.913	rumus 3	0.009
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.925	11.516	rumus 3	0.008
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.924	12.119	rumus 3	0.008
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.922	12.720	rumus 3	0.007
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.921	13.321	rumus 3	0.007
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.919	13.921	rumus 3	0.006
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.917	14.520	rumus 3	0.006
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.915	15.119	rumus 3	0.006
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.913	15.716	rumus 3	0.006
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.911	16.286	rumus 3	0.006
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.908	16.830	rumus 3	0.006
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.906	17.372	rumus 3	0.006
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.903	17.913	rumus 3	0.005
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.899	18.454	rumus 3	0.005
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.896	18.994	rumus 3	0.005
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.893	19.532	rumus 3	0.005
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.889	20.070	rumus 3	0.005
										Sc Total	**0.168**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			6			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'6 (t/m2)	σ'6 (t/m2)	Rumus	Sc6 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.929	6.531	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.929	7.424	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	8.316	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.928	9.060	rumus 3	0.013
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.928	9.655	rumus 3	0.012
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.927	10.217	rumus 3	0.012
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.927	10.746	rumus 3	0.011
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.926	11.273	rumus 3	0.010
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.925	11.838	rumus 3	0.008
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.924	12.440	rumus 3	0.007
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.923	13.041	rumus 3	0.007
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.921	13.642	rumus 3	0.007
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.920	14.241	rumus 3	0.006
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.918	14.839	rumus 3	0.006
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.916	15.436	rumus 3	0.006
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.914	16.032	rumus 3	0.005
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.911	16.627	rumus 3	0.005
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.909	17.195	rumus 3	0.006
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.906	17.736	rumus 3	0.005
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.903	18.275	rumus 3	0.005
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.900	18.813	rumus 3	0.005
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.897	19.351	rumus 3	0.005
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.893	19.887	rumus 3	0.005
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.889	20.422	rumus 3	0.004
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.886	20.956	rumus 3	0.004
										Sc Total	**0.154**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			7			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'7 (t/m2)	σ'7 (t/m2)	Rumus	Sc7 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.929	7.460	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.928	8.352	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	9.244	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.928	9.988	rumus 3	0.011
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.927	10.583	rumus 3	0.011
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.927	11.144	rumus 3	0.010
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.926	11.672	rumus 3	0.010
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.925	12.199	rumus 3	0.009
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.924	12.763	rumus 3	0.007
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.923	13.363	rumus 3	0.007
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.922	13.963	rumus 3	0.006
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.920	14.562	rumus 3	0.006
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.918	15.159	rumus 3	0.006
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.916	15.756	rumus 3	0.005
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.914	16.351	rumus 3	0.005
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.912	16.944	rumus 3	0.005
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.909	17.537	rumus 3	0.005
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.907	18.102	rumus 3	0.005
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.904	18.639	rumus 3	0.005
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.901	19.176	rumus 3	0.005
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.897	19.710	rumus 3	0.005
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.894	20.244	rumus 3	0.004
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.890	20.777	rumus 3	0.004
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.886	21.308	rumus 3	0.004
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.882	21.838	rumus 3	0.004
										Sc Total	0.138

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			8			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'8 (t/m2)	σ'8 (t/m2)	Rumus	Sc8 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.929	8.388	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.928	9.280	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	10.172	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.928	10.915	rumus 3	0.010
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.927	11.510	rumus 3	0.010
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.926	12.071	rumus 3	0.009
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.926	12.597	rumus 3	0.009
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.925	13.123	rumus 3	0.009
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.924	13.686	rumus 3	0.006
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.922	14.286	rumus 3	0.006
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.921	14.884	rumus 3	0.006
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.919	15.481	rumus 3	0.005
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.917	16.076	rumus 3	0.005
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.915	16.670	rumus 3	0.005
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.913	17.263	rumus 3	0.005
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.910	17.854	rumus 3	0.005
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.907	18.444	rumus 3	0.004
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.904	19.006	rumus 3	0.005
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.901	19.540	rumus 3	0.005
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.898	20.073	rumus 3	0.004
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.894	20.605	rumus 3	0.004
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.890	21.135	rumus 3	0.004
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.886	21.663	rumus 3	0.004
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.882	22.190	rumus 3	0.004
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.878	22.716	rumus 3	0.004
										Sc Total	**0.128**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			9			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'9 (t/m2)	σ'9 (t/m2)	Rumus	Sc9 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.928	9.317	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.928	10.208	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	11.100	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.927	11.843	rumus 3	0.009
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.927	12.437	rumus 3	0.009
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.926	12.997	rumus 3	0.009
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.925	13.523	rumus 3	0.008
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.924	14.047	rumus 3	0.008
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.923	14.609	rumus 3	0.006
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.921	15.207	rumus 3	0.006
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.919	15.803	rumus 3	0.005
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.918	16.398	rumus 3	0.005
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.915	16.992	rumus 3	0.005
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.913	17.583	rumus 3	0.005
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.911	18.174	rumus 3	0.004
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.908	18.762	rumus 3	0.004
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.905	19.349	rumus 3	0.004
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.902	19.908	rumus 3	0.004
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.898	20.439	rumus 3	0.004
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.895	20.968	rumus 3	0.004
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.891	21.495	rumus 3	0.004
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.887	22.021	rumus 3	0.004
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.883	22.546	rumus 3	0.004
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.878	23.068	rumus 3	0.004
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.874	23.590	rumus 3	0.003
										Sc Total	0.119

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			10			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'10 (t/m2)	σ'10 (t/m2)	Rumus	Sc10 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.928	10.245	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.928	11.136	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	12.027	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.927	12.770	rumus 3	0.009
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.926	13.363	rumus 3	0.008
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.925	13.922	rumus 3	0.008
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.924	14.447	rumus 3	0.008
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.923	14.970	rumus 3	0.007
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.922	15.530	rumus 3	0.005
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.920	16.127	rumus 3	0.005
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.918	16.721	rumus 3	0.005
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.916	17.314	rumus 3	0.005
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.914	17.905	rumus 3	0.005
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.911	18.495	rumus 3	0.004
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.908	19.082	rumus 3	0.004
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.905	19.667	rumus 3	0.004
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.902	20.251	rumus 3	0.004
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.899	20.806	rumus 3	0.004
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.895	21.334	rumus 3	0.004
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.891	21.859	rumus 3	0.004
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.887	22.383	rumus 3	0.004
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.883	22.904	rumus 3	0.004
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.879	23.424	rumus 3	0.004
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.874	23.943	rumus 3	0.003
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.869	24.459	rumus 3	0.003
										Sc Total	**0.111**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			11			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'11 (t/m2)	σ'11 (t/m2)	Rumus	Sc1 1 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.435	0.518	10.763	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.518	11.655	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.518	12.545	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.165161467	0.826	3.489	4.96524874	0.518	13.287	rumus 3	0.004
5	1	4.5	1.837	0.165161467	0.826	4.086	5.56212622	0.517	13.880	rumus 3	0.004
6	1	5.5	1.944	0.176625899	0.883	4.650	6.126023759	0.517	14.438	rumus 3	0.004
7	1	6.5	1.944	0.176625899	0.883	5.181	6.656941359	0.516	14.963	rumus 3	0.004
8	1	7.5	1.944	0.176625899	0.883	5.712	7.187858959	0.515	15.485	rumus 3	0.003
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.514	16.045	rumus 3	0.002
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.363419242	0.513	16.640	rumus 3	0.002
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.970153564	0.512	17.233	rumus 3	0.002
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.576887886	0.511	17.825	rumus 3	0.002
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.18362221	0.510	18.415	rumus 3	0.002
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.79035653	0.508	19.003	rumus 3	0.002
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.39709085	0.506	19.588	rumus 3	0.002
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.00382517	0.505	20.172	rumus 3	0.002
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.503	20.754	rumus 3	0.002
18	1	17.5	1.641	0.144171986	0.721	11.715	13.1910859	0.501	21.307	rumus 3	0.002
19	1	18.5	1.641	0.144171986	0.721	12.269	13.74540438	0.499	21.833	rumus 3	0.002
20	1	19.5	1.641	0.144171986	0.721	12.824	14.29972287	0.496	22.356	rumus 3	0.002
21	1	20.5	1.641	0.144171986	0.721	13.378	14.85404135	0.494	22.877	rumus 3	0.002
22	1	21.5	1.641	0.144171986	0.721	13.932	15.40835983	0.492	23.396	rumus 3	0.002
23	1	22.5	1.641	0.144171986	0.721	14.487	15.963	0.489	23.914	rumus 3	0.001
24	1	23.5	1.641	0.144171986	0.721	15.041	16.5169968	0.487	24.429	rumus 3	0.001
25	1	24.5	1.641	0.144171986	0.721	15.595	17.07131529	0.484	24.943	rumus 3	0.001
										Sc Total	**0.049**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

Timbunan 2

					Tahap			1			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'1 (t/m2)	σ'1 (t/m2)	Rumus	Sc1 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.929	1.888	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.929	2.780	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.929	3.673	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.928	4.418	rumus 1	0.005
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.928	5.014	rumus 1	0.004
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.927	5.577	rumus 1	0.004
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.927	6.107	rumus 1	0.003
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.925	6.637	rumus 1	0.003
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.924	7.205	rumus 1	0.002
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.922	7.810	rumus 1	0.002
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.920	8.414	rumus 1	0.002
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.917	9.018	rumus 1	0.001
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.914	9.622	rumus 1	0.001
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.911	10.225	rumus 1	0.001
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.907	10.828	rumus 1	0.001
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.903	11.431	rumus 1	0.001
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.899	12.033	rumus 1	0.001
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.894	12.609	rumus 1	0.001
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.889	13.158	rumus 1	0.001
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.883	13.707	rumus 1	0.001
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.877	14.255	rumus 1	0.001
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.871	14.803	rumus 1	0.001
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.864	15.351	rumus 1	0.001
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.858	15.899	rumus 1	0.001
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.851	16.446	rumus 1	0.000
										Sc Total	**0.038**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			2			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'2 (t/m2)	σ'2 (t/m2)	Rumus	Sc2 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.929	2.816	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.929	3.709	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	4.602	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.928	5.346	rumus 2	0.011
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.928	5.942	rumus 2	0.010
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.927	6.504	rumus 2	0.009
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.926	7.033	rumus 2	0.009
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.924	7.562	rumus 2	0.008
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.923	8.127	rumus 2	0.006
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.921	8.730	rumus 2	0.005
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.918	9.332	rumus 2	0.005
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.915	9.933	rumus 2	0.004
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.912	10.534	rumus 2	0.004
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.908	11.134	rumus 2	0.004
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.904	11.732	rumus 2	0.003
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.899	12.331	rumus 2	0.003
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.895	12.928	rumus 2	0.003
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.889	13.498	rumus 2	0.003
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.884	14.042	rumus 2	0.003
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.878	14.584	rumus 2	0.003
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.871	15.127	rumus 2	0.002
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.865	15.668	rumus 2	0.002
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.858	16.209	rumus 2	0.002
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.851	16.749	rumus 2	0.002
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.843	17.289	rumus 2	0.002
										Sc Total	**0.102**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			3			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'3 (t/m2)	σ'3 (t/m2)	Rumus	Sc3 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.929	3.745	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.929	4.638	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	5.530	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.928	6.274	rumus 3	0.019
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.927	6.869	rumus 3	0.017
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.926	7.430	rumus 3	0.016
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.925	7.958	rumus 3	0.015
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.923	8.485	rumus 3	0.014
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.921	9.048	rumus 3	0.010
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.919	9.649	rumus 3	0.010
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.916	10.248	rumus 3	0.009
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.913	10.846	rumus 3	0.008
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.909	11.443	rumus 3	0.008
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.905	12.038	rumus 3	0.007
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.900	12.633	rumus 3	0.007
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.895	13.226	rumus 3	0.006
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.890	13.818	rumus 3	0.006
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.884	14.382	rumus 3	0.007
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.878	14.920	rumus 3	0.006
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.872	15.456	rumus 3	0.006
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.865	15.991	rumus 3	0.006
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.858	16.526	rumus 3	0.005
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.851	17.060	rumus 3	0.005
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.843	17.593	rumus 3	0.005
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.835	18.125	rumus 3	0.005
										Sc Total	**0.197**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			4			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'4 (t/m2)	σ'4 (t/m2)	Rumus	Sc4 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.929	4.674	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.928	5.566	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	6.458	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.927	7.201	rumus 3	0.017
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.927	7.796	rumus 3	0.015
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.925	8.356	rumus 3	0.014
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.924	8.882	rumus 3	0.014
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.922	9.407	rumus 3	0.013
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.920	9.968	rumus 3	0.009
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.917	10.566	rumus 3	0.009
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.913	11.162	rumus 3	0.008
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.910	11.756	rumus 3	0.008
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.906	12.348	rumus 3	0.007
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.901	12.939	rumus 3	0.007
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.896	13.529	rumus 3	0.006
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.891	14.116	rumus 3	0.006
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.885	14.703	rumus 3	0.006
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.879	15.261	rumus 3	0.006
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.872	15.792	rumus 3	0.006
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.865	16.321	rumus 3	0.006
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.858	16.849	rumus 3	0.005
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.851	17.377	rumus 3	0.005
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.843	17.903	rumus 3	0.005
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.835	18.428	rumus 3	0.005
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.827	18.952	rumus 3	0.004
										Sc Total	**0.181**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			5			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'5 (t/m2)	σ'5 (t/m2)	Rumus	Sc5 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.929	5.602	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.928	6.494	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.928	7.386	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.927	8.128	rumus 3	0.015
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.926	8.721	rumus 3	0.013
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.924	9.280	rumus 3	0.013
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.923	9.805	rumus 3	0.012
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.920	10.327	rumus 3	0.011
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.917	10.885	rumus 3	0.008
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.914	11.480	rumus 3	0.008
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.911	12.072	rumus 3	0.007
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.906	12.662	rumus 3	0.007
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.902	13.250	rumus 3	0.007
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.897	13.836	rumus 3	0.006
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.891	14.420	rumus 3	0.006
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.885	15.002	rumus 3	0.006
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.879	15.582	rumus 3	0.005
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.872	16.133	rumus 3	0.006
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.865	16.657	rumus 3	0.006
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.858	17.179	rumus 3	0.005
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.850	17.700	rumus 3	0.005
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.843	18.219	rumus 3	0.005
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.835	18.737	rumus 3	0.005
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.826	19.254	rumus 3	0.004
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.818	19.770	rumus 3	0.004
										Sc Total	**0.165**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			6			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'6 (t/m2)	σ'6 (t/m2)	Rumus	Sc6 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.928	6.531	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.928	7.422	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.927	8.313	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.926	9.054	rumus 3	0.013
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.925	9.646	rumus 3	0.012
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.923	10.203	rumus 3	0.012
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.921	10.725	rumus 3	0.011
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.918	11.245	rumus 3	0.010
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.915	11.801	rumus 3	0.008
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.911	12.391	rumus 3	0.007
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.907	12.979	rumus 3	0.007
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.903	13.565	rumus 3	0.006
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.898	14.148	rumus 3	0.006
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.892	14.728	rumus 3	0.006
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.886	15.306	rumus 3	0.005
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.880	15.881	rumus 3	0.005
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.873	16.454	rumus 3	0.005
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.866	16.999	rumus 3	0.005
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.858	17.515	rumus 3	0.005
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.850	18.030	rumus 3	0.005
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.842	18.542	rumus 3	0.005
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.834	19.053	rumus 3	0.005
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.826	19.563	rumus 3	0.004
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.817	20.071	rumus 3	0.004
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.808	20.578	rumus 3	0.004
										Sc Total	**0.150**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			7			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'7 (t/m2)	σ'7 (t/m2)	Rumus	Sc7 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.928	7.459	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.928	8.350	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.927	9.240	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.925	9.980	rumus 3	0.012
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.924	10.570	rumus 3	0.011
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.922	11.125	rumus 3	0.010
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.919	11.645	rumus 3	0.010
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.916	12.161	rumus 3	0.009
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.912	12.713	rumus 3	0.007
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.908	13.300	rumus 3	0.007
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.904	13.883	rumus 3	0.006
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.898	14.463	rumus 3	0.006
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.893	15.041	rumus 3	0.006
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.887	15.615	rumus 3	0.005
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.880	16.186	rumus 3	0.005
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.873	16.755	rumus 3	0.005
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.866	17.320	rumus 3	0.005
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.858	17.857	rumus 3	0.005
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.850	18.366	rumus 3	0.005
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.842	18.872	rumus 3	0.005
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.834	19.376	rumus 3	0.004
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.825	19.878	rumus 3	0.004
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.816	20.379	rumus 3	0.004
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.807	20.878	rumus 3	0.004
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.798	21.376	rumus 3	0.004
										Sc Total	0.138

