



TUGAS AKHIR - RC18-4803

**PERENCANAAN PERBAIKAN DAN PERKUATAN  
TANAH PADA LAHAN REKLAMASI (STUDI  
KASUS : PERLUASAN *CONTAINER YARD*  
TERMINAL TELUK LAMONG, SURABAYA,  
JAWA TIMUR)**

ALMARETHA MEVIA AZIZAH PUTRI ISWANTO  
NRP 03111640000032

Dosen Pembimbing I  
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

Dosen Pembimbing I  
Putu Tantri Kumalasari, ST. MT

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



TUGAS AKHIR - RC18-4803

**PERENCANAAN PERBAIKAN DAN PERKUATAN  
TANAH PADA LAHAN REKLAMASI (STUDI  
KASUS : PERLUASAN *CONTAINER YARD*  
TERMINAL TELUK LAMONG, SURABAYA,  
JAWA TIMUR)**

ALMARETHA MEVIA AZIZAH PUTRI ISWANTO  
NRP 0311164000032

Dosen Pembimbing I  
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

Dosen Pembimbing II  
Putu Tantri Kumalasari, ST. MT

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



TUGAS AKHIR - RC18-4803

**THE PLANNING FOR SOIL IMPROVEMENT AND  
REINFORCEMENT ON RECLAMATION AREA  
(CASE STUDY : THE EXPANSION OF  
CONTAINER YARD ON TERMINAL TELUK  
LAMONG, SURABAYA, JAWA TIMUR)**

ALMARETHA MEVIA AZIZAH PUTRI ISWANTO  
NRP 0311164000032

Academic Supervisor I  
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

Academic Supervisor I  
Putu Tantri Kumalasari, ST. MT

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

**PERENCANAAN PERBAIKAN DAN PERKUATAN  
TANAH PADA LAHAN REKLAMASI (STUDI  
KASUS: PERLUASAN *CONTAINER YARD*  
TERMINAL TELUK LAMONG, SURABAYA, JAWA  
TIMUR)**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh :

**ALMARETHA MEVIA AZIZAH PUTRI ISWANTO  
NRP. 0311164000032**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi..... (Pembimbing I)
2. Putu Tantri Kumalasari, ST, MT..... (Pembimbing II)



“halaman ini sengaja dikosongkan”

**PERENCANAAN PERBAIKAN DAN PERKUATAN  
TANAH PADA LAHAN REKLAMASI (STUDI KASUS:  
PERLUASAN *CONTAINER YARD* TERMINAL TELUK  
LAMONG, SURABAYA, JAWA TIMUR)**

**Nama Mahasiswa** : Almaretha Mevia Azizah Putri I.  
**NRP** : 0311164000032  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSPK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi  
2. Putu Tantri Kumalasari, ST., MT

**Abstrak**

*PT. Pelabuhan Indonesia (Pelindo) III mengelola beberapa terminal yang tersebar dalam 7 Provinsi di Indonesia. Pada tahun 2018, Pelindo III mengalami peningkatan arus peti kemas sebesar 8,5% dari tahun sebelumnya. Dari kenaikan tersebut menjadi alasan besar bahwa diperlukan lapangan penumpukan peti kemas (container yard) baru; container yard tersebut direncanakan berada di sebelah container yard yang lama di Terminal Teluk Lamong, Surabaya. Perluasan container yard tersebut akandibangun di ataslahan reklamasi seluas 655 x 648,7 m.*

*Berdasarkan proses penyelidikan yang dilakukan pada April 2018 meliputi hasil bore-log dan N-SPT serta pengecekan undisturbed soil pada laboratorium, didapatkan kondisi tanah dasar berupa lapisan tanah lunak yang compressible setebal 4-18 meter. Hal-hal tersebut menjadi permasalahan utama dalam perencanaan reklamasi sehingga perlu dilakukan perbaikan pada tanah dasarnya .Perbaikan tanah dasar yang digunakan pada lahan reklamasi ini menggunakan gabungan dari dua metode yaitu metode preloading dan pemasangan Prefabricated Vertical Drain (PVD). Kedua metode tersebut digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah dan mempercepat pemampatan.*

*Untuk metode preloading, yang dilakukan adalah memberikan beban awal secara bertahap sebesar 5,7 m untuk area A, untuk area B adalah 10,1 m, untuk area C adalah 6,4 m,*

*dan untuk area D adalah 7,4 m. Pemasangan PVD hanya pada area yang tertentu yang memiliki waktu pemampatan > 1 tahun yaitu area A dipasang sepanjang 5 meter dan area B dipasang sepanjang 15 meter dengan jarak antar PVD sebesar 1 m. Sedangkan untuk area D tidak menggunakan PVD namun dengan mengganti tanah dasar dengan tanah timbunan. Pondasi untuk Automatic Stacking Crane direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang sepanjang 30 m untuk area B dan 15 m untuk area A dan area C.*

***Kata kunci: container yard, perkuatan tanah, pondasi ASC, prefabricated vertical drain, reklamasi***

**THE PLANNING FOR SOIL IMPROVEMENT AND  
REINFORCEMENT ON RECLAMATION AREA  
(CASE STUDY : THE EXPANSION OF CONTAINER  
YARD ON TERMINAL TELUK LAMONG, SURABAYA,  
JAWA TIMUR)**

**Student Name** : Almarethia Mevia Azizah Putri I.  
**NRP** : 03111640000032  
**Department** : Civil Engineering FTSPK-ITS  
**Promotor** : 1. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi  
2. Putu Tantri Kumalasari, ST., MT

***Abstract***

*PT. Pelabuhan Indonesia (Pelindo) III manages several terminals that spread in 7 Provinces in Indonesia. In 2018, Pelindo III had an increase in container flow by 8,5% from the previous year. From that condition, there is a big reason that a new container yard is needed and planned on the next of the old container yard at the Terminal Teluk Lamong, Surabaya. The expansion of the container yard will be built on a reclamation area within a size of 655 m x 648,7 m.*

*Based on the investigation process in April 2018 that includes results of bore-log and N-SPT also checking the undisturbed soil in the laboratory, found the based soil condition is formed of compressible soft soil layer within 4 – 18 meter. These things become the main problems in the planning of the reclamation area, so it needs to have soil improvement. Soil improvement on a reclamation area uses a combination of two methods that is preloading and installation of Prefabricated Vertical Drain (PVD). Both methods used to increase the soil bearing capacity and accelerate the consolidation.*



*For the preloading method, which was to provide a gradually initial charge of 5.7 m for Area A, for Area B was 10.1 m, for Area C was 6.4 m, and for Area, D was 7.4 m. The installation of PVD is only in certain areas that have a time of consolidation > 1 year, in Area A is installed along 5 meters and Area B was 15 meters with a distance between of PVD is 1 m. Whereas for Area D it does not use PVD but by replacing the based soil with landfill soil. Foundations for Automatic Stacking Crane use a pile foundation along 30 m for Area B and 15 for Area A and Area C.*

***Keywords : container yard, foundation of ASC, prefabricated vertical drain, reclamation, soil improvement***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Perbaikan dan Perkuatan Tanah pada Lahan Reklamasi (Studi Kasus: Perluasan *Container Yard* Terminal Teluk Lamong, Surabaya, Jawa Timur)” sesuai dengan rencana.

Adapun Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan untuk memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan pendidikan Strata-I (Satu) di Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penyusunan tugas akhir ini didasarkan atas data-data sekunder dari Proyek Perluasan *Container Yard* Terminal Teluk Lamong, maupun buku-buku literatur, dan pengetahuan yang telah penulis peroleh selama masa perkuliahan. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi selaku dosen pembimbing pertama Tugas Akhir yang dengan sabar memberikan bimbingan, ide perencanaan, memberi informasi referensi pada penulis.
2. Ibu Putu Tantri Kumalasari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua Tugas Akhir yang dengan sabar memberikan bimbingan, ide perencanaan, memberi informasi referensi pada penulis.
3. Bapak Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen wali penulis yang selalu membimbing penulis dari semester awal hingga akhir.
4. Segenap dosen dan karyawan di Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya masing-masing, sehingga penulis dapat mengimplementasikan ilmu yang telah disampaikan.
5. Bapak Harry Dharmawan, selaku Pimpinan Proyek Teluk Lamong PT Pelindo III

6. Ibu Otik, Pak Bobby dan Mbak Mita karyawan teknik PT Pelindo III
7. Keluarga terutama Mima, Ayah, Ibuk, Bapak, Mama Ririn, Mama Titik, dan Emak yang telah memberikan doa, nasehat, serta motivasi yang selalu diberikan kepada penulis.
8. Sahabat saya –S Romadony, Marka Daffa, Sulthonan, Doni Rivaldi, Faizal Tri, dan Atikah Safitri, yang selalu memberikan semangat dan bantuan secara moral maupun materiil.
9. Teman-teman Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember angkatan S59

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang lebih besar kepada beliau-beliau semua. Penulis menyadari bahwa Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, karena keterbatasan kemampuan dari penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun, sehingga dapat dijadikan perbaikan. Serta tidak lupa penulis memohon maaf atas semua kesalahan yang terjadi dan pada akhirnya penulis berharap semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat sebagaimana fungsinya.

Surabaya, Juni 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Abstrak</b> .....	<b>iii</b>
<i>Abstract</i> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>19</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>19</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	<b>22</b>
<b>1.3 Batasan Masalah Studi</b> .....	<b>23</b>
<b>1.4 Tujuan</b> .....	<b>23</b>
<b>1.5 Lokasi Studi</b> .....	<b>24</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>27</b>
<b>2.1 Reklamasi untuk <i>Container Yard</i></b> .....	<b>27</b>
<b>2.2 Tanah</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2.1 Klasifikasi Tanah</b> .....	<b>27</b>
<b>2.2.2 Karakteristik Tanah Lunak</b> .....	<b>28</b>
<b>2.3 Pemampatan Tanah</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3.1 Distribusi Beban pada Tanah</b> .....	<b>30</b>
<b>2.3.2 Pemampatan Konsolidasi</b> .....	<b>31</b>
<b>2.4 Parameter Tanah untuk Perhitungan Besar Pemampatan Konsolidasi</b> .....	<b>33</b>
<b>2.5 Lama Waktu Pemampatan Konsolidasi</b> .....	<b>35</b>
<b>2.6 Perencanaan Timbunan sebagai Beban Preloading</b> .....	<b>37</b>
<b>2.6.1 Tinggi Timbunan Awal (<math>H_{\text{inisial}}</math>)</b> .....	<b>37</b>

2.6.2	Penentuan Tinggi Timbunan Kritis ( $H_{cr}$ ) .....	38
2.6.3	Timbunan Bertahap .....	38
2.6.4	Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Bertahap .....	39
2.6.5	Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap .....	40
2.7	Metode Percepatan Pemampatan menggunakan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> .....	41
2.8	Perhitungan <i>Prefabricated Horizontal Drain</i> .....	43
2.9	Peningkatan Daya Dukung Tanah.....	43
2.10	Sistem Perkuatan Lereng Timbunan.....	44
2.11	Pondasi <i>Crane</i> .....	44
2.12	Analisa <i>Net Present Value</i> .....	46
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>		<b>49</b>
3.1	Bagan Alir .....	49
3.2	Penjelasan Bagan Alir .....	51
3.2.1	Studi Literatur .....	51
3.2.2	Pengumpulan Data .....	51
3.2.3	Perencanaan Geoteknik Area Reklamasi.....	51
3.2.4	Perencanaan Beban <i>Preloading</i> .....	51
3.2.5	Perencanaan pada Tanah Dasar .....	52
3.2.6	Perhitungan <i>Net Present Value</i> .....	53
3.2.7	Perencanaan Pondasi untuk ASC .....	53
3.3	Output.....	54
<b>BAB IV ANALISA DATA .....</b>		<b>55</b>
4.1	Data Tanah Dasar.....	55
4.1.1	Analisa Parameter Tanah .....	56
4.1.2	Metode Korelasi dan Analisa Koefisien Variasi (CV) Data Tanah Dasar .....	67
4.2	Data Tanah Timbunan.....	73
4.3	Data Spesifikasi Bahan.....	74
4.3.1	<i>Prefabricated Vertical Drain</i> .....	74
4.3.2	<i>Prefabricated Horizontal Drain</i> .....	74
4.3.3	Micropile .....	74

4.3.4	Tiang Pancang .....	75
4.4	Data Perencanaan Geoteknik .....	75
4.5	Data Perencanaan Pembebanan Preloading .....	76
4.6	Data Perencanaan Pembebanan Pondasi .....	76
4.7	Data Analisa Cashflow .....	77
<b>BAB V PERENCANAAN GEOTEKNIK .....</b>		<b>79</b>
5.1	Perencanaan Pada Tanah Dasar .....	79
5.1.1	Perhitungan Besar Pemampatan .....	80
5.1.2	Perhitungan Tinggi Timbunan Awal ( $H_{inisial}$ ) ..	84
5.1.3	Perhitungan Lama Waktu Pemampatan .....	86
5.2	Perencanaan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)...	88
5.2.1	Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal ( $U_v$ ) .....	88
5.2.2	Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal ( $U_h$ ) .....	89
5.2.3	Perhitungan Derajat Konsolidasi Rata-rata ( $\bar{U}$ ) .....	92
5.3	Perhitungan Rate of Settlement .....	97
5.4	Perencanaan <i>Prefabricated Horizontal Drain</i> (PHD) .....	100
5.5	Penimbunan Bertahap .....	101
5.5.1	Penentuan Tinggi Timbunan Kritis.....	105
5.5.2	Perhitungan Peningkatan Parameter Tanah	106
5.6	Perencanaan Lereng Timbunan.....	110
5.7	Perencanaan Pondasi Automatic Stacking Crane	111
5.7.1	Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Berdasarkan Spesifikasi Material .....	112
5.7.2	Pehitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang.....	112
5.7.3	Perhitungan Jumlah Tiang Pancang .....	117
5.7.4	Perhitungan Efisiensi dan Daya Dukung Tiang Pancang dalam Kelompok .....	117
5.7.5	Perhitungan Gaya Horizontal Tiang Pancang .....	118

5.8	Perhitungan Biaya .....	119
5.8.1	Perhitungan Biaya Awal .....	110
5.8.2	Net Present Value .....	122
5.8.3	Perbandingan Aliran Kas .....	124
<b>BAB VI KESIMPULAN .....</b>		<b>125</b>
6.1	Kesimpulan .....	125
6.2	Saran.....	126
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>127</b>
<b>Lampiran 1 Data Tanah dan Spesifikasi Material .....</b>		<b>129</b>
<b>Lampiran 2 Analisa Parameter Tanah.....</b>		<b>157</b>
<b>Lampiran 3 Analisa Geoteknik .....</b>		<b>167</b>
<b>Lampiran 4 Analisa Pondasi ASC .....</b>		<b>215</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Korelasi N-SPT dan Konsistensi Tanah .....	31
<b>Tabel 2.2</b> Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi. 38	38
<b>Tabel 2.3</b> Skema Perhitungan <i>Net Present Value</i> .....	49
<b>Tabel 4.1</b> Nilai Parameter Tanah BH-1 .....	67
<b>Tabel 4.2</b> Nilai Parameter Tanah BH-2 .....	67
<b>Tabel 4.3</b> Nilai Parameter Tanah BH-3 .....	67
<b>Tabel 4.4</b> Nilai Parameter Tanah BH-4 .....	68
<b>Tabel 4.5</b> Nilai Parameter Tanah BH-5 .....	68
<b>Tabel 4.6</b> Nilai Parameter Tanah BH-6 .....	68
<b>Tabel 4.7</b> Nilai Parameter Tanah BH-7 .....	68
<b>Tabel 4.8</b> Perhitungan $\gamma_t$ dengan metode korelasi untuk BH-5 kedalaman 0 – 9 m .....	70
<b>Tabel 4.9</b> Perhitungan $\gamma_t$ dengan metode korelasi untuk BH-5 kedalaman 9 – 10 m.....	71
<b>Tabel 4.10</b> Perhitungan $\gamma_t$ dengan metode korelasi untuk BH-5 kedalaman 10 – 15 m.....	71
<b>Tabel 4.11</b> Nilai parameter tanah BH-5.....	72
<b>Tabel 4.12</b> Perhitungan $\gamma_t$ dengan metode korelasi untuk area B kedalaman 0 – 9 m .....	73
<b>Tabel 4.13</b> Perhitungan $\gamma_t$ dengan metode korelasi untuk area B kedalaman 9 – 10 m.....	73
<b>Tabel 4.14</b> Perhitungan $\gamma_t$ dengan metode korelasi untuk area B kedalaman 10 – 18 m.....	74
<b>Tabel 4.15</b> Nilai Koefisien Variasi area B untuk $\gamma_t$ .....	75
<b>Tabel 4.16</b> Data elevasi dan tinggi timbunan .....	78



<b>Tabel 5.1</b> Rekapitulasi tebal lapisan tanah <i>compressible</i> .....	82
<b>Tabel 5.2</b> Perhitungan pemampatan area B .....	85
<b>Tabel 5.3</b> Perhitungan pemampatan akibat variasi beban untuk area B.....	87
<b>Tabel 5.5</b> Perhitungan $C_v$ gabungan untuk area B .....	89
<b>Tabel 5.6</b> Rekapitulasi perhitungan lama waktu pemampatan ...	90
<b>Tabel 5.7</b> Perhitungan $U_v$ untuk area B .....	91
<b>Tabel 5.8</b> Perhitungan $F_{(n)}$ untuk PVD dengan pola segiempat ..	92
<b>Tabel 5.9</b> Perhitungan $U_h$ dengan PVD dengan pola segiempat untuk area B.....	93
<b>Tabel 5.9</b> Perhitungan $U_h$ dengan PVD dengan pola segiempat untuk area B (Lanjutan).....	94
<b>Tabel 5.10</b> Perhitungan U dengan PVD dengan pola segiempat untuk area B.....	96
<b>Tabel 5.10</b> Perhitungan U dengan PVD dengan pola segiempat untuk area B (Lanjutan).....	97
<b>Tabel 5.11</b> Perhitungan pemampatan pada lapisan bawah untuk pemasangan PVD sepanjang $\frac{2}{3}$ L selama 1 tahun pada area B...	99
<b>Tabel 5.12</b> Perhitungan kecepatan pemampatan pada lapisan bawah untuk pemasangan PVD sepanjang $\frac{2}{3}$ L tiap tahun selama umur rencana pada area B .....	100
<b>Tabel 5.13</b> Rekapitulasi PVD yang digunakan dan <i>Rate of settlement</i> tiap area .....	101
<b>Tabel 5.14</b> Rekapitulasi penimbunan bertahap.....	104
<b>Tabel 5.16</b> Rekapitulasi besar dan waktu pemampatan .....	105
<b>Tabel 5.17</b> Rekapitulasi hasil <i>safety factor</i> lereng kondisi $H_{\text{inisial}}$ .....	107
<b>Tabel 5.18</b> Tegangan efektif tanah akibat penimbunan bertahap pada area B untuk $U = 100\%$ .....	110

<b>Tabel 5.19</b> Tegangan efektif tanah akibat penimbunan bertahap pada area B untuk $U < 100\%$ .....	111
<b>Tabel 5.20</b> Perubahan nilai $C_u$ akibat penimbunan bertahap pada area B.....	112
<b>Tabel 5.21</b> Rekapitulasi hasil perencanaan lereng timbunan....	113
<b>Tabel 5.22</b> Perhitungan daya dukung tiang pancang area B.....	118
<b>Tabel 5.23</b> Rekapitulasi efisiensi tiang pancang D60 dengan konfigurasi 1 x 3.....	119
<b>Tabel 5.24</b> Rekapitulasi perhitungan tiang pancang.....	120
<b>Tabel 5.25</b> Perhitungan Gaya Resultan Tiang Pancang Miring	121
<b>Tabel 5.26</b> Rekapitulasi Biaya Awal Area A.....	123
<b>Tabel 5.27</b> Rekapitulasi Biaya Awal Area B.....	123
<b>Tabel 5.28</b> Rekapitulasi Biaya Awal Area C.....	123
<b>Tabel 5.29</b> Rekapitulasi Biaya Awal Area D.....	124
<b>Tabel 5.30</b> Perhitungan <i>Net Present Value</i> .....	125
<b>Tabel 5.31</b> Perbandingan <i>net present value</i> untuk area B.....	126

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Peta Lokasi Studi.....	25
<b>Gambar 1.2</b> Denah Lokasi .....	26
<b>Gambar 2.1</b> Skema Tegangan Akibat Beban Timbunan.....	33
<b>Gambar 2.2</b> Beban Preloading .....	39
<b>Gambar 2.3</b> Timbunan Bertahap.....	41
<b>Gambar 2.4</b> Pola Pemasangan PVD Segiempat.....	44
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	51
<b>Gambar 4.1</b> Lokasi titik pengeboran.....	57
<b>Gambar 4.2</b> Hasil statigrafi tanah bagian pertama (Area A).....	59
<b>Gambar 4.3</b> Grafik antar nilai N-SPT dengan kedalaman tanah bagian pertama (Area A) .....	60
<b>Gambar 4.4</b> Hasil statigrafi tanah bagian pertama (Area B).....	61
<b>Gambar 4.5</b> Grafik antar nilai N-SPT dengan kedalaman tanah bagian pertama (Area B) .....	62
<b>Gambar 4.6</b> Hasil statigrafi tanah bagian pertama (Area C).....	63
<b>Gambar 4.7</b> Grafik antar nilai N-SPT dengan kedalaman tanah bagian pertama (Area C) .....	64
<b>Gambar 4.8</b> Hasil statigrafi tanah bagian pertama (Area D).....	65
<b>Gambar 4.9</b> Grafik antar nilai N-SPT dengan kedalaman tanah bagian pertama (Area D) .....	66
<b>Gambar 4.10</b> Skema Pembebanan Pondasi ASC .....	78
<b>Gambar 5.1</b> Potongan timbunan area B ditinjau dari arah kanan .....	83
<b>Gambar 5.2</b> Grafik hubungan antara $H_{inisial}$ , $H_{final}$ , dan $S_c$ area B .....	87

<b>Gambar 5.3</b> Grafik hubungan antara derajat konsolidasi (U) vs waktu (t) dengan PVD sepanjang L di Area B .....	98
<b>Gambar 5.4</b> Grafik hubungan kedalaman pemasangan PVD dengan <i>rate of settlement</i> untuk area B .....	101
<b>Gambar 5.5</b> Grafik hubungan antara tahapan penimbunan dan besar pemampatan untuk area B.....	106
<b>Gambar 5.6</b> $H_{kritis}$ timbunan untuk area B .....	109

“halaman ini sengaja dikosongkan”

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan ekonomi bagi Indonesia sebagai negara berkembang sangat penting guna meningkatkan daya saing dengan negara-negara lain. Dengan adanya Paket Kebijakan Ekonomi XV Tahun 2017 yang lebih memfokuskan pada ketersediaan jasa logistik nasional menyebabkan kebutuhan angkutan barang meningkat, sehingga terdapat potensi peluang pasar yang besar bagi usaha penyedia jasa logistik di Indonesia. Konektivitas angkutan barang yang belum terintegrasi dengan baik di seluruh Indonesia mengakibatkan sering terjadinya kelangkaan barang, harga yang tinggi, dan banyaknya barang impor. Pengangkutan barang antar pulau salah satunya melalui jalur laut; pada umumnya menggunakan peti kemas. Aruspeti kemas di seluruh Indonesia mengalami kenaikan sebesar 7,89% pada 2017; peningkatan tertinggi dalam kurun waktu 4 tahun terakhir. Data tersebut tercatat oleh Kementerian Perhubungan di empat pelabuhan Badan Usaha Milik Negara (BUMN), PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) I - IV.

Pelindo III merupakan salah satu bagian dari PT Pelabuhan Indonesia yang menghubungkan wilayah Barat dan Timur Indonesia. Pelindo III mengelola 43 Pelabuhan yang tersebar di 7 Provinsi, yaitu Jawa Timur, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Nusa Tenggara Timur. Pada tahun 2018, Pelindo III mengalami peningkatan arus peti kemas sebesar 8,5% dari tahun sebelumnya. Kapasitas pelabuhan di wilayah Pelindo III yang tersedia hanya 4 juta *Twenty-foot Equivalent Units* (TEUs) sehingga dibutuhkan peningkatan daya tampung atau pengembangan pelabuhan agar mampu menampung arus peti kemas hingga beberapa tahun mendatang. Peti kemas tersebut mempunyai ukuran panjang yang berbeda, yaitu 20 kaki, 40 kaki, dan 45 kaki; untuk ukuran peti kemas dengan panjang 20 kaki

disebut 1 TEU; sedangkan dengan panjang 40 kaki disebut juga 2 TEU. Hanya saja ada pengecualian pada panjang 45 kaki dinamakan sebagai 2 TEU, bukan 2,25 TEU.

Peti kemas tersebut umumnya disusun rapi dengan bantuan alat berat yaitu *Automatic Stacking Crane* (ASC) di lapangan penumpukan yang biasanya dikenal dengan nama *Container Yard* (CY). Pada CY inilah peti kemas tersebut menunggu didistribusikan kembali untuk dikirim keluar pulau atau ke dalam pulau itu sendiri. Sekarang ini diperlukan peningkatan kapasitas penampungan CY karena besarnya peningkatan arus peti kemas. Peningkatan kapasitas akan difokuskan di Pulau Jawa karena sejauh ini Pulau Jawa memiliki arus terbesar diantara pulau lainnya. Pada daerah Jawa Tengah kurang memungkinkan untuk dilakukan pengembangan karena besarnya kapasitas yang sudah ditampung di Terminal Peti Kemas Semarang, sedangkan di Jawa Timur sendiri tersisa Terminal Teluk Lamong yang dimungkinkan masih dapat dilakukan perluasan CY. Lokasi perluasan CY pada Terminal Teluk Lamong ditunjukkan pada **Gambar 1** yang nantinya akan direncanakan di atas lahan reklamasi dengan kondisi tanah dasar yang sangat lunak.

Ketebalan lapisan tanah lunak di Terminal Teluk Lamong berkisar 4 sampai 18 meter (Data tanah dari 7 titik borehole dapat dilihat pada **Lampiran 1**). Selain itu kondisi pasang tertinggi di area yang akan direklamasi berkisar 1,6 sampai 2,5 meter dari *Mean Sea Level* (MSL). Dengandemikian timbunan yang akan dibangun harus cukup tinggi agar terbebas dari pasang surut air laut. Keadaan ini akan menimbulkan pemampatan yang sangat besar dan terjadinya kelongsoran pada lereng timbunan. Dalam upaya memenuhi persyaratan stabilitas konstruksi, maka daya dukung tanah harus ditingkatkan.

Peningkatan daya dukung dapat dilakukan dengan beberapa metode, salah satunya dengan metode *preloading*. Metode *preloading* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan memberikan

beban awal secara bertahap. Metode *preloading* bisa digabungkan dengan pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), PVD tersebut berfungsi untuk mempercepat mengalirkan air pori pada tanah lunak yang memiliki nilai permeabilitas tanah yang kecil. Pada saat dilakukan metode *preloading*, maka diperlukan juga perkuatan pada lereng timbunan. Perkuatan tersebut memperhatikan kondisi peningkatan parameter tanah dasar yang terjadi akibat adanya pemasangan PVD dan beban *preloading*. Beberapa metode yang dapat dilakukan pada perkuatan lereng timbunan antara lain pelebaran sisi horisontal sehingga lereng memiliki kemiringan 1:1,5 tanpa perlu diberi perkuatan serta pemasangan cerucuk yang digabungkan dengan tanggul pada lereng dengan kemiringan 1:1. Dari perencanaan tersebut didapatkan metode perkuatan lereng timbunan yang efektif dari segi biaya dan waktu pemasangan.

Selain permasalahan perbaikan pada tanah dasar yang harus dilakukan, pada CY ini nantinya ASC akan berjalan di atas rel untuk mengangkut dan menumpuk peti kemas. Oleh karena itu, selain merencanakan reklamasi perlu juga untuk direncanakan pondasi di bawah rel tersebut karena peti kemas yang di angkat memiliki beban cukup berat. Pondasi tersebut nantinya akan berada sejajar dengan tanah timbunan sesuai  $H_{final}$  dan dikerjakan setelah timbunan tersebut berada di kondisi  $U = 90\%$ .

Semua perencanaan yang disebutkan di atas dimodelkan dengan berbagai macam cara, dengan permodelan yang berbeda – beda maka biaya yang dikeluarkan juga berbeda sehingga perlu dianalisa total *cashflow* dalam hitungan *Net Present Value* (NPV) pada satu waktu tertentu yaitu 10 tahun. NPV yang dimaksud antara lain yaitu perhitungan terhadap biaya awal perluasan CY, pembayaran bank, biaya perbaikan, biaya *operational* dan *maintenance* (O&M) dan pendapatan. Biaya awal meliputi biaya material yang dikeluarkan ketika melakukan penimbunan, pemasangan PVD dan pemasangan tiang pancang. Pembayaran bank merupakan besar cicilan pada bank karena biaya yang dikeluarkan di awal merupakan 100% hasil uang sewa dari bank.



Biaya perbaikan merupakan biaya yang dikeluarkan pada tahun ke-5 ketika *rate of settlement* melebihi batas maksimal yaitu sebesar 1,5 cm/tahun. Sehingga dibutuhkan *overlay* pada CY dan harus dilakukan pemindahan peti kemas yang ada ke lapangan lain yang sudah disiapkan. Sedangkan pendapatan merupakan besarnya uang masuk dari hasil pembayaran sewa lahan oleh pihak pemilik peti kemas yang parkir di CY. Sehingga NPV terbesar menunjukkan model pemasangan panjang PVD yang paling efektif dan memberikan keuntungan bagi proyek CY.

Dari semua metode yang telah dianalisa maka akan didapatkan perencanaan pada lahan reklamasi sebagai CY. Perencanaan tersebut meliputi  $H_{\text{inisial}}$  timbunan yang diperlukan sebagai beban *preloading*, pemasangan PVD dengan panjang dan jarak tertentu untuk menyelesaikan pemampatan yang terjadi pada tanah dasar, perkuatan yang dipasang pada lereng timbunan agar stabil dengan memperhatikan perubahan parameter tanah yang terjadi, serta dimensi dan konfigurasi pondasi tiang pancang yang digunakan untuk menahan beban ASC dan peti kemas yang diangkat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dipaparkan sebelumnya, didapatkan beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi fisik dan teknis dari tanah dasar yang akan digunakan sebagai perluasan *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong Surabaya?
2. Berapa tinggi beban *preloading* yang akan digunakan sebagai perluasan *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong Surabaya?
3. Berapa panjang serta bagaimana konfigurasi PVD yang diperlukan untuk mempercepat pemampatan tanah dasar yang terjadi pada perluasan *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong Surabaya?

4. Berapa besar peningkatan parameter tanah pada tanah dasar setelah adanya perbaikan pada perluasan *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong Surabaya?
5. Apa metode perkuatan yang tepat untuk meningkatkan stabilitas lereng timbunan yang akan digunakan pada perluasan *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong Surabaya?
6. Berapa dimensi dan bagaimana susunan pondasi yang kuat dan sanggup menahan beban ASC pada perluasan *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong Surabaya?

### **1.3 Batasan Masalah Studi**

Batasan masalah studi pada Perencanaan perluasan *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong Surabaya ini meliputi:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data bore log, N-SPT, dan hasil laboratorium pada April 2018
2. Tidak membahas masalah oceanografi dari lahan reklamasi
3. Tidak membahas perkerasan dan drainase yang digunakan pada CY
4. Pada perhitungan pondasi ASC, beban sendiri rel ditiadakan
5. Tidak menghitung biaya pekerja pada rencana anggaran biaya, hanya menghitung biaya material inti

### **1.4 Tujuan**

Dari rumusan masalah di atas, maka menurut penulis tujuan tugas akhir ini adalah untuk merencanakan perluasan pada *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong Surabaya dengan cara reklamasi laut di samping CY yang sudah terbangun. Perencanaan perluasan CY memperhitungkan pemampatan yang terjadi pada tanah dasar, tinggi beban *preloading*, panjang dan konfigurasi PVD yang akan digunakan untuk mempercepat pemampatan, dan perkuatan pada lerengnya, serta dimensi

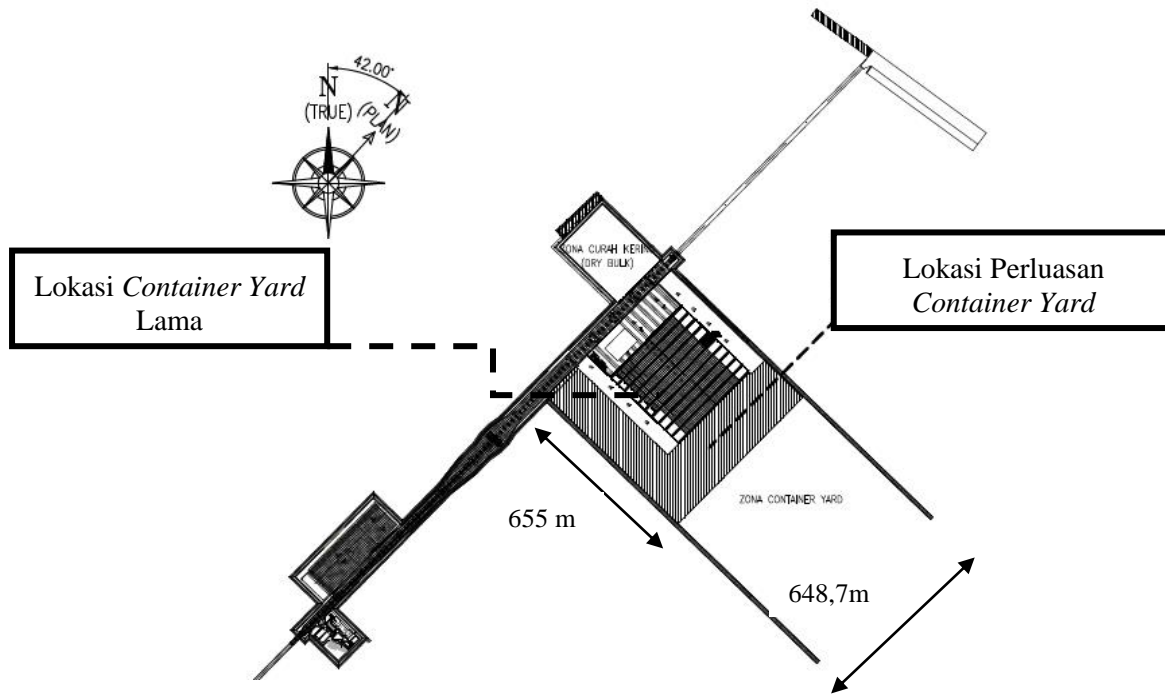
pondasi yang digunakan untuk menahan beban ASC dan peti kemas yang diangkat.

### **1.5 Lokasi Studi**

Lokasi studi terletak di pantai utara Kota Surabaya, sebelah timur laut dari Terminal Teluk Lamong yang lama, sebelah timur berbatasan dengan Pelabuhan Tanjung Perak (Kecamatan Krembangan), sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Tambak Osowilangun dan Asemrowo, sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Gresik, dan sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa yang ditunjukkan pada **Gambar 1.1** dan **Gambar 1.2** Untuk *layout* lokasi studi, peta topografi, dan denah CY lebih jelas dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Perencanaan *Container Yard* yang baru memiliki ukuran panjang 655 m x 648,7 m namun di beberapa bagian sudah terbangun *Container Yard* yang lama.



**Gambar 1.1** Peta Lokasi Studi  
Sumber : Basic Desain PT. Pelindo 3 (Persero)



**Gambar 1.2** Denah Lokasi

Sumber : Basic Desain PT. Pelindo 3 (Persero)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Reklamasi untuk *Container Yard***

Reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan oleh orang dalam rangka meningkatkan manfaat sumber daya lahan ditinjau dari sudut lingkungan dan sosial ekonomi dengan cara pengurugan, pengeringan lahan atau drainase; pengerukan adalah kegiatan penggalian atau pengambilan tanah dan batuan dasar baik di daratan maupun di bawah air; pengurugan adalah kegiatan penimbunan tanah dan/atau batuan di atas permukaan tanah dan/atau batuan.; pengeringan lahan adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengubah perairan dan/atau daratan menjadi lahan kering dengan cara pemompaan dan/atau drainase; drainase adalah metode pengaliran air permukaan atau air tanah agar perairan berubah menjadi lahan.

Pada perencanaan ini, lahan reklamasi akan difungsikan sebagai *container yard*. Peti kemas tersebut akan ditumpuk hingga 5 susun maksimal, sesuai dengan kapasitas *crane* yang digunakan yaitu *Automatic Stacking Crane*(ASC). *Crane* tersebut berfungsi untuk menumpuk peti kemas sebelum dan sesudah dipindahkan dari kapal. Berat setiap peti kemas penuh muatan adalah 24 ton (untuk *Container 20'*) dan 35 ton (untuk *Container 40'*). Gambar dari ASC dan detail dari ukurannya dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

#### **2.2 Tanah**

##### **2.2.1 Klasifikasi Tanah**

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci.

Sistem Klasifikasi Tanah Terpadu atau *Unified Soil Classification System* (USCS) pertama kali diusulkan oleh Cassagrande pada tahun 1942, namun kemudian dikembangkan oleh kelompok teknisi USBR (*United State Bureau of Reclamation*). USCS memberikan klasifikasi berdasarkan percobaan di laboratorium berupa Analisa Ukuran Butir dan Batas-batas Atterberg. Analisa Ukuran Butir dibagi ke dalam dua kelompok besar, yaitu : Tanah Berbutir Kasar (*Coarse Grained Soil*) dan Tanah Berbutir Halus (*Fined Grained Soil*).

- Tanah butir kasar (*Coarse Grained Soil*)

Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S; G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.

- Tanah butir halus (*Fined Grained Soil*)

Tanah berbutir halus (*finegrained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat total contohnya lolos dari saringan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

### 2.2.2 Karakteristik Tanah Lunak

Setiap jenis tanah memiliki karakteristik masing-masing. Seperti subbab 2.2.1 tanah diklasifikasikan berdasarkan ukuran butirannya menjadi 2 bagian yaitu tanah berbutir kasar dan berbutir halus. Karakteristik yang dimiliki oleh tanah dibagi berdasarkan konsistensi tanah dan harga N-SPT nya. Berikut penjelasan mengenai karakteristik untuk tanah dominan lanau dan lempung yang ditunjukkan pada **Tabel 2.1**

**Tabel 2.1** Korelasi N-SPT dan Konsistensi Tanah

Konsistensi Tanah	Taksiran Harga Kekuatan Geser Undrained, $C_u$		Taksiran Harga N-SPT	Taksiran Harga Tahanan Conus, $q_c$ (dari Sondir)	
	kPa	Ton/m <sup>2</sup>		Kg/cm <sup>2</sup>	kPa
Sangat Lunak ( <i>Very Soft</i> )	0 – 12,5	0 – 1,25	0 – 2,5	0 – 10	0 – 1000
Lunak ( <i>Soft</i> )	12,5 – 25	1,25 – 2,5	2,5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah ( <i>Medium</i> )	25 – 50	2,5 – 5	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku ( <i>Stiff</i> )	50 – 100	5 – 10	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat Kaku ( <i>Very Stiff</i> )	100 – 200	10 – 20	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras ( <i>Hard</i> )	> 200	> 20	> 40	> 150	> 15000

Sumber : Mochtar, 2006; revised, 2012

Tanah lempung merupakan jenis tanah berbutir halus serta termasuk dalam tanah kohesif yang memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Nilai kadar air berkisar antara 30% – 50% pada kondisi jenuh air.
2. Angka pori berkisar antara 0,9 sampai dengan 1,4 (Das, 1985).
3. Berat volume berkisar antara 0,9 t/m<sup>3</sup> sampai dengan 1,25 t/m<sup>3</sup> (Das, 1985).
4. *Spesific Gravity* rata – rata berkisar antara 2.7 sampai dengan 2,90.

Tanah lempung memiliki gaya geser yang kecil, dan koefisien permeabilitas yang kecil namun memiliki daya mampat yang besar. Nilai kekuatan geser tanah lempung ditentukan dari ikatan butiran antar partikel tanah. Apabila tanah lempung diberi beban melampaui daya dukung kritisnya, maka secara langsung akan terjadi pemampatan pada rongga antar partikel tanah. Pemampatan tersebut biasanya terjadi dalam waktu yang cukup lama. Sehingga dari permasalahan tersebut, secara teknis tanah lempung bersifat kurang menguntungkan untuk dilakukan proses pekerjaan konstruksi.



## 2.3 Pemampatan Tanah

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Secara umum, pemampatan (*settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu :

- a) 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 lagi menjadi 2 bagian yaitu konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder.
- b) Pemampatan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan pemampatan segera umumnya didasarkan pada pemampatan yang diturunkan dari teori elastisitas.

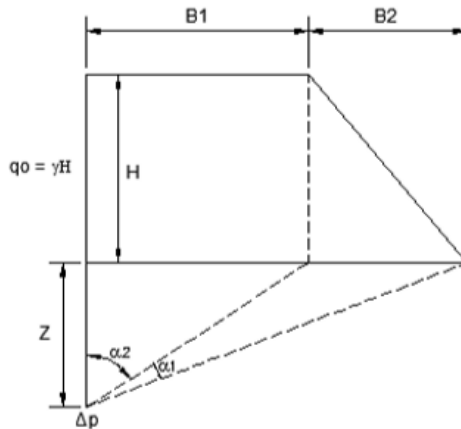
### 2.3.1 Distribusi Beban pada Tanah

Beban yang bekerja di atas tanah, akan menghasilkan tegangan hingga di kedalaman tertentu pada tanah. Besarnya tegangan di dalam tanah ini tergantung dari sifat tanah saat mengalami pembebanan dan bentuk dari beban yang bekerja. Umumnya tegangan yang diakibatkan oleh beban di permukaan tanah akan berkurang, apabila kedalaman tanah bertambah. Penambahan tegangan pada tanah dapat mempengaruhi besarnya pemampatan yang terjadi. Menurut Braja M. Das (1986), dalam bukunya “*Principles of Foundation Engineering, Second Edition*” diagram tegangan tanah akibat timbunan seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.1** dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$\Delta\sigma = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left( \frac{B_1+B_2}{B_2} \right) (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} \alpha_2 \right] \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

- $\Delta\sigma$  = besarnya tegangan akibat pengaruh beban timbunan yang ditinjau di tengah-tengah lapisan ( $t/m^2$ )
- $q_0$  = beban timbunan =  $\gamma_{\text{timbunan}} \times h_{\text{timbunan}}$  ( $t/m^2$ )
- $\alpha_1$  =  $\tan^{-1} \left( \frac{B_1+B_2}{z} \text{rad} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \text{rad} \right)$
- $\alpha_2$  =  $\tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \text{rad} \right)$
- $B_1$  = setengah lebar timbunan (m)
- $B_2$  = Panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan (m)



**Gambar 2.1** Skema Tegangan Akibat Beban Timbunan

Sumber : Braja M. Das, 1986

Harga  $\Delta\sigma$  yang diperoleh akibat beban setengah timbunan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.1**, sehingga untuk timbunan yang simetris, nilai  $\Delta\sigma$  harus dikalikan 2.

### 2.3.2 Pemampatan Konsolidasi

Menurut Wahyudi (1997), besar pemampatan tanah akibat konsolidasi primer dari tanah lempung ini tergantung dari kondisi tegangan tanah yaitu :

a) Terkonsolidasi secara normal (*normally consolidated*)

Kondisi ini terjadi ketika tegangan *overburden* merupakan tegangan maksimum yang pernah dibebankan pada tanah tersebut. Persamaan yang digunakan untuk kondisi ini adalah :

$$S_c = \frac{H}{1+e_0} C_c \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right) \dots\dots\dots(2.2)$$

b) Terkonsolidasi secara berlebihan (*overconsolidated*)

Kondisi ini terjadi ketika ada penambahan tegangan secara vertikal. Pada kondisi ini dibagi lagi menjadi 2 kondisi yaitu ketika total penambahan tegangan kurang dari tegangan prakonsolidasi efektif dan total penambahan tegangan kurang lebih dari tegangan prakonsolidasi efektif. Persamaan yang digunakan untuk kondisi ini adalah :

Jika  $(\sigma'_o + \Delta\sigma) \leq \sigma'_c$

$$S_c = \frac{H}{1+e_0} C_s \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Jika  $(\sigma'_o + \Delta\sigma) > \sigma'_c$

$$S_c = \frac{H}{1+e_0} \left[ C_s \log \left( \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) + C_c \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \right) \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

$S_c$  = pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau (m)

H = tebal lapisan tanah *compressible*(m)

$e_0$  = angka pori awal / *initial void ratio*

$C_c$  = indeks kompresi tanah / *compression index*

$C_s$  = indeks mengembang tanah / *swelling index*

$\Delta\sigma$  = beban *surcharge* (t/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_o$  = tegangan *overburden* efektif dari suatu titik di tengah – tengah lapisan ke-i akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut / *effective overburden pressure* (t/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_c$  = tegangan prakonsolidasi efektif yang terjadi sebelumnya / *effective past overburden pressure* ( $t/m^2$ )

Karena tanah lunak di Indonesia dominan merupakan tanah terkonsolidasi lebih, dengan kondisi beban tambahan akibat fluktuasi muka air tanah sebesar :

$$\sigma'_c = \sigma'_o + \sigma_{fluktuasi} \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana :

$\sigma'_c$  = tegangan prakonsolidasi efektif yang terjadi sebelumnya / *effective past overburden pressure* ( $t/m^2$ )

$\sigma'_o$  = tegangan *overburden* efektif dari suatu titik di tengah – tengah lapisan ke-i akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut / *effective overburden pressure* ( $t/m^2$ )

$\sigma_f$  = tegangan akibat fluktuasi muka air tanah *effective past overburden pressure* ( $t/m^2$ )

Pada perhitungan perencanaan ini, jenis pemampatan yang diperhitungkan adalah *consolidation primer settlement*.

## 2.4 Parameter Tanah untuk Perhitungan Besar Pemampatan Konsolidasi

Parameter tanah yang akan digunakan dalam perhitungan pemampatan konsolidasi menurut Wahyudi (1997) adalah sebagai berikut :

- Tebal lapisan *compressible*

Tebal lapisan *compressible* (H) yang digunakan adalah tebal lapisan tanah yang masih bisa mengalami pemampatan konsolidasi primer yaitu dengan harga N-SPT < 10. Sedangkan untuk N-SPT > 10 dianggap sudah tidak mengalami proses konsolidasi primer sehingga tidak perlu diperhitungkan sebagai tebal lapisan *compressible* (H).

- Beban atau *surcharge*  
 Beban (*surcharge*) yang dimaksud adalah besarnya beban yang nantinya akan bekerja atau dibebankan di atas permukaan tanah asli sebagai beban fungsi dari proyek konstruksi. Beban tersebut diterima tanah sebagai tegangan dengan persamaan yang sudah dijelaskan pada subbab 2.3.1.

- Indeks kompresi dan mengembang tanah  
 Harga indeks kompresi atau *compression index* ( $C_c$ ) dan mengembang atau *swelling index* ( $C_s$ ) dari tanah didapatkan melalui tes laboratorium dalam *consolidation test*. Jika *compression index* dan *swelling index* tidak dihitung dalam laboratorium dapat dilakukan pendekatan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$C_c = 0,30(e_0 - 0,27).....(2.6)$$

$$C_s = \left(\frac{1}{5}s/d \frac{1}{10}\right) C_c.....(2.7)$$

dimana :

$C_c$  = indeks kompresi tanah / *compression index*

$e_0$  = angka pori awal / *initial void ratio*

$C_s$  = indeks mengembang tanah / *swelling index*

- Angka pori  
 Harga angka pori dari tanah didapatkan melalui tes laboratorium dalam *volumetric* dan *gravimetric test*.

- Tegangan overburden efektif  
 Tegangan overburden efektif merupakan tegangan vertikal efektif dari tanah asli. Besar tegangan overburden dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\sigma'_o = \gamma' \times z.....(2.8)$$

dimana :

$\sigma'_o$  = tegangan *overburden* efektif dari suatu titik di tengah – tengah lapisan ke-i akibat beban tanah

sendiri di atas titik tersebut / *effective overburden pressure* ( $t/m^2$ )

$\gamma'$  = berat volume tanah kondisi efektif ( $t/m^3$ )

$z$  = setengah dari tebal lapisan *compressible* yang sedang ditinjau (m)

## 2.5 Lama Waktu Pemampatan Konsolidasi

Proses pemampatan konsolidasi yang terjadi pada soft soil yang tebal biasanya berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Perbandingan antara pemampatan tanah pada saat  $t$  dengan pemampatan total yang terjadi disebut derajat konsolidasi. Nilai derajat konsolidasi berkisar antara 0% sampai 100%. Derajat konsolidasi antara 0 – 60 % dihitung menggunakan persamaan :

$$U = \left( 2 \sqrt{\frac{T}{\pi}} \right) 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

Sedangkan untuk derajat konsolidasi  $> 60\%$  dihitung menggunakan persamaan :

$$U = (100 - a)\% \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana :

U = derajat konsolidasi

T = faktor waktu

$a = 10^{\left(\frac{1,781-T}{0,933}\right)}$

Dengan menggunakan **Persamaan 2.9** dan **2.10**, variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi dapat ditunjukkan pada **Tabel 2.2**

**Tabel 2.2** Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi

Derajat Konsolidasi, U%	Faktor Waktu, T
0	0,000
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,196
60	0,283
70	0,403
80	0,567
90	0,848
100	-

Sumber : Braja M. Das, 1985

Pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar terjadi dengan prinsip yaitu keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porous, biasanya aliran dibagi menjadi 2 yaitu ke atas atau ke bawah (*single drainage*); yang merupakan lapisan tanah yang berbatasan dengan *impermeable layer* dan udara bebas dan ke atas dan ke bawah (*double drainage*); yang merupakan lapisan tanah yang berada di antara *permeable layer*. Lama waktu pemampatan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$t = \frac{T(H_{dr})^2}{C_v} \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana :

- t = lama waktu pemampatan (tahun)
- T = faktor waktu
- H<sub>dr</sub> = jarak yang ditempuh oleh air pori pada lapisan tanah untuk mengalir keluar, H<sub>dr</sub> = H<sub>compressible</sub> jika kondisi *single drainage*, dan H<sub>dr</sub> = ½ H<sub>compressible</sub> jika kondisi *double drainage* (m)

$C_v$  = koefisien konsolidasi berupa kecepatan aliran air pori tanah ke arah vertikal ( $m^2/tahun$ )

Jika kondisi tanah pada lapisan *compressible* berlapis-lapis dengan ketebalan yang berbeda-beda, maka harga  $C_v$  gabungan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_{v\text{ gabungan}} = \frac{\sum(H_i)^2}{\sum\left(\frac{H_i}{\sqrt{C_{vi}}}\right)^2} \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana :

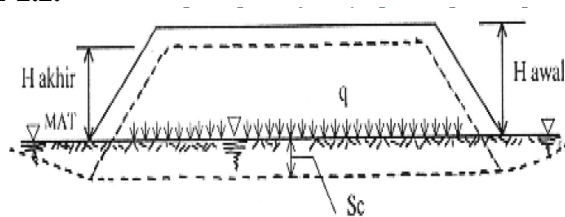
$H_i$  = tebal lapisan tanah ke-i (m)

$C_{vi}$  = besar koefisien konsolidasi  $C_v$  ke-i (m)

Derajat konsolidasi pada waktu ke – t dapat dihitung dengan mencari besarnya faktor waktu, T, dengan menggunakan **Persamaan 2.11**. selanjutnya harga faktor waktu dimasukkan dalam **Persamaan 2.9** atau **2.10**.

## 2.6 Perencanaan Timbunan sebagai Beban Preloading

Penggunaan beban *preloading* dan beban tambahan (*surcharge*) dalam pelaksanaan suatu proyek merupakan salah satu metode perbaikan tanah untuk mempercepat terjadinya pemampatan. Bentuk beban preloading ditunjukkan pada **Gambar 2.2**.



**Gambar 2.2** Beban Preloading

Sumber : Mochtar, 2000

### 2.6.1 Tinggi Timbunan Awal ( $H_{\text{inisial}}$ )

Tinggi timbunan awal merupakan tinggi timbunan saat pelaksanaan yang sudah memperhitungkan adanya besar pemampatan yang terjadi akibat beban yang diberikan. Sehingga



persamaan yang digunakan untuk mencari  $H_{inisial}$  adalah sebagai berikut :

$$q_o = (H_{inisial} - S_c)\gamma_{timbunan} + S_c\gamma'_{timbunan} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$H_{inisial} = \frac{q_o + (\gamma_{timbunan} - \gamma'_{timbunan}) S_c}{\gamma_{timbunan}} \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana :

- $q_o$  = beban timbunan ( $t/m^2$ )
- $H_{inisial}$  = tinggi timbunan awal (m)
- $S_c$  = besar pemampatan (m)
- $\gamma_{timb}$  = berat volume tanah timbunan ( $t/m^3$ )
- $\gamma'_{timb}$  = berat volume efektif tanah timbunan ( $t/m^3$ )

### 2.6.2 Penentuan Tinggi Timbunan Kritis ( $H_{cr}$ )

Penentuan tinggi timbunan kritis digunakan sebagai beban awal preloading. Hal ini dilakukan karena pada prinsipnya yaitu tinggi timbunan kritis merupakan tinggi timbunan yang mampu ditahan oleh tanah dasar. Tinggi tersebut bisa dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$H_{cr} = \frac{SF \times C_u \times N_c}{\gamma_{timbunan}} \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana :

- $H_{cr}$  = tinggi timbunan kritis (m)
- SF = *safety factor*, diambil minimal 1,0
- $C_u$  = kohesi tanah dasar ( $t/m^2$ )
- $N_c$  = faktor daya dukung
- $\gamma_{timb}$  = berat volume tanah timbunan ( $t/m^3$ )

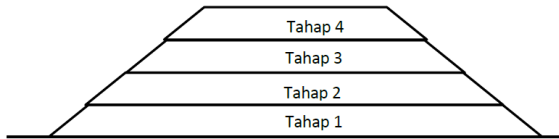
Besar harga tinggi timbunan kritis juga bisa dicari dengan menggunakan program bantu Geo5

### 2.6.3 Timbunan Bertahap

Pelaksanaan timbunan dilakukan secara bertahap di lapangan sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Skema pelaksanaan timbunan bertahap dapat dilihat pada **Gambar 2.3**. Hal tersebut menguntungkan dari beberapa sisi. Untuk sisi teknis di lapangan, metode tersebut memberikan waktu yang efektif

dalam pengerjaannya karena dengan diletakkan lapis demi lapis akan lebih memudahkan dalam pelaksanaan tanpa memerlukan alat berat. Sedangkan dari segi perhitungan geoteknik, jika timbunan langsung ditimbun setinggi  $H_{\text{inisial}}$  terdapat kemungkinan terjadi kelongsoran akibat tanah dasar tidak memiliki daya dukung yang cukup kuat.

Sehingga jika timbunan dilaksanakan tiap lapis, maka dapat dilakukan pengecekan terhadap tanah dasar akibat beberapa lapisan timbunan yang sudah diberikan. Selain itu metode timbunan bertahap ini juga memperhatikan kondisi  $H_{\text{kritis}}$ , jika  $H_{\text{inisial}} > H_{\text{kritis}}$  maka perlu dilakukan pengecekan terhadap kestabilan dari timbunan tersebut.



