TUGAS AKHIR - RC14-1501

PENENTUAN HARGA CV GABUNGAN LAPANGAN DARI HASIL TES TRIAL EMBANKMENT DAN PEMANFAATANNYA UNTUK TAHAPAN PENIMBUNAN DENGAN METODE PRELOADING PADA PROYEK PERSIAPAN LAHAN KIE BONTANG

MARVIN GUNAWAN
NRP. 3114 106 041

Dosen Pembimbing I:
Dr.Yudhi Lastiasih ST.,MT.

Dosen Pembimbing II:
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

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

TUGAS AKHIR - RC14-1501

PENENTUAN HARGA CV GABUNGAN LAPANGAN DARI HASIL TES TRIAL EMBANKMENT DAN PEMANFAATANNYA UNTUK TAHAPAN PENIMBUNAN DENGAN METODE PRELOADING PADA PROYEK PERSIAPAN LAHAN KIE BONTANG

MARVIN GUNAWAN
NRP. 3114 106 041

Dosen Pembimbing I:
Dr. Yudhi Lastiasih ST.,MT.

Dosen Pembimbing II:
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

FINAL PROJECT - RC14-1501

THE DETERMINATION OF CV COLLECTIVE FROM TRIAL EMBANKMENT TEST AND USE FOR DESIGN EMBANKMENT PHASE WITH PRELOADING ON PREPARATION LAND KIE BONTANG PROJECT

MARVIN GUNAWAN
NRP. 3114 106 041

First Advisor:
Dr. Yudhi Lastiasih ST.,MT.

Second Advisor:
Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PENENTUAN HARGA CV GABUNGAN LAPANGAN DARI HASIL TES TRIAL EMBANKMENT DAN PEMANFAATANNYA UNTUK TAHAPAN PENIMBUNAN DENGAN METODE PRELOADING PADA PROYEK PERSIAPAN LAHAN KIE BONTANG

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
MARVIN GUNAWAN
NRP. 3114106041

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr.Yudhi Lastiasih, ST., MT. ..... (Pembimbing I)
2. Prof. Dr. Ir. Herman Wahyudi ..... (Pembimbing II)

SURABAYA
JANUARI 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PENENTUAN HARGA CV GABUNGAN LAPANGAN DARI HASIL TES TRIAL EMBANKMENT DAN PEMANFAATANNYA UNTUK TAHAPAN PENIMBUNAN DENGAN METODE PRELOADING PADA PROYEK PERSIAPAN LAHAN KIE BONTANG

Nama Mahasiswa	**: Marvin Gunawan**
NRP	**: 3114106041**
Jurusan	**: Teknik Sipil FTSP-ITS**
Dosen Pembimbing	**: 1. Dr. Yudhi Lastiasih ST., MT.**
	2. Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi

Abstrak

Proyek persiapan lahan industri pada area Tanjung harapan kalimantan timur merupakan salah satu proyek yang dikerjakan oleh PT. Kaltim Industrial Estate sebagai penyedia lahan bagi berbagai perusahaan industri di kawasan Bontang dan sekitarnya. Pekerjaan persiapan lahan ini meliputi pekerjaan timbunan dengan tinggi timbunan rencana sebesar 2.5 meter.Hasil pengujian tanah di lapangan pada area persiapan lahan tersebut menunjukan bahwa kondisi tanah dasar berupa tanah lempung lunak dengan nilai N-SPT kurang dari 10 hingga mencapai kedalaman 15.5 meter. Kondisi tanah lunak yang mudah memampat dan daya dukung rendah dikhawatirkan akan menimbulkan permasalahan pada saat dan setelah pembangunan sehingga diperlukan upaya perbaikan daya dukung.

Perbaikan tanah dasar dilakukan dengan metode preloading dan surcharge yang bertujuan agar tanah mengalami pemampatan dan daya dukungnya meningkat. Metode preloading dikombinasikan dengan PVD agar proses pemampatan terjadi lebih cepat. Untuk perencanaan preloading kombinasi PVD diperlukan parameter Cv gabungan lapangan yang diperoleh dari data soil monitoring yaitu bacaan settlement plate. Nilai Cv yang didapatkan dari bacaan settlement plate digunakan sebagai dasar

perencanaan karena tingkat kepercayaan data dinilai lebih akurat. Untuk menentukan nilai Cv gabungan diperlukan nilai Settlement final yang ditentukan dengan metode Asaoka, selanjutnya nilai Cv gabungan lapangan didapatkan dengan 2 metode yaitu menggunakan persamaan Hausmann dan metode Back Calculation . Selanjutnya penentuan nilai Cv dari kedua analisa dilakukan berdasarkan metode distribusi statistik dengan tingkat kepercayaan 90 %. Selain itu dilakukan kontrol stabilitas timbunan terhadap kemungkinan terjadinya kelongsoran, apabila terjadi kelongsoran maka dilakukan perkuatan dengan menggunakan geotextile sebagai penahan keruntuhan pada timbunannya dan micropile sebagai penahan keruntuhan pada tanah dasarnya.

Dari hasil analisa Hausmann menunjukan bahwa Cv gabungan lapangan yang diperoleh adalah sebesar 0.02101 m^2/minggu, sementara dari hasil analisa back calculation diperoleh nilai Cv gabungan sebesar 0.0295 m^2/minggu. Berdasarkan metode distribusi statistik nilai Cv gabungan lapangan yang digunakan adalah sebesar 0.0295 m^2/minggu sehingga diperoleh besarnya pemampatan yang terjadi adalah sebesar 1.48 meter dengan kurun waktu 33.3 tahun tanpa PVD dan 20 minggu bila menggunakan PVD . Dari hasil analisa stabilitas timbunan menunjukan perlunya perkuatan agar tidak terjadi kelongsoran dengan 3 alternatif yaitu, perkuatan dengan geotextile kuat tarik 100 KN berjumlah 37 lapis , perkuatan micropile diameter 30 cm dengan jumlah 8 buah dan perkuatan geotextile kombinasi micropile dengan jumlah 12 lapis geotextile dan 5 buah micropile. Alternatif pertama menghasilkan biaya material sebesar Rp.32.136.810.240 Alternatif kedua menghasilkan biaya material sebesar Rp.36.223.200.000 dan Alternatif ketiga menghasilkan biaya material sebesar Rp.33.039.830.880

Kata kunci : Lahan industri, Pemampatan, Preloading, PVD, Cv gabungan lapangan, Geotextile, Micropile.

THE DETERMINATION OF CV COLLECTIVE FROM TRIAL EMBANKMENT TEST AND USE FOR DESIGN EMBANKMENT PHASE WITH PRELOADING ON PREPARATION LAND KIE BONTANG PROJECT

Name	**: Marvin Gunawan**
NRP	**: 3114106041**
Department	**: Teknik Sipil FTSP-ITS**
Advisor	**: 1. Dr. Yudhi Lastiasih ST., MT.**
	2.Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi

Abstract

Preparation project of industrial area at Tanjung Harapan in East kalimantan is one of the projects undertaken by PT.Kaltim Industrial Estate as providing land for various industrial companies in Bontang and the surrounding region. This land preparation work includes embankment work with 2.5 meter of embankment plan. The result of soil investigation on land preparation project shows that the condition of base soil form by soft clay with N-SPT values less than 10 reach 15.5 meter of depth. Soft soil is easily compressed and low bearing capacity could cause significant problems during and after the construction so it takes efforts to improve the carrying capacity.

Soil improvement can be done by preloading and surcharge methods that aims to make soil compressed and the capacity increased. Preloading method is combined with PVD in order to make compression process happens faster. The design of preloading combined with PVD required Cv parameter which obtained from soil monitoring reading. Cv value which obtained from settlement plate reading are used as the basis for planning because the confidencence level of data is considered more accurate. To determine the value of the Cv collective required final settlement value which determined with Asaoka method. Then, the Cv collectiver value can obtained by two methods, that is using the

Hausmann equation and Back Calculation method. The determinaion of the Cv value from both analyzes based on statistical distribution method with 90 % convidence level. Beside that , controlling the stability of the embankment to possibility of sliding are required. When the landslide failure happen, then the geotextile and micropile are used as reinforcement.

The results from Hausmann analysis showed that the real Cv collective obtained amounted to 0.02101 m^2/week. And the results from Back calculation analysis showed that the real Cv collective obtained amounted to 0.02095 m^2/week. Based on sattistical distribution method, the Cv collective value used is equal to 0.0295 m^2/week. and, the amount of compression that occurs is equal to 1.48 meter and needed 33.3 years periode to compressed without PVD and needed 20 weeks to compressed with PVD. From the stabiliy analysis result obtained by 3 alternatives that is, geotextile reinforcement with 100 KN of tensile strength is needed 37 layers, micropile reinforcement with diameter 30 cm is needed 8 unit and geotextile reinforcement combined with micropile needed 12 layers of geotextile and 5 unit micropile. The first alternative requires a material cost amounted Rp.32.136.810.240, the second alternative requires a material cost amounted Rp. 36.223.200.000 and third alternative requires a material cost amounted Rp.33.039.830.880

Keywords : Industrial land, compression, Preloading, PVD, real Cv collective , Geotextile, Micropile.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan rahmatNya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun guna melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan pendidikan pada Program Studi Lintas Jalur Strata I Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih atas nasehat dan bimbingan kepada:

1. Ir. Heppy Kristijanto MS. Selaku dosen wali
2. Dr.Yudhi Lastiasih ST.MT selaku dosen pembimbing I yang telah membantu menyusun tugas akhir ini.
3. Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi selaku dosen pembimbing II yang telah membantu menyusun tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Proposal Tugas Akhir ini. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN v
ABSTRAK vii
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xix
DAFTAR TABEL xxi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Permasalahan 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Lingkup Pekerjaan 4
1.5 Batasan Masalah 4
1.6 Manfaat 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7
2.1 Umum 7
2.2 Analisa Paramater Tanah 7
2.2.1 Pengelompokan Tanah 7
2.2.2 Penentuan Parameter Tanah 8
2.2.3 Korelasi Parameter Tanah 10
2.3 Teori Preloading 13

2.3.1 Perencanaan Tinggi Timbunan (H inisial dan H akhir) 14
2.3.2 Pembebanan Bertahap 14
2.3.3 Penambahan Tegangan Tanah akibat Timbunan (Δp)... 15
2.3.4 Daya Dukung..... 17
2.4 Settlement..... 18
2.4.1 Waktu Penurunan tanah..... 20
2.5 Teori Penentuan Harga Koefisien Konsolidasi..... 22
2.6 Metode Percepatan Pemampatan dengan PVD dan PHD..... 24
2.6.1 Menentukan Kedalaman PVD..... 24
2.6.2 Menentukan Lamanya Konsolidasi 24
2.7 Perkuatan Tanah 31
2.7.1 Geotextile 31
2.7.2 Micropile 34
BAB III METODOLOGI..... 39
3.1 Bagan Alir 39
3.2 Studi Literatur..... 41
3.3 Pengumpulan Data Sekunder..... 42
3.4 Analisa Data Sekunder 42
3.5 Penentuan Harga Cv 42
3.6 Perencanaan Timbunan..... 43
3.7 Perencanaan PVD..... 43
3.8 Perencanaan Penimbunan Bertahap..... 43
3.9 Kontrol Stabilitas Tanah Dasar..... 43
3.10 Hasil Analisa 43

BAB IV ANALISA PARAMETER TANAH 45
4.1 Analisa Data 45
4.1.1 Data Lapangan Tanah Dasar 45
4.1.2 Data Trial Embankment 47
4.2 Analisa Data Trial Embankment 47
4.2.1 Data Perencanaan awal 47
4.2.2 Analisa Pemampatan Metode Asaoka 48
4.2.3 Penentuan Derajat Konsolidasi Aktual 50
4.2.4 Penentuan Harga Cv 51
4.2.4.1 Metode Hausmann 51
4.2.4.2 Back Analysis 53
4.2.4.3 Penentuan Parameter Cv gabungan metode statistik 55
4.3 Analisa Data Perencanaan 57
4.3.1 Pengelompokan Data Tanah Vertikal 57
4.3.2 Korelasi Data Tanah 60
4.3.3 Penentuan Parameter Tanah 65
4.4 Data Tanah Timbunan 68
BAB V PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH 69
5.1 Umum 69
5.2 Perencanaan Tinggi Timbunan Pelaksanaan 69
5.2.1 Settlement 71
5.2.2 Penentuan Tinggi Timbunan Pelaksanaan 73
5.3 Perhitungan Lama Waktu Konsolidasi Tanpa PVD 75

5.4 Perencanaan PVD dan PHD 78
5.4.1 Perencanaan PVD..... 78
5.4.2 Perencanaan PHD..... 79
5.5. Perhitungan Tinggi Timbunan Kritis..... 81
5.5.1 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Rotasional 81
5.5.2 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Puncture 82
5.6 Perencanaan Timbunan Bertahap 83
5.6.1 Penimbunan Bertahap setinggi H kritis 83
5.6.2 Penimbunan Bertahap setinggi H pelaksanaan..... 84
5.7 Kenaikan Daya Dukung Tanah Akibat Pemampatan Tanah . 86
5.7.1 Kenaikan Daya Dukung Tanah Setinggi H kritis 86
5.7.2 Kenaikan Daya Dukung Tanah Setinggi H pelaksanaan91
5.8 Stabilitas Akibat Kenaikan Daya Dukung..... 93
5.8.1 Stabilitas Akibat Timbunan Setinggi H kritis 93
5.8.2 Stabilitas Akibat Timbunan Setinggi H pelaksanaan 94
5.9 Perencanaan Perkuatan Timbunan..... 96
5.9.1 Perkuatan dengan Geotextile..... 96
5.9.2 Perkuatan dengan Micropile..... 103
5.9.3 Perkuatan dengan Geotextile Kombinasi Micropile.... 112
5.10 Perhitungan Biaya Material Perkuatan 118
BAB VI KESIMPULAN 121
DAFTAR PUSTAKA 124
LAMPIRAN I TABEL PERHITUNGAN
LAMPIRAN II GAMBAR PERENCANAAN

LAMPIRAN III DATA TANAH
LAMPIRAN IV AS-BUILT DRAWING PROYEK
LAMPIRAN V BROSUR DAN TABEL KORELASI

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Proyek 2
Gambar 1.2 Grafik rata-rata N-Spt vs Kedalaman 5
Gambar 2.1 Grafik korelasi LL dan PI 12
Gambar 2.2 Grafik korelasi LL dan Cv 13
Gambar 2.3 Penimbunan Bertahap 14
Gambar 2.4 Grafik Faktor Pengaruh Beban Trapesium 16
Gambar 2.5 Distribusi tegangan vertikal dalam tanah 17
Gambar 2.6 Prosedur Analisis Data Monitoring Penurunan 23
Gambar 2.7 Prediksi penurunan akhir dengan metode asaoka 23
Gambar 2.8 Skema Pemasangan Vertical Drain 24
Gambar 2.9 Pola PVD susunan bujur sangkar 26
Gambar 2.10 Pola PVD susunan segitga 26
Gambar 2.11 Diameter lingkaran ekivalen untuk PVD 27
Gambar 2.12 Ilustrasi jarak dan kuat tarik geotextile 32
Gambar 2.13 Kurva untuk menentukan harga f 35
Gambar 2.14 Kurva untuk menentukan harga Fm 35
Gambar 3.1 Bagan Alir 39
Gambar 4.1 Grafik hasil N-SPT Lapangan 46
Gambar 4.2 Pemasangan soil instrument di lapangan 47
Gambar 4.3 Grafik Penentuan Final Settlement 49
Gambar 4.4 Grafik Penentuan β_o 51
Gambar 4.5 Sketsa Rencanan Penimbunan 68

Gambar 5.1 Kondisi timbunan sebelum mengalami pemampatan 69
Gambar 5.2 Kondisi timbunan sesudah mengalami pemampatan... 70
Gambar 5.3 Sketsa beban timbunan dan beban bangunan 71
Gambar 5.4 Kurva penentuan tinggi timbunan pelakasanaan 74
Gambar 5.5 Grafik hubungan waktu dan settlement 77
Gambar 5.6 Grafik hubungan waktu dan derajat konsolidasi..... 77
Gambar 5.7 Grafik waktu konsolidasi dengann derajat konsolidasi PVD pola segitiga..... 79
Gambar 5.8 Grafik penentuan tinggi timbunan kritis..... 82
Gambar 5.9 Grafik pemampatan tanah akibat penimbunan bertahap 86
Gambar 5.10 Sketsa bidang longsor..... 102
Gambar 5.11 Grafik penentuan nilai f..... 105
Gambar 5.12 Grafik penentuan nilai FM..... 107
Gambar 5.13 Grafik penentuan jumlah kebutuhan micropile ... 111
Gambar 5.14 Grafik penentuan jumlah kebutuhan micropile ... 117

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 nilai probabilitas (t) 9
Tabel 2.2 Korelasi n-Spt dengan karakteristik tanah lain..... 10
Tabel 2.3 Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi . 21
Tabel 2.4 Faktor Keamanan akibat Pengurangan Kekuatan Geotextile 33
Tabel 4.1 Rekap nilai Final Settlement dan U aktual 50
Tabel 4.2 Rekap Cv gabungan dari analisa Hausmann 53
Tabel 4.3 Rekap Cv gabungan dari analisa back calculation 55
Tabel 4.4 Rekap Data Tanah 57
Tabel 4.5 Rekap Data Nilai SPT 58
Tabel 4.6 Pengelompokan tanah berdasasrskan karakteristik 59
Tabel 4.7 Hasil Korelasi Parameter tanah pada BH-01..... 62
Tabel 4.8 Hasil Korelasi Parameter tanah pada BH-02..... 63
Tabel 4.9 Hasil Korelasi Parameter tanah pada BH-03..... 64
Tabel 4.10 Hasil Korelasi Parameter tanah pada BH-04..... 65
Tabel 4.11 Pengelompokan parameter γ_{sat} 66
Tabel 4.12 Penentuan parameter tanah cara statistik..... 67
Tabel 5.1 Penentuan Besaran Hr variasi 71
Tabel 5.2 Perhitungan Settlement akibat Hr = 5.162 m 73
Tabel 5.3 Hasil Rekap Nilai Sc total dan Hr-H dengan variasi Hr.. 74
Tabel 5.4 Derajat konsolidasi dan settlement berdasarkan waktu... 76

Tabel 5.5 Debit air pori berdsarkan waktu pemampatan 80
Tabel 5.6 Rekap hasil Nilai SF terhadap keruntuhan rotasional . 81
Tabel 5.7 Umur Timbunan hingga tahap penimbunan ke-11 84
Tabel 5.8 Derajat konsolidasi tiap tahap penimbunan 85
Tabel 5.9 Umur timbunan pada minggu ke-6 87
Tabel 5.10 Penambahan tegangan akibat 4 tahapan penimbunan 87
Tabel 5.11 Penambahan Cu akibat penambahan tegangan 90
Tabel 5.12 Nilai daya dukung pada tiap lapisan tanah 91
Tabel 5.13 Penambahan tegangan akibat 12 tahapan penimbunan 92
Tabel 5.14 Penambahan daya dukung aklibat penambahan tegangan 92
Tabel 5.15 Nilai Daya dukung pada tiap lapisan tanah 93
Tabel 5.16 Nilai daya dukung pada tiap lapisan tanah 94
Tabel 5.17 Output program geoslope kondisi MAT rendah 95
Tabel 5.18 Output program geoslope kondisi MAT tinggi 95
Tabel 5.19 Perhitungan perkuatan geotextile 99
Tabel 5.20 Jumlah kebutuhan perkuatan geotextile 100
Tabel 5.21 Perhitungan jumlah micropile 110
Tabel 5.22 Perhitungan geotextile 113
Tabel 5.23 Perhitungan jumlah micropile 116
Tabel 5.24 Alternatif perkuatan 118
Tabel 5.25 Perhitungan Biaya Material 118

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan dan pengembangan kawasan industri di daerah dapat mendorong percepatan peningkatan taraf hidup dan kesejahteraan rakyat. Keberadaan kawasan industri di wilayah Kalimantan Timur diharapkan dapat membuat tenaga kerja dari warga setempat dapat terserap dengan baik. Sebab kawasan industri pasti akan mendorong terbukanya kesempatan kerja. Untuk membangun kawasan industri di kalimantan timur khususnya di daerah Bontang, PT Kaltim Industrial Estate (KIE) yang bergerak di bidang pengelolaan kawasan industri menyediakan lahan bagi berbagai perusahaan berbasis gas bumi di kawasan Bontang dan sekitarnya.