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			8			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'8 (t/m2)	σ'8 (t/m2)	Rumus	Sc8 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.928	8.387	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.927	9.277	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.926	10.166	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.924	10.904	rumus 3	0.010
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.922	11.492	rumus 3	0.010
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.920	12.045	rumus 3	0.010
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.917	12.561	rumus 3	0.009
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.913	13.074	rumus 3	0.009
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.909	13.622	rumus 3	0.006
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.904	14.204	rumus 3	0.006
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.899	14.782	rumus 3	0.006
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.894	15.357	rumus 3	0.006
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.887	15.928	rumus 3	0.005
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.881	16.496	rumus 3	0.005
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.874	17.060	rumus 3	0.005
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.866	17.621	rumus 3	0.005
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.858	18.179	rumus 3	0.004
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.850	18.708	rumus 3	0.005
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.842	19.207	rumus 3	0.005
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.833	19.705	rumus 3	0.004
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.824	20.200	rumus 3	0.004
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.815	20.693	rumus 3	0.004
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.806	21.185	rumus 3	0.004
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.796	21.674	rumus 3	0.004
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.787	22.163	rumus 3	0.003
										Sc Total	**0.128**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			9			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'9 (t/m2)	σ'9 (t/m2)	Rumus	Sc9 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.927	9.314	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.926	10.203	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.925	11.091	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.923	11.827	rumus 3	0.009
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.921	12.413	rumus 3	0.009
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.918	12.963	rumus 3	0.009
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.914	13.475	rumus 3	0.008
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.910	13.984	rumus 3	0.008
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.905	14.527	rumus 3	0.006
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.900	15.104	rumus 3	0.006
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.894	15.677	rumus 3	0.005
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.888	16.245	rumus 3	0.005
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.881	16.809	rumus 3	0.005
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.874	17.370	rumus 3	0.005
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.867	17.926	rumus 3	0.004
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.858	18.479	rumus 3	0.004
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.850	19.029	rumus 3	0.004
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.841	19.549	rumus 3	0.004
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.833	20.040	rumus 3	0.004
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.823	20.528	rumus 3	0.004
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.814	21.014	rumus 3	0.004
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.805	21.498	rumus 3	0.004
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.795	21.979	rumus 3	0.004
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.785	22.460	rumus 3	0.003
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.775	22.938	rumus 3	0.003
										Sc Total	**0.118**

- Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap

					Tahap			10			
No	H	z (m)	eo	Cs	Cc	σ'o (t/m2)	σ'c (t/m2)	Δσ'10 (t/m2)	σ'10 (t/m2)	Rumus	Sc10 (m)
1	1	0.5	0.769	0	0.000	0.959	2.434885	0.168	9.482	-	0.000
2	1	1.5	0.769	0	0.000	1.852	3.327655	0.168	10.371	-	0.000
3	1	2.5	0.769	0	0.000	2.744	4.220425	0.167	11.258	-	0.000
4	1	3.5	1.837	0.16516147	0.826	3.489	4.96524874	0.167	11.994	rumus 3	0.001
5	1	4.5	1.837	0.16516147	0.826	4.086	5.56212622	0.166	12.580	rumus 3	0.001
6	1	5.5	1.944	0.1766259	0.883	4.650	6.12602376	0.166	13.128	rumus 3	0.001
7	1	6.5	1.944	0.1766259	0.883	5.181	6.65694136	0.165	13.641	rumus 3	0.001
8	1	7.5	1.944	0.1766259	0.883	5.712	7.18785896	0.164	14.149	rumus 3	0.001
9	1	8.5	1.369	0.11505293	0.575	6.281	7.75668492	0.164	14.691	rumus 3	0.000
10	1	9.5	1.369	0.11505293	0.575	6.887	8.36341924	0.163	15.267	rumus 3	0.000
11	1	10.5	1.369	0.11505293	0.575	7.494	8.97015356	0.161	15.838	rumus 3	0.000
12	1	11.5	1.369	0.11505293	0.575	8.101	9.57688789	0.160	16.405	rumus 3	0.000
13	1	12.5	1.369	0.11505293	0.575	8.708	10.1836222	0.159	16.969	rumus 3	0.000
14	1	13.5	1.369	0.11505293	0.575	9.314	10.7903565	0.158	17.528	rumus 3	0.000
15	1	14.5	1.369	0.11505293	0.575	9.921	11.3970909	0.156	18.083	rumus 3	0.000
16	1	15.5	1.369	0.11505293	0.575	10.528	12.0038252	0.155	18.634	rumus 3	0.000
17	1	16.5	1.369	0.11505293	0.575	11.135	12.6105595	0.153	19.182	rumus 3	0.000
18	1	17.5	1.641	0.14417199	0.721	11.715	13.1910859	0.152	19.701	rumus 3	0.000
19	1	18.5	1.641	0.14417199	0.721	12.269	13.7454044	0.150	20.190	rumus 3	0.000
20	1	19.5	1.641	0.14417199	0.721	12.824	14.2997229	0.148	20.677	rumus 3	0.000
21	1	20.5	1.641	0.14417199	0.721	13.378	14.8540414	0.147	21.161	rumus 3	0.000
22	1	21.5	1.641	0.14417199	0.721	13.932	15.4083598	0.145	21.643	rumus 3	0.000
23	1	22.5	1.641	0.14417199	0.721	14.487	15.963	0.143	22.122	rumus 3	0.000
24	1	23.5	1.641	0.14417199	0.721	15.041	16.5169968	0.141	22.601	rumus 3	0.000
25	1	24.5	1.641	0.14417199	0.721	15.595	17.0713153	0.139	23.078	rumus 3	0.000
										Sc Total	**0.006**

- Rekapitulasi Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap Timbunan 1

			Sc (m)											
	Umur (minggu)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tahap	Sc (U = 100%)	Kumulatif	U (%)	11.107	20.096	28.044	35.141	41.502	47.216	52.357	56.986	61.157	64.917	68.309
1	0.034	0.034	0	0.004	0.007	0.010	0.012	0.014	0.016	0.018	0.019	0.021	0.022	0.023
2	0.126	0.160	0	0.004	0.032	0.045	0.056	0.067	0.076	0.084	0.091	0.098	0.104	0.110
3	0.205	0.365	0	0.004	0.032	0.102	0.128	0.152	0.173	0.191	0.208	0.223	0.237	0.250
4	0.185	0.550	0	0.004	0.032	0.102	0.193	0.228	0.260	0.288	0.314	0.337	0.357	0.376
5	0.168	0.718	0	0.004	0.032	0.102	0.193	0.298	0.339	0.376	0.409	0.439	0.466	0.491
6	0.154	0.873	0	0.004	0.032	0.102	0.193	0.298	0.412	0.457	0.497	0.534	0.567	0.596
7	0.138	1.011	0	0.004	0.032	0.102	0.193	0.298	0.412	0.529	0.576	0.618	0.656	0.690
8	0.128	1.138	0	0.004	0.032	0.102	0.193	0.298	0.412	0.529	0.649	0.696	0.739	0.778
9	0.119	1.257	0	0.004	0.032	0.102	0.193	0.298	0.412	0.529	0.649	0.769	0.816	0.859
10	0.111	1.367	0	0.004	0.032	0.102	0.193	0.298	0.412	0.529	0.649	0.769	0.888	0.934
11	0.049	1.416	0	0.004	0.032	0.102	0.193	0.298	0.412	0.529	0.649	0.769	0.888	0.967

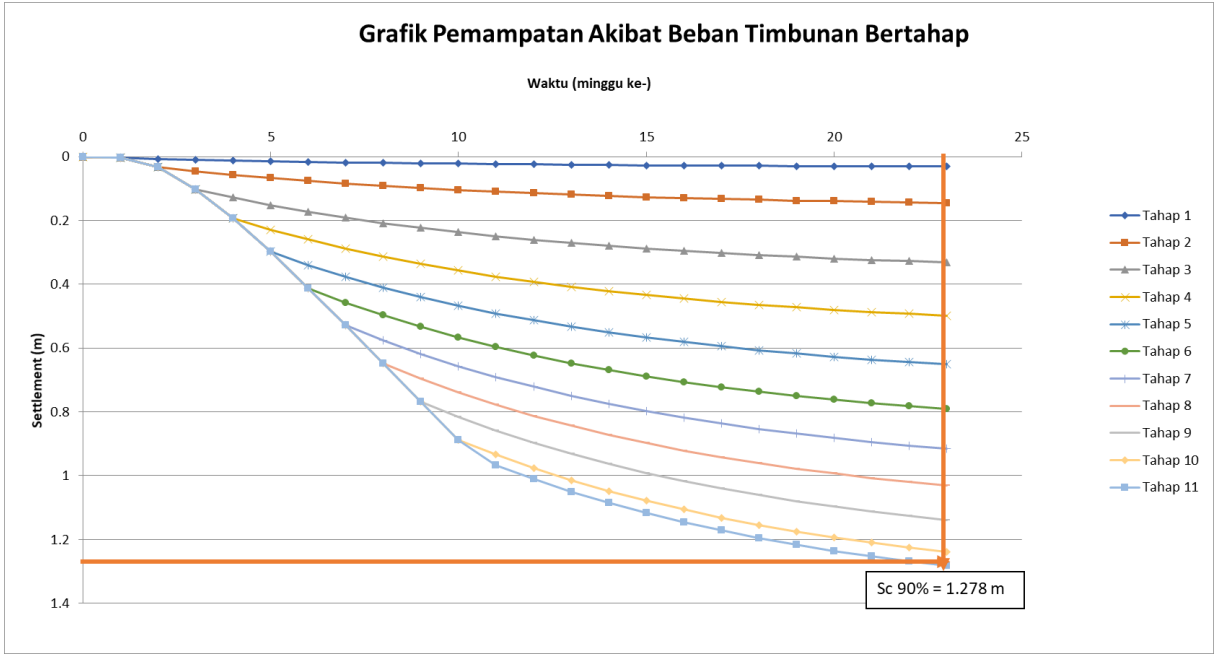
			Sc (m)											
	Umur (minggu)		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Tahap	Sc (U = 100%)	Kumulatif	71.369	74.131	76.623	78.874	80.907	82.742	84.400	85.898	87.252	88.475	89.580	90.578
1	0.034	0.034	0.024	0.025	0.026	0.027	0.028	0.028	0.029	0.029	0.030	0.030	0.031	0.031
2	0.126	0.160	0.114	0.119	0.123	0.126	0.130	0.133	0.135	0.138	0.140	0.142	0.144	0.145
3	0.205	0.365	0.261	0.271	0.280	0.288	0.296	0.302	0.308	0.314	0.319	0.323	0.327	0.331
4	0.185	0.550	0.393	0.408	0.422	0.434	0.445	0.455	0.464	0.473	0.480	0.487	0.493	0.498
5	0.168	0.718	0.513	0.533	0.551	0.567	0.581	0.594	0.606	0.617	0.627	0.636	0.644	0.651
6	0.154	0.873	0.623	0.647	0.669	0.688	0.706	0.722	0.737	0.750	0.761	0.772	0.782	0.791
7	0.138	1.011	0.721	0.749	0.774	0.797	0.818	0.836	0.853	0.868	0.882	0.894	0.905	0.915
8	0.128	1.138	0.812	0.844	0.872	0.898	0.921	0.942	0.961	0.978	0.993	1.007	1.020	1.031
9	0.119	1.257	0.897	0.932	0.963	0.991	1.017	1.040	1.061	1.080	1.097	1.112	1.126	1.138
10	0.111	1.367	0.976	1.014	1.048	1.078	1.106	1.131	1.154	1.175	1.193	1.210	1.225	1.239
11	0.049	1.416	1.011	1.050	1.085	1.117	1.146	1.172	1.195	1.217	1.236	1.253	1.269	1.283