**Gambar 2.3** Timbunan Bertahap

Sumber : Perencanaan Pribadi

**2.6.4 Distribusi Tegangan Akibat Timbunan Bertahap**

Dengan adanya proses penimbunan secara bertahap, maka tegangan yang terjadi pada tanah juga akan berbeda bergantung dengan beban yang berada di atasnya. Tegangan akan mengalami perubahan akibat adanya pentahapan per minggu. Perubahan tegangan ( $\sigma'_n$ ) dapat dihitung dengan menambahkan distribusi tegangan per tahapan ( $\Delta\sigma'_o$ ) pada tegangan sebelumnya seperti persamaan berikut ini :

$$\sigma'_n = \sigma'_{n-1} + \Sigma\Delta\sigma'_n \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana :

$\sigma'_n$  = besar tegangan yang ditinjau pada tahapan ke-n (t/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_{n-1}$  = besar tegangan sebelum tahapan ke-n (t/m<sup>2</sup>)

$\Sigma \Delta \sigma'_n$  = jumlah penambahan tegangan akibat penahanan timbunan dari tahapan ke-1 sampai ke-n ( $t/m^2$ )

**2.6.5 Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap**

Besar pemampatan konsolidasi akan berubah karena adanya timbunan bertahap. Besar pemampatan tersebut dipengaruhi kondisi tegangan yang terjadi pada tanah. Besar pemampatan akibat timbunan bertahap dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

- Apabila  $\sigma'_n \leq \sigma'_c$ , maka koefisien yang digunakan merupakan *swelling index* ( $C_s$ ).

$$S_c = \frac{H}{1+e_o} C_s \log \left( \frac{\sigma'_n}{\sigma'_{n-1}} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

- Apabila  $\sigma'_{n-1} \leq \sigma'_c \leq \sigma'_n$ , maka koefisien yang digunakan merupakan *swelling index* ( $C_s$ ) dan *compression index* ( $C_c$ )

$$S_c = \frac{H}{1+e_o} \left[ C_s \log \left( \frac{\sigma'_c}{\sigma'_{n-1}} \right) + C_c \log \left( \frac{\sigma'_n}{\sigma'_c} \right) \right] \dots\dots\dots(2.17)$$

- Apabila  $\sigma'_c \leq \sigma'_{n-1} \leq \sigma'_n$ , maka koefisien yang digunakan merupakan *compression index* ( $C_c$ )

$$S_c = \frac{H}{1+e_o} C_c \log \left( \frac{\sigma'_n}{\sigma'_{n-1}} \right) \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana :

- $S_c$  = besar pemampatan (m)
- $\sigma'_n$  = besar tegangan yang ditinjau pada tahapan ke-n ( $t/m^2$ )
- $\sigma'_{n-1}$  = besar tegangan sebelum tahapan ke-n ( $t/m^2$ )
- $\sigma'_c$  = besar tegangan prakonsolidasi efektif yang terjadi sebelumnya / *effective past overburden pressure* ( $t/m^2$ )

## 2.7 Metode Percepatan Pemampatan menggunakan *Prefabricated Vertical Drain*

*Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dipasang bertujuan untuk mempercepat waktu pemampatan. Hal ini dikarenakan pemampatan yang terjadi pada lapisan tanah lunak berlangsung sangat lama. Dengan adanya *vertical drain* ini maka air tanah dipaksa untuk mengalir ke arah horizontal dan arah vertikal secara bersamaan. PVD merupakan bahan geosintetik hasil dari pabrik. Sistem *vertical drainage* telah dijelaskan oleh Barron (1948) berdasarkan teori aliran arah vertikal yang menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang konsolidasi linier satu dimensi.

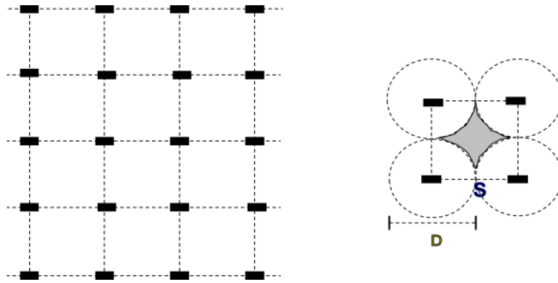
Teori yang dijelaskan oleh Barron menetapkan hubungan antara waktu, diameter drain, jarak antar drain, koefisien konsolidasi, dan rata-rata derajat konsolidasi. Penentuan waktu konsolidasi dari teori tersebut dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$t = \left( \frac{D^2}{8 \times C_h} \right) (2F(n)) \ln \left( \frac{1}{1 - U_h} \right) \dots \dots \dots (2.19)$$

dimana :

- t = waktu yang diperlukan untuk mencapai  $U_h$  (tahun)
- D = diameter ekivalen dari daerah pengaruh PVD  
 $D = 1,13 \times S$ , untuk pola susunan segiempat  
 $D = 1,05 \times S$ , untuk pola susunan segitiga
- $C_h$  = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial  
 $= \frac{k_h}{k_v} C_v$
- $U_h$  = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial
- $k_h$  = koefisien permeabilitas horizontal
- $k_v$  = koefisien permeabilitas vertikal
- $U_v$  = koefisien konsolidasi tanah vertikal

Waktu konsolidasi dipengaruhi pula oleh pola pemasangan PVD. Pada perencanaan ini dikhususkan pola pemasangan PVD berbentuk segiempat seperti pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** Pola Pemasangan PVD Segiempat  
 Sumber : 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 persamaan :

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2-1}\right) \left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2-1}{4n^2}\right)\right] \dots\dots\dots(2.20)$$

dimana :

- $F(n)$  = faktor hambatan yang disebabkan karena jarak antar PVD
- $n$  = perbandingan antara  $D$  dan  $d_w$
- $d_w$  = diameter jangkauan sebesar  $2(a+b)/\pi$

Selain konsolidasi akibat aliran air pori ke arah horisontal, konsolidasi akibat aliran air pori ke arah vertikal juga terjadi bersamaan. Harga  $U_v$  didapatkan dari persamaan berikut ini :

- Untuk  $U_v > 60\%$   
 $U_v = (100 - 10^a) \dots\dots\dots(2.21)$

dimana :

$$a = \frac{1,781 - T_v}{0,933} \dots\dots\dots(2.22)$$

- Untuk  $U_v \leq 60\%$   
 $U_v = \left(2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}}\right) \dots\dots\dots(2.23)$

dimana,

$$T_v = \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2} \dots \dots \dots (2.24)$$

Sehingga derajat konsolidasi rata-rata didapatkan dari persamaan berikut ini :

$$\bar{U} = [1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)] \times 100\% \dots \dots \dots (2.25)$$

## 2.8 Perhitungan Prefabricated Horizontal Drain

*Prefabricated Horizontal Drain*(PHD) berfungsi untuk mengalirkan air dari *vertical drain* secara horizontal di atas tanah menuju ke saluran drainase. Dalam perencanaan ini penggunaan PHD diperlukan untuk menghitung angka faktor keamanan dari debit yang mengalir melalui 1 PHD dengan kapasitas dari spesifikasi yang digunakan. Faktor keamanan tersebut didapatkan dari persamaan berikut ini :

$$Debit = \frac{S_c \times 1 (m^2)}{t} \dots \dots \dots (2.26)$$

$$Debit_{U=90\%} = Debit \times A_e \times n \dots \dots \dots (2.27)$$

$$FaktorKeamanan = \frac{DischargeCapacity}{Debit_{U=90\%}} \dots \dots \dots (2.28)$$

dimana :

- Debit = debit dari aliran *vertical drain* dalam luasan  $1m^2$  ( $m^3/detik/m^2$ )
- $S_c$  = besar pemampatan tanah total (m)
- $t$  = lama waktu pemampatan (detik)
- Debit  $_{U=90\%}$  = debit pada saat  $U = 90\%$  ( $m^3/detik$ )
- $A_e$  = luasan efektif dari *vertical drain* ( $m^2$ )
- $n$  = jumlah *vertical drain* yang mampu ditampung dalam 1 *horizontal drain*
- Discharge Capacity* = kapasitas yang mampu ditampung oleh *horizontal drain*

## 2.9 Peningkatan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dasar Daya dukung tanah dasar dapat meningkat jikabeban timbunan diletakkan secara bertahap

sampai mencapai tinggi timbunan awal ( $H_{\text{inisial}}$ ). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ardana dan Mochtar (1999), diketahui bahwa terdapat hubungan antara kekuatan geser undrained ( $C_u$ ) dan tegangan tanah vertikal efektif ( $\sigma'_o$ ). Peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

- Untuk harga Plasticity Index, PI tanah < 120%  
 $C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0,1899 - 0,0016 \text{ PI}) \sigma'_p \dots\dots (2.29)$
- Untuk harga Plasticity Index, PI tanah > 120%  
 $C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0,0737 + (0,0454 - 0,00004 \text{ PI}) \sigma'_p \dots\dots (2.30)$   
 Dimana harga  $\sigma'_o$  dalam kg/cm<sup>2</sup>

## 2.10 Sistem Perkuatan Lereng Timbunan

Lereng timbunan yang tinggi cukup rawan mengalami kelongsoran secara *internal* akibat gesekan antar partikel pada material penyusun timbunan itu sendiri. Dengan kondisi tanah dasar lunak yang cukup dalam juga mampu mengakibatkan kelongsoran secara keseluruhan sehingga diperlukan suatu sistem perkuatan pada lereng timbunan. Beberapa sistem perkuatannya antara lain :

- a. Tanggul dengan kemiringan 1 : 1,5 tanpa perkuatan
- b. Tanggul dengan kemiringan 1 : 1 dengan perkuatan *micropile*

## 2.11 Pondasi Crane

Pondasi *crane* adalah pondasi yang akan direncanakan untuk mampu menahan beban dari *Automatic Stacking Crane* saat beroperasi untuk mobilitas peti kemas. Berat peti kemas yang sangat besar, diperlukan pondasi untuk menahan *crane* agar tidak terguling. Pondasi berada di bawah rel dari *crane* agar beban dari *crane* disalurkan secara merata. Dengan kondisi tanah yang lunak maka pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Tiang pancang yang digunakan adalah tiang pancang pracetak atau tiang pancang dari beton yang dicetak di suatu tempat dan kemudian diangkut ke lokasi *container yard*.

Daya dukung tiang pancang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam memikul beban. Daya dukung izin tiang pancang berdasarkan data N-SPT dihitung menggunakan persamaan dari Meyerhof :

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{\sum I_i f_i A_{st}}{5} \dots\dots\dots(2.31)$$

dimana :

- Q<sub>ijin</sub> = daya dukung izin tiang pancang
- q<sub>c</sub> = tahanan ujung konus (untuk pasir = 40N, untuk lanau / lempung = 20N) (ton/m<sup>2</sup>)
- A<sub>p</sub> = luas penampang (m<sup>2</sup>)
- I<sub>i</sub> = Panjang segmen tiang yang ditinjau (m)
- f<sub>i</sub> = gaya geser pada selimut segmen tiang (untuk pasir = N/5, untuk lanau / lempung = N/2)
- A<sub>st</sub> = keliling penampang (m)

Kebutuhan jumlah tiang pancang dapat dicari menggunakan rumus :

$$n = \frac{\sum V}{Q_{ijin}} \dots\dots\dots(2.32)$$

dimana

- n = jumlah tiang
- ΣV = total beban vertical (ton)
- Q<sub>ijin</sub> = daya dukung izin tiang pancang (ton)

Jika tiang pancang disusun secara berkelompok atau *group* maka perlu memperhitungkan besar nilai efisiensi nya. Nilai efisiensi tersebut didapatkan dari harga terkecil dari beberapa persamaan di bawah ini :

- *Converse-Labarre*

$$E_g = 1 - \left[ \tan^{-1} \left( \frac{D}{S} \right) \left( \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right) \right] \dots\dots\dots(2.33)$$

- *Los Angeles*

$$E_g = 1 - \left[ \frac{D}{\pi s} \left( \frac{(n-1)m + (m-1)n + (m-1)(n-1)\sqrt{2}}{mn} \right) \right] \dots\dots\dots(2.34)$$

- *Sederhana*

$$E_g = \left[ 2(m + n - 2) + \left( \frac{4D}{\pi} \right) \right] \dots\dots\dots(2.35)$$



- *Seiler-Keeney*

$$E_g = \left[ 1 - \frac{36 \times S}{75S^2 - 7} \left( \frac{m+n-2}{m+n-1} \right) \right] + \frac{0,3}{m+n} \dots\dots\dots(2.36)$$

dimana

- m = jumlah baris
- n = jumlah tiang dalam 1 baris
- D = diameter tiang (m)
- S = jarak antar tiang (m)

## 2.12 Analisa Net Present Value

Dalam perencanaan perluasan *container yard* ini juga memperhatikan dari segi keuangan antara lain yaitu biaya yang dikeluarkan dan pendapatan yang diterima selama kurun waktu 10 tahun. Kedua hal tersebut saling ketergantungan dan berhubungan dengan metode yang dipilih untuk perencanaan perluasan *Container Yard* ini. Metode yang mempunyai pengaruh besar dalam masalah keuangan untuk perencanaan ini adalah metode yang digunakan untuk mempercepat waktu pemampatan. Dalam mempercepat waktu pemampatan dimiliki 4 metode antara lain tidak dilakukan pemasangan PVD, PVD dipasang dengan panjang  $1/2 L$ , PVD dipasang dengan panjang  $2/3 L$ , dan PVD dipasang penuh. Skema perhitungan *Net Present Value (NPV)* ditunjukkan seperti pada **Tabel 2.3**

Beberapa metode yang telah disebutkan diatas memiliki dampak positif dan negatif masing-masing. Dampak ini yang nanti akan dianalisa pada poin Analisa *Net Present Value*. Metode yang akan dipilih nanti setiap beberapa tahun sekali direncanakan perlu dilakukan *overlay* akibat *Rate of settlement* yang terjadi lebih besar dari yang diizinkan. Penentuan waktu *overlay* nanti direncanakan pada tahun ke 5. Pada saat *overlay* perlu diperhitungkan biaya sewa lahan atau kebutuhan lahan yang harus di sewa sementara untuk menjadi pengganti *Container Yard* yang sedang dilakukan konstruksi ulang. Selain kebutuhan lahan, siklus pendapatan yang diterima juga akan mengalami naik turun akibat adanya konstruksi ulang pada *Container Yard*. Sehingga perlu

diperhitungkan pendapatan yang masih bisa diterima selama proses konstruksi ulang dilakukan.

*Net Present Value* merupakan sebuah analisa terhadap kemampuan suatu proyek dijalankan dalam beberapa tahun kedepan dilihat dari sisi finansial. Pada perhitungan NPV juga memunculkan adanya bunga bank yang berpengaruh terhadap suatu proyek jika proyek tersebut diasumsikan menggunakan biaya penuh dari sewa bank. Dengan hasil yang didapat dari analisa NPV, nantinya dapat ditentukan rincian metode yang digunakan untuk setiap area pada proyek Perluasan *Container Yard* ini.

**Tabel 2.3** Skema Perhitungan *Net Present Value*

Tahun ke -	Dalam milyar										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investasi											
Pinjaman Bank											
Pendapatan											
Pembayaran Bank											
Biaya O&M											
<i>Net Cash Flow</i>											
<i>Discounted Factor</i>											
<i>Present Value</i>											
<i>Net Present Value</i>											

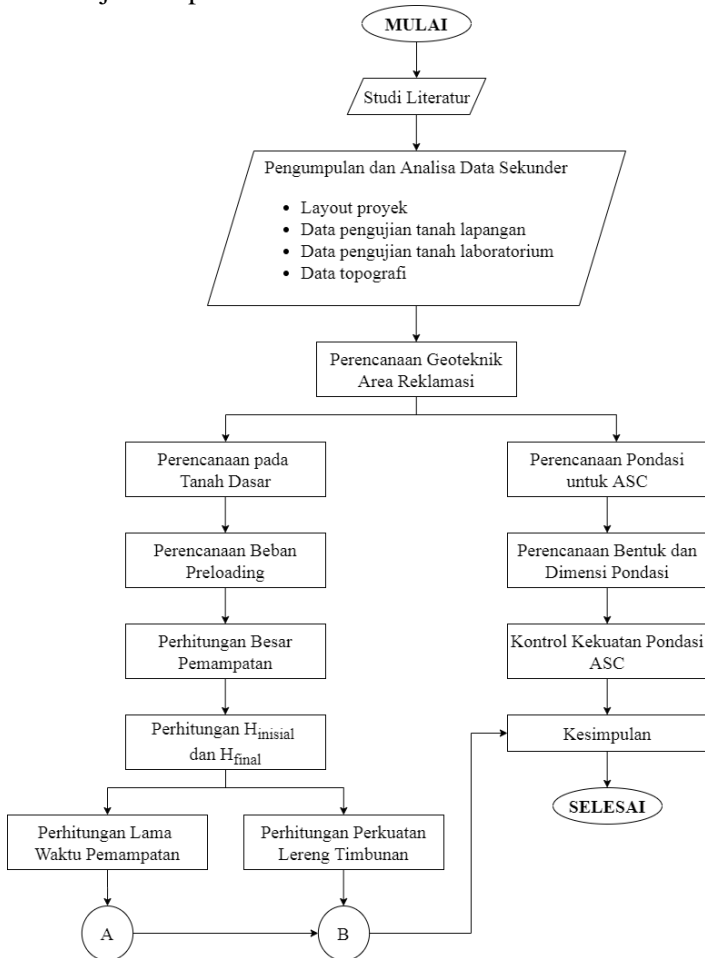
Sumber : Perencanaan Pribadi

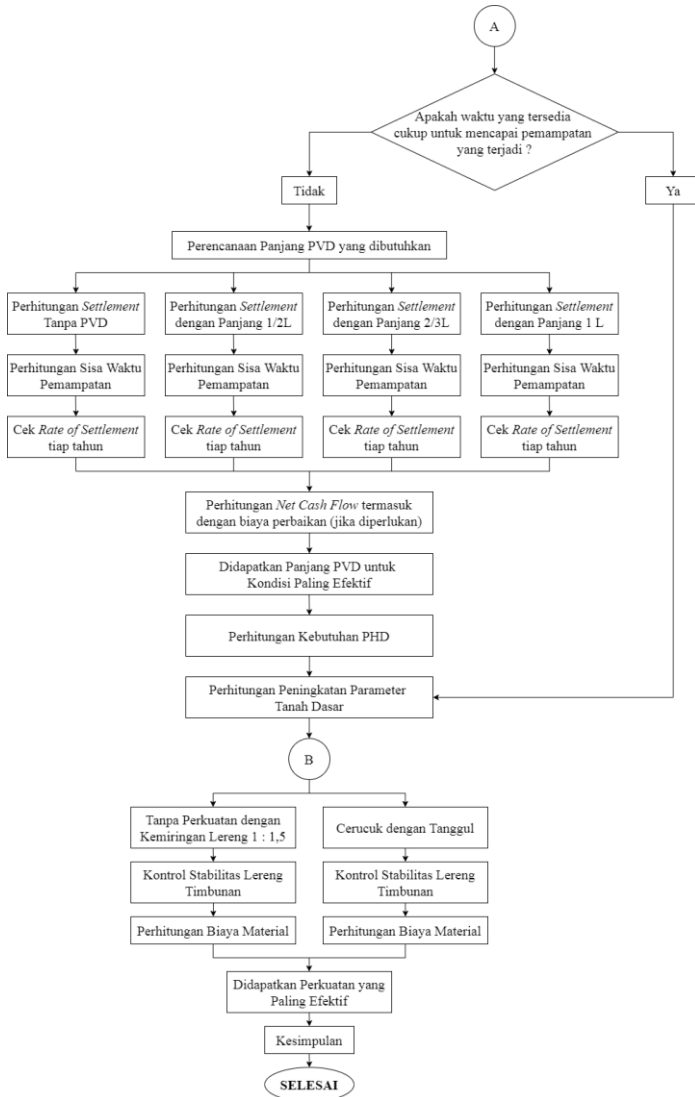
“halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Bagan Alir

Pada bab ini akan diuraikan metode pengerjaan Tugas Akhir Perencanaan Perluasan *Container Yard* Terminal Teluk Lamong, Surabaya, Jawa Timur. Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir  
Sumber : Hasil Analisa

## **3.2 Penjelasan Bagan Alir**

### **3.2.1 Studi Literatur**

Studi literatur yang dimaksudkan adalah mengumpulkan referensi terkait perencanaan yang akan dijadikan acuan dalam pengerjaan tugas akhir. Referensi tersebut berupa :

- Desain Perencanaan Proyek milik PT. Pelindo III
- Buku-buku terkait
- Jurnal-jurnal terkait
- Hasil Tugas Akhir sebelumnya

### **3.2.2 Pengumpulan Data**

Data-data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data sekunder yang diperoleh dari pihak terkait. Data yang digunakan meliputi:

- Layout proyek
- Data pengujian tanah lapangan
- Data pengujian tanah laboratorium
- Data topografi
- Data desain perencanaan proyek

### **3.2.3 Perencanaan Geoteknik Area Reklamasi**

Merencanakan area reklamasi dari sisi geoteknik. Perencanaan tersebut meliputi dari tanah dasar dan timbunan hingga pondasi yang mampu untuk menahan beban *Automatic Stacking Crane*.

### **3.2.4 Perencanaan Beban *Preloading***

Merencanakan beban *preloading* berupa tanah timbunan sebagai perumpamaan beban yang direncanakan akan bekerja pada *container yard*. Beban *preloading* tersebut membantu tanah dasar agar mengalami pemampatan sesuai fungsi yang akan direncanakan di atasnya. Perencanaan beban *preloading* yang perlu dihitung antara lain :

- Perencanaan  $H_{\text{inisial}}$   
Menghitung  $H_{\text{inisial}}$  dari tanah timbunan agar perencanaan sesuai dengan kondisi yang akan terjadi.
- Perkuatan Lereng Timbunan  
Dengan adanya tanah timbunan yang tinggi dan lereng yang curam diperlukan perkuatan agar lereng timbunan tersebut dalam kondisi stabil. Perkuatan lereng timbunan direncanakan dengan memperhitungkan kenaikan daya dukung akibat berubahnya parameter tanah dasarnya. Beberapa metode perkuatan yang dapat dipasang pada lereng timbunan antara lain:
  - Tanggul tanpa perkuatan namun dengan kemiringan lereng 1 : 1,5
  - *Micropile* dan tanggul dengan kemiringan 1:1
- Perhitungan Biaya Material  
Memperhitungkan biaya timbunan berdasarkan volume timbunan yang digunakan.
- Perkuatan Paling Efektif  
Setelah melakukan analisa terhadap perkuatan pada tanah timbunan didapatkan perkuatan paling efektif dari segi biaya dan proses konstruksi.

### 3.2.5 Perencanaan pada Tanah Dasar

Merencanakan tanah dasar agar mampu menahan beban konstruksi reklamasi yang akan dibangun di atasnya. Perencanaan yang harus dihitung antara lain :

- Perhitungan Besar Pemampatan  
Pemampatan yang terjadi sangat besar sehingga harus diperhitungkan terutama pada tanah lunak.
- Perhitungan Lama Waktu Pemampatan  
Pemampatan yang terjadi dalam waktu lama dapat menghambat proses konstruksi karena biasanya proses konstruksi tersebut harus berjalan

dengan tepat waktu. Salah satu cara mempercepat pemampatan yaitu :

– Perencanaan Panjang PVD

Menentukan kebutuhan panjang dan pola konfigurasi PVD yang akan dipasang. Dengan panjang PVD yang didapatkan, dimodelkan dengan beberapa kondisi yaitu : tanpa PVD, 1/2 L, 2/3 L, dan 1L; pada kondisi tersebut dilakukan perhitungan terhadap beberapa hal antara lain :

- Perhitungan *Settlement*  
Memperhitungkan besar *settlement* yang terjadi akibat PVD yang terpasang.
- Perhitungan Sisa Waktu Pemampatan  
Setelah pemasangan PVD, menghitung waktu pemampatan yang tersisa.
- *Rate of Settlement* sisa  
Menghitung *Rate of Settlement* yang tersisa sudah sesuai dengan persyaratan untuk perencanaan *Container Yard*.

### 3.2.6 Perhitungan *Net Present Value*

Perhitungan *Net Present Value* merupakan sebuah analisa terhadap kemampuan suatu proyek dijalankan dalam beberapa tahun kedepan dilihat dari sisi finansial. Untuk Tugas Akhir ini NPV diperhitungkan selama kurun waktu 10 tahun dengan waktu perbaikan pada tahun ke 5 (jika dibutuhkan).

### 3.2.7 Perencanaan Pondasi untuk ASC

Pondasi dibutuhkan untuk menahan beban yang diteruskan dari berat *container* yang diangkat oleh *Automatic Stacking Crane* (ASC). Pondasi ini dipasang di bawahrel dari ASC dengan menggunakan pondasi tiang karena kondisi tanah yang lunak.

- Perencanaan Bentuk dan Dimensi Pondasi  
Merencanakan bentuk, konfigurasi, serta dimensi dari pondasi tiang yang akan digunakan.



- Kontrol Kekuatan Pondasi ASC  
Memperhitungkan kekuatan pondasi tiang yang terpasang di lintasan rel dibandingkan dengan beban di atasnya.

### 3.3 Output

Hasil dari Tugas Akhir ini meliputi beberapa hal yang mencakup sisi geoteknik dan keuangan dari Rencana Perluasan *Container Yard* Terminal Teluk Lamong, Surabaya, Jawa Timur antara lain :

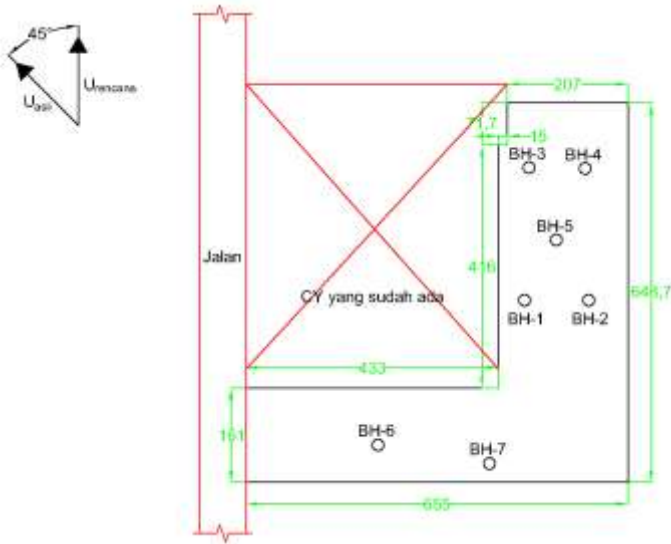
1. Besar dan lama waktu pemampatan tanah dasar
2. Analisa PVD yang dipasang berdasarkan panjang dan konfigurasi PVD, dan sisa *settlement* yang terjadi
3.  $H_{initial}$  yang terdiri dari timbunan dan beban *preloading*
4. Perencanaan lereng timbunan dengan atau tanpa perkuatan
5. Analisa stabilitas dari perkuatan yang paling efektif untuk dipasang pada timbunan
6. Perencanaan pondasi tiang pancang untuk *Automatic Stacking Crane*
7. Alternatif perencanaan perbaikan, perkuatan, dan pondasi yang paling efektif berdasarkan *Net Present Value* terbesar selama 10 tahun.

## BAB IV

### ANALISA DATA

#### 4.1 Data Tanah Dasar

Data tanah yang digunakan merupakan data sekunder hasil pengujian di lapangan dan data laboratorium hasil penyelidikan tanah Proyek Perluasan *Container Yard* Terminal Teluk Lamong. Hasil pengujian tanah ini didapatkan dari PT. Nindya Karya (Persero) yang bekerja sama dengan Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan dan Kebumihan, ITS. Data yang diperoleh antara lain adalah data Boring dan SPT serta beberapa parameter tanah di 7 titik pengeboran, 5 diantaranya merupakan di lokasi *Container Yard* sedangkan sisanya berada di lokasi *Causeway* yang ditunjukkan pada **Gambar 4.1**



**Gambar 4.1** Lokasi titik pengeboran

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
untuk PT. Nindya Karya (Persero)

Dari data yang ada, dilakukan analisa SPT untuk mendapatkan dalaman tanah yang mampu untuk mampat ( $N_{SPT} \leq 10$ ). Ketebalan tanah yang mampu mampat sangat variatif berkisar antara 4 m sampai 15 m dengan puncak tanah dasar berada di elevasi +3,00 LWS s/d +5,00 LWS.

#### 4.1.1 Analisa Parameter Tanah

Data parameter tanah tiap titik diperoleh dari hasil penyelidikan tanah kemudian di analisa dengan cara mengelompokkan berdasarkan posisi titik uji, jenis, dan konsistensi tanah. Dari 7 data tanah yang didapat, dikelompokkan menjadi 4 bagian sesuai dengan hasil statigrafinya.

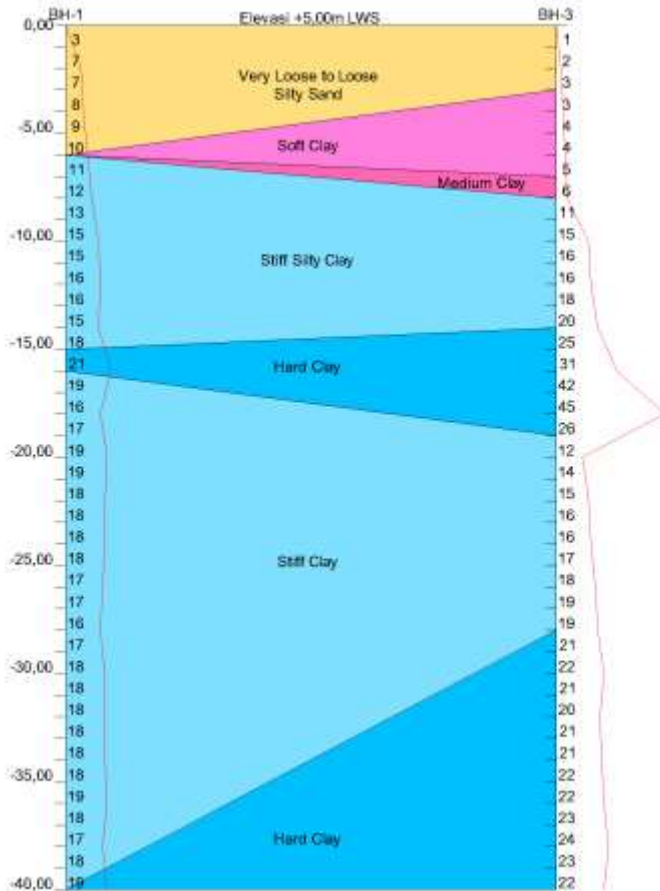
Pengelompokan yang dilakukan berdasarkan titik uji membagi 7 data menjadi 2 bagian yaitu area yang berfungsi sebagai *Container Yard* dan area *Causeway*. Selanjutnya kedua bagian besar tersebut di analisa kembali berdasarkan jenis dan konsistensi tanah.

Untuk area *Container Yard* dikelompokkan menjadi 3 bagian antara lain :

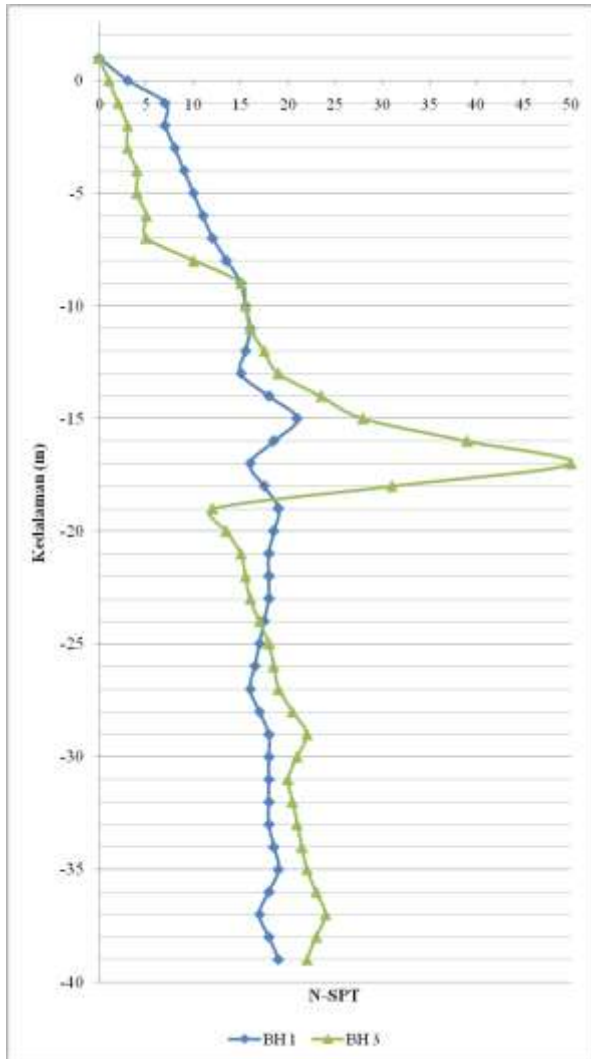
1. Bagian pertama (Area A) merupakan BH-1 dan BH-3; berdasarkan hasil statigrafi bagian pertama adalah bagian dengan lapisan tanah bagian atas berupa tanah dominan pasir, ditunjukkan pada **Gambar 4.2**. Sedangkan berdasarkan nilai N-SPT ditunjukkan pada **Gambar 4.3**
2. Bagian kedua (Area B) merupakan BH-4 dan BH-5; berdasarkan hasil statigrafi bagian kedua adalah bagian dengan lapisan tanah lunak yang cukup dalam, ditunjukkan pada **Gambar 4.4**. Sedangkan berdasarkan nilai N-SPT ditunjukkan pada **Gambar 4.5**
3. Bagian ketiga (Area C) merupakan BH-3; berdasarkan hasil statigrafi bagian ketiga adalah bagian dengan lapisan tengah berupa pasir yang ditunjukkan pada **Gambar 4.6**. Sedangkan berdasarkan nilai N-SPT ditunjukkan pada **Gambar 4.7**

Untuk area *Causeway* (Area D) tidak perlu dikelompokkan lagi dengan pertimbangan dari hasil statigrafinya bagian tersebut

memiliki jenis dan konsistensi tanah yang ada hampir sama ditunjukkan pada **Gambar 4.8**. Sedangkan berdasarkan nilai N-SPT ditunjukkan pada **Gambar 4.9**

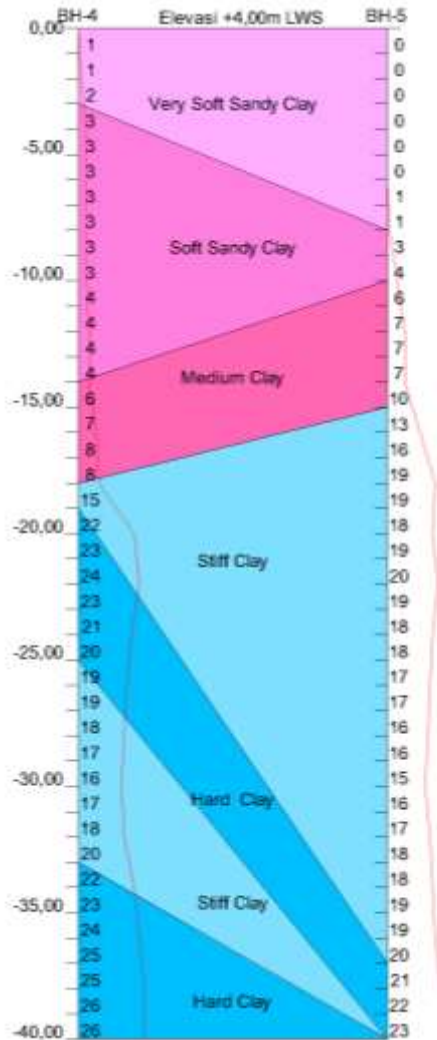


**Gambar 4.2** Hasil statigrafi tanah bagian pertama (Area A)  
 Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
 untuk PT. Nindya Karya (Persero)

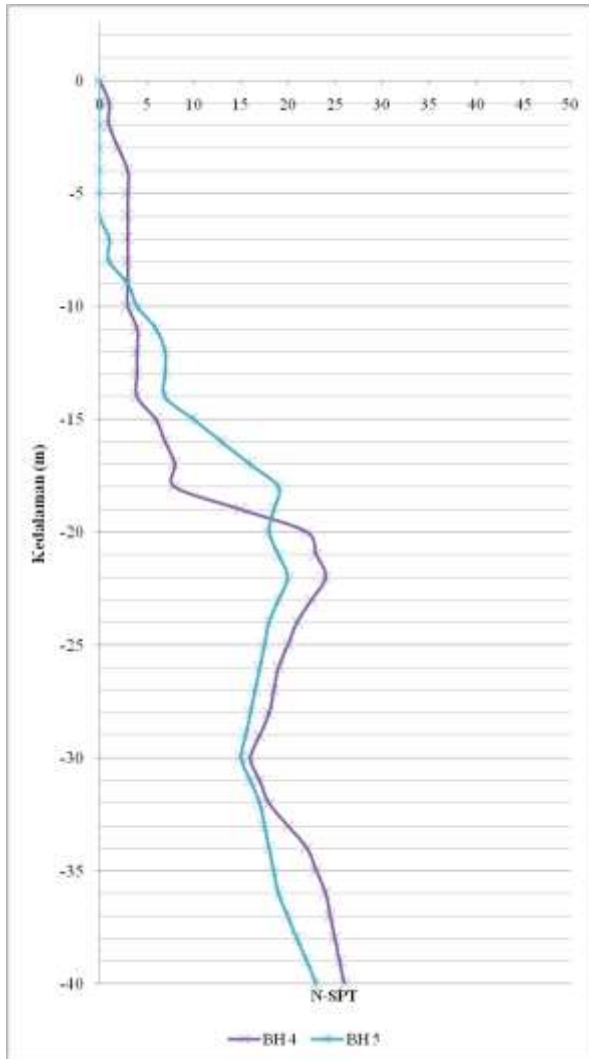


**Gambar 4.3** Grafik antar nilai N-SPT dengan kedalaman tanah bagian pertama (Area A)

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS untuk PT. Nindya Karya (Persero)



**Gambar 4.4** Hasil statigrafi tanah bagian pertama (Area B)  
 Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
 untuk PT. Nindya Karya (Persero)



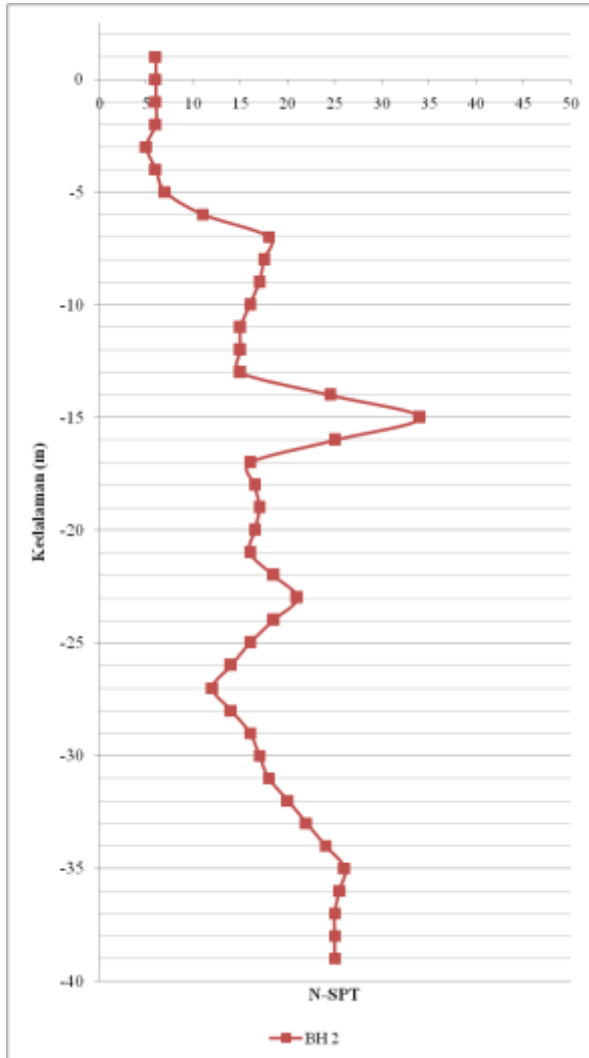
**Gambar 4.5** Grafik antar nilai N-SPT dengan kedalaman tanah bagian pertama (Area B)

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS untuk PT. Nindya Karya (Persero)



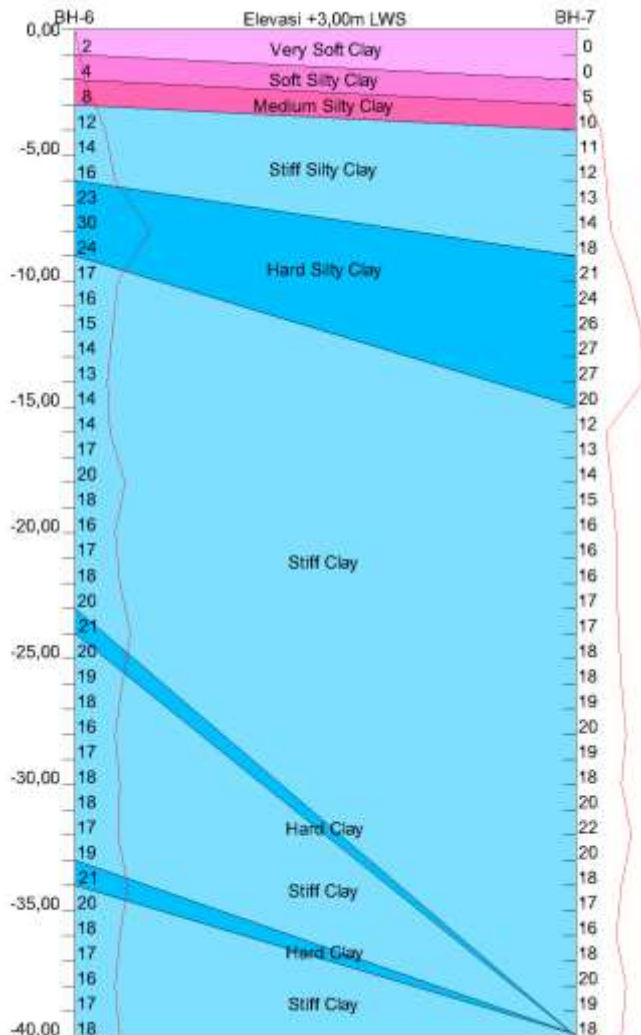
**Gambar 4.6** Hasil statigrafi tanah bagian pertama (Area C)  
 Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
 untuk PT. Nindya Karya (Persero)



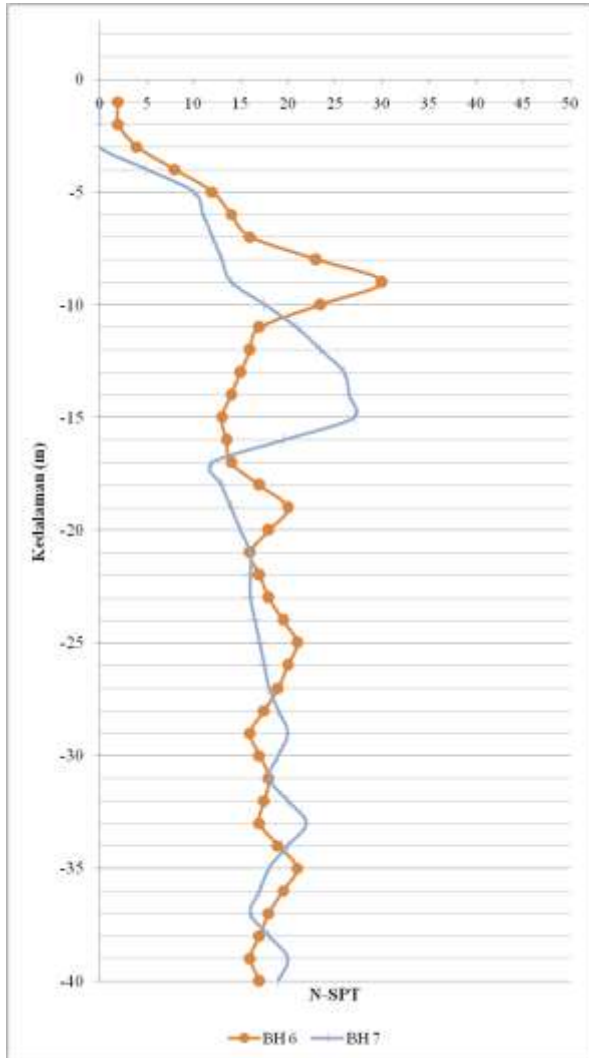


**Gambar 4.7** Grafik antar nilai N-SPT dengan kedalaman tanah bagian pertama (Area C)

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS untuk PT. Nindya Karya (Persero)



**Gambar 4.8** Hasil stratigrafi tanah bagian pertama (Area D)  
 Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
 untuk PT. Nindya Karya (Persero)



**Gambar 4.9** Grafik antar nilai N-SPT dengan kedalaman tanah bagian pertama (Area D)

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS untuk PT. Nindya Karya (Persero)

Pada keempat area tersebut, terdapat beberapa parameter nilai yang digunakan dalam perhitungan perencanaan reklamasi, antara lain yaitu berat volume tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ), berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ), berat volume tanah basah ( $\gamma$ ), *specific gravity* (Gs), *void ratio* (e), *water content* (Wc), *porosity* (n), *compression index* (Cc), *coefficient of consolidation* (Cv), *liquid limit* (LL), *plastic limit* (PL), *index plasticity* (IP), sudut geser tanah ( $\phi$ ), dan kohesi tanah (Cu) yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1** untuk BH-1, **Tabel 4.2** untuk BH-2, **Tabel 4.3** untuk BH-3, **Tabel 4.4** untuk BH-4, **Tabel 4.5** untuk BH-5, **Tabel 4.6** untuk BH-6, dan **Tabel 4.7** untuk BH-7.

**Tabel 4.1** Nilai Parameter Tanah BH-1

Depth	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
	$\gamma_{sat}$	$\gamma_d$	$\gamma_t$	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
-3	1.787	1.276	1.787	2.611	1.046	0.401	0.511	*	*	NP	NP	NP	36	0.000
-6	1.864	1.386	1.864	2.653	0.914	0.345	0.478	*	*	NP	NP	NP	38	0.000
-9	1.696	1.128	1.696	2.613	1.317	0.504	0.568	*	*	0.624	0.309	0.315	0	0.620
-12	1.727	1.180	1.727	2.607	1.209	0.464	0.547	*	*	0.638	0.315	0.323	0	0.710

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS untuk PT. Nindya Karya (Persero)

**Tabel 4.2** Nilai Parameter Tanah BH-2

Depth	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
	$\gamma_{sat}$	$\gamma_d$	$\gamma_t$	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
-3	1.744	1.208	1.744	2.603	1.154	0.443	0.536	*	*	0.422	0.280	0.142	29	0.000
-6	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	*	*	0.633	0.302	0.331	0	0.370
-9	1.700	1.126	1.700	2.645	1.349	0.510	0.574	*	*	0.645	0.317	0.328	0	0.790
-12	1.758	1.207	1.758	2.686	1.225	0.456	0.551	*	*	0.667	0.325	0.343	0	0.760

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS untuk PT. Nindya Karya (Persero)

**Tabel 4.3** Nilai Parameter Tanah BH-3

Depth	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
	$\gamma_{sat}$	$\gamma_d$	$\gamma_t$	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
-3	1.711	1.170	1.711	2.549	1.178	0.462	0.541	*	*	NP	NP	NP	29	0.000
-6	1.705	1.135	1.705	2.638	1.324	0.502	0.570	0.678	0.003	0.605	0.298	0.307	*	*
-9	1.702	1.138	1.702	2.614	1.298	0.497	0.565	*	*	0.639	0.304	0.334	0	0.720
-12	1.711	1.141	1.711	2.652	1.324	0.499	0.570	*	*	0.655	0.338	0.317	0	0.810

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
untuk PT. Nindya Karya (Persero)

**Tabel 4.4** Nilai Parameter Tanah BH-4

Depth	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
	ysat	yd	yt	Gs	e	We	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
-3	1.662	1.068	1.662	2.634	1.467	0.557	0.595	0.708	0.002	0.624	0.313	0.311	0	0.140
-6	1.683	1.096	1.683	2.652	1.419	0.535	0.587	0.650	0.003	0.652	0.307	0.345	0	0.160
-9	1.662	1.081	1.662	2.581	1.388	0.538	0.581	0.649	0.003	0.663	0.315	0.349	0	0.160
-12	1.720	1.150	1.720	2.676	1.327	0.496	0.570	*	*	0.649	0.328	0.321	0	0.210

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
untuk PT. Nindya Karya (Persero)

**Tabel 4.5** Nilai Parameter Tanah BH-5

Depth	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
	ysat	yd	yt	Gs	e	We	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
-3	1.677	1.072	1.677	2.716	1.533	0.564	0.605	0.843	0.003	0.633	0.294	0.339	*	*
-6	1.682	1.085	1.682	2.691	1.481	0.550	0.597	0.856	0.003	0.643	0.305	0.337	*	*
-9	1.698	1.120	1.698	2.652	1.367	0.515	0.578	0.820	0.003	0.633	0.308	0.325	0	0.210
-12	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	*	*	0.658	0.284	0.374	0	0.390

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
untuk PT. Nindya Karya (Persero)

**Tabel 4.6** Nilai Parameter Tanah BH-6

Depth	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
	ysat	yd	yt	Gs	e	We	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
-3	1.733	1.155	1.733	2.735	1.367	0.500	0.578	*	*	0.652	0.301	0.351	0	0.350
-6	1.737	1.167	1.737	2.715	1.326	0.488	0.570	*	*	0.632	0.293	0.339	0	0.770
-9	1.726	1.158	1.726	2.682	1.317	0.491	0.568	*	*	0.604	0.303	0.302	0	0.925
-12	1.736	1.180	1.736	2.655	1.250	0.471	0.556	*	*	0.627	0.298	0.329	0	0.710

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
untuk PT. Nindya Karya (Persero)

**Tabel 4.7** Nilai Parameter Tanah BH-7

Depth	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
	ysat	yd	yt	Gs	e	We	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
-3	1.703	1.138	1.703	2.614	1.297	0.496	0.565	*	*	0.604	0.283	0.321	0	0.410
-6	1.732	1.177	1.732	2.644	1.246	0.471	0.555	*	*	0.613	0.303	0.310	0	0.650
-9	1.748	1.211	1.748	2.616	1.160	0.443	0.537	*	*	0.630	0.312	0.317	0	1.050
-12	1.793	1.282	1.793	2.625	1.048	0.399	0.512	*	*	0.635	0.287	0.348	0	1.290

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS  
untuk PT. Nindya Karya (Persero)

Dari beberapa data di atas perlu dilakukan analisa lebih lanjut untuk mendapatkan data parameter tanah yang mewakili tiap area dan tiap kedalaman 1 meter. Untuk beberapa kedalaman yang tidak memiliki data hasil pengecekan laboratorium, dapat dilakukan metode korelasi untuk mendapatkan nilai parameter tanah tersebut. Sedangkan untuk data parameter tanah yang tidak seragam tiap area, maka perlu dilakukan pengelompokan ulang atau perencanaan Tugas Akhir ini mempunyai 7 area berdasarkan data jumlah *bore hole* yang ada. Namun apabila sebagian besar data seragam, maka perencanaan ini bisa menggunakan penyederhanaan dengan 4 area. Perhitungan keseragaman dilakukan menggunakan metode koefisien variasi. Berdasarkan perhitungan koefisien variasi, sebuah data dikatakan seragam jika memiliki nilai  $< 20\%$ .

#### 4.1.2 Metode Korelasi dan Analisa Koefisien Variasi (CV) Data Tanah Dasar

Berdasarkan data tanah yang ada, pengecekan parameter dilakukan tiap kedalaman 3 meter, 6 meter, 9 meter, dan 12 meter dihitung dari posisi tanah dasarnya. Sehingga dari data tersebut diperlukan metode korelasi untuk mendapatkan data parameter tanah tiap kedalaman 1 meter.

Metode korelasi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan data yang hilang dengan memperhitungkan nilai konsistensi tanah menurut Mochtar yang ditunjukkan pada **Tabel 2.2**

Contoh perhitungan korelasi pada BH-5 untuk mendapatkan data parameter tanah tiap meter dari data awal yaitu ditunjukkan pada **Tabel 4.5**. Dari tabel tersebut, dilakukan analisa data parameter tanah tiap meter sebagai berikut :

- Kedalaman 0 – 9 m  
Seperti kita lihat di **Gambar 4.4** menunjukkan bahwa kedalaman 0 – 9 m memiliki konsistensi tanah *verysoft clay*. Sedangkan pengukuran parameter tanah hanya dilakukan di kedalaman 3 m, 6 m, dan 9 m. Sehingga metode korelasi yang dilakukan yaitu dengan nilai rata-rata dari

ketiga data tersebut. Berikut contoh perhitungan untuk parameter berat volume tanah basah ( $\gamma_t$ ) pada BH-5 untuk kedalaman 0 – 9 m ditunjukkan pada **Tabel 4.8**

**Tabel 4.8** Perhitungan  $\gamma_t$  dengan metode korelasi untuk BH-5 kedalaman 0 – 9 m

Depth	N-SPT	$\gamma_t$ data	Mean	SD	CV	$\gamma_t$ pakai	Konsistensi Tanah
0	0		1.680	0.002061	0.12%	1.680	Very soft clay
-1	0						
-2	0						
-3	0	1.677					
-4	0						
-5	0						
-6	0	1.682					
-7	1						
-8	1						

Sumber : Hasil Analisa

- Kedalaman 9 – 10 m  
Seperti kita lihat di **Gambar 4.4** menunjukkan bahwa kedalaman 9 – 11 m memiliki konsistensi tanah *soft clay*. Sedangkan pengukuran parameter tanah tidak dilakukan dalam rentang kedalaman tersebut. Sehingga metode korelasi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan data dari *bore hole* lain dengan konsistensi tanah yang sama. Dilihat dari gambar dan tabel sebelumnya, terdapat beberapa *bore hole* yang memiliki konsistensi tanah *soft clay*. Berikut contoh perhitungan untuk parameter berat volume tanah basah ( $\gamma_t$ ) pada BH-5 untuk kedalaman 9 – 10 m menggunakan data dari BH-3, BH-4, dan BH-77 ditunjukkan pada **Tabel 4.9**
  - Diketahui :  
 $\gamma_t$  kedalaman 9 = 1.698
  - Sehingga  $\gamma_t$  untuk kedalaman 9 – 10 :  
 $\gamma_{t\ 9-10} = \gamma_{t\ 9} = 1,698$

**Tabel 4.9** Perhitungan  $\gamma_t$  dengan metode korelasi untuk BH-5 kedalaman 9 – 10 m

Depth	N-SPT	$\gamma_t$ data	Mean	SD	CV	$\gamma_t$ pakai	Konsistensi Tanah
-9	3	1.698	1.698	0	0.00%	1.698	Soft Clay
-10	4						

Sumber : Hasil Analisa

- Kedalaman 10 – 15 m  
 Seperti kita lihat di **Gambar 4.4** menunjukkan bahwa kedalaman 10 – 15 m memiliki konsistensi tanah *medium clay*. Sedangkan pengukuran parameter tanah hanya dilakukan di kedalaman 12 m. Sehingga metode korelasi yang dilakukan yaitu dengan menggunakan data pada kedalaman 12 m untuk kedalaman 10 – 15 m. Berikut contoh perhitungan untuk parameter berat volume tanah basah ( $\gamma_t$ ) pada BH-5 untuk kedalaman 10 – 15 m ditunjukkan pada **Tabel 4.10**
  - Diketahui :  
 $\gamma_t$  kedalaman 12 = 1,704
  - Sehingga  $\gamma_t$  untuk kedalaman 10 – 15 :  
 $\gamma_{t\ 11-15} = \gamma_{t\ 12} = 1,704$

**Tabel 4.10** Perhitungan  $\gamma_t$  dengan metode korelasi untuk BH-5 kedalaman 10 – 15 m

Depth	N-SPT	$\gamma_t$ data	Mean	SD	CV	$\gamma_t$ pakai	Konsistensi Tanah
-11	6		1.704	0	0.00%	1.704	Medium clay
-12	7	1.704					
-13	7						
-14	7						
-15	10						

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan perhitungan di atas, sehingga didapatkan hasil analisa korelasi data parameter tanah yang lain untuk BH-5



ditunjukkan pada **Tabel 4.11** sedangkan untuk *bore hole* lain ditunjukkan pada **Lampiran 2**.