Salah satu proyek yang dilakukan oleh PT Kaltim Industrial Estate adalah persiapan lahan di area Tanjung Harapan. Area Tanjung Harapan merupakan lahan yang memiliki luasan sebesar 48.7 Ha. Konstruksi bangunan industri akan dibangun diatas tanah timbunan setinggi 2.5 meter. Pada Pada pekerjaan persiapan lahan di area Tanjung harapan diperlukan perencanaan yang baik mengingat kondisi tanah dasarnya adalah tanah lempung lunak dengannilai SPT kurang dari 10 dengan kedalaman mencapai 15,5 m (ditunjukan dalam **Gambar 1.2**) Tanah tersebut mudah memampat dan memiliki daya dukung yang rendah, Sehingga untuk mampu menerima beban timbunan diperlukan perbaikan tanah dasar agar daya dukungnya meningkat. Upaya dalam memperbaiki daya dukung tanah dapat dilakukan dengan cara memberikan beban pada tanah dasar atau *pre-loading* agar air pori dalam tanah akan keluar sehingga pori tanah akan mengecil dan

meningkatkan daya dukungnya. Metode *pre-loading* yang digunakan adalah dengan melakukan kombinasi PVD agar proses pemampatan terjadi lebih cepat.

Gambar 1.1 Lokasi proyek
Sumber : Googlemaps.com

Untuk perencanaan *pre-loading* dengan kombinasi PVD diperlukan parameter Cv *real* gabungan yang diperoleh dari tes *trial embankment* di lapangan. Dari *trial embankment* di lapangan akan dicatat besar penurunan yang terjadi setiap harinya dengan alat *settlement plate*. Data penurunan harian digunakan untuk mendapatkan penurunan akhir dari tahap timbunan. Dari hasil analisa penurunan di lapangan akan dibandingkan dengan besarnya penurunan secara empiris agar didapatkan koefisien konsolidasi yang sesuai. .

Penimbunan tanah dilakukan sampai elevasi yang sudah direncanakan. Dengan adanya timbunan tersebut harus pula dikontrol untuk kestabilan tanah timbunan agar tidak terjadi kelongsoran . Untuk mengatasi kelongsoran tersebut diperlukan perkuatan agar tercapai angka keamanan yang disyaratkan. Perkuatan tersebut direncanakan menggunakan lapisan *geotextile* dan micropile.

1.2 Rumusan Permasalahan

Dalam perencanaan ini didapatkan permasalahan-permasalahan sebagai berikut:

a. Berapa harga Cv gabungan lapangan yang ditentukan dari hasil *trial embankment*?
b. Bagaimana merencanakan tinggi timbunan awal agar mencapai tinggi rencana akibat terjadinya pemampatan tanah ?
c. Berapa jarak dan pola pemasangan PVD yang digunakan agar tercapai waktu pemampatan rencana?
d. Berapa lama waktu pemampatan yang terjadi untuk mencapai derajat konsolidasi 90%?
e. Berapa kebutuhan *geotextile* atau cerucuk agar tidak terjadi kelongsoran?
f. Berapa biaya yang diperlukan dari perbaikan metode *pre-loading* dengan perkuatan?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari dibuatnya tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Mengetahui harga Cv gabungan lapangan yang ditetukan dari hasil *trial embankment*.
b. Menentukan tinggi timbunan yang harus dilaksanakan di lapangan agar mencapai tinggi timbunan rencana akibat terjadinya pemampatan tanah.
c. Menentukan jarak antar PVD dan pola pemasangannya agar tercapai waktu pemampatan rencana.
d. Mengetahui waktu pemampatan yang terjadi pada tanah dasar hingga mencapai derajat konsolidasi 90%.

e. Menentukan jumlah kebutuhan perkuatan *geotextile* atau cerucuk yang mencapai angka kemanan yang disyaratkan agar tidak terjadi kelongsoran.
f. Mengetahui biaya yang diperlukan dari perbaikan metode *pre-loading* dengan perkuatan.

1.4 Lingkup Pekerjaan

Adapun lingkup pekerjaan yang dilakukan dalam perencanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Melakukan analisa data trial embankment di lapangan
b. Menghitung harga Cv gabungan lapangan bedasarkan data settlement plate di lapangan.
c. Merencanakan tinggi timbunan yang harus dilaksanakan di lapangan.
d. Menghitung kebutuhan jarak antar PVD dan pola pemasangannya.
e. Menghitung lama waktu pemampatan yang terjadi akibat beban timbunan dari metoda *pre-loading*
f. Menghitung jumlah perkuatan *geotextile* dan cerucuk yang dibutuhkan
g. Menghitung biaya dari perbaikan metode *pre-loading* dengan perkuatan berdsarkan harga material

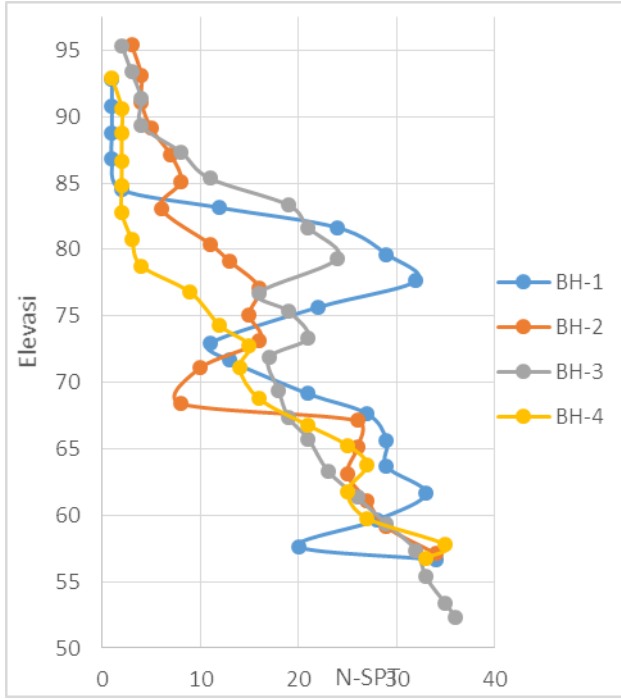
1.5 Batasan Masalah

Permasalahan dalam tugas akhir ini dibatasi sebagai berikut:

a. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa N-Spt dan Settlement Plate yang didapatkan dari PT.Geosistem Unggul
b. Tidak membahas metode pelaksanaan
c. Hanya merencanakan anggaran biaya berdasarkan harga material.

1.6 Manfaat

Dengan ditulisnya Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada penulis dan pembaca sebagai salah satu referensi studi pustaka untuk merencanakan perkuatan tanah khususnya pada proyek area kawasan industri.



Gambar 1.2 Grafik rata-rata N-spt vs kedalaman
Sumber : Data rekap PT.Geosistem Unggul

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa teori yang akan digunakan sebagai acuan dalam perencanaan timbunan kawasan industri KIE Bontang. Berikut beberapa teori yang akan digunakan :

1. Analisa parameter tanah
2. Penentuan Pemampatan Asaoka
3. Teori *pre-loading*
4. Perhitungan penurunan tanah atau *settlement*
5. Penentuan harga koefisien konsolidasi lapangan
6. Metode percepatan pemampatan
7. Perencanaan perkuatan tanah

2.2 Analisa Parameter Tanah

Analisa parameter tanah yang dilakukan adalah dengan mengelompokan tanah sesuai karakteristik tanah, penentuan parameter tanah dari beberapa data tanah dengan cara statistik dan korelasi parameter tanah yang tidak diketahui.

2.2.1 Pengelompokan tanah

Analisa parameter tanah ini bertujuan untuk mengelompokan jenis tanah yang beragam dilapangan menjadi beberapa jenis dengan pendekatan statistik sederhana. Dasar pengelompokanya yaitu dengan cara membuat statigrafi nilai parammeter tanah dari beberapa data hasil uji lapangan.

Pendekatan statistik yang digunakan yaitu mengambil keputusan berdasarkan besar *coefficient variasi (CV)* dari suatu

distribusi nilai parameter tanah. Berikut merupakan perumusan yang dapat digunakan:

Rata-rata $= U = \frac{\sum_{n=1}^{n} x}{n}$ ...(2.1)

Standar Deviasi $= STD = \sqrt{\frac{\sum(x-U)^2}{n}}$ ...(2.2)

Koefisien Variasi $= CV = \frac{STD}{U} \times 100\%$ ...(2.3)

Dimana distribusi sebaran suatu nilai dapat diterima jika harga koefisien variasi dari sebaran tersebut antara 10-20%. Jika nilai sebaran tersebut >20%, maka harus dilakukan pembagian layer kembali.

2.2.2 Penentuan parameter tanah

Analisa parameter tanah dilakukan untuk mendapatkan parameter yang akan digunakan untuk perencanaan perbaikan tanah. Metode yang digunakan adalah cara statistik dengan selang kepercayaan yang baik, yaitu selang yang pendek dengan derajat kepercayaan yang tinggi, oleh karena itu digunakan selang kepercayaan 90%.

Bentuk umum selang kepercayaan adalah Batas Bawah < (Parameter tanah) < Batas Atas. Dengan menggunakan „probabilitas t" dan „probabilitas z" yaitu :

- Probabilitas t digunakan apabila n < 30

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

- Probabilitas z digunakan apabila n > 30

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

Dimana :

ẋ = rata-rata
db = derajat kebebasan
α = tingkat kesalahan
s = standar deviasi
n = jumlah data
(μ) = nilai parameter tanah

Tabel 2.1 nilai probabilitas (t)

db	α				
	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	3.078	6.3141	12.706	31.821	63.656
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807

db	α				
	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678
100	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	12.82	1.645	1.960	2.326	2.576

2.2.3 Korelasi Parameter tanah

Berat volume tanah didapatkan berdasarkan nilai N-SPT dengan merujuk pada tabel 2.1

Tabel 2.2 Korelasi n-SPT dengan Karakteristik Tanah Lainya (J.E Bowles, 1984 dalam Wahyudi, 2013)

Cohesionless Soil					
N *(blows)*	0-3	4-10	11-30	31-50	>50
γ (kN/m3)	-	12-16	14-18	16-20	18-23
ϕ (°)	-	25-32	28-36	30-40	>35
State	*Very Loose*	*Loose*	*Medium*	*Dense*	*Very Dense*
Dr (%)	0-15	15-35	35-65	65-85	85-100
Cohesive Soil					
N *(blows)*	<4	4-6	6-15	16-25	>25
γ (kN/m3)	14-18	16-18	16-18	16-20	>20
qu (kPa)	<25	20-50	30-60	40-200	>100
Consistency	*Very Soft*	*Soft*	*Medium*	*Stiff*	*Hard*

Herman Wahyudi dan Yudhi Lastiasih (2007) dalam Wahyudi (2013) menyajikan korelasi antara nilai N-SPT dengan berat volume tanah , yang berlaku untuk very soft clay dengan nilai NSPT < 4 menggunakan persamaan :

$\gamma sat = 0.08\ NSPT + 1.47$ ...(2.6)

$\gamma d = 0.09\ NSPT + 0.78$ ...(2.7)

Nilai kadar air (ω_{sat}), porositas (n), angka pori (e), dan koefisien konsolidasi vertikal (Cv) didapat didapat dari korelasi berdasarkan nilai berat volume jenuh tanah (γ_{sat}) yang bersumber dari *Biarez*, dapat dilihat pada **Lampiran 5**.

Pada umumnya, apabila tidak tersedia data konsolidasi hasil percobaan di laboratorium, persamaan jenis *undistrubed* sering digunakan untuk menghitung konsolidasi primer yang terjadi di lapangan. Adapula pengembangan lainya untuk harga indeks pemampatan (Cc) dari perumusan-perumusan tersebut, menurut Rendon-Herrero (1980) dalam Das (1988) sebagai berikut:

Cc = 0,007 (LL-7)	(skemton, *remolded clay*)	...(2.8)
Cc = 0,01 Wn	(lempung chicago)	...(2.9)
Cc = 1,15 (e0 – 0,27)	(semua lempung)	...(2.10)
Cc = 0,3 (e0 – 0,27)	(tanah kohesif anorganik)	...(2.11)
Cc = 0,0115 Wn	(tanah organik)	...(2.12)
Cc = 0,0046 (LL – 9)	(lempung brazil)	...(2.13)
Cc = 0,75 (e0 – 0,5)	(plastisitas rendah)	...(2.14)
Cc = 0,208e0 + 0,0083	(lempung chicago)	...(2.15)
Cc = 0.156e0 + 0.0107	(semua lempung)	...(2.16)

Dimana :

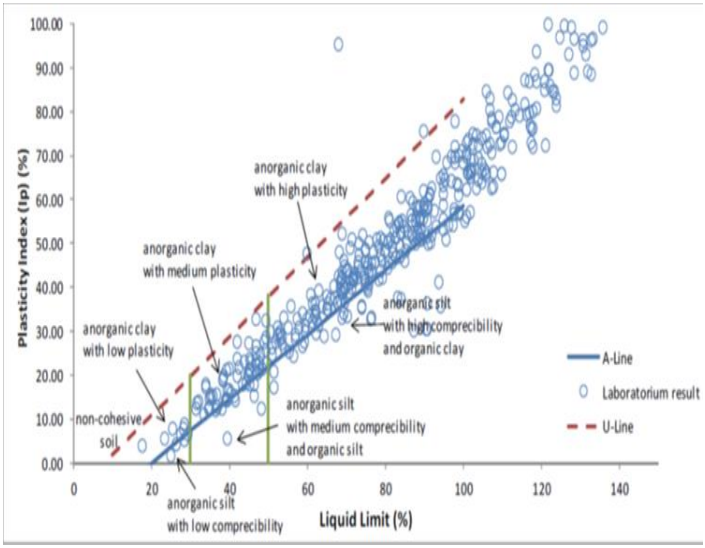
eo = angka pori tanah dilapangan

Wn = kadar air lapangan

Sedangkan untuk indeks pemuaian (Cs), biasanya dapat ditentukan di laboratorium. Pada umumnya menurut Das (1988):

$$Cs \cong \frac{1}{5}\ sampai\ \frac{1}{10}\ Cc \quad ...(2.17)$$

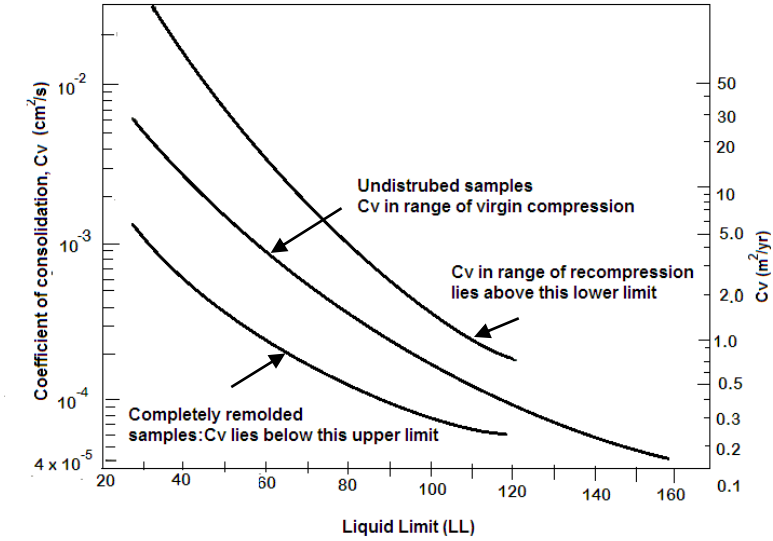
Untuk nilai batas cair (LL) dapat ditentukan dengan grafik (after U.S. Navy, 1971) dan untuk nilai Indeks Plastisitas dapat ditentukan dengan grafik (atterberg limit consistency and classification)



Gambar 2.1 Grafik korelasi LL dan PI (Atterberg Limit Consistency and Classification Soil Value)

Untuk nilai sudut geser dalam efektif (ϕ'), menurut Mitchell(1993);Kulhawy dan Mayne (1990) dalam Budi (2011) dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\phi' = \sin^{-1} [\, 0.8 - 0.094 \ln (PI)] \qquad ...(2.18)$$



Gambar 2.2 Grafik korelasi LL dan Cv (After U.S. Navy, 1971)

Sedangkan untuk parameter cohession undrained (Cu), menurut Bowles (1988) dalam Budi (2011) dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Cu = 0.06\ NSPT\ (kg/cm^2) \quad ...(2.19)$$

2.3 Teori *Pre-loading*

Pre-loading merupakan salah satu upaya perbaikan daya dukung tanah dengan cara memberikan beban pada tanah dasar, sehingga mempercepat terjadinya pemampatan tanah. Dengan dimampatkanya tanah dasar, air pori dalam tanah akan keluar sehingga pori tanah akan mengecil dan meningkatkan daya dukungnya.