- Rekapitulasi Perhitungan Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap Timbunan 2

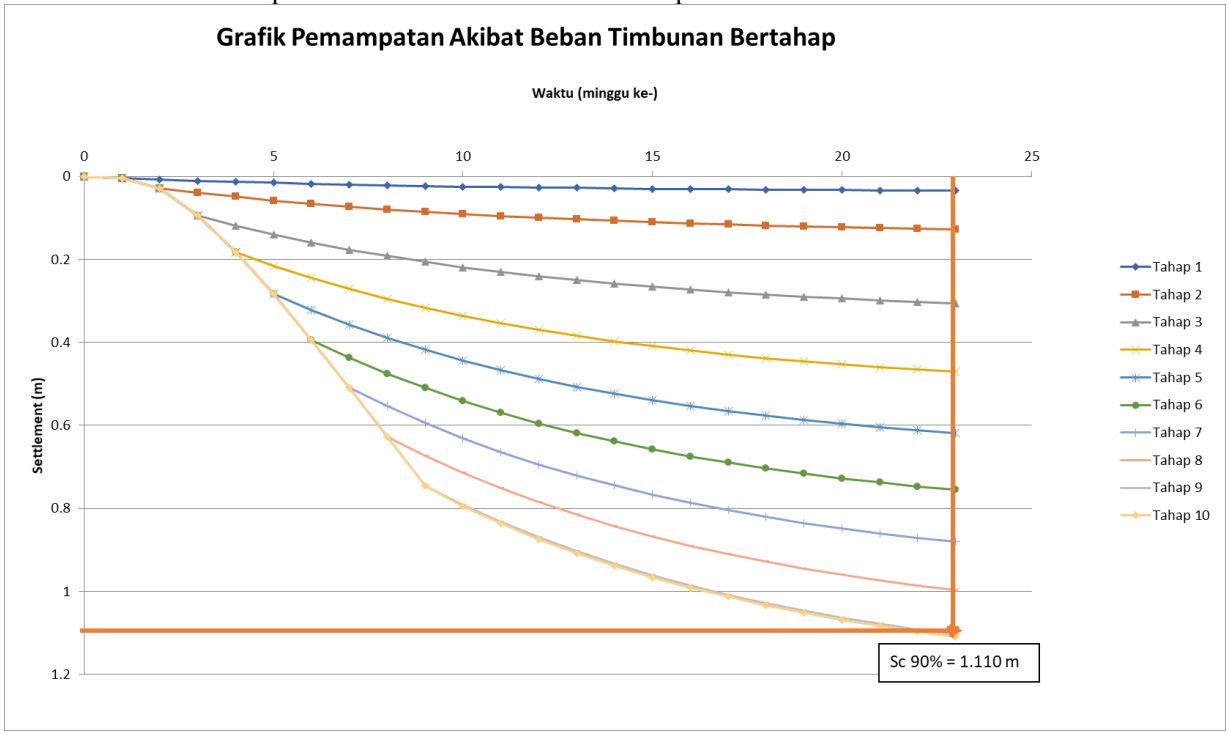
			Sc (m)											
	Umur (minggu)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tahap	Sc (U = 100%)	Kumulatif	U (%)	11.107	20.096	28.044	35.141	41.502	47.216	52.357	56.986	61.157	64.360	68.309
1	0.038	0.038	0	0.004	0.008	0.011	0.013	0.016	0.018	0.020	0.022	0.023	0.024	0.026
2	0.102	0.140	0	0.004	0.028	0.039	0.049	0.058	0.066	0.073	0.080	0.086	0.090	0.096
3	0.197	0.337	0	0.004	0.028	0.095	0.119	0.140	0.159	0.177	0.192	0.206	0.217	0.231
4	0.181	0.519	0	0.004	0.028	0.095	0.182	0.215	0.245	0.272	0.296	0.317	0.334	0.354
5	0.165	0.683	0	0.004	0.028	0.095	0.182	0.284	0.323	0.358	0.389	0.418	0.440	0.467
6	0.150	0.834	0	0.004	0.028	0.095	0.182	0.284	0.394	0.437	0.475	0.510	0.537	0.570
7	0.138	0.972	0	0.004	0.028	0.095	0.182	0.284	0.394	0.509	0.554	0.594	0.626	0.664
8	0.128	1.100	0	0.004	0.028	0.095	0.182	0.284	0.394	0.509	0.627	0.673	0.708	0.751
9	0.118	1.218	0	0.004	0.028	0.095	0.182	0.284	0.394	0.509	0.627	0.745	0.784	0.832
10	0.006	1.224	0	0.004	0.028	0.095	0.182	0.284	0.394	0.509	0.627	0.745	0.788	0.836

			Sc (m)											
	Umur (minggu)		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Tahap	Sc (U = 100%)	Kumulatif	71.369	74.131	76.623	78.874	80.907	82.742	84.400	85.898	87.252	88.475	89.580	90.578
1	0.038	0.038	0.027	0.028	0.029	0.030	0.031	0.031	0.032	0.033	0.033	0.034	0.034	0.034
2	0.102	0.140	0.100	0.104	0.107	0.111	0.113	0.116	0.118	0.120	0.122	0.124	0.126	0.127
3	0.197	0.337	0.241	0.250	0.259	0.266	0.273	0.279	0.285	0.290	0.294	0.299	0.302	0.306
4	0.181	0.519	0.370	0.385	0.397	0.409	0.420	0.429	0.438	0.446	0.453	0.459	0.465	0.470
5	0.165	0.683	0.488	0.507	0.524	0.539	0.553	0.565	0.577	0.587	0.596	0.605	0.612	0.619
6	0.150	0.834	0.595	0.618	0.639	0.658	0.675	0.690	0.704	0.716	0.727	0.738	0.747	0.755
7	0.138	0.972	0.694	0.721	0.745	0.767	0.786	0.804	0.820	0.835	0.848	0.860	0.871	0.880
8	0.128	1.100	0.785	0.815	0.843	0.867	0.890	0.910	0.928	0.945	0.960	0.973	0.985	0.996
9	0.118	1.218	0.869	0.903	0.933	0.961	0.986	1.008	1.028	1.046	1.063	1.078	1.091	1.103
10	0.006	1.224	0.874	0.908	0.938	0.966	0.991	1.013	1.033	1.052	1.068	1.083	1.097	1.109

- Grafik Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap Timbunan 1



- Grafik Pemampatan Akibat Penimbunan Bertahap Timbunan 2



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

Lampiran 4. Hasil Analisis Perkuatan Dinding

- Perhitungan tegangan horizontal aktif dan pasif zona 1

Elevasi	Tebal	Lapisan	γsat (t/m3)	γw (t/m3)	γ' (t/m3)	C' (kg/cm2	C' (T/m2)	ϕ	σv Aktif (t/m2)					σv Pasif (t/m2)				
+1.44	0	0	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0	9.806					0.000				
-1.56	3	1	1.918	1.025	0.893	0.213	2.133	15	11.145					0.000				
-3.56	2	2	1.622	1.025	0.597	0.240	2.400	11	13.081					0.000				
-6.56	3	3	1.556	1.025	0.531	0.273	2.733	7	14.474					0.000				
-9	2.44	4	1.632	1.025	0.607	0.235	2.346	8.7	16.011					0.000				
-15.56	6.56	5	1.632	1.025	0.607	0.235	2.346	8.7	18.741					1.990				
-23.56	8	6	1.579	1.025	0.554	0.235	2.347	7.9	22.949					6.197				
-23.56+d0	d0	7	1.831	1.025	0.806	0.167	1.667	21	22.949	+	0.403	d0		6.197	+	0.403	d0	

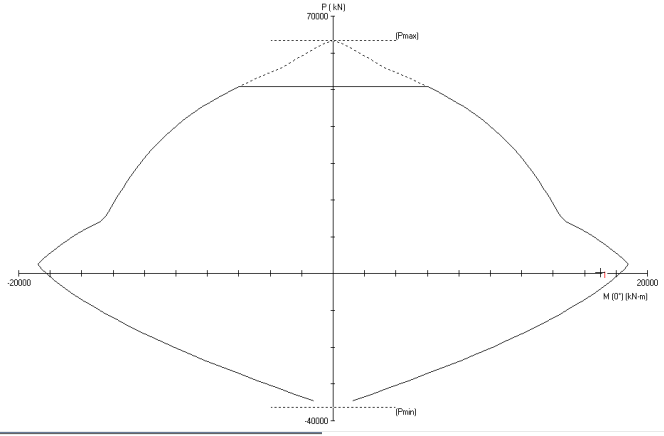
Lapisan	Kedalaman		σv Aktif (t/m2)				σv Pasif (t/m2)				C' (ton/m2)	ϕ	Ka	Kp	σh Aktif (t/m2)				σh Pasif (t/m2)			
	+1.44	atas	9.806				0.000				2.133	15	0.58879	1.698	2.500				0.000			
1	-1.56	bawah	11.145				0.000				2.133	15	0.58879	1.698	3.288				0.000			
	-1.56	atas	11.145				0.000				2.400	11	0.67953	1.472	3.617				0.000			
2	-3.56	bawah	13.081				0.000				2.400	11	0.67953	1.472	4.932				0.000			
	-3.56	atas	13.081				0.000				2.733	7	0.78274	1.278	5.403				0.000			
3	-6.56	bawah	14.474				0.000				2.733	7	0.78274	1.278	6.493				0.000			
	-6.56	atas	14.474				0.000				2.346	8.7	0.73707	1.357	6.640				0.000			
4	-9	bawah	16.011				0.000				2.346	8.7	0.73707	1.357	7.772				0.000			
	-9	atas	16.011				0.000				2.346	8.7	0.73707	1.357	7.772				5.466			
5	-15.56	bawah	18.741				1.990				2.346	8.7	0.73707	1.357	9.785				8.166			
	-15.56	atas	18.741				1.990				2.347	7.9	0.75953	1.317	10.144				8.006			
6	-23.56	bawah	22.949				6.197				2.347	7.9	0.75953	1.317	13.339				13.546			
	-23.56	atas	22.949				6.197				1.667	21	0.47236	2.117	8.549				17.970			
7	d0	bawah	22.949	+	0.403	d0	6.197	+	0.403	d0	1.667	21	0.47236	2.117	8.549	+	0.190	d0	17.970	+	0.853	d0

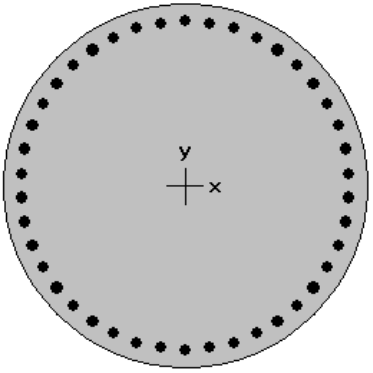
- Perhitungan tegangan horizontal aktif dan pasif zona 2

Elevasi	Tebal	Lapisan	γsat (t/m3)	γw (t/m3)	γ' (t/m3)	C' (kg/cm2	C' (T/m2)	ϕ	σv Aktif (t/m2)					σv Pasif (t/m2)				
+1.44	0	0	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0	8.527					0.000				
-1.56	3	1	1.918	1.025	0.893	0.213	2.133	15	9.866					0.000				
-3.56	2	2	1.622	1.025	0.597	0.240	2.400	11	11.802					0.000				
-6.56	3	3	1.556	1.025	0.531	0.273	2.733	7	13.195					0.000				
-9	2	4	1.632	1.025	0.607	0.235	2.346	8.706	14.732					0.000				
-15.56	7	5	1.632	1.025	0.607	0.235	2.346	8.706	17.462					1.990				
-23.56	8	6	1.579	1.025	0.554	0.235	2.347	7.855	21.669					6.197				
	d0		1.831	1.025	0.806	0.167	1.667	21.0	21.669	+	0.403	d0		6.197	+	0.403	d0	