**Tabel 4.11** Nilai parameter tanah BH-5

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric						Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test		
		$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma'$ (t/m <sup>3</sup> )	G <sub>s</sub>	e	W <sub>e</sub>	n	C <sub>c</sub>	C <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /dt)	LL	PL	IP	$\phi$ (°)	C <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0.0	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-1	0.0	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-2	0.0	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-3	0.0	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-4	0.0	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-5	0.0	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-6	0.0	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-7	0.5	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-8	1.0	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-9	2.5	1.686	1.092	1.686	2.686	1.460	0.543	0.593	0.840	0.003	0.636	0.303	0.333	0	0.210
-10	4.0	1.712	1.151	1.712	2.626	1.285	0.489	0.562	0.664	0.003	0.560	0.298	0.263	0	0.177
-11	5.5	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.729	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390
-12	7.0	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.729	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390
-13	7.0	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.729	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390
-14	7.0	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.729	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390
-15	10.0	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.729	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390

Sumber : Hasil Analisa

Setelah dilakukan korelasi di atas, setiap kedalaman 1 meter lapisan tanah memiliki data parameter masing-masing. Selanjutnya diperlukan analisa koefisien variasi tiap area dengan memperhitungkan hasil korelasi data parameter tanah. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui keseragaman data tiap area seperti dijelaskan pada bagian 4.1.1 sebelumnya. Berikut merupakan contoh analisa koefisien variasi untuk area B berdasarkan data BH-4 dan BH-5.

- Kedalaman 0 – 9 m

Seperti kita lihat di perhitungan sebelumnya menunjukkan bahwa kedalaman 0 – 9 m pada BH-4 dan BH-5 memiliki konsistensi tanah *verysoft clay*. Berikut contoh perhitungan koefisien variansi untuk parameter berat volume tanah basah ( $\gamma_t$ ) pada area B untuk kedalaman 0 – 9 m ditunjukkan pada **Tabel 4.12**

**Tabel 4.12** Perhitungan  $\gamma_t$  dengan metode korelasi untuk area B kedalaman 0 – 9 m

Depth	AREA B				Mean	SD	CV	$\gamma_t$ Pakai	Konsistensi Tanah
	BH-4		BH-5						
	$\gamma_t$	Konsistensi Tanah	$\gamma_t$	Konsistensi Tanah					
0	1.662	Very soft clay	1.686	Very soft clay	1.682	0.010	0.58%	1.682	Very soft clay
-1	1.662	Very soft clay	1.686	Very soft clay					
-2	1.662	Very soft clay	1.686	Very soft clay					
-3	1.662	Very soft clay	1.686	Very soft clay					
-4	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-5	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-6	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-7	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-8	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-9	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					

Sumber : Hasil Analisa

- Kedalaman 9 – 10 m  
Seperti kita lihat di perhitungan sebelumnya menunjukkan bahwa kedalaman 9 – 10 m pada BH-4 dan BH-5 memiliki konsistensi tanah *soft soil*. Berikut contoh perhitungan koefisien variansi untuk parameter berat volume tanah basah ( $\gamma_t$ ) pada area B untuk kedalaman 9 – 10 m ditunjukkan pada **Tabel 4.13**

**Tabel 4.13** Perhitungan  $\gamma_t$  dengan metode korelasi untuk area B kedalaman 9 – 10 m

Depth	AREA B				Mean	SD	CV	$\gamma_t$ Pakai	Konsistensi Tanah
	BH-4		BH-5						
	$\gamma_t$	Konsistensi Tanah	$\gamma_t$	Konsistensi Tanah					
-10	1.688	Soft clay	1.699	Soft clay	1.694	0.007	0.39%	1.694	Soft clay

Sumber : Hasil Analisa

- Kedalaman 10 – 18 m  
Seperti kita lihat di perhitungan sebelumnya menunjukkan bahwa kedalaman 10 – 18 m pada BH-4 dan BH-5 memiliki konsistensi tanah *medium soil*. Berikut contoh perhitungan koefisien variansi untuk parameter berat

volume tanah basah ( $\gamma_t$ ) pada area B untuk kedalaman 10 – 18 m ditunjukkan pada **Tabel 4.14**

**Tabel 4.14** Perhitungan  $\gamma_t$  dengan metode korelasi untuk area B kedalaman 10 – 18 m

Depth	AREA B				Mean	SD	CV	$\gamma_t$ Pakai	Konsistensi Tanah
	BH-4		BH-5						
	$\gamma_t$	Konsistensi Tanah	$\gamma_t$	Konsistensi Tanah					
-11	1.688	Soft clay	1.704	Medium clay	1.704	0.013	0.75%	1.704	Medium clay
-12	1.688	Soft clay	1.704	Medium clay					
-13	1.688	Soft clay	1.704	Medium clay					
-14	1.688	Soft clay	1.704	Medium clay					
-15	1.721	Medium clay	1.704	Medium clay					
-16	1.721	Medium clay							
-17	1.721	Medium clay							
-18	1.721	Medium clay							

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan perhitungan di atas, sehingga didapatkan hasil analisa koefisien variasi data parameter tanah GS untuk area B ditunjukkan pada **Tabel 4.15** sedangkan untuk area lain pada **Lampiran 2**.

**Tabel 4.15** Nilai Koefisien Variasi area B untuk  $\gamma_t$ 

Depth	AREA B				Mean	SD	CV	$\gamma_t$ Pakai	Konsistensi Tanah
	BH-4		BH-5						
	$\gamma_t$	Konsistensi Tanah	$\gamma_t$	Konsistensi Tanah					
0	1.662	Very soft clay	1.686	Very soft clay	1.682	0.010	0.58%	1.682	Very soft clay
-1	1.662	Very soft clay	1.686	Very soft clay					
-2	1.662	Very soft clay	1.686	Very soft clay					
-3	1.662	Very soft clay	1.686	Very soft clay					
-4	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-5	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-6	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-7	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-8	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-9	1.688	Soft clay	1.686	Very soft clay					
-10	1.688	Soft clay	1.712	Soft clay	1.700	0.012	0.71%	1.700	Soft clay
-11	1.688	Soft clay	1.712	Medium clay	1.706	0.013	0.75%	1.706	Medium clay
-12	1.688	Soft clay	1.704	Medium clay					
-13	1.688	Soft clay	1.704	Medium clay					
-14	1.688	Soft clay	1.704	Medium clay					
-15	1.721	Medium clay	1.704	Medium clay					
-16	1.721	Medium clay							
-17	1.721	Medium clay							
-18	1.721	Medium clay							

Sumber : Hasil Analisa

## 4.2 Data Tanah Timbunan

Material timbunan reklamasi yang digunakan untuk Tugas Akhir ini berasal dari daerah sekitar Surabaya dengan spesifikasi teknis dari material adalah sebagai berikut :

- $C = 0$
- $\gamma_{\text{sat}} = 1,9 \text{ ton/m}^3$
- $\gamma_t = 1,8 \text{ ton/m}^3$
- $\emptyset = 30^\circ$

### 4.3 Data Spesifikasi Bahan

Beberapa bahan yang difungsikan sebagai material perbaikan dan perkuatan untuk tanah dasar di Tugas Akhir ini menggunakan tiga material dengan spesifikasi sebagai berikut :

#### 4.3.1 *Prefabricated Vertical Drain*

Jenis PVD yang digunakan untuk mempercepat laju keluarnya air tanah pada proses pemampatan dalam Tugas Akhir ini menggunakan merk CeTeau Drain CT-D822 yang didistribusi untuk area Indonesia oleh PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi sebagai berikut : (brosur dapat dilihat di **Lampiran 1**).

- Berat (*weight*) = 80 gram/m
- Tebal (*thickness*) = 100 mm
- Lebar (*width*) = 5 mm

#### 4.3.2 *Prefabricated Horizontal Drain*

Jenis PHD yang digunakan untuk mengalirkan air tanah yang keluar dari PVD menuju saluran drainase dalam Tugas Akhir ini menggunakan merk CeTeau Drain CT-SD100-30 yang didistribusi untuk area Indonesia oleh PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi sebagai berikut : (brosur dapat dilihat di **Lampiran 1**).

- Tebal (*thickness*) = 100 mm
- Lebar (*width*) = 30 mm
- *Discharge Capacity* =  $3,6 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/detik

#### 4.3.3 **Micropile**

Perencanaan *micropile* yang digunakan, merupakan hasil produksi dari PT. ATA Beton. *Micropile* berfungsi untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar dalam mengurangi resiko kelongsoran lereng di Tugas Akhir ini menggunakan spesifikasi sebagai berikut :(brosur dapat dilihat di **Lampiran 1**)

- Dimensi = 20 cm x 20 cm
- Ø Tulangan = 12 mm
- Mutu Beton = K-450

- Panjang tiap ruas = 6 m

#### 4.3.4 Tiang Pancang

Perencanaan tiang pancang yang digunakan, merupakan produksi PT. Jaya Beton Indonesia. Tiang pancang nantinya akan digunakan sebagai pondasi untuk menahan beban *Automatic Stacking Crane* saat mengangkat *Container*. Pada Tugas Akhir ini tiang pancang tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut :(brosur dapat dilihat di **Lampiran 1**)

- Dimensi = diameter 60 cm
- Kelas = B
- Mutu Beton = K-600
- Momen *crack* = 25 ton.m
- Momen *ultimate* = 45 ton.m
- *Allowable Axial Load* = 242 ton

#### 4.4 Data Perencanaan Geoteknik

Perencanaan lahan reklamasi untuk perluasan *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong ini menggunakan beban *preloading* untuk bagian timbunan dan tiang pancang untuk pondasi pada *crane*. Spesifikasi mengenai pondasi sudah dibahas di sub bab **4.3.3**. Berikut merupakan data perencanaan dari timbunan sebagai beban *preloading* :

- Elevasi awal tanah dasar = Dijelaskan pada **Tabel 4.16**
- Elevasi akhir timbunan = +5,712m LWS  
Elevasi akhir timbunan merupakan penjumlahan antara elevasi pasang tertinggi, tinggi gelombang, kenaikan akibat *storm surge*, dan kenaikan akibat *sea level rise* yang tercantum dalam desain perencanaan proyek.
- Elevasi pasang tertinggi = +3,200m LWS
- Elevasi pasang terendah = ±0,000m LWS

**Tabel 4.16** Data elevasi dan tinggi timbunan

Area	Elevasi Awal Tanah
A	+5,000m LWS
B	+4,000m LWS
C	+5,000m LWS
D	+3,000m LWS

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil ITS untuk PT. Nindya Karya (Persero)

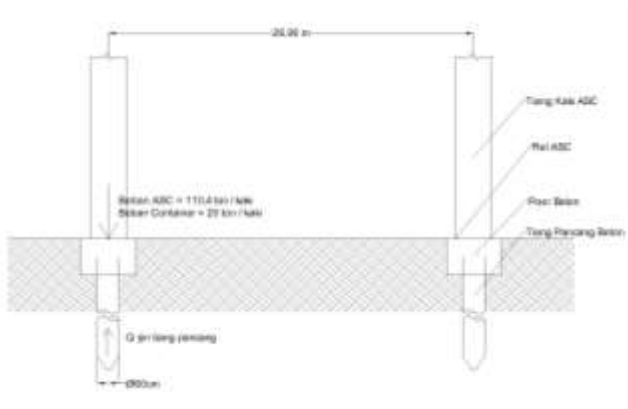
#### 4.5 Data Perencanaan Pembebanan Preloading

Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan geoteknik adalah sebagai berikut :

- Beban untuk area *Container Yard* = 8 ton/m<sup>3</sup>
- Beban untuk area *Causeway* = 3 ton/m<sup>3</sup>

#### 4.6 Data Perencanaan Pembebanan Pondasi

Pembebanan pada pondasi merupakan gabungan pembebanan akibat *Automatic Stacking Crane* dan *Container* seperti ditunjukkan pada **Gambar 4.10**. Sehingga didapatkan gaya aksial untuk pondasi sebesar 93,3 ton tiap 9,3 m (lebar ASC).

**Gambar 4.10** Skema Pembebanan Pondasi ASC

Sumber : Basic Desain PT. Pelindo 3 (Persero) dan Hasil Analisa

#### 4.7 Data Analisa Cashflow

Analisa *cashflow* yang dilakukan berupa analisa terhadap biaya awal, biaya perbaikan, biaya cicilan bank, dan rencana pendapatan. Analisa tersebut dilakukan terhadap beberapa kondisi seperti tanpa pemasangan PVD, pemasangan PVD sepanjang lapisan *permeable* (L), pemasangan PVD sepanjang  $1/2$  L, pemasangan PVD sepanjang  $2/3$  L. Analisa dilakukan dengan asumsi sebagai berikut :

- Biaya tanah timbunan sebesar Rp 80.000 tiap  $m^3$
- Biaya PVD sebesar Rp 5.000 tiap  $m'$
- Biaya *minipile* sebesar Rp 150.000 tiap  $m'$
- Biaya tiang pancang sebesar Rp 6.800.000 tiap batang (15 m)
- Biaya sewa lahan untuk *container* sementara pada saat *overlay* akibat adanya *rate of settlement* yang terjadi  $>rate$  of *settlement* ijin sebesar Rp 100.000 tiap  $m^2$ /tahun
- Bunga cicilan bank sebesar 10% tiap tahun, yang dicicil selama 10 tahun dengan metode perhitungan pembayaran yang sama tiap tahunnya.
- Fluktuasi nilai mata uang (i) sebesar 10% tiap tahun
- Pendapatan rencana sebesar Rp 750.000.000 tiap bulan dari pembayaran sewa lahan dari *container* yang berada di *container yard* dan meningkat sebesar 1% tiap tahun.
- Biaya *operational* dan *maintenance* (O&M) sebesar Rp 325.000.000 tiap bulan.



“halaman ini sengaja dikosongkan”

## BAB V

### PERENCANAAN GEOTEKNIK

#### 5.1 Perencanaan Pada Tanah Dasar

Perhitungan konsolidasi pada perencanaan ini dihitung berdasarkan pemampatan tanah yang terjadi yaitu kondisi *normally consolidated*. Kondisi tersebut diakibatkan karena lapisan tanah di area studi tidak pernah mendapatkan beban sebelumnya, sehingga tegangan overburden menjadi tegangan maksimum yang pernah dibebankan. Dari perhitungan tersebut maka diperoleh besar tinggi timbunan awal ( $H_{\text{inisial}}$ ), tinggi timbunan akhir ( $H_{\text{final}}$ ), dan besar pemampatan ( $S_c$ ) yang akan digunakan untuk perencanaan selanjutnya.

Untuk mendapatkan  $H$  dilakukan perhitungan pemampatan konsolidasi dengan berbagai variasi pembebanan dari timbunan. Dari berbagai macam variasi tersebut nantinya di olah untuk mendapatkan kondisi yang diinginkan. Variasi pembebanan ( $q$ ) dari timbunan dibagi menjadi dua yaitu untuk daerah untuk area *Container Yard* dan *Causeway*. Variasinya sebagai berikut :

Variasi ( $q$ ) untuk area *Container Yard* dengan  $q_{\text{surcharge}} = 8 \text{ t/m}^2$  sebagai beban tumpukan kontainer yaitu :

$$H_{\text{timbunan}} = 2 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (2 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 8 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 3 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (3 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 8 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 4 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (4 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 8 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 5 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (5 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 8 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 6 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (6 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 8 \text{ t/m}^2$$

Variasi ( $q$ ) untuk area *Causeway* dengan  $q_{\text{surcharge}} = 3 \text{ t/m}^2$  sebagai beban lalu lintas kontainer yaitu :

$$H_{\text{timbunan}} = 1 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (1 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 3 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 2 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (2 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 3 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 3 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (3 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 3 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 4 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (4 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 3 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 5 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (5 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 3 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 6 \text{ m} \rightarrow q_{\text{timbunan}} = (6 \times 1,8 \text{ t/m}^2) + 3 \text{ t/m}^2$$

### 5.1.1 Perhitungan Besar Pemampatan

Dari hasil analisa data tanah pada Bab 4, diperoleh tebal lapisan tanah *compressible* tiap area berbeda, **Tabel 5.1** menunjukkan tebal lapisan tanah *compressible* tiap area. Lapisan tanah *compressible* merupakan lapisan tanah yang memiliki nilai N-SPT kurang dari 10 dengan jenis konsistensi tanah yaitu *very soft*, *soft*, dan *medium*. Lapisan tersebut dianggap masih terjadi pemampatan besar, sedangkan lapisan tanah lainnya tidak terjadi pemampatan secara signifikan dan tidak membahayakan perencanaan suatu proyek.

**Tabel 5.1** Rekapitulasi tebal lapisan tanah *compressible*

Area	Tebal lapisan <i>compressible</i>	Keterangan
A	4 meter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lapisan pertama setebal 4 meter = tanah pasir</li> <li>• Lapisan kedua setebal 4 meter = tanah lempung</li> </ul>
B	18 meter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lapisan pertama setebal 8 meter = tanah lempung sedikit pasir</li> <li>• Lapisan kedua setebal 2 meter = tanah lempung berpasir</li> <li>• Lapisan ketiga setebal 8 meter = tanah lempung</li> </ul>
C	4 meter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lapisan pertama setebal 2 meter = tanah lanau</li> <li>• Lapisan kedua setebal 2 meter = tanah pasir</li> <li>• Lapisan ketiga setebal 2 meter = tanah lempung</li> </ul>
D	4 meter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lapisan pertama setebal 2 meter = tanah lempung</li> <li>• Lapisan kedua dan ketiga setebal 1 meter = tanah lempung berlanau</li> </ul>

Sumber : Hasil Analisa

Perhitungan pemampatan dapat diperoleh dengan Persamaan (2.2), (2.3), dan (2.4). Pemampatan dihitung akibat beban timbunan dan surcharge. Berikut salah satu contoh perhitungan pemampatan pada tanah dasar lapisan pertama untuk area B akibat beban timbunan dan *surcharge* sebesar  $17 \text{ t/m}^2$ . Gambar penampang tanah untuk area B ditunjukkan pada **Gambar 5.1** sedangkan untuk area lain dapat dilihat di **Lampiran 3**.

$$\begin{array}{ll} h &= 1 \text{ meter} & \gamma_{\text{sat}} &= 1,671 \text{ t/m}^3 \\ \gamma_{\text{sat timb}} &= 1,800 \text{ t/m}^3 & \gamma' &= 0,671 \text{ t/m}^3 \\ \gamma'_{\text{timb}} &= 0,800 \text{ t/m}^3 & C_c &= 0,779 \\ \gamma_w &= 1 \text{ t/m}^3 & e_o &= 1,487 \end{array}$$

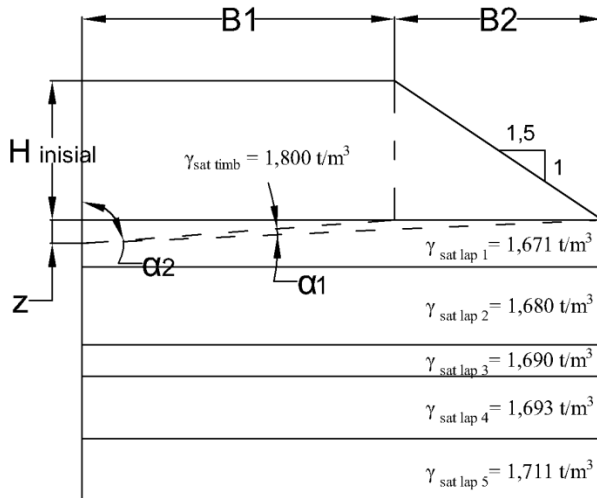
- a. Tegangan overburden efektif ( $\sigma'_o$ )

Dihitung di bagian tengah timbunan dengan Persamaan 2.8

$$\sigma'_o = \gamma' \times z = 0,671 \times 0,5 = 0,335 \text{ t/m}^2$$

( $z = 0,5 \text{ m}$  karena perhitungan berada di tengah lapisan tanah)

- b. Penambahan tegangan ( $\Delta\sigma$ )



**Gambar 5.1** Potongan timbunan area B ditinjau dari arah kanan

Sumber : Hasil Analisa

$$\begin{aligned}
 B_1 &= 66,95 \text{ meter} & z &= 0,5 \text{ m} \\
 B_2 &= 14,167 \text{ t/m}^3 & q_o &= 17 \text{ t/m}^2 \\
 \Delta\sigma &= 2 \frac{q_o}{\pi} \left[ \left( \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} \alpha_2 \right] \\
 &= 2 \frac{17}{\pi} \left[ \left( \frac{66,95 + 14,167}{14,167} \right) (0,001 + 1,563) - (4,726 \times 1,563) \right] \\
 &= 17 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

c. Besar pemampatan ( $S_c$ )

Dengan menggunakan persamaan (2.2) didapatkan :

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{H}{1 + e_o} \left[ C_c \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma}{\sigma'_o} \right) \right] \\
 &= \frac{1}{1 + 1,487} \left[ 0,779 \log \left( \frac{0,335 + 17}{0,335} \right) \right] = 0,536 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan lapisan selanjutnya ditunjukkan pada **Tabel 5.2**. Total pemampatan yang terjadi di semua lapisan tanah pada area B akibat beban timbunan dan *surcharge*  $q = 17 \text{ t/m}^2$  adalah sebesar 3,988 m. Sedangkan untuk perhitungan pada area lainnya dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Tabel 5.2 Perhitungan pemampatan area B

Depth			z	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\Delta \sigma'$	H	Cs	Cc	Cv	e0	$\gamma_{sat}$	$\gamma'$	$\sigma'0$	$\Delta \sigma' + \sigma'0$	Ket	Sc
			(m)	(°)	(°)	(t/m2)	(m)	-	-	(cm2/dtk)	-	(t/m3)	(t/m3)	(t/m2)	(t/m2)		(m)
0	-	1	0.50	0.001	1.563	17.000	1	0.156	0.779	0.00255	1.487	1.671	0.671	0.335	17.335	NC	0.536
1	-	2	1.50	0.004	1.548	17.000	1	0.156	0.779	0.00255	1.487	1.671	0.671	1.006	18.006	NC	0.392
2	-	3	2.50	0.007	1.533	17.000	1	0.156	0.779	0.00255	1.487	1.671	0.671	1.677	18.677	NC	0.328
3	-	4	3.50	0.009	1.519	16.999	1	0.170	0.850	0.00276	1.507	1.680	0.680	2.353	19.352	NC	0.310
4	-	5	4.50	0.012	1.504	16.998	1	0.170	0.850	0.00276	1.507	1.680	0.680	3.032	20.030	NC	0.278
5	-	6	5.50	0.014	1.489	16.997	1	0.170	0.850	0.00276	1.507	1.680	0.680	3.712	20.709	NC	0.253
6	-	7	6.50	0.017	1.474	16.995	1	0.170	0.850	0.00276	1.507	1.680	0.680	4.391	21.386	NC	0.233
7	-	8	7.50	0.019	1.459	16.992	1	0.170	0.850	0.00276	1.507	1.680	0.680	5.071	22.063	NC	0.216
8	-	9	8.50	0.022	1.445	16.989	1	0.149	0.745	0.00260	1.384	1.690	0.690	5.755	22.744	NC	0.186
9	-	10	9.50	0.024	1.430	16.985	1	0.149	0.745	0.00260	1.384	1.690	0.690	6.445	23.430	NC	0.175
10	-	11	10.50	0.027	1.415	16.980	1	0.149	0.745	0.00260	1.384	1.690	0.690	7.135	24.115	NC	0.165
11	-	12	11.50	0.029	1.401	16.973	1	0.149	0.745	0.00260	1.384	1.690	0.690	7.825	24.798	NC	0.156
12	-	13	12.50	0.032	1.386	16.966	1	0.149	0.745	0.00260	1.384	1.690	0.690	8.515	25.481	NC	0.149
13	-	14	13.50	0.034	1.372	16.957	1	0.149	0.745	0.00260	1.384	1.690	0.690	9.205	26.162	NC	0.142
14	-	15	14.50	0.036	1.358	16.947	1	0.135	0.674	0.00296	1.344	1.711	0.711	9.905	26.853	NC	0.125
15	-	16	15.50	0.039	1.343	16.936	1	0.135	0.674	0.00296	1.344	1.711	0.711	10.616	27.552	NC	0.119
16	-	17	16.50	0.041	1.329	16.923	1	0.135	0.674	0.00296	1.344	1.711	0.711	11.327	28.250	NC	0.114
17	-	18	17.50	0.043	1.315	16.909	1	0.135	0.674	0.00296	1.344	1.711	0.711	12.038	28.947	NC	0.110
<b>Sc Total</b>																	<b>3.988</b>

Sumber : Hasil Analisa

### 5.1.2 Perhitungan Tinggi Timbunan Awal ( $H_{inisial}$ )

Tinggi timbunan awal atau  $H_{inisial}$  merupakan tinggi timbunan pada saat pelaksanaan sebagai tinggi rencana.  $H_{inisial}$  dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan (2.14). Berikut contoh perhitungan tinggi timbunan awal untuk area B :

$$\begin{aligned} q_{final} &= 17 \text{ t/m}^2 & \gamma_{timb} &= 1,8 \text{ t/m}^3 \\ S_c &= 3,988 \text{ m} & \gamma_w &= 1 \text{ t/m}^3 \\ H_{inisial} &= \frac{q_o + (\gamma_{timbunan} - \gamma'_w) S_c}{\gamma_{timbunan}} \\ &= \frac{17 + (1 \times 3,988)}{1,8} = 11,660 \text{ m} \end{aligned}$$

$H_{surcharge}$  merupakan tinggi timbunan yang mewakili beban yang akan beroperasi pada area reklamasi yaitu beban tumpukan *container*.  $H_{surcharge}$  nantinya akan dibongkar setelah timbunan mengalami pemampatan sebesar yang direncanakan. Sedangkan  $H_{final}$  merupakan tinggi akhir dari timbunan yang nantinya akan ditambahkan perkerasan untuk area CY. Sehingga perhitungan  $H_{final}$  adalah sebagai berikut :

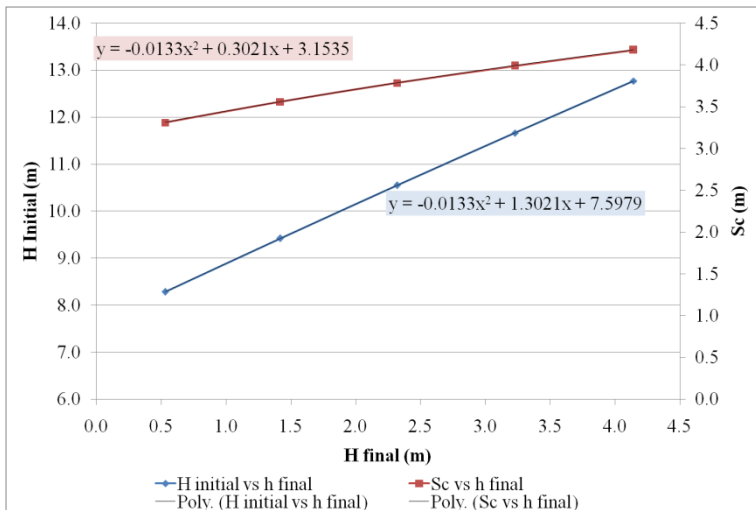
$$\begin{aligned} H_{final} &= H_{inisial} - S_c - H_{surcharge} \\ &= 11,660 - 3,988 - 4,444 = 3,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti di atas, selanjutnya dilakukan perhitungan kembali pada 4 zona dengan variasi beban timbunan lain yang sudah ditentukan. Perhitungan pemampatan selengkapny dapat dilihat pada **Lampiran 3** dan dari perhitungan akibat variasi pembebanan untuk area B didapatkan hasil yang disajikan pada **Tabel 5.3**.

**Tabel 5.3** Perhitungan pemampatan akibat variasi beban untuk area B

q all (t/m <sup>2</sup> )	Sc (m)	H inisial (m)	H bongkar (m)	H final (m)
11.6	3.3	8.3	4.4	0.5
13.4	3.6	9.4	4.4	1.4
15.2	3.8	10.5	4.4	2.3
17.0	4.0	11.7	4.4	3.2
18.8	4.2	12.8	4.4	4.1

Sumber : Hasil Analisa



**Gambar 5.2** Grafik hubungan antara  $H_{\text{inisial}}$ ,  $H_{\text{final}}$ , dan  $S_c$  area B  
Sumber : Hasil Analisa

Dengan menggunakan persamaan yang dihasilkan dari grafik pada **Gambar 5.2** maka didapatkan hubungan antara  $H_{\text{inisial}}$ ,  $H_{\text{final}}$ , dan  $S_c$ . Tinggi timbunan akhir merupakan beda tinggi antara elevasi akhir dengan elevasi awal. Jika nilai tersebut sudah diketahui, maka tinggi timbunan awal bisa dihitung. Tinggi



timbunan akhir yaitu  $5,7 - 3,7 \text{ m} = 2 \text{ m}$ . Sedangkan tinggi timbunan awal dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} H_{\text{inisial}} &= -0,0133x^2 + 1,3021x + 7,597 \\ &= -0,0133(2)^2 + 1,3021(2) + 7,5979 \\ &= 10,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama diperoleh hasil sebagai berikut :

- Pada area A diperoleh tinggi inisial setinggi 5,7m dengan tinggi final 0,7m dan pemampatan sebesar 0,6m.
- Pada area B diperoleh tinggi inisial setinggi 10,1m dengan tinggi final 2m dan pemampatan sebesar 3,7m.
- Pada area C diperoleh tinggi inisial setinggi 6,4m dengan tinggi final 0,4m dan pemampatan sebesar 1,6m.
- Pada area D diperoleh tinggi inisial setinggi 7,4m dengan tinggi final 5m dan pemampatan sebesar 0,8m.

### 5.1.3 Perhitungan Lama Waktu Pemampatan

Setelah didapatkan besar pemampatan yang terjadi akibat beban timbunan dan surcharge, dilakukan perhitungan terhadap waktu pemampatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan tersebut menggunakan Persamaan (2.11). Hal ini dilakukan untuk mengetahui perlu atau tidaknya perbaikan pada tanah dasar. Salah satu bentuk perbaikannya yaitu dengan mempercepat waktu pemampatan yang terjadi. Parameter tanah yang dibutuhkan untuk menghitung waktu pemampatan adalah  $C_v$ . Karena setiap lapisan tanah memiliki nilai  $C_v$  masing-masing, maka nilai  $C_v$  yang digunakan adalah nilai  $C_{v\text{gabungan}}$ . Perhitungan  $C_{v\text{gabungan}}$  diperoleh dari Persamaan (2.12) dan dapat dilihat pada **Tabel 5.5**.

**Tabel 5.5** Perhitungan  $C_{v \text{ gabungan}}$  untuk area B

Depth			h	Cv	$\sqrt{Cv}$	H/ $\sqrt{Cv}$	Cv gab
(m)			(m)	(cm <sup>2</sup> /dtk)			
0	-	-1	1	0.00255	0.0505	19.7933	0.00266
-1	-	-2	1	0.00255	0.0505	19.7933	
-2	-	-3	1	0.00255	0.0505	19.7933	
-3	-	-4	1	0.00276	0.0525	19.0519	
-4	-	-5	1	0.00276	0.0525	19.0519	
-5	-	-6	1	0.00276	0.0525	19.0519	
-6	-	-7	1	0.00276	0.0525	19.0519	
-7	-	-8	1	0.00276	0.0525	19.0519	
-8	-	-9	1	0.00260	0.0510	19.6003	
-9	-	-10	1	0.00260	0.0510	19.6003	
-10	-	-11	1	0.00260	0.0510	19.6003	
-11	-	-12	1	0.00260	0.0510	19.6003	
-12	-	-13	1	0.00260	0.0510	19.6003	
-13	-	-14	1	0.00260	0.0510	19.6003	
-14	-	-15	1	0.00270	0.0520	19.2450	
-15	-	-16	1	0.00270	0.0520	19.2450	
-16	-	-17	1	0.00270	0.0520	19.2450	
-17	-	-18	1	0.00270	0.0520	19.2450	

Sumber : Hasil Analisa

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai  $C_{v \text{ gabungan}} = 0,00266 \text{ cm}^2/\text{detik} = 8,3782 \text{ m}^2/\text{tahun}$ . Dengan  $U = 90\%$  didapatkan  $T_v = 0,848$  (Berdasarkan **Tabel 2.3**). Tebal lapisan *drainage* ( $H_{dr}$ ) sebesar 18 m. Sehingga dengan menggunakan Persamaan (2.10), didapatkan waktu konsolidasi sebagai berikut :

$$t = \frac{T_{90} H_{dr}^2}{C_{v \text{ gabungan}}} = \frac{0,848 \times 18^2}{8,3782} = 32,79 \text{ tahun}$$

Karena waktu pemampatan yang lama yaitu 32,79 tahun  $> 1$  tahun (masa konstruksi maksimal), maka perencanaan di area B perlu dilakukan pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) untuk membantu mempercepat proses pemampatan. Sedangkan hasil perhitungan  $C_{v \text{ gabungan}}$  untuk area lain ditunjukkan pada **Tabel 5.6**

**Tabel 5.6** Rekapitulasi perhitungan lama waktu pemampatan

Area	$C_{vgabungan}(cm^2/detik)$	Lama waktu pemampatan, t	Keterangan
A	0,00274	1,57 tahun	Perlu PVD
B	0,00266	32,79 tahun	Perlu PVD
C	0,00300	4,302 bulan	Tidak perlu PVD
D	0,00300	4,302 bulan	Tidak perlu PVD

Sumber : Hasil Analisa

## 5.2 Perencanaan Prefabricated Vertical Drain (PVD)

Pada perencanaan ini, PVD dipasang bervariasi tetapi masih sepanjang lapisan tanah terkonsolidasi. Variasi ini dilakukan untuk menentukan panjang PVD efektif yang menghasilkan biaya paling efisien karena biaya berbanding lurus dengan panjang PVD yang digunakan. Selain dari panjang PVD, dilakukan variasi juga pada jarak pemasangan yang bertujuan untuk mencapai derajat konsolidasi yang diinginkan.

### 5.2.1 Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal ( $U_v$ )

Derajat konsolidasi vertikal ( $U_v$ ) merupakan derajat konsolidasi dari sisi tanahnya sendiri sehingga perhitungannya hanya memperhatikan dari parameter tanah saja. Perhitungan  $U_v$  diperoleh dari Persamaan (2.23). Berikut merupakan contoh perhitungan  $U_v$  pada tahun pertama untuk area B :

$$C_{vgabungan} = 8,3782 \text{ m}^2/\text{tahun}$$

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

$$H_{dr} = 18 \text{ m}$$

$$(\text{pemasangan } L_{PVD} = H_{dr} = 18 \text{ m})$$

$$T_v = \frac{t \times C_v}{H_{dr}^2} = \frac{1 \times 8,3782}{18^2} = 0,0259$$

$$\bar{U}_v = \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) = \left( 2 \sqrt{\frac{0,0259}{\pi}} \right) = 0,181$$

Perhitungan  $U_v$  dalam kurun waktu 1 tahun untuk area B ditunjukkan pada **Tabel 5.7** sedangkan untuk area lain dapat dilihat di **Lampiran 3**.

**Tabel 5.7** Perhitungan  $U_v$  untuk area B

$t$ (tahun)	$T_v$	$U_v$	$S_c$ (m)	$t$ (tahun)	$T_v$	$U_v$	$S_c$ (m)
1	0.0259	0.181	0.484	27	0.6982	86%	2.284
2	0.0517	0.257	0.685	28	0.7240	86%	2.307
3	0.0776	0.314	0.839	29	0.7499	87%	2.330
4	0.1034	0.363	0.969	30	0.7758	88%	2.351
5	0.1293	0.406	1.083	31	0.8016	89%	2.371
6	0.1552	0.444	1.187	32	0.8275	89%	2.389
7	0.1810	0.480	1.282	33	0.8533	90%	2.406
8	0.2069	0.513	1.370	34	0.8792	91%	2.423
9	0.2327	0.544	1.453	35	0.9051	91%	2.438
10	0.2586	0.574	1.532	36	0.9309	92%	2.452
11	0.2844	0.598	1.597	37	0.9568	92%	2.466
12	0.3103	0.623	1.663	38	0.9826	93%	2.478
13	0.3362	0.646	1.726	39	1.0085	93%	2.490
14	0.3620	0.668	1.784	40	1.0343	94%	2.501
15	0.3879	0.689	1.839	41	1.0602	94%	2.512
16	0.4137	0.708	1.890	42	1.0861	94%	2.522
17	0.4396	0.726	1.938	43	1.1119	95%	2.531
18	0.4655	0.743	1.984	44	1.1378	95%	2.539
19	0.4913	0.759	2.026	45	1.1636	95%	2.547
20	0.5172	0.774	2.066	46	1.1895	96%	2.555
21	0.5430	0.788	2.103	47	1.2154	96%	2.562
22	0.5689	0.801	2.138	48	1.2412	96%	2.569
23	0.5947	0.813	2.171	49	1.2671	96%	2.575
24	0.6206	0.825	2.202	50	1.2929	97%	2.581
25	0.6465	0.836	2.231	51	1.3188	97%	2.586
26	0.6723	0.846	2.258	52	1.3446	97%	2.592

Sumber : Hasil Analisa

### 5.2.2 Perhitungan Derajat Konsolidasi Horisontal ( $U_h$ )

Derajat konsolidasi horisontal ( $U_h$ ) merupakan derajat konsolidasi dari sisi PVD yang dipasang sehingga perhitungannya membutuhkan beberapa parameter yaitu  $F_{(n)}$ ,  $C_h$ , dan  $D$ . Perhitungan  $U_h$  diperoleh dari Persamaan (2.19). Berikut merupakan contoh perhitungan  $U_h$  untuk area B :

$$\begin{aligned}
 C_{\text{vgabungan}} &= 0,1607 \text{ m}^2/\text{minggu} \\
 K_h/K_v &= 2 \\
 \text{Lebar PVD (a)} &= 100 \text{ mm} \\
 \text{Tebal PVD (b)} &= 5 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Perhitungan  $F(n)$  untuk pola segiempat dengan  $S = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 d_w &= 2 \times (a+b)/\pi \\
 &= 2 \times (105)/\pi \\
 &= 66,845 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 1,13 \times S \\
 &= 1,13 \times 1000 \\
 &= 1130 \text{ mm} \\
 &= 1,13 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n &= D/d_w \\
 &= 1130/66,845 \\
 &= 16,90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F(n) &= \left( \frac{n^2}{n^2 - 1} \right) \left[ \ln(n) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4n^2} \right) \right] \\
 &= \left( \frac{16,90^2}{16,90^2 - 1} \right) \left[ \ln(16,90) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4 \times 16,90^2} \right) \right] \\
 &= 2,08
 \end{aligned}$$

Perhitungan  $F(n)$  untuk jarak yang lain dapat dilihat pada **Tabel 5.8**

**Tabel 5.8** Perhitungan  $F(n)$  untuk PVD dengan pola segiempat

S	D	n	F(n)
(mm)	(mm)	-	-
500	565	8.45	1.40
600	678	10.14	1.58
700	791	11.83	1.73
800	904	13.52	1.86
900	1017	15.21	1.98
1000	1130	16.90	2.08

Sumber : Hasil Analisa

- Perhitungan  $U_h$  untuk pola segiempat dengan  $S = 1 \text{ m}$   
 $D = 1,13 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 F_{(n)} &= 2,08 \\
 t &= 1 \text{ minggu} \\
 C_h &= C_v \times (K_h/K_v) = 0,1607 \times (2) = 0,33 \text{ m}^2/\text{minggu} \\
 U_h &= 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times C_h}{D^2 \times 2 \times F_{(n)}} \right)}} \right] = 1 - \left[ \frac{1}{e^{\left( \frac{1 \times 8 \times 0,33}{1,13^2 \times 2 \times 2,08} \right)}} \right] = 0,39
 \end{aligned}$$

Perhitungan  $U_h$  selanjutnya dapat dilihat pada **Tabel 5.9** sedangkan untuk area lain dapat dilihat di **Lampiran 3**.

**Tabel 5.9** Perhitungan  $U_h$  dengan PVD dengan pola segiempat untuk area B

t (minggu)	U <sub>h</sub>					
	S = 0,5 m	S = 0,6 m	S = 0,7 m	S = 0,8 m	S = 0,9 m	S = 1 m
1	95%	84%	70%	58%	47%	39%
2	100%	97%	91%	82%	72%	63%
3	100%	100%	97%	92%	85%	77%
4	100%	100%	99%	97%	92%	86%
5	100%	100%	100%	99%	96%	91%
6	100%	100%	100%	99%	98%	95%
7	100%	100%	100%	100%	99%	97%
8	100%	100%	100%	100%	99%	98%
9	100%	100%	100%	100%	100%	99%
10	100%	100%	100%	100%	100%	99%
11	100%	100%	100%	100%	100%	100%
12	100%	100%	100%	100%	100%	100%
13	100%	100%	100%	100%	100%	100%
14	100%	100%	100%	100%	100%	100%
15	100%	100%	100%	100%	100%	100%
16	100%	100%	100%	100%	100%	100%
17	100%	100%	100%	100%	100%	100%
18	100%	100%	100%	100%	100%	100%
19	100%	100%	100%	100%	100%	100%
20	100%	100%	100%	100%	100%	100%
21	100%	100%	100%	100%	100%	100%
22	100%	100%	100%	100%	100%	100%
23	100%	100%	100%	100%	100%	100%
24	100%	100%	100%	100%	100%	100%
25	100%	100%	100%	100%	100%	100%
26	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 5.9** Perhitungan  $U_h$  dengan PVD dengan pola segiempat untuk area B (Lanjutan)

t (minggu)	$U_h$					
	S = 0,5 m	S = 0,6 m	S = 0,7 m	S = 0,8 m	S = 0,9 m	S = 1 m
27	100%	100%	100%	100%	100%	100%
28	100%	100%	100%	100%	100%	100%
29	100%	100%	100%	100%	100%	100%
30	100%	100%	100%	100%	100%	100%
31	100%	100%	100%	100%	100%	100%
32	100%	100%	100%	100%	100%	100%
33	100%	100%	100%	100%	100%	100%
34	100%	100%	100%	100%	100%	100%
35	100%	100%	100%	100%	100%	100%
36	100%	100%	100%	100%	100%	100%
37	100%	100%	100%	100%	100%	100%
38	100%	100%	100%	100%	100%	100%
39	100%	100%	100%	100%	100%	100%
40	100%	100%	100%	100%	100%	100%
41	100%	100%	100%	100%	100%	100%
42	100%	100%	100%	100%	100%	100%
43	100%	100%	100%	100%	100%	100%
44	100%	100%	100%	100%	100%	100%
45	100%	100%	100%	100%	100%	100%
46	100%	100%	100%	100%	100%	100%
47	100%	100%	100%	100%	100%	100%
48	100%	100%	100%	100%	100%	100%
49	100%	100%	100%	100%	100%	100%
50	100%	100%	100%	100%	100%	100%
51	100%	100%	100%	100%	100%	100%
52	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Sumber : Hasil Analisa

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

Setelah didapatkan nilai  $U_v$  dan  $U_h$ , selanjutnya perlu dilakukan perhitungan  $\bar{U}$  menggunakan Persamaan (2.25). Berikut adalah contoh perhitungan  $\bar{U}$  pada minggu pertama untuk area B dengan pola pemasangan PVD segiempat dan jarak  $S = 1$  m.

$$\begin{aligned}\bar{U} &= [1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)] \times 100\% \\ &= [1 - (1 - 0,127) \times (1 - 0,025)] \times 100\% = 14,9\%\end{aligned}$$

Perhitungan  $\bar{U}$  selanjutnya dapat dilihat pada **Tabel 5.10** Sedangkan untuk hasil perhitungan lainnya dengan variasi panjang dan jarak PVD pada area lain dapat dilihat pada

**Lampiran 3.** Dari perhitungan tersebut didapatkan grafik hubungan antara  $\bar{U}$  dengan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi yang ditunjukkan pada **Gambar 5.3**. Dari grafik tersebut dipilih panjang dan jarak pemasangan PVD pola segiempat pada semua area dengan waktu < 1 tahun untuk mencapai derajat konsolidasi mendekati 100 % yang ditampilkan pada **Tabel 5.13**.



**Tabel 5.10** Perhitungan U dengan PVD dengan pola segiempat untuk area B

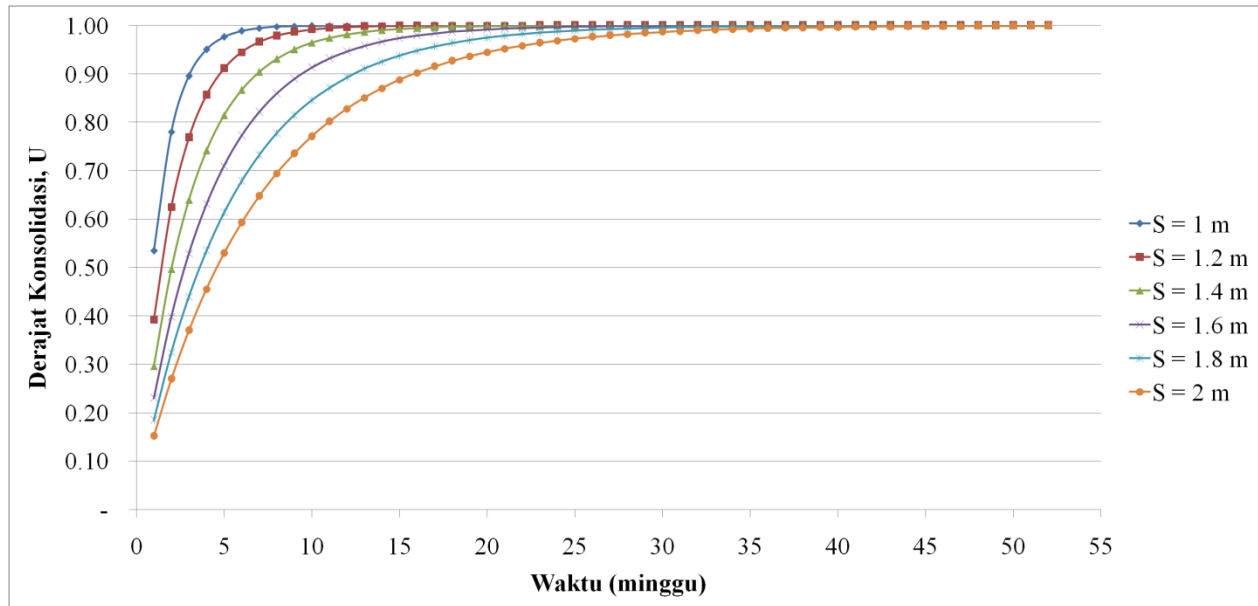
t (minggu)	Tv	Uv	S = 1 m		S = 1,2 m		S = 1,4 m		S = 1,6 m		S = 1,8 m		S = 2 m	
			Uh	U	U	Uh	Uh	U	U	Uh	Uh	U	U	U
1	0.00050	2.5%	51.5%	52.8%	37.1%	38.6%	27.3%	29.1%	20.6%	22.6%	16.0%	18.1%	12.7%	14.9%
2	0.00099	3.6%	76.5%	77.4%	60.4%	61.8%	47.1%	49.0%	37.0%	39.3%	29.5%	32.0%	23.8%	26.5%
3	0.00149	4.4%	88.6%	89.1%	75.1%	76.2%	61.6%	63.2%	50.0%	52.2%	40.8%	43.4%	33.5%	36.4%
4	0.00198	5.0%	94.5%	94.8%	84.3%	85.1%	72.0%	73.4%	60.3%	62.3%	50.3%	52.8%	42.0%	44.9%
5	0.00248	5.6%	97.3%	97.5%	90.1%	90.7%	79.7%	80.8%	68.5%	70.3%	58.2%	60.6%	49.4%	52.2%
6	0.00298	6.2%	98.7%	98.8%	93.8%	94.2%	85.2%	86.1%	75.0%	76.6%	64.9%	67.1%	55.8%	58.5%
7	0.00347	6.6%	99.4%	99.4%	96.1%	96.3%	89.3%	90.0%	80.2%	81.5%	70.6%	72.5%	61.4%	64.0%
8	0.00397	7.1%	99.7%	99.7%	97.5%	97.7%	92.2%	92.7%	84.3%	85.4%	75.3%	77.0%	66.3%	68.7%
9	0.00446	7.5%	99.9%	99.9%	98.5%	98.6%	94.3%	94.7%	87.5%	88.5%	79.2%	80.8%	70.6%	72.8%
10	0.00496	7.9%	99.9%	99.9%	99.0%	99.1%	95.9%	96.2%	90.1%	90.9%	82.6%	84.0%	74.4%	76.4%
11	0.00546	8.3%	100.0%	100.0%	99.4%	99.4%	97.0%	97.2%	92.1%	92.8%	85.4%	86.6%	77.6%	79.5%
12	0.00595	8.7%	100.0%	100.0%	99.6%	99.6%	97.8%	98.0%	93.8%	94.3%	87.7%	88.8%	80.5%	82.2%
13	0.00645	9.1%	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%	98.4%	98.6%	95.1%	95.5%	89.7%	90.6%	83.0%	84.5%
14	0.00694	9.4%	100.0%	100.0%	99.8%	99.9%	98.8%	99.0%	96.1%	96.4%	91.3%	92.1%	85.1%	86.5%
15	0.00744	9.7%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.2%	99.2%	96.9%	97.2%	92.7%	93.4%	87.0%	88.3%
16	0.00793	10.1%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.4%	99.5%	97.5%	97.8%	93.9%	94.5%	88.7%	89.8%
17	0.00843	10.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%	99.6%	98.0%	98.2%	94.9%	95.4%	90.1%	91.1%
18	0.00893	10.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%	99.7%	98.4%	98.6%	95.7%	96.1%	91.4%	92.3%
19	0.00942	11.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%	98.8%	98.9%	96.4%	96.8%	92.5%	93.3%
20	0.00992	11.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%	99.0%	99.1%	97.0%	97.3%	93.4%	94.2%
21	0.01041	11.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.2%	99.3%	97.4%	97.7%	94.3%	94.9%
22	0.01091	11.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.4%	99.5%	97.9%	98.1%	95.0%	95.6%
23	0.01141	12.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.5%	99.6%	98.2%	98.4%	95.6%	96.2%
24	0.01190	12.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.6%	99.7%	98.5%	98.7%	96.2%	96.7%
25	0.01240	12.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%	99.7%	98.7%	98.9%	96.7%	97.1%
26	0.01289	12.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%	98.9%	99.1%	97.1%	97.5%

Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 5.10** Perhitungan U dengan PVD dengan pola segiempat untuk area B (Lanjutan)

t (minggu)	Tv	Uv	S = 1 m		S = 1,2 m		S = 1,4 m		S = 1,6 m		S = 1,8 m		S = 2 m	
			Uh	U	U	Uh	Uh	U	U	Uh	U	U	Uh	U
27	0.01339	13.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%	99.1%	99.2%	97.5%	97.8%
28	0.01389	13.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.9%	99.2%	99.3%	97.8%	98.1%
29	0.01438	13.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.4%	99.5%	98.1%	98.3%
30	0.01488	13.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.5%	99.5%	98.3%	98.5%
31	0.01537	14.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.6%	99.6%	98.5%	98.7%
32	0.01587	14.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.6%	99.7%	98.7%	98.9%
33	0.01637	14.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%	99.7%	98.9%	99.0%
34	0.01686	14.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%	99.8%	99.0%	99.2%
35	0.01736	14.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%	99.1%	99.3%
36	0.01785	15.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%	99.3%	99.4%
37	0.01835	15.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.9%	99.4%	99.4%
38	0.01884	15.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.4%	99.5%
39	0.01934	15.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.5%	99.6%
40	0.01984	15.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.6%	99.6%
41	0.02033	16.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.6%	99.7%
42	0.02083	16.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%	99.7%	99.7%
43	0.02132	16.5%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	100.0%	99.7%	99.8%
44	0.02182	16.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.7%	99.8%
45	0.02232	16.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%
46	0.02281	17.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.8%
47	0.02331	17.2%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.8%	99.9%
48	0.02380	17.4%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%
49	0.02430	17.6%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%
50	0.02480	17.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%
51	0.02529	17.9%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%
52	0.02579	18.1%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	99.9%	99.9%

Sumber : Hasil Analisa



**Gambar 5.3** Grafik hubungan antara derajat konsolidasi (U) vs waktu (t) dengan PVD sepanjang L di Area B

Sumber : Hasil Analisa

### 5.3 Perhitungan Rate of Settlement

Perhitungan *rate of settlement* dilakukan untuk menganalisa kedalaman PVD yang terpasang. Kedalaman PVD yang terpasang akan mempengaruhi lapisan tanah di bawahnya. Sehingga diperlukan perhitungan secara menyeluruh antara pemampatan sepanjang PVD terpasang dan pemampatan pada lapisan tanah dibawahnya.