2.3.1 Perencanaan Tinggi Timbunan (H inisial dan H akhir)

Tinggi timbunan pada saat pelaksanaan umumnya tidak akan sama dengan tinggi timbunan yang direncanakan. Tinggi pada saat pelaksanaan haruslah lebih tinggi dari tinggi rencana, hal ini dimaksudkan untuk menambah tinggi yang hilang akibat adanya penurunan tanah dasar yang disebabkan berat timbunan itu sendiri. Tinggi timbunan pada perencanaan ini akan dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu tinggi timbunan rencana, tinggi tinggi pelaksanaan dan tinggi timbunan kritis.

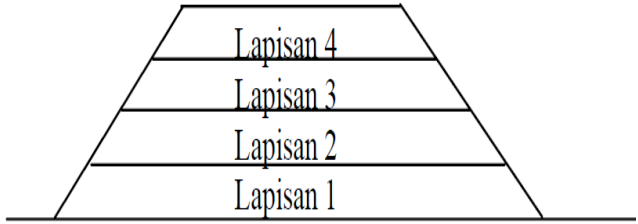
$$H_{akhir} = H_{awal} - Sc \qquad ...(2.20)$$

Tinggi timbunan pelaksanaan ($H_{inisial}$) berbeda dengan tinggi timbunan rencana, hal ini dikarenakan kondisi tanah dasar yang akan memampat akibat beban timbunan yang akan dibangun diatasnya. Oleh karena itu tinggi pelaksanaan ini perlu ditambahkan dengan besar pemampatan *settlement* pada tanah dasar. Tinggi timbunan ini dapat perhitungkan dengan cara membuat grafik potongan antara kurva Sc versus H_R dengan kurva H_R – H versus H_R, dimana:

Sc : besar konsolidasi yang terjadi
H : tinggi timbunan rencana
H_R : tinggi pelaksanaan (variasi)

2.3.2 Pembebanan Bertahap

Pada perencanaan ini akan digunakan *pre-loading* jenis *surcharge*, dimana tanah dasar akan dibebani dengan beban timbunan yaitu dengan menggunakan tanah timbunan itu sendiri. Dikarenakan pada saat pelaksanaan penimbunan diperlukan pekerjaan pemadatan, oleh karena itu pekerjaan penimbunan tidak dapat dilakukan secara sekaligus untuk mencapai tinggi pelaksanaan melainkan diperlukanya penimbunan bertahap. Skema penimbuna bertahap data dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.3 Penimbunan Bertahap

2.3.3 Penambahan Tegangan Tanah akibat Timbunan (Δp)

Penambahan tegangan ini biasanya diakibatkan oleh beban yang terjadi di atas permukaan tanah dasar sebesar Δp. Dikarenakan besar pembebanan yang akan diterima tiap lapisan tanah dasar akan berbeda, sehingga diperlukan peninjauan terhadap besarnya pembebanan ini.Besar beban luar yang berupa timbunan dapat ditentukan dengan persamaan beban trapesium. Besarnya Δp pada kedalaman z adalah :

$$\Delta p = I_z \times q \quad ...(2.21)$$

$$q = H \times \Upsilon_{timbunan} \quad ...(2.22)$$

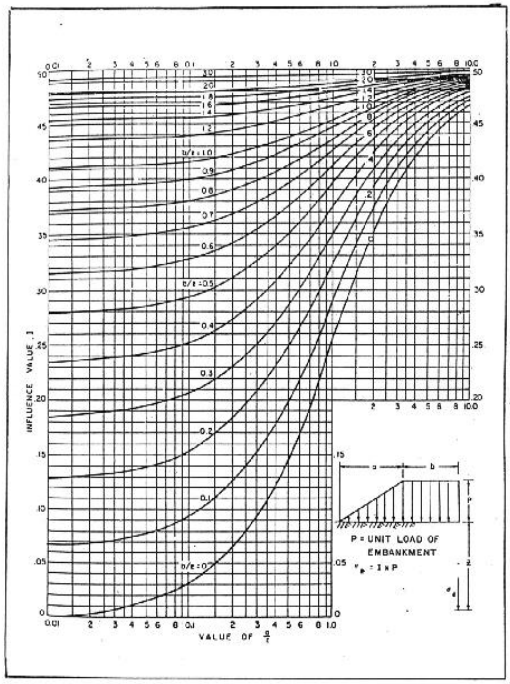
Dimana :

Iz :faktor pengaruh kedalaman terhadap dasar timbunan, besarnya nilai pengaruh didapatkan dengan menggunakan bantuak grafik *osterberg*.
q : Beban timbunan
H : tinggi timbunan

Karena nilai I ditinjau pada tengah-tengah lebar timbunan, maka untuk timbunan yang simetris nilai I yang diperoleh harus dikalikan 2. Ada dua cara yang dapat digunakan untuk menentukan faktor pengaruh I, yaitu:

a. Dengan bantuan grafik *Osterberg* (**Gambar 2.4**)

Pada **Gambar 2.4** terdapat nilai perbandingan terhadap kedalaman tanah yang ditinjau (z), yaitu a/z dan b/z. Dimana nilai a adalah nilai lebar kemiringan talud, sedangkan nilai b adalah nilai lebar talud itu sendiri/



Influence Value for Vertical Stress Under Embankment Load of Infinite Length

Gambar 2.4 Grafik faktor pengaruh beban trapesium (OSTERBERG)

b. Dengan bantuan persamamaan dalam Das (1990).

$$I = \frac{1}{180} x \left[\left\{ \frac{B1 + B2}{B2} \right\} x(\alpha 1 + \alpha 2) - \frac{B1}{B2} x(\alpha 2) \right] \qquad ...(2.23)$$

Dimana :

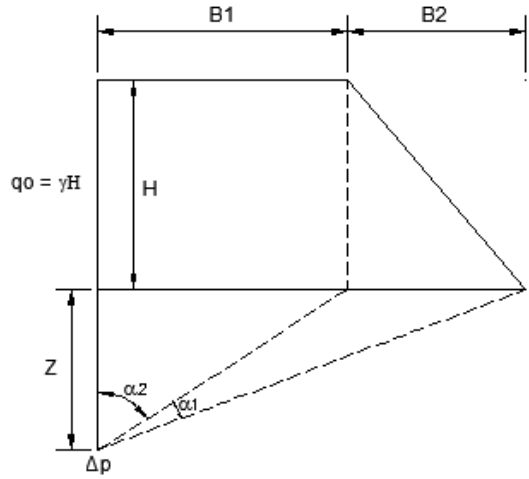
$$\alpha 1 = \tan^{-1}\left\{\left(\frac{B1+B2}{z}\right)\right\} - \tan^{-1}\left(\frac{B1}{z}\right) \quad \text{(rad)} \qquad ...(2.24)$$

$$\alpha 2 = \tan^{-1}\left(\frac{B1}{z}\right) \quad \text{(rad)} \qquad ...(2.25)$$

Dimana:

B1 = setengah dari lebar timbunan (m)
B2 = panjang proyeksi horisontal kemiringan timbunan (m)

Karena nilai I ditengah-tengah dari lebar timbunan, maka untuk timbunan yang simetris nilai I yang diperoleh harus dikalikan 2 kalinya.



Gambar 2.5 Distribusi Tegangan Vertikal Dalam Tanah
Sumber : Das (1990)

2.3.4 Daya Dukung

Akibat terjadinya konsolidasi pada suatu lapisan tanah, maka lapisan tanah yang bersangkutan menjadi lebih padat yang berarti kekuatan tanah juga meningkat sebagai akibat kenaikan harga Cu (undrained shear strength)

Besarnya kenaikan daya dukung tanah dapat dihitung dengan menghitung kenaikan kekuatan geser *undrained* yang dapat dicari dengan menggunakan persamaan (Lastiasih, Tantri 2015):

$$\text{Cu baru} = \text{C awal} + \alpha\Delta\sigma \quad ...(2.26)$$

$$\Delta\text{Cu} = \text{U} \tan \phi' \, \Delta \sigma_v \quad ...(2.27)$$

$$\alpha = \text{U} \tan \phi' \quad ...(2.28)$$

dimana :

U : Derajat Konsolidasi

ϕ' : sudut geser efektif

$\Delta \sigma_v$: peningkatan tegangan (KN/m^2)

2.4 *Settlement*

Penurunan tanah (*settlement*) merupakan hasil dari penurunan bahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Suatu tanah di lapangan pada suatu kedalaman tertentu telah mengalami "tekanan efektif maksimum akibat berat tanah di atasnya" (*maximum effective overburden pressure*) dalam sejarah geologisnya. Tekanan efektif *overburden* ini mungkin sama dengan atau lebih kecil dari tekanan *overburden* yang ada pada saat pengambilan contoh tanah. Sehingga dalam Das (1988) mendefinisikan hal ini menjadi dua jenis tegangan berdasarkan pada sejarahnya:

Terkonsolidasi secara normal (normally consolidated), dimana tekanan efektif *overburden* pada saat ini adalah merupakan tekanan maksimum yang pernah dialami oleh tanah itu. Sehingga untuk (NC Soil) dapat dibuat persamaan menjadi:

$$Sc = \frac{Cc\ .H}{1+e0}\log\left(\frac{po+\Delta p}{po}\right) \quad ...(2.29)$$

Terlalu terkonsolidasi (overconsolidated), dimana tekanan efektif *overburden* pada saat ini adalah lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah itu sebelumnya. Tekanan efektif *overburden* maksimum yang pernah dialami sebelumnya dinamakan *tekanan prakonsolidasi* (preconsolidation pressure).Sehingga untuk (OC Soil) dapat dibuat persamaan menjadi:

a. Apabila, po + Δp ≤ pc :

$$Sc = \frac{Cs\ .H}{1+e0}\log\left(\frac{po+\Delta p}{po}\right) \quad ...(2.30)$$

b. Sedangkan bila, po + Δp > pc :

$$Sc = \frac{Cs\ .H}{1+e0}\log\frac{pc}{po} + \frac{Cc\ .H}{1+e0}\log\left(\frac{po+\Delta p}{pc}\right) \quad ...(2.31)$$

Dimana :

Sc : pemampatan konsolidasi
H : tebal lapisan tanah (*compressible soil*)
e0 : angka pori awal dari lapisan tanah
Cc : *Compression Index* dari lapisan tanah
Cs : *Swelling Index* dari lapisan tanah
Po : tekanan tanah vertikal efektif disuatu titik di tengah-tengah lapisan tanah akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut
Pc : effective past *overburden* pressure, tegangan kosolidasi efektif dimasa lampau yang lebih besar dari po

Catatan :

Tanah lunak di Indonesia umumnya dapat diangggap sebagai tanah agak *over consolidated*, sehingga :

Pc = po + fluktuasi terbesar muka air tanah ...(2.32)

2.4.1 Waktu Penurunan Tanah

a. Lamanya Penurunan Tanah

Dari perumusan-perumusan Terzaghi dalam Das (1988) lama waktu konsolidasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$t = \frac{Tv \times Hdr^2}{cv} \quad ...(2.33)$$

Dimana :

t : lamanya waktu konsolidasi

Tv : Faktor waktu terhadap derajat konsolidasi (tabel 2.3)

Cv : koefisien konsolidasi vertikal (cm^2/s)

Hdr : panjang aliran air pori dalam tanah. Pada perumusanya hal ini dibedakan menjadi dua jenis,

1/2Hdr : dimana arah aliran air pori dua arah (ke atas dan ke bawah)

Hdr : dimana arah aliran air posi satu arah (ke atas atau ke bawah)

b. Parameter Tanah untuk Lamanya penurunan Konsolidasi

1. Faktor Waktu

Merupakan fungsi dari derajat konsolidasi rata-rata (U%) dimana tegangan air pori (Uo) adalah sama untuk seluruh keadaan lapisan yang mengalami konsolidasi. Dalam Das (1988), hal ini dapat dinyatakan dengan suatu hubungan yang sederhana :

Untuk U = 0 sampai 60%,

$$Tv = \frac{\pi}{4}\left(\frac{U\%}{100}\right)^2 \quad ...(2.34)$$

Untuk U > 60%,

$$Tv = 1{,}781 - 0{,}933 \log(100 - U\%) \quad ...(2.35)$$

Dari perumusan tersebut, Das (1988) menyajikanya dalam tabel berupa variasi faktor waktu terhadap derajat konsolidasi untuk seluruh kedalaman lapisan.

Tabel 2.3 Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi (Das, 1988)

Derajat Konsolidasi U%	Faktor waktu (Tv)
0	0
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,197
60	0,287
70	0,403
80	0,567
90	0,848
100	∞

2. Koefisien konsolidasi vertikal (Cv)

Untuk jenis tanah heterogen, yang memiliki jenis tanah dan nilai Cv yang berbeda antar lapisanya harus diperhitungkan koefisien rata-ratanya. Menurut ABSI (1965) dalam Wahyudi (1997), hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Cv_{rata-rata} = \frac{(\sum hi)^2}{\left(\sum \frac{hi}{\sqrt{Cvi}}\right)^2} \quad \text{... (2.36)}$$

Dimana:
hi : tebal lapisan i
Cvi : harga Cv dilapisan i

2.5 Teori Penentuan Harga Koefisien Konsolidasi

Nilai Ch adalah koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial dan pada umumnya nilai Ch akan diperkirakan antara 2 sampai 5 Cv. Sementara nilai Cv diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium, tetapi nilai Cv tersebut belum tentu sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Maka Perhitungan ulang Cv dapat dilakukan dengan metoda back calculation. Perhitungan ulang harga Cv dilakukan dengan cara mengolah data dari tes *trial embankment* di lapangan dengan beberapa instrument soil seperti settlement plate dan piezometer test .

Berdasarkan metode Asaoka, dapat diperoleh koreksi nilai koefisien konsolidasi arah vertikal (C_v) dan koefisien konsolidasi arah radial/horizontal (C_h). Nilai koreksi koefisien konsolidasi ini berguna untuk mengetahui kecepatan penurunan konsolidasi pada suatu lapisan tanah lempung yang telah diberi perbaikan tanah berupa timbunan dan PVD. Dengan adanya *vertical drain*, maka disipasi tekanan air pori akan dominan terjadi dalam arah radial/horizontal. Dengan demikian, koreksi koefisien konsolidasi hanya dilakukan untuk parameter konsolidasi horizontal (C_h) saja, yang diberikan melalui persamaan berikut (Hausmann, 1990):

$$\frac{-ln\,\beta_1}{\Delta t} = \frac{8C_h'}{d_e^2\,F(n)} + \frac{\pi^2 C_v}{4H^2} \qquad ...(2.37)$$

dimana:

c_v = koefisien konsolidasi arah vertikal

H = tebal lapisan tanah yang terkonsolidasi

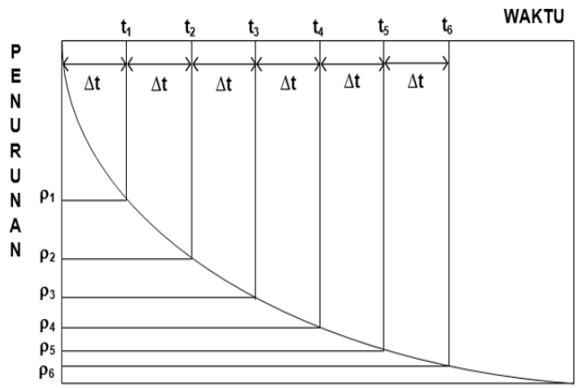
B_1 = kemiringan kurva ρ_n vs ρ_{n-1}

Δt = selang waktu dalam pengamatan penurunan

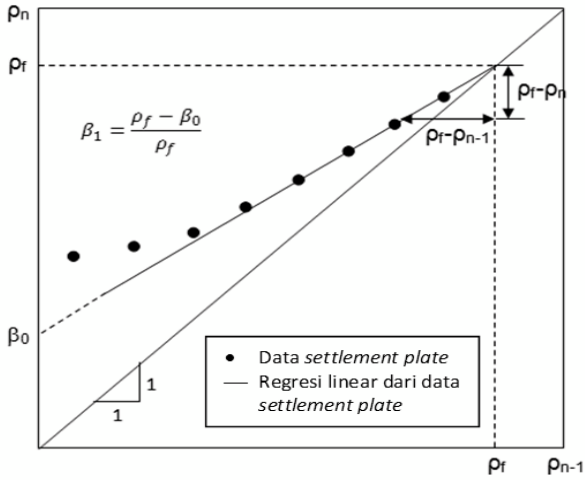
c_h' = koefisien konsolidasi arah radial/horizontal koreksi

d_e = diameter daerah pengaruh PVD

F(n) = fungsi n terhadap waktu akibat PVD



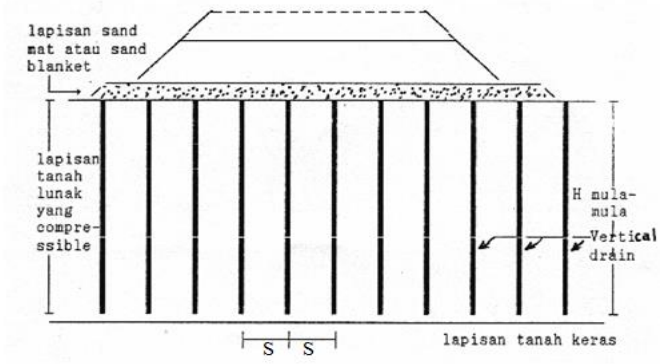
Gambar 2.6. Prosedur analisis data monitoring penurunan dengan interval waktu yang konstan (Magnan and Deroy,1980 dalam Nawir dkk 2012)



Gambar 2.7. Prediksi penurunan akhir dengan metode Asaoka

2.6 Metode Percepatan Pemampatan dengan PVD dan PHD

Pada tanah lempung dan lanau proses pemampatan tanah terjadi sangat lama, bahkan dapat berlangsung hingga puluhan bahkan ratusan tahun. Hal ini dikarenakan pada jenis tanah ini memiliki derajat kejenuhan yang tinggi dan permeabilitas yang rendah. Sehingga diperlukanya perbaikan tanah untuk dapat mempercepat terjadinya keluarnya air pori dalam tanah. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memperbesar permeabilitas tanah dengan menggunakan *vertical drain.* sketsa pemasangan *vertical drain* dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.8 Skema Pemasangan *Vertical Drain*
Sumber : Mochtar,2012

2.6.1 Menentukan Kedalaman PVD

Besarnya kedalaman PVD (*Prevabricated Vertical Drain*) terpasang yang diperlukan adalah sedalam kedalaman lapisan tanah yang terkonsolidasi *compressible*, biasanya dengan nilai n-spt = 0-10 atau tanah sedang *medium stiff.*

2.6.2 Menentukan Lamanya Konsolidasi

Sistem drainase vertikal telah dijelaskan oleh Baron (1948) berdasarkan teori aliran arah vertikal yang menggunakan asumsi

Terzaghi tentang konsolidasi linear sartu dimensi. Teori Barron menjelaskan beberapa anggapan, yaitu:

1. Lempung jenuh air dan homogen.
2. Semua regangan tekan (compressive strain) dalam tanah bekerja arah vertikal.
3. Aliran air pori horizontal, tidak ada alira arah vertikal.
4. Kebenaran hukum Darcy tentang koefisien permeabilitas (k) pada semua lokasi.
5. Air dan butiran tanah relatif tak termampatkan dibandingkan dengan kemampumampatan struktur susunan partikel tanah lempung.
6. Beban tambahan pada mulanya diterima oleh air pori sebagai tegangan air pori (u).
7. Pada *vertical drain* tidak terjadi tegangan pori yang melebihi tegangan hidrostatis.
8. Daerah pengaruh aliran dari setiap drain berbentuk silinder.