Lapisan	Kedalaman		σv Aktif (t/m2)				σv Pasif (t/m2)				C' (ton/m2)	ϕ	Ka	Kp	σh Aktif (t/m2)				σh Pasif (t/m2)			
	+1.44	atas	8.527				0.000				2.133	15	0.58879	1.698	1.746				0.000			
1	-1.56	bawah	9.866				0.000				2.133	15	0.58879	1.698	2.535				0.000			
	-1.56	atas	9.866				0.000				2.400	11	0.67953	1.472	2.747				0.000			
2	-3.56	bawah	11.802				0.000				2.400	11	0.67953	1.472	4.063				0.000			
	-3.56	atas	11.802				0.000				2.733	7	0.78274	1.278	4.401				0.000			
3	-6.56	bawah	13.195				0.000				2.733	7	0.78274	1.278	5.492				0.000			
	-6.56	atas	13.195				0.000				2.346	8.7	0.73707	1.357	5.697				0.000			
4	-9	bawah	14.732				0.000				2.346	8.7	0.73707	1.357	6.829				0.000			
	-9	atas	14.732				0.000				2.346	8.7	0.73707	1.357	6.829				5.466			
5	-15.56	bawah	17.462				1.990				2.346	8.7	0.73707	1.357	8.842				8.166			
	-15.56	atas	17.462				1.990				2.347	7.9	0.75953	1.317	9.172				8.006			
6	-23.56	bawah	21.669				6.197				2.347	7.9	0.75953	1.317	12.367				13.546			
	-23.56	atas	21.669				6.197				1.667	21	0.47236	2.117	7.945				17.970			
7	d0	bawah	21.669	+	0.403	d0	6.197	+	0.403	d0	1.667	21	0.47236	2.117	7.945	+	0.190	d0	17.970	+	0.853	d0

- Output Program Bantu PCA Col *Secant Pile* Zona 1





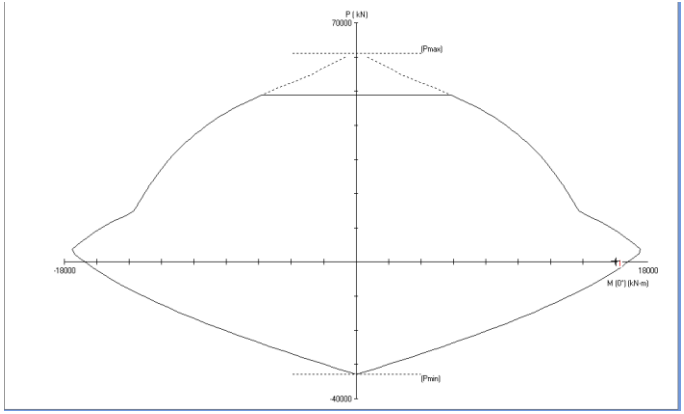
1500 mm diam.
4.67% reinf.

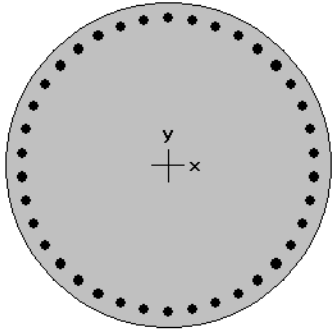
MATERIAL:
=========
f'c = 40 MPa
Ec = 29725.4 MPa
fc = 34 MPa
Beta1 = 0.759934
fy = 490 MPa
Es = 199955 MPa

SECTION:
========
Ag = 1.76715e+006 mm^2
Ix = 2.48505e+011 mm^4
Iy = 2.48505e+011 mm^4
Xo = 0 mm
Yo = 0 mm

REINFORCEMENT:
==========
42 #50 bars @ 4.668%
As = 82488 mm^2
Confinement: Tied
Clear Cover = 50 mm
Min Spacing = 50.8856 mm

- Output Program Bantu PCA Col *Secant Pile* Zona 2





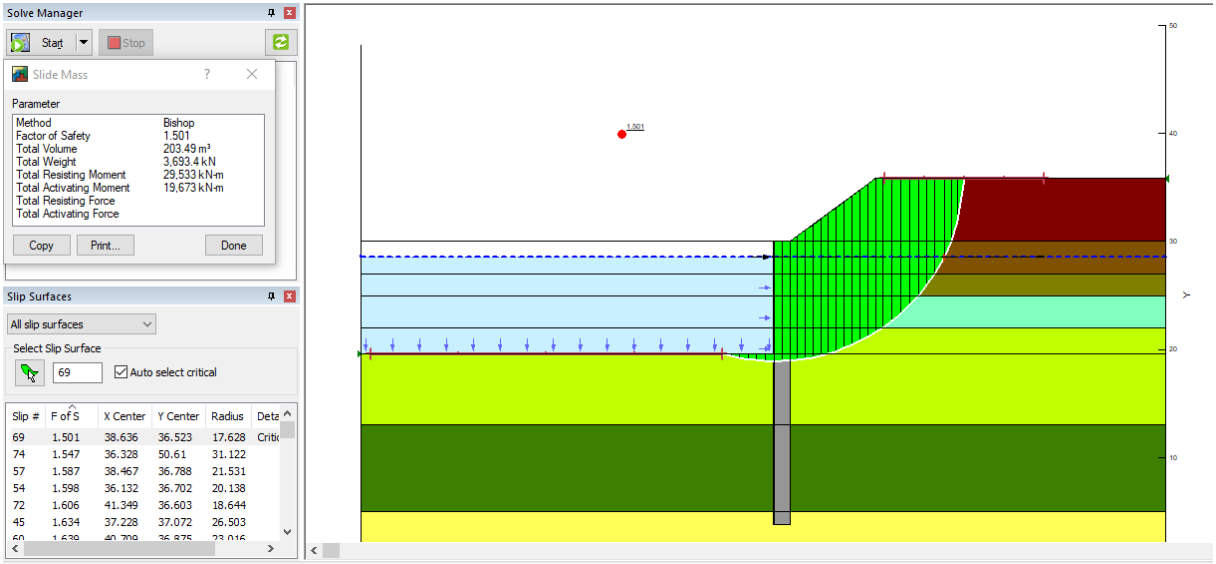
1500 mm diam.
4.22% reinf.

MATERIAL:
=========
f'c = 40 MPa
Ec = 29725.4 MPa
fc = 34 MPa
Beta1 = 0.759934
fy = 490 MPa
Es = 199955 MPa

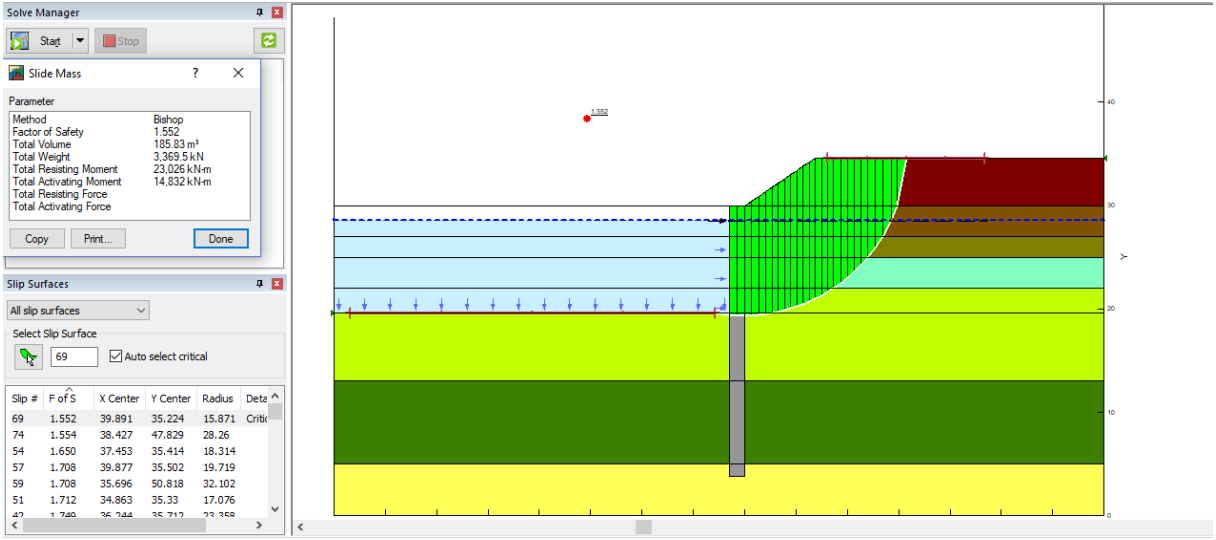
SECTION:
========
Ag = 1.76715e+006 mm^2
Ix = 2.48505e+011 mm^4
Iy = 2.48505e+011 mm^4
Xo = 0 mm
Yo = 0 mm

REINFORCEMENT:
==============
38 #50 bars @ 4.223%
As = 74632 mm^2
Confinement: Tied
Clear Cover = 50 mm
Min Spacing = 61.4821 mm

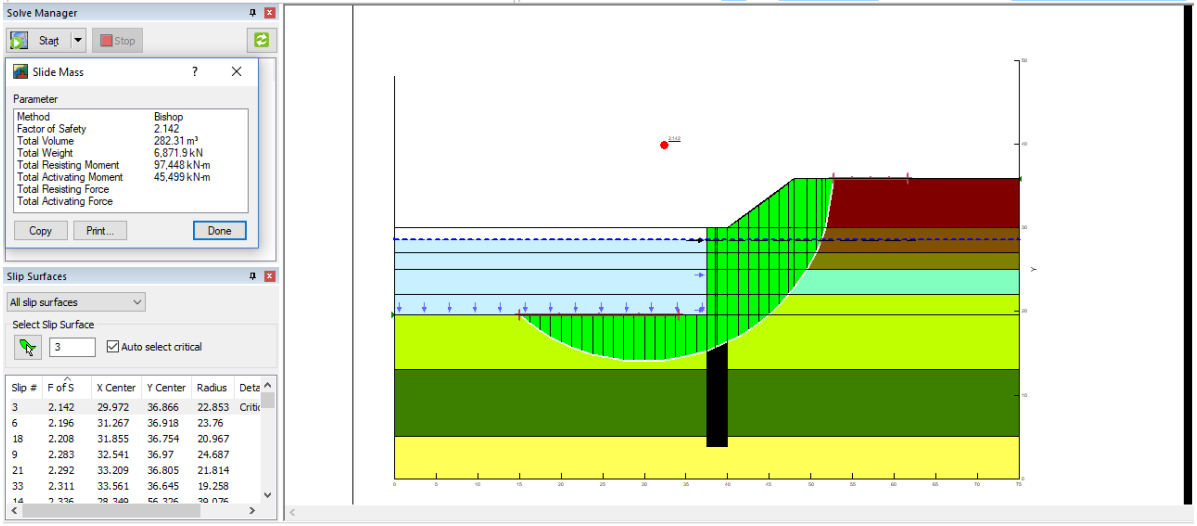
- Output *Overall Stability Secant Pile* Zona 1



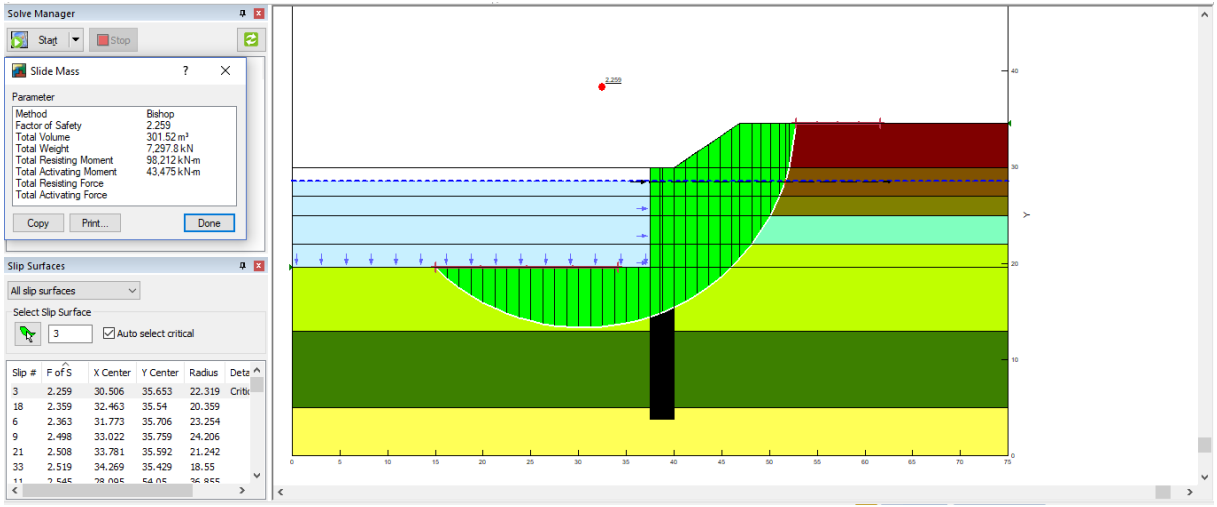
- Output *Overall Stability Secant Pile* Zona 2