Dengan  $q_{total}$  yang digunakan sebagai beban timbunan dilakukan perhitungan secara coba-coba untuk beberapa kedalaman pemasangan PVD. Berikut contoh perhitungan untuk pemasangan PVD dengan panjang 12 m ( $^{2/3}$  L) ditunjukkan pada **Tabel 5.11**

Sisa pemampatan di bawah PVD, $S_{c\ 12m}$	= 0,543 m
Umur rencana CY	= 10 tahun
Rate of settlement ijin	= 1,5 cm/tahun
$C_v$ rata-rata	= 8,3782 m <sup>2</sup> /tahun
	= 0,6982 m <sup>2</sup> /bulan
$H_{dr}$ (kedalaman tanah tanpa PVD)	= 6 m

**Tabel 5.11** Perhitungan pemampatan pada lapisan bawah untuk pemasangan PVD sepanjang  $^{2/3}$  L selama 1 tahun pada area B

t (bulan)	$T_v$	$U_v$	Sc
1	0.019	0.157	0.085
2	0.039	0.222	0.121
3	0.058	0.272	0.148
4	0.078	0.314	0.171
5	0.097	0.351	0.191
6	0.116	0.385	0.209
7	0.136	0.416	0.226
8	0.155	0.444	0.241
9	0.175	0.471	0.256
10	0.194	0.497	0.270
11	0.213	0.521	0.283
12	0.233	0.544	0.296

Sumber : Hasil Analisa

Berdasarkan **Tabel 5.11** dapat dilihat bahwa pemampatan yang terjadi di lapisan bawah dalam kurun waktu 1 tahun yaitu sebesar 0,296 m. Sehingga sisa pemampatan yang terjadi setelah 1 tahun adalah  $S_c \text{ sisa} = 0,543 - 0,296 = 0,247 \text{ m}$ . Selanjutnya diperlukan perhitungan pemampatan yang terjadi pada lapisan bawah tiap tahun hingga umur rencana CY ditunjukkan pada **Tabel 5.12**

**Tabel 5.12** Perhitungan kecepatan pemampatan pada lapisan bawah untuk pemasangan PVD sepanjang  $\frac{2}{3} L$  tiap tahun selama umur rencana pada area B

<b>t</b>	<b>Tv</b>	<b>Uv</b>
<b>(tahun)</b>		
1	0.233	0.544
2	0.465	0.770
3	0.698	0.943
4	0.931	1.000
5	1.164	1.000
6	1.396	1.000
7	1.629	1.000
8	1.862	1.000
9	2.095	1.000
10	2.327	1.000

Sumber : Hasil Analisa

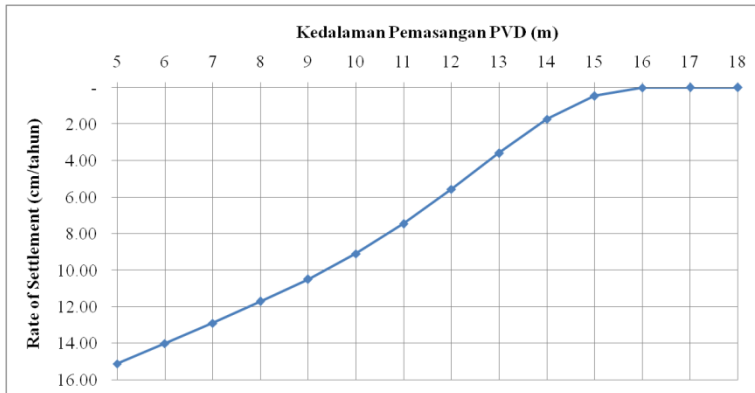
Maka rata-rata pemampatan yang terjadi setiap tahunnya selama 5 tahun sebagai waktu pengecekan konstruksi yaitu :

$$S_{c \text{ 5 tahun}} = S_{c \text{ sisa}} \times U_{5 \text{ tahun}} = 0,247 \times 100\% = 0,247 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Rate of Settlement}_{5 \text{ tahun}} &= 0,247 \times 100 \div 5 \\ &= 4,95 \text{ cm/tahun} \end{aligned}$$

Lanjutan dari perhitungan *rate of settlement* untuk area B ditunjukkan pada **Gambar 5.4**. Dari grafik tersebut diperoleh hasil bahwa pemasangan PVD yang digunakan yaitu dengan

kedalaman 15 m, mendapatkan *rate of settlement* untuk kedalaman tersebut adalah sebesar 0,444 cm/tahun. Untuk area lain dapat dilihat di **Lampiran 3**.



**Gambar 5.4** Grafik hubungan kedalaman pemasangan PVD dengan *rate of settlement* untuk area B

Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 5.13** Rekapitulasi PVD yang digunakan dan *Rate of settlement* tiap area

Area	Panjang PVD	Jarak PVD	Waktu $U \approx 90\%$	RoS cm/thn	Keterangan
A	5 m	1 m	9 minggu	0,457	PVD yang masuk ke dalam tanah lunak sebesar 1m saja, sedangkan 4 m berada di dalam tanah pasir. Metode ini dipilih karena <i>Rate of settlement</i> yang terjadi < 1,5

					cm/tahun ( <i>Rate of settlement</i> ijin)
B	15 m	1 m	15 minggu	0,444	PVD yang dipasang > 2/3 L dikarenakan <i>Rate of settlement</i> yang terjadi < 1,5 cm/tahun ( <i>Rate of settlement</i> ijin)
C	-	-	-	-	Tidak perlu pemasangan PVD karena $t < 1$ tahun
D	-	-	-	-	Tidak perlu menggunakan PVD, tetapi dilakukan penggalian sedalam 2 meter

Sumber : Hasil Analisa

#### 5.4 Perencanaan *Prefabricated Horizontal Drain* (PHD)

*Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) berfungsi untuk mengalirkan air dari PVD ke saluran drainase. Pada perencanaan ini ditujukan untuk menghitung faktor keamanan dari pengaliran air yang terjadi sesuai dengan spesifikasi PHD yang digunakan. Berikut adalah contoh perhitungan PHD pada area B :

- Dimensi PVD
  - Jarak PVD (S) = 2,00 m
  - D = 1,13 x S
  - = 1,13 x 2,00
  - = 2,26 m

- Koreksi Debit Air Vertikal per 1 m<sup>2</sup> Tanah
  - $S_c (U = 90\%) = 3,7 \text{ m}$
  - $t (U = 90\%) = 15 \text{ minggu}$
  - $\text{Debit } (U = 90\%) = \frac{3,7 \times 1}{60 \times 60 \times 24 \times 7 \times 15} = 4,08 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik/m}^2$
  - $\text{Area Ekuivalen } (A_e) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 2,26^2 = 4,01 \text{ m}^2$
  - $\text{Jumlah PVD} = 10 \text{ titik}$
  - $\text{Debit}_{U=90\%} = \text{Debit } (U = 90\%) \times A_e \times n = 4,08 \times 10^{-7} \times 4,01 \times 10 = 1,636 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Faktor Keamanan
  - $= \frac{\text{Discharge Capacity}}{\text{Debit}_{U=90\%}} = \frac{4,08 \times 10^{-5}}{1,636 \times 10^{-5}} = 1,47 > 1,3 \text{ (Aman)}$

Dari hasil perhitungan di atas, maka pemasangan PHD dengan spesifikasi yang direncanakan dengan perbandingan 1 PHD : 10 PVD dapat digunakan karena  $SF > 1,3$ .

## 5.5 Penimbunan Bertahap

Pelaksanaan penimbunan di lapangan dilakukan secara bertahap dengan menggunakan asumsi kecepatan penimbunan setinggi 60 cm/minggu. Dengan tinggi timbunan awal ( $H_{\text{inisial}}$ ) yang didapat dari perhitungan pada sub bab 6.1.2, maka jumlah tahapan penimbunan untuk area B adalah sebagai berikut :

$$H_{\text{inisial}} = 10,1 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah tahapan} = 10,1 / 100 / 0,6 = 16,836 \approx 17 \text{ tahapan}$$

Sehingga jumlah pentahapan untuk area B adalah sebanyak 17 tahapan untuk mendapatkan  $H_{\text{inisial}}$  setinggi 10,1m. Sedangkan penimbunan bertahap untuk area lain ditunjukkan pada **Tabel 5.14**.



**Tabel 5.14** Rekapitulasi penimbunan bertahap

Area	H <sub>inisial</sub>	Jumlah tahapan
A	5,7 m	9 tahapan
B	10,1 m	15 tahapan
C	6,4 m	10 tahapan
D	7,4 m	12 tahapan

Sumber : Hasil Analisa

Penimbunan bertahap mengakibatkan pemampatan pada tanah dasar untuk setiap tahapnya. Karena kondisi tanah merupakan *normally consolidated* maka perhitungan pemampatan menggunakan Persamaan (2.18) karena memiliki nilai  $\sigma_{c\leq} (\sigma_o + \Delta\sigma_{n-1}) \leq (\sigma_o + \Delta\sigma_n)$ . Berikut perhitungan pemampatan untuk lapisan pertama di bawah timbunan akibat beban bertahap tahapan ketiga sebesar 180 cm atau 3,24 t/m<sup>2</sup> pada area B.

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{H}{1 + e_o} \left[ C_c \log \left( \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma_n}{\sigma'_o + \Delta\sigma_{n-1}} \right) \right] \\
 &= \frac{1}{1 + 1,49} \left\{ \left[ 0,78 \log \left( \frac{0,335 + 1,08 + 1,08 + 1,08}{0,335 + 1,08 + 1,08} \right) \right] \right\} \\
 &= 0,0359 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan perhitungan pada semua lapisan, sehingga akan didapatkan  $S_{c \text{ total}}$  untuk tahapan ketiga sebesar 0,3768 m.

Setelah mendapatkan besar pemampatan pada semua tahapan, selanjutnya dilakukan perhitungan derajat konsolidasi per minggu dari perhitungan PVD dikalikan dengan besar pemampatan sesuai umur timbunan. Berikut contoh perhitungan pemampatan pada minggu ke-3. Pada minggu ke-3, umur timbunan tahapan 1 adalah 3 minggu, timbunan tahapan 2 adalah 2 minggu, dan timbunan tahap 3 adalah 1 minggu, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 S_{c \text{ minggu } 3} &= (S_{c \text{ tahap } 1} \times U_3) + (S_{c \text{ tahap } 2} \times U_2) + (S_{c \text{ tahap } 3} \times U_1) \\
 &= (0,72 \times 0,415) + (0,47 \times 0,313) + (0,38 \times 0,187) \\
 &= 0,518 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan selengkapnya ditunjukkan pada **Tabel 5.15** dan didapatkan gambar grafik hubungan antara waktu atau tahapan

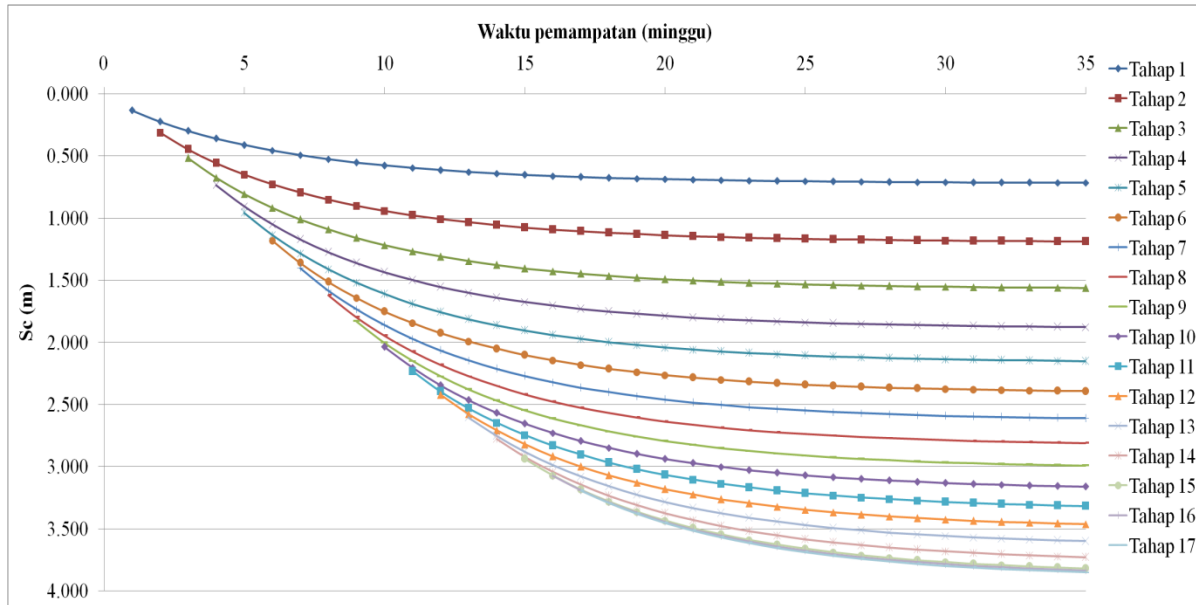
penimbunan dengan pemampatan yang ditunjukkan pada **Gambar 5.5**. Sedangkan untuk perhitungan pada area lain dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mencapai pemampatan sebesar  $U = 90\%$  yaitu  $S_c = 3,5$  m pada timbunan bertahap dengan pemasangan PVD pola segiempat jarak 2 m adalah 21 minggu. Dengan begitu diperlukan penundaan selama 4 minggu sebelum  $H_{\text{surcharge}}$  dibongkar. **Tabel 5.16** menunjukkan rekapitulasi besar dan waktu pemampatan yang terjadi untuk semua area, sedangkan untuk perhitungan lebih lanjutnya dapat dilihat di **Lampiran 3**.

**Tabel 5.16** Rekapitulasi besar dan waktu pemampatan

Area	$S_c$ saat $U = 90\%$	Waktu penimbunan	Waktu pemampatan dengan $U = 90\%$	Waktu penundaan sebelum dibongkar
A	0,5 m	9 minggu	20 minggu	11 minggu
B	3,5 m	17 minggu	21 minggu	4 minggu
C	1,5 m	11 minggu	11 minggu	0 minggu
D	0,7 m	12 minggu	23 minggu	11 minggu

Sumber : Hasil Analisa



**Gambar 5.5** Grafik hubungan antara tahapan penimbunan dan besar pemampatan untuk area B  
Sumber : Hasil Analisa

### 5.5.1 Penentuan Tinggi Timbunan Kritis

Tinggi penimbunan harus memperhatikan tinggi timbunan kritis ( $H_{cr}$ ). Tinggi timbunan kritis merupakan tinggi timbunan yang masih mampu dipikul oleh tanah dasar agar tidak terjadi kelongsoran pada timbunan. Dengan bantuan program Geo5, untuk area B dengan  $H_{inisial} = 10,1$  m diperoleh *safety factor* (SF) = 1,01 pada kondisi tanah sudah mengalami pemampatan akibat timbunan bertahap seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.6**. Kondisi tersebut juga terjadi pada semua area ketika tanah sudah mengalami pemampatan akibat timbunan bertahap, sehingga tidak diperlukan penundaan pada saat sedang melakukan penimbunan. **Tabel 5.17** menunjukkan rekapitulasi hasil perhitungan *safety factor* untuk semua area dengan penimbunan setinggi  $H_{inisial}$ . Hasil program Geo5 untuk area lain dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

**Tabel 5.17** Rekapitulasi hasil *safety factor* lereng kondisi  $H_{inisial}$

Area	Kondisi $H_{inisial}$		Keterangan
	<i>Internal Stability</i>	<i>Overall Stability</i>	
A	SF terendah 1,06	SF terendah 1,81	$H_{inisial} = H_{kritis}$
B	SF terendah 1,01	SF terendah 1,10	$H_{inisial} = H_{kritis}$
C	SF terendah 1,05	SF terendah 1,88	$H_{inisial} = H_{kritis}$
D	SF terendah 1,00	SF terendah 2,13	$H_{inisial} = H_{kritis}$

Sumber : Hasil Analisa

Dengan kondisi tanah mengalami pembebanan akibat penimbunan bertahap menyebabkan terjadi peningkatan nilai  $C_u$  dari tanah. Nilai tersebut juga mempengaruhi terhadap daya dukung tanah. Dari **Tabel 5.17** dapat disimpulkan bahwa tanah

dasar masih mampu menahan beban timbunan dengan metode penimbunan secara bertahap yang ditunjukkan dengan harga SF mendekati 1. Sehingga tidak perlu melakukan penundaan ketika melakukan penimbunan bertahap hingga kondisi  $H_{\text{inisial}}$ .

### 5.5.2 Perhitungan Peningkatan Parameter Tanah

Perhitungan peningkatan parameter tanah atau Cu perlu dilakukan untuk menentukan apakah tanah dasar mampu memikul beban timbunan pada tahapan selanjutnya. Berikut merupakan langkah perhitungan peningkatan parameter tanah untuk area B.

- Menghitung tegangan di tiap lapisan tanah untuk derajat konsolidasi (U) 100%

Perhitungan perubahan tegangan didapat dari :

$$\sigma_1' = \sigma_0' + \Delta\sigma_1$$

$$\sigma_2' = \sigma_1' + \Delta\sigma_2$$

Perhitungan perubahan tegangan tersebut dilakukan seterusnya hingga tinggi timbunan kritis. Harga  $\sigma_0'$ ,  $\sigma_1'$ ,  $\sigma_2'$  dan seterusnya berbeda-beda tiap kedalaman tanah. Hasil perhitungan perubahan tegangan akibat beban bertahap dari tahap 1 hingga tahap 17 dengan derajat konsolidasi 100% pada area B ditunjukkan pada **Tabel 5.18** dan **Tabel 5.19** menunjukkan untuk derajat konsolidasi <100%. Sedangkan untuk area lain dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

- Menghitung nilai Cu baru

Setelah menghitung penambahan tegangan untuk derajat konsolidasi < 100% yang dapat dilihat pada **Tabel 5.19**, maka nilai Cu baru dapat dihitung. Karena harga *Plasticity Index* untuk area B kurang dari 120%, maka Cu baru dihitung menggunakan Persamaan (2.26). Hasil Cu baru pada area B ditunjukkan pada **Tabel 5.20**. sedangkan untuk area lain dapat dilihat pada **Lampiran 3**.



**Gambar 5.6**  $H_{kritis}$  timbunan untuk area B  
Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 5.18** Tegangan efektif tanah akibat penimbunan bertahap pada area B untuk  $U = 100\%$ 

U = 100%																			
Depth	z	$\sigma'_0$	$\sigma'_1$	$\sigma'_2$	$\sigma'_3$	$\sigma'_4$	$\sigma'_5$	$\sigma'_6$	$\sigma'_7$	$\sigma'_8$	$\sigma'_9$	$\sigma'_{10}$	$\sigma'_{11}$	$\sigma'_{12}$	$\sigma'_{13}$	$\sigma'_{14}$	$\sigma'_{15}$	$\sigma'_{16}$	$\sigma'_{17}$
(m)	(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
1	0.5	0.34	1.42	2.50	3.58	4.66	5.74	6.82	7.90	8.98	10.06	11.14	12.22	13.30	14.38	15.46	16.54	17.27	17.94
2	1.5	1.01	2.09	3.17	4.25	5.33	6.41	7.49	8.57	9.65	10.73	11.81	12.89	13.97	15.05	16.13	17.20	17.57	17.89
3	2.5	1.68	2.76	3.84	4.92	6.00	7.08	8.16	9.24	10.32	11.40	12.48	13.56	14.64	15.72	16.80	17.85	18.09	18.29
4	3.5	2.35	3.43	4.51	5.59	6.67	7.75	8.83	9.91	10.99	12.07	13.15	14.23	15.31	16.39	17.47	18.49	18.66	18.81
5	4.5	3.03	4.11	5.19	6.27	7.35	8.43	9.51	10.59	11.67	12.75	13.83	14.91	15.99	17.07	18.15	19.12	19.26	19.37
6	5.5	3.71	4.79	5.87	6.95	8.03	9.11	10.19	11.27	12.35	13.43	14.51	15.59	16.67	17.75	18.83	19.75	19.86	19.95
7	6.5	4.39	5.47	6.55	7.63	8.71	9.79	10.87	11.95	13.03	14.11	15.19	16.27	17.35	18.43	19.51	20.37	20.46	20.54
8	7.5	5.07	6.15	7.23	8.31	9.39	10.47	11.55	12.63	13.71	14.79	15.87	16.95	18.02	19.10	20.18	20.99	21.07	21.14
9	8.5	5.76	6.83	7.91	8.99	10.07	11.15	12.23	13.31	14.39	15.47	16.55	17.63	18.71	19.79	20.87	21.62	21.69	21.75
10	9.5	6.45	7.52	8.60	9.68	10.76	11.84	12.92	14.00	15.08	16.16	17.24	18.31	19.39	20.47	21.55	22.26	22.32	22.38
11	10.5	7.14	8.21	9.29	10.37	11.45	12.53	13.61	14.69	15.77	16.84	17.92	19.00	20.08	21.16	22.24	22.90	22.96	23.01
12	11.5	7.83	8.90	9.98	11.06	12.14	13.22	14.30	15.37	16.45	17.53	18.61	19.69	20.76	21.84	22.92	23.54	23.59	23.64
13	12.5	8.51	9.59	10.67	11.75	12.83	13.91	14.98	16.06	17.14	18.22	19.29	20.37	21.45	22.53	23.60	24.19	24.24	24.28
14	13.5	9.20	10.28	11.36	12.44	13.52	14.59	15.67	16.75	17.82	18.90	19.98	21.06	22.13	23.21	24.29	24.84	24.88	24.92
15	14.5	9.91	10.98	12.06	13.14	14.21	15.29	16.37	17.44	18.52	19.60	20.67	21.75	22.83	23.90	24.98	25.50	25.54	25.58
16	15.5	10.62	11.69	12.77	13.85	14.92	16.00	17.07	18.15	19.23	20.30	21.38	22.45	23.53	24.60	25.68	26.17	26.21	26.24
17	16.5	11.33	12.40	13.48	14.55	15.63	16.71	17.78	18.86	19.93	21.01	22.08	23.16	24.23	25.30	26.38	26.84	26.88	26.91
18	17.5	12.04	13.11	14.19	15.26	16.34	17.41	18.49	19.56	20.64	21.71	22.78	23.86	24.93	26.00	27.07	27.52	27.56	27.58

Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 5.19** Tegangan efektif tanah akibat penimbunan bertahap pada area B untuk  $U < 100\%$ 

Minggu		U < 100%																	
U		92.6%	91.4%	90.1%	88.5%	86.7%	84.6%	82.1%	79.3%	75.9%	72.1%	67.6%	62.3%	56.2%	49.0%	40.5%	30.3%	18.0%	
Depth	z	$\sigma'_0$	$\sigma'_1$	$\sigma'_2$	$\sigma'_3$	$\sigma'_4$	$\sigma'_5$	$\sigma'_6$	$\sigma'_7$	$\sigma'_8$	$\sigma'_9$	$\sigma'_{10}$	$\sigma'_{11}$	$\sigma'_{12}$	$\sigma'_{13}$	$\sigma'_{14}$	$\sigma'_{15}$	$\sigma'_{16}$	$\sigma'_{17}$
(m)	(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
1	0.5	0.34	1.27	2.38	3.45	4.52	5.58	6.64	7.69	8.74	9.78	10.82	11.85	12.88	13.89	14.89	15.88	16.75	17.39
2	1.5	1.01	1.98	3.05	4.12	5.19	6.25	7.31	8.36	9.41	10.46	11.49	12.53	13.55	14.56	15.57	16.55	17.31	17.63
3	2.5	1.68	2.66	3.73	4.80	5.86	6.92	7.98	9.03	10.08	11.13	12.17	13.20	14.22	15.23	16.24	17.22	17.92	18.12
4	3.5	2.35	3.34	4.41	5.47	6.54	7.60	8.66	9.71	10.76	11.80	12.84	13.87	14.90	15.91	16.91	17.88	18.54	18.69
5	4.5	3.03	4.02	5.09	6.16	7.22	8.28	9.34	10.39	11.44	12.48	13.52	14.55	15.58	16.59	17.59	18.54	19.16	19.28
6	5.5	3.71	4.70	5.77	6.84	7.90	8.96	10.02	11.07	12.12	13.16	14.20	15.23	16.25	17.27	18.27	19.19	19.78	19.87
7	6.5	4.39	5.38	6.45	7.52	8.58	9.64	10.70	11.75	12.80	13.84	14.88	15.91	16.93	17.95	18.95	19.85	20.40	20.48
8	7.5	5.07	6.06	7.13	8.20	9.26	10.32	11.37	12.43	13.48	14.52	15.56	16.59	17.61	18.62	19.63	20.51	21.01	21.08
9	8.5	5.76	6.75	7.82	8.88	9.94	11.00	12.06	13.11	14.16	15.20	16.24	17.27	18.29	19.31	20.31	21.17	21.64	21.70
10	9.5	6.45	7.44	8.51	9.57	10.63	11.69	12.75	13.80	14.85	15.89	16.93	17.96	18.98	19.99	20.99	21.83	22.28	22.33
11	10.5	7.14	8.13	9.20	10.26	11.32	12.38	13.44	14.49	15.54	16.58	17.62	18.64	19.67	20.68	21.68	22.50	22.92	22.97
12	11.5	7.83	8.82	9.88	10.95	12.01	13.07	14.12	15.18	16.22	17.27	18.30	19.33	20.35	21.36	22.36	23.17	23.56	23.60
13	12.5	8.51	9.51	10.57	11.64	12.70	13.76	14.81	15.86	16.91	17.95	18.99	20.02	21.04	22.05	23.05	23.84	24.20	24.24
14	13.5	9.20	10.20	11.26	12.33	13.39	14.44	15.50	16.55	17.60	18.64	19.67	20.70	21.72	22.73	23.73	24.51	24.85	24.89
15	14.5	9.91	10.90	11.96	13.03	14.09	15.14	16.20	17.25	18.29	19.33	20.37	21.39	22.41	23.42	24.42	25.19	25.51	25.55
16	15.5	10.62	11.61	12.67	13.73	14.79	15.85	16.90	17.95	19.00	20.04	21.07	22.10	23.12	24.13	25.12	25.88	26.18	26.22
17	16.5	11.33	12.32	13.38	14.44	15.50	16.56	17.61	18.66	19.70	20.74	21.78	22.80	23.82	24.83	25.82	26.57	26.86	26.89
18	17.5	12.04	13.03	14.09	15.15	16.21	17.27	18.32	19.36	20.41	21.45	22.48	23.50	24.52	25.53	26.52	27.25	27.53	27.56

Sumber : Hasil Analisa



**Tabel 5.20** Perubahan nilai Cu akibat penimbunan bertahap pada area B

Depth (m)	PI	$\sigma'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Cu Baru (Kg/cm <sup>3</sup> )	Cu Baru (kPa)	Cu Lama (kPa)	Cu Pakai (kPa)	Cu Transisi (kPa)
1	32.44%	1.739	0.4030	39.53	13.73	39.53	26.63
2	32.44%	1.763	0.4076	39.98	13.73	39.98	26.86
3	32.44%	1.812	0.4169	40.90	13.73	40.90	27.32
4	33.80%	1.869	0.4276	41.95	13.73	41.95	27.84
5	33.80%	1.928	0.4387	43.04	13.73	43.04	28.39
6	33.80%	1.987	0.4500	44.15	13.73	44.15	28.94
7	33.80%	2.048	0.4614	45.27	13.73	45.27	29.50
8	33.80%	2.108	0.4730	46.40	13.73	46.40	30.07
9	32.80%	2.170	0.4847	47.55	13.73	47.55	30.64
10	32.80%	2.233	0.4966	48.72	13.73	48.72	31.23
11	32.80%	2.297	0.5086	49.89	18.52	49.89	34.21
12	32.80%	2.360	0.5207	51.08	23.05	51.08	37.07
13	30.76%	2.424	0.5329	52.28	23.05	52.28	37.67
14	30.76%	2.489	0.5451	53.48	23.05	53.48	38.26
15	35.26%	2.555	0.5574	54.68	35.70	54.68	45.19
16	35.26%	2.622	0.5701	55.92	35.70	55.92	45.81
17	35.26%	2.689	0.5828	57.17	35.70	57.17	46.43
18	35.26%	2.756	0.5955	58.42	35.70	58.42	47.06

Sumber : Hasil Analisa

## 5.6 Perencanaan Lereng Timbunan

Perencanaan lereng timbunan perlu diperhitungkan untuk mengetahui kondisi kestabilan dari lereng tersebut. Kestabilan lereng dibagi menjadi dua yaitu *internal stability*; kestabilan lereng berdasarkan material penyusun timbunan, dan *overall stability*; kestabilan lereng ditinjau berdasarkan material penyusun timbunan dan tanah dasar. Pada **Tabel 5.21** menunjukkan rekapitulasi hasil perencanaan lereng timbunan untuk semua area. Sedangkan untuk data faktor keamanan dari kestabilan lereng dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

**Tabel 5.21** Rekapitulasi hasil perencanaan lereng timbunan

Area	Kondisi $H_{final}$		Keterangan
	<i>Internal Stability</i>	<i>Overall Stability</i>	
A	SF terendah 1,05	SF terendah 2,00	Tidak perlu perkuatan
B	SF terendah 1,05	SF terendah 4,31	Tidak perlu perkuatan
C	SF terendah 1,06	SF terendah 28,32	Tidak perlu perkuatan
D	SF terendah 1,01	SF terendah 2,15	Tidak perlu perkuatan

Sumber : Hasil Analisa

Dari **Tabel 5.21** dapat disimpulkan bahwa semua lereng timbunan tidak memerlukan perkuatan karena kemiringan lereng mampu meminimalisir kelongsoran dari material penyusunnya. Namun lereng timbunan tersebut tetap memerlukan tanggul yang terbuat dari bronjong untuk menahan fluktuasi muka air laut.

### 5.7 Perencanaan Pondasi Automatic Stacking Crane

Perencanaan pondasi untuk *Automatic Stacking Crane* (ASC) dimaksudkan agar tidak terjadi kelongsoran bahkan *colapse* akibat tanah dasar tidak mampu menahan beban pada saat operasional. Beban yang dimaksud yaitu ketika *container* diangkat dari RTG Crane untuk ditumpuk pada CY.

Pondasi ini nantinya akan berada sejajar dengan tinggi timbunan akhir. Sehingga pelaksanaannya menunggu kondisi *final* dari timbunan tersebut. Pondasi yang digunakan yaitu pondasi tiang dengan poer sepanjang rel. Pembagian beban untuk pondasi dibagi menurut lebar dari ASC yaitu 9,3 m.

### 5.7.1 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Berdasarkan Spesifikasi Material

Tiang pancang yang digunakan pada Tugas Akhir ini telah dijelaskan spesifikasinya pada subbab 4.3.4 dengan daya dukung aksial ijin sebesar 242 ton.

### 5.7.2 Pehitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pancang menggunakan data SPT (*Standard Penetration Test*). Berikut merupakan contoh perhitungan untuk Area B, sedangkan untuk perhitungan pada area lain dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

- a. Koreksi terhadap muka air tanah ( $N_1$ )

Koreksi N-SPT terhadap muka air tanah dilakukan apabila tanah berupa pasir. Karena tanah di Area B merupakan tanah lempung sehingga tidak ada koreksi. Jadi  $N_1 = N$

- b. Koreksi terhadap *Overburden Pressure* ( $N_2$ )

Hasil dari Koreksi  $N_1$  dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal efektif atau *overburden pressure* berdasarkan Persamaan (2.8). Dengan syarat harga  $N_2$  harus  $\leq 2 N_1$ , bila dari koreksi didapat  $N_2 > 2 N_1$ , maka  $N_2 = 2 N_1$ . Berikut perhitungan  $N_2$  untuk kedalaman 1 m, 5 m, 10 m, dan 15 m area B. Sedangkan perhitungan untuk seluruh kedalaman ditunjukkan pada **Tabel 5.22**

- Kedalaman 1 m

$$N = 0$$

$$N_1 = 0$$

$$\sigma'_o = 0,335 \text{ t/m}^2 < 7,5 \text{ t/m}^2$$

$$N_2 = \frac{4 \times N_1}{1 + 0,4 \times \sigma'_o} = \frac{4 \times 0}{1 + 0,4 \times 0,335} = 0 < 2N_1$$

$$N_{\text{pakai}} = N_2 = 0$$

- Kedalaman 5 m

$$N = 1,5$$

$$N_1 = 1,5$$

$$\sigma'_o = 3,023 \text{ t/m}^2 < 7,5 \text{ t/m}^2$$

$$N_2 = \frac{4 \times N_1}{1 + 0,4 \times \sigma'_{o}} = \frac{4 \times 1,5}{1 + 0,4 \times 3,023}$$

$$= 2,716 < 2N_1$$

$$N_{\text{pakai}} = N_2 = 2,716$$

- Kedalaman 10 m

$$N = 3$$

$$N_1 = 3$$

$$\sigma'_{o} = 6,426 \text{ t/m}^2 < 7,5 \text{ t/m}^2$$

$$N_2 = \frac{4 \times N_1}{1 + 0,4 \times \sigma'_{o}} = \frac{4 \times 3}{1 + 0,4 \times 6,426}$$

$$= 3,361 < 2N_1$$

$$N_{\text{pakai}} = N_2 = 3,361$$

- Kedalaman 15 m

$$N = 5,5$$

$$N_1 = 5,5$$

$$\sigma'_{o} = 9,883 \text{ t/m}^2 > 7,5 \text{ t/m}^2$$

$$N_2 = \frac{4 \times N_1}{3,25 + 0,1 \times \sigma'_{o}} = \frac{4 \times 5,5}{3,25 + 0,1 \times 9,883}$$

$$= 5,191 < 2N_1$$

$$N_{\text{pakai}} = N_2 = 5,191$$

- c. Daya dukung ujung tiang pancang ( $Q_{\text{ujung}}$ )

Daya dukung ujung tiang merupakan kapasitas tanah menahan ujung dari tiang pancang. Kapasitas tersebut merupakan hasil perkalian dari harga rata-rata N-SPT terkoreksi dari 4D di bawah ujung sampai dengan 8D di atas ujung tiang ( $C_{n \text{ ujung}}$ ) dengan luas ujung tiang pancang ( $A_{\text{ujung}}$ ) berdasarkan Persamaan (2.28). Perencanaan ini menggunakan diameter 60 cm, sehingga perhitungan harga rata-rata N-SPT merupakan hasil N-SPT dari kedalaman 3 m di atas ujung sampai 3 m di bawah ujung. Berikut perhitungan daya dukung ujung tiang pancang untuk kedalaman 5 m area B. Sedangkan perhitungan untuk seluruh kedalaman ditunjukkan pada **Tabel 5.22**

- Kedalaman 5 m
 

N kedalaman 2 dan 3	= 1,0
N kedalaman 4	= 2,0
N kedalaman 5	= 2,7
N kedalaman 6	= 2,4
N kedalaman 7	= 2,2
N kedalaman 8	= 2,6

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=3D \text{ di atas}}^{n=3D \text{ di bawah}} N_i}{7}$$

$$= \frac{1 + 1 + 2 + 2,7 + 2,4 + 2,2 + 2,6}{7}$$

$$= 1,99$$

$$C_{\text{ujung}} = 40 \bar{N} = 40 \times 1,99 = 79,76 \text{ t/m}^2$$

$$A_{\text{ujung}} = 1/4 \times \pi \times D^2 = 1/4 \times \pi \times 0,6^2 \text{ m}^2$$

$$= 0,283 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{ujung}} = C_{\text{ujung}} \times A_{\text{ujung}} = 79,76 \times 0,283$$

$$= 15,66 \text{ ton}$$

d. Daya dukung selimut tiang pancang ( $Q_{\text{selimut}}$ )

Daya dukung selimut tiang merupakan kapasitas tanah disekitar tiang pancang untuk mampu menahan gesekan antara tanah dan tiang pancang. Kapasitas tersebut merupakan hasil perkalian dari hambatan geser ( $f_{si}$ ) dan luas selimut tiap segmen ( $A_{si}$ ) berdasarkan Persamaan (2.28). Berikut perhitungan daya dukung selimut tiang pancang untuk kedalaman 5 m area B. Sedangkan perhitungan untuk seluruh kedalaman ditunjukkan pada

**Tabel 5.19**

- Kedalaman 5 m
 

$f_{si}$	= $N/2$ (tanah lempung) = $2,716/2 = 1,36$
$P_{\text{tiang}}$	= $\pi \times D = \pi \times 0,6 \text{ m} = 1,88 \text{ m}$
$R_{si}$	= $f_{si} \times A_{si} = f_{si} \times P_{\text{tiang}} \times I$
	= $1,36 \times 1,88 \times 0,5$
	= 1,28 ton
$Q_{\text{selimut}}$	= $\Sigma R_{si}$
	= 3,16 ton

e. Daya dukung ijin tiang pancang ( $Q_{ijin}$ )

Daya dukung ijin tiang pancang merupakan penjumlahan antara daya dukung ujung dibagi dengan faktor keamanan dengan daya dukung selimut dibagi dengan faktor keamanan berdasarkan Persamaan (2.28). Berikut perhitungan daya dukung ijin tiang pancang untuk kedalaman 5 m area B. Sedangkan perhitungan untuk seluruh kedalaman ditunjukkan pada **Tabel 5.22**

- Kedalaman 5 m

$$Q_{ujung} = 15,66 \text{ ton}$$

$$Q_{selimut} = 3,16 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} Q_{ijin} &= \frac{Q_{ujung}}{SF_1} + \frac{Q_{selimut}}{SF_2} \\ &= \frac{15,66}{3} + \frac{3,16}{5} \\ &= 5,85 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 5.22 Perhitungan daya dukung tiang pancang area B

Depth (m)	N-SPT	ysat (t/m3)	σ'o (t/m2)	Koreksi N-SPT terhadap			N rata- rata	Cn Ujung t/m2	Q ujung ton	fsi t/m2	Rsi ton	Q selimut ton	Q tjin t/m2
				MAT		Overburden N2 Pakai							
				N1 Pakai	N2								
1	0.00	1.671	0.335	0.00	0.00	0.00	1.00	40.00	7.85	0.00	0.00	0.00	2.62
2	0.50	1.671	1.006	0.50	1.43	1.00	1.34	53.73	10.55	0.50	0.47	0.47	3.61
3	0.50	1.671	1.677	0.50	1.20	1.00	1.52	60.89	11.96	0.50	0.47	0.94	4.17
4	1.00	1.671	2.348	1.00	2.06	2.00	1.62	64.65	12.69	1.00	0.94	1.88	4.61
5	1.50	1.680	3.023	1.50	2.72	2.72	1.99	79.76	15.66	1.36	1.28	3.16	5.85
6	1.50	1.680	3.703	1.50	2.42	2.42	2.20	87.91	17.26	1.21	1.14	4.30	6.61
7	1.50	1.680	4.383	1.50	2.18	2.18	2.54	101.40	19.91	1.09	1.03	5.33	7.70
8	2.00	1.680	5.062	2.00	2.64	2.64	2.77	110.77	21.75	1.32	1.25	6.58	8.57
9	2.00	1.680	5.742	2.00	2.43	2.43	3.09	123.61	24.27	1.21	1.14	7.72	9.63
10	3.00	1.690	6.426	3.00	3.36	3.36	3.51	140.46	27.58	1.68	1.58	9.30	11.05
11	3.50	1.690	7.116	3.50	3.64	3.64	3.95	158.16	31.05	1.82	1.72	11.02	12.56
12	5.00	1.690	7.806	5.00	4.96	4.96	4.32	172.70	33.91	2.48	2.34	13.36	13.98
13	5.50	1.693	8.497	5.50	5.37	5.37	4.77	190.67	37.44	2.68	2.53	15.89	15.66
14	5.50	1.693	9.190	5.50	5.28	5.28	5.20	208.00	40.84	2.64	2.49	18.37	17.29
15	5.50	1.693	9.883	5.50	5.19	5.19	5.71	228.28	44.82	2.60	2.45	20.82	19.11
16	6.00	1.711	10.585	6.00	5.57	5.57	6.14	245.42	48.19	2.79	2.63	23.45	20.75
17	7.00	1.711	11.295	7.00	6.39	6.39	7.45	298.11	58.53	3.20	3.01	26.46	24.80
18	8.00	1.711	12.006	8.00	7.19	7.19	9.15	365.91	71.85	3.59	3.39	29.85	29.92
19	9.00	1.711	12.717	9.00	7.96	7.96	10.94	437.49	85.90	3.98	3.75	33.60	35.35
20	16.75	1.725	13.435	16.75	14.59	14.59	12.75	510.09	100.16	7.29	6.87	40.47	41.48
21	20.00	1.742	14.168	20.00	17.14	17.14	14.26	570.56	112.03	8.57	8.08	48.55	47.05
22	21.00	1.742	14.911	21.00	17.72	17.72	15.48	619.26	121.59	8.86	8.35	56.90	51.91
23	22.00	1.742	15.653	22.00	18.28	18.28	16.47	658.85	129.37	9.14	8.61	65.51	56.22
24	20.75	1.742	16.395	20.75	16.98	16.98	16.40	656.03	128.81	8.49	8.00	73.51	57.64
25	19.50	1.742	17.137	19.50	15.71	15.71	15.88	635.26	124.73	7.86	7.41	80.91	57.76
26	18.75	1.725	17.871	18.75	14.89	14.89	15.20	607.97	119.37	7.44	7.02	87.93	57.38
27	18.00	1.725	18.596	18.00	14.09	14.09	14.33	573.26	112.56	7.05	6.64	94.57	56.43
28	17.50	1.725	19.321	17.50	13.51	13.51	13.55	541.88	106.40	6.75	6.37	100.94	55.65
29	17.00	1.725	20.045	17.00	12.94	12.94	13.03	521.01	102.30	6.47	6.10	107.04	55.51
30	16.25	1.725	20.770	16.25	12.20	12.20	12.70	508.07	99.76	6.10	5.75	112.79	55.81
31	15.50	1.725	21.495	15.50	11.48	11.48	12.60	503.85	98.93	5.74	5.41	118.20	56.62
32	16.50	1.725	22.220	16.50	12.06	12.06	12.67	506.99	99.55	6.03	5.68	123.88	57.96
33	17.50	1.725	22.944	17.50	12.63	12.63	12.88	515.32	101.18	6.31	5.95	129.83	59.69
34	18.75	1.725	23.669	18.75	13.35	13.35	13.24	529.76	104.02	6.68	6.29	136.12	61.90
35	20.00	1.742	24.403	20.00	14.06	14.06	13.75	550.16	108.02	7.03	6.63	142.75	64.56
36	20.75	1.742	25.145	20.75	14.40	14.40	14.23	569.04	111.73	7.20	6.79	149.53	67.15
37	21.50	1.742	25.887	21.50	14.73	14.73	14.66	586.46	115.15	7.36	6.94	156.47	69.68
38	22.25	1.742	26.630	22.25	15.05	15.05	15.04	601.43	118.09	7.53	7.09	163.57	72.08
39	23.00	1.742	27.372	23.00	15.37	15.37	15.20	607.94	119.37	7.68	7.24	170.81	73.95
40	23.75	1.742	28.114	23.75	15.67	15.67	15.36	614.34	120.63	7.84	7.39	178.19	75.85
41	24.50	1.742	28.856	24.50	15.97	15.97	15.52	620.63	121.86	7.99	7.53	185.72	77.76

Sumber : Hasil Analisa

### 5.7.3 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang

Jumlah tiang pancang yang diperlukan dihitung dari pembagian antara gaya aksial yang terjadi dengan daya dukung tiang. Berikut merupakan contoh perhitungan untuk area B dengan panjang tiang 30 m. Sedangkan perhitungan untuk area lainnya dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

- Gaya aksial,  $P_n = 110,4$  ton
- Berat poer,  $W_p = B \times h_{poer} \times L_{crane} \times B_{beton}$   
 $= 1,5 \times 1 \times 9,3 \times 2,4$   
 $= 33,48$  ton
- Total beban,  $\Sigma V = P_n + W_p = 110,4 + 33,48 = 143,88$  ton
- $Q_{ijin\ depth\ 30\ m} = 57,96$  ton
- Jumlah tiang,  $n = \Sigma V / Q_{ijin} = 143,88 / 57,96$   
 $= 2,187 \approx 3$  buah tiang

### 5.7.4 Perhitungan Efisiensi dan Daya Dukung Tiang Pancang dalam Kelompok

Efisiensi Tiang Pancang dapat dihitung berdasarkan beberapa rumusan yaitu persamaan (2.30), (2.31), (2.32) dan (2.33). Sedangkan untuk perhitungan dapat menggunakan nilai yang paling kecil dari ketiga rumusan tersebut. Contoh perhitungan efisiensi tiang untuk diameter 0,6 m dengan konfigurasi 1 x 3 dan jarak antar tiang  $S = 2,5D$  ditunjukkan pada **Tabel 5.23**

**Tabel 5.23** Rekapitulasi efisiensi tiang pancang D60 dengan konfigurasi 1 x 3

Rumus yang digunakan	Hasil
<i>Converse-Labarre</i>	0,838
<i>Los Angeles</i>	0,915
Sederhana	1,485
<i>Seiler-Keeney</i>	0,852

Sumber : Hasil Analisa

Sehingga dapat disimpulkan bahwa perhitungan selanjutnya menggunakan persamaan *Converse-Labarre* dengan



nilai efisiensi sebesar 0,838. Berikut contoh perhitungan daya dukung tiang dalam kelompok pada area B.

- $Q_{ijin\ depth\ 24\ m} = 57,96\ ton$
- Efisiensi,  $E_g = 0,838\ ton$
- Jumlah tiang,  $n = 3\ buah$
- Gaya ultimit,  $P_u = Q_{ijin} \times E_g \times n = 57,96 \times 0,838 \times 3$   
 $= 145,7967\ ton > 143,88\ ton$   
 (Aman)

Dari perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa pada area B pondasi tiang pancang yang digunakan sebanyak 3 buah tiang tiap lebar crane sebesar 9,3 m dengan kedalaman tiang pancang 30 m. Rekapitulasi tiang pancang untuk semua area ditunjukkan pada **Tabel 5.24**, sedangkan untuk perhitungan lebih lanjut dan hasil pada area lain dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

**Tabel 5.24** Rekapitulasi perhitungan tiang pancang

Area	Panjang tiang (m)	Jarak antar tiang	Jumlah tiang	Konfigurasi m x n	$P_u$ , (ton)
A	15	2,5D	3	1 x 3	145,7967
B	30	2,5D	3	1 x 3	169,4697
C	15	2,5D	3	1 x 3	168,9477

Sumber : Hasil Analisa

### 5.7.5 Perhitungan Gaya Horizontal Tiang Pancang

Gaya horizontal yang terjadi pada tiang pancang ditahan oleh tiang pancang yang miring. Dengan adanya tiang pancang miring tersebut, akan meminimalisir kerusakan di sumbu horizontalnya, karena beban tidak ditumpukan ke tiang pancang tegak saja. Gaya horizontal yang terjadi adalah sebesar 50 ton. Berikut contoh perhitungan gaya horizontal pada tiang pancang miring :

- $F = 50\ ton$
- $P_h = F \times L = 50 \times 9,3 = 465\ ton.m$
- $\alpha = 10^\circ$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Gaya resultan, } P_u &= \frac{F}{\sin(\alpha)} \times SF = \frac{465}{\sin(10)} \times 1.2 \\ &= 566,61 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan daya dukung tiang horizontal dan kebutuhan gaya resultan, maka direncanakan tiang miring dengan sudut  $10^\circ$  hingga kedalaman 20 m dari permukaan tanah dengan gaya ultimit yang terjadi sebesar 655,67 ton.m. Perhitungan hasil gaya resultan ditunjukkan pada **Tabel 5.25**

**Tabel 5.25** Perhitungan Gaya Resultan Tiang Pancang Miring

Depth (m)	N	N rata-rata	Q l tm	Q r tm	Depth (m)	N	N rata-rata	Q l tm	Q r tm
1	0.00	1.00	1.88	1.91	16	5.57	5.28	222.18	225.61
2	1.00	1.34	16.37	16.63	17	6.39	5.23	240.02	243.73
3	1.00	1.52	19.92	20.23	18	7.19	5.19	257.44	261.41
4	2.00	1.62	34.81	35.34	19	7.96	10.94	481.75	489.18
5	2.72	1.99	49.51	50.27	20	14.59	12.75	645.71	655.67
6	2.42	2.20	52.21	53.01	21	17.14	14.26	758.50	770.20
7	2.18	2.54	58.10	58.99	22	17.72	15.48	842.39	855.38
8	2.64	2.77	71.67	72.78	23	18.28	16.47	920.78	934.99
9	2.43	3.09	79.87	81.10	24	16.98	16.40	933.93	948.34
10	3.36	3.51	104.20	105.81	25	15.71	15.88	926.12	940.41
11	3.64	3.95	123.15	125.05	26	14.89	15.20	913.29	927.38
12	4.96	4.32	153.78	156.15	27	14.09	14.33	888.76	902.47
13	5.37	4.63	174.21	176.90	28	13.51	11.48	758.81	770.51
14	5.28	4.89	188.65	191.56	29	12.94	11.77	789.86	802.05
15	5.19	5.20	205.70	208.88	30	12.20	12.06	819.78	832.42

Sumber : Hasil Analisa

## 5.8 Perhitungan Biaya

### 5.8.1 Perhitungan Biaya Awal

Seperti dijelaskan pada subbab 5.5 bahwa biaya yang diperhitungkan pada biaya awal merupakan biaya material yang digunakan dalam perencanaan Tugas Akhir ini. Berikut contoh perhitungan biaya awal untuk area B. Rekapitulasi biaya awal ditunjukkan pada **Tabel 5.26** sampai **Tabel 5.29**.

## a. Perhitungan Volume Timbunan

$$H_{\text{inisial}} = 10,1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar, } B = 133,9 \text{ m}$$

$$\text{Panjang, } L = 260,2 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan} = 1 : 1,5$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 1} &= B \times L \times H_{\text{inisial}} \\ &= 133,9 \times 260,2 \times 10,1 \\ &= 351941,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 2} &= \frac{1}{2} \times B \times H_{\text{inisial}} \times (H_{\text{inisial}} \times \text{Kemiringan}) \\ &= \frac{1}{2} \times 133,9 \times 10,1 \times (10,1 \times 1,5) \\ &= 10247,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume 3} &= \frac{1}{2} \times L \times H_{\text{inisial}} \times (H_{\text{inisial}} \times \text{Kemiringan}) \\ &= \frac{1}{2} \times 260,2 \times 10,1 \times (10,1 \times 1,5) \\ &= 19912,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Total} &= \text{Volume 1} + \text{Volume 2} + \text{Volume 3} \\ &= 382101,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## b. Perhitungan Volume PVD

$$\text{Panjang PVD, } L_{\text{PVD}} = 15 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar PVD, } S_{\text{PVD}} = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} n \text{ sepanjang } B_{\text{timbunan}} &= (B_{\text{timb}} / S_{\text{PVD}}) - 1 \\ &= (133,9 / 1) - 1 \\ &= 132,9 \approx 133 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ sepanjang } L_{\text{timbunan}} &= (L_{\text{timb}} / S_{\text{PVD}}) - 1 \\ &= (260,2 / 1) - 1 \\ &= 259,2 \approx 260 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah PVD, } n &= n_B \times n_L \\ &= 133 \times 260 \\ &= 34580 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume PVD} &= n \times L_{\text{PVD}} \\ &= 34580 \times 15 \\ &= 518700 \text{ m} \end{aligned}$$

## c. Perhitungan Volume Pondasi Tiang Pancang

$$\text{Panjang tiang, } L_{\text{tiang}} = 30 \text{ m}$$

$$n \text{ tiap ruas } Crane = 5 \text{ buah}$$

$$\text{Lebar } Crane, B_{\text{crane}} = 9,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang Crane, } L_{\text{crane}} &= 29,06 \text{ m} \\
 n \text{ sepanjang } B_{\text{timbunan}} &= (B_{\text{timb}} / L_{\text{crane}}) \\
 &= (133,9 / 29,06) \\
 &= 4,61 \approx 5 \text{ titik pondasi} \\
 n \text{ sepanjang } L_{\text{timbunan}} &= (L_{\text{timb}} / B_{\text{crane}}) \\
 &= (260,2 / 9,3) \\
 &= 24,75 \approx 25 \text{ ruas pondasi} \\
 \text{Jumlah tiang pancang, } n &= n_{\text{ruas crane}} \times n_B \times n_L \times (L_{\text{tiang}} / L) \\
 &= 5 \times 5 \times 25 \times (30 / 15) \\
 &= 1250 \text{ batang @ 15 m}
 \end{aligned}$$

**Tabel 5.26** Rekapitulasi Biaya Awal Area A

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Timbunan	261324.41	m3	Rp 80,000	Rp 20,905,952,636.10
2	PVD	214280.00	m'	Rp 17,000	Rp 3,642,760,000.00
3	Tiang Pancang	1000.00	batang	Rp 6,800,000	Rp 6,800,000,000.00
Total					Rp 31,348,712,636.10

Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 5.27** Rekapitulasi Biaya Awal Area B

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Timbunan	382101.54	m3	Rp 80,000	Rp 30,568,123,394.12
2	PVD	518700	m'	Rp 17,000	Rp 8,817,900,000.00
3	Tiang Pancang	1250.00	batang	Rp 6,800,000	Rp 8,500,000,000.00
Total					Rp 47,886,023,394.12

Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 5.28** Rekapitulasi Biaya Awal Area C

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Timbunan	190467.09	m3	Rp 80,000	Rp 15,237,366,907.55
2	PVD	0.00	m'	Rp 17,000	-
3	Tiang Pancang	550.00	batang	Rp 6,800,000	Rp 3,740,000,000.00
Total					Rp 18,977,366,907.55

Sumber : Hasil Analisa

**Tabel 5.29** Rekapitulasi Biaya Awal Area D

No	Item	Volume	Satuan	Harga Satuan	Harga
1	Timbunan	815110.32	m <sup>3</sup>	Rp 80,000	Rp 65,208,825,458.12
2	PVD	0.00	m'	Rp 17,000	-
3	Tiang Pancang	0.00	batang	Rp 6,800,000	-
Total					Rp 65,208,825,458.12

Sumber : Hasil Analisa

Sehingga biaya awal untuk keseluruhan area yaitu sebesar Rp 163.420.928.396. Biaya awal tersebut nanti akan menjadi dasar perhitungan *net present value*. Sesuai dengan asumsi awal bahwa semua biaya yang dihabiskan, merupakan uang pinjaman dari bank. Sehingga pada tiap tahunnya juga harus memperhitungkan besar cicilan dengan memperhatikan bunga yang berlaku.

### 5.8.2 Net Present Value

Perhitungan *Net Present Value* merupakan sebuah analisa terhadap kemampuan suatu proyek dijalankan dalam beberapa tahun kedepan dilihat dari sisi finansial. Pada perhitungan NPV juga memunculkan adanya bunga bank yang berpengaruh terhadap suatu proyek jika proyek tersebut diasumsikan menggunakan biaya penuh dari sewa bank. **Tabel 5.26** sampai **Tabel 5.28** merupakan rekapitulasi NPV untuk semua area dengan kondisi antara lain :

- Tinggi timbunan preloading sesuai dengan **Subbab 5.1.2**
- Pemasangan PVD sesuai dengan **Tabel 5.13**
- Pemasangan Pondasi Tiang Pancangsesuai dengan **Tabel 5.24**
- Asumsi lain sesuai dengan **Bab IV**

**Tabel 5.30**Perhitungan *Net Present Value*

Tahun	Dalam milyar											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>Investasi</b>	Rp (163,421)	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
<b>Pinjaman Bank</b>	Rp 163,421	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
<b>Pendapatan</b>	Rp -	Rp 59,373	Rp 59,373	Rp 59,373	Rp 59,373	Rp 59,373	Rp 59,373	Rp 59,373	Rp 59,373	Rp 59,373	Rp 59,373	Rp 59,373
<b>Pembayaran Bank</b>	Rp -	Rp (24,350)	Rp (24,350)	Rp (24,350)	Rp (24,350)	Rp (24,350)	Rp (24,350)	Rp (24,350)	Rp (24,350)	Rp (24,350)	Rp (24,350)	Rp (24,350)
<b>Biaya O&amp;M</b>	Rp -	Rp (6,000)	Rp (6,000)	Rp (6,000)	Rp (6,000)	Rp (6,000)	Rp (6,000)	Rp (6,000)	Rp (6,000)	Rp (6,000)	Rp (6,000)	Rp (6,000)
<b>Net Cash Flow</b>	Rp -	Rp 29,023	Rp 29,023	Rp 29,023	Rp 29,023	Rp 29,023	Rp 29,023	Rp 29,023	Rp 29,023	Rp 29,023	Rp 29,023	Rp 29,023
<b>Discounted Factor</b>	1.000	1.100	1.210	1.331	1.464	1.611	1.772	1.949	2.144	2.358	2.594	
<b>Present Value</b>	Rp -	Rp 26,385	Rp 23,986	Rp 21,806	Rp 19,823	Rp 18,021	Rp 16,383	Rp 14,894	Rp 13,540	Rp 12,309	Rp 11,190	
<b>Net Present Value</b>	Rp 178,336											

Sumber : Hasil Analisa

Dari Tabel 5.30 di atas dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan perhitungan dari subbab 5.1-subbab 5.7, proyek akan mendapatkan keuntungan sebesar ± Rp 178.335.501.843,- dalam waktu 10 tahun.