Teori ini menetapkan hubungan antara waktu, diameter, jarak antar drain, koefisien konsolidasi dan rata-rata derajat konsolidasi. Pernentuan waktu konsolidasi dari teori ini dapat dibuat persamaan sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \times Ch}\right) \times F(n) \times ln\left(\frac{1}{1 - \overline{Uh}}\right) \qquad \ldots (2.38)$$

Dimana :

t : waktu yang diperlukan untuk mencapai Uh

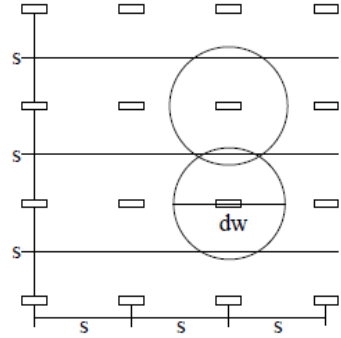
D : diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*

: 1.13 x S, untuk pola susunan bujursangkar, dan

: 1.05 x S, untuk pola segitiga

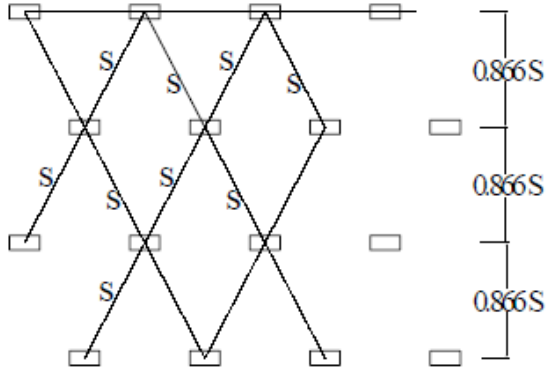
Ch : koefisien konsolidasi tanah untuk drainase horisontal

$\overline{Uh}$: derajat konsolidasi tanah rata-rata pada kedalaman z akibat drainase horisontal



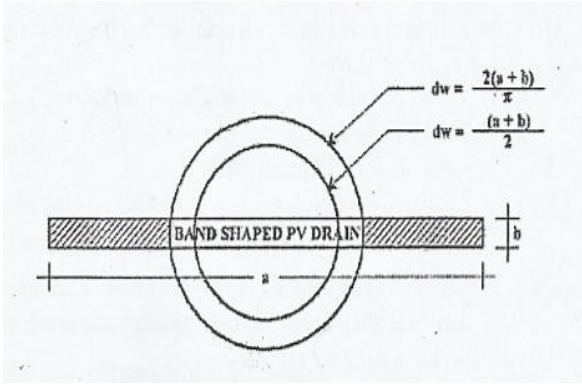
Gambar 2.9 Pola susunan PVD bujur sangkar

Sumber : Mochtar,2012



Gambar 2.10 Pola susunan PVD segitiga

Sumber : Mochtar,2012



Gambar 2.11 Diameter lingkaran ekivalen untuk PVD

Sumber : Mochtar,2012

Fungsi F(n) merupakan fungsi hambatan akibat jarak antar titik pusat PVD, oleh Hansbo (1979) dalam Mochtar (2012) harga F(n) didefinisakan sebagai berikut :

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2}\right)\left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2 - 1}{4n^2}\right)\right] \quad \ldots(2.39)$$

atau

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2 - 1^2}\right)\left[\ln(n) - \frac{3}{4} - \left(\frac{1}{4n^2}\right)\right] \quad \ldots(2.40)$$

dimana:

n : D/dw
dw : diameter ekivalen dari *vertical drain* (ekivalen terhadap bentuk lingkaran)
Pada umumnya n > 20 sehingga dapat dianggap 1/n = 0 dan $\left(\frac{n^2}{n^2-1}\right) \approx 1$;

Jadi:

F(n) = ln(n) – ¾, atau

F(n) = ln(D/dw) – ¾

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

$$t = \left(\frac{D^2}{8.Ch}\right).(F(n) + Fs + Fr).\ln\left(\frac{1}{1-\overline{Uh}}\right) \quad \ldots(3.41)$$

Dimana:

t : waktu yang diperlukan untuk mencapai Uh

D : diameter ekivalen dai lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertikal drain*
: 1.13 x S, untuk pola susunan bujursangkar, dan
: 1.05 x S, untuk pola segitiga

S : jarak antar titik pusat PVD

Ch : koefisien konsolidasi tanah untuk drainase horisontal = (kh/kv). Cv

kh/kv : perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah horisontal dan vertikal, untuk tanah lempung yang jenuh air, harga (kh/kv) berkisar antara 2 sampai 5.

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

Fr : faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri

Fs : faktor hambatan tanah yang terganggu (*disturbe*)

$\overline{Uh}$: derajat konsolidasi akibat aliran air arah horizontal

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

$$Fr = \pi.z.(L-z).\left(\frac{kh}{qw}\right) \quad \ldots(3.42)$$

dimana:

z : kedalaman titik yang ditinjau pada PVD terhadap permukaan tanah

L : panjang aliran

kh : koefisien permeabilitas arah horisontal dalam tanah yang tidak terganggu
qw : *discharge capacity* dari drain (tergantung dari jenis PVDnya)

Fs merupakan faktor yang disebabkan oleh ada tidaknya perubahan pada tanah disekitar PVD akibat pemancangan PVD tersebut. Faktor ini memasukan pengaruh "*disturbance"* (gangguan) terhadap tanah karena pemancangan tersebut. Fs dapat dirumuskan sebagai berikut : (Hansbo, 1979 dalam Mochtar 2012).

$$Fs = \left(\frac{kh}{ks} - 1\right).ln\left(\frac{ds}{dw}\right) \quad \ldots(3.43)$$

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

Berdasarkan Mochtar (2012) adanya faktor Fs dan Fr cenderung memperlambat kecepatan konsolidasi. Dari penyelidikan diketahui bahwa faktor yang paling penting adalah F(n). Besar faktor (Fs) dapat mendekati atau bahkan sedikit lebih besar dari F(n), tergantung dari besarnya kerusakan pada tanahnya akibat pemancangan PVD. Dari data lapangan didapatkan Fs/F(n) dapat berkisar antara 1 sampai 3. Untuk memudahkan perencanaan maka dapat diasumsikan bahwa F(n) = Fs. Pengaruh perlawanan aliran (Fr) umumnya kecil dan tidak begitu penting, maka harga Fr dapat dianggap nol.

Dengan memasukan asumsi-asumsi diatas, persamaan waktu konsolidasi berubah menjadi:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \times Ch}\right).\left(2.F(n)\right).ln\left(\frac{1}{1-\overline{Uh}}\right) \quad \ldots(3.44)$$

dimana:
t : waktu yang diperlukan untuk mencapai Uh
D : diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*
Ch : koefisien konsolidasi tanah akibat aliran pori arah horisontal
F(n) : faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD
$\overline{Uh}$: derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah horisontal

Dengan memasukan harga t tertentu, dapat dicari $\overline{Uh}$ pada bagian lapisan tanah yang dipasang PVD. Selain konsolidasi akibat aliran air pori arah horisontal, juga terjadi konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal $\overline{Uv}$. Dalam Das (1988) harga Uv ini dicari dengan rumus:

Untuk $\overline{Uv}$ = 0 sampai 60%, $\overline{Uv} = \left(2\sqrt{\frac{Tv}{\pi}}\right) \times 100\%$ $\ldots(3.45)$

Untuk $\overline{Uv}$ > 60%, $\overline{Uv} = (100 - 10^a)\%$ $\ldots(3.46)$

dimana: $a = \frac{1{,}781 - Tv}{0{,}933}$

Derajat konsolidasi rata-rata U dapat dicari:

$$\bar{U} = \left[1 - \left(1 - \overline{Uh}\right).(1 - Uv)\right] \times 100\% \quad \ldots(3.47)$$

Bahan material PVD adalah bahan produksi pabrik yang terdiri dari inti plastik memanjang dengan bentuk penampang tertentu diselimuti dengan lembaran *geotextile* yang merupakan satu kesatuan komposit menjadi suatu drainase vertikal untuk mempercepat konsolidasi tanah. Sedangkan bahan material PHD juga merupakan suatu komposit yang terdiri dari inti plastik dan

diselimuti *geotextile non woven*. Inti yang digunakan merupakan lembaran tipis memanjang tanpa terputus yang berguna untuk mengalirkan air secara horizontal drain dan berfungsi meneruskan air dari vertikal drain. Pemilihan PHD yang digunakan harus berdasarkan debit maksimum aliran air horizontal. Debit maksimum aliran air horizontal pad 1 lajur PHD dapat diestimasi dengan persamaan berikut:

$$Q = N \times q \qquad \dots (3.48)$$

Dimana :

Q = debit maksimum aliran air horizontal

N = jumlah ujung PVD pada 1 lajur PHD

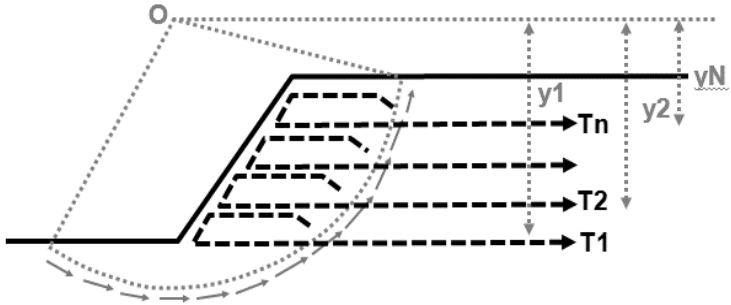
Q = debit setiap 1 titik ujung PVD

2.7 Perkuatan tanah

2.7.1 *Geotextile*

Timbunan yang diperkuat dengan *geotextile* dapat memberikan penghematan yang signifikan dibandingkan dengan metoda konvensional, seperti metoda stabilisasi dengan pembangunan berm, maka diperlukan *geotextile* untuk perkuatannya *geotextile* juga dapat dipasang untuk perkuatan lereng timbunan. Untuk menghitung besarnya faktor keamanan (*safety factor*) digunakan persamaan berikut :

$$SF = \frac{MR}{MM} + \frac{T_1 \times y_1}{MM} + \frac{T_2 \times y_2}{MM} + \frac{T_N \times y_N}{MM} \qquad \dots (2.49)$$



Gambar 2.12 Ilustrasi jarak dan kuat tarik geotextile

Untuk menghitung besarnya kekuatan *Geotextile* yang diizinkan digunakan persamaan berikut :

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{id} \times FS_{cr} \times FS_{cd} \times FS_{bd}} \quad \ldots (2.50)$$

Dimana : T_{allow} = kekuatan *Geotextile* yang diizinkan

T = kekuatan tarik maksimum *Geotextile* yang digunakan

FS_{id} = faktor keamanan terhadap kerusakan pada pemasangan

FS_{cr} = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat rangkak

FS_{cd} = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat bahan-bahan kimia

FS_{bd} = faktor keamanan terhadap kerusakan akibat biologi dalam tanah

FS_{id}, FS_{cr}, FS_{cd}, dan FS_{bd} merupakan faktor keamanan akibat pengurangan kekuatan *Geotextile* yang besarnya dapat dilihat pada **Tabel 2.4.**

Tabel 2.4. Faktor Keamanan akibat Pengurangan Kekuatan *Geotextile*

Penggunaan *Geotextile*	***FS$_{id}$***	***FS$_{cr}$***	***FS$_{cd}$***	***FS$_{bd}$***
Separation	1,1 – 2,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Cushioning	1,1 – 2,0	1,2 – 1,5	1,0 – 2,0	1,0 – 1,2
Unpaved roads	1,1 – 2,0	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,2
Walls	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Embankments	1,1 – 2,0	2,0 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Bearing capacity	1,1 – 2,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Slope stabilitation	1,1 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,3
Pavement overlays	1,1 – 1,5	1,0 – 1,2	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Railroads	1,1 – 3,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,2
Flexible form	1,1 – 1,5	1,5 – 3,0	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1
Silt fences	1,1 – 1,5	1,5 – 2,5	1,0 – 1,5	1,0 – 1,1

Untuk menghitung kebutuhan panjang *Geotextile* digunakan persamaan berikut :

- Panjang *Geotextile* di Belakang Bidang Longsor

$$L_e = \frac{T allow \text{ x } SF}{(\tau_1 + \tau_2) \text{x } E} \qquad \ldots (2.51)$$

Dimana : L_e = panjang *Geotextile* di belakang bidang longsor
τ_1 = tegangan geser akibat tanah timbunan dengan *Geotextile*
$\tau_1 = C_{u1} + \sigma'_0 \tan Ø_1$
τ_2 = tegangan geser akibat tanah dasar dengan *Geotextile*
$\tau_2 = C_{u2} + \sigma'_0 \tan Ø_2$
E = efisiensi, diambil E = 0,8

2.7.2 Micropile

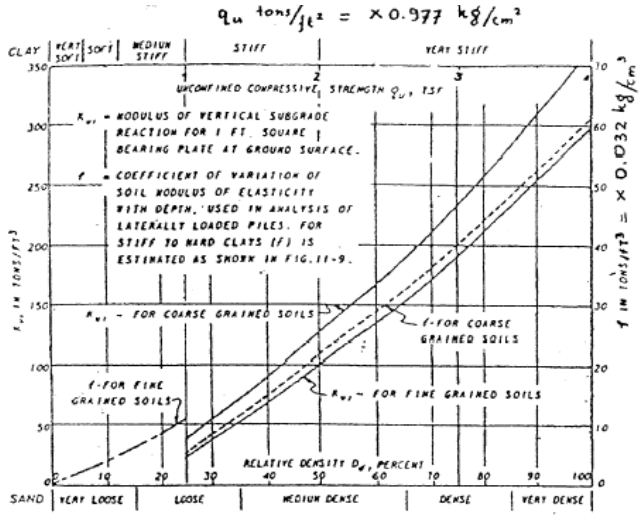
Pada perencanaan stabilitas timbunan, cerucuk yang berfungsi untuk menahan kelongsoran dapat dijadikan alternatif yang baik selain *geotextile*. Cerucuk dipasang dibawah timbunan yang dimaksudkan untuk menaikan tahanan geser tanah. Bia tahanan tanah terhadap geser meningkat, daya dukung tanah juga meningkat. Konstruksi cerucuk yang dapat dipakai yaitu, cerucuk kayu, cerucuk beton dan lain-lain. Untuk menghitung kekuatan 1 cerucuk, terlebih dahulu harus ditetnukan faktor kekuatan relative (T) dari cerucuk seperti yang telah dijelaskna dalam NAVFAC DM-7, 1971 yaitu :

$$T = \frac{EI}{f}^{\frac{1}{5}} \qquad \ldots(2.52)$$

Dimana:

E = modulus elastisitas tiang (cerucuk), kg/cm2
I = momen ineersia tiang (cerucuk), cm4
F = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm3
T = faktor kekuatan relative, cm

Harga f didapat dengan bantuan gambar (Design Manual, NAVFAC DM=1971) yang merupakan grafik hubungan antara f dengan unconfined compression strength, q = 2Cu.