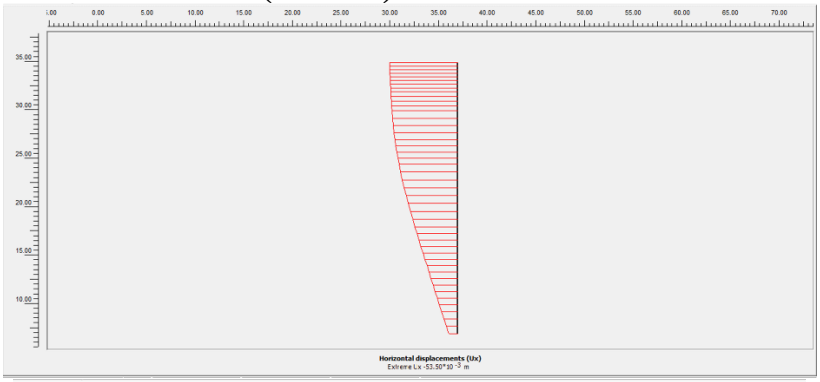
- Output *Overall Stability Soldier Pile* Zona 1

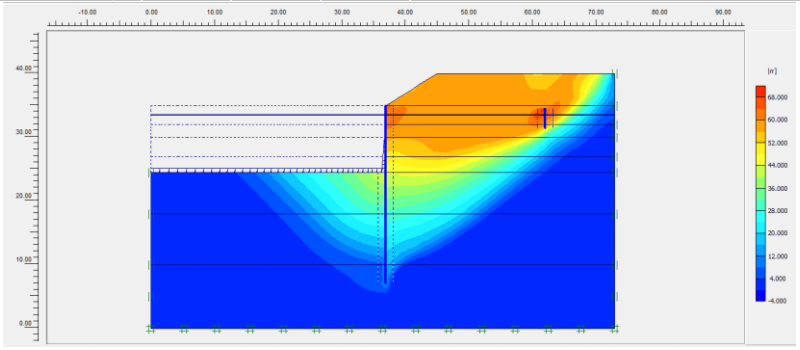


- Output *Overall Stability Soldier Pile* Zona 2

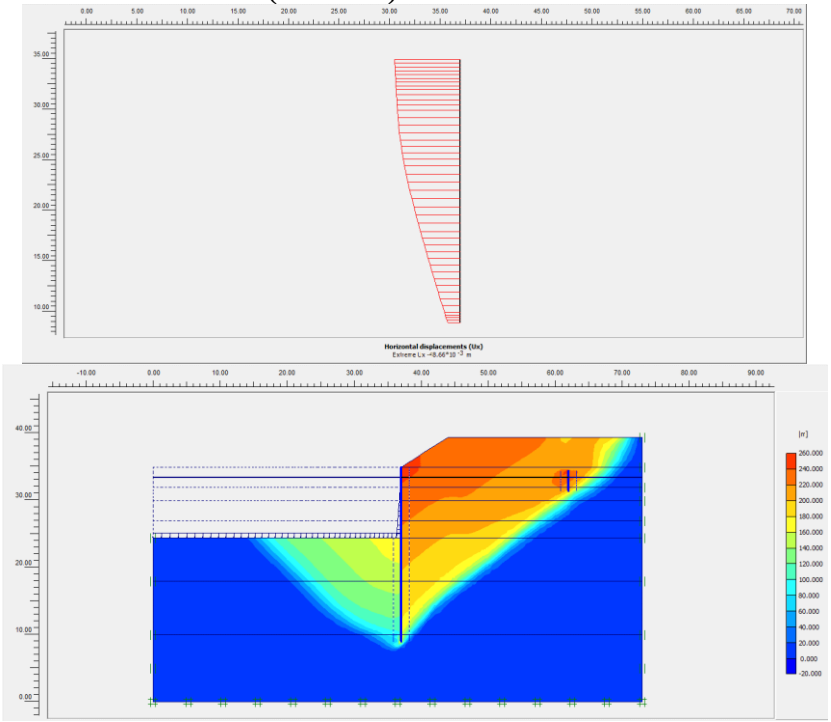


- Deformasi *Secant Pile* Zona 1 (0.0535 m)

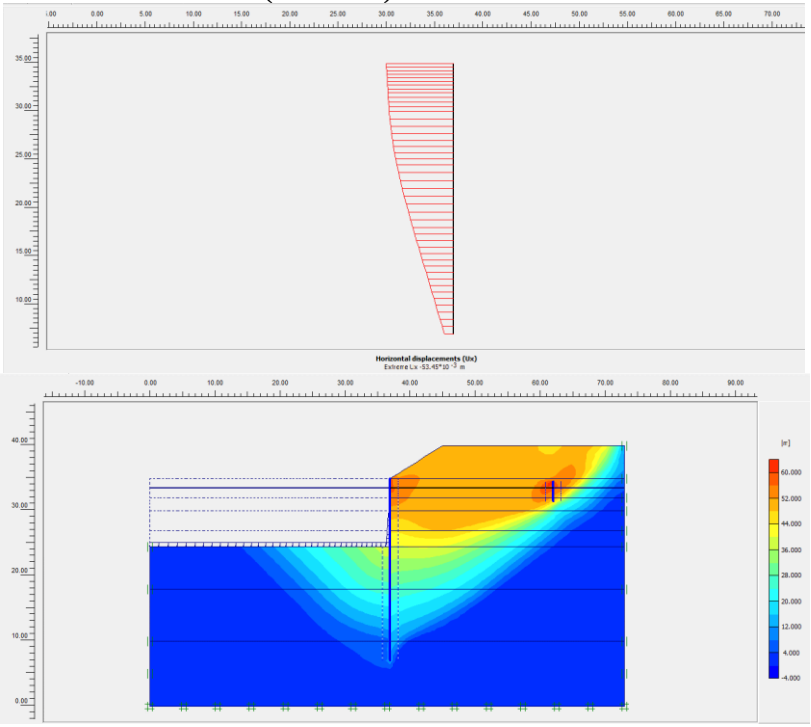




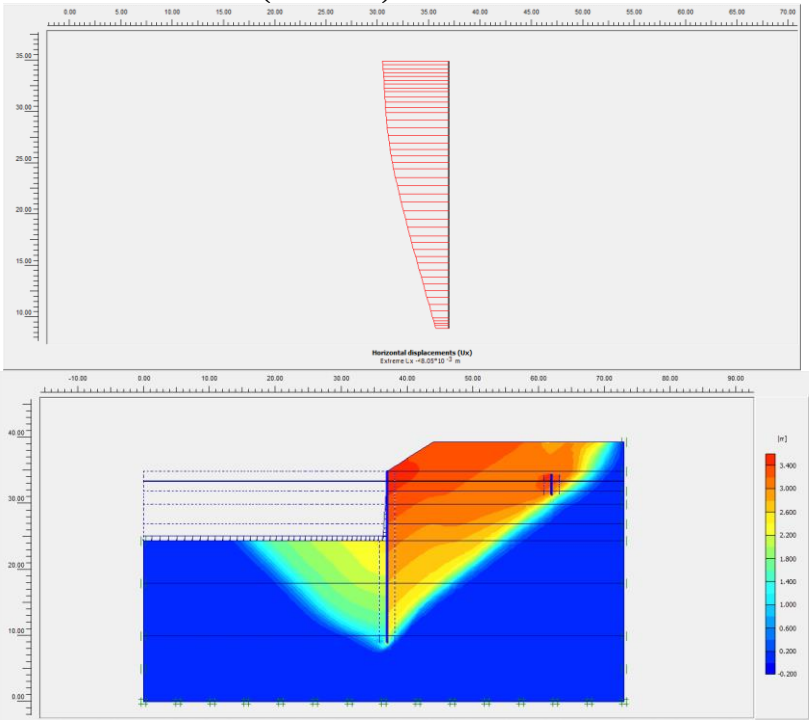
- Deformasi *Secant Pile* Zona 2 (0.0486 m)



- Deformasi *Soldier Pile* Zona 1 (0.0634 m)



- Deformasi *Soldier Pile* Zona 2 (0.0581 m)



Lampiran 5. Brosur Spesifikasi Material

- Brosur PVD (sumber: PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL)

CeTeau-Drain CT-D822

Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D822
Drain Body	Configuration	-	
	Material	-	PP
	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				
Grab Tensile Stength	F	ASTM D4632	N	480
Elongation	ε	ASTM D4632	%	32
Tear Strength		ASTM D4533	N	120
Pore Size	O_w	ASTM D4751	µm	< 75
Permeability	k	ASTM D4491	m/s	> 1.0×10^{-4}
Assembled Drain				
Tensile Strength	F	ASTM D4595	kN	2.75
Elongation at break	ε	ASTM D4595	%	40
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_{100}	ASTM D4716	m²/s	158×10^{-4}
Discharge capacity at 150 kPa	q_{150}	ASTM D4716	m²/s	157×10^{-4}
Discharge capacity at 200 kPa	q_{200}	ASTM D4716	m²/s	155×10^{-4}
Discharge capacity at 250 kPa	q_{250}	ASTM D4716	m²/s	150×10^{-4}
Discharge capacity at 300 kPa	q_{300}	ASTM D4716	m²/s	141×10^{-4}
Discharge capacity at 350 kPa	q_{350}	ASTM D4716	m²/s	135×10^{-4}

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

All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice. All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for.

Agent & Distributor in Indonesia Area :

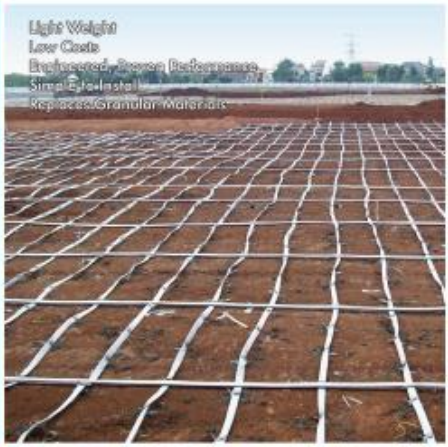
PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

Wisma SIER Building, 1st Floor
Jl. Rangkuti Industri Raya No.10 Surabaya 60283
Tel. 62-31-8475062 Fax. 62-31-8475063
Email : info@geosistem.co.id Website : www.geosistem.co.id

- Brosur PHD (sumber: PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL)

CeTeau

HORIZONTAL
STRIP
DRAIN



CeTeau Horizontal Composite Strip Drain

The use of CeTeau composite strip drains for lateral drainage on Prefabricated Vertical Drain (PVD) projects can provide a cost-effective, positive, and quantifiable alternative to the use of a sand or granular drainage blanket.

Strip drains or are placed under the surcharge to receive the flow from the vertical drains and conduct it laterally to discharge points at the edge of the surcharge. In most cases the installation of these alternatives are less expensive than a granular drainage blanket.

By providing a low resistance drainage path for relief of excess pore water pressures, vertical prefabricated drains (wick drains) drastically shorten consolidation times in soft cohesive soils. Used with a surcharge load, vertical drains are a cost-effective method for improving these soils. For vertical drains to function properly, a drainage path must be provided to receive flow from the drains and conduct it from under the surcharge to appropriate discharge points. This lateral drainage system must perform without applying excessive back-pressure to the vertical drains, thus delaying the consolidation process. The traditional method of providing lateral drainage has been to install a sand layer, usually about 1 m thick, under the surcharge.

Most of the conventional analyses overestimate the flow capacity of sand drainage blankets resulting in inadequate lateral drainage that, in a number of cases, has compromised the function of the vertical drain system. The use of composite strip drains can provide a very cost-effective, positive, and quantifiable alternative to the use of a sand or granular drainage blanket. Strip drains are placed under the surcharge to receive the flow from the vertical drains and conduct it laterally to discharge points at the edge of the surcharge. In the majority of cases the installation of these alternatives are significantly less expensive than a granular drainage blanket.

Other Applications

Roads
Embankments
Slopes
Sport Fields, Golf courses
Residential Gardens
Landscaping

Agent & Distributor :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

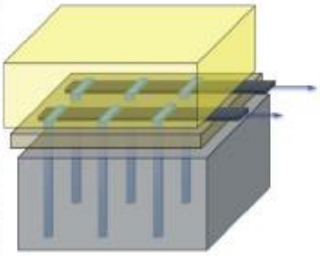
Wisma BRI Building, 1st Floor,
Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293, Indonesia
Tel. +62-31-847 5062 Fax. +62-31-847 5063
Email : info@geosistem.co.id
Website : www.geosistem.co.id

GEOSISTEM CERTIFICATE NO. JAK1091006

CeTeau Horizontal Strip Drain

Installation method for CeTeau Horizontal Strip Drain applied as a conduit for Water discharged from Prefabricated Vertical Drains during ground improvement.

The horizontal drains shall be placed on the ground in their proper location with respect to the vertical drains, as in indicated on the plans. The horizontal drains shall be secured in this location by suitable means(staked, nailed, or held by mounded earth). The wick drain extensions shall be routed to the horizontal drains as indicated on the plans. The wick drains shall be securely attached to the horizontal drains (staked, nailed or held by mounded earth). Splices or connections in the drainage material shall be done in a workmanlike manner so as to insure continuity of the drain.