### 5.8.3 Perbandingan Aliran Kas

Perbandingan aliran kas dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan biaya yang dikeluarkan dan aliran kas pada proyek untuk beberapa kondisi. Perbandingan tersebut nantinya digunakan untuk memilih metode terbaik yang dapat dilakukan untuk Perencanaan Tugas Akhir ini. Contoh perbandingan *net Present Value* selama 10 tahun untuk area B dengan berbagai metode yang digunakan, ditunjukkan pada **Tabel 5.31**. Berdasarkan tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa metode yang dipilih agar mendapatkan *Net Present Value* paling besar untuk proyek ini adalah menggunakan PVD dengan panjang 15 m dan jarak antar PVD sebesar 1 m pada area B

**Tabel 5.31** Perbandingan *net present value* untuk area B

Panjang PVD	Jarak antar PVD	<i>Rate of Settlement</i> yang terjadi	<i>Net Present Value</i>	Keterangan
L = 18 m	1 m	Tidak ada	Rp 1,905 Milyar	Tanpa perbaikan lahan
$\frac{2}{3}L = 12$ m	1 m	5,28 cm / tahun	Rp 97,79 Juta	Perbaikan lahan akibat pemampatan setebal 0,26 m
$\frac{1}{2}L = 9$ m	1 m	9,98 cm / tahun	Rp 16 Juta	Perbaikan lahan akibat pemampatan setebal 0,50 m
15 m	1 m	0,44 cm / tahun	Rp 2,343 Milyar	Tanpa perbaikan lahan

Sumber : Hasil Analisa

## BAB VI

### KESIMPULAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari Tugas Akhir ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Perluasan *Container Yard* di Terminal Teluk Lamong dibangun di atas kondisi tanah dasar yang lunak dengan ketebalan berbeda. Sehingga untuk memudahkan perhitungan dan efisiensi, maka dibagi menjadi 4 area yaitu area A dengan tebal tanah lunak 4 m, area B dengan tebal tanah lunak 18 m, area C dengan tebal tanah lunak 4 m, dan Area D dengan tebal tanah lunak 4 m.
2. Tinggi beban *preloading* sebagai tinggi timbunan pelaksanaan yang diperlukan setinggi 5,7 m untuk area A, untuk area B setinggi 10,1 m, untuk area C setinggi 6,4 m, dan untuk area D setinggi 7,4 m. Tinggi timbunan awal tersebut sudah termasuk beban *surcharge* sebesar  $q = 8,00 \text{ t/m}^2$  untuk area *Container Yard* dan  $q = 3,00 \text{ t/m}^2$  untuk area *Causeway*.
3. Besar pemampatan yang terjadi pada area A sebesar 0,7 m, area B sebesar 3,7 m, area C sebesar 1,6 m, dan area D sebesar 0,8 m. Dengan menggabungkan metode PVD untuk area A dan B yang bertujuan untuk mempersingkat waktu pemampatan, maka didapatkan PVD untuk area A dan area B dipasang dengan pola pemasangan segiempat, jarak antar PVD 1 m dan kedalaman 5 m untuk area A dan 15 m untuk area B. Sedangkan untuk area C dan area D tanpa PVD. Khusus untuk area D, metode tambahan yang dilakukan yaitu dengan dilakukannya penggalian lahan sedalam 2 m untuk mengganti tanah dasar dengan tanah timbunan yang bagus.
4. Dengan adanya peningkatan parameter tanah, maka waktu yang diperlukan agar pemampatan terjadi sebesar 90% menjadi lebih cepat. Untuk area A selama 20 minggu, area



B selama 21 minggu, area C selama 11 minggu, dan area D selama 23 minggu.

5. Perencanaan lereng timbunan untuk *Container Yard* dilakukan tanpa perkuatan dengan kemiringan 1 : 1,5 untuk semua area. Lereng tersebut dilindungi oleh tanggul dari bronjong sebagai struktur penahan arus air laut.
6. Perencanaan pondasi untuk ASC menggunakan tiang pancang berdiameter 60 cm dengan panjang total 15 m untuk area A dan area C serta 30 m untuk area B. Tiang pancang tersebut berjumlah 5 buah tiap 1 satuan lebar ASC atau 9,3 m dengan rincian 3 tiang vertikal dan 2 tiang miring.

## 6.2 Saran

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa, penulis memberi saran yaitu :

1. Perencanaan perbaikan tanah lunak dengan menggunakan gabungan metode antara metode preloading dan PVD sudah banyak dilakukan oleh ahli teknik sipil, sehingga untuk kedepannya perlu dilakukan inovasi kembali mengenai metode perbaikan tanah lunak yang bisa dilakukan terutama untuk di wilayah Indonesia.
2. Belum banyak dilakukan penelitian terhadap hal – hal sebagai pengaruh utama pada proses perbaikan tanah lunak menggunakan metode preloading dan PVD. Karena pada beberapa tempat, metode tersebut tidak bisa bekerja secara maksimal.
3. Perencanaan lahan reklamasi selanjutnya sebisa mungkin meninjau dari semua aspek tidak hanya dari aspek geoteknik saja, agar perencanaan menjadi lebih kompleks.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardana, M. D. W. 1999. **Pengaruh Tegangan Overburden Efektif dan Plastisitas Tanah Terhadap kekuatan Geser Undrained Tanah Lempung Berkonsistensi Dangat Lunak Sampai Kaku Yang Terkonsolidasi Normal**. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Barron, R.A. 1948. **Consolidation of Fine-grained Soils By Drain Wells**. Transactions ASCE. Vol. 113, Issue 1, Pg. 718-742
- Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah 1 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Jakarta. Erlangga (Diterjemahkan oleh Noor Endah & Indrasurya B. Mochtar)
- Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah 2 (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Jakarta. Erlangga (Diterjemahkan oleh Noor Endah & Indrasurya B. Mochtar)
- Hansbo, S. 1979. **Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains**. Ground Engineering Vol. 12 No 5, Hal 16-25.
- Mochtar, Noor Endah. 2012. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS
- L. D. Wesley. 1977. **Mekanika Tanah**. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Wahyudi, Herman. 1997. **Teknik Reklamasi**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil

“halaman ini sengaja dikosongkan”

## **Lampiran 1**

### **Data Tanah dan Spesifikasi Material**

Pada bagian lampiran ini berisi :

Lampiran 1.1 Data Borlog BH-1 .....	130
Lampiran 1.2 Data Borlog BH-2 .....	131
Lampiran 1.3 Data Borlog BH-3 .....	132
Lampiran 1.4 Data Borlog BH-4 .....	133
Lampiran 1.5 Data Borlog BH-5 .....	134
Lampiran 1.6 Data Borlog BH-6 .....	135
Lampiran 1.7 Data Borlog BH-7 .....	136
Lampiran 1.8 Data Laboratorium BH-1 .....	137
Lampiran 1.9 Data Laboratorium BH-2 .....	138
Lampiran 1.10 Data Laboratorium BH-3 .....	139
Lampiran 1.11 Data Laboratorium BH-4 .....	140
Lampiran 1.12 Data Laboratorium BH-5 .....	141
Lampiran 1.13 Data Laboratorium BH-6 .....	142
Lampiran 1.14 Data Laboratorium BH-7 .....	143
Lampiran 1.15 Layout Lokasi Studi .....	144
Lampiran 1.16 Peta Topografi .....	145
Lampiran 1.17 Denah Pembagian Area <i>Container Yard</i> .....	149
Lampiran 1.18 Detail <i>Automatic Stacking Crane</i> .....	151
Lampiran 1.19 Spesifikasi <i>Prefabricated Vertical Drain</i> .....	153
Lampiran 1.20 Spesifikasi <i>Prefabricated Horizontal Drain</i> .....	154
Lampiran 1.21 Spesifikasi <i>Micropile</i> .....	155
Lampiran 1.22 Spesifikasi Tiang Pancang .....	1567

Lampiran 1.1 Data Borlog BH-1



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**  
 Kampus ITS, Sepuluh Muliya Surabaya  
 Telp. 031 5964201 - 65 Pw. 11 W,  
 Telp/Fax 031 8238001, e-mail: tanah\_bst@gmail.com

DRILLING LOG																	
KLIEN = PT. NUDYA KARYA (Persero) NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN CONTAINER YARD TITIK BOR = BH-1 MEKA AIR TANAH = -49.3 METER LOKASI PROYEK = CY TELUK LAMONG, SURABAYA					TIFE BOR = ROTARY DRILLING MULAI = 23 APRIL 2018 SELESAI = 26 APRIL 2018 MASTER BOR = HARNO, ST. CS					Urut ID = Udiamb/Samplo CS = Core Sample SPT = SPT Test							
Scale in m	Borehole (DWT) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	SPT TEST		Standard Penetration Test				N-Value		
									ID / CS	SPT TEST	Blow per each 15 cm						
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N-Value blow/20 cm	15 cm	15 cm	15 cm	
START OF BORING																	
-0.00	0.00																
-1.00		-1.00			PASIR KERIKIL BERLANAU	COKLAT											
-2.00		-2.00			PASIR BERBATU LAMAU LEMPUNG	COKLAT	LOOSE	SPT = 7		2.00	2PT1	7	2	3	4		7
-3.00		-3.00			LEMPUNG KERIKIL BERLANAU	COKLAT	MEDIUM		3.00	3PT1	8	2	4	4			8
-4.00		-4.00			LEMPUNG BERPASIR KERIKIL	COKLAT	MEDIUM	SPT = 8	4.00	4PT1	8	2	4	4			8
-5.00		-5.00			PASIR KERIKIL BERLANAU	COKLAT	LOOSE	SPT = 8	5.00	5PT1	10	2	4	6			10
-6.00		-6.00			LAMAU BERPASIR KERIKIL	COKLAT	MEDIUM TO STIFF	AS 10	6.00	6PT1	10	2	4	6			10
-7.00		-7.00			LEMPUNG BERKERIKIL	COKLAT	STIFF	SPT = 12	7.00	7PT1	12	2	5	7			12
-8.00		-8.00							8.00	8PT1	15	3	6	9			15
-9.00		-9.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 12 AS 10	9.00	9PT1	16	3	7	9			16
-10.00		-10.00							10.00	10PT1	15	4	6	9			15
-11.00		-11.00			LEMPUNG BERLANAU PASIR	ABU-ABU	STIFF	SPT = 15	11.00	11PT1	15	4	6	9			15
-12.00		-12.00			LEMPUNG BERPASIR KERIKIL	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 21	12.00	12PT1	21	5	9	12			21
-13.00		-13.00							13.00	13PT1	16	5	7	9			16
-14.00		-14.00			LEMPUNG BERLANAU PASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 19	14.00	14PT1	16	5	7	9			16
-15.00		-15.00							15.00	15PT1	19	6	8	11			19
-16.00		-16.00			LEMPUNG BERLANAU PASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 18	16.00	16PT1	18	5	7	11			18
-17.00		-17.00							17.00	17PT1	18	4	8	10			18
-18.00		-18.00			LEMPUNG BERKORNERIKIL	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	18.00	18PT1	17	4	7	10			17
-19.00		-19.00							19.00	19PT1	16	4	7	9			16
-20.00		-20.00			LEMPUNG BERLANAU PASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 18	20.00	20PT1	18	4	8	10			18
-21.00		-21.00							21.00	21PT1	18	4	8	10			18
-22.00		-22.00			LEMPUNG BERKORNERIKIL	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 18	22.00	22PT1	17	3	7	10			17
-23.00		-23.00							23.00	23PT1	19	3	8	11			19
-24.00		-24.00			LEMPUNG BERLANAU PASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 18	24.00	24PT1	18	3	8	10			18
-25.00		-25.00							25.00	25PT1	19	3	8	11			19
-26.00		-26.00			LEMPUNG BERLANAU PASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	26.00	26PT1	17	3	7	10			17
-27.00		-27.00							27.00	27PT1	19	4	8	11			19
-28.00		-28.00			LEMPUNG BERKORNERIKIL	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 18	28.00	28PT1	18	3	8	10			18
-29.00		-29.00							29.00	29PT1	19	3	8	11			19
-30.00		-30.00			LEMPUNG BERLANAU PASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	30.00	30PT1	17	3	7	10			17
-31.00		-31.00							31.00	31PT1	19	4	8	11			19
-32.00		-32.00							32.00	32PT1	19	4	8	11			19
-33.00		-33.00							33.00	33PT1	19	4	8	11			19
-34.00		-34.00							34.00	34PT1	19	4	8	11			19
-35.00		-35.00							35.00	35PT1	19	4	8	11			19
-36.00		-36.00							36.00	36PT1	19	4	8	11			19
-37.00		-37.00							37.00	37PT1	19	4	8	11			19
-38.00		-38.00							38.00	38PT1	19	4	8	11			19
-39.00		-39.00							39.00	39PT1	19	4	8	11			19
-40.00		-40.00							40.00	40PT1	19	4	8	11			19
END OF BORING																	

Lampiran 1.2 Data Borlog BH-2



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS  
 Kampus ITS, Ngurah Rai Sukoto Surabaya  
 Telp. 031 8641251 - 52 Pawa. 114,  
 Telp.Fax 031 8628001, e-mail tanah.ku@gmail.com

DRILLING LOG																						
KLIEN = PT. MINDYA KARVA (Private)		Tipe BOR = ROTARY DRILLING		Kedalaman																		
NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN CONTAINER YARD		MULAI = 26 APRIL 2018		JID - Uid/air/Sample																		
TITIK BOR = BH-2		SELESAI = 27 APRIL 2018		CS - Core Sample																		
MUKA AIR TANAH = -1.69 METER		MASTER BOR = HARNO, ST. CS		SPT - SPT Test																		
LOKASI PROYEK = CV TELUK LAMONG, SURABAYA																						
Sochi in m	Elevation (AWL) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Moisture, Plasticity or Consistency	General Remarks	ID / CS	SPT TEST	Standard Penetration Test											
											Depth in m	Sample Code	Sample Code	No. Blows Meter/20 cm	Blows per each 15 cm			N - Value				
15 cm	15 cm	15 cm																				
START OF BORING																						
0.00	0.00																					
-1.00	-1.00	-1.00			LANAU PABIR KERIKL	COKLAT	MEDIUM	SPT = 6		2.00	SPT 1	6	2	3	3							
-2.00	-2.00	-2.00							2.00													
-3.00	-3.00	-3.00			PABIR HALUS LANAU	COKLAT	MEDIUM	SPT 5	4.00	SPT 2	8	2	2	3								
-4.00	-4.00	-4.00							4.00													
-5.00	-5.00	-5.00			LEMPUNG SEKIT PABIR KERIKL	ABU-ABU	MEDIUM	SPT 8	4.00	SPT 3	8	2	3	5								
-6.00	-6.00	-6.00			LEMPUNG LAMUN SEKIT PABIR	ABU-ABU	MEDIUM	SPT 8	4.00	SPT 4	8	2	3	5								
-7.00	-7.00	-7.00							4.00													
-8.00	-8.00	-8.00			ABU-ABU				4.00	SPT 4	18	9	8	10								
-9.00	-9.00	-9.00							4.00													
-10.00	-10.00	-10.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT 15 s/d 18	4.00	SPT 5	17	3	7	10								
-11.00	-11.00	-11.00							4.00													
-12.00	-12.00	-12.00							4.00	SPT 6	18	3	6	9								
-13.00	-13.00	-13.00			LEMPUNG SEKIT LANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 15	4.00	SPT 7	15	3	7	8								
-14.00	-14.00	-14.00							4.00													
-15.00	-15.00	-15.00			LEMPUNG PABIR BERKERIKL	COKLAT	ABU-ABU	HARD	SPT = 34	4.00	SPT 8	34	8	15	19							
-16.00	-16.00	-16.00			LEMPUNG SEKIT LANAU	ABU-ABU			4.00	SPT 9	16	3	7	9								
-17.00	-17.00	-17.00							4.00	SPT 10	16	3	7	9								
-18.00	-18.00	-18.00							4.00	SPT 11	17	3	7	10								
-19.00	-19.00	-19.00							4.00	SPT 12	17	3	7	10								
-20.00	-20.00	-20.00							4.00	SPT 13	16	4	8	8								
-21.00	-21.00	-21.00							4.00	SPT 14	21	7	10	11								
-22.00	-22.00	-22.00							4.00	SPT 15	21	7	10	11								
-23.00	-23.00	-23.00			LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT 12 s/d 21	4.00	SPT 16	16	5	7	9								
-24.00	-24.00	-24.00							4.00	SPT 17	16	5	7	9								
-25.00	-25.00	-25.00							4.00	SPT 18	12	3	5	7								
-26.00	-26.00	-26.00							4.00	SPT 19	16	4	7	9								
-27.00	-27.00	-27.00							4.00	SPT 20	16	4	7	9								
-28.00	-28.00	-28.00							4.00	SPT 21	18	6	8	10								
-29.00	-29.00	-29.00							4.00	SPT 22	22	6	10	12								
-30.00	-30.00	-30.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT 18 s/d 28	4.00	SPT 23	28	9	12	14								
-31.00	-31.00	-31.00							4.00	SPT 24	28	9	11	14								
-32.00	-32.00	-32.00							4.00	SPT 25	28	9	12	13								
-33.00	-33.00	-33.00							4.00	SPT 26	28	9	12	13								
-34.00	-34.00	-34.00							4.00	SPT 27	28	9	12	13								
-35.00	-35.00	-35.00							4.00	SPT 28	28	9	12	13								
-36.00	-36.00	-36.00							4.00	SPT 29	28	9	12	13								
-37.00	-37.00	-37.00							4.00	SPT 30	28	9	12	13								
-38.00	-38.00	-38.00							4.00	SPT 31	28	9	12	13								
-39.00	-39.00	-39.00							4.00	SPT 32	28	9	12	13								
-40.00	-40.00	-40.00							4.00	SPT 33	28	9	12	13								
END OF BORING																						

Lampiran 1.3 Data Borlog BH-3



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS  
 Kampus ITS, Pogreh Sudeki Surabaya  
 Telp. 031 8064241 - 453 Pgw. 1140  
 Telp/Fax 031 8620001, e-mail: tanah.tsp@gmail.com

DRILLING LOG																	
KLIEN = PT. NUNDYA KARYA (PERSO)		TJPE BOR = ROTARY DRILLING				Lokasi											
NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN CONTAINER YARD		MULAI = 28 APRIL 2018				SD - 1 Indrah Sample											
TIKUK BOR = BH-3		SELESAI = 29 APRIL 2018				CS - Core Sample											
MEKA AIR TANAH = -1.25 METER		MASTER BOR = HARNO, ST. CS				PT - 10°T Test											
LOKASI PROYEK = CY TELUKLAMONG, SIRABAYA																	
Scale in m	Elevation (LWL) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Moisture, Density or Consistency	General Remarks	ID / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	Blow per each 15 cm			N - Value	
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	15 cm	30 cm	45 cm		
START OF BORING																	
0.00	0.00				PERMUNG KERSAL BERPASIR	COKLAT	SOFT	SPT = 2									
-1.00	-1.00				PERMUNG KERSAL BERPASIR	COKLAT	SOFT	SPT = 2	4.00	16 01	2.00	16 01	2	1	1	2	
-2.00	-2.00				LANAU LEMPUNG BERPASIR KERSAL	COKLAT	VERY SOFT TO SOFT	SPT = 0	4.00	16 01	4.00	16 02	3	1	1	2	
-3.00	-3.00				PASIR HALUS BERLANAU	COKLAT	VERY SOFT TO SOFT	SPT = 0	4.00	16 02	4.00	16 03	4	2	2	2	
-4.00	-4.00				LEMPUNG SEDIKIT PASIR HALUS	ABU-ABU	VERY SOFT TO SOFT	SPT = 3	4.00	16 02	4.00	16 03	6	1	2	3	
-5.00	-5.00				LEMPUNG SEDIKIT LANAU	COKLAT	MEDIUM	SPT = 5	4.00	16 03	4.00	16 04	15	2	7	8	
-6.00	-6.00				LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 15	4.00	16 04	4.00	16 05	16	3	7	9	
-7.00	-7.00				LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 19	4.00	16 04	4.00	16 06	19	4	8	11	
-8.00	-8.00				LANAU BERLEMPUNG SEDIKIT PASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 28	4.00	16 06	4.00	16 07	28	7	12	16	
-9.00	-9.00				LANAU LEMPUNG BERPASIR KEREKEL	ABU-ABU	VERY HARD	SPT > 50	4.00	16 07	4.00	16 08	> 50	9	30	50	
-10.00	-10.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 12	4.00	16 08	4.00	16 09	12	3	5	7	
-11.00	-11.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 12	4.00	16 09	4.00	16 10	15	3	6	9	
-12.00	-12.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 12	4.00	16 10	4.00	16 11	16	4	7	9	
-13.00	-13.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 12	4.00	16 11	4.00	16 12	16	7	8	10	
-14.00	-14.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 12	4.00	16 12	4.00	16 13	19	7	9	10	
-15.00	-15.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 12	4.00	16 13	4.00	16 14	22	7	10	12	
-16.00	-16.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 14	4.00	16 15	20	7	9	11	
-17.00	-17.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 15	4.00	16 16	24	7	11	13	
-18.00	-18.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 16	4.00	16 17	22	8	10	12	
-19.00	-19.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 17	4.00	16 18	24	7	11	13	
-20.00	-20.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 18	4.00	16 19	22	8	10	12	
-21.00	-21.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 19	4.00	16 20	22	8	10	12	
-22.00	-22.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 20	4.00	16 21	22	8	10	12	
-23.00	-23.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 21	4.00	16 22	22	8	10	12	
-24.00	-24.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 22	4.00	16 23	22	8	10	12	
-25.00	-25.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 23	4.00	16 24	22	8	10	12	
-26.00	-26.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 24	4.00	16 25	22	8	10	12	
-27.00	-27.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 25	4.00	16 26	22	8	10	12	
-28.00	-28.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 26	4.00	16 27	22	8	10	12	
-29.00	-29.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 27	4.00	16 28	22	8	10	12	
-30.00	-30.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 28	4.00	16 29	22	8	10	12	
-31.00	-31.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 29	4.00	16 30	22	8	10	12	
-32.00	-32.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 30	4.00	16 31	22	8	10	12	
-33.00	-33.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 31	4.00	16 32	22	8	10	12	
-34.00	-34.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 32	4.00	16 33	22	8	10	12	
-35.00	-35.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 33	4.00	16 34	22	8	10	12	
-36.00	-36.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 34	4.00	16 35	22	8	10	12	
-37.00	-37.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 35	4.00	16 36	22	8	10	12	
-38.00	-38.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 36	4.00	16 37	22	8	10	12	
-39.00	-39.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 37	4.00	16 38	22	8	10	12	
-40.00	-40.00				LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT = 20	4.00	16 38	4.00	16 39	22	8	10	12	
END OF BORING																	

Lampiran 1.4 Data Borlog BH-4



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**  
 Kampus ITS, Sepuluh Nopember Surabaya  
 Telp. 031 8049231 - 53 Psw. 114,  
 Telp/Fax 031 8920001, e-mail: tanah\_btu@gmail.com

DRILLING LOG														
KLIENT = PT. NINDYA KARYA (Persero)		TJPE BOR = ROTARY DRILLING		Lokasi										
NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN CONTAINER YARD		MULAI = 30 APRIL 2018		JD = Undur Sample										
TITIK BOR = BH-4		SELESAI = 1 MEI 2018		CS = Core Sample										
MEKAIR TANAH = 0,00 METER		MASTER BOR = HARJO, ST. CS		SPT = SPT Test										
LOKASI PROYEK = CY TELUKLAMONG, SIRABAYA														
Scale in m	Elevation (MW) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Moisture, Plasticity or Consistency	General Remarks	ID / CS		Standard Penetration Test			
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	N <sub>60</sub> in 30 cm Blow	Blow per each 15 cm
											15 cm	15 cm	15 cm	
START OF BORING														
0.00	0.00													
-1.00	-1.00				LEMPUNG	ABU-ABU	SOFT	SPT = 1						
-2.00	-2.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-3.00	-3.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-4.00	-4.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-5.00	-5.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-6.00	-6.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-7.00	-7.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-8.00	-8.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-9.00	-9.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-10.00	-10.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-11.00	-11.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 3	0.60	2.60	2	1	0	0
-12.00	-12.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-13.00	-13.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-14.00	-14.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-15.00	-15.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-16.00	-16.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-17.00	-17.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-18.00	-18.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-19.00	-19.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-20.00	-20.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-21.00	-21.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4	12.00	12.00	4	1	2	2
-22.00	-22.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	22	7	9	13
-23.00	-23.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	24	7	10	14
-24.00	-24.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	21	7	10	11
-25.00	-25.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	19	5	8	11
-26.00	-26.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	18	4	8	10
-27.00	-27.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	16	4	7	9
-28.00	-28.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	18	4	8	10
-29.00	-29.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	22	7	10	12
-30.00	-30.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	24	8	11	13
-31.00	-31.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	25	9	11	14
-32.00	-32.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00	26	9	12	14
-33.00	-33.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00				
-34.00	-34.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00				
-35.00	-35.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00				
-36.00	-36.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00				
-37.00	-37.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00				
-38.00	-38.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00				
-39.00	-39.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00				
-40.00	-40.00				LEMPUNG BERKOR	ABU-ABU	SOFT TO VERY STFF	SPT 4 # 22	12.00	12.00				
END OF BORING														





Lampiran 1.6 Data Borlog BH-6



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**  
 Kampus ITS, Plosoh Sukolo Surabaya  
 Telp. 031 8064231 - 43 Psw. 1140,  
 Telp/Fax 031 8020001, e-mail: tanah\_btu@gmail.com

DRILLING LOG																	
KLIEN = FT. MUDYA KARYA (Pemer)				TIFE BOR = ROTARY DRILLING				Lokasi									
NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN CONTAINER YARD				MULAI = 8 MEI 2018				JD - 1/10m/3 Sample									
TITIK BOR = BE-6				SELESAI = 11 MEI 2018				CS - Core Sample									
MEKA AIR TANAH = +1.00 METER				MASTER BOR = HARNO, ST. CS				SPT - 10" Test									
LOKASI PROYEK = CV TELUKLAMONG, SIRABAYA																	
Scale in m	Elevation (OW) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Moisture, Plasticity or Consistency	General Remarks	ID / CS		SPT TEST		Standard Penetration Test				
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	No. Value blow/20 cm	15 cm	30 cm	N - Value	
START OF BORING																	
0.00	0.00				LEMPUNG	ABU-ABU	SOFT	SPT = 4									
1.00	-1.00	-1.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12	0.60	0.60	2	1	2	2			4
2.00	-2.00	-2.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 16	0.60	0.60	2	2	5	7			12
3.00	-3.00	-3.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 16	0.60	0.60	2	3	7	9			16
4.00	-4.00	-4.00			LEMPUNG	ABU-ABU	SOFT	SPT = 30	0.60	0.60	2	6	12	18			30
5.00	-5.00	-5.00			LEMPUNG	ABU-ABU	SOFT	SPT = 30	0.60	0.60	2	4	8	9			17
6.00	-6.00	-6.00			LEMPUNG	ABU-ABU	SOFT	SPT = 30	0.60	0.60	2	4	7	8			15
7.00	-7.00	-7.00			LEMPUNG	ABU-ABU	SOFT	SPT = 30	0.60	0.60	2	5	6	7			13
8.00	-8.00	-8.00			LEMPUNG	ABU-ABU	SOFT	SPT = 30	0.60	0.60	2	5	6	8			14
9.00	-9.00	-9.00			LEMPUNG	ABU-ABU	SOFT	SPT = 30	0.60	0.60	2	5	8	12			20
10.00	-10.00	-10.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	7	9			16
11.00	-11.00	-11.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
12.00	-12.00	-12.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	7	10	11			21
13.00	-13.00	-13.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	11			19
14.00	-14.00	-14.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	4	7	9			16
15.00	-15.00	-15.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	8	10			18
16.00	-16.00	-16.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	7	10	11			21
17.00	-17.00	-17.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
18.00	-18.00	-18.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
19.00	-19.00	-19.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
20.00	-20.00	-20.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	10			17
21.00	-21.00	-21.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	7	10	11			21
22.00	-22.00	-22.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
23.00	-23.00	-23.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
24.00	-24.00	-24.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
25.00	-25.00	-25.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
26.00	-26.00	-26.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
27.00	-27.00	-27.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
28.00	-28.00	-28.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
29.00	-29.00	-29.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
30.00	-30.00	-30.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
31.00	-31.00	-31.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
32.00	-32.00	-32.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
33.00	-33.00	-33.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
34.00	-34.00	-34.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
35.00	-35.00	-35.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
36.00	-36.00	-36.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
37.00	-37.00	-37.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
38.00	-38.00	-38.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
39.00	-39.00	-39.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	5	7	9			16
40.00	-40.00	-40.00			LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 17	0.60	0.60	2	6	8	10			18
END OF BORING																	

Lampiran 1.7 Data Borlog BH-7



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS  
 Kampus ITS, Sepuluh Nopember Surabaya  
 Telp. 031 8044031 - 031 7961 1147,  
 Telp/Fax 031 802001 e-mail: tanah\_bst@gmail.com

DRILLING LOG																
KLBEN = PT. NINDYA KARVA (Brawo) NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN CONTAINER YARD TITIK BOR = BH-7 MUKA AIR TANAH = +1.00 METER LOKASI PROYEK = CY TELUK LAMONG, SURABAYA						TIFE BOR = ROTARY DRILLING MULAI = 5 MEI 2019 SELESAI = 8 MEI 2019 MASTER BOR = HARNO, ST. CS			Remarks ID = Identifikasi Sample CS = Core Sample SPT = SPT Test							
Scale in m	Elevation (d.MU) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Colour	Relative Density or Consistency	General Remarks	ID / CS		Standard Penetration Test				N - Value	
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	No. Value Blow/30 cm	Blow per each 15 cm		
									Depth in m	Sample Code	Depth in m	Sample Code	15 cm	15 cm	15 cm	
START OF BORING																
0.00	0.00															
1.00	-1.00	-1.00			LEMPUNG LANAU	ABU-ABU	VERY SOFT	SPT = 0								
2.00	-2.00	-2.00			LEMPUNG LANAU	ABU-ABU	MEDIUM	SPT = 10	2.00	ID 01	2.00	2.00	0	0	0	0
3.00	-3.00	-3.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT ABU-ABU	STIFF	SPT = 12 # 14	3.00	ID 02	3.00	3.00	10	2	4	6
4.00	-4.00	-4.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	4.00	ID 03	4.00	4.00	12	3	5	7
5.00	-5.00	-5.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	5.00	ID 04	5.00	5.00	14	4	6	8
6.00	-6.00	-6.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	6.00	ID 05	6.00	6.00	21	4	6	13
7.00	-7.00	-7.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	7.00	ID 06	7.00	7.00	28	5	11	15
8.00	-8.00	-8.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	8.00	ID 07	8.00	8.00	27	5	11	16
9.00	-9.00	-9.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	9.00	ID 08	9.00	9.00	12	3	5	7
10.00	-10.00	-10.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	10.00	ID 09	10.00	10.00	14	4	6	8
11.00	-11.00	-11.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	11.00	ID 10	11.00	11.00	16	4	7	9
12.00	-12.00	-12.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	12.00	ID 11	12.00	12.00	18	6	8	10
13.00	-13.00	-13.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	13.00	ID 12	13.00	13.00	20	7	9	11
14.00	-14.00	-14.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	14.00	ID 13	14.00	14.00	18	6	8	10
15.00	-15.00	-15.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	15.00	ID 14	15.00	15.00	16	4	7	9
16.00	-16.00	-16.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	16.00	ID 15	16.00	16.00	14	4	6	8
17.00	-17.00	-17.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	17.00	ID 16	17.00	17.00	17	4	7	10
18.00	-18.00	-18.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	18.00	ID 17	18.00	18.00	18	6	8	10
19.00	-19.00	-19.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	19.00	ID 18	19.00	19.00	16	4	7	9
20.00	-20.00	-20.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	20.00	ID 19	20.00	20.00	18	6	8	10
21.00	-21.00	-21.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	21.00	ID 20	21.00	21.00	20	7	9	11
22.00	-22.00	-22.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	22.00	ID 21	22.00	22.00	18	6	8	10
23.00	-23.00	-23.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	23.00	ID 22	23.00	23.00	16	4	7	9
24.00	-24.00	-24.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	24.00	ID 23	24.00	24.00	18	6	8	10
25.00	-25.00	-25.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	25.00	ID 24	25.00	25.00	20	7	9	11
26.00	-26.00	-26.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	26.00	ID 25	26.00	26.00	18	6	8	10
27.00	-27.00	-27.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	27.00	ID 26	27.00	27.00	16	4	7	9
28.00	-28.00	-28.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	28.00	ID 27	28.00	28.00	18	6	8	10
29.00	-29.00	-29.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	29.00	ID 28	29.00	29.00	20	7	9	11
30.00	-30.00	-30.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	30.00	ID 29	30.00	30.00	18	6	8	10
31.00	-31.00	-31.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	31.00	ID 30	31.00	31.00	16	4	7	9
32.00	-32.00	-32.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	32.00	ID 31	32.00	32.00	18	6	8	10
33.00	-33.00	-33.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	33.00	ID 32	33.00	33.00	20	7	9	11
34.00	-34.00	-34.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	34.00	ID 33	34.00	34.00	18	6	8	10
35.00	-35.00	-35.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	35.00	ID 34	35.00	35.00	16	4	7	9
36.00	-36.00	-36.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	36.00	ID 35	36.00	36.00	18	6	8	10
37.00	-37.00	-37.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	37.00	ID 36	37.00	37.00	20	7	9	11
38.00	-38.00	-38.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	38.00	ID 37	38.00	38.00	18	6	8	10
39.00	-39.00	-39.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	39.00	ID 38	39.00	39.00	16	4	7	9
40.00	-40.00	-40.00			LEMPUNG BERLANAU	COKLAT	STIFF	SPT = 12 # 14	40.00	ID 39	40.00	40.00	18	6	8	10
END OF BORING																

## Lampiran 1.8 Data Laboratorium BH-1



## LABORATORIUM MEKANIKA TANAH &amp; BATUAN

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya

Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,

Telp/Fax: 031 5628001, e-mail: tanah.its@gmail.com

## REKAP HASIL TEST LABORATORIUM

KLIEN : PT.NINDYA KARYA (PERSERO)  
 PROYEK : PEMBANGUNAN CONTAINER YARD

TITIK BOR : BH-1  
 MASTER BOR : HARNO, CS

LOKASI : TELUK LAMONG

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC						CONSOLIDATION				
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.611	1.046	100.00	40.06	51.12	1.787	1.276	1.787	*	*	*
-6.00	2.653	0.914	100.00	34.45	47.75	1.864	1.386	1.864	*	*	*
-9.00	2.613	1.317	100.00	50.40	56.84	1.696	1.128	1.696	*	*	*
-12.00	2.607	1.209	100.00	46.38	54.73	1.727	1.180	1.727	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	$\phi$	$C_u$	$\phi_u$	$C_d$	$\phi_d$	Su (kPa)	Cv	
-3.00	13.27	45.77	40.98	NP	NP	NP	0	38	*	*	*	*	*	*	*
-6.00	12.46	42.37	45.17	NP	NP	NP	0	38	*	*	*	*	*	*	*
-9.00	0.00	7.98	62.02	62.37	30.89	31.48	*	*	0.620	0	*	*	*	*	*
-12.00	0.00	8.34	91.66	63.78	31.45	32.33	*	*	0.710	0	*	*	*	*	*

0.665

REMARK	G	- Gravel (%)	LL	- Liquid Limit (%)	C	- Cohesion of direct shear (kg/cm <sup>2</sup> )
	S	- Sand (%)	PL	- Plastic Limit (%)	$C_d$	- Drained cohesion triaxial test (kg/cm <sup>2</sup> )
	S + Cl	- Silt + Clay (%)	IP	- Plastic index (%)	$C_u$	- Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )
	e	- Void ratio	Cc	- Compression Index	Su	- Strength of vane test (kg/cm <sup>2</sup> )
	Gs	- Specific Gravity	Cv	- Coefficient of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)	$\phi$	- Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	- Porosity (%)	Pp	- Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi_d$	- Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	- Degree of saturation (%)	*	- Not test	$\phi_u$	- Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W <sub>u</sub>	- Water content (%)	k	- Coefficient of permeability (cm/sec)		
	$\gamma_t$	- Moisture density (gr/cc)				
	$\gamma_{sat}$	- Saturated density (gr/cc)				
$\gamma_d$	- Dry density (gr/cc)					

## Lampiran 1.9 Data Laboratorium BH-2



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya  
 Telp. 031 594251 - 55 Psw. 1140,  
 Telp/Fax: 031 5628001, e-mail: tanah.its@gmail.com

**REKAP HASIL TEST LABORATORIUM**

KLIEN : PT. NINDYA KARYA (PERSERO)  
 PROYEK : PEMBANGUNAN CONTAINER YARD

TITIK BOR : BH-2  
 MASTER BOR : HARNO, CS

LOKASI : TELUK LAMONG

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γt	γd	γsat	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.803	1.154	100.00	44.33	63.57	1.744	1.208	1.744	*	*	*
-6.00	2.748	1.394	100.00	50.73	58.23	1.730	1.148	1.730	*	*	*
-9.00	2.645	1.349	100.00	51.00	57.43	1.700	1.126	1.700	*	*	*
-12.00	2.688	1.225	100.00	45.61	55.06	1.758	1.207	1.758	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAxIAL CD		VANE TEST		k [cm/sec]
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	φ	C <sub>u</sub>	φ <sub>v</sub>	C <sub>d</sub>	φ <sub>d</sub>	Su (kPa)	C <sub>v</sub>	
-3.00	0.00	46.37	53.63	42.19	27.98	14.21	0	29	*	*	*	*	*	*	*
-6.00	0.00	13.49	86.51	63.28	30.19	33.09	*	*	0.370	0	*	*	*	*	*
-9.00	0.00	8.77	91.23	64.50	31.69	32.81	*	*	0.790	0	*	*	*	*	*
-12.00	0.00	6.51	93.49	66.72	32.47	34.25	*	*	0.760	0	*	*	*	*	*

<b>REMARK</b>	G = Gravel (%)	LL = Liquid Limit (%)	C = Cohesion of direct shear (kg/cm <sup>2</sup> )
	S = Sand (%)	PL = Plastic Limit (%)	C <sub>d</sub> = Drained cohesion triaxial test(kg/cm <sup>2</sup> )
	S + Cl = Silt + Clay (%)	IP = Plastic Index (%)	C <sub>u</sub> = Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )
	e = Void ratio	Cc = Compression Index	Su = Strength of vane test (kg/cm <sup>2</sup> )
	Gs = Specific Gravity	Cv = Coefficient of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)	φ = Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n = Porosity (%)	Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	φ <sub>d</sub> = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr = Degree of saturation (%)	- = Not test	φ <sub>u</sub> = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W <sub>d</sub> = Water content (%)		
	γ <sub>t</sub> = Moisture density (gricc)	k = Coefficient of permeability (cm/sec)	
	γ <sub>sat</sub> = Saturated density (gricc)		
	γ <sub>d</sub> = Dry density (gricc)		

## Lampiran 1.10 Data Laboratorium BH-3



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya  
 Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,  
 Telp/Fax: 031 5928001, e-mail: tanah.its@gmail.com

**REKAP HASIL TEST LABORATORIUM**

KLIEN : PT. NINDYA KARYA (PERSERO)  
 PROYEK : PEMBANGUNAN CONTAINER YARD

TITIK BOR : BH-3  
 MASTER BOR : HARNO, CS

LOKASI : TELUK LAMONG

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC								CONSOLIDATION		
	Gs	e	Sr	Wc	n	γt	γd	γsat	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.549	1.178	100.00	49.21	54.09	1.711	1.170	1.711	*	*	*
-6.00	2.638	1.324	100.00	50.19	56.97	1.705	1.135	1.705	1.04	0.88	2.74E-03
-9.00	2.614	1.299	100.00	49.66	56.48	1.702	1.138	1.702	*	*	*
-12.00	2.652	1.324	100.00	49.62	56.97	1.711	1.141	1.711	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAxIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	φ	C <sub>u</sub>	φ <sub>v</sub>	C <sub>d</sub>	φ <sub>d</sub>	Su (kPa)	Cu	
-3.00	0.00	40.68	59.32	NP	NP	NP	0	29	*	*	*	*	*	*	*
-6.00	0.00	12.39	87.61	60.48	29.75	30.73	*	*	*	*	*	*	25	0.25	*
-9.00	0.00	6.42	93.58	63.87	30.44	33.43	*	*	0.720	0	*	*	*	*	*
-12.00	0.00	6.11	93.89	66.49	33.76	31.73	*	*	0.810	0	*	*	*	*	*

<b>REMARK</b>	G = Gravel (%)	S = Sand (%)	S + Cl = Silt + Clay (%)	e = Void ratio	Gs = Specific Gravity	n = Porosity (%)	Sr = Degree of saturation (%)	W <sub>w</sub> = Water content (%)	γ <sub>t</sub> = Moisture density (gr/cc)	γ <sub>sat</sub> = Saturated density (gr/cc)	γ <sub>d</sub> = Dry density (gr/cc)	LL = Liquid Limit (%)	PL = Plastic Limit (%)	IP = Plastic Index (%)	Cc = Compression Index	Cv = Coefficient of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)	Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	*	k = Coefficient of permeability (cm/sec)	C = Cohesion of direct shear (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>d</sub> = Drained cohesion triaxial test (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub> = Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Su = Strength of vane test (kg/cm <sup>2</sup> )	φ = Angle of internal friction direct shear test (degree)	φ <sub>d</sub> = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)	φ <sub>u</sub> = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
---------------	----------------	--------------	--------------------------	----------------	-----------------------	------------------	-------------------------------	------------------------------------	---	--	--------------------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	--	--	---	--	--	---	---	--	---	--	--

## Lampiran 1.11 Data Laboratorium BH-4


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

 Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya  
 Telp. 031 5964251 - 55 Psw. 1140,  
 Telp/Fax: 031 5928001, e-mail: tanah.its@gmail.com
**REKAP HASIL TEST LABORATORIUM**
 KLIEN : PT. NINDYA KARYA (PERSERO)  
 PROYEK : PEMBANGUNAN CONTAINER YARD

 TITIK BOR : BH-4  
 MASTER BOR : HARNO, CS

LOKASI : TELUK LAMONG

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC - GRAVIMETRIC						CONSOLIDATION				
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.634	1.467	100.00	55.69	59.45	1.662	1.068	1.662	1.00	0.71	2.35E-03
-6.00	2.652	1.419	100.00	53.51	58.66	1.683	1.096	1.683	0.94	0.65	2.51E-03
-9.00	2.591	1.388	100.00	53.78	59.12	1.662	1.051	1.662	0.96	0.65	2.51E-03
-12.00	2.676	1.327	100.00	49.89	57.03	1.720	1.150	1.720	*	*	*

1.376

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAxIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	C	$\phi$	C <sub>u</sub>	$\phi_u$	C <sub>d</sub>	$\psi_d$	Su (kPa)	Cv	
-3.00	5.34	12.17	82.49	62.37	31.28	31.09	*	*	0.140	0	*	*	*	*	*
-6.00	6.98	13.62	79.40	65.18	30.69	34.49	*	*	0.160	0	*	*	*	*	*
-9.00	7.29	8.75	83.96	66.34	31.46	34.88	*	*	0.160	0	*	*	*	*	*
-12.00	5.39	6.48	88.13	64.85	32.75	32.10	*	*	0.210	0	*	*	*	*	*

0.176667

<b>REMARK</b>	G = Gravel (%)	S = Sand (%)	S + Cl = Silt + Clay (%)	e = Void ratio	Gs = Specific Gravity	n = Porosity (%)	Sr = Degree of saturation (%)	W <sub>u</sub> = Water content (%)	$\gamma_t$ = Moisture density (gricc)	$\gamma_{we}$ = Saturated density (gricc)	$\gamma_d$ = Dry density (gricc)	LL = Liquid Limit (%)	PL = Plastic Limit (%)	IP = Plastic Index (%)	Cc = Compression index	Cv = Coefficient of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)	Pp = Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	* = Not test	k = Coefficient of permeability (cm/sec)	C = Cohesion of direct shear (kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>d</sub> = Drained cohesion triaxial test(kg/cm <sup>2</sup> )	C <sub>u</sub> = Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )	Su = Strength of vane test (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ = Angle of internal friction direct shear test (degree)	$\phi_d$ = Angle of internal friction drained triaxial test (degree)	$\phi_u$ = Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
---------------	----------------	--------------	--------------------------	----------------	-----------------------	------------------	-------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---	----------------------------------	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------	--	--	--------------	--	--	--	---	--	--	--	--

## Lampiran 1.12 Data Laboratorium BH-5



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya  
 Telp. 031 5094251 - 55 Psw. 1140,  
 Telp/Fax: 031 5928601, e-mail: tanah.its@gmail.com

**REKAP HASIL TEST LABORATORIUM**

**KLIEN : PT. NINDYA KARYA (PERSERO)**  
**PROYEK : PEMBANGUNAN CONTAINER YARD**

**TITIK BOR : BH-5**  
**MASTER BOR : HARNO, C5**

**LOKASI : TELUK LAMONG**

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC							CONSOLIDATION			
	Gs	e	Sr	Wc	n	γt	γd	γsat	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.716	1.533	100.00	56.44	60.52	1.677	1.072	1.677	1.09	0.84	2.70E-03
-6.00	2.691	1.481	100.00	55.04	59.69	1.682	1.085	1.682	1.10	0.86	2.81E-03
-9.00	2.652	1.367	100.00	51.55	57.75	1.698	1.120	1.698	1.05	0.82	2.75E-03
-12.00	2.635	1.324	100.00	50.25	56.97	1.704	1.134	1.704	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	φ	C <sub>u</sub>	φ <sub>v</sub>	C <sub>d</sub>	φ <sub>d</sub>	S <sub>v</sub> (kPa)	C <sub>v</sub>	
-3.00	0.00	5.39	94.61	63.27	29.40	33.87	*	*	*	*	*	*	S	0.050	*
-6.00	7.44	10.23	82.33	64.25	30.53	33.72	*	*	*	*	*	*	S	0.060	*
-9.00	0.00	7.54	92.36	63.29	30.84	32.45	*	*	0.210	0	*	*	*	*	*
-12.00	0.00	6.34	93.66	65.79	28.35	37.44	*	*	0.390	0	*	*	*	*	*

<b>REMARK</b>	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm <sup>2</sup> )
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C <sub>d</sub>	= Drained cohesion triaxial test(kg/cm <sup>2</sup> )
	S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C <sub>u</sub>	= Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	S <sub>v</sub>	= Strength of vane test (kg/cm <sup>2</sup> )
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)	φ	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Cp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	φd	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	φ <sub>u</sub>	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	W <sub>c</sub>	= Water content (%)				
	γ <sub>t</sub>	= Moisture density (gr/cc)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ <sub>sat</sub>	= Saturated density (gr/cc)				
	γ <sub>d</sub>	= Dry density (gr/cc)				



## Lampiran 1.13 Data Laboratorium BH-6


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

 Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya  
 Telp. 031 5994251 - 55 Psw. 1140,  
 Telp/Fax: 031 5928001, e-mail: tanah.its@gmail.com
**REKAP HASIL TEST LABORATORIUM**
 KLIEN : PT. NINDYA KARYA (PERSERO)  
 PROYEK : PEMBANGUNAN CONTAINER YARD

 TITIK BOR : BH-4  
 MASTER BOR : HARNO, CS

LOKASI : TELUK LAMONG

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC - GRAVIMETRIC							CONSOLIDATION			
	Gs	e	Sr	Wc	n	γt	γd	γsat	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.735	1.367	100.00	49.98	57.75	1.733	1.155	1.733	-	-	-
-6.00	2.715	1.326	100.00	48.84	57.01	1.737	1.167	1.737	-	-	-
-9.00	2.692	1.317	100.00	49.11	56.84	1.726	1.158	1.726	-	-	-
-12.00	2.655	1.250	100.00	47.99	55.55	1.735	1.180	1.735	-	-	-

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAxIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	φ	C <sub>u</sub>	φ <sub>s</sub>	C <sub>d</sub>	φ <sub>d</sub>	Su (kPa)	Cu	
-3.00	0.00	4.25	95.75	65.24	30.14	35.10	-	-	0.350	0	-	-	-	-	-
-6.00	0.00	6.31	93.69	63.19	29.34	33.85	-	-	0.770	0	-	-	-	-	-
-9.00	0.00	8.87	94.13	60.42	30.27	30.15	-	-	0.925	0	-	-	-	-	-
-12.00	0.00	5.24	94.76	62.68	29.75	32.92	-	-	0.710	0	-	-	-	-	-

<b>REMARK</b>	G	- Gravel (%)	LL	- Liquid Limit (%)	C	- Cohesion of direct shear (kg/cm <sup>2</sup> )
	S	- Sand (%)	PL	- Plastic Limit (%)	C <sub>d</sub>	- Drained cohesion triaxial test(kg/cm <sup>2</sup> )
	S + Cl	- Silt + Clay (%)	IP	- Plastic Index (%)	C <sub>u</sub>	- Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )
	e	- Void ratio	Cc	- Compression Index	φ	- Angle of internal friction direct shear test (degree)
	Gs	- Specific Gravity	Cv	- Coefficient of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)	φd	- Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	n	- Porosity (%)	Pp	- Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	φu	- Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	Sr	- Degree of saturation (%)	-	- Not test		
	Wc	- Water content (%)				
	γt	- Moisture density (gr/cc)	k	- Coefficient of permeability (cm/sec)		
	γ <sub>sat</sub>	- Saturated density (gr/cc)				
	γ <sub>s</sub>	- Dry density (gr/cc)				

## Lampiran 1.14 Data Laboratorium BH-7


**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**  
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

 Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya  
 Telp. 031 594251 - 55 Psw. 1140,  
 Telp/Fax: 031 5928801, e-mail: tanah.its@gmail.com
**REKAP HASIL TEST LABORATORIUM**
 KLIEN : PT. NINDYA KARYA (PERSERO)  
 PROYEK : PEMBANGUNAN CONTAINER YARD

 TITIK BOR : BH-7  
 MASTER BOR : HARNO, C5

LOKASI : TELUK LAMONG

DEPTH (Meter)	VOLUMETRIC + GRAVIMETRIC							CONSOLIDATION			
	Gs	e	Sr	Wc	n	$\gamma_t$	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	Pp	Cc	Cv
-3.00	2.614	1.297	100.00	49.62	56.46	1.703	1.138	1.703	*	*	*
-6.00	2.644	1.246	100.00	47.13	55.48	1.732	1.177	1.732	*	*	*
-9.00	2.616	1.160	100.00	44.34	53.70	1.748	1.211	1.748	*	*	*
-12.00	2.525	1.048	100.00	39.92	51.17	1.793	1.282	1.793	*	*	*

DEPTH (Meter)	SIEVE ANALYSIS			ATTERBERG LIMITS			DIRECT TEST		Unconfined test		TRIAXIAL CD		VANE TEST		k (cm/sec)
	G	S	S+Cl	LL	PL	IP	c	$\phi$	C <sub>u</sub>	$\phi_v$	C <sub>d</sub>	$\phi_d$	Su (kPa)	Cu	
-3.00	0.00	5.34	94.66	60.37	28.32	32.05	*	*	0.410	0	*	*	*	*	*
-6.00	0.00	6.29	93.71	61.25	30.27	30.98	*	*	0.650	0	*	*	*	*	*
-9.00	0.00	6.79	93.21	62.65	31.24	31.71	*	*	1.050	0	*	*	*	*	*
-12.00	0.00	6.37	93.63	63.49	28.65	34.84	*	*	1.290	0	*	*	*	*	*

<b>REMARK</b>	G	= Gravel (%)	LL	= Liquid Limit (%)	C	= Cohesion of direct shear (kg/cm <sup>2</sup> )
	S	= Sand (%)	PL	= Plastic Limit (%)	C <sub>d</sub>	= Drained cohesion triaxial test (kg/cm <sup>2</sup> )
	S + Cl	= Silt + Clay (%)	IP	= Plastic Index (%)	C <sub>u</sub>	= Undrained cohesion (kg/cm <sup>2</sup> )
	e	= Void ratio	Cc	= Compression Index	Su	= Strength of vane test (kg/cm <sup>2</sup> )
	Gs	= Specific Gravity	Cv	= Coefficient of Consolidation (cm <sup>2</sup> /det)	$\phi$	= Angle of internal friction direct shear test (degree)
	n	= Porosity (%)	Pp	= Preconsolidation Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi_d$	= Angle of internal friction drained triaxial test (degree)
	Sr	= Degree of saturation (%)	*	= Not test	$\phi_u$	= Angle of internal friction undrained triaxial test (degree)
	Wc	= Water content (%)	k	= Coefficient of permeability (cm/sec)		
	$\gamma_t$	= Moisture density (gr/cc)				
	$\gamma_{sat}$	= Saturated density (gr/cc)				
$\gamma_s$	= Dry density (gr/cc)					