Gambar 2.13 Kurva untuk Menentukan Harga f dari Berbagai Jenis Tanah

Sumber : NAVFAC DM-7 (1971) dalam Mochtar,2012

Harga T yang telah diperoleh dipakai untuk menghitung gaya horizontal (P) yang mampu ditahan oleh 1 (satu) tiang dengan formula

$$P = \frac{Mp}{Fm\ x\ T}\ Fkg \qquad \ldots (3.53)$$

Dimana :

Mp = momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat beban P, (kg-cm)
Fm = koefisien momen akibat gaya lateral P
Fkg = Faktor koreksi gabungan
P = gaya horizontal yang diterima cerucuk, kg
T = faktor kekakuan relative, cm

Besarnya faktor koreksi gabungan (Fkg) dihitung menggunakan rumusan Rusdiansyah dan Mochtar (2016) sebagai berikut:

$$Fkg = 2.30.Yt.Ys..Yn.Yd \quad ...(2.54)$$

a. Koreksi ratio tancap (Yt)
   - Jika 5 < Xt < 20, maka:
     $$Yt = 0.1.(Xt) - 0.35 \quad ...(2.55)$$
   - Jika Xt < 5, maka:
     $$Yt = 0.05(Xt) \quad ...(2.56)$$
   - Jika Xt > 20, maka:
     $$Yt = 1.45 \quad ...(2.57)$$

   Dimana, Xt adalah ratio tancap yang merupakan perbandingan antara panjang cerucuk di bawah bidang longsor (Lb) dan diameter cerucuk (D)

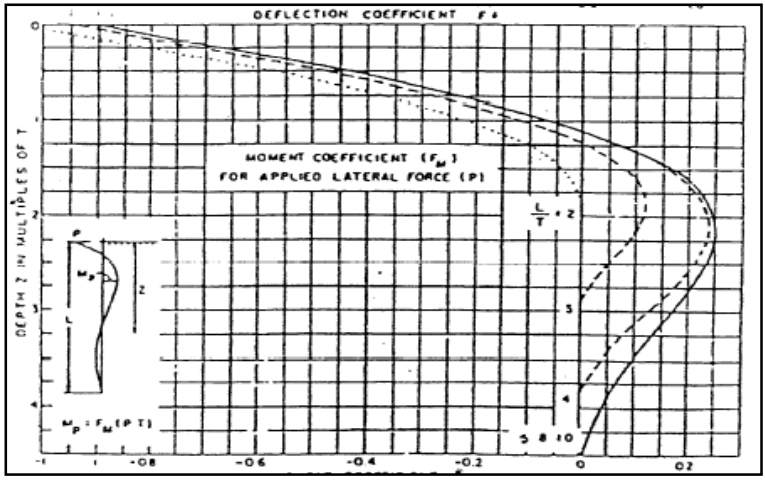
b. Koreksi ratio spasi (Ys)
   $$Ys = -0.057(Xs)^2 + 0.614(Xs) - 0.658 \quad ...(2.58)$$
   Dimana, Xs adalah ratio spasi yang merupakan perbandingan antara spasi antar cerucuk (S) dan diameter cerucuk (D)

c. Koreksi ratio jumlah cerucuk (Yn)
   $$Yn = 1.051 - 0.047(Xn) \quad ...(2.59)$$
   Dimana, Xn adalah jumlah cerucuk (n)

d. Koreksi ratio diameter (Yd)
   - Jika $0.1 \leq Xd \leq 0.12$,maka:
     $$Yd = 46.616(Xd) - 3.582 \quad ...(2.60)$$
   - Jika Xd < 0.1, maka:
     $$Yd = 1 \quad ...(2.61)$$
   - Jika Xd > 0.12, maka:
     $$Yd = 2 \quad ...(2.62)$$

Dimana, Xd adalah ratio diameter yang merupakan perbandingan antara diameter cerucuk (D) dan faktor kekakuan relatif (T)

Harga Fm ditentukan dengan menggunakan gambar (design Manual, NAVFAC DM-7 1971) dengan terlebih dahulu merencanakan panjang cerucuk yang tertahan dibawah bidang gelicir (L).



Gambar 2.14 Kurva untuk Menentukan Harga Fm
Sumber : NAVFAC DM-7 (1971) dalam Mochtar,2012

Harga L/T kemudian dipakai untuk menentukan harga Fm pada kedalaman (Z).

Untuk menghitung banyaknya tiang/cerucuk persatuan panjang, pertama sekali ditentukan gaya horizontal tambahan pada bidang gelicir (Pt) yang diperlukan untuk menambah kekuatan geser tanah. Gaya horizontal Pt tersebut kemudian direncanakan untuk dipikul oleh cerucuk. Untuk itu, Momen Dorong (Md) yang terjadi akibat beban timbunan dan beban lain yang ada perlu dihitung.

Dengan menggunakan program Geoslope diperoleh angka kemanan minimum SF , Momen Penahan (Mr), titik pusatt bidang longsor, dan jari-jari kelongsoran. Dari data yang diperoleh tersebut kemudian dihitung.

Dengan menggunakan program Stable, Geoslope, atau lainnya diperoleh angka keamanan SF (min), momen Penahan (Mr), titik pusat bidang longsor , dan jari-jari kelongsoran . Dari data yang diperoleh tersebut kemudian dihitung Momen Dorong (Md) yaitu:
Momen Dorong (Md) = [(Mr)/SF min]
Dimana :

SF = Safety factor

Mr = Momen Resistance

Setelah besarnya Md dan Mr diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung Momen Penahan Tambahan (ΔMr) yang diperlukan untuk meningkatkan Angka keamanan , dimana:

SF rencana > 1.10 untuk beban sementara

SF rencana > 1.50 untuk beban tetap

Menghitung Momen Penahan Tambahan (ΔMr)

$$(\Delta Mr) = (SF\ ren - SF\ min) \times Md \quad \ldots (2.63)$$

Dengan diperolehnya harga ΔMr, besarnya tambahan gaya yang harus dipikul oleh cerucuk (Pt) dapat ditentukan dengan cara:

$$Pt = (\Delta Mr) / R \quad \ldots (2.64)$$

Jumlah Cerucuk (n) yang harus dipasang persatuan panjang adalah

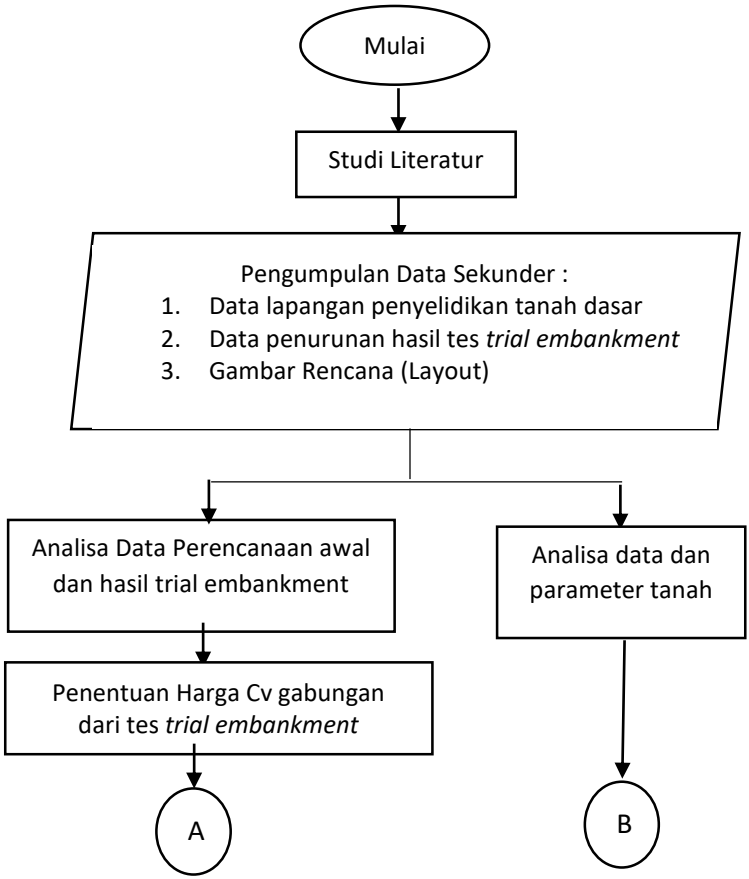
$$n = [\ Pt / P\ maks\text{-}1cerucuk\ ] \quad \ldots (2.65)$$

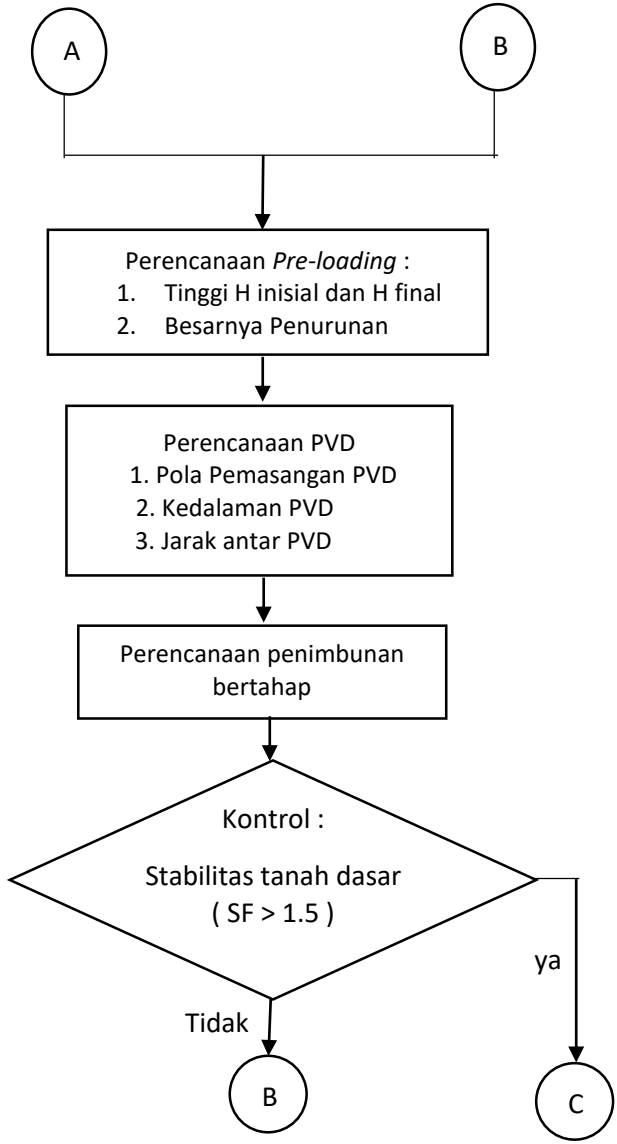
$$n = \frac{\Delta Mr}{R\ x\ Pmaks\ 1\ cerucuk} \quad \ldots (3.66)$$

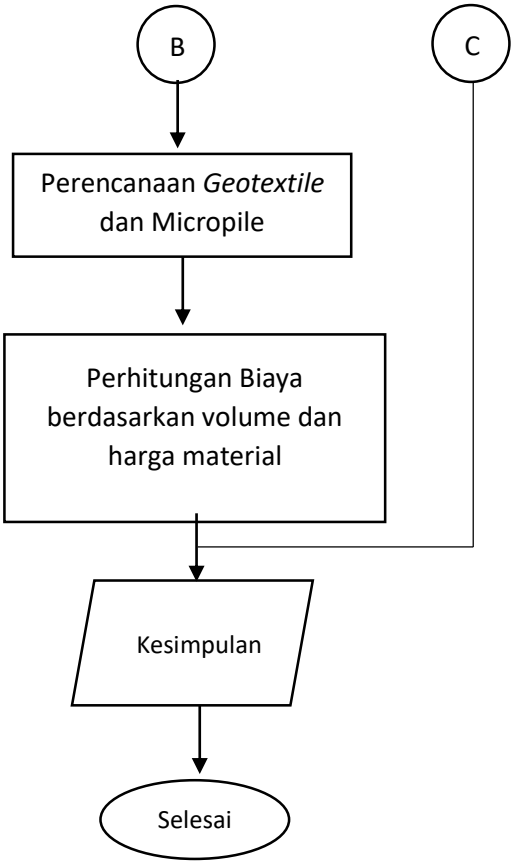
BAB III
METODOLOGI

3.1 Bagan alir

Metodologi dalam penyusunan Tuga Akhir ini disajikan dengan bagan alir pada **Gambar 3.1**




A
B
Perencanaan *Pre-loading* :
1. Tinggi H inisial dan H final
2. Besarnya Penurunan
Perencanaan PVD
1. Pola Pemasangan PVD
2. Kedalaman PVD
3. Jarak antar PVD
Perencanaan penimbunan bertahap
Kontrol :
Stabilitas tanah dasar
(SF > 1.5)
ya
Tidak
B
C



Gambar 3.1 Bagan Alir
Sumber : pribadi

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mengetahui dasar-dasar teori yang akan digunakan untuk merencanakan Perencanaan dan Perbaikan tanah dasar. Teori-teori yang digunakan dalam perencanaan ini diambil dari berbagai sumber seperti, diktat kuliah,

jurnal dan buku. Adapun teori yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan sebagai berikut :

1. Teori pemampatan
2. Teori waktu konsolidasi
3. Teori *pre-loading*
4. Teori penentuan Cv gabungan lapangan
5. Teori perencanaan *prefabricated vertical drain*
6. Teori perencanaan *prefabricated horizontal drain*
7. Teori perencanaan *geotextile*
8. Teori perencanaan *micropiles*

3.3. Pengumpulan Data Sekunder

Data-data yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari PT.Geosistem Teknindo Unggul. Beberapa data yang digunakan dalam perencanaan antara lain:

1. Data pengujian tanah (Lapangan dan Laboratorium)
2. Data penurunan hasil tes *trial embankment*
3. Gambar perencanaan (Layout dan potongan area)

3.4 Analisa Data Sekunder

Pengolahan data berupa analisa parameter tanah, klasifikasi jenis tanah dan pengolahan data penurunan harian dari test *trial embankment*.

3.5 Penentuan harga Cv

Harga Cv gabungan lapangan ditentukan dari tes *trial embankment* yang telah dilakukan dilapangan dengan back calculation. Harga Cv inilah yang didapat nantinya akan digunakan untuk perencanaan PVD.

3.6 Perencanaan Timbunan

Perencanaan tinggi timbunan dilakukan untuk menentukan tinggi timbunan awal untuk mencapai timbunan akhir perencanaan. Tinggi timbunan awal dapat berbeda antara metode *pre-loading* konvensional dan *pre-loading* sistem vakum dikarenakan adanya penambahan perecepatan waktu konsolidasi akibat vakum.

3.7 Perencanaan PVD

Beberapa hal yang direncakanakan dalam perencanaan PVD adalah:

a. Pola pemasangan PVD
b..Kedalaman PVD
c. Perencanaan jarak antar PVD

3.8 Perencanaan Penimbunan Bertahap

Penimbunan bertahap direncanakan dengan menentukan jadwal pentahapan beban *pre-loading* sesuai kenaikan daya dukung. Penimbunan akan dilakukan dengan kecepatan penimbunan tertentu dengan tetap mengontrol daya dukungnya.

3.9 Kontrol Stabilitas tanah dasar

Stabilitas tanah dasar dilakukan pada saat melakukan penimbunan bertahap agar tidak terjadi kelongsoran. Apabila daya dukung tanah masih rendah akan mengakibatkan jadwal penimbunan tertunda terlalu lama maka harus dilakukan perencanaan perkuatan tanah dasar. Perkuatan tanah dasar dilakukan dengan menggunakan *geotextile* dan *micropiles* sehingga daya dukung tanah bertambah dan tidak terjadi kelongsoran.

3.10 Hasil Analisa

Dari perencanaan timbunan dengan metoda *pre-loading* dievaluasi alternatif perencanaan perkuatan yang paling efektif berdasarkan volume dan harga materialnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
ANALISA PARAMETER TANAH

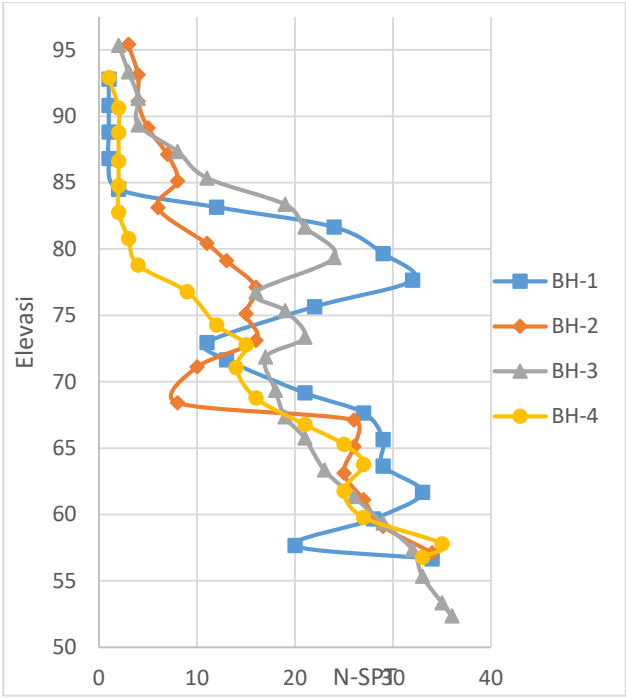
4.1 Analisa Data

Dalam bab ini akan dibahas mengenai analisa parameter tanah dengan tujuan mengelompokan jenis tanah yang beragam di lapangan berdasarkan hasil pengujian tanah di lapangan. Analisa yang digunakan berupa pengolahan data dengan membuat statigrafi tanah berdasarkan parameter tanah dan konsistensi jenis tanahnya. nilai parameter tanah yang belum diketahui dicari dengan korelasi dari persamaan-persamaan yang sudah ada. Analisa data tanah dari hasil tes trial embankment dilakukan untuk mengetahui besaran nilai settlement akhir untuk menentukan nilai Cv gabungan lapangan.

4.1.1 Data Lapangan Tanah Dasar

Data Lapangan tanah dasar yang digunakan pada penyusunan Tugas Akhir ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT.Geosistem Unggul. Data tanah dasar yang didapatkan berupa hasil pengujian N-SPT lapangan sebanyak 4 titik yaitu B.H-1 s/d. B.H.-4 dan terlampir pada **lampiran 3**.

Gambar 4.1 merupakan grafik hasil data N-SPT lapangan gabungan berdasarkan titik pada BH-1 sampai dengan BH-4.