Schematic Representation

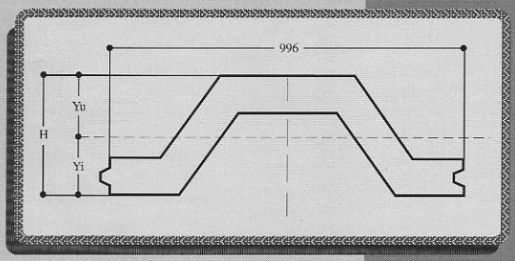
Properties	Test Method	Unit	CT-SD100-20	CT-SD100-30
Composite Drain				
Width	Nominal	mm	100	100
Thickness	ASTM D 5199	mm	20	30
Horizontal Permeability	ASTM D 4491	m/s	0.15	0.15
Discharge Capacity @1%	ASTM D 4716	m^3/s	$2.4*10^{-3}$	$3.6*10^{-3}$
Compressive Strength	ASTM D 1621	kN/m^2	600	600
Core				
Profile	-	-	Cuspated	Cuspated
Color	-	-	Black	Black
Material	-	-	HDPE	HDPE
Filter				
Material	-	-	PET	PET
UV Stabilized	-	-	yes	yes
Grab Strength	ASTM D 4632	N	>450	>450
Permeability	ASTM D 4491	m/s	$1.5*10^{-2}$	$1.5*10^{-2}$
Mass per Unit Area	ASTM D 4595	g/m^2	180	180

All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for. All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

CORRUGATED TYPE

CROSS SECTION CHARACTERISTIC

TYPE		Height H (cm)	Cross Section A (cm^2)	Distance from Neutral Axis Y Yu(cm)	Yl(cm)	Moment of Inertia I (cm^4)	Section Modulus Z Zu(cm^3)	Zl(cm^3)
W-325	A 1000 B	32.5	1315	16.2	-16.2	134261	8262	-8262
W-350	A 1000 B	35	1468	17.5	-17.5	169432	9682	-9682
W-400	A 1000 B	40	1598	20	-20	248685	12434	-12434
W-450	A 1000 B	45	1835	22.5	-22.5	353354	15705	-15705
W-500	A 1000 B	50	1818	25	-25	462362	18494	-18494
W-600	A 1000 B	60	2078	30	-30	765907	25530	-25530



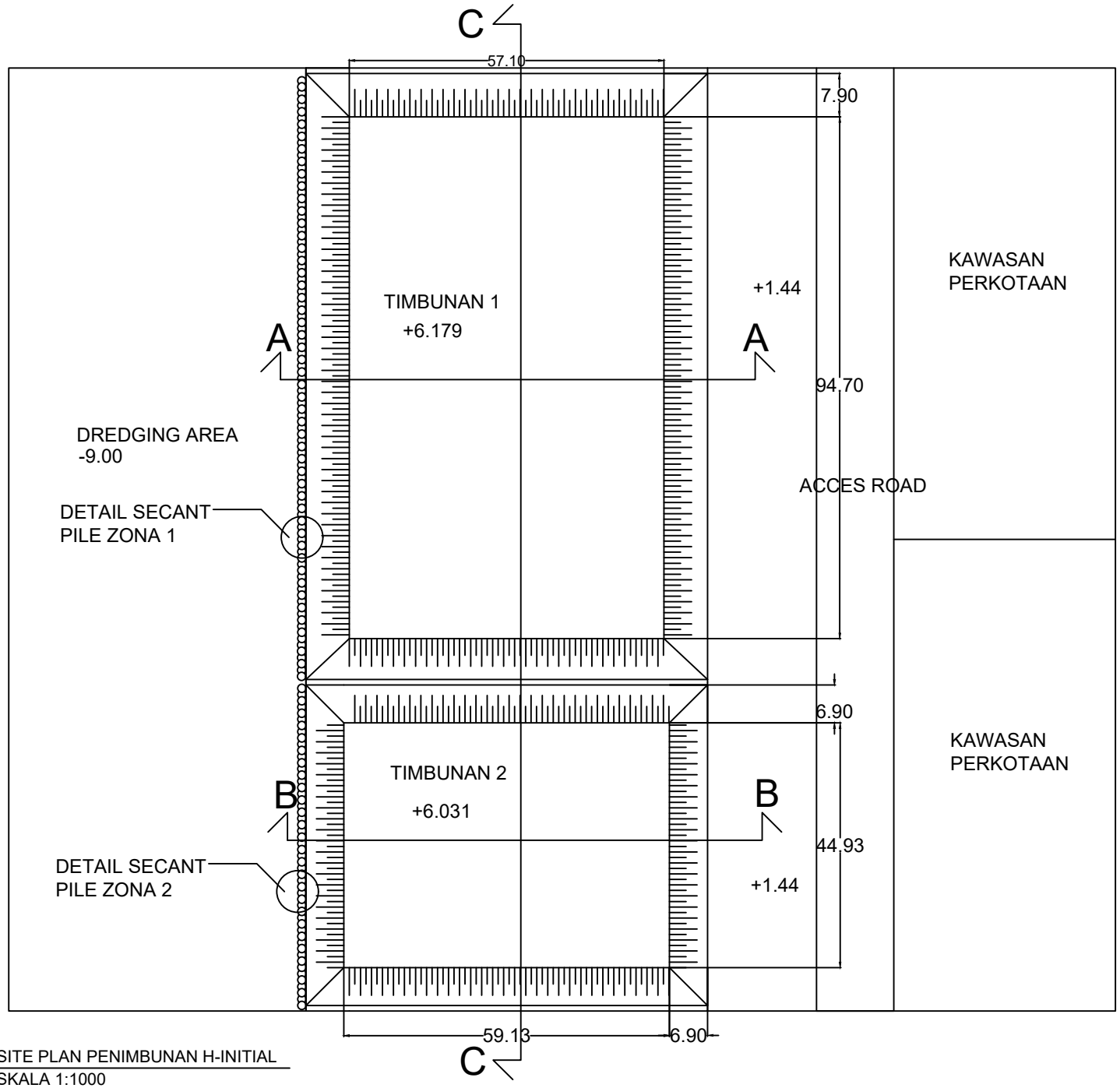
- Brosur *Soldier Pile* (sumber: PT. SWARNA BAJAPACIFIC)

PT. SWARNA BAJAPACIFIC
Producer of Spiral Welded Steel Pipes

Swarna's Weight Table of Spiral Pipe

OD		Thickness (mm.)										
Inch	mm	6.00	6.35	9.00	9.53	12.00	12.70	14.00	16.00	19.00	22.00	25.00
12	304.8	44.21	46.73	65.65	69.39	86.65	91.48	100.40	113.95	133.91	153.42	172.50
12 3/4	323.9	47.03	49.72	69.88	73.87	92.28	97.45	106.97	121.47	142.83	163.76	184.24
14	355.6	51.73	54.69	76.92	81.33	101.68	107.39	117.93	133.99	157.71	180.98	203.81
	400.0	58.30	61.64	86.78	91.76	114.82	121.30	133.26	151.51	178.51	205.07	231.19
16	406.4	59.24	62.64	88.20	93.27	116.71	123.30	135.47	154.04	181.51	208.54	235.13
18	457.2	66.76	70.60	99.47	105.21	131.74	139.21	153.01	174.08	205.31	236.10	266.45
	500.0	73.09	77.30	108.97	115.27	144.41	152.61	167.79	190.97	225.37	259.32	292.84
20	508.0	74.28	78.55	110.75	117.15	146.78	155.12	170.55	194.12	229.12	263.66	297.77
22	558.8	81.79	86.51	122.02	129.08	161.81	171.03	188.09	214.17	252.92	291.22	329.09
	600.0	87.89	92.96	131.17	138.77	174.00	183.93	202.31	230.42	272.22	313.58	354.49
24	609.6	89.31	94.46	133.30	141.02	176.84	186.94	205.62	234.21	276.72	318.78	360.41
26	660.4	96.83	102.42	144.57	152.96	191.87	202.85	223.16	254.25	300.52	346.34	391.72
28	711.2	104.34	110.37	155.85	164.90	206.91	218.76	240.70	274.30	324.32	373.90	423.04
30	762.0	111.86	118.33	167.12	176.84	221.94	234.67	258.24	294.34	348.13	401.46	454.36
32	812.8	119.37	126.28	178.40	188.78	236.97	250.58	275.78	314.39	371.93	429.02	485.68
34	863.6	126.89	134.24	189.67	200.71	252.01	266.49	293.32	334.43	395.73	456.58	517.00
36	914.4	134.41	142.19	200.94	212.65	267.04	282.40	310.85	354.47	419.53	484.14	548.32
38	965.2	141.92	150.15	212.22	224.59	282.07	298.31	328.39	374.52	443.33	511.70	579.63
40	1016.0	149.44	158.10	223.49	236.53	297.10	314.22	345.93	394.56	467.13	539.26	610.95
42	1066.8	156.96	166.06	234.77	248.47	312.14	330.13	363.47	414.60	490.94	566.82	642.27
44	1117.6	164.47	174.01	246.04	260.41	327.17	346.03	381.01	434.65	514.74	594.38	673.59
46	1168.4	171.99	181.97	257.32	272.35	342.20	361.94	398.55	454.69	538.54	621.94	704.91
48	1219.2	179.51	189.92	268.59	284.28	357.23	377.85	416.08	474.73	562.34	649.50	736.22
52	1320.8	194.54	205.83	291.14	308.16	387.30	409.67	451.16	514.82	609.95	704.62	798.86
56	1422.4	209.57	221.74	313.69	332.04	417.37	441.49	486.24	554.91	657.55	759.75	861.50
60	1524.0	224.60	237.65	336.24	355.92	447.43	473.31	521.31	595.00	705.15	814.87	924.13
64	1625.6	239.64	253.56	358.79	379.79	477.50	505.13	556.39	635.08	752.76	869.99	986.77
	1800.0	265.44	280.87	397.49	420.78	529.10	559.75	616.60	703.90	834.47	964.60	1094.29
	2000.0	295.03	312.19	441.88	467.78	588.29	622.39	685.65	782.81	928.18	1073.10	1217.59
	2500.0	369.01	390.48	552.85	585.28	736.25	778.98	858.27	980.09	1162.45	1344.36	1525.84

"Halaman ini sengaja dikosongkan"