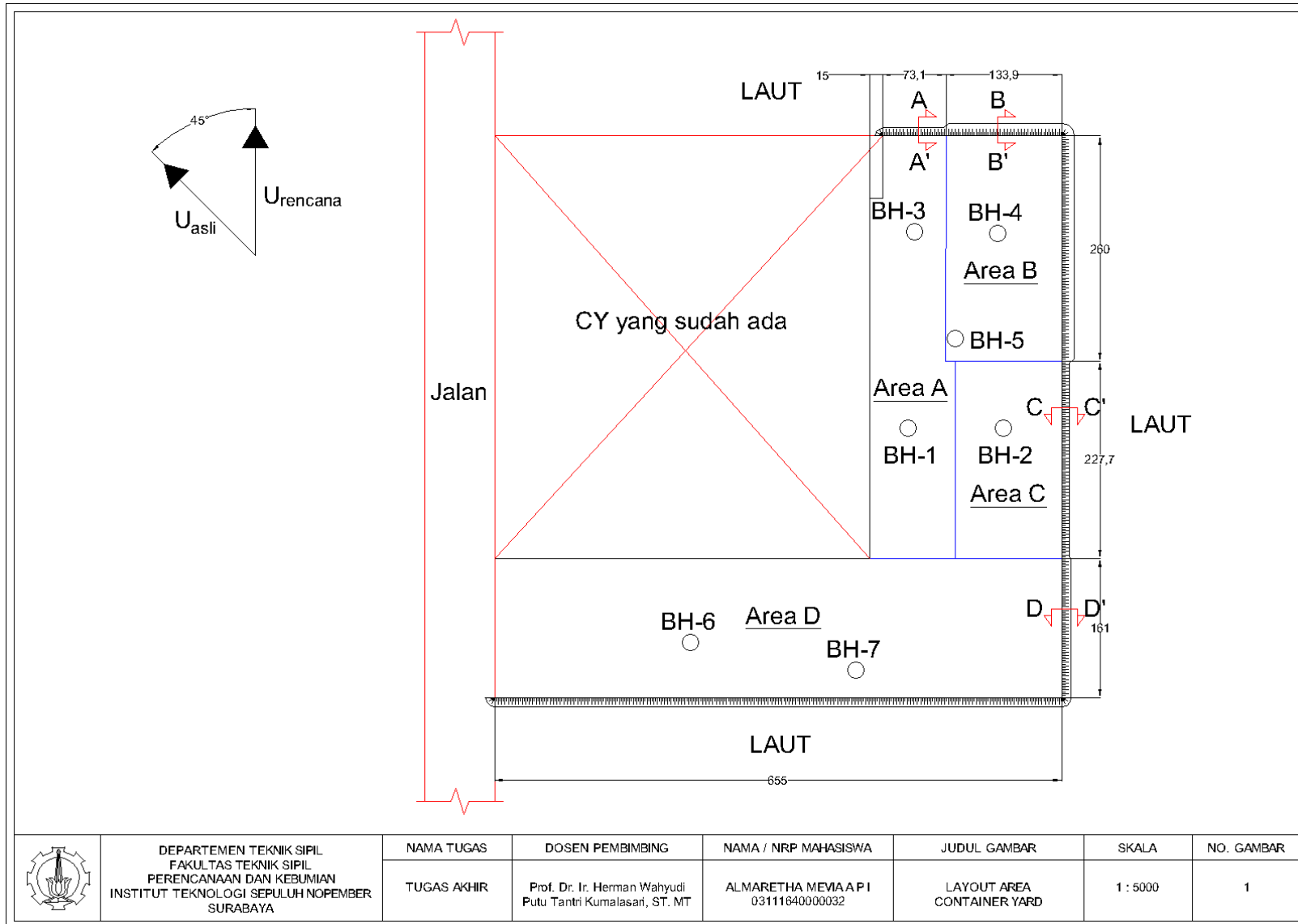




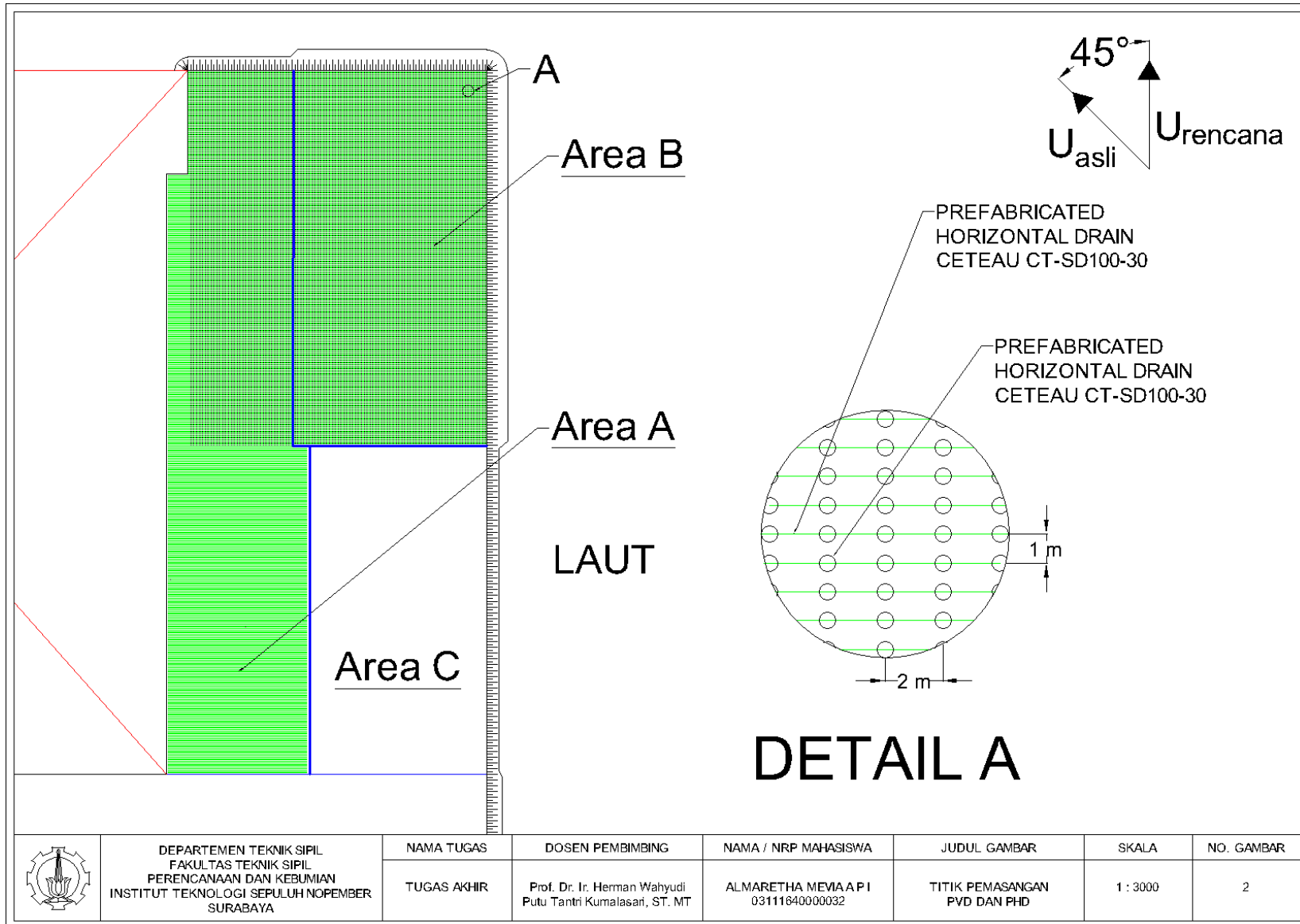




Lampiran 1.17 Denah Pembagian Area Container Yard







	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA / NRP MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR
		TUGAS AKHIR	Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi Putu Tantri Kumalasan, ST, MT	ALMARETHA MEVIA A P I 0311164000032	TITIK PEMASANGAN PVD DAN PHD	1 : 3000	2

Lampiran 1.18 Detail *Automatic Stacking Crane*



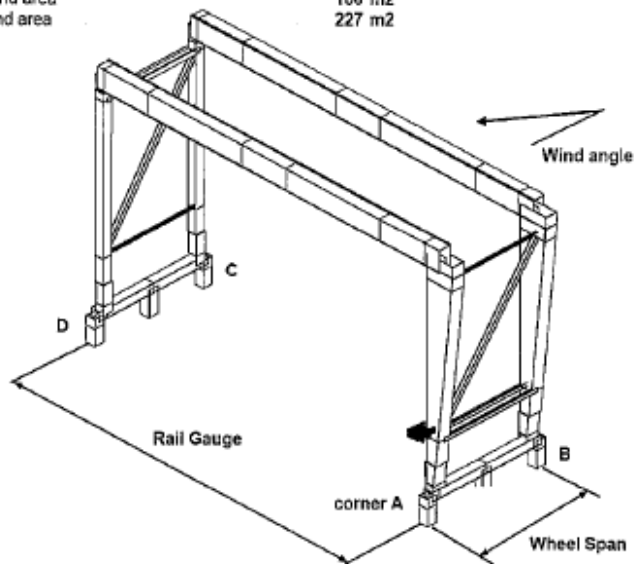
Gambar *Automatic Stacking Crane*

(Sumber : <https://www.konecranes.co.id/indonesia-lamong-bay-lander>)

Hoisting capacity of trolley	40 tons	
Eccentricity of load X direction	300 mm	
Eccentricity of load Z direction	1220 mm	
Trolley Rail Gauge	7100 mm	
Operating wind pressure	0,38 kN/m <sup>2</sup>	25 m/s
Stowed wind pressure	1,30 kN/m <sup>2</sup>	46 m/s
Hoist impact factor	1,2	
Rail gauge	29060 mm	
Wheel span	9300 mm	
Load max position	25,82 m	
Load min position	2,86 m	
Trolley stowed position	2,86 m	
Wind area of load	15 m <sup>2</sup>	
Braking deceleration of gantry	0,33 m/s <sup>2</sup>	
Braking deceleration of trolley	0,33 m/s <sup>2</sup>	
Collision deceler. of trolley	3,13 m/s <sup>2</sup>	
Collision deceler. of gantry	2,64 m/s <sup>2</sup>	
Coefficient M	1	

operating wind pressure center of  
sidewind, ysop  
oper. wind pr. center (backwind), ybop  
worst operating wind angle, alfaop  
backwind area  
sidewind area

15,69 m  
8,93 m  
1,43 rad. (=82 deg.)  
180 m<sup>2</sup>  
227 m<sup>2</sup>



Detail Ukuran Automatic Stacking Crane  
(Sumber : Basic Desain PT. Pelindo 3 (Persero))

Lampiran 1.19 Spesifikasi *Prefabricated Vertical Drain*

# CeTeau-Drain CT-D822

## Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

## Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D822
Drain Body	Configuration	-	□□□□□□□□
	Material	-	PP
Filter Jacket	Colour	-	white
	Material	-	PET
Assembled Drain	Colour	-	grey
	Weight	g/m	75
	Width	mm	100
	Thickness	mm	4

Mechanical properties	Symbol	Test	Unit	CT-D822
<b>Filter Jacket</b>				
Grab Tensile Strength	F	ASTM D4632	N	480
Elongation	ε	ASTM D4632	%	32
Tear Strength		ASTM D4533	N	120
Pore Size	Q <sub>5</sub>	ASTM D4751	µm	< 75
Permeability	K	ASTM D4491	m/s	> 1.0 x 10 <sup>-7</sup>
<b>Assembled Drain</b>				
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 <sub>1</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	158 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 150 kPa	Q <sub>2</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	157 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 200 kPa	Q <sub>3</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	155 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 250 kPa	Q <sub>4</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	150 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 300 kPa	Q <sub>5</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	141 x 10 <sup>-6</sup>
Discharge capacity at 350 kPa	Q <sub>6</sub>	ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	135 x 10 <sup>-6</sup>

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 15% 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, 1<sup>st</sup> Floor  
Jl. Rungtut Indradi Raya No.13 Surabaya 60293  
Tel. 03-31-847502 Fax. 03-31-847503  
Email: info@geosistem.co.id Website: www.geosistem.co.id



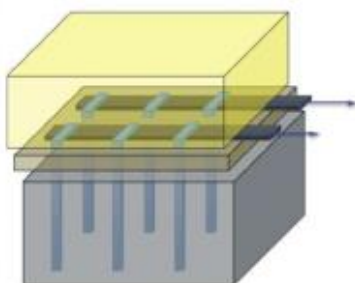
Lampiran 1.20 Spesifikasi *Prefabricated Horizontal Drain*

## 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 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
<b>Composite Drain</b>				
Width	Nominal	mm	100	100
Thickness	ASTM D 5199	mm	20	30
Horizontal Permeability	ASTM D 4431	m/s	0.15	0.15
Discharge Capacity @1%	ASTM D 4716	m <sup>3</sup> /s	2.4*10 <sup>4</sup>	3.6*10 <sup>4</sup>
Compressive Strength	ASTM D 1621	kN/m <sup>2</sup>	800	800
<b>Core</b>				
Profile	-	-	Cusped	Cusped
Color	-	-	Black	Black
Material	-	-	HDPE	HDPE
<b>Filter</b>				
Material	-	-	PET	PET
UV Stabilized	-	-	yes	yes
Grab Strength	ASTM D 4632	N	>450	>450
Permeability	ASTM D 4431	m/s	1.5*10 <sup>-4</sup>	1.5*10 <sup>-4</sup>
Mass per Unit Area	ASTM D 4595	g/m <sup>2</sup>	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 dimensions 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.

Lampiran 1.21 Spesifikasi *Micropile*



DAFTAR HARGA MINI PILE


No	Type	Gbr	Mata Beton	Tulangan besi φ	Sanggul besi φ	Dimensi		Berat Beton kg/m <sup>3</sup>	P (beban) Vertikal (ton)	Transportasi	Harga						Jasa penancung n = 350 m <sup>3</sup>
						Sisi (cm)	Panjang (m)				Min	35 m <sup>3</sup>	per 1 m <sup>3</sup>	per 2 m <sup>3</sup>	per 3 m <sup>3</sup>	per 6 m <sup>3</sup>	
1	Segi Tiga		f-450	13	8	30	6	26 K <sub>1</sub>	32	Rp 40.500 /M	Rp 133.689	Rp 267.377	Rp 401.066	Rp 802.132	Rp 29.296		
								26 K <sub>2</sub>	24	Rp 40.500 /M	Rp 155.268	Rp 310.536	Rp 465.804	Rp 931.607	Rp 29.296		
								26 K <sub>3</sub>	25	Rp 40.500 /M	Rp 172.988	Rp 345.936	Rp 518.754	Rp 1.037.508	Rp 29.296		
1	Segi Tiga		f-450	16	8	32	6	246 K <sub>1</sub>	35	Rp 46.080 /M	Rp 146.988	Rp 293.976	Rp 440.963	Rp 881.927	Rp 29.296		
								246 K <sub>2</sub>	38	Rp 46.080 /M	Rp 168.748	Rp 337.495	Rp 505.243	Rp 1.010.485	Rp 29.296		
								246 K <sub>3</sub>	40	Rp 46.080 /M	Rp 185.388	Rp 370.775	Rp 556.162	Rp 1.112.323	Rp 29.296		
1	Segi Empat		f-450	18	8	16	6	81.4 K <sub>1</sub>	21	Rp 8.520 /M	Rp 89.420	Rp 178.839	Rp 268.258	Rp 536.517	Rp 29.295.71		
								81.4 K <sub>2</sub>	23	Rp 8.520 /M	Rp 109.259	Rp 218.518	Rp 327.777	Rp 655.554	Rp 30.000.00		
								81.4 K <sub>3</sub>	23	Rp 8.520 /M	Rp 114.894	Rp 229.788	Rp 344.682	Rp 689.365	Rp 30.000.00		
1	Segi Empat		f-450	18	8	18	6	77.8 K <sub>1</sub>	25	Rp 14.580 /M	Rp 145.800	Rp 291.600	Rp 437.400	Rp 874.800	Rp 29.295.71		
								77.8 K <sub>2</sub>	27	Rp 14.580 /M	Rp 158.225	Rp 316.449	Rp 474.674	Rp 949.348	Rp 30.000.00		
								77.8 K <sub>3</sub>	28	Rp 14.580 /M	Rp 170.650	Rp 341.300	Rp 511.950	Rp 1.023.900	Rp 30.000.00		
1	Segi Empat		f-450	12	8	20	6	95.0 K <sub>1</sub>	23	Rp 18.000 /M	Rp 180.000	Rp 360.000	Rp 540.000	Rp 1.080.000	Rp 29.295.71		
								95.0 K <sub>2</sub>	24	Rp 18.000 /M	Rp 180.000	Rp 360.000	Rp 540.000	Rp 1.080.000	Rp 30.000.00		
								95.0 K <sub>3</sub>	25	Rp 18.000 /M	Rp 184.555	Rp 369.110	Rp 553.665	Rp 1.107.330	Rp 30.000.00		

Harga belum termasuk Ppn 10%  
 Segala biaya kuli turun material/preman sepenuhnya ditanggung pembeli.  
 Harga diatas franco Jabotabek.

Nata Beton  
 Contact Person : Wahyu Widodo, ST  
 Phone : 021-56972334 , 021-68715253  
 Fax : 56972334

## Lampiran 1.22 Spesifikasi Tiang Pancang

## PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES (JBI PILES) JIS. A 5335



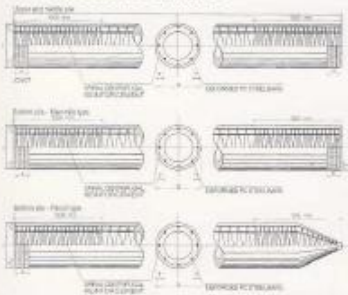
**Specification of Prestressed Concrete Spun Piles. JIS A 5335**

Diameter (mm)	Type (JIS)	Thickness (mm)	Outer Section Area (mm <sup>2</sup> )	Allowable Bearing Capacity (ton)		Working Bearing Moment	Ultimate Bearing Moment	Length (meter) & Weight (kg)									
				JIS-A5335	JIS-A5335*			7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	
300	A	50	452.4	73	48	2.9	3.8	0.80	2.04	1.86	1.30	1.28	1.41	1.53			
	AG					3.9	5.3										
	B					4.9	6.5										
	C					5.9	7.7										
350	A	66	662.0	98	58	3.9	5.2	1.80	3.21	1.90	1.51	1.68	1.81	1.97	2.10	2.27	
	AG					4.9	7.1										
	B					5.9	8.4										
	C					6.9	10.0										
400	A	75	785.5	118	78	5.8	8.2	1.90	1.89	1.79	1.98	2.19	2.39	2.59	2.70	2.98	
	AG					6.8	10.7										
	B					7.8	13.4										
	C					8.8	16.6										
450	A	80	929.9	143	99	7.8	11.2	1.85	1.50	2.17	2.40	2.65	2.80	3.14	3.38	3.62	
	AG					8.8	15.0										
	B					9.8	18.8										
	C					10.8	23.9										
500	A	90	1150.0	178	128	10.8	15.7	2.11	2.41	2.71	3.07	3.31	3.62	3.92	4.22	4.52	
	AG					11.8	18.8										
	B					12.8	25.9										
	C					13.8	34.0										
600	A	130	1570.0	242	161	17.8	25.1	2.88	3.27	3.67	4.08	4.49	4.90	5.31	5.71	6.12	
	AG					20.8	28.3										
	B					25.8	44.3										
	C					29.8	58.3										
800	A	170	2584.1	408	271	40.7	63.0	4.48	5.13	5.77	6.41	7.05	7.69	8.33	8.97	9.62	
	AG					46.5	71.2										
	B					52.3	94.2										
	C					58.1	121.9										
1000	A	140	3072.0	604	402	59.5	94.7	6.92	1.97	8.51	9.48	10.41	11.33	12.30	13.24	14.19	
	AG					70.4	134.7										
	B					79.3	204.7										
	C					88.2	279.7										
1200	A	160	4047.6	798	622	79.9	121.0	8.08	0.93	11.13	12.37	13.61	14.84	16.08	17.32	18.56	
	AG					90.7	166.3										
	B					101.5	236.3										
	C					112.3	306.3										


Note:  
Concrete Strength is 500 kg/cm<sup>2</sup> (Cylinder Test), or equivalent to it. (400 kg/cm<sup>2</sup> Cube Test)  
Number of P.C. Blows can be customized depend on technical requirement.

### Construction of Prestressed Concrete Spun Piles

#### CONSTRUCTION OF JBI PILES



#### WELDED JOINT



**Calculation Of Bearing Capacity Dynamic Formula**

$$R_d = \frac{2WH}{SS + 0.1}$$

$R_d$  = Allowable Bearing Capacity (ton)  
 $W$  = Weight of Hammer (ton)  
 $H$  = Height of ram stroke (m)  
 $S$  = Final settlement of pile, determined as the average of the last 10 blows, (m)

- 1. On Site Soil Testing
- 2. Static Load
- 3. Mini Pile
- 4. Sheet Piling
- 5. PC Sheet Pile

MARKETING : Jakarta Telp. (021) 590-2385 Medan Telp. (061) 685-0365 Surabaya Telp. (031) 750-7651  
 Fax. (021) 590-2383 Fax. (061) 685-0367 Fax. (031) 750-7649

## **Lampiran 2**

### **Analisa Paramater Tanah**

Pada bagian lampiran ini berisi :

Lampiran 2.1 Tabel Data Analisa Parameter BH-1.....	158
Lampiran 2.2 Tabel Data Analisa Parameter BH-2.....	159
Lampiran 2.3 Tabel Data Analisa Parameter BH-3.....	160
Lampiran 2.4 Tabel Data Analisa Parameter BH-4.....	161
Lampiran 2.5 Tabel Data Analisa Parameter BH-5.....	162
Lampiran 2.6 Tabel Data Analisa Parameter BH-6.....	163
Lampiran 2.7 Tabel Data Analisa Parameter BH-7.....	163
Lampiran 2.8 Tabel Data Analisa Parameter Area A.....	164
Lampiran 2.9 Tabel Data Analisa Parameter Area B .....	165
Lampiran 2.10 Tabel Data Analisa Parameter Area C .....	166
Lampiran 2.11 Tabel Data Analisa Parameter Area D.....	166



Lampiran 2.1 Tabel Data Analisa Parameter BH-1

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		$\gamma_{sat}$	$\gamma_d$	$\gamma_t$	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	h
		(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	7.0	1.826	1.331	1.826	2.632	0.980	0.373	0.494	*	*	NP	NP	NP	37	0.000
-1	7.0	1.826	1.331	1.826	2.632	0.980	0.373	0.494	*	*	NP	NP	NP	37	0.000
-2	7.0	1.826	1.331	1.826	2.632	0.980	0.373	0.494	*	*	NP	NP	NP	37	0.000
-3	7.0	1.826	1.331	1.826	2.632	0.980	0.373	0.494	*	*	NP	NP	NP	37	0.000
-4	8.0	1.826	1.331	1.826	2.632	0.980	0.373	0.494	*	*	NP	NP	NP	37	0.000
-5	9.0	1.826	1.331	1.826	2.632	0.980	0.373	0.494	*	*	NP	NP	NP	37	0.000
-6	10.0	1.826	1.331	1.826	2.632	0.980	0.373	0.494	*	*	NP	NP	NP	37	0.000

Lampiran 2.2 Tabel Data Analisa Parameter BH-2

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		$\gamma_{sat}$	$\gamma_d$	$\gamma_t$	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
		(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	6.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370
-1	6.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370
-2	6.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370
-3	5.0	1.744	1.208	1.744	2.603	1.154	0.443	0.536	*	*	0.422	0.280	0.142	29	0.000
-4	5.0	1.744	1.208	1.744	2.603	1.154	0.443	0.536	*	*	0.422	0.280	0.142	29	0.000
-5	8.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370
-6	8.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370

Lampiran 2.3 Tabel Data Analisa Parameter BH-3

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		ysat	yd	yt	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
		(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	2.0	1.711	1.170	1.711	2.549	1.178	0.462	0.541	*	*	NP	NP	NP	29	0.000
-1	2.0	1.711	1.170	1.711	2.549	1.178	0.462	0.541	*	*	NP	NP	NP	29	0.000
-2	2.0	1.711	1.170	1.711	2.549	1.178	0.462	0.541	*	*	NP	NP	NP	29	0.000
-3	3.0	1.711	1.170	1.711	2.549	1.178	0.462	0.541	*	*	NP	NP	NP	29	0.000
-4	3.0	1.711	1.170	1.711	2.549	1.178	0.462	0.541	*	*	NP	NP	NP	29	0.000
-5	4.0	1.705	1.135	1.705	2.638	1.324	0.502	0.570	0.678	0.003	0.605	0.298	0.307	0	0.189
-6	4.0	1.705	1.135	1.705	2.638	1.324	0.502	0.570	0.678	0.003	0.605	0.298	0.307	0	0.189
-7	5.0	1.705	1.135	1.705	2.638	1.324	0.502	0.570	0.678	0.003	0.605	0.298	0.307	0	0.189
-8	5.0	1.705	1.135	1.705	2.638	1.324	0.502	0.570	0.678	0.003	0.605	0.298	0.307	0	0.189
-9	5.0	1.702	1.138	1.702	2.614	1.298	0.497	0.565	*	*	0.639	0.304	0.334	0	0.720

Lampiran 2.4 Tabel Data Analisa Parameter BH-4

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		ysat	yd	yt	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
		(t/m3)	(t/m3)	(t/m3)	-	-	-	-	-	(cm2/dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm2)
0	0.0	1.662	1.068	1.662	2.634	1.467	0.557	0.595	0.708	0.002	0.624	0.313	0.311	0	0.140
-1	1.0	1.662	1.068	1.662	2.634	1.467	0.557	0.595	0.708	0.002	0.624	0.313	0.311	0	0.140
-2	1.0	1.662	1.068	1.662	2.634	1.467	0.557	0.595	0.708	0.002	0.624	0.313	0.311	0	0.140
-3	2.0	1.662	1.068	1.662	2.634	1.467	0.557	0.595	0.708	0.002	0.624	0.313	0.311	0	0.140
-4	3.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-5	3.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-6	3.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-7	3.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-8	3.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-9	3.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-10	3.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-11	4.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-12	4.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-13	4.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-14	4.0	1.682	1.099	1.682	2.636	1.400	0.531	0.583	0.669	0.002	0.647	0.315	0.331	0	0.168
-15	6.0	1.713	0.999	1.501	2.344	1.178	0.440	0.502	0.585	0.003	0.562	0.255	0.307	0	0.334
-16	7.0	1.713	0.999	1.501	2.344	1.178	0.440	0.502	0.585	0.003	0.562	0.255	0.307	0	0.334
-17	8.0	1.713	0.999	1.501	2.344	1.178	0.440	0.502	0.585	0.003	0.562	0.255	0.307	0	0.334
-18	8.0	1.713	0.999	1.501	2.344	1.178	0.440	0.502	0.585	0.003	0.562	0.255	0.307	0	0.334

## Lampiran 2.5 Tabel Data Analisa Parameter BH-5

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		ysat	yd	yt	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	φu	Cu
		(t/m3)	(t/m3)	(t/m3)	-	-	-	-	-	(cm2/dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm2)
0	0.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0	0.140
-1	0.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0	0.140
-2	0.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0	0.140
-3	0.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0	0.140
-4	0.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0	0.140
-5	0.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0	0.140
-6	0.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0	0.140
-7	1.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0	0.140
-8	1.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0	0.140
-9	3.0	1.698	1.120	1.698	2.652	1.367	0.515	0.578	0.820	0.003	0.633	0.308	0.325	0	0.210
-10	4.0	1.698	1.120	1.698	2.652	1.367	0.515	0.578	0.820	0.003	0.633	0.308	0.325	0	0.210
-11	6.0	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.669	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390
-12	7.0	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.669	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390
-13	7.0	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.669	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390
-14	7.0	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.669	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390
-15	10.0	1.704	1.134	1.704	2.635	1.324	0.502	0.570	0.669	0.003	0.658	0.284	0.374	0	0.390

Lampiran 2.6 Tabel Data Analisa Parameter BH-6

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		ysat	yd	yt	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
		(t/m3)	(t/m3)	(t/m3)	-	-	-	-	-	(cm2/dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm2)
0	4.0	1.695	1.118	1.695	2.642	1.364	0.516	0.577	0.722	0.003	0.628	0.307	0.321	0	0.189
-1	4.0	1.695	1.118	1.695	2.642	1.364	0.516	0.577	0.722	0.003	0.628	0.307	0.321	0	0.189
-2	4.0	1.695	1.118	1.695	2.642	1.364	0.516	0.577	0.722	0.003	0.628	0.307	0.321	0	0.189
-3	8.0	1.733	1.155	1.733	2.735	1.367	0.50	0.578	0.669	0.003	0.652	0.301	0.351	0	0.350

Lampiran 2.7 Tabel Data Analisa Parameter BH-7

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		ysat	yd	yt	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
		(t/m3)	(t/m3)	(t/m3)	-	-	-	-	-	(cm2/dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm2)
0	0.0	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0	0.140
-1	0.0	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0	0.140
-2	0.0	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0	0.140
-3	5.0	1.695	1.118	1.695	2.642	1.364	0.516	0.577	0.722	0.003	0.628	0.307	0.321	0	0.189
-4	10.0	1.703	1.138	1.703	2.614	1.297	0.50	0.565	0.669	0.003	0.604	0.283	0.321	0	0.410

Lampiran 2.8 Tabel Data Analisa Parameter Area A

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		ysat	yd	yt	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	φu	Cu
		(t/m3)	(t/m3)	(t/m3)	-	-	-	-	-	(cm <sup>2</sup> /dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm <sup>2</sup> )
0	4.5	1.768	1.251	1.768	2.591	1.079	0.417	0.518	*	*	*	*	*	33.000	0.000
-1	4.5	1.768	1.251	1.768	2.591	1.079	0.417	0.518	*	*	*	*	*	33.000	0.000
-2	4.5	1.768	1.251	1.768	2.591	1.079	0.417	0.518	*	*	*	*	*	33.000	0.000
-3	6.0	1.768	1.251	1.768	2.591	1.079	0.417	0.518	*	*	*	*	*	33.000	0.000
-4	7.3	1.768	1.251	1.768	2.591	1.079	0.417	0.518	*	*	*	*	*	33.000	0.000
-5	4.0	1.705	1.135	1.705	2.638	1.324	0.502	0.570	0.678	0.003	0.605	0.298	0.307	0.000	0.189
-6	4.0	1.705	1.135	1.705	2.638	1.324	0.502	0.570	0.678	0.003	0.605	0.298	0.307	0.000	0.189
-7	5.0	1.705	1.135	1.705	2.638	1.324	0.502	0.570	0.678	0.003	0.605	0.298	0.307	0.000	0.189
-8	5.0	1.705	1.135	1.705	2.638	1.324	0.502	0.570	0.678	0.003	0.605	0.298	0.307	0.000	0.189

Lampiran 2.9 Tabel Data Analisa Parameter Area B

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		ysat	yd	yt	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
		(t/m3)	(t/m3)	(t/m3)	-	-	-	-	-	(cm2/dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm2)
0	0.0	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0.000	0.140
-1	0.5	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0.000	0.140
-2	0.5	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0.000	0.140
-3	1.0	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0.000	0.140
-4	1.5	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0.000	0.140
-5	1.5	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0.000	0.140
-6	1.5	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0.000	0.140
-7	2.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0.000	0.140
-8	2.0	1.680	1.078	1.680	2.704	1.507	0.557	0.601	0.850	0.003	0.638	0.300	0.338	0.000	0.140
-9	3.0	1.690	1.110	1.690	2.644	1.384	0.523	0.580	0.745	0.003	0.640	0.312	0.328	0.000	0.189
-10	3.5	1.690	1.110	1.690	2.644	1.384	0.523	0.580	0.745	0.003	0.640	0.312	0.328	0.000	0.189
-11	5.0	1.690	1.110	1.690	2.644	1.384	0.523	0.580	0.745	0.003	0.640	0.312	0.328	0.000	0.189
-12	5.5	1.693	1.116	1.693	2.635	1.362	0.517	0.576	0.669	0.003	0.652	0.299	0.353	0.000	0.279
-13	5.5	1.693	1.116	1.693	2.635	1.362	0.517	0.576	0.669	0.003	0.652	0.299	0.353	0.000	0.279
-14	5.5	1.693	1.116	1.693	2.635	1.362	0.517	0.576	0.669	0.003	0.652	0.299	0.353	0.000	0.279
-15	6.0	1.711	1.138	1.711	2.666	1.344	0.504	0.573	0.674	0.003	0.644	0.291	0.353	0.000	0.364
-16	7.0	1.711	1.138	1.711	2.666	1.344	0.504	0.573	0.674	0.003	0.644	0.291	0.353	0.000	0.364
-17	8.0	1.711	1.138	1.711	2.666	1.344	0.504	0.573	0.674	0.003	0.644	0.291	0.353	0.000	0.364
-18	9.0	1.711	1.138	1.711	2.666	1.344	0.504	0.573	0.674	0.003	0.644	0.291	0.353	0.000	0.364



Lampiran 2.10 Tabel Data Analisa Parameter Area C

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		ysat	yd	yt	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
		(t/m3)	(t/m3)	(t/m3)	-	-	-	-	-	(cm2/dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm2)
0	6.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370
-1	6.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370
-2	6.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370
-3	5.0	1.744	1.208	1.744	2.603	1.154	0.443	0.536	*	*	0.422	0.280	0.142	29	0.000
-4	5.0	1.744	1.208	1.744	2.603	1.154	0.443	0.536	*	*	0.422	0.280	0.142	29	0.000
-5	8.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370
-6	8.0	1.730	1.148	1.730	2.748	1.394	0.507	0.582	0.669	0.003	0.633	0.302	0.331	0	0.370

Lampiran 2.11 Tabel Data Analisa Parameter Area D

Depth	N-SPT	Volumetric + Gravimetric							Consolidation		Atterberg Limit			Direct Test	
		ysat	yd	yt	Gs	e	Wc	n	Cc	Cv	LL	PL	IP	$\phi_u$	Cu
		(t/m3)	(t/m3)	(t/m3)	-	-	-	-	-	(cm2/dt)	-	-	-	(°)	(kg/cm2)
0	2	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0.000	0.140
-1	2	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0.000	0.140
-2	2	1.671	1.073	1.671	2.669	1.487	0.557	0.598	0.779	0.003	0.631	0.306	0.324	0.000	0.140
-3	7	1.714	1.137	1.714	2.688	1.365	0.508	0.577	0.696	0.003	0.640	0.304	0.336	0.000	0.269
-4	10	1.703	1.138	1.703	2.614	1.297	0.496	0.565	0.669	0.003	0.604	0.283	0.321	0.000	0.410

### **Lampiran 3**

#### **Analisa Geoteknik**

Pada bagian lampiran ini berisi :

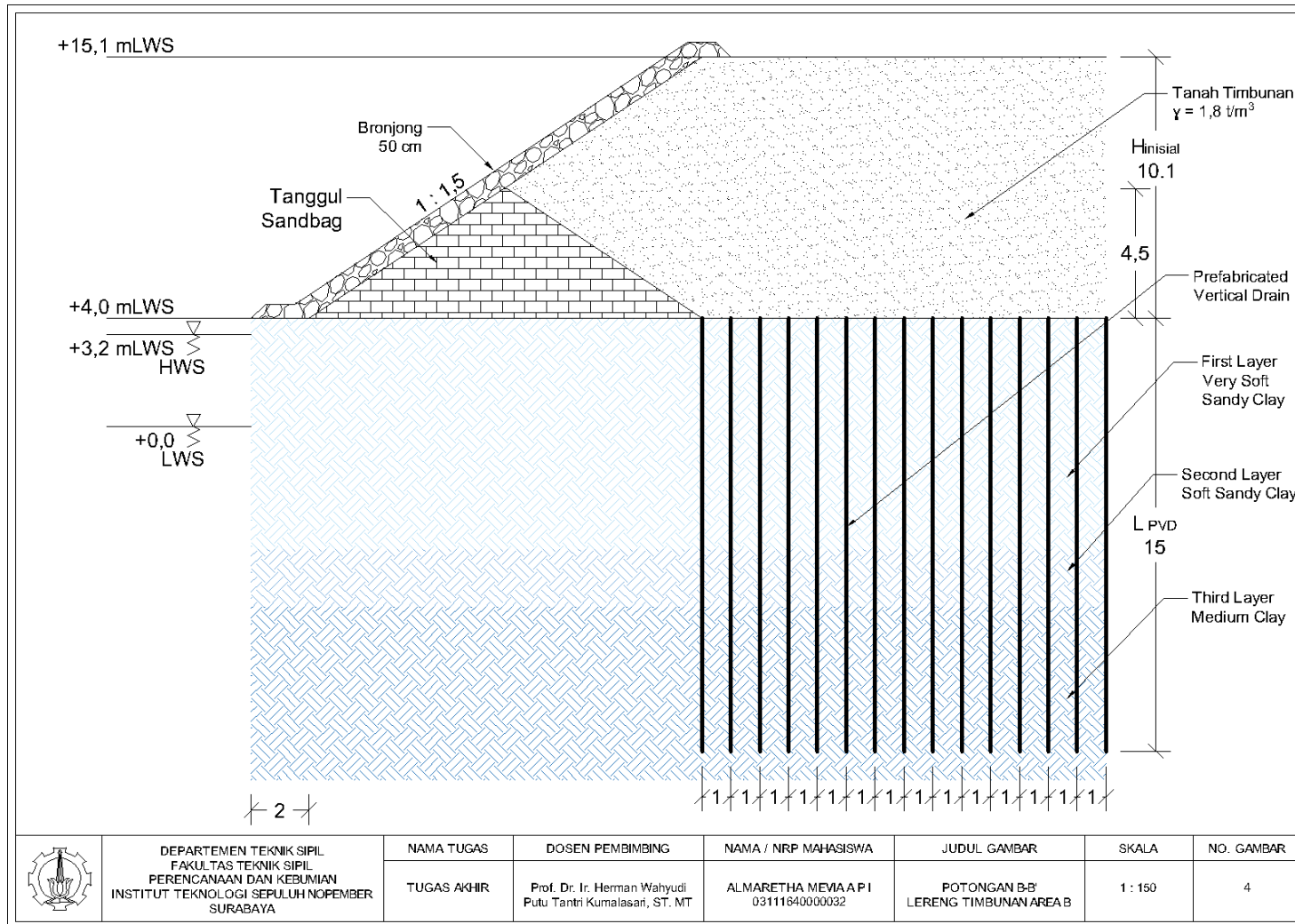
Lampiran 3.1 Layout Penampang Timbunan Area A .....	170
Lampiran 3.2 Layout Penampang Timbunan Area B.....	171
Lampiran 3.3 Layout Penampang Timbunan Area C.....	172
Lampiran 3.4 Layout Penampang Timbunan Area D .....	173
Lampiran 3.5 Pemampatan Area A .....	174
Lampiran 3.6 Tabel Pemampatan Area B .....	175
Lampiran 3.7 Tabel Pemampatan Area C .....	176
Lampiran 3.8 Tabel Pemampatan Area D .....	177
Lampiran 3.9 Grafik Hubungan Waktu dan Pemampatan Area A .....	178
Lampiran 3.10 Grafik Hubungan Waktu dan Pemampatan Area B .....	179
Lampiran 3.11 Grafik Hubungan Waktu dan Pemampatan Area C .....	180
Lampiran 3.12 Grafik Hubungan Waktu dan Pemampatan Area D .....	181
Lampiran 3.13 Grafik <i>Rate of Settlement</i> pada Area A.....	182
Lampiran 3.14 Grafik <i>Rate of Settlement</i> pada Area B.....	183
Lampiran 3.15 Tabel Perhitungan Pemampatan dengan $U < 100\%$ pada Area A.....	184
Lampiran 3.16 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Area A.....	185

Lampiran 3.17 Tabel Perhitungan Pemampatan dengan $U < 100\%$ pada Area B .....	186
Lampiran 3.18 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Area B .....	187
Lampiran 3.19 Tabel Perhitungan Pemampatan dengan $U < 100\%$ pada Area C .....	188
Lampiran 3.20 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Area C .....	189
Lampiran 3.21 Tabel Perhitungan Pemampatan dengan $U < 100\%$ pada Area D .....	190
Lampiran 3.22 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Area D .....	191
Lampiran 3.23 Tabel Faktor Keamanan Lereng Area A pada $H_{\text{inisial}}$ .....	192
Lampiran 3.24 Gambar Hasil Faktor Keamanan Lereng Area A pada $H_{\text{inisial}}$ .....	192
Lampiran 3.25 Tabel Faktor Keamanan Lereng Area B pada $H_{\text{inisial}}$ .....	197
Lampiran 3.26 Gambar Hasil Faktor Keamanan Lereng Area B pada $H_{\text{inisial}}$ .....	198
Lampiran 3.27 Tabel Faktor Keamanan Lereng Area C pada $H_{\text{inisial}}$ .....	205
Lampiran 3.28 Gambar Hasil Faktor Keamanan Lereng Area C pada $H_{\text{inisial}}$ .....	205
Lampiran 3.29 Tabel Faktor Keamanan Lereng Area D pada $H_{\text{inisial}}$ .....	209
Lampiran 3.30 Gambar Hasil Faktor Keamanan Lereng Area D pada $H_{\text{inisial}}$ .....	209
Lampiran 3.31 Tabel Perhitungan Nilai Cu Baru Area A .....	213

Lampiran 3.32 Tabel Perhitungan Nilai Cu Baru Area B .....	213
Lampiran 3.33 Tabel Perhitungan Nilai Cu Baru Area C .....	214
Lampiran 3.34 Tabel Perhitungan Nilai Cu Baru Area D .....	214

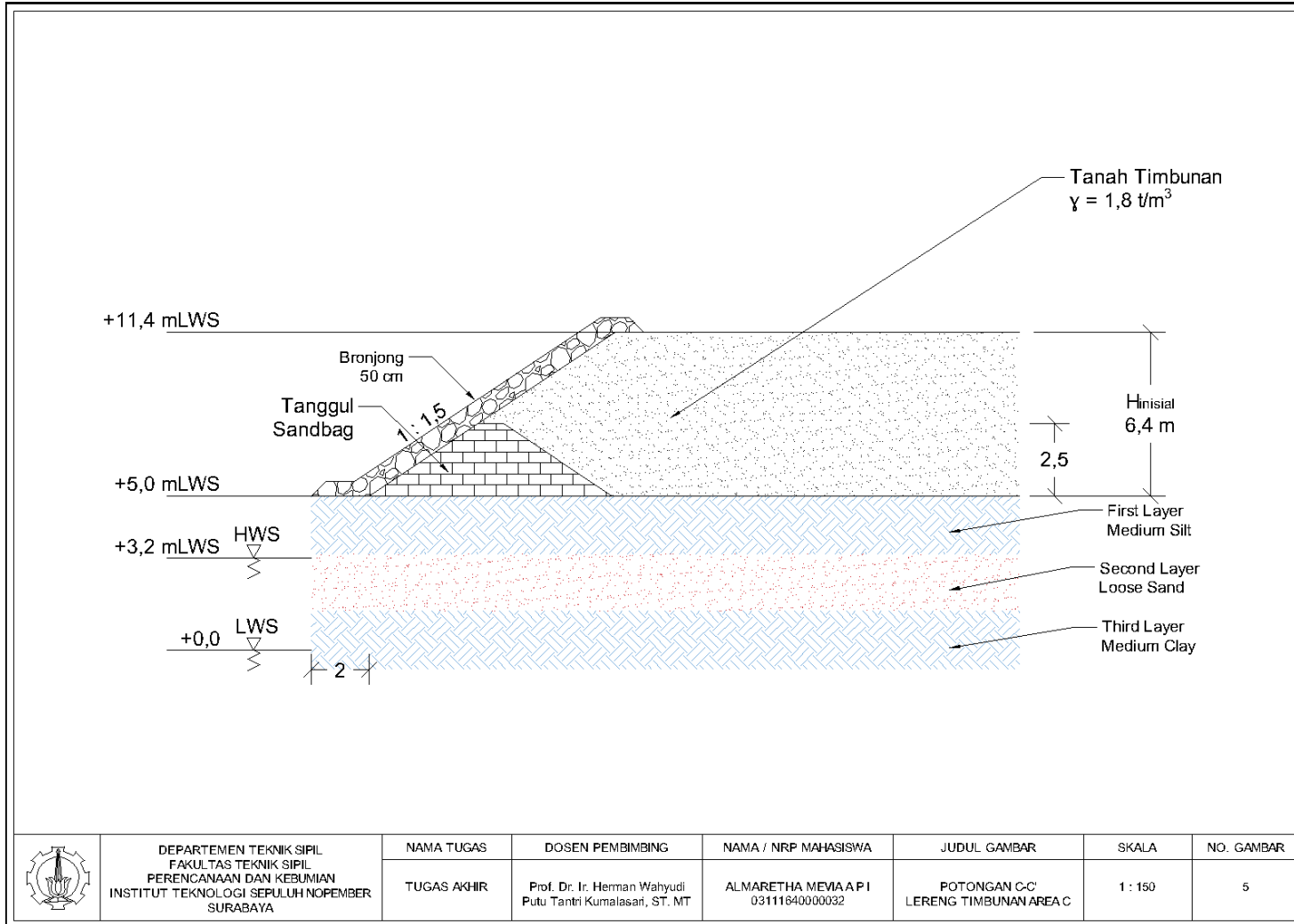


Lampiran 3.2 Layout Penampang Timbunan Area B

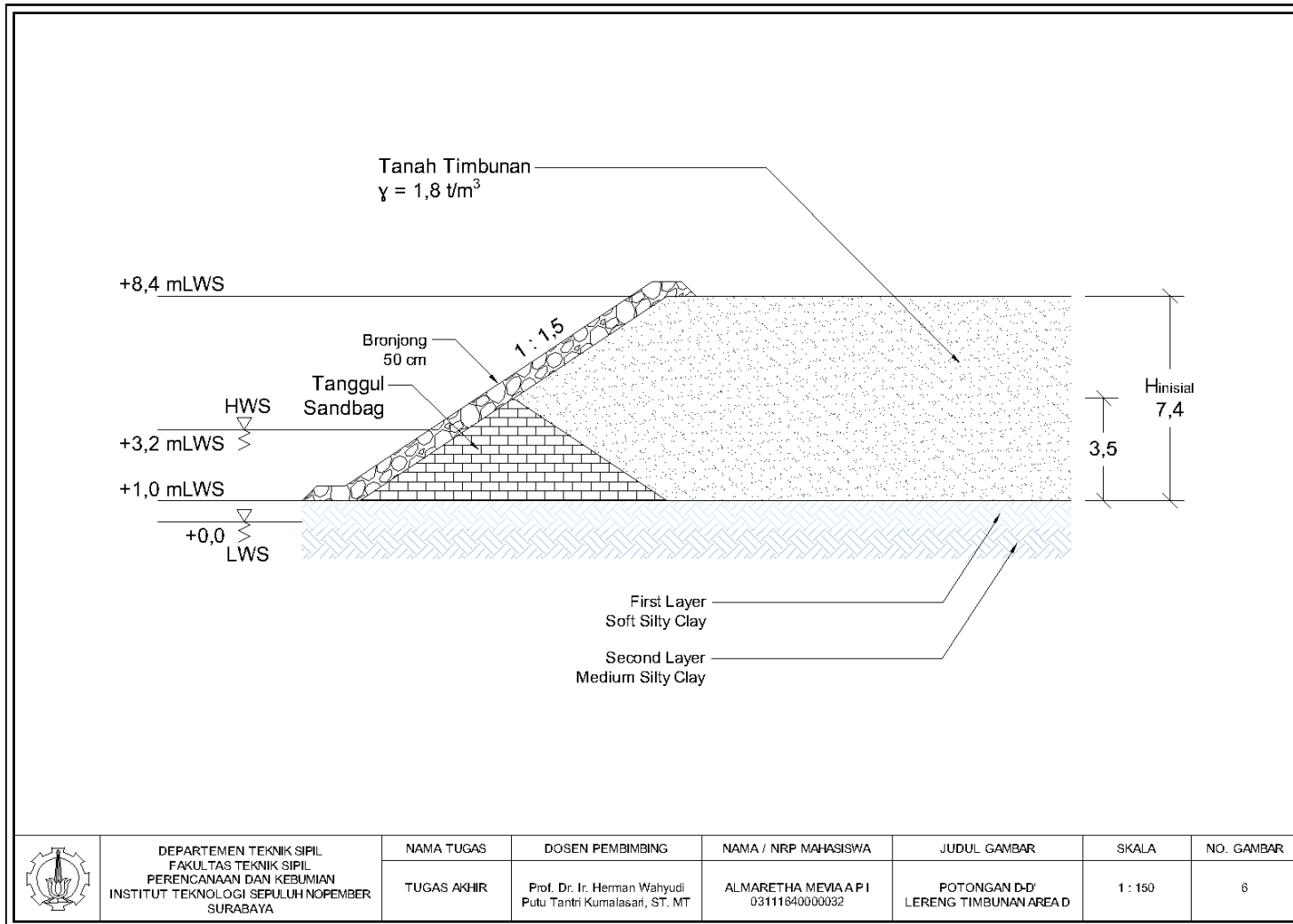


	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA / NRP MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. GAMBAR
		TUGAS AKHIR	Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi Putu Tantri Kumalasari, ST. MT	ALMARETHA MEVIA A P I 0311164000032	POTONGAN B-B' LERENG TIMBUNAN AREA B	1 : 150	4

Lampiran 3.3 Layout Penampang Timbunan Area C



Lampiran 3.4 Layout Penampang Timbunan Area D

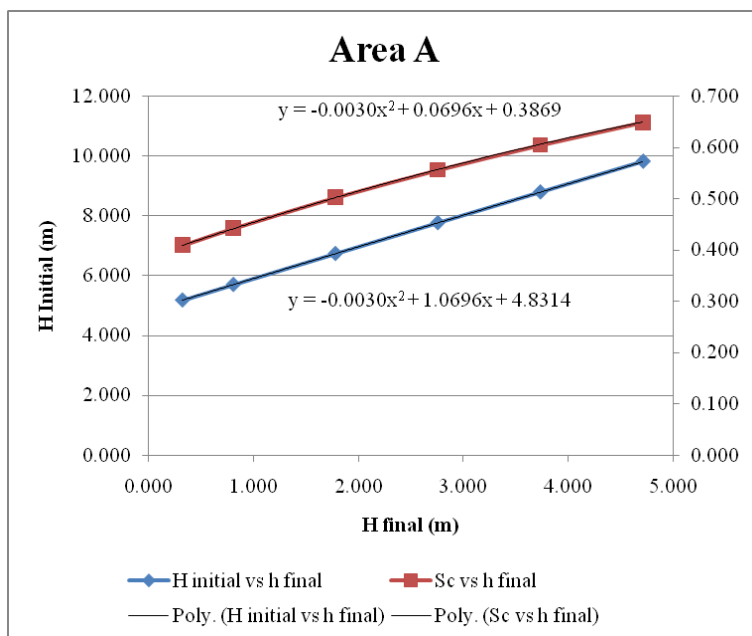




## Lampiran 3.5 Pemampatan Area A

H timbunan (m)	q all (t/m <sup>2</sup> )	Sc (m)	H inisial (m)	H bongkar (m)	H final (m)
0.5	8.90	0.408	5.171	4.444	0.319
1.0	9.80	0.441	5.690	4.444	0.804
2.0	11.60	0.502	6.723	4.444	1.777
3.0	13.40	0.556	7.753	4.444	2.753
4.0	15.20	0.604	8.780	4.444	3.731
5.0	17.00	0.649	9.805	4.444	4.712

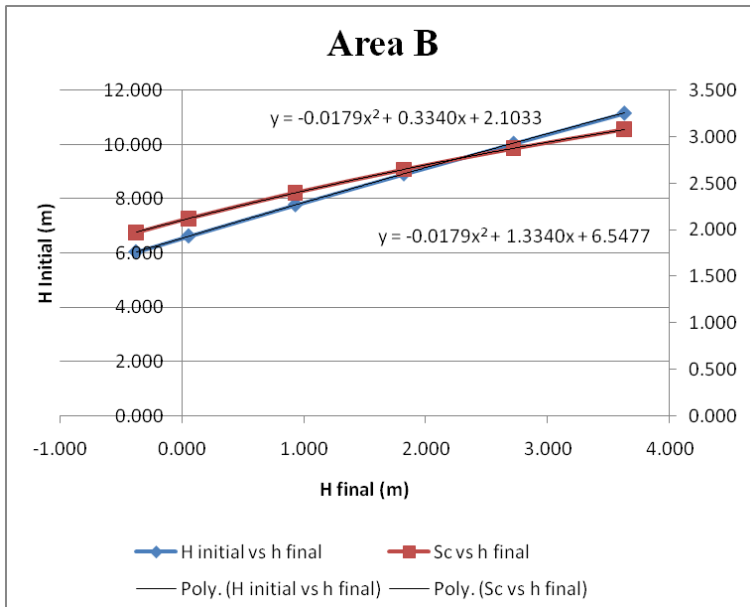
Pemampatan Akibat Variasi Beban pada Area A

Grafik Hubungan  $H_{\text{inisial}}$  vs  $H_{\text{final}}$  vs  $S_c$  pada Area A

## Lampiran 3.6 Tabel Pemampatan Area B

H timbunan (m)	q all (t/m <sup>2</sup> )	Sc (m)	H inisial (m)	H bongkar (m)	H final (m)
0.5	8.90	1.972	6.040	4.444	-0.376
1.0	9.80	2.124	6.625	4.444	0.056
2.0	11.60	2.402	7.779	4.444	0.932
3.0	13.40	2.651	8.917	4.444	1.822
4.0	15.20	2.876	10.042	4.444	2.722
5.0	17.00	3.082	11.156	4.444	3.630

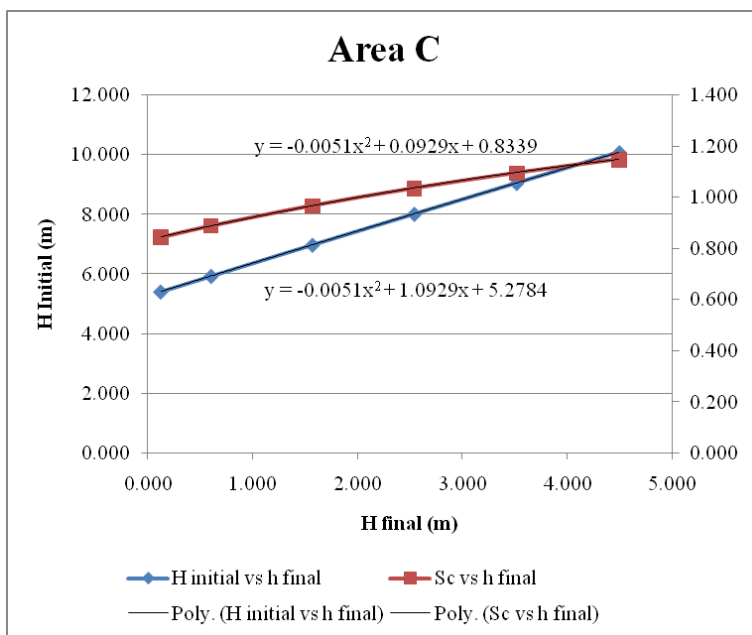
Pemampatan Akibat Variasi Beban pada Area B

Grafik Hubungan  $H_{\text{inisial}}$  vs  $H_{\text{final}}$  vs  $S_c$  pada Area B

## Lampiran 3.7 Tabel Pemampatan Area C

H timbunan (m)	q all (t/m <sup>2</sup> )	Sc (m)	H inisial (m)	H bongkar (m)	H final (m)
0.5	8.90	0.844	5.413	4.444	0.125
1.0	9.80	0.889	5.938	4.444	0.605
2.0	11.60	0.968	6.982	4.444	1.570
3.0	13.40	1.036	8.020	4.444	2.539
4.0	15.20	1.096	9.053	4.444	3.513
5.0	17.00	1.149	10.083	4.444	4.489

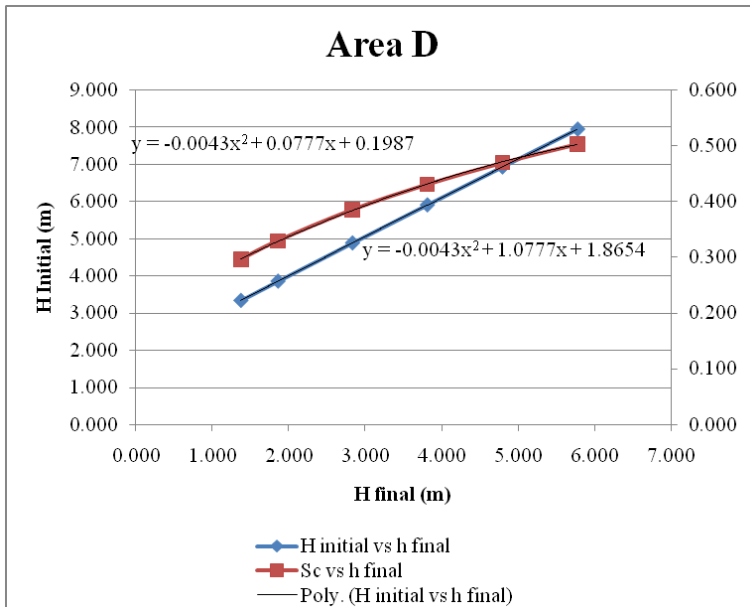
Pemampatan Akibat Variasi Beban pada Area C