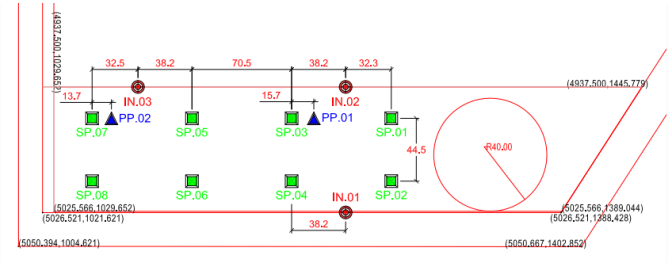
Gambar 4.1 Grafik hasil N-SPT Lapangan
(sumber: hasil pengujian lapangan)

Pada **Gambar 4.1** dapat dilihat kondisi tanah pada elevasi +97.50 s/d +90.00 mempunyai nilai N-SPT kurang dari 4 yang menunjukan tanah tersebut mempunyai konsistensi sangat lunak, sementara pada elevasi +90.00 s/d +82.00 mempunyai nilai 4 < N-SPT < 10 yang menunjukan tanah tersebut mempunyai konsistensi lunak sampai medium dan pada elevasi +82.00 s/d +55.00 mempunyai nilai N-SPT lebih dari 10 yang menunjukan tanah tersebut mempunyai konsistensi sangat keras. Data tanah tersebut menunjukan besaran nilai N-SPT lapangan setiap titik pegujian mempunyai nilai N-SPT yang berbeda-beda, sehingga diperlukan

pengelompokan data berdasarkan keseragaman data untuk memudahkan perhitungan perencanaan.

4.1.2 Data trial embankment

Data lain yang dibutuhkan dalam perencanaan Tugas akhir ini adalah data penurunan aktual yang didapatkan dari trial embankment lapangan. Bacaan tersebut didapatkan dari soil instrument yang dipasang di lapangan berupa settlement plate. Data settlement plate yang diperoleh sejumlah 8 titik, dimana layout pemasangan soil instrument pada proyek ini dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Pemasangan soil instrument lapangan
(sumber:PT.teknindo Geosistem Unggul)

4.2 Analisa Data Trial Embankment

4.2.1 Data Perencanaan awal

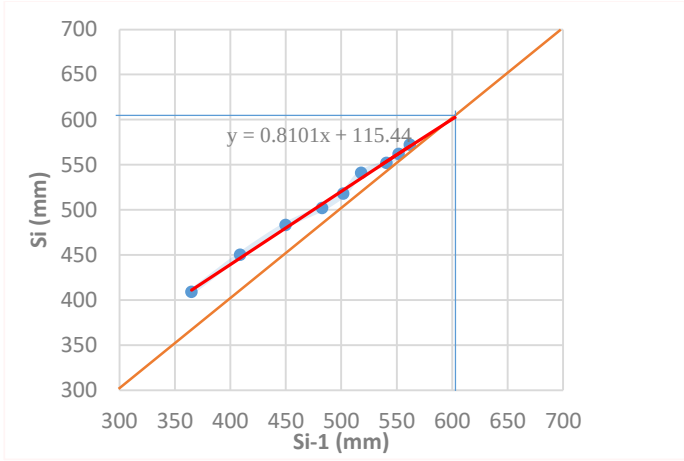
Berdasarkan data perencanaan trial embankment yang dibuat oleh PT Teknindo Geosistem Unggul didapat :

Kedalaman PVD	: 17 meter
Ketebalan tanah kompresibel	: ±17 meter
Drainage	: Double drainage
Ch	: 2 Cv

4.2.2 Analisa Pemampatan Metode Asaoka

Dari data monitoring Settlement Plate-01 sampai dengan Settlement Plate-08 dihitung final settlement dengan metode Asaoka. Untuk mendapatkan prediksi pemampatan yang akurat diperlukan data preloading yang konstan dan pemampatan yang stabil dari data monitoring Settlement Plate. Dari beberapa data monitoring Settlement Plate (**Lampiran 3)** digunakan Settlement Plate- 1 , 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 karena memiliki data pemampatan yang konstan dan preloading yang hampir sesuai rencana. Data hasil monitoring diolah dengan cara memplotkan sejumlah data (data yang memiliki tinggi preloading yang konstan dan menghasilkan pemampatan tanah yang stabil) pada grafik dengan absis Settlement (Si) dan ordinat Settlement periode sebelumnya (Si-1).

Data pengamatan settlement yang diambil harus mempunyai interval yang sama. Kemudian tarik garis lurus dari data yang sudah diplotkan dan tarik garis 45^o dari kordinat (0,0) sampai membentuk perpotongan antara kedua garis tersebut. Dari hasil perpotongan garis didapatkan nilai final settlement . Berikut adalah kurva penentuan settlement akhir pada Settlement Plate-01



Gambar 4.3 Grafik Penentuan Final Settlement
(sumber: hasil Analisa)

Nilai dari final settlement dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$y - 0.81x = 115.44$
$y - x = 0$
$0.1899\ x = 115.44$
$x = 608$
Maka didapatkan nilai settlement akhir = 608 mm

Setelah didapatkan nilai Final Settlement, Derajat konsolidasi aktual yang terjadi pada akhir bacaan data adalah:
$Sc\ bacaan\ akhir = 572\ mm$
$Final\ Settlement = 608$ mm

4.2.3 Penentuan Derajat konsolidasi aktual

Derajat konsolidasi aktual diperlukan dalam menentukan harga Cv gabungan real di lapangan. Derajat konsolidasi aktual dapat dihitung berdasarkan data bacaan settlement *plate* yang dipasang di lapangan pada saat waktu t. Besarnya nilai pemampatan yang digunakan untuk perhitungan adalah Sc pada saat bacaan terakhir settlement plate (23 Juni 2016) dan Sc final yang dihitung dengan metode Asaoka. Berikut adalah perhitungan derajat konsolidasi berdasarkan data settlement plate :

$$Uaktual = \frac{Sc\ bacaan\ akhir}{Sc\ final}$$
$$= \frac{572\ mm}{608\ mm}$$
$$= 94{,}095\ \%$$

Hasil Analisa pemampatan akhir pada setiap settlement plate yang ditinjau dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Rekap nilai Final Settlement dan U aktual

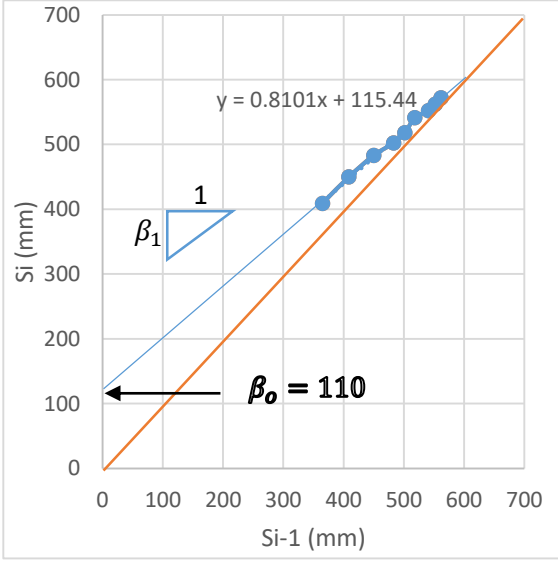
Settlement Plate	Sc bacaan terakhir (mm)	Final Settlement (mm)	Derajat konsolidasi aktual (%)
SP-01	572	608	94.09
Sp-03	1373	1389	98.87
Sp-04	745	818	91.07
Sp-05	778	812	95.84
Sp-06	483	485	99.49
Sp-07	723	726	97.67
Sp-08	548	554	98.08

(sumber: hasil analisa)

4.2.4 Penentuan harga Cv

4.2.4.1 Metode Hausmann

Koefisien konsolidasi aktual dapat diketahui dengan menggunakan persamaan Hausmann (1990) dan berdasarkan nilai β_1 atau kemiringan dari kurva penentuan penentuan penurunan akhir dari metode Asaoka. Untuk mencari nilai kemiringan β_1 diperlukan nilai β_o yang didapatkan dari titik plot pertama dari regresi linear Si dan Si-1. Nilai β_o dari data bacaan Settlemet Plate 01 didapatkan dari Gambar 4.3



Gambar 4.4 Grafik Penentuan β_o
(sumber: hasil Analisa)

Berdasarkan Gambar 4.3 didapatkan nilai β_o sebesar 110 mm dan dengan nilai final settlement (ρ_f) sebesar 608 mm maka nilai kemiringan β_1 didapatkan dengan persamaan berikut,

$$\beta_1 = \frac{\rho_f - \beta_o}{\rho_f}$$
$$= \frac{608 - 110}{608}$$
$$= 0.819$$

Selanjutnya nilai koefisien konsolidasi arah vertikal (Cv) dapat dihitung dengan persamaan Hausmann dengan data sebagai berikut:

Kemiringan kurva, β_1 : 0.819
Koefisien konsolidasi horisontal, Ch : 2 Cv
Hdr : 8.5 meter
Interval waktu pengamatan, Δ_t : 1 minggu
Diameter pengaruh PVD , de : 1.05 m

Fungsi n terhadap waktu PVD, F(n)

D = 1,05 x 1000 mm = 1050 mm

a = 100 mm

b = 4 mm

Dw = $\frac{2\,(a+b)}{\pi} = \frac{2\,(100+4)}{\pi} = 66{,}2085\ mm$

n = $\frac{Dw}{D} = \frac{66{,}2085}{1050} = 15{,}859\ mm$

F(n) = $(n^2 / (n^2 - 1)) \times (\ln(n) - \frac{3}{4} - (\frac{1}{4} n^2))$

= $(15{,}859^2 / (15{,}859^2 - 1)) \times (\ln(15{,}859) - \frac{3}{4} - (\frac{1}{4} 15{,}859^2))$

= 2.02078

Maka nilai Cv gabungan lapangan didapatkan,

$$\frac{-\ln \beta_1}{\Delta_t} = \frac{8\ ch}{de^2\ F(n)} + \frac{\pi^2 Cv}{4\ H^2}$$

$$\frac{-\ln 0.819}{1} = \frac{8\ (2\ Cv)}{1.05^{\,2}\ 2.0278} + \frac{\pi^2 Cv}{4\ \ 8{,}5^2}$$

Cv = 0.02768 m^2/minggu

Perhitungan Cv aktual dilakukan kembali dengan cara yang sama pada setiap data Settlement plate . Rekapitulasi dari hasil analisa metode Hausmann dapat dilihat pada **tabel 4.2**

Tabel 4.2 Rekap Cv gabungan lapangan dari analisa Hausmann

Settlement Plate	Cv gabungan lapangan m2/minggu
SP-01	0.0276757
Sp-03	0.0312253
Sp-04	0.0105655
Sp-05	0.0164550
Sp-06	0.0374926
Sp-07	0.0273568
Sp-08	0.0404182

(sumber: hasil Analisa)

4.2.4.2 Back Analysis untuk mencari harga Cv

Untuk menentukan harga Cv harus ditentukan waktu pada saat derajat konsolidasi (U) aktual tercapai. Derajat konsolidasi aktual dicapai pada minggu ke-27 sebagai acuan untuk perhitungan back analysis harga Cv.

Berikut adalah perhitungan back analysis harga Cv gabungan pada SP-01.

Jarak PVD : 1000 m
Kedalaman PVD : 17 m
D = 1,05 x 1000 mm = 1050 mm
a = 100 mm
b = 4 mm

$Dw = \frac{2\,(a+b)}{\pi} = \frac{2\,(100+4)}{\pi} = 66{,}2085\ mm$

$n = \frac{Dw}{D} = \frac{66{,}2085}{1050} = 15{,}859\ mm$

$F(n) = (n^2 / (n^2 – 1)) \times (\ln (n) – ¾ - (¼ n^2))$

$= (15{,}859^2 / (15{,}859^2 – 1)) \times (\ln(15{,}859) – ¾ - (¼ 15{,}859^2))$

$= 2.02078$

Cv = 0,02656 m^2/minggu (trial & error)

Ch = 2 x Cv = 2 x 0,02656 = 0.05311

t = 27 minggu

$Tv = \frac{t\,Cv}{Hdr^2} = \frac{27 \times 0{,}02656}{8.5^2} = 0{,}0397$

$Uv = 2\sqrt{\frac{Tv}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{0.0397}{\pi}} = 0{,}225\%$

$Uh = 1 - \frac{1}{e^{\frac{t \times 8\,Ch}{D^2 \times 2 \times F(n}}}$

$= 1 - \frac{1}{e^{\frac{27 \times 8\ 0.05311}{1{,}050^2 \times 2 \times 2{,}02078}}}$

= 0,924

U total = (1 – (1- Uh)(1- Uv)) x 100%

= (1 – (1- 0,924)(1- 0,225)) x 100%

= 94,095 %

Dari hasil perhitungan didapatkan derajat konsolidasi total 94,09 % pada minggu ke-27 sama dengan Derajat konsolidasi aktual pada minggu ke-27 sebesar 94,09 % , Maka nilai Cv didapatkan sebesar 0,02656 m^2/minggu.

Cv = 0,02656 m^2/minggu

= 1,387 m^2/tahun

Perhitungan Cv aktual dilakukan kembali dengan cara yang sama pada setiap data Settlement plate . Rekapitulasi dari hasil analisa Back Calculation dapat dilihat pada **tabel 4.3**

Tabel 4.3 Rekap Cv gabungan lapangan dari analisa back calculation

Settlement Plate	Derajat konsolidasi aktual (%)	Cv gabungan lapangan m2/minggu
SP-01	94.09459	0.026714
Sp-03	98.8793	0.043072
Sp-04	91.07365	0.02267
Sp-05	95.8483	0.030
Sp-06	99.49841	0.051012
Sp-07	97.67362	0.035871
Sp-08	98.08402	0.037782

(sumber: hasil Analisa)

4.2.4.3 Penentuan Parameter Cv gabungan metode statistik

Penentuan parameter tanah ini dilakukan untuk menentukan 1 data yang akan dipakai menggunakan metode distribusi statistik dengan nilai tingkat kepercayaan 90%.

A. Berdasarkan Analisa Asaoka dan Hausmann

Jumlah data : 7
Derajat kebebasan : jumlah data – 1 = 6
Tingkat kesalahan α : 10%
Probabilitas (t) : 1.943
(berdasarkan db= 7, α/2 = 0.05)

Rata-rata (mean) : $\frac{\sum parameter\ Cv}{Jumlah\ data} = \frac{0.19118}{7} = 0.027313$

St.Deviasi : 0.010717

Batas atas : $Mean + \frac{St.Deviasi}{Jumlah\ data} \text{ x t}$

$= 0.027313 + \frac{0.010717}{7} \text{ x } 1.943$

$= 0.035184\ m^2/\text{minggu}$

Batas Bawah : $Mean - \frac{St.Deviasi}{Jumlah\ data}$ x t

= $0.027313 - \frac{0.010717}{7}$ x 1.943

= 0.019442 m^2/minggu

Cv = Bts.bawah + 0.1 (Bts. atas – Bts.bawah)

= 0.019442 + 0.1 (0.035184 – 0.019442)

= 0.021016 m^2/minggu

B. Berdasarkan Analisa Back Calculation

Jumlah data : 7

Derajat kebebasan : jumlah data – 1 = 6

Tingkat kesalahan α : 10%

Probabilitas (t) : 1.943

(berdasarkan db= 7, α/2 = 0.05)

Rata-rata (mean) : $\frac{\sum parameter\ Cv}{Jumlah\ data} = \frac{0.247292}{7}$ = 0.0353

St.Deviasi : 0.009775

Batas atas : $Mean + \frac{St.Deviasi}{Jumlah\ data}$ x t

= $0.0353 + \frac{0.009775}{7}$ x 1.943

= 0.0425 m^2/minggu

Batas Bawah : $Mean - \frac{St.Deviasi}{Jumlah\ data}$ x t

= $0.0353 - \frac{0.009775}{7}$ x 1.833

= 0.0281 m^2/minggu

Cv = Bts.bawah + 0.1 (Bts. atas – Bts.bawah)

= 0.0281 + 0.1 (0.0425 – 0.0281)

= 0.02958 m^2/minggu

Berdasarkan kedua analisa didapatkan nilai Cv gabungan lapangan sebesar 0.029585 m2/minggu dan 0.021016 m2/minggu. Pada perencanaan tugas akhir ini digunakan nilai Cv dari hasil analisa back calculation yaitu sebesar 0.029585 m2/minggu karena

nilai Cv tersebut memenuhi *range* batas atas – batas bawah dari kedua analisa.