SITE PLAN PENIMBUNAN H-INITIAL
SKALA 1:1000

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA
STUDI KASUS PROYEK RDMP-RU V
PT. PERTAMINA BALIKPAPAN

Dosen Pembimbing

Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Keterangan

Nama Mahasiswa

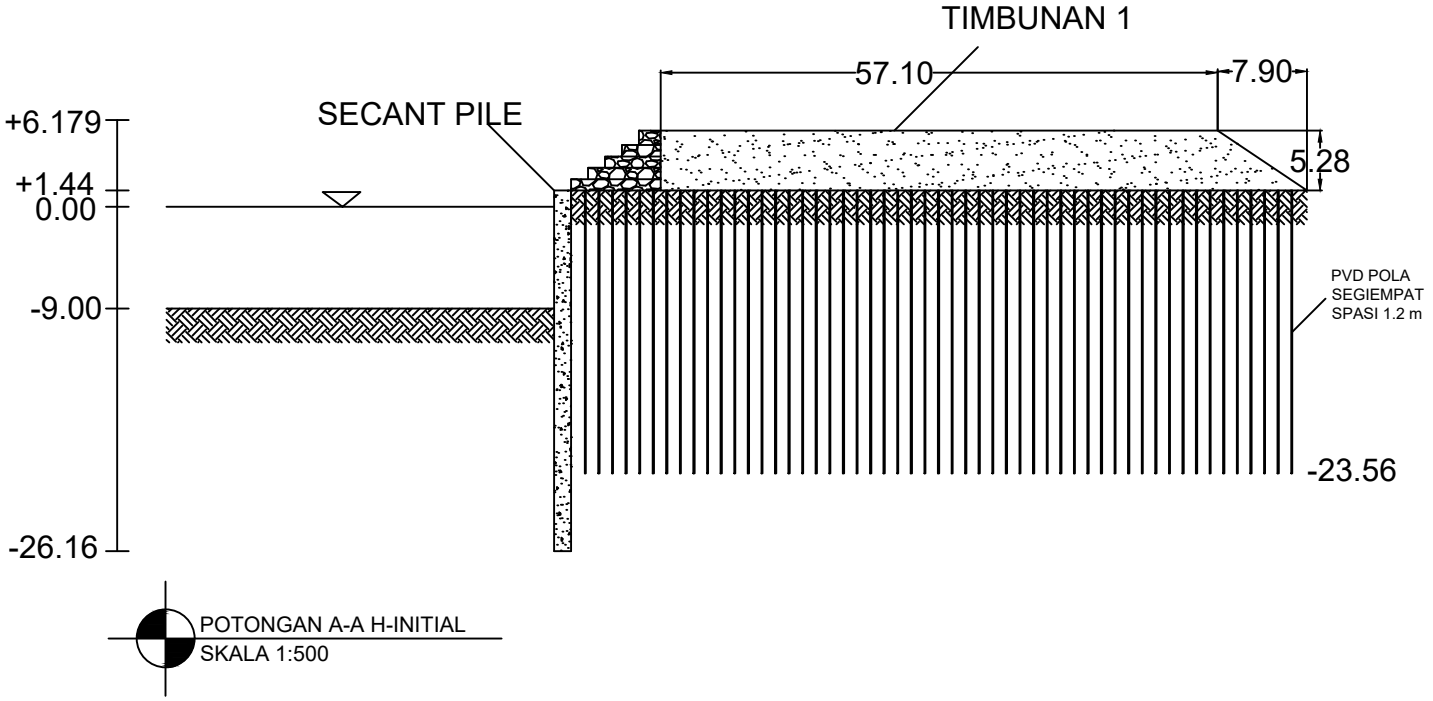
Muhammad Ivan Adi Perdana

Revisi	Tanggal	Catatan

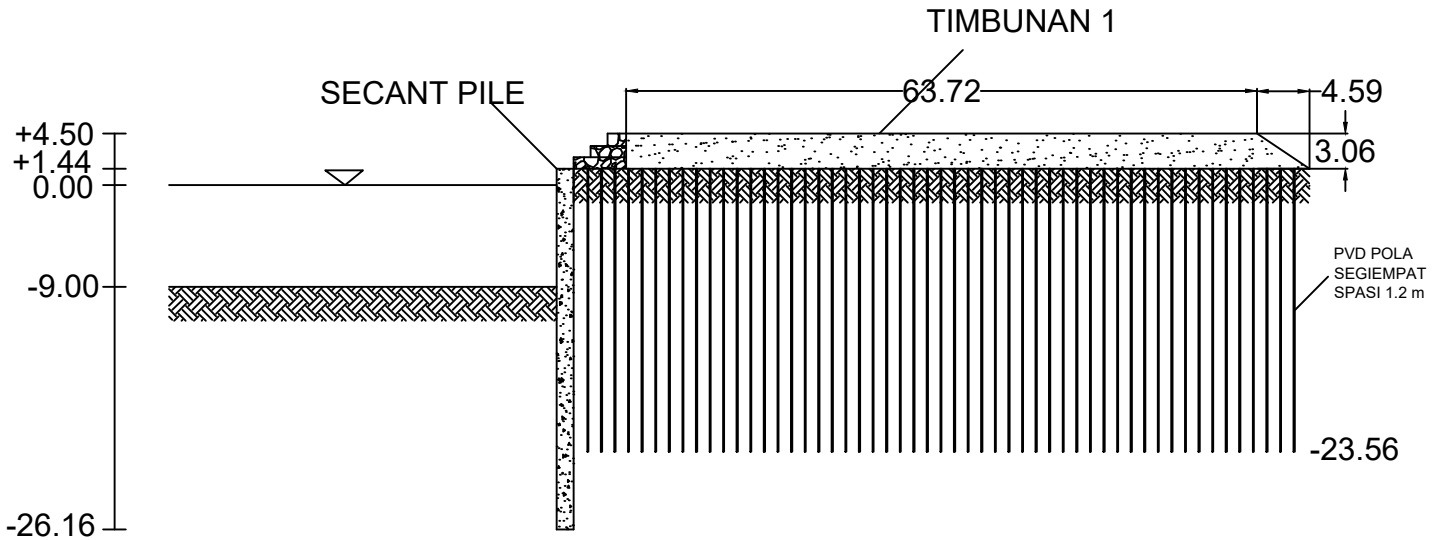
Nama Gambar

SITE PLAN PENIMBUNAN
H-INITIAL

Skala	No Gambar	Halaman
1:1000	1	239



POTONGAN A-A H-INITIAL
SKALA 1:500



POTONGAN A-A H-FINAL
SKALA 1:500

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA
STUDI KASUS PROYEK RDMP-RU V PT. PERTAMINA BALIKPAPAN

Dosen Pembimbing

Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Keterangan

Nama Mahasiswa

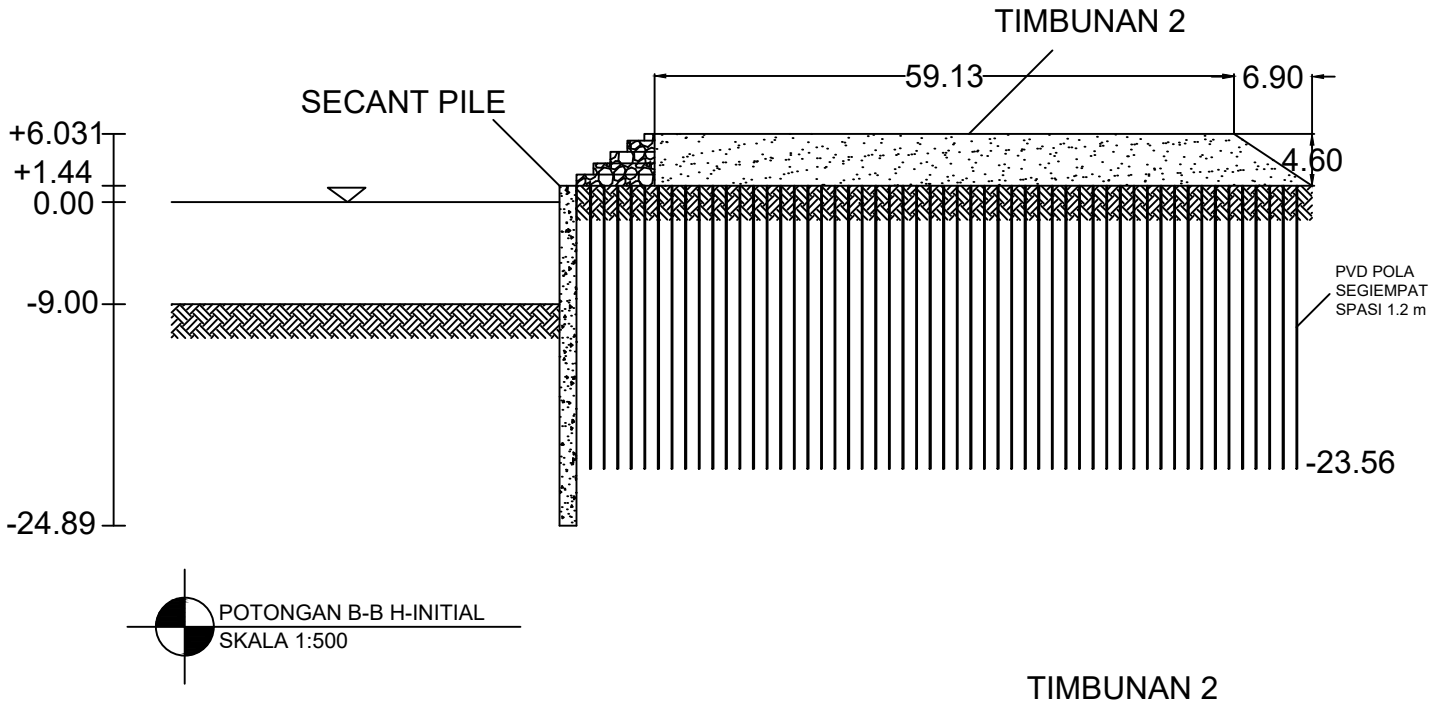
Muhammad Ivan Adi Perdana

Revisi	Tanggal	Catatan

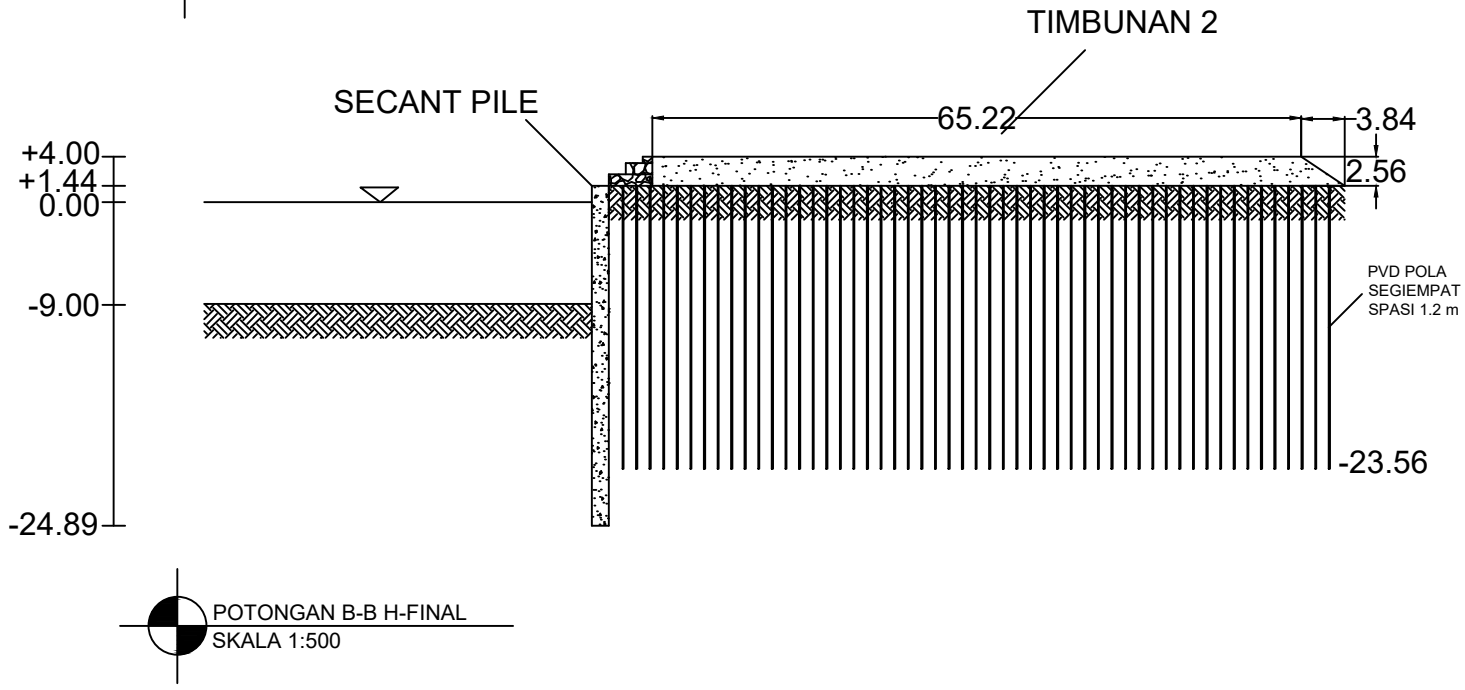
Nama Gambar

POTONGAN A-A H-INITIAL
POTONGAN A-A H-FINAL

Skala	No Gambar	Halaman
1:500	2	240



POTONGAN B-B H-INITIAL
SKALA 1:500



POTONGAN B-B H-FINAL
SKALA 1:500

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA
STUDI KASUS PROYEK RDMP-RU V
PT. PERTAMINA BALIKPAPAN

Dosen Pembimbing

Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Keterangan

Nama Mahasiswa

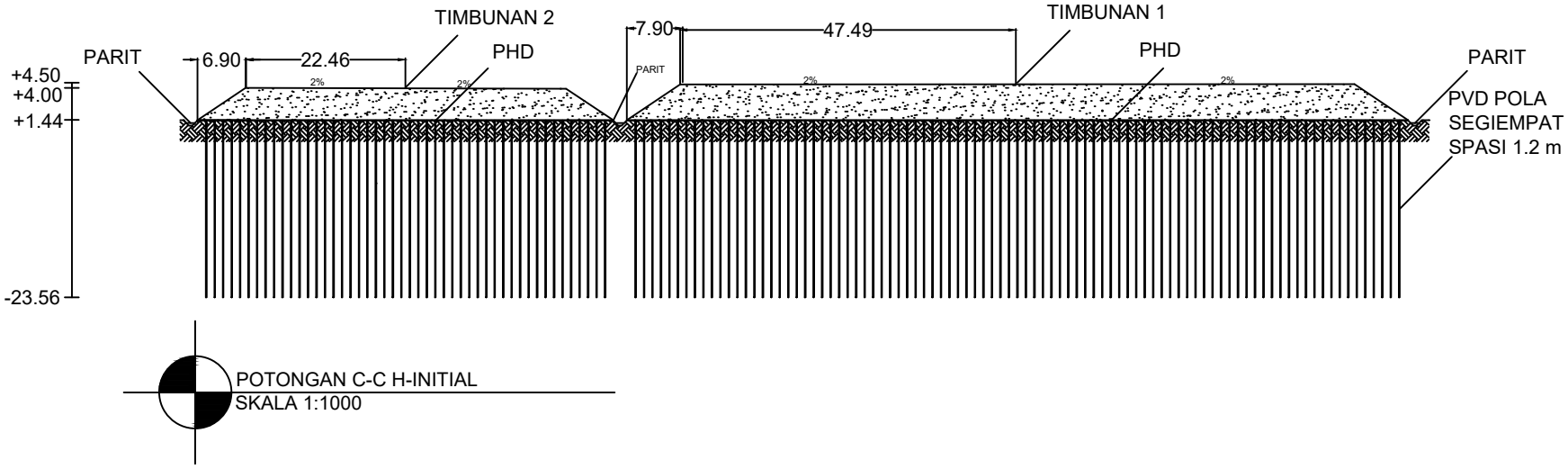
Muhammad Ivan Adi Perdana

Revisi	Tanggal	Catatan

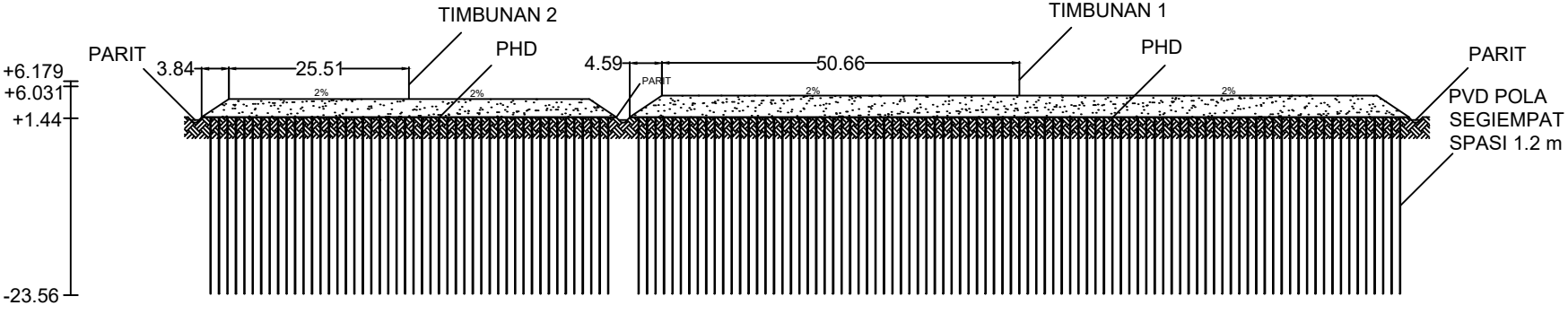
Nama Gambar

POTONGAN B-B H-INITIAL
POTONGAN B-B H-FINAL

Skala	No Gambar	Halaman
1:500	3	241



POTONGAN C-C H-INITIAL
SKALA 1:1000



POTONGAN C-C H-FINAL
SKALA 1:1000

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA
STUDI KASUS PROYEK RDMP-RU V PT. PERTAMINA BALIKPAPAN

Dosen Pembimbing

Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Keterangan

Nama Mahasiswa

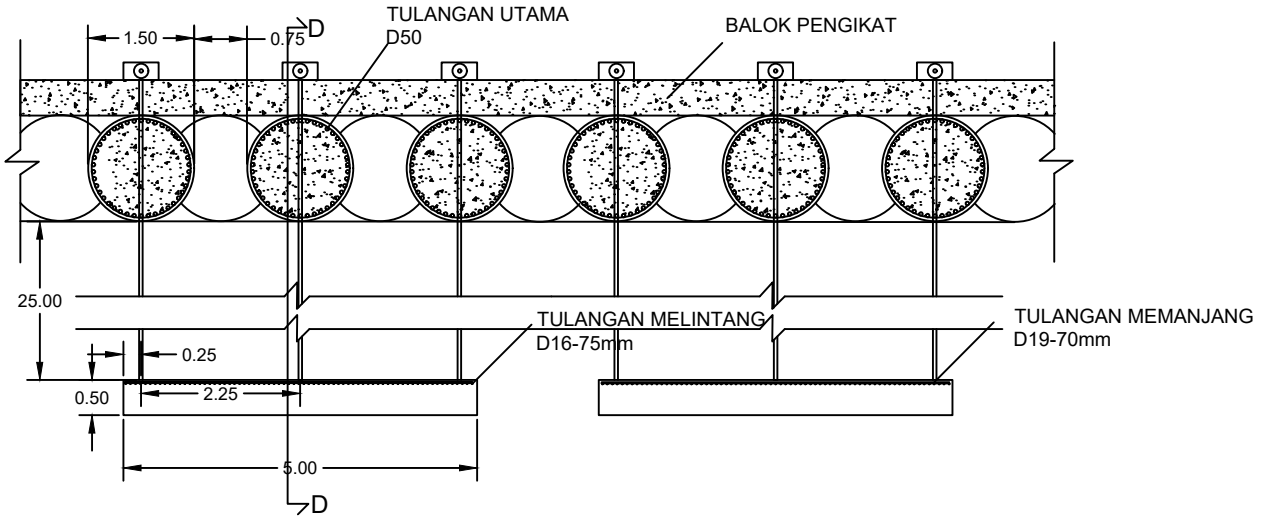
Muhammad Ivan Adi Perdana

Revisi	Tanggal	Catatan

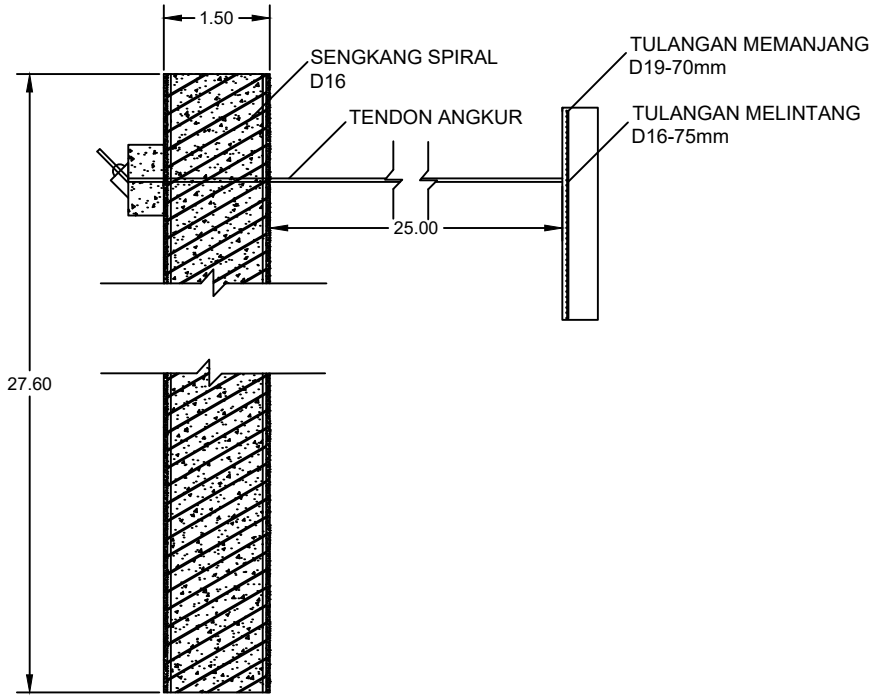
Nama Gambar

POTONGAN C-C H-INITIAL
POTONGAN C-C H-FINAL

Skala	No Gambar	Halaman
1:1000	4	242



DETAIL SECANT PILE ZONA 1
SKALA 1:100



POTONGAN D-D
SKALA 1:100

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA
STUDI KASUS PROYEK RDMP-RU V PT. PERTAMINA BALIKPAPAN

Dosen Pembimbing

Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Keterangan

Nama Mahasiswa

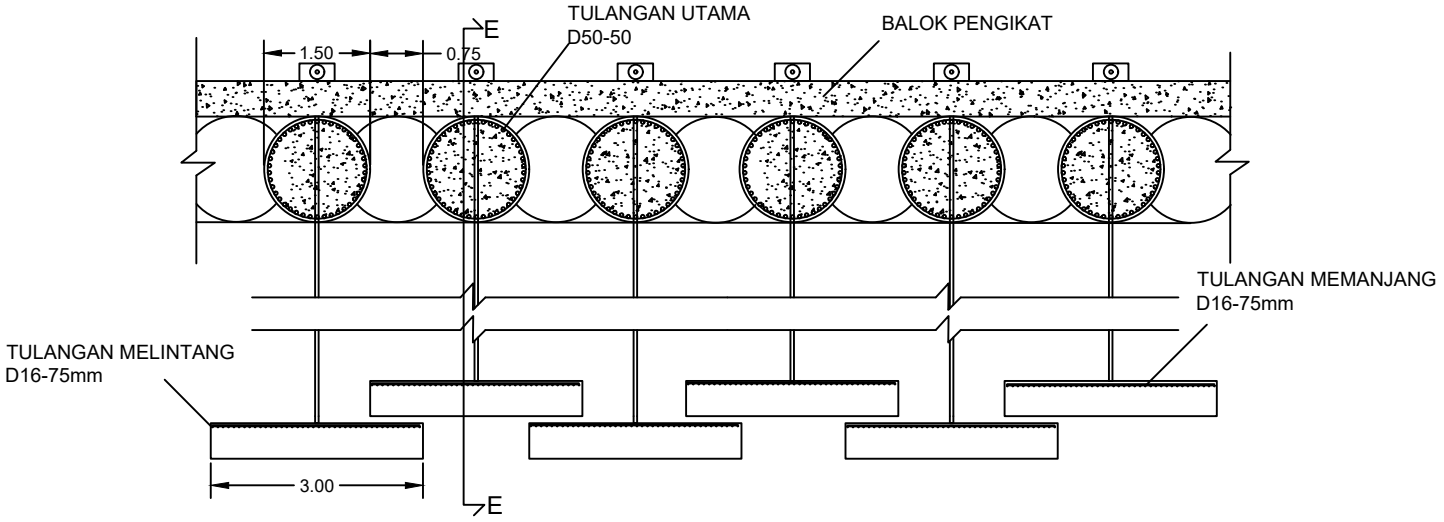
Muhammad Ivan Adi Perdana

Revisi	Tanggal	Catatan

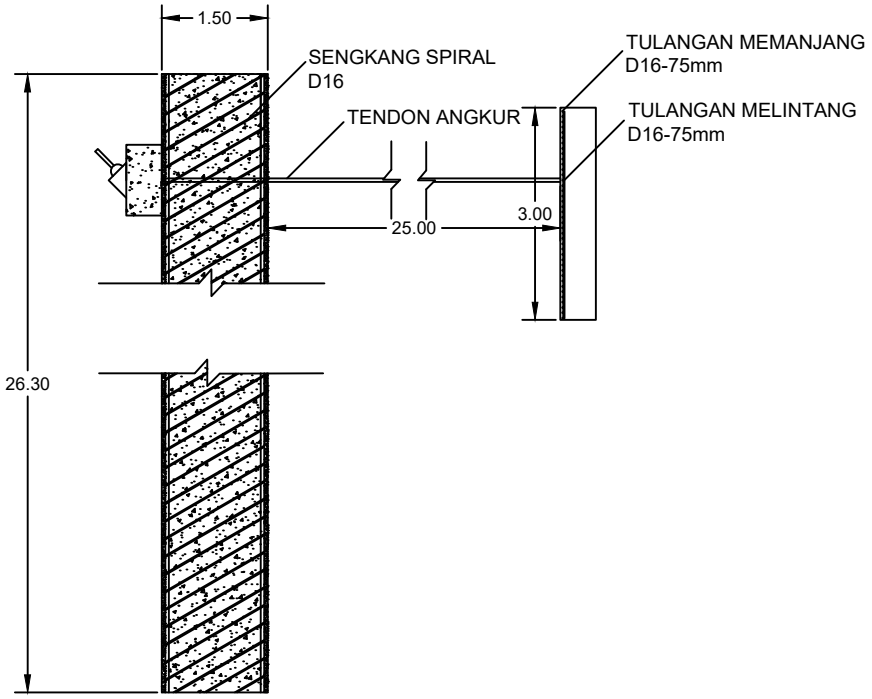
Nama Gambar

DETAIL SECANT PILE ZONA 1
POTONGAN D-D

Skala	No Gambar	Halaman
1:100	5	243



DETAIL SECANT PILE ZONA 2
SKALA 1:100



POTONGAN E-E
SKALA 1:100

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Intitut Teknologi Sepuluh Nopember

Judul Tugas Akhir

PERENCANAAN PERKUATAN DINDING KOLAM PELABUHAN DAN PENGGUNAAN MATERIAL *DREDGING* SEBAGAI MATERIAL TIMBUNAN PADA AREA PERLUASAN DERMAGA
STUDI KASUS PROYEK RDMP-RU V PT. PERTAMINA BALIKPAPAN

Dosen Pembimbing

Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.

Keterangan

Nama Mahasiswa

Muhammad Ivan Adi Perdana

Revisi	Tanggal	Catatan

Nama Gambar

DETAIL SECANT PILE ZONA 2
POTONGAN E-E

Skala	No Gambar	Halaman
1:100	6	244

BIODATA PENULIS

Penulis memiliki nama lengkap Muhammad Ivan Adi Perdana. Lahir di Probolinggo, Jawa Timur pada tanggal 12 Juli 1995. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Pusporini Probolinggo, MI AL-Huda Malang, MTs Negeri 1 Malang, dan SMA Negeri 1 Malang. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Malang, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP-Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya lewat jalur SNMPTN Undangan pada tahun 2013.

Di Jurusan Teknik Sipil, penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang Geoteknik. Selama masa perkuliahan penulis aktif di organisasi bidang kemahasiswaan. Penulis aktif menjadi LE-HMS (Lembaga Eksekutif Himpunan Mahasiswa Sipil) sebagai Staff Departemen Prokesma (Keprofesian dan Kesejahteraan Mahasiswa) pada tahun kedua dan Kepala Biro Akademik Departemen Kesma (Kesejahteraan Mahasiswa) pada tahun ketiga. Penulis pernah mengikuti kerja praktek sebagai staff pelaksana pada proyek Jembatan Sembayat Baru II, Kabupaten Gresik, PT. Brantas Abipraya (Persero) pada tahun keempat. Penulis dapat dihubungi melalui *email* mivanap95@gmail.com .