Grafik Hubungan  $H_{\text{inisial}}$  vs  $H_{\text{final}}$  vs  $S_c$  pada Area C

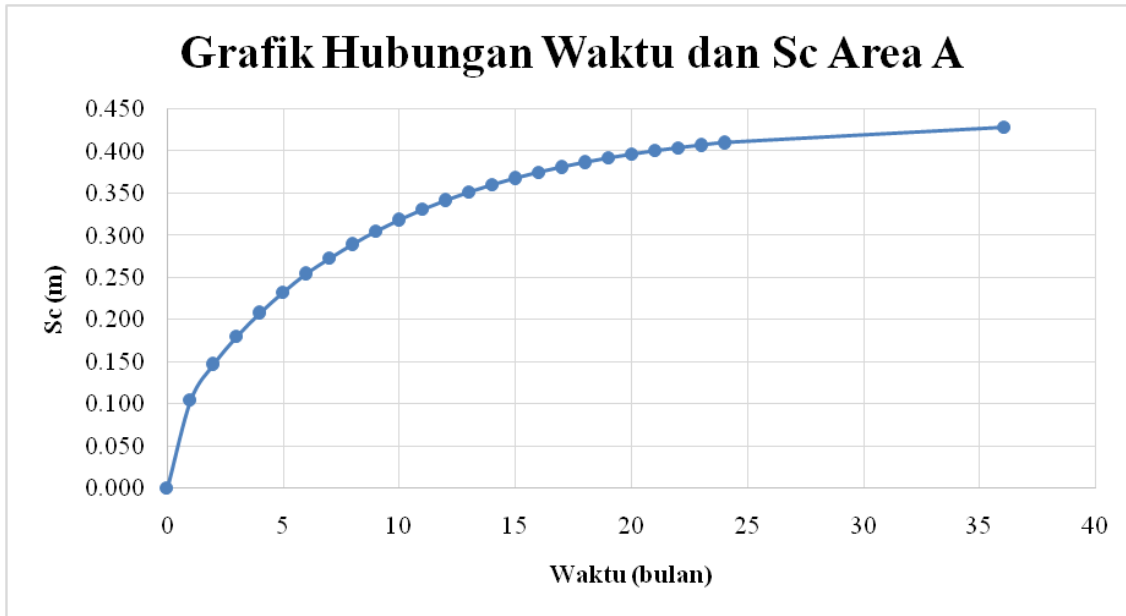
## Lampiran 3.8 Tabel Pemampatan Area D

H timbunan (m)	q all (t/m <sup>2</sup> )	Sc (m)	H inisial (m)	H bongkar (m)	H final (m)
1.5	8.90	0.296	3.331	1.667	1.369
2.0	9.80	0.329	3.850	1.667	1.854
3.0	11.60	0.385	4.881	1.667	2.829
4.0	13.40	0.431	5.906	1.667	3.808
5.0	15.20	0.470	6.928	1.667	4.791
6.0	17.00	0.504	7.946	1.667	5.776

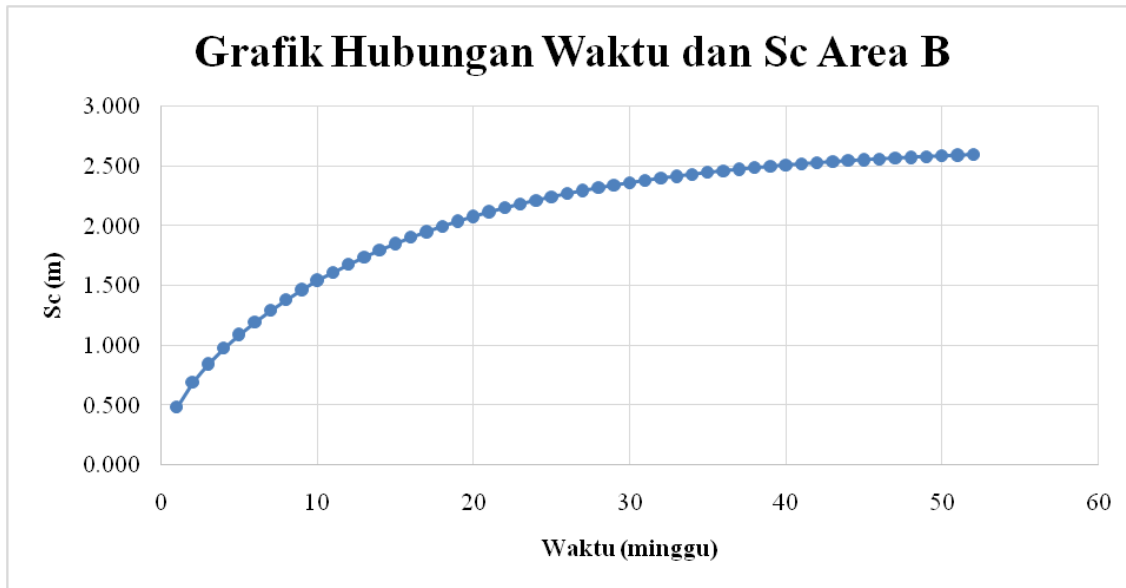
Pemampatan Akibat Variasi Beban pada Area D

Grafik Hubungan  $H_{\text{inisial}}$  vs  $H_{\text{final}}$  vs  $S_c$  pada Area D

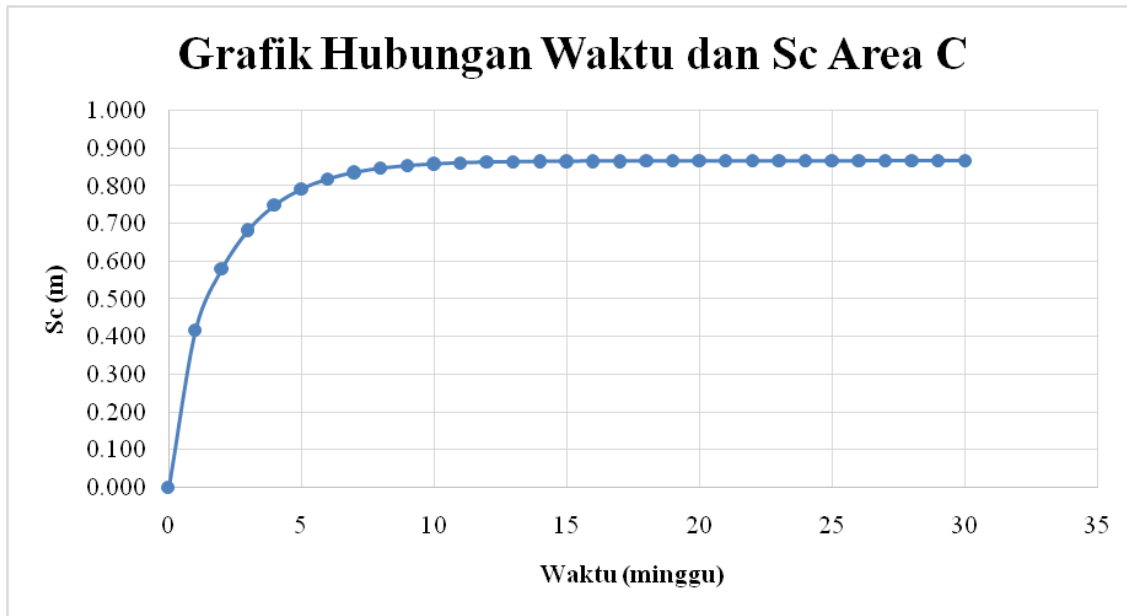
Lampiran 3.9 Grafik Hubungan Waktu dan Pemampatan Area A



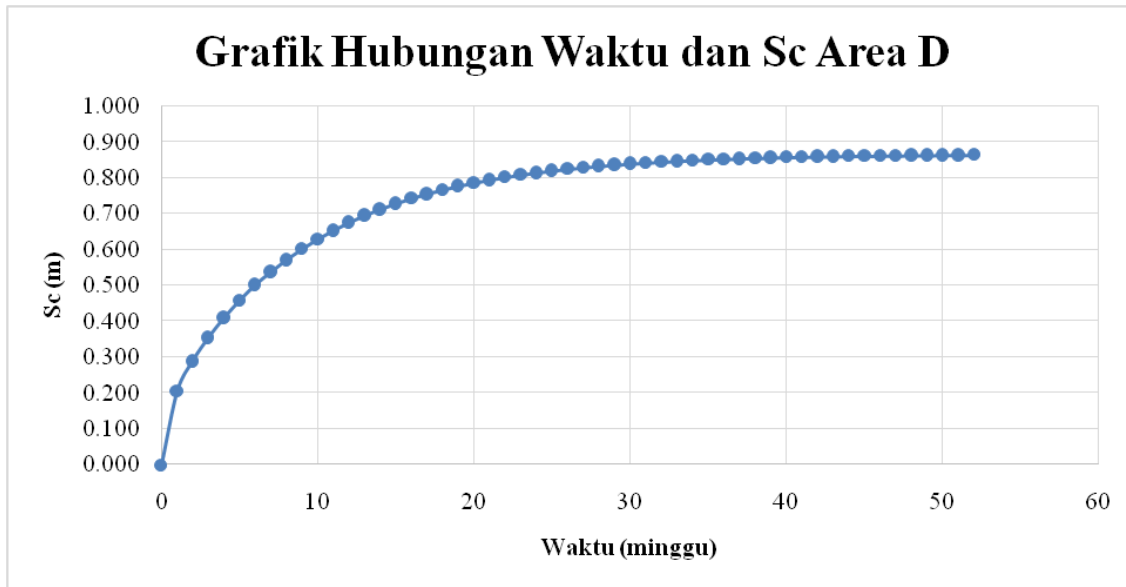
Lampiran 3.10 Grafik Hubungan Waktu dan Pemampatan Area B



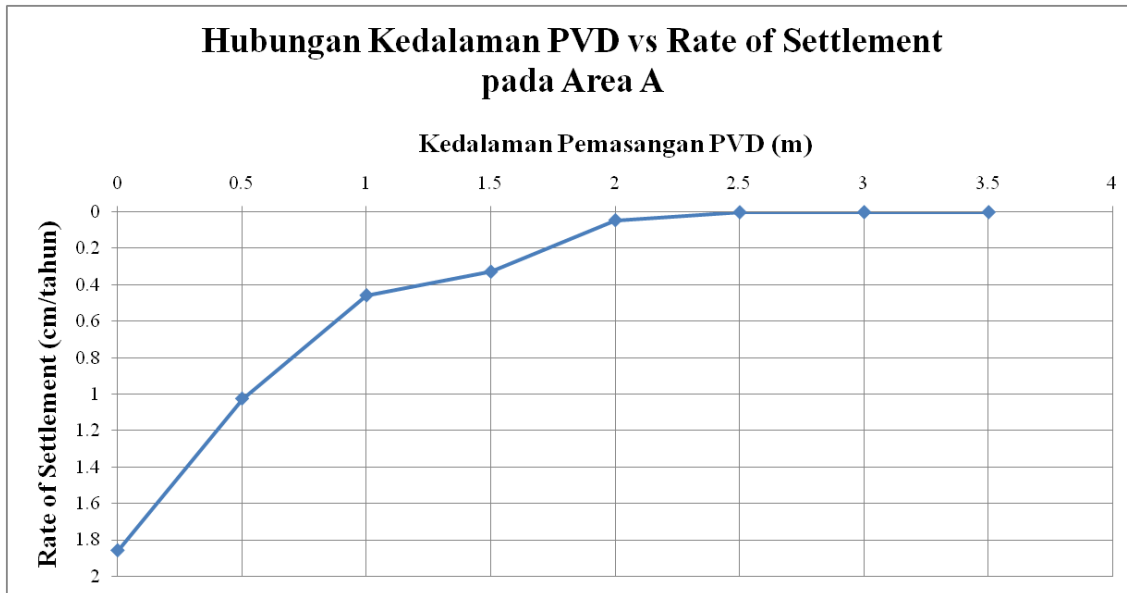
Lampiran 3.11 Grafik Hubungan Waktu dan Pemampatan Area C

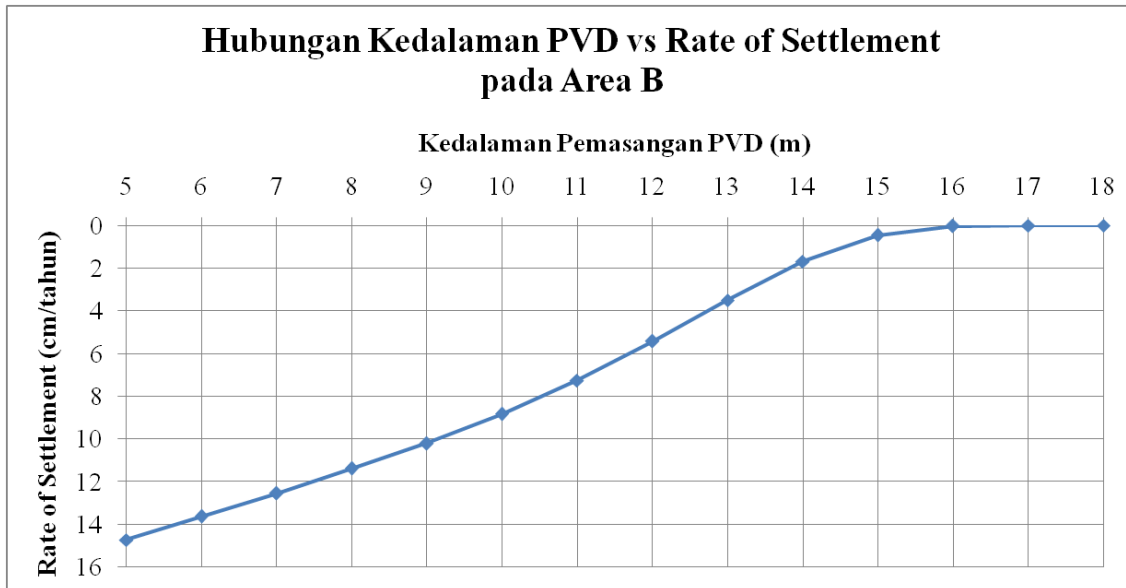


Lampiran 3.12 Grafik Hubungan Waktu dan Pemampatan Area D





Lampiran 3.13 Grafik *Rate of Settlement* pada Area A

Lampiran 3.14 Grafik *Rate of Settlement* pada Area B

Lampiran 3.15 Tabel Perhitungan Pemampatan dengan  $U < 100\%$  pada Area A

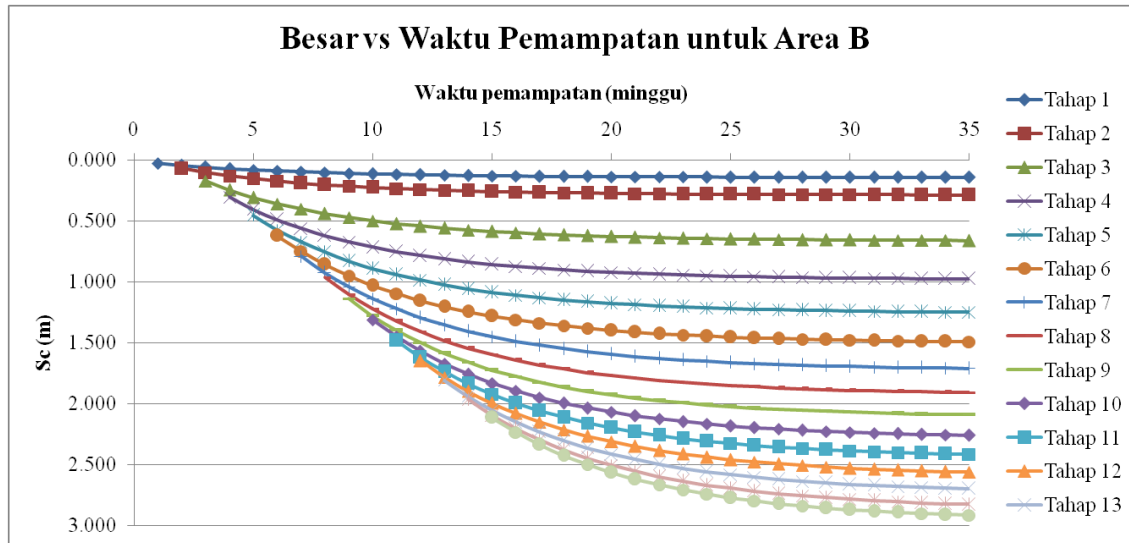
Sc pada U tiap tahap									
t (minggu )	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9
1	0.003								
2	0.006	0.010							
3	0.008	0.015	0.027						
4	0.010	0.020	0.040	0.050					
5	0.012	0.024	0.052	0.070	0.078				
6	0.013	0.028	0.062	0.086	0.102	0.109			
7	0.014	0.031	0.071	0.101	0.122	0.136	0.143		
8	0.015	0.034	0.079	0.114	0.140	0.159	0.171	0.178	
9	0.016	0.036	0.085	0.124	0.155	0.179	0.196	0.207	0.215
10	0.017	0.038	0.091	0.134	0.168	0.196	0.217	0.233	0.246
11	0.018	0.040	0.096	0.142	0.180	0.211	0.235	0.255	0.274
12	0.018	0.041	0.100	0.149	0.190	0.223	0.251	0.274	0.297
13	0.019	0.042	0.104	0.155	0.198	0.235	0.265	0.291	0.318
14	0.019	0.043	0.107	0.160	0.206	0.244	0.277	0.305	0.336
15	0.020	0.044	0.110	0.165	0.212	0.252	0.287	0.317	0.351
16	0.020	0.045	0.112	0.169	0.218	0.260	0.296	0.328	0.364
17	0.021	0.046	0.114	0.172	0.222	0.266	0.304	0.337	0.376
18	0.021	0.047	0.116	0.175	0.227	0.271	0.311	0.346	0.386
19	0.021	0.047	0.118	0.178	0.230	0.276	0.317	0.353	0.394
20	0.021	0.048	0.119	0.180	0.233	0.280	0.322	0.359	0.402
21	0.021	0.048	0.120	0.182	0.236	0.284	0.326	0.364	0.408
22	0.021	0.048	0.121	0.184	0.238	0.287	0.330	0.368	0.414
23	0.022	0.049	0.122	0.185	0.241	0.289	0.333	0.372	0.419
24	0.022	0.049	0.123	0.187	0.242	0.292	0.336	0.376	0.423
25	0.022	0.049	0.124	0.188	0.244	0.294	0.338	0.379	0.427



Lampiran 3.17 Tabel Perhitungan Pemampatan dengan  $U < 100\%$  pada Area B

Sc pada U tiap tahap															
t (minggu)	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9	Tahap 10	Tahap 11	Tahap 12	Tahap 13	Tahap 14	Tahap 15
1	0.026														
2	0.044	0.071													
3	0.059	0.104	0.173												
4	0.071	0.131	0.247	0.305											
5	0.082	0.154	0.308	0.406	0.457										
6	0.091	0.173	0.360	0.490	0.575	0.620									
7	0.098	0.190	0.404	0.561	0.675	0.750	0.790								
8	0.105	0.204	0.441	0.622	0.759	0.859	0.927	0.964							
9	0.110	0.216	0.473	0.673	0.830	0.952	1.042	1.104	1.138						
10	0.115	0.226	0.500	0.717	0.891	1.030	1.140	1.222	1.279	1.311					
11	0.119	0.235	0.523	0.754	0.943	1.097	1.223	1.323	1.399	1.452	1.481				
12	0.123	0.242	0.543	0.786	0.987	1.154	1.294	1.408	1.500	1.571	1.620	1.647			
13	0.126	0.249	0.560	0.814	1.025	1.204	1.354	1.481	1.587	1.672	1.737	1.783	1.809		
14	0.128	0.254	0.575	0.837	1.058	1.246	1.406	1.544	1.661	1.758	1.837	1.899	1.942	1.967	
15	0.130	0.259	0.588	0.858	1.086	1.282	1.451	1.597	1.724	1.832	1.923	1.997	2.055	2.096	2.113
16	0.132	0.263	0.598	0.875	1.110	1.313	1.489	1.643	1.778	1.895	1.996	2.081	2.151	2.206	2.234
17	0.134	0.267	0.608	0.890	1.131	1.339	1.522	1.683	1.825	1.949	2.059	2.153	2.233	2.299	2.337
18	0.135	0.270	0.616	0.903	1.148	1.362	1.550	1.717	1.865	1.996	2.112	2.215	2.303	2.379	2.425
19	0.137	0.272	0.623	0.914	1.164	1.382	1.574	1.746	1.899	2.036	2.158	2.267	2.363	2.447	2.500
20	0.138	0.275	0.629	0.923	1.177	1.399	1.595	1.771	1.928	2.070	2.198	2.313	2.415	2.506	2.565
21	0.138	0.277	0.634	0.932	1.188	1.413	1.613	1.792	1.954	2.100	2.232	2.352	2.459	2.556	2.620
22	0.139	0.278	0.638	0.939	1.198	1.426	1.629	1.811	1.976	2.125	2.261	2.385	2.497	2.599	2.667
23	0.140	0.280	0.642	0.945	1.206	1.437	1.642	1.827	1.994	2.147	2.286	2.414	2.530	2.636	2.708
24	0.140	0.281	0.645	0.950	1.214	1.446	1.653	1.841	2.011	2.166	2.308	2.439	2.558	2.668	2.743
25	0.141	0.282	0.648	0.955	1.220	1.454	1.663	1.852	2.025	2.182	2.327	2.460	2.583	2.696	2.773
26	0.141	0.283	0.650	0.958	1.225	1.461	1.672	1.863	2.037	2.196	2.343	2.478	2.603	2.719	2.799
27	0.142	0.284	0.652	0.962	1.230	1.467	1.679	1.871	2.047	2.208	2.357	2.494	2.621	2.740	2.821
28	0.142	0.285	0.654	0.965	1.234	1.472	1.685	1.879	2.056	2.218	2.368	2.508	2.637	2.757	2.840
29	0.142	0.285	0.656	0.967	1.237	1.476	1.691	1.885	2.063	2.227	2.379	2.519	2.650	2.772	2.857
30	0.143	0.286	0.657	0.969	1.240	1.480	1.695	1.891	2.070	2.235	2.388	2.529	2.662	2.785	2.871

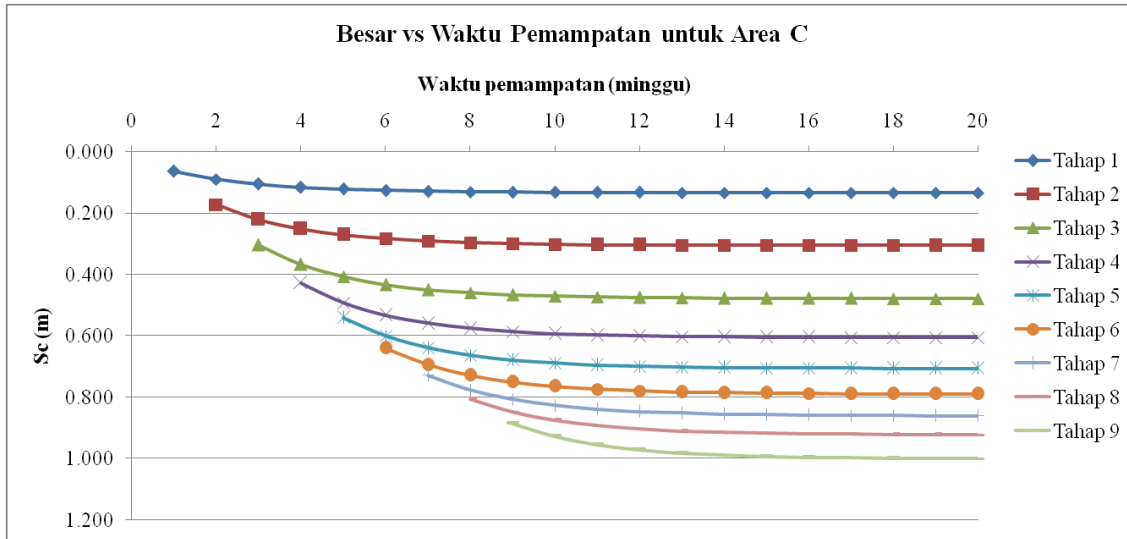
Lampiran 3.18 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Area B



Lampiran 3.19 Tabel Perhitungan Pemampatan dengan  $U < 100\%$  pada Area C

Sc pada U tiap tahap									
t (minggu)	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9
1	0.064								
2	0.089	0.172							
3	0.105	0.220	0.303						
4	0.116	0.251	0.367	0.428					
5	0.122	0.271	0.407	0.492	0.540				
6	0.126	0.283	0.433	0.533	0.600	0.640			
7	0.129	0.291	0.449	0.559	0.639	0.694	0.728		
8	0.131	0.296	0.460	0.576	0.663	0.729	0.776	0.806	
9	0.132	0.300	0.466	0.587	0.679	0.751	0.807	0.848	0.886
10	0.132	0.302	0.471	0.593	0.689	0.765	0.826	0.875	0.927
11	0.133	0.303	0.473	0.598	0.695	0.774	0.839	0.892	0.954
12	0.133	0.304	0.475	0.601	0.699	0.779	0.847	0.903	0.971
13	0.133	0.304	0.476	0.602	0.702	0.783	0.852	0.910	0.982
14	0.133	0.305	0.477	0.603	0.703	0.785	0.855	0.915	0.989
15	0.133	0.305	0.477	0.604	0.704	0.787	0.857	0.918	0.993
16	0.133	0.305	0.478	0.605	0.705	0.788	0.858	0.919	0.996
17	0.134	0.305	0.478	0.605	0.705	0.788	0.859	0.921	0.998
18	0.134	0.305	0.478	0.605	0.706	0.789	0.860	0.921	0.999
19	0.134	0.305	0.478	0.605	0.706	0.789	0.860	0.922	0.999
20	0.134	0.305	0.478	0.605	0.706	0.789	0.860	0.922	1.000

Lampiran 3.20 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Area C

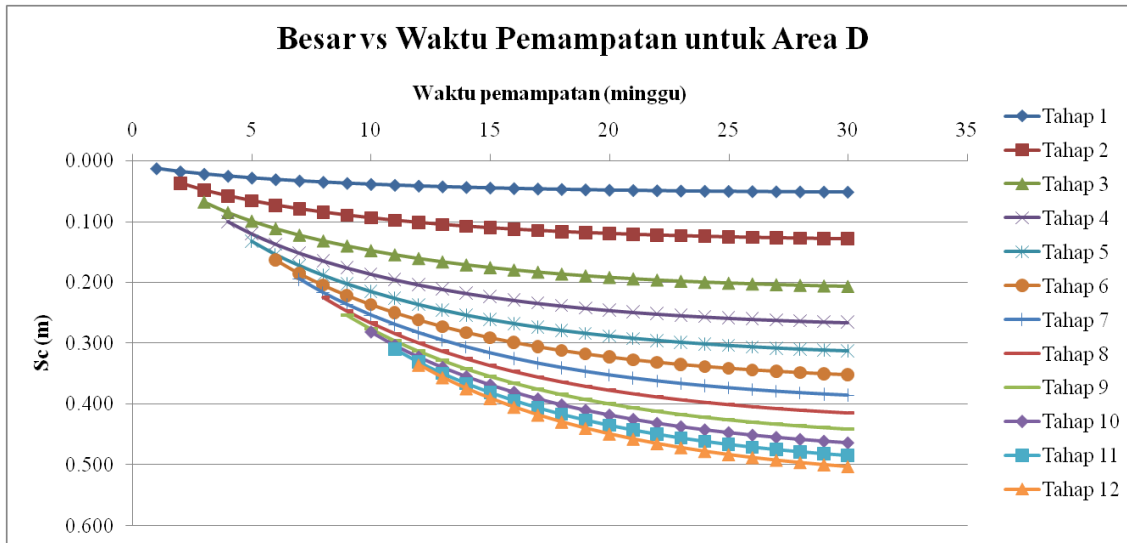




Lampiran 3.21 Tabel Perhitungan Pemampatan dengan  $U < 100\%$  pada Area D

Sc pada U tiap tahap												
t (minggu)	Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9	Tahap 10	Tahap 11	Tahap 12
1	0.013											
2	0.018	0.037										
3	0.022	0.048	0.068									
4	0.025	0.058	0.085	0.100								
5	0.028	0.066	0.099	0.120	0.132							
6	0.031	0.073	0.112	0.137	0.154	0.163						
7	0.033	0.079	0.122	0.152	0.172	0.186	0.194					
8	0.035	0.084	0.132	0.164	0.188	0.205	0.217	0.224				
9	0.037	0.089	0.140	0.176	0.202	0.222	0.236	0.247	0.254			
10	0.039	0.094	0.148	0.186	0.215	0.237	0.254	0.267	0.276	0.282		
11	0.040	0.097	0.155	0.195	0.226	0.250	0.269	0.284	0.295	0.304	0.309	
12	0.042	0.101	0.161	0.204	0.236	0.262	0.283	0.299	0.313	0.323	0.331	0.335
13	0.043	0.104	0.166	0.211	0.246	0.273	0.295	0.313	0.328	0.340	0.349	0.356
14	0.044	0.107	0.171	0.218	0.254	0.283	0.306	0.326	0.342	0.355	0.366	0.374
15	0.045	0.110	0.176	0.224	0.261	0.291	0.316	0.337	0.354	0.369	0.381	0.391
16	0.046	0.112	0.180	0.229	0.268	0.299	0.325	0.347	0.365	0.381	0.394	0.405
17	0.046	0.114	0.183	0.234	0.274	0.306	0.333	0.356	0.375	0.392	0.406	0.418
18	0.047	0.116	0.186	0.238	0.279	0.313	0.340	0.364	0.384	0.402	0.417	0.430
19	0.048	0.118	0.189	0.242	0.284	0.318	0.347	0.371	0.392	0.410	0.426	0.440
20	0.048	0.119	0.192	0.246	0.288	0.323	0.353	0.378	0.399	0.418	0.435	0.449
21	0.049	0.120	0.194	0.249	0.292	0.328	0.358	0.383	0.406	0.425	0.443	0.458
22	0.049	0.122	0.196	0.252	0.296	0.332	0.362	0.389	0.412	0.432	0.449	0.465
23	0.050	0.123	0.198	0.254	0.299	0.335	0.367	0.393	0.417	0.437	0.456	0.472
24	0.050	0.124	0.200	0.256	0.302	0.339	0.370	0.398	0.421	0.443	0.461	0.478
25	0.050	0.125	0.201	0.258	0.304	0.342	0.374	0.401	0.426	0.447	0.466	0.484
26	0.051	0.125	0.203	0.260	0.306	0.344	0.377	0.405	0.429	0.451	0.471	0.488
27	0.051	0.126	0.204	0.262	0.308	0.347	0.379	0.408	0.433	0.455	0.475	0.493
28	0.051	0.127	0.205	0.263	0.310	0.349	0.382	0.410	0.436	0.458	0.478	0.497
29	0.051	0.127	0.206	0.265	0.312	0.351	0.384	0.413	0.438	0.461	0.482	0.500
30	0.052	0.128	0.207	0.266	0.313	0.352	0.386	0.415	0.441	0.464	0.485	0.503

Lampiran 3.22 Grafik Pemampatan Akibat Timbunan Bertahap pada Area D

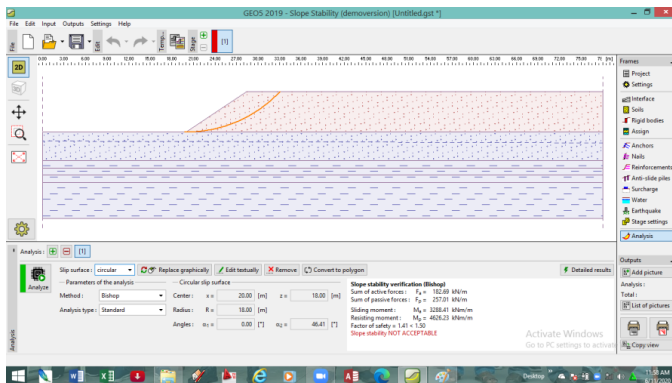
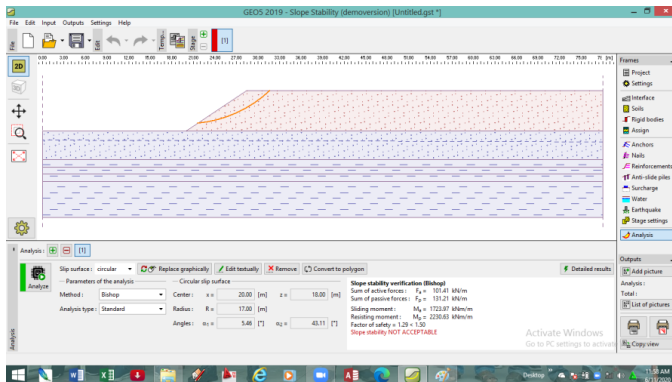
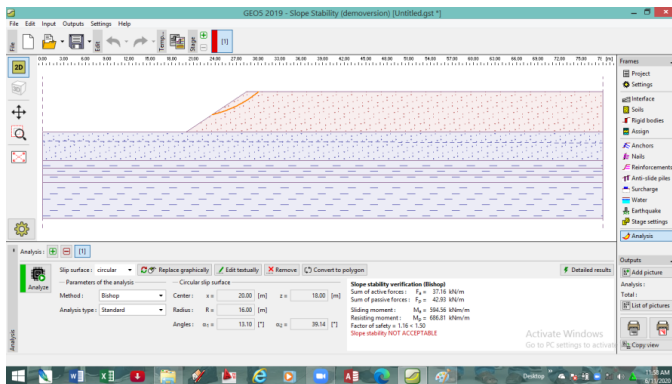


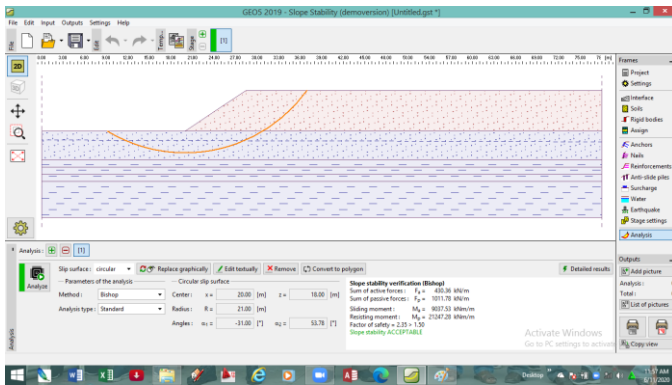
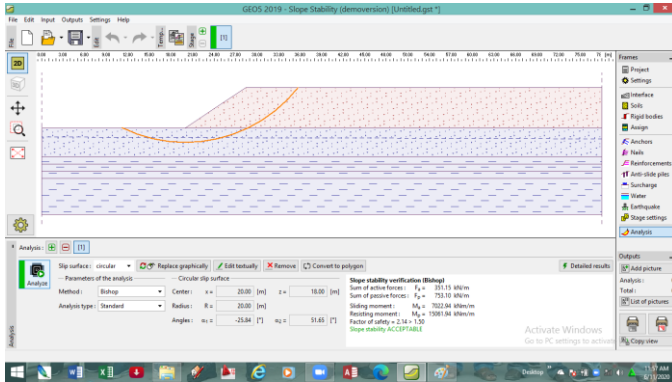
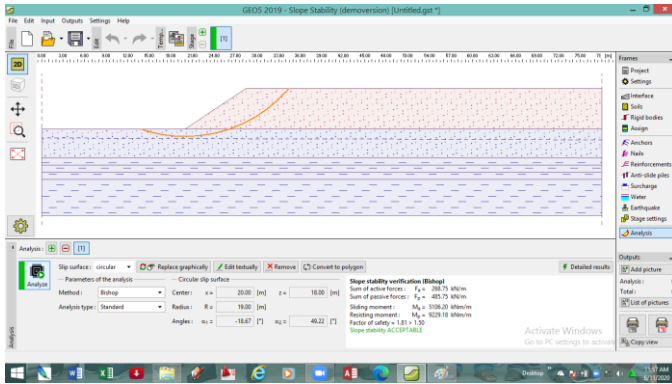
### Lampiran 3.23 Tabel Faktor Keamanan Lereng Area A pada $H_{inisial}$

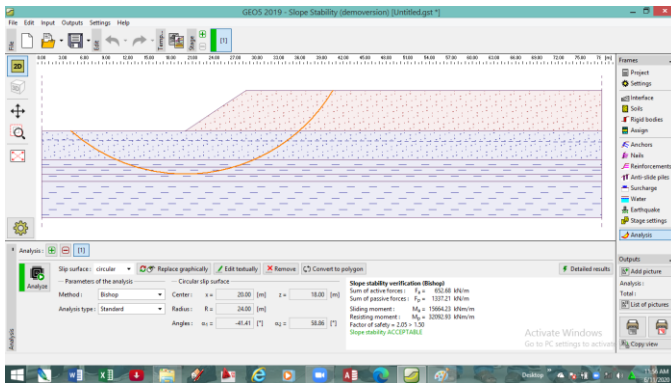
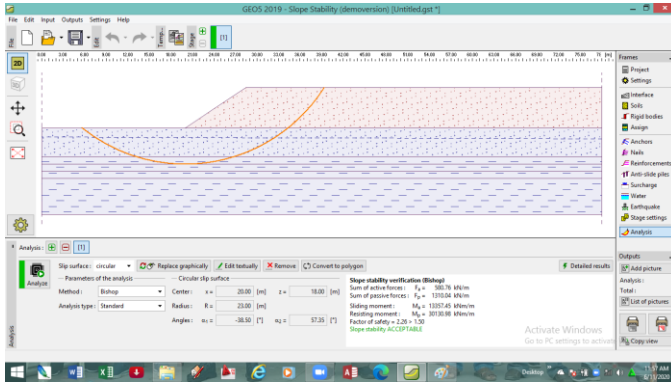
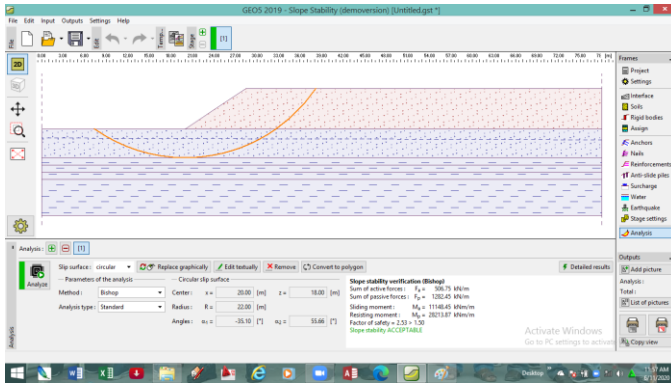
Center		R	SF Lapangan	SF Minimum	CEK
x	z				
20.00	18.00	15.50	1.06	1	OK
20.00	18.00	16.00	1.16	1	OK
20.00	18.00	17.00	1.29	1	OK
20.00	18.00	18.00	1.41	1	OK
20.00	18.00	19.00	1.81	1	OK
20.00	18.00	20.00	2.14	1	OK
20.00	18.00	21.00	2.35	1	OK
20.00	18.00	22.00	2.53	1	OK
20.00	18.00	23.00	2.26	1	OK
20.00	18.00	24.00	2.05	1	OK
20.00	18.00	25.00	1.92	1	OK
20.00	18.00	26.00	1.85	1	OK

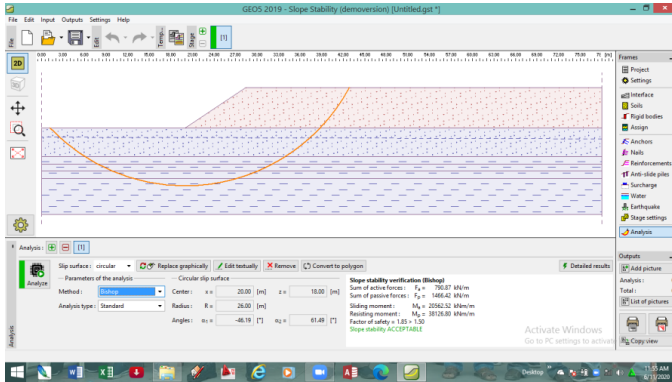
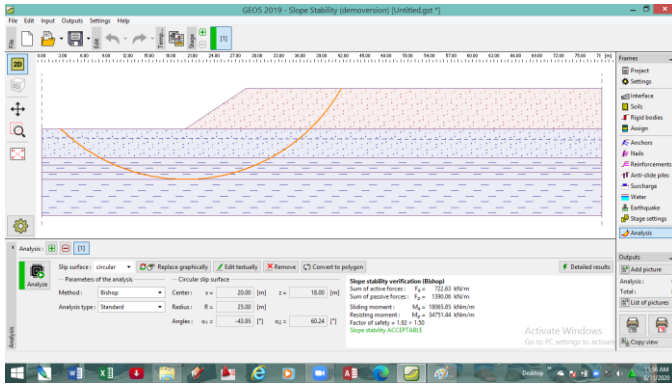
### Lampiran 3.24 Gambar Hasil Faktor Keamanan Lereng Area A pada $H_{inisial}$









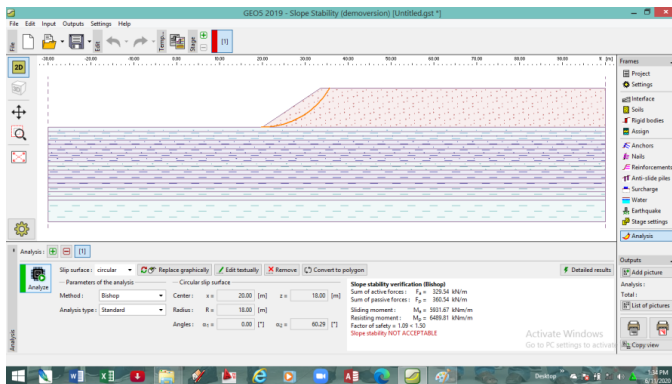
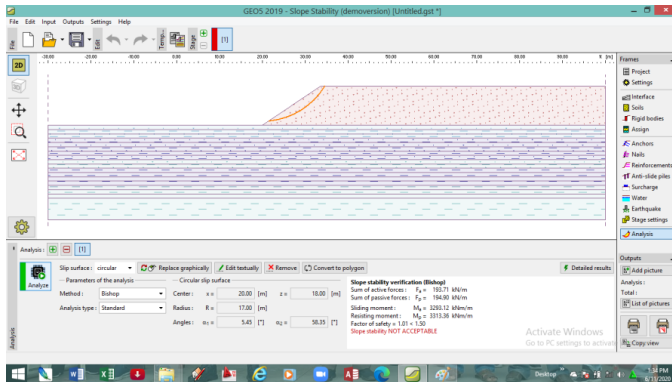


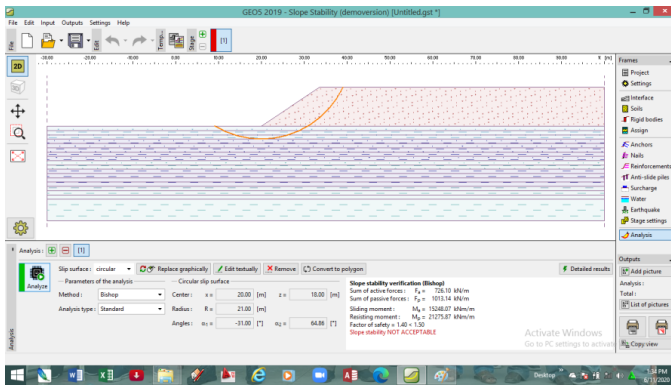
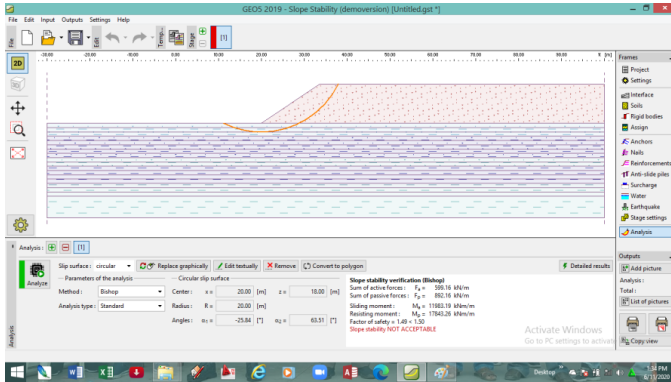
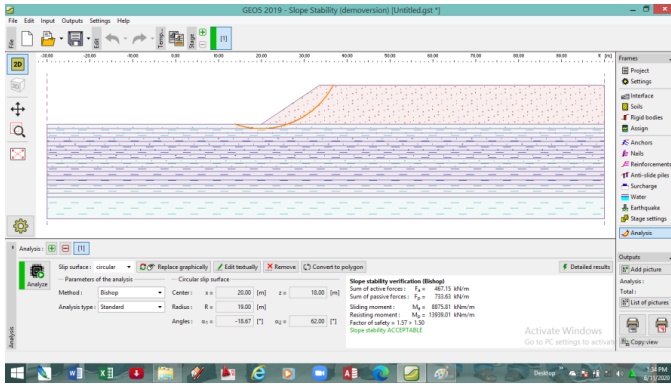
Lampiran 3.25 Tabel Faktor Keamanan Lereng Area Bpada  $H_{\text{inisial}}$ 

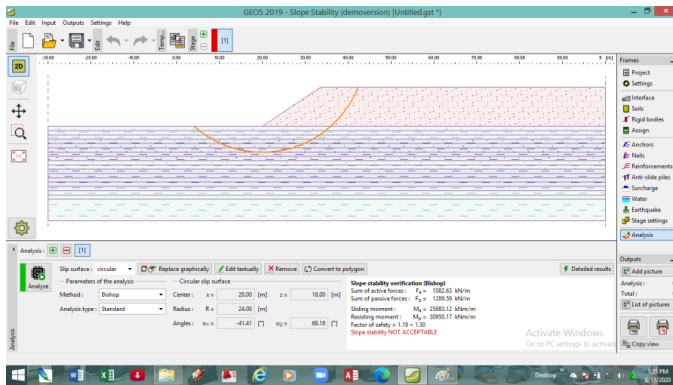
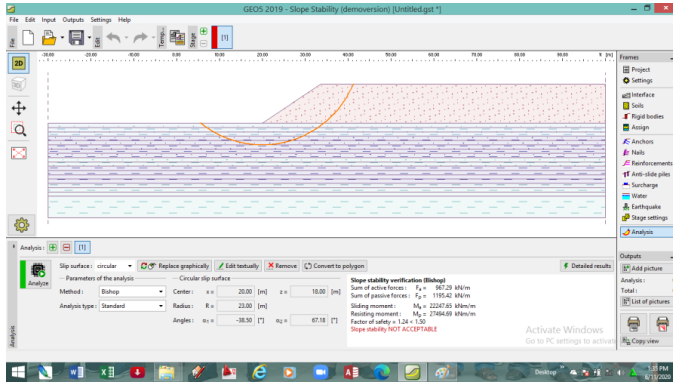
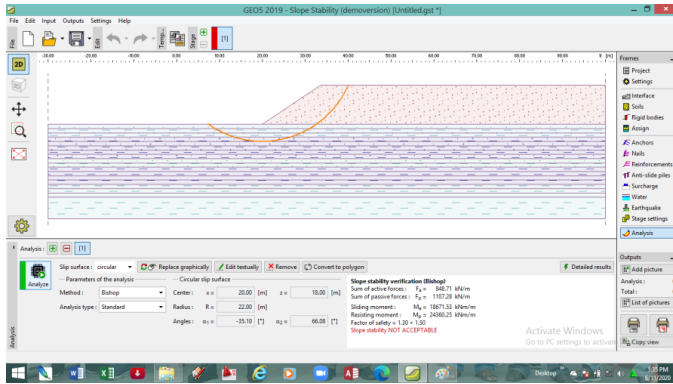
Center		R	SF Lapangan	SF Minimum	CEK
x	z				
20.00	18.00	17.00	1.01	1	OK
20.00	18.00	18.00	1.09	1	OK
20.00	18.00	19.00	1.57	1	OK
20.00	18.00	20.00	1.49	1	OK
20.00	18.00	21.00	1.40	1	OK
20.00	18.00	22.00	1.30	1	OK
20.00	18.00	23.00	1.24	1	OK
20.00	18.00	24.00	1.19	1	OK
20.00	18.00	25.00	1.15	1	OK
20.00	18.00	26.00	1.13	1	OK
20.00	18.00	27.00	1.12	1	OK
20.00	18.00	28.00	1.10	1	OK
20.00	18.00	29.00	1.12	1	OK
20.00	18.00	30.00	1.16	1	OK
20.00	18.00	31.00	1.18	1	OK
20.00	18.00	32.00	1.20	1	OK
20.00	18.00	33.00	1.26	1	OK
20.00	18.00	34.00	1.29	1	OK
20.00	18.00	35.00	1.31	1	OK
20.00	18.00	36.00	1.33	1	OK

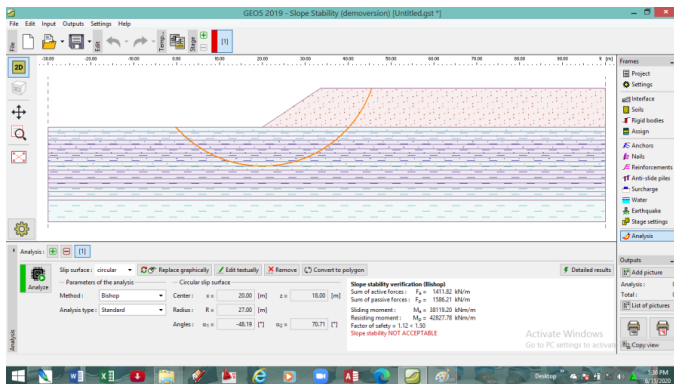
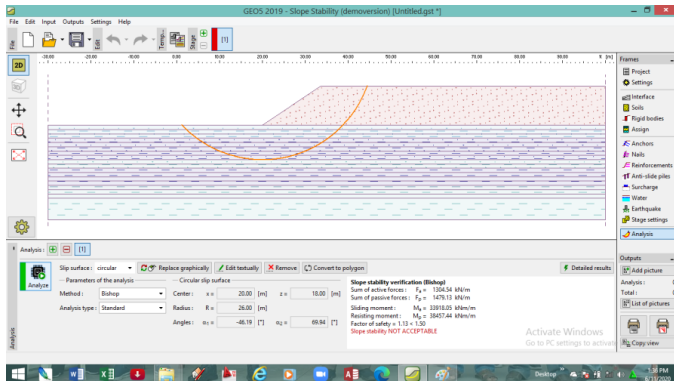
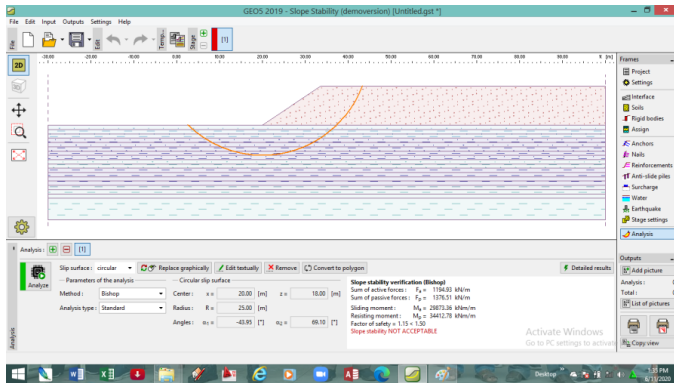


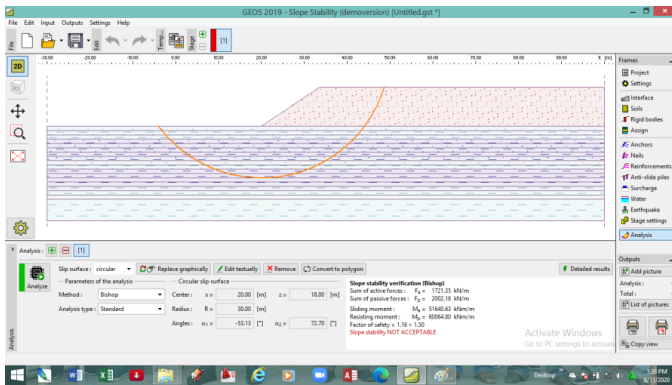
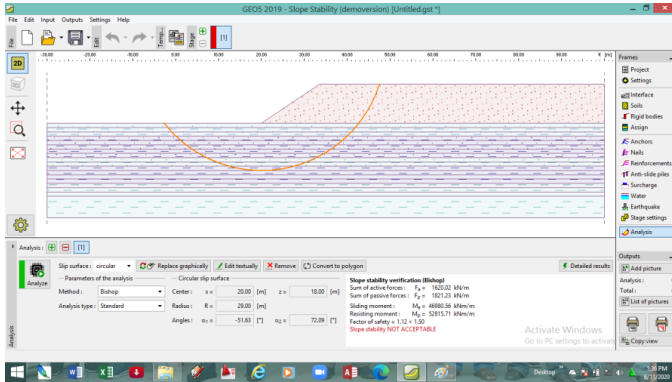
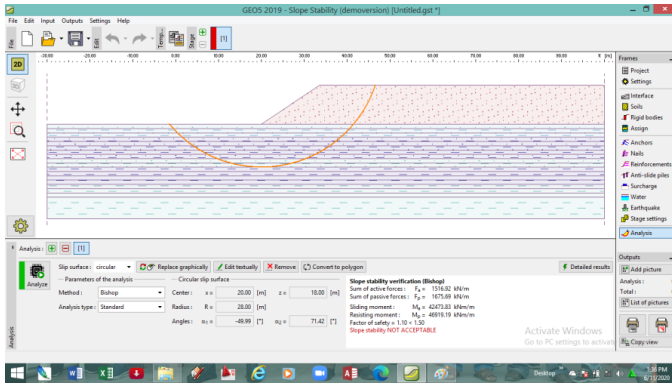
## Lampiran 3.26 Gambar Hasil Faktor Keamanan Lereng Area B pada $H_{inisial}$