4.3 Analisa Data Perencanaan

4.3.1 Pengelompokan Data Tanah Vertikal

Pengelompokan tanah ini didasarkan pada jenis tanah setiap kedalamannya, kemudian dikelompokkan berdasarkan kemiripan karakteristik tanah secara keseluruhan yang ditinjau. Rekap data tanah dan nilai SPT pada lokasi yang ditinjau dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dan **Tabel 4.5**

Tabel 4.4 Rekap Data Tanah (boring test)

Klasifikasi Tanah							
BH-1		BH-2		BH-3		BH-4	
Start elev	96.8	Start elev	97.265	Start elev	97.5	Start elev	96.92
Elevation	Classification	Elevation	Classification	Elevation	Classification	Elevation	Classification
92.8		95.415	CH	95.35		92.92	
90.8	CL	93.115		93.35	CL	90.62	
88.8		91.115	CL	91.35		88.77	
86.8		89.115		89.35		86.62	CL
84.5	CH	87.115	CL	87.35	CL	84.77	
83.15		85.115		85.35		82.77	
81.65		83.115		83.35		80.77	
79.65		80.415		81.65		78.77	
77.65		79.115		79.35	ML	76.77	CH
75.65	ML	77.115		76.75		74.27	SP
72.95		75.115		75.35		72.77	
71.65		73.115		73.35	CH	71.07	
69.15		71.105		71.85		68.77	
67.65		68.415	ML	69.35		66.77	ML
65.65		67.115		67.35		65.27	
63.65	ML	65.115		65.75	CH	63.77	
61.65	SP	63.115		63.35		61.77	
59.65		61.115		61.35		59.77	
57.65		59.115		59.35		57.77	SP
56.65	CH	57.115	ML	57.35		56.77	
				55.35	SP		
				53.35			
				52.35			

(sumber : hasil tes lapangan)

Tabel 4.5 Rekap Data Nilai SPT

BH - 01		BH - 02		BH - 03		BH - 04	
Start elev	96,8	Start elev	97,265	Start elev	97,5	Start elev	96,92
Elevation	NSPT	Elevation	NSPT	Elevation	NSPT	Elevation	NSPT
96,8	1	95,415	3	95,35	2	92,92	1
96,8	1	93,115	4	93,35	3	90,62	2
96,8	1	91,115	4	91,35	4	88,77	2
96,8	1	89,115	5	89,35	4	86,62	2
96,8	2	87,115	7	87,35	8	84,77	2
96,8	11	85,115	8	85,35	11	82,77	2
96,8	24	83,115	6	83,35	19	80,77	3
96,8	29	80,415	11	81,65	21	78,77	4
96,8	32	79,115	13	79,35	24	76,77	9
96,8	22	77,115	16	76,75	16	74,27	12
96,8	11	75,115	15	75,35	19	72,77	15
96,8	13	73,115	16	73,35	21	71,07	14
96,8	21	71,105	10	71,85	17	68,77	16
96,8	27	68,415	8	69,35	18	66,77	21
96,8	29	67,115	26	67,35	19	65,27	25
96,8	29	65,115	26	65,75	21	63,77	27
96,8	33	63,115	25	63,35	23	61,77	25
96,8	28	61,115	27	61,35	26	59,77	27
96,8	20	59,115	29	59,35	29	57,77	35
96,8	34	57,115	34	57,35	32	56,77	33
				55,35	33		
				53,35	35		
				52,35	36		

(sumber : hasil tes lapangan)

Pengelompokan jenis tanah ini dilakukan berdasarkan nilai N-SPT pada **tabel 4.5** dan dikorelasikan dengan karakteristik tanah dari **Tabel 4.4**, sehingga didapatkan kemiripan ragam jenis tanah yang terdapat di lapangan menjadi 5 lapisan. Pengelompokan keseragaman tanah tersebut dapat dilihat pada **tabel 4.6**

Tabel 4.6 Pengelompokan tanah berdasarkan karakterisitik tanah

		BH 1		BH2		BH3		BH4			
Depth	Elevation	NSPT	Classificatio	NSPT	Classifica	NSPT	Classifica	NSPT	Classifica	Desc	Classi
(m)	(m)										
	97.5										
	97.265			0		0					
	96.92							0			
	96.8	0									
	95.415			3							
	95.35					2				EL.+97.5 sd EL 90.00 (7.5 meter) Lempung very soft	I
	93.35				Very Soft Clay	3					
	93.115			4			Very Soft Clay				
	92.92							1			
	92.8	1									
	91.35					4					
	91.115			4							
	90.8	1	Very Soft Clay								
	90.62							2			
	89.35					4					
	89.115			5						EL.+90.00 sd EL +86.00 (8 meter) Lempung Berlanau soft	II
	88.8	1			soft clay						
	88.77							2			
	87.35					8			Very Soft Clay		
	87.115			7							
	86.8	1									
	86.62						medium clay	2			
	85.35					11				EL.+90.00 sd EL +82.00 (8 meter) Lempung Berlanau medium	III
	85.115			8							
	84.77							2			
	84.5	2									
	83.35					19					
	83.15	11									
	83.115		medium Silt	6	medium clay						
	82.77							2			
	81.65	24				21					
	81.65		stiff silt								
	80.77							3			
	80.415			11							
	79.65	29									
	79.35					24	Stiff Silt				
	79.115			13							
	78.77							4			
	77.65	32	Hard Silt								
	77.115			16							
	76.77							9		EL.+80.50 sd EL +69.20 (11.55 meter) Lanau medium to stiff	IV
	76.75				Stiff Silt	16					
	75.65	22							Soft Clay		
	75.35					19					
	75.115			15							
	74.27				Medium Silt			12			
	73.35					21			Medium Sand		
	73.115			16							
	72.95	11	Medium Silt								
	72.77				Stiff Silt			15			
	71.85					17	Stiff Clay				
	71.65	13							Medium Silt		
	71.105			10							
	71.07				Medium Silt			14			
	69.35					18					

		BH 1		BH2		BH3		BH4			
Depth	Elevation	NSPT	Classificatio	NSPT	Classifica	NSPT	Classifica	NSPT	Classifica	Desc	Classi
	69.15	21							Medium		
	68.77		medium Silt					16			
	68.415			8	Medium Silt						
	67.65	27									
	67.35					19					
	67.115			26					Stiff silt		
	66.77							21			
	65.75					21					
	65.65	29					Sti Clay				
	65.27		Hard Silt					25			
	65.115			26							
	63.77							27			
	63.65	29							hard Silt		
	63.35					23				EL.+69.20 sd EL +52.35 (16.85 meter) Lanau berpasir hard-dense	
	63.115			25							
	61.77							25			
	61.65	33							Stiff Silt		v
	61.35		Dense Sand			26					
	61.115			27	Hard Silt						
	59.77							27			
	59.65	28					Hard Clay		Hard Silt		
	59.35		Hard Clay			29					
	59.115			29							
	57.77							35			
	57.65	20									
	57.35		Medium Clay			32			Dense Sand		
	57.115			34							
	56.77						Dense Sand	33			
	56.65	34									
	55.35		hard Clay			33					
	53.35					35					
	52.35					36					

(sumber : hasil Analisa)

4.3.2 Korelasi Data Tanah

Korelasi ini bertujuan untu mencari nilai pendekatan dari karakteristik tanah yang belum didapatkan datanya saat pengujian dan pengambilan sample di lapangan. Hal ini didasarkan dengan nilai N-SPT dan karakteristik tanah lalu dikorelasi berdasarkan teori-teori yang ada. Hal ini bertujuan untuk memudahkan perhitungan dalam perencanaannya.

Berikut adalah korelasi yang digunakan dalam penentuan nilai parameter-parameter tanah

1. Berat Volume (ϒ) ,
   (Herman Wahyudi dan Yudhi Lastiasih 2007)
   Pada Lapisan tanah Lempung cohesive

N-SPT = 1 , maka
ϒsat = 0.08 (N) + 1.47
ϒsat = 0.08 (1) + 1.47
ϒsat = 1.55 t/m^3

2. Angka Pori (e) , (Biarez)
   e = 2.11
3. Koeisien konsolidasi (Cv) , (Biarez)
   Cv = 3 x 10^{-4}
4. Batas Cair (LL), (After US Navy 1971)
   LL = 88
5. Koefisien Pemampatan Tanah (Cc) , (Biarez & Favre)
   Cc = 0.009 (LL – 13) = 0.009 (88 – 13) = 0.675
6. Koefisien Kembang Susut Tanah (Cs) , (Rendon-Herrero)
   Cs = 1/7 Cc = 1/7 (0.675)= 0.0964
7. Cu (Bowles 1988)
   Cu = 0.06 N = 0.06 (1) = 0.06 Kg/cm^2

Hasil korelasi data tanah direkap dalam **Tabel 4.7 , Tabel 4.8 , Tabel 4.9 dan Tabel 4.10**

Tabel 4.7 Hasil Korelasi Parameter Tanah pada BH-01

BH-1								
Elevasi	N-SPT	ϒ sat	LL	e	Cc	Cs	Cu	PI
(m)		t/m3					Kg/cm2	
92.8	1	1.55	88	2.11	0.675	0.096429	0.06	50
90.8	1	1.55	88	2.11	0.675	0.096429	0.06	50
88.8	1	1.55	88	2.11	0.675	0.096429	0.06	50
86.8	1	1.55	88	2.11	0.675	0.096429	0.06	50
84.5	2	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.12	38
83.15	11	1.760727	67	1.25	0.486	0.069429	0.66	33
81.65	24	2.02741	31	0.67	0.162	0.023143	1.44	8
79.65	29	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
77.65	32	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
75.65	22	2.004757	35	0.71	0.198	0.028286	1.32	10
72.95	11	1.760727	67	1.25	0.486	0.069429	0.66	33
71.65	13	1.797794	65	1.17	0.468	0.066857	0.78	32
69.15	21	1.993431	37	0.72	0.216	0.030857	1.26	12
67.65	27	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
65.65	29	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
63.65	29	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
61.65	33	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
59.65	28	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
57.65	20	1.982104	41	0.74	0.252	0.036	1.2	14
56.65	34	2.04	28	0.64	0.135	0.036	1.8	7

(sumber : hasil Analisa)

Tabel 4.8 Hasil Korelasi Parameter Tanah pada BH-02

BH-2								
Elevasi	N-SPT	Ɣ sat	LL	e	Cc	Cs	Cu	PI
(m)		t/m3					Kg/cm2	
95.415	3	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.18	38
93.115	4	1.630989	73	1.7	0.54	0.077143	0.24	38
91.115	4	1.630989	73	1.7	0.54	0.077143	0.24	38
89.115	5	1.649523	72	1.62	0.531	0.075857	0.3	37
87.115	7	1.686591	71	1.49	0.522	0.074571	0.42	36
85.115	8	1.705125	70	1.42	0.513	0.073286	0.48	36
83.115	6	1.668057	71	1.58	0.522	0.074571	0.36	36
80.415	11	1.760727	67	1.25	0.486	0.069429	0.66	33
79.115	13	1.797794	65	1.17	0.468	0.077143	0.78	32
77.115	16	1.936799	60	0.82	0.423	0.060429	0.96	29
75.115	15	1.834862	63	1.06	0.45	0.064286	0.9	31
73.115	16	1.936799	60	0.82	0.423	0.060429	0.96	29
71.105	10	1.742193	67	1.31	0.486	0.069429	0.6	33
68.415	8	1.705125	70	1.42	0.513	0.073286	0.48	36
67.115	26	2.04	28	0.019286	0.135	0.019286	1.56	7
65.115	26	2.04	28	0.019286	0.135	0.019286	1.56	7
63.115	25	2.038736	29	0.020571	0.144	0.020571	1.5	7
61.115	27	2.04	28	0.019286	0.135	0.019286	1.8	7
59.115	29	2.04	28	0.019286	0.135	0.019286	1.8	7
57.115	34	2.04	28	0.019286	0.135	0.019286	1.8	7

(sumber : hasil Analisa)

Tabel 4.9 Hasil Korelasi Parameter Tanah pada BH-03

BH-3								
Elevasi	N-SPT	ϒ sat	LL	e	Cc	Cs	Cu	PI
(m)		t/m3					Kg/cm2	
95.35	2	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.12	38
93.35	3	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.18	38
91.35	4	1.631	73	1.7	0.54	0.077143	0.24	38
89.35	4	1.631	73	1.7	0.54	0.077143	0.24	38
87.35	8	1.705	70	1.42	0.513	0.073286	0.48	36
85.35	11	1.761	67	1.25	0.486	0.069429	0.66	33
83.35	19	1.761	67	1.25	0.486	0.069429	0.66	33
81.65	21	1.993	37	0.72	0.216	0.030857	1.26	12
79.35	24	2.027	31	0.67	0.162	0.023143	1.44	8
76.75	16	1.937	60	0.82	0.423	0.060429	0.96	29
75.35	19	1.971	42	0.75	0.261	0.037286	1.14	15
73.35	21	1.993	37	0.72	0.216	0.030857	1.26	12
71.85	17	1.948	59	0.8	0.414	0.059143	1.02	28.5
69.35	18	1.959	53	0.78	0.36	0.051429	1.08	25
67.35	19	1.971	42	0.75	0.261	0.037286	1.14	15
65.75	21	1.993	37	0.72	0.216	0.030857	1.26	12
63.35	23	2.016	32	0.69	0.171	0.024429	1.38	8
61.35	26	2.040	28	0.64	0.135	0.019286	1.56	7
59.35	29	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
57.35	32	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
-42.15	33	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
-44.15	35	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
-45.15	36	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7

(sumber : hasil Analisa)

Tabel 4.10 Hasil Korelasi Parameter Tanah pada BH-04

BH-4								
Elevasi	N-SPT	Y sat	LL	e	Cc	Cs	Cu	PI
(m)		t/m3					Kg/cm2	
92.92	1	1.55	88	2.11	0.675	0.096429	0.06	50
90.62	2	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.12	38
88.77	2	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.12	38
86.62	2	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.12	38
84.77	2	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.12	38
82.77	2	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.12	38
80.77	3	1.63	73	1.7	0.54	0.077143	0.18	38
78.77	4	1.631	73	1.7	0.077143	0.077143	0.24	38
76.77	9	1.724	68	1.36	0.495	0.070714	0.54	34
74.27	12	1.779	66	1.22	0.477	0.068143	0.72	33
72.77	15	1.835	63	1.06	0.45	0.064286	0.9	31
71.07	14	1.816	64	1.11	0.459	0.065571	0.84	32
68.77	16	1.937	60	0.82	0.423	0.060429	0.96	29
66.77	21	1.993	37	0.72	0.216	0.030857	1.26	12
65.27	25	2.039	29	0.66	0.144	0.020571	1.5	7
63.77	27	2.040	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
61.77	25	2.039	29	0.66	0.144	0.020571	1.5	7
59.77	27	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
57.77	35	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7
56.77	33	2.04	28	0.64	0.135	0.019286	1.8	7

(sumber : hasil Analisa)

4.3.3 Penentuan parameter tanah dengan distribusi statistik.

Penentuan parameter tanah ini dilakukan dengan didasarkan pada keragaman antara karakteristik tanah suatu titik dengan titik yang lain. Selanjutnya dari beberapa data tanah tersebut akan digunakan 1 data yang ditentukan menggunakan metode distribusi statistik dengan nilai tingkat kepercayaan 90%.

Berikut merupakan pengelompokan horizontal berdasarkan nilai karakteristik γ_{sat} pada BH-01 s/d BH-04.

Tabel 4.11 Pengelompokan parameter γ_{sat}

γsat (t/m3)									
Elevasi (m)	Jumlah Data	v (derajat kebebasan)	probabilistik (t)	Mean	St.Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	γsat (t/m3)	Coef varian
90.00 - 97.5	10	9	1.833	1.606297	0.038851	1.628816	1.583777	1.588	0.024187
86.00 - 90.00	8	7	1.753	1.629028	0.056088	1.66379	1.594266	1.601	0.03443
82.00 - 86.00	8	7	1.753	1.69317	0.061455	1.731258	1.655082	1.663	0.036296

(sumber : hasil Analisa)

Pengelompokan tanah memenuhi syarat apabila nilai koefisien varian tidak melebihi 15 % yang artinya tingkat ketidakseragaman data yang diperbolehkan maksimal 15 %. Nilai koefisien varian pada elevasi + 90.00 s/d +97.50 dapat diperoleh dengan persamaan berikut,

$$Cv = \frac{Standar\ Deviasi}{Rata - rata}$$

$$= \frac{0.038851}{1.6062} = 0.024$$

Nilai koefisien variasi didapatkan sebesar 0.024 atau 2.4 % sehingga memenuhi syarat pengelompokan karakteristik tanah. Penentuan nilai berat volume *saturated* tanah didapatkan dari beberapa data yang karakteristiknya seragam. Untuk penentuan parameter tanah tersebut menggunakan cara sebagai berikut:

a. Pada Elevasi +90.00 sd +97.50

Jumlah data : 10

Derajat kebebasan, db : jumlah data – 1 = 13

tingkat kesalahan , α : 10 %

probabilitas (t) : 1.833

(berdasarkan db= 13, α/2 = 0.05)

Rata-rata (mean) : $\frac{\sum \gamma_{sat}}{Jumlah\ data} = \frac{16.06}{10} = 1.606$

St.Deviasi : 0.0388

Batas atas : $Mean + \frac{St.Deviasi}{Jumlah\ data}$ x t

$$= 1.606 + \frac{0.0388}{10} \text{ x } 1.833 = 1.628$$

Batas Bawah : $Mean - \frac{St.Deviasi}{Jumlah\ data}$ x t

$$= 1.606 - \frac{0.0388}{10} \text{ x } 1.833 = 1.583$$

γsat = Bts.bawah + 0.1 (Bts. atas – Bts.bawah)

= 1.583 + 0.1(1.628 – 1.1.583)

= 1.588 t/m3

Untuk penentuan parameter tanah yang lain dengan distribusi statistik dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.12 Penentuan parameter tanah cara Statistik

Cc									
Elevation (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	St.Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	cc	Coef varian
90.00 - 97.5	10	9	1.833	0.5805	0.065211	0.618299	0.542701	0.611	0.112336
86.00 - 90.00	8	7	1.753	0.567	0.06735	0.608742	0.525258	0.600	0.118783
82.00 - 86.00	8	7	1.753	0.53775	0.025199	0.553368	0.522132	0.550	0.04686

Cs									
Elevasi (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	St.Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cs	Coef varian
90.00 - 97.5	10	9	1.833	0.082929	0.009316	0.088328	0.077529	0.087	0.112336
86.00 - 90.00	8	7	1.753	0.081	0.009621	0.086963	0.075037	0.086	0.118783
82.00 - 86.00	8	7	1.753	0.073446	0.0036	0.075678	0.071215	0.075	0.049013

eo									
Elevasi (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	St.Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	eo	Coef varian
90.00 - 97.5	10	9	1.833	1.823	0.198049	1.937798	1.708202	1.915	0.108639
82.00 - 90.00	8	7	1.753	1.73125	0.255591	1.88966	1.57284	1.858	0.147634
82.00 - 86.00	8	7	1.753	1.48125	0.212968	1.613243	1.349257	1.587	0.143776

Cu								
Elevasi (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	St.Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	Cu Kg/cm2
90.00 - 97.5	10	9	1.833	0.15	0.076158	0.194144	0.105856	0.115
86.00 - 90.00	8	7	1.753	0.225	0.162744	0.325866	0.124134	0.144
82.00 - 86.00	8	7	1.753	0.3975	0.252403	0.553934	0.241066	0.272

PI									
Elevasi (m)	Jumlah Data	v	Pengali	Mean	St.Deviasi	Batas Atas	Batas Bawah	PI	Coef varian
90.00 - 97.5	10	9	1.833	41.6	5.796551	44.95994	38.24006	38.912	0.13934
86.00 - 90.00	8	7	1.753	40.375	5.033223	43.49449	37.25551	37.879	0.124662
82.00 - 86.00	8	7	1.753	35.625	2.326094	37.06666	34.18334	34.472	0.065294

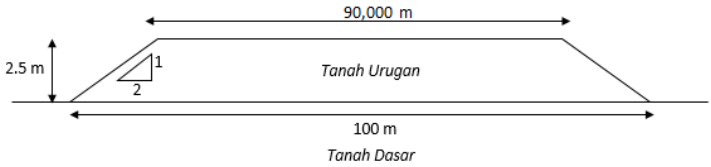
(sumber : hasil Analisa)

4.4 Data tanah timbunan

Pada perencanaan jalan ini dibutuhkan material timbunan dengan data tanah sebagai berikut :

Berat volume timbunan (γ_t) = 1,85 t/m^3
Kohesi (c) = 0
Sudut geser (∅) = 30^o

.