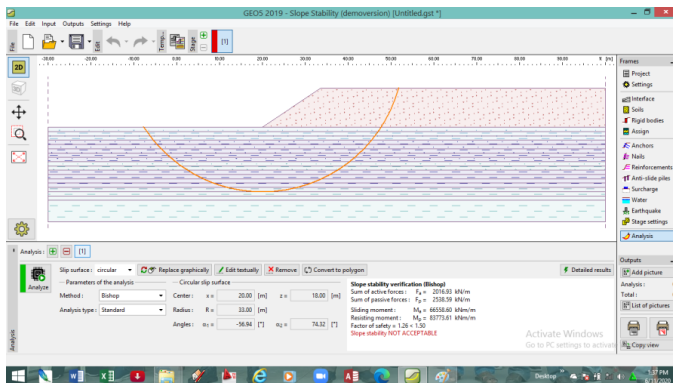
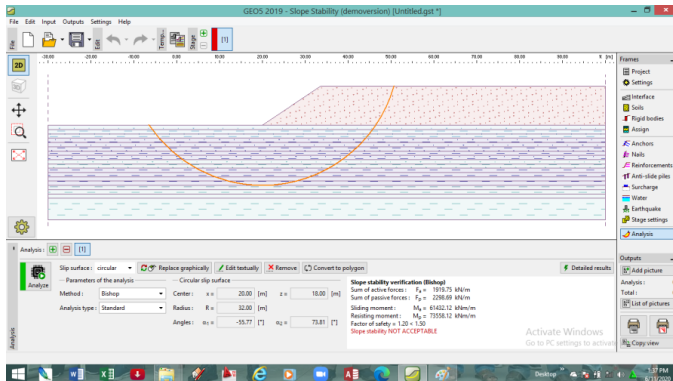
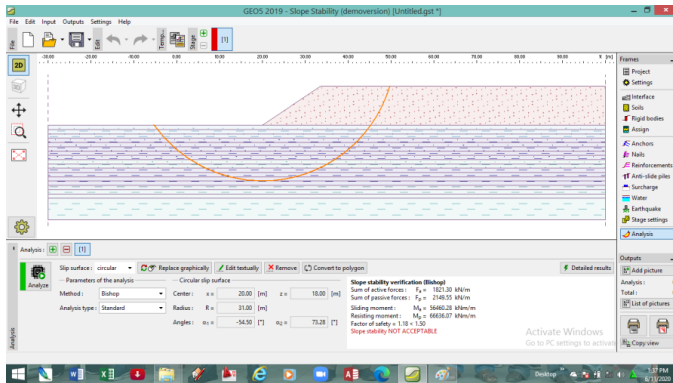


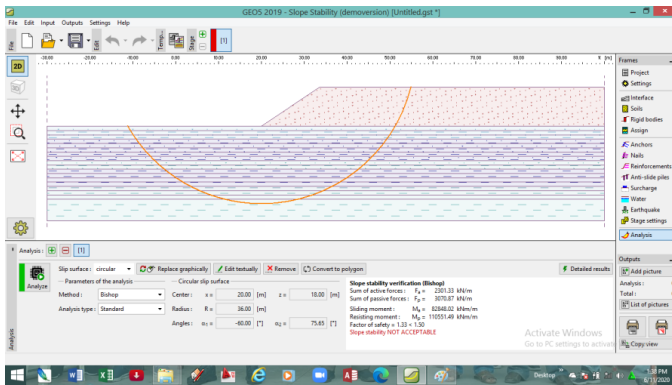
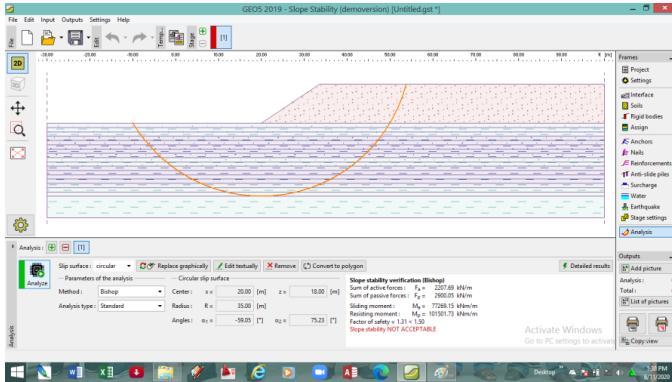
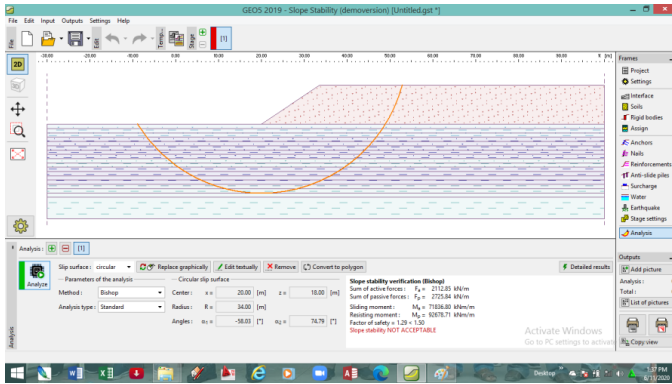










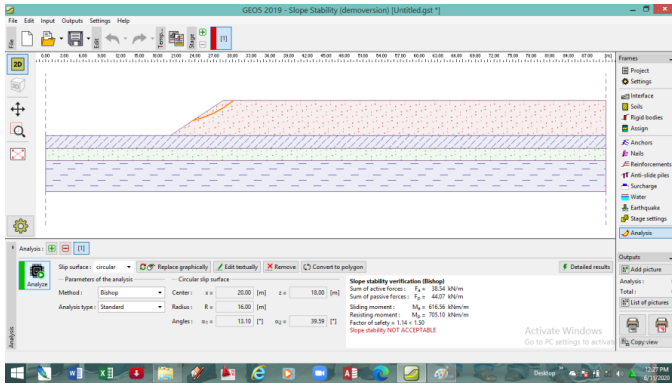


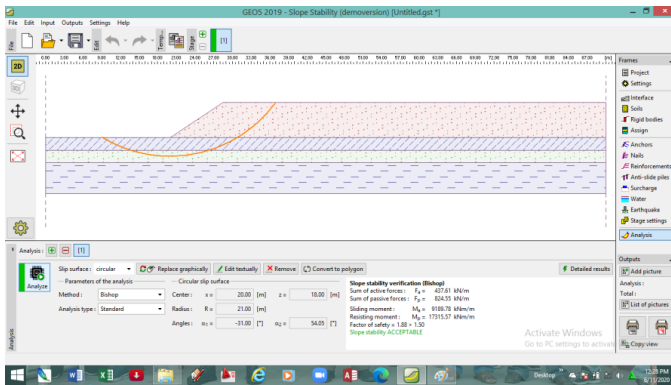
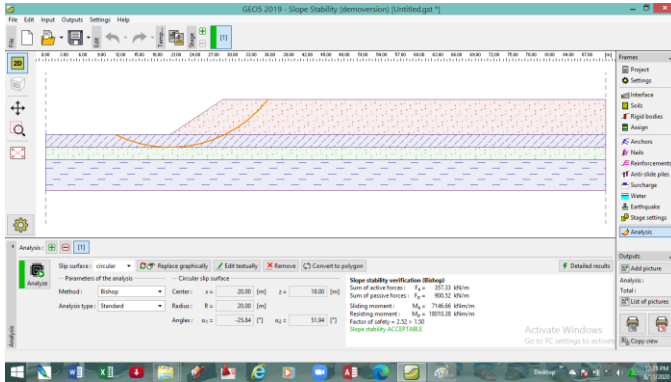
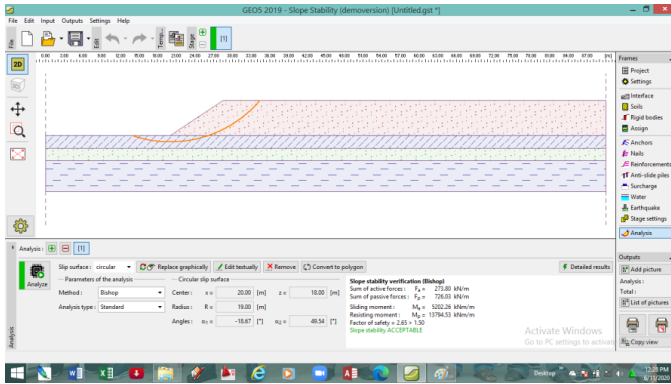
Lampiran 3.27 Tabel Faktor Keamanan Lereng Area C pada  $H_{initial}$ 

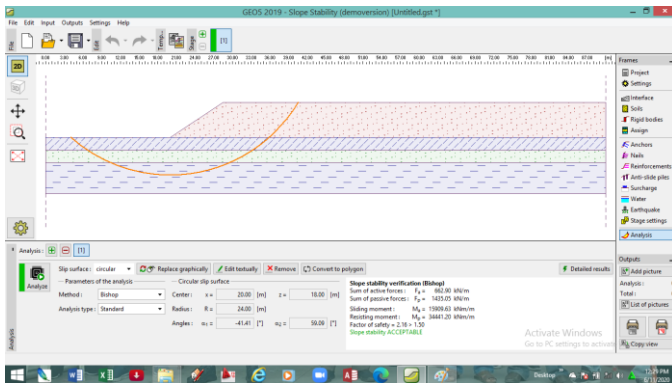
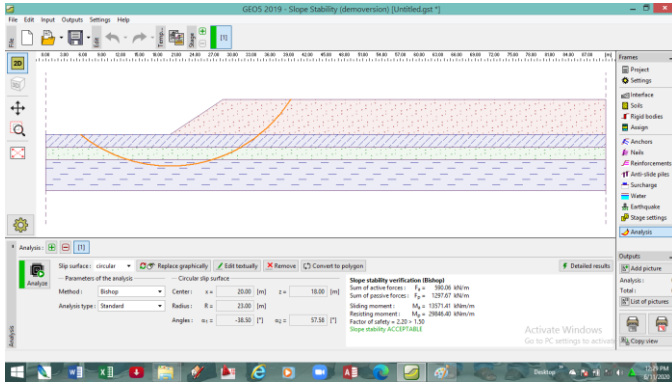
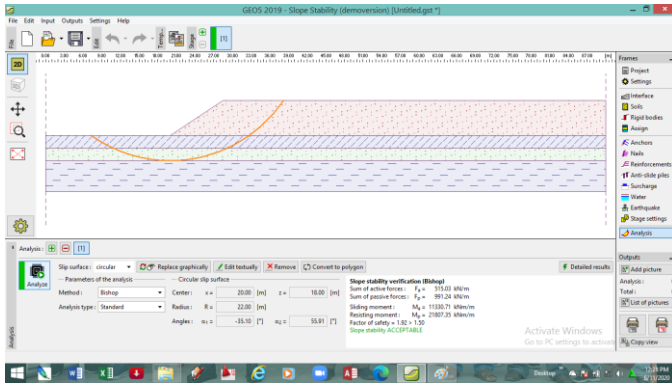
Center		R	SF Lapangan	SF Minimum	CEK
x	z				
20.00	18.00	15.50	1.05	1	OK
20.00	18.00	16.00	1.14	1	OK
20.00	18.00	17.00	1.28	1	OK
20.00	18.00	18.00	1.40	1	OK
20.00	18.00	19.00	2.65	1	OK
20.00	18.00	20.00	2.52	1	OK
20.00	18.00	21.00	1.88	1	OK
20.00	18.00	22.00	1.92	1	OK
20.00	18.00	23.00	2.20	1	OK
20.00	18.00	24.00	2.16	1	OK

Lampiran 3.28 Gambar Hasil Faktor Keamanan Lereng Area C pada  $H_{initial}$ 



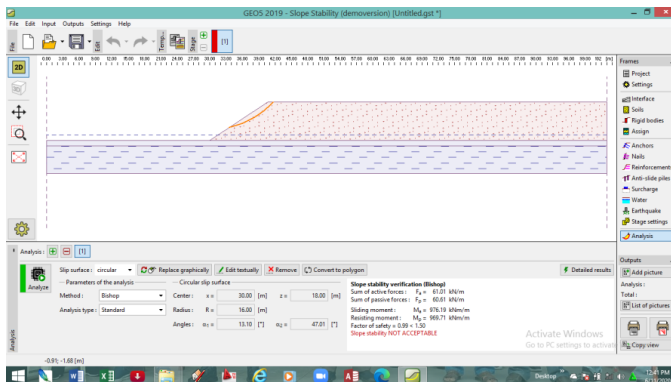


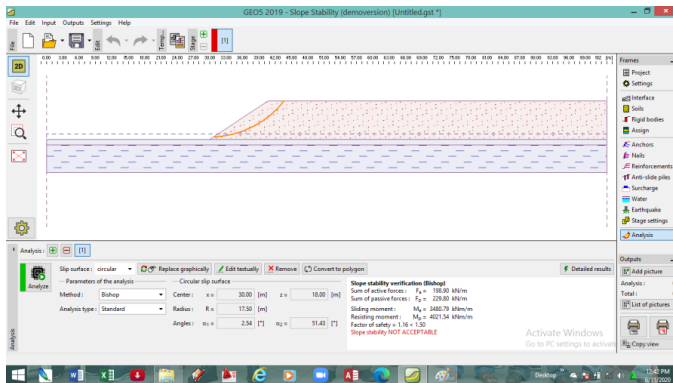
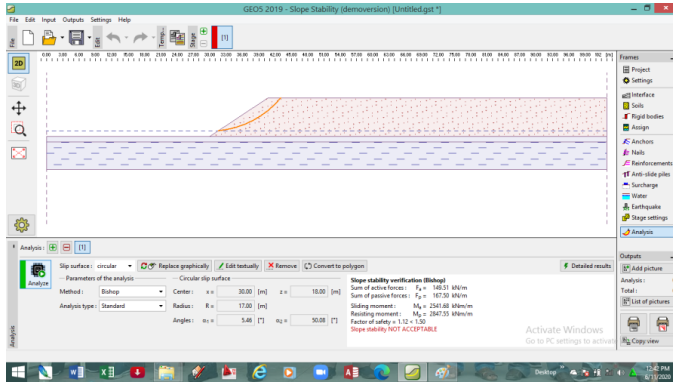
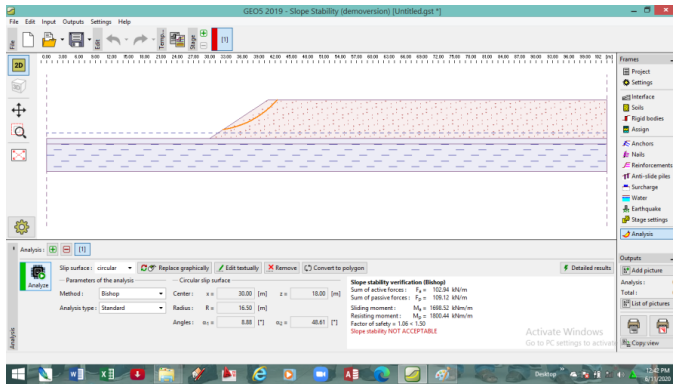


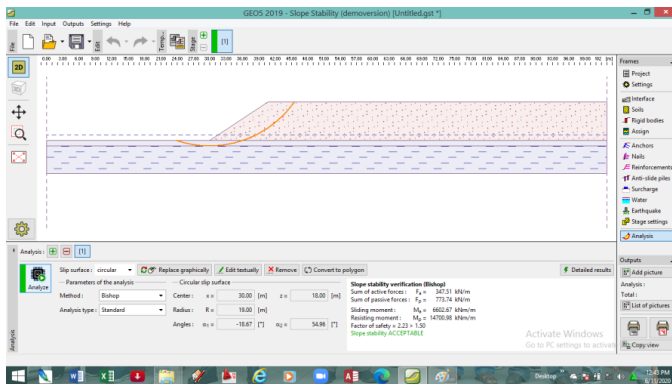
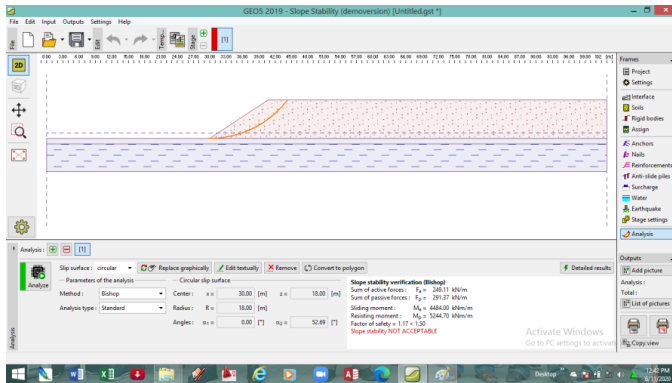


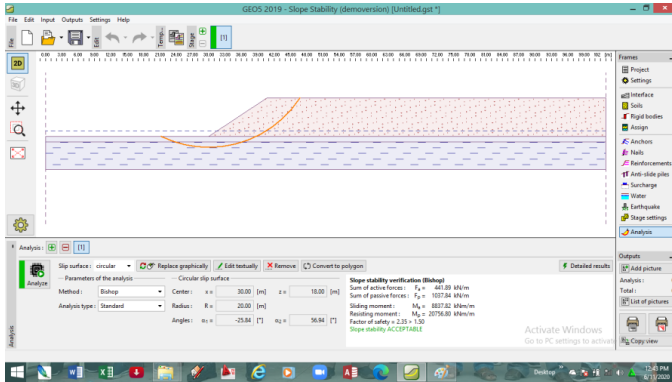
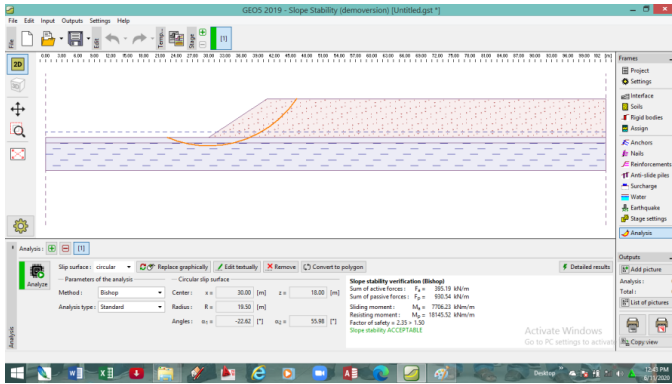
Lampiran 3.29 Tabel Faktor Keamanan Lereng Area D pada  $H_{initial}$ 

Center		R	SF Lapangan	SF Minimum	CEK
x	z				
30.00	18.00	16.00	1.00	1	OK
30.00	18.00	16.50	1.06	1	OK
30.00	18.00	17.00	1.12	1	OK
30.00	18.00	17.50	1.16	1	OK
30.00	18.00	18.00	1.17	1	OK
30.00	18.00	18.50	2.13	1	OK
30.00	18.00	19.00	2.23	1	OK
30.00	18.00	19.50	2.35	1	OK
30.00	18.00	20.00	2.35	1	OK

Lampiran 3.30 Gambar Hasil Faktor Keamanan Lereng Area D pada  $H_{initial}$ 







Lampiran 3.31 Tabel Perhitungan Nilai Cu Baru Area A

Depth (m)	PI -	$\sigma'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Cu Baru (Kg/cm <sup>3</sup> )	Cu Baru (kPa)	Cu Lama (kPa)	Cu Pakai (kPa)	Cu Transisi (kPa)
4	NP	1.139	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
5	30.73%	1.328	0.3253	31.91	18.52	31.91	25.21
6	30.73%	1.399	0.3386	33.22	18.52	33.22	25.87
7	30.73%	1.469	0.3519	34.52	18.52	34.52	26.52
8	30.73%	1.539	0.3652	35.83	18.52	35.83	27.17

Lampiran 3.32 Tabel Perhitungan Nilai Cu Baru Area B

Depth (m)	PI -	$\sigma'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Cu Baru (Kg/cm <sup>3</sup> )	Cu Baru (kPa)	Cu Lama (kPa)	Cu Pakai (kPa)	Cu Transisi (kPa)
1	32.44%	1.564	0.3700	36.29	13.73	36.29	25.01
2	32.44%	1.631	0.3827	37.54	13.73	37.54	25.64
3	32.44%	1.698	0.3953	38.78	13.73	38.78	26.26
4	33.80%	1.765	0.4079	40.02	13.73	40.02	26.88
5	33.80%	1.832	0.4206	41.26	13.73	41.26	27.50
6	33.80%	1.899	0.4333	42.51	13.73	42.51	28.12
7	33.80%	1.966	0.4459	43.75	13.73	43.75	28.74
8	33.80%	2.033	0.4586	44.99	13.73	44.99	29.36
9	32.80%	2.100	0.4714	46.24	13.73	46.24	29.99
10	32.80%	2.168	0.4842	47.50	13.73	47.50	30.62
11	32.80%	2.235	0.4970	48.76	18.52	48.76	33.64
12	32.80%	2.303	0.5098	50.02	23.05	50.02	36.53
13	30.76%	2.371	0.5227	51.28	23.05	51.28	37.17
14	30.76%	2.438	0.5355	52.54	23.05	52.54	37.79
15	35.26%	2.507	0.5484	53.79	35.70	53.79	44.74
16	35.26%	2.577	0.5615	55.09	35.70	55.09	45.39
17	35.26%	2.646	0.5747	56.38	35.70	56.38	46.04
18	35.26%	2.715	0.5878	57.67	35.70	57.67	46.68



## Lampiran 3.33 Tabel Perhitungan Nilai Cu Baru Area C

Depth	PI	$\sigma'$	Cu Baru	Cu Baru	Cu Lama	Cu Pakai	Cu Transisi
(m)	-	(kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
1	33.09%	0.973	0.2579	25.30	36.30	36.30	36.30
2	33.09%	0.973	0.2579	25.30	36.30	36.30	36.30
3	NP	0.974	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
4	NP	0.974	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
5	33.09%	0.973	0.2579	25.30	36.30	36.30	36.30
6	33.09%	0.973	0.2579	25.30	36.30	36.30	36.30

## Lampiran 3.34 Tabel Perhitungan Nilai Cu Baru Area D

Depth	PI	$\sigma'$	Cu Baru	Cu Baru	Cu Lama	Cu Pakai	Cu Transisi
(m)	-	(kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
1	33.60%	1.249	0.3102	30.43	26.43	30.43	28.43
2	32.05%	1.320	0.3236	31.75	40.22	40.22	40.22

## **Lampiran 4**

### **Analisa Pondasi ASC**

Pada bagian lampiran ini berisi :

Lampiran 4.1 Tabel Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Area A .....	2166
Lampiran 4.2 Tabel Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Area B.....	217
Lampiran 4.3 Tabel Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Area C.....	218
Lampiran 4.4 Denah Pondasi Tiang Pancang.....	219
Lampiran 4.5 Detail Pondasi Tiang Pancang .....	221

### Lampiran 4.1 Tabel Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Area A

Depth (m)	N-SPT	ysat (t/m3)	$\sigma'$ (t/m2)	Koreksi N-SPT terhadap			N rata- rata	Cn Ujung t/m2	Q ujung ton	fsi t/m2	Rsi ton	Q selimut ton	Q ijin t/m2
				MAT		Overburden							
				N1 Pakai	N2	N2 Pakai							
0	4.50	1.768	0.384	4.50	15.60	9.00	9.64	385.62	75.72	4.50	3.53	3.53	25.95
1	4.50	1.768	1.153	4.50	12.32	9.00	10.17	406.97	79.91	4.50	3.53	7.07	28.05
2	4.50	1.768	1.921	4.50	10.18	9.00	9.47	378.98	74.41	4.50	3.53	10.60	26.92
3	6.00	1.768	2.689	6.00	11.56	11.56	8.89	355.73	69.85	5.78	4.54	15.14	26.31
4	7.33	1.768	3.458	7.33	12.31	12.31	8.49	339.56	66.67	6.15	4.83	19.98	26.22
5	4.00	1.705	4.194	4.00	5.98	5.98	8.01	320.57	62.94	2.99	2.35	22.32	25.45
6	4.00	1.705	4.899	4.00	5.41	5.41	8.49	339.70	66.70	2.70	2.12	24.45	27.12
7	5.00	1.705	5.604	5.00	6.17	6.17	8.97	358.86	70.46	3.08	2.42	26.87	28.86
8	5.00	1.705	6.309	5.00	5.68	5.68	9.38	375.07	73.65	2.84	2.23	29.10	30.37
9	11.75	1.709	7.016	11.75	12.35	12.35	10.72	428.75	84.19	6.17	4.85	33.95	34.85
10	15.00	1.709	7.725	15.00	14.92	14.92	12.17	486.91	95.60	7.46	5.86	39.81	39.83
11	15.50	1.709	8.434	15.50	15.15	15.15	13.55	541.89	106.40	7.57	5.95	45.75	44.62
12	16.00	1.709	9.143	16.00	15.37	15.37	15.45	617.81	121.31	7.68	6.04	51.79	50.79
13	16.50	1.709	9.853	16.50	15.58	15.58	16.83	673.11	132.16	7.79	6.12	57.91	55.64
14	17.00	1.709	10.562	17.00	15.79	15.79	18.33	733.17	143.96	7.90	6.20	64.11	60.81
15	20.75	1.709	11.271	20.75	18.96	18.96	20.27	810.67	159.18	9.48	7.45	71.56	67.37
16	24.50	1.736	11.993	24.50	22.03	22.03	21.04	841.48	165.22	11.01	8.65	80.21	71.12
17	28.75	1.736	12.729	28.75	25.43	25.43	20.68	827.08	162.40	12.71	9.98	90.19	72.17
18	33.00	1.760	13.477	33.00	28.71	28.71	20.32	812.72	159.58	14.36	11.27	101.46	73.49
19	24.25	1.736	14.225	24.25	20.76	20.76	19.54	781.46	153.44	10.38	8.15	109.62	73.07
20	15.50	1.736	14.960	15.50	13.06	13.06	18.32	732.75	143.87	6.53	5.13	114.75	70.91
21	16.00	1.736	15.696	16.00	13.28	13.28	16.62	664.65	130.50	6.64	5.21	119.96	67.49
22	16.50	1.709	16.419	16.50	13.49	13.49	14.45	577.83	113.46	6.75	5.30	125.26	62.87
23	16.75	1.709	17.128	16.75	13.50	13.50	13.41	536.49	105.34	6.75	5.30	130.56	61.23
24	17.00	1.709	17.837	17.00	13.51	13.51	13.45	538.09	105.65	6.75	5.30	135.87	62.39
25	17.25	1.709	18.546	17.25	13.52	13.52	13.44	537.43	105.52	6.76	5.31	141.17	63.41
26	17.50	1.709	19.255	17.50	13.53	13.53	13.50	539.87	106.00	6.76	5.31	146.49	64.63
27	17.50	1.709	19.965	17.50	13.34	13.34	13.66	546.46	107.30	6.67	5.24	151.73	66.11
28	17.50	1.709	20.674	17.50	13.16	13.16	13.75	549.85	107.96	6.58	5.17	156.90	67.37
29	18.75	1.709	21.383	18.75	13.92	13.92	13.75	550.09	108.01	6.96	5.47	162.36	68.48
30	20.00	1.709	22.092	20.00	14.65	14.65	13.76	550.28	108.05	7.33	5.75	168.12	69.64
31	19.50	1.736	22.815	19.50	14.10	14.10	13.79	551.53	108.29	7.05	5.54	173.65	70.83
32	19.00	1.736	23.551	19.00	13.56	13.56	13.87	554.77	108.93	6.78	5.32	178.98	72.11
33	19.25	1.736	24.286	19.25	13.56	13.56	13.87	554.66	108.91	6.78	5.32	184.30	73.16
34	19.50	1.736	25.022	19.50	13.56	13.56	13.73	549.37	107.87	6.78	5.33	189.63	73.88
35	20.00	1.736	25.758	20.00	13.73	13.73	13.66	546.29	107.26	6.87	5.39	195.02	74.76
36	20.50	1.736	26.494	20.50	13.90	13.90	13.63	545.37	107.08	6.95	5.46	200.48	75.79
37	20.50	1.736	27.229	20.50	13.73	13.73	13.59	543.54	106.72	6.86	5.39	205.87	76.75
38	20.50	1.736	27.965	20.50	13.56	13.56	13.59	543.73	106.76	6.78	5.33	211.20	77.83
39	20.50	1.736	28.701	20.50	13.40	13.40	13.57	542.62	106.54	6.70	5.26	216.46	78.81
40	20.50	1.736	29.437	20.50	13.24	13.24	13.48	539.28	105.89	6.62	5.20	221.66	79.63

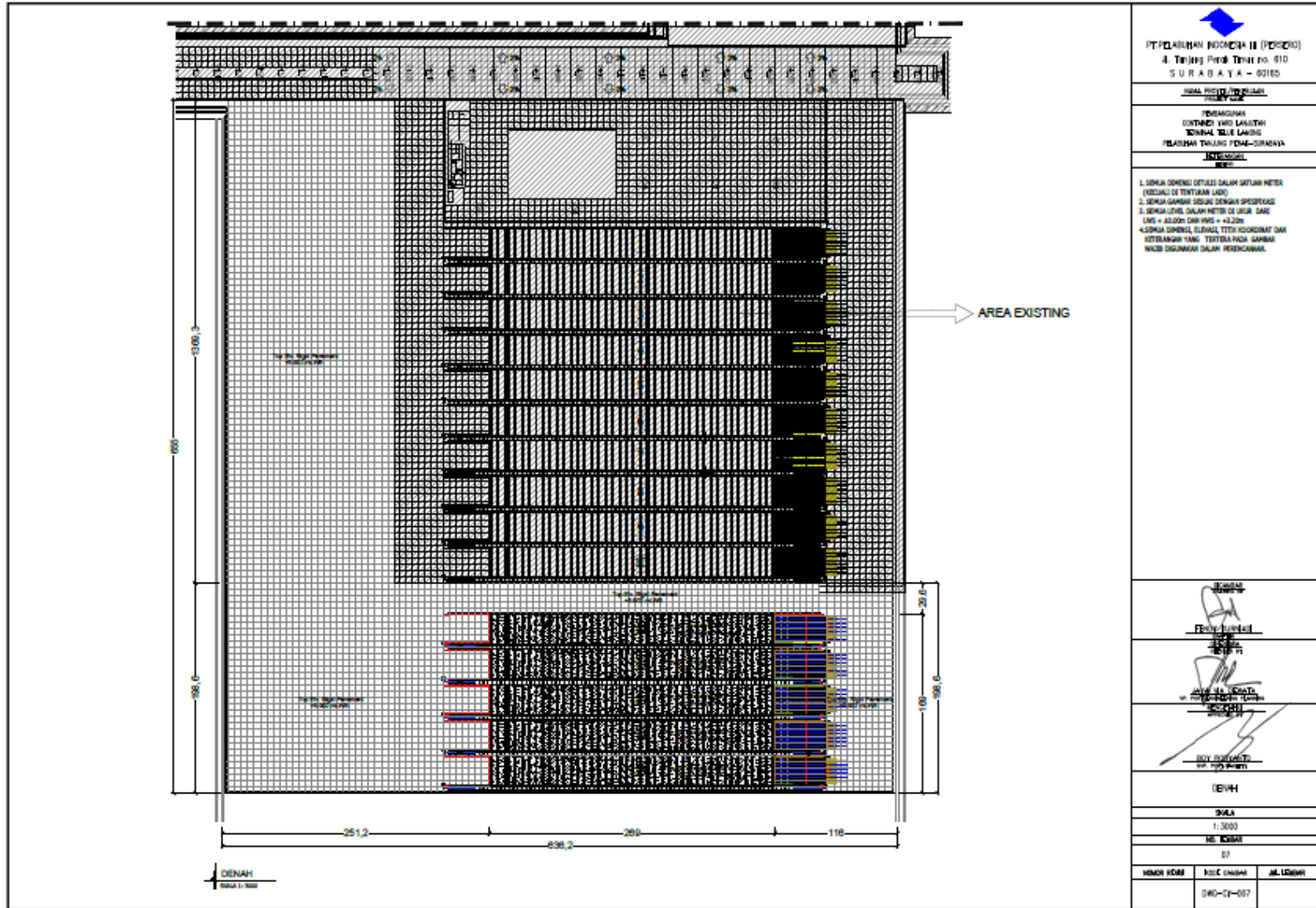
Lampiran 4.2 Tabel Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Area B

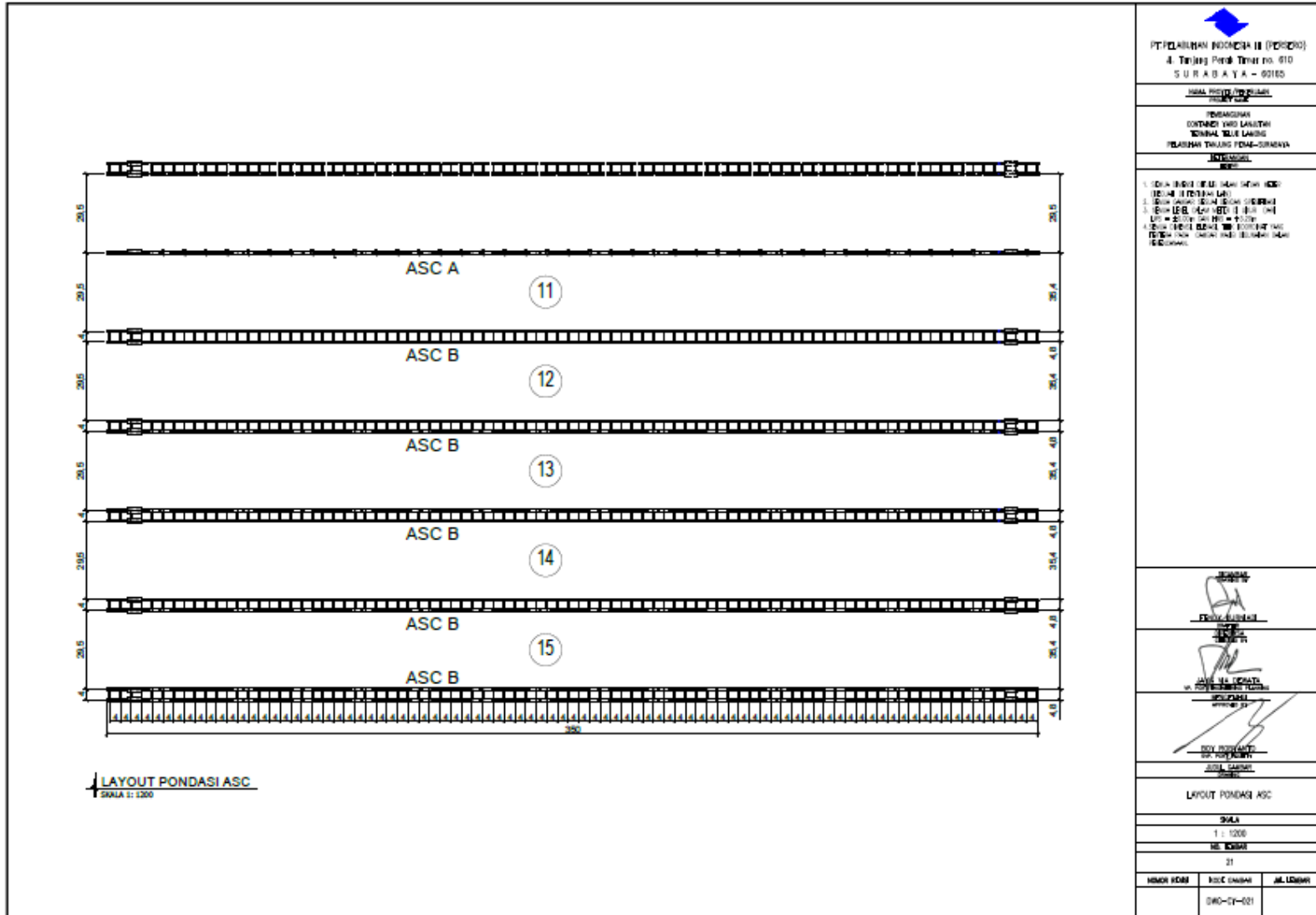
Depth (m)	N-SPT	ysat (t/m3)	σ'o (t/m2)	Koreksi N-SPT terhadap			N rata-rata	Cn Ujung t/m2	Q ujung ton	fsi t/m2	Rsi ton	Q selimut ton	Q ijin t/m2
				MAT		Overburden							
				N1 Pakai	N2	N2 Pakai							
1	0.00	1.671	0.335	0.00	0.00	0.00	1.00	40.00	7.85	0.00	0.00	0.00	2.62
2	0.50	1.671	1.006	0.50	1.43	1.00	1.34	53.73	10.55	0.50	0.47	0.47	3.61
3	0.50	1.671	1.677	0.50	1.20	1.00	1.52	60.89	11.96	0.50	0.47	0.94	4.17
4	1.00	1.671	2.348	1.00	2.06	2.00	1.62	64.65	12.69	1.00	0.94	1.88	4.61
5	1.50	1.680	3.023	1.50	2.72	2.72	1.99	79.76	15.66	1.36	1.28	3.16	5.85
6	1.50	1.680	3.703	1.50	2.42	2.42	2.20	87.91	17.26	1.21	1.14	4.30	6.61
7	1.50	1.680	4.383	1.50	2.18	2.18	2.54	101.40	19.91	1.09	1.03	5.33	7.70
8	2.00	1.680	5.062	2.00	2.64	2.64	2.77	110.77	21.75	1.32	1.25	6.58	8.57
9	2.00	1.680	5.742	2.00	2.43	2.43	3.09	123.61	24.27	1.21	1.14	7.72	9.63
10	3.00	1.690	6.426	3.00	3.36	3.36	3.51	140.46	27.58	1.68	1.58	9.30	11.05
11	3.50	1.690	7.116	3.50	3.64	3.64	3.95	158.16	31.05	1.82	1.72	11.02	12.56
12	5.00	1.690	7.806	5.00	4.96	4.96	4.32	172.70	33.91	2.48	2.34	13.36	13.98
13	5.50	1.693	8.497	5.50	5.37	5.37	4.77	190.67	37.44	2.68	2.53	15.89	15.66
14	5.50	1.693	9.190	5.50	5.28	5.28	5.20	208.00	40.84	2.64	2.49	18.37	17.29
15	5.50	1.693	9.883	5.50	5.19	5.19	5.71	228.28	44.82	2.60	2.45	20.82	19.11
16	6.00	1.711	10.585	6.00	5.57	5.57	6.14	245.42	48.19	2.79	2.63	23.45	20.75
17	7.00	1.711	11.295	7.00	6.39	6.39	7.45	298.11	58.53	3.20	3.01	26.46	24.80
18	8.00	1.711	12.006	8.00	7.19	7.19	9.15	365.91	71.85	3.59	3.39	29.85	29.92
19	9.00	1.711	12.717	9.00	7.96	7.96	10.94	437.49	85.90	3.98	3.75	33.60	35.35
20	16.75	1.725	13.435	16.75	14.59	14.59	12.75	510.09	100.16	7.29	6.87	40.47	41.48
21	20.00	1.742	14.168	20.00	17.14	17.14	14.26	570.56	112.03	8.57	8.08	48.55	47.05
22	21.00	1.742	14.911	21.00	17.72	17.72	15.48	619.26	121.59	8.86	8.35	56.90	51.91
23	22.00	1.742	15.653	22.00	18.28	18.28	16.47	658.85	129.37	9.14	8.61	65.51	56.22
24	20.75	1.742	16.395	20.75	16.98	16.98	16.40	656.03	128.81	8.49	8.00	73.51	57.64
25	19.50	1.742	17.137	19.50	15.71	15.71	15.88	635.26	124.73	7.86	7.41	80.91	57.76
26	18.75	1.725	17.871	18.75	14.89	14.89	15.20	607.97	119.37	7.44	7.02	87.93	57.38
27	18.00	1.725	18.596	18.00	14.09	14.09	14.33	573.26	112.56	7.05	6.64	94.57	56.43
28	17.50	1.725	19.321	17.50	13.51	13.51	13.55	541.88	106.40	6.75	6.37	100.94	55.65
29	17.00	1.725	20.045	17.00	12.94	12.94	13.03	521.01	102.30	6.47	6.10	107.04	55.51
30	16.25	1.725	20.770	16.25	12.20	12.20	12.70	508.07	99.76	6.10	5.75	112.79	55.81
31	15.50	1.725	21.495	15.50	11.48	11.48	12.60	503.85	98.93	5.74	5.41	118.20	56.62
32	16.50	1.725	22.220	16.50	12.06	12.06	12.67	506.99	99.55	6.03	5.68	123.88	57.96
33	17.50	1.725	22.944	17.50	12.63	12.63	12.88	515.32	101.18	6.31	5.95	129.83	59.69
34	18.75	1.725	23.669	18.75	13.35	13.35	13.24	529.76	104.02	6.68	6.29	136.12	61.90
35	20.00	1.742	24.403	20.00	14.06	14.06	13.75	550.16	108.02	7.03	6.63	142.75	64.56
36	20.75	1.742	25.145	20.75	14.40	14.40	14.23	569.04	111.73	7.20	6.79	149.53	67.15
37	21.50	1.742	25.887	21.50	14.73	14.73	14.66	586.46	115.15	7.36	6.94	156.47	69.68
38	22.25	1.742	26.630	22.25	15.05	15.05	15.04	601.43	118.09	7.53	7.09	163.57	72.08
39	23.00	1.742	27.372	23.00	15.37	15.37	15.20	607.94	119.37	7.68	7.24	170.81	73.95
40	23.75	1.742	28.114	23.75	15.67	15.67	15.36	614.34	120.63	7.84	7.39	178.19	75.85
41	24.50	1.742	28.856	24.50	15.97	15.97	15.52	620.63	121.86	7.99	7.53	185.72	77.76

### Lampiran 4.3 Tabel Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Area C

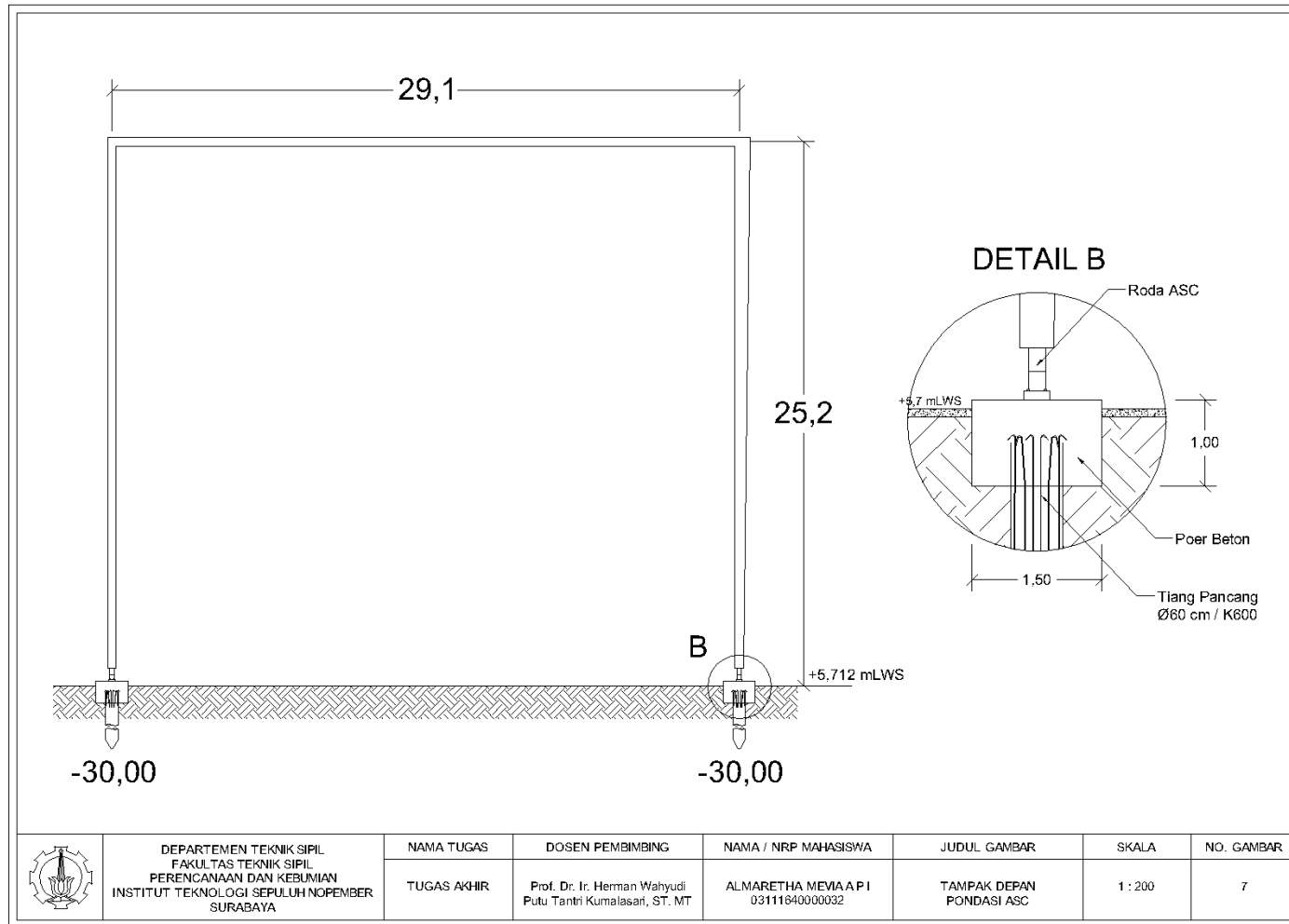
Depth (m)	N-SPT	ysat (t/m3)	$\sigma'$ (t/m2)	Koreksi N-SPT terhadap			N rata- rata	Cn Ujung t/m2	Q ujung ton	fsi t/m2	Rsi ton	Q selimut ton	Q ijin t/m2
				MAT		Overburden							
				N1 Pakai	N2	N2 Pakai							
0	6.00	1.730	0.365	6.00	20.94	12.00	11.47	458.76	90.08	6.00	4.71	4.71	30.97
1	6.00	1.730	1.095	6.00	16.69	12.00	10.90	435.90	85.59	6.00	4.71	9.42	30.41
2	6.00	1.730	1.825	6.00	13.87	12.00	11.12	444.75	87.33	6.00	4.71	14.14	31.94
3	5.00	1.744	2.563	5.00	9.88	9.88	11.10	444.06	87.19	4.94	3.88	18.02	32.67
4	5.00	1.744	3.307	5.00	8.61	8.61	11.71	468.30	91.95	4.31	3.38	21.40	34.93
5	8.00	1.730	4.044	8.00	12.23	12.23	12.94	517.51	101.61	6.11	4.80	26.20	39.11
6	8.00	1.730	4.774	8.00	11.00	11.00	13.87	554.63	108.90	5.50	4.32	30.52	42.40
7	13.00	1.729	5.504	13.00	16.24	16.24	14.87	594.87	116.80	8.12	6.38	36.90	46.31
8	18.00	1.729	6.233	18.00	20.61	20.61	15.88	635.04	124.69	10.31	8.09	44.99	50.56
9	17.50	1.729	6.962	17.50	18.50	18.50	16.19	647.51	127.14	9.25	7.26	52.25	52.83
10	17.00	1.729	7.691	17.00	16.92	16.92	16.64	665.57	130.68	8.46	6.64	58.90	55.34
11	16.00	1.729	8.420	16.00	15.64	15.64	16.31	652.26	128.07	7.82	6.14	65.04	55.70
12	15.00	1.729	9.149	15.00	14.41	14.41	16.55	662.09	130.00	7.20	5.66	70.70	57.47
13	15.00	1.729	9.878	15.00	14.16	14.16	18.26	730.49	143.43	7.08	5.56	76.26	63.06
14	15.00	1.760	10.622	15.00	13.91	13.91	18.99	759.71	149.17	6.96	5.46	81.72	66.07
15	24.50	1.760	11.382	24.50	22.33	22.33	18.74	749.64	147.19	11.17	8.77	90.49	67.16
16	34.00	1.760	12.142	34.00	30.46	30.46	18.70	747.83	146.84	15.23	11.96	102.45	69.44
17	25.00	1.729	12.886	25.00	22.03	22.03	18.72	748.61	146.99	11.02	8.65	111.11	71.22
18	16.00	1.729	13.615	16.00	13.88	13.88	18.68	747.18	146.71	6.94	5.45	116.56	72.21
19	16.50	1.729	14.344	16.50	14.09	14.09	17.35	694.15	136.30	7.04	5.53	122.09	69.85
20	17.00	1.729	15.073	17.00	14.29	14.29	15.13	605.05	118.80	7.15	5.61	127.70	65.14
21	16.50	1.729	15.802	16.50	13.66	13.66	14.36	574.21	112.75	6.83	5.37	133.07	64.20
22	16.00	1.729	16.531	16.00	13.05	13.05	14.44	577.47	113.39	6.53	5.13	138.19	65.43
23	18.50	1.729	17.260	18.50	14.87	14.87	14.18	567.36	111.40	7.44	5.84	144.03	65.94
24	21.00	1.729	17.989	21.00	16.64	16.64	13.66	546.43	107.29	8.32	6.53	150.57	65.88
25	18.50	1.729	18.718	18.50	14.45	14.45	12.99	519.71	102.04	7.22	5.67	156.24	65.26
26	16.00	1.729	19.447	16.00	12.32	12.32	12.61	504.23	99.01	6.16	4.84	161.08	65.22
27	14.00	1.729	20.176	14.00	10.63	10.63	12.15	485.91	95.41	5.32	4.17	165.25	64.85
28	12.00	1.729	20.905	12.00	8.99	8.99	11.52	460.74	90.47	4.49	3.53	168.78	63.91
29	14.00	1.729	21.634	14.00	10.34	10.34	11.28	451.23	88.60	5.17	4.06	172.85	64.10
30	16.00	1.729	22.363	16.00	11.67	11.67	11.52	460.93	90.50	5.83	4.58	177.43	65.65
31	17.00	1.729	23.092	17.00	12.23	12.23	12.18	487.15	95.65	6.12	4.80	182.23	68.33
32	18.00	1.729	23.821	18.00	12.78	12.78	13.24	529.42	103.95	6.39	5.02	187.25	72.10
33	20.00	1.760	24.566	20.00	14.02	14.02	14.26	570.45	112.01	7.01	5.51	192.76	75.89
34	22.00	1.760	25.325	22.00	15.22	15.22	15.02	600.77	117.96	7.61	5.98	198.73	79.07
35	24.00	1.760	26.085	24.00	16.39	16.39	15.62	624.76	122.67	8.19	6.43	205.17	81.92
36	26.00	1.760	26.845	26.00	17.52	17.52	16.11	644.44	126.53	8.76	6.88	212.05	84.59
37	25.50	1.760	27.605	25.50	16.97	16.97	16.40	655.93	128.79	8.49	6.66	218.71	86.67
38	25.00	1.760	28.364	25.00	16.43	16.43	16.59	663.79	130.34	8.22	6.45	225.16	88.48
39	25.00	1.760	29.124	25.00	16.23	16.23	16.64	665.46	130.66	8.11	6.37	231.54	89.86
40	25.00	1.760	29.884	25.00	16.03	16.03	16.41	656.58	128.92	8.01	6.29	237.83	90.54

Lampiran 4.4 Layout Pondasi Automatic Stacking Crane

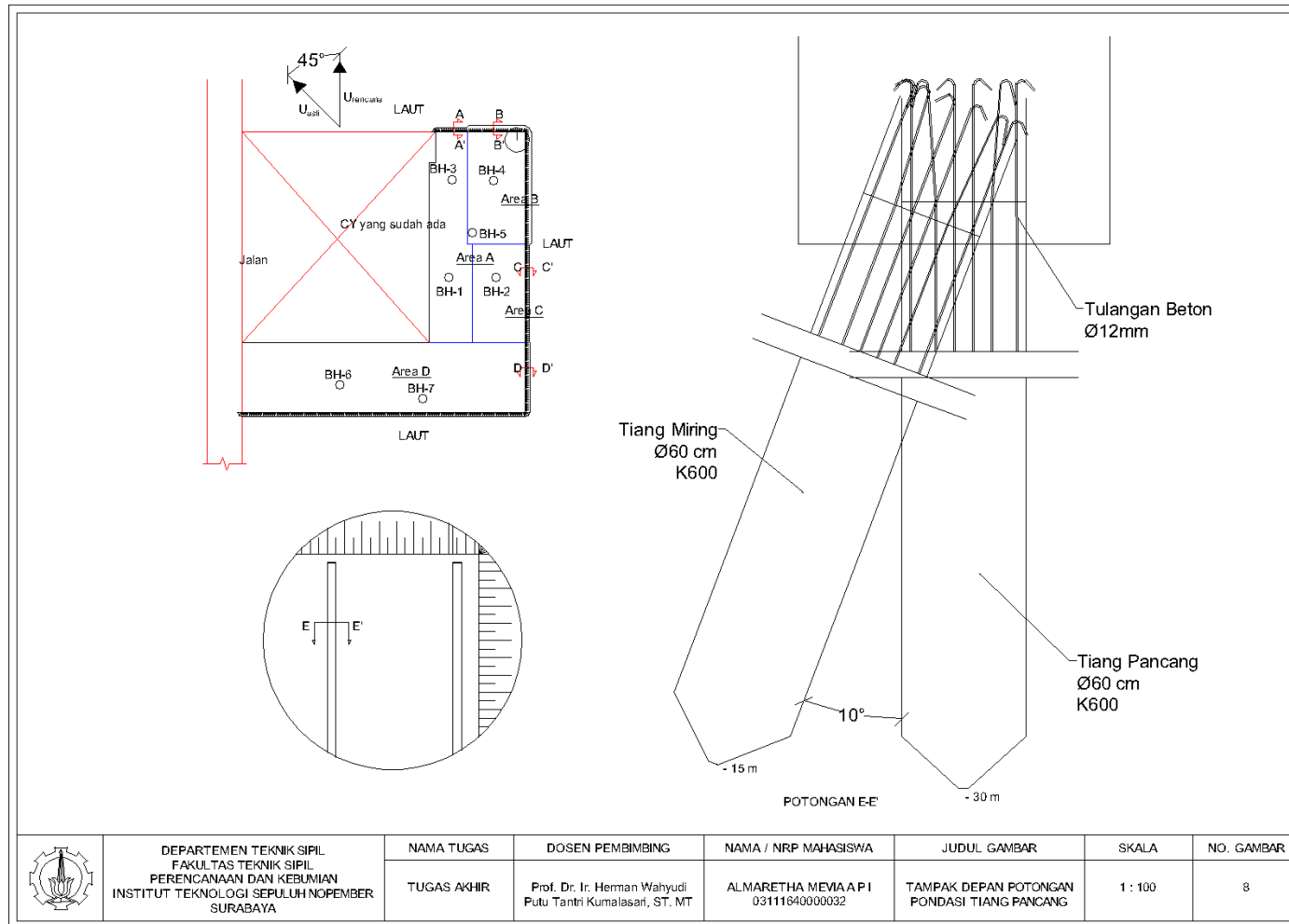




Lampiran 4.5 Detail Pondasi Tiang Pancang







Tampak Depan Pondasi ASC

## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Almaretha Mevia Azizah Putri Iswanto, biasa dipanggil Alma, dilahirkan di Malang, 23 Januari 1999, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Muslimat NU 27 (Malang), SD Negeri Kauman 1 (Malang), SMP Negeri 1 (Malang), dan SMA Negeri 1 (Malang). Penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Sipil FTSPK – ITS pada tahun 2016 dan terdaftar dengan NRP 03111640000032.

Penulis mengambil bidang studi Geoteknik ketika menempuh pendidikan di Departemen Teknik Sipil. Selain itu penulis pernah aktif dalam beberapa kegiatan organisasi mahasiswa diantaranya; Ketua Divisi Karawitan Unit Kegiatan Tari dan Karawitan ITS dan Staff Bidang Bisnis Koperasi Mahasiswa Dr. Angka ITS. Penulis juga aktif dalam beberapa perlombaan salah satunya yaitu sebagai Juara Harapan II Lomba Rancang Rangka Atap Nasional di Politeknik Negeri Bali.

*Contact Person :*

Email : [almarrtb@gmail.com](mailto:almarrtb@gmail.com)

No. HP : 0895327253365

Sosial media : @almaamapi

“halaman ini sengaja dikosongkan”