Gambar 4.5 Sketsa Rencana Penimbunan
(sumber : hasil pemodelan)

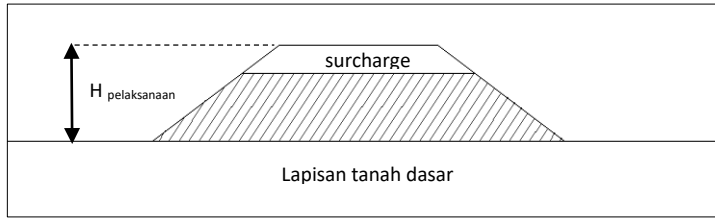
BAB V
PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH

5.1 Umum

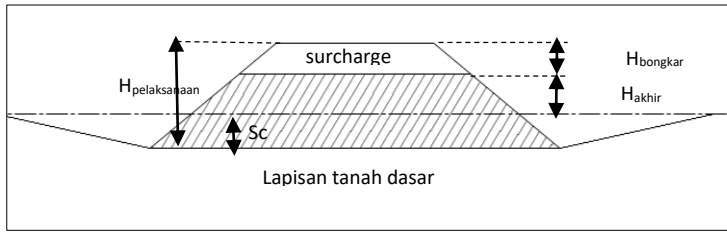
Dalam bab ini akan dibahas mengenai perencanaan perbaikan tanah dasar berupa penentuan tinggi timbunan yang harus dilaksanakan di lapangan, besarnya pemampatan yang terjadi, lamanya waktu pemampatan, perencanaan pola dan jarak PVD, pemilihan PHD, besarnya peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan dan perencanaan *geotextile* dan *micropiles* agar timbunan tanah tidak mengalami kelongsoran.

5.2 Perencanaan Tinggi Timbunan Pelaksanaan

Tinggi timbunan pelaksanaan akan lebih tinggi dari tinggi timbunan rencana, Karena mempertimbangkan adanya penurunan tanah asli yang akan terjadi akibat beban timbunan tersebut. Besar penurunan yang terjadi dihitung berdasarkan pemampatan tanah dilakukan sedalam tanah kompresibel yaitu sedalam 15.5 m.



Gambar 5.1 Kondisi timbunan sebelum mengalami pemampatan
(sumber : Hasil Pemodelan)



Gambar 5.2 Kondisi timbunan setelah mengalami pemampatan
(sumber : Hasil Pemodelan)

Metode yang digunakan adalah dengan cara mengasumsikan beberapa tinggi timbunan pelaksanaan (variable) sehingga didapatkan tinggi timbunan pada saat pelaksanaan phisik dengan cara grafis, yaitu dengan mencari titik potong antara kurva settlement (Sc) versus tinggi pelaksanaan variable (Hr) dengan kurva perbedaan tinggi timbunan (Hr-H) versus tinggi pelaksanaan variable (Hr).

Nilai tinggi timbunan (Hr) adalah tinggi timbunan yang sudah mencakup beban rencana (industri) yang diekivalensikan ke beban timbunan. Besarnya tinggi timbunan tersebut didapat dari perhitungan berikut,

q bangunan industri = 4 t/m^2
ɣ tanah = 1.85 t/m3
maka, H timbunan yang ekivalen beban rencana adalah

$$H_{ekivalen\ /\ bongkar} = \frac{4\ t/m^2}{1.85\ t/m^3} = 2.16\ meter$$

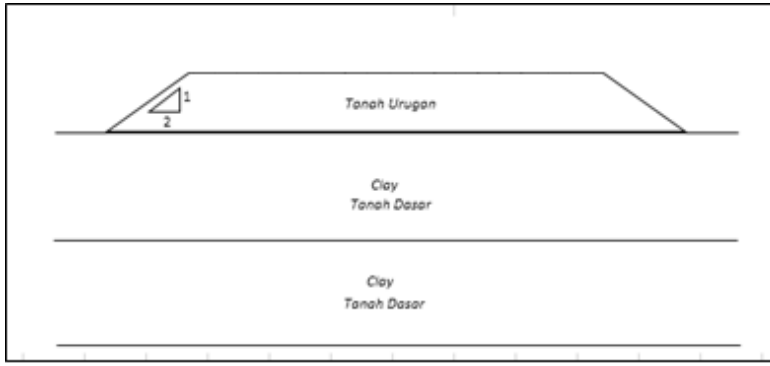
Tinggi timbunan (Hr) dicoba-coba dengan H timbunan interval 0.5 meter ditambah $H_{ekivalen}$ dengan variasi awal (Hr awal) lebih besar dari tinggi timbunan rencana . Besarnya variasi (Hr) dapat dilihat pada **Tabel 5.1**

Tabel 5.1 Penentuan Besaran Hr variasi

No.	H timbunan (m)	H ekivalen beban rencana (m)	Hr variasi (m)
1	3	2.16	5.16
2	3.5	2.16	5.66
3	4	2.16	6.16
4	4.5	2.16	6.66
5	5	2.16	7.16

(sumber : Hasil Analisa)

Besarnya settlement yang diperhitungkan didasarkan dari beban timbunan pelaksanaan dan beban bangunan yang direncanakan berdiri di atasnya. Beban timbunan pelaksanaan ini akan didistribusikan pada kedalaman tanah yang ditinjau (z) sebagai beban trapesium. Sketsa pembebanan dapat dilihat pada **gambar 5.3**



Gambar 5.3 Sketsa Beban Timbunan dan Beban Bangunan
(sumber : Hasil Pemodelan)

5.2.1 Settlement

Mencari besarnya penurunan tanah asli akibat pembebanan (Sc)

a. Settlement akibat beban timbunan

Hr = 5.16 m

B1 = 39.7 m

B2 = 10.32 m
Slope : 1 : 2
ɣ tanah = 1.85 t/m3
Fluktuasi muka air tanah : 2 m

Pada tanah lapisan 1 (Soft Clay) , Sc pada kedalaman 1 m :
Hi = 1 m

$\alpha 1 = \tan^{-1}[(B1+B2)z] - \tan^{-1}(B1/z)$ (radian)
$= \tan^{-1}[(39.7+10.3)0.5] - \tan^{-1}(39.7/0.5)$ (radian)
$= 0.149$
$\alpha 2 = \tan^{-1}(B1/z)$ (radian)
$= \tan^{-1}(39.7/0.5)$ (radian)
$= 89.278$
$qo = (1.85\ t/m^3 \times 3\ m) + 4\ t/m^2$
$= 9.55\ t/m^2$
$\Delta P = qo/180\ [(B1+B2)/B2](\alpha 1+\alpha 2) - B1/B2(\alpha 2)$
$= 9.55/180\ [(39.676+10.324)/10.324](0.149+89.278) - 39.676/10.324(89.278)$
$= 4.775\ t/m^2$
$Po' = (\gamma sat - \gamma w)\ {}^1/_2\ H$
$= (1.59\ t/m3 - 1\ t/m3)\ 0.5m$
$= 0.2941\ t/m^2$
ΔPf = Fluktuasi MAT x ɣw
$= 2\ m \times 1\ t/m^3$
$= 2\ t/m^2$
$Pc' = Po' + \Delta Pf$
$= 0.2941 + 2 = 2.2941\ t/m2$
$OCR = \frac{Pc'}{Po'} = \frac{2.2941}{0.2941} = 7.7955\ t/m2$ (OC Soil)
$Po' + 2\Delta P = 0.2941 + 2\ (4.775)$
$= 9.8441$
Karena $Po' + 2\Delta P > P'c$, maka

$$Sc = [\frac{Cs}{1+eo}\log\frac{Pc\prime}{Po\prime} + \frac{Cc}{1+eo}\log\frac{Po\prime+2\Delta P}{Pc\prime}]\ H$$

$$= [\frac{0.087}{1+1.915}\log\frac{2.2941}{0.2941} + \frac{0.611}{1+1.915}\log\frac{0.2941+9.55}{2.2941}]\ 1$$

$$= 0.1592 \text{ m}$$

Perhitungan settlement dilakukan kembali pada lapisan tanah selanjutnya dengan interval 1 m sampai total kedalaman lapisan kompresibel yaitu 15.5 m. Perhitungan Sc pada tiap lapisan tanah dengan Hr = 5.162 m dapat dilihat pada **Tabel 5.1**

Tabel 5.2 Perhitungan Settlement akibat Hr = 5.162 m

Titik Tinjau	Hi (m)	z	P'o	ΔPf	P'c t/m2	OCR	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Sc
a	1	0.5	0.2941		2.294	7.799	39.676	10.324	0.149	89.28		4.775	9.550	0.159
b	1	1.5	0.8824		2.882	3.266	39.676	10.324	0.447	87.83		4.7749	9.550	0.132
c	1	2.5	1.4707		3.471	2.36	39.676	10.324	0.743	86.39		4.7746	9.549	0.116
d	1	3.5	2.059		4.059	1.971	39.676	10.324	1.037	84.96		4.774	9.548	0.104
e	1	4.5	2.6473		4.647	1.755	39.676	10.324	1.328	83.53		4.7729	9.546	0.095
f	1	5.5	3.2355		5.236	1.618	39.676	10.324	1.615	82.11		4.771	9.542	0.087
g	1	6.5	3.8238		5.824	1.523	39.676	10.324	1.897	80.70		4.7688	9.538	0.081
h	0.5	7.3	4.265	2	6.265	1.469	39.676	10.324	2.105	79.64	9.55	4.7665	9.533	0.038
i	1	8.0	4.7127		6.713	1.424	39.676	10.324	2.310	78.60		4.7636	9.527	0.073
j	1	9.0	5.3139		7.314	1.376	39.676	10.324	2.577	77.22		4.759	9.518	0.069
k	1	10.0	5.9152		7.915	1.338	39.676	10.324	2.836	75.85		4.7533	9.507	0.065
l	1	11.0	6.5164		8.516	1.307	39.676	10.324	3.089	74.50		4.7464	9.493	0.061
m	1	12.0	7.1483		9.148	1.28	39.676	10.324	3.332	73.17		4.7384	9.477	0.058
n	1	13.0	7.811		9.811	1.256	39.676	10.324	3.568	71.86		4.7291	9.458	0.055
o	1	14.0	8.4737		10.47	1.236	39.676	10.324	3.794	70.56		4.7186	9.437	0.052
p	1	15.0	9.1364		11.14	1.219	39.676	10.324	4.011	69.29		4.707	9.413	0.050

(sumber : Hasil Analisa)

5.2.2 Penentuan Tinggi Timbunan Pelaksanaan

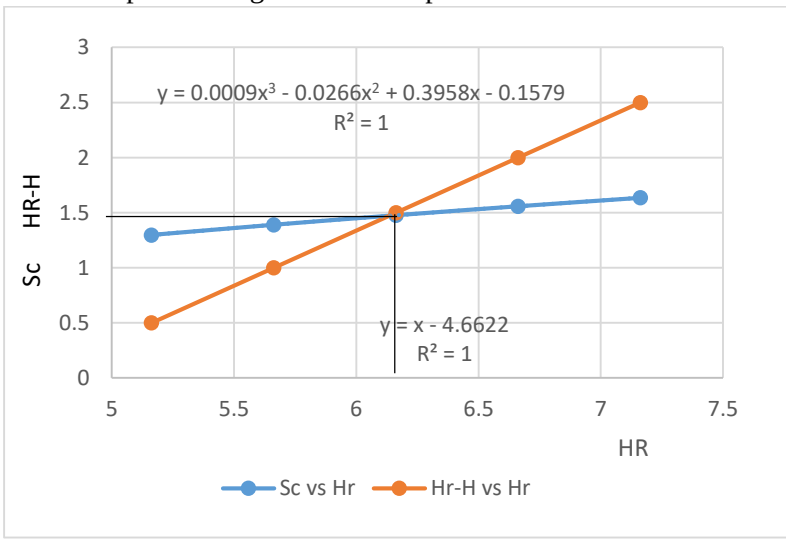
Perhitungan dilakukan berulang dengan menggunakan semua tinggi timbunan variasi (Hr) agar diperoleh nilai Settlement dan Hr-H. Hasil rekap dari nilai Sc dan Hr-H berdasarkan tinggi timbunan variasi (Hr) dapat dilihat pada **Tabel 5.3**

Tabel 5.3 Hasil Rekap Nilai Sc total dan Hr-H dengan variasi Hr

No	H (m)	H_R (m)	H_R-H (m)	Sc total (m)
1	2.5	5.16	0.5	1.297
2		5.66	1	1.39
3		6.16	1.5	1.476
4		6.66	2	1.557
5		7.16	2.5	1.549

(sumber : Hasil Analisa)

Setelah direkap, kemudian dibuat grafik hubungan antara H_R-H vs H_R dan Sc vs H_R berdasarkan rekap hasil pada **Tabel 5.3** Berikut dapat dilihat grafik tersebut pada **Gambar 5.4** dibawah ini.



Gambar 5.4 Kurva Penentuan Tinggi Timbunan Pelaksanaan
(sumber : Hasil Analisa)

Dari grafik didapatkan H pelaksanaan dengan persamaan :

$y - 0.0009\ x^3 + 0.0266\ x^2 - 0.3958\ x = 0.1579$

$y - x = -4.662$

$-0.0009\ x^3 + 0.0266\ x^2 + 0.6042\ x = 4.5043$

X = 6.14 dan Y = 1.48

Maka Tinggi Pelaksanaan di lapangan adalah sebesar 6.14 m dengan Settlement 1.48 m

5.3 Perhitungan Lama Waktu Konsolidasi tanpa PVD

Kecepatan Pemampatan dari lapisan tanah bergantung pada nilai koefisien konsolidasi (Cv) pada setiap jenis tanahnya. Besaran Cv yang digunakan merupakan nilai Cv gabungan yang telah diperoleh dari back analysis berdasarkan data penurunan settlement plate. Nilai Cv yang didapatkan adalah sebesar 0.02945 m^2/minggu.

Berdasarkan **Tabel 2.1** variasi Faktor waktu terhadap derajat konsolidasi (Braja M.Das 1985) , untuk Derajat konsolidasi 90% nilai Faktor waktu (Tv) adalah 0.848, Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk mencapai derajat konsolidasi 90% adalah selama 1721.6 minggu ≈ 33.017 tahun

$$t = \frac{T90\%\ x\ Hdr^2}{Cv} = \frac{0.848\ x\ 7.75^2}{0.0295} = 1721.61\ minggu$$

atau,

t = 33.017 tahun

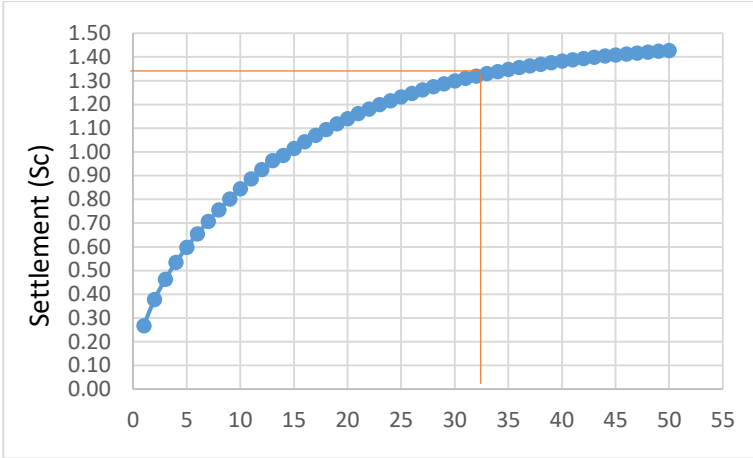
Besarnya derajat konsolidasi dan settlemet berdasarkan waktu dapat dilihat pada **Tabel 5.4**

Tabel 5.4 Derajat Konsolidasi dan Settlement berdasarkan Waktu

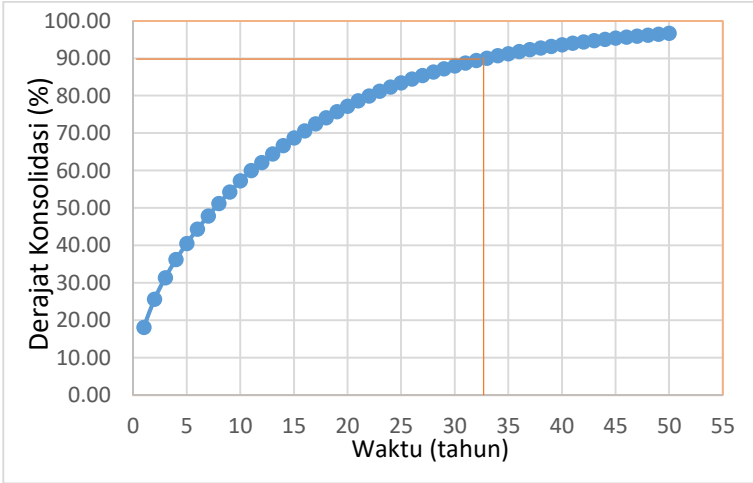
Waktu (t) tahun	Cv gab m^2/tahun	F.waktu Tv	Uv 0 - 60%	Uv > 60%	Sc m
1	1.5426	0.02568	18.084	23.903	0.267
5	1.5426	0.12842	40.436	40.945	0.598
10	1.5426	0.25684	57.185	56.985	0.845
15	1.5426	0.38525	70.037	68.669	1.015
20	1.5426	0.51367	80.872	77.179	1.141
25	1.5426	0.64209	90.418	83.378	1.232
30	1.5426	0.77051	99.048	87.892	1.299
35	1.5426	0.89893	106.984	91.181	1.348
40	1.5426	1.02735	114.370	93.576	1.383
45	1.5426	1.15576	121.308	95.321	1.409
50	1.5426	1.28418	127.870	96.592	1.428

(sumber : Hasil Analisa)

Dari **Tabel 5.4** dapat diplotkan grafik hubungan antara waktu versus settlement pada **Gambar 5.3** dan grafik hubungan waktu versus derajat konsolidasi pada **Gambar 5.4.**



Gambar 5.5 Grafik hubungan waktu dan Settlement
(sumber : Hasil Analisa)



Gambar 5.6 Grafik hubungan waktu dan Derajat konsolidasi
(sumber : Hasil Analisa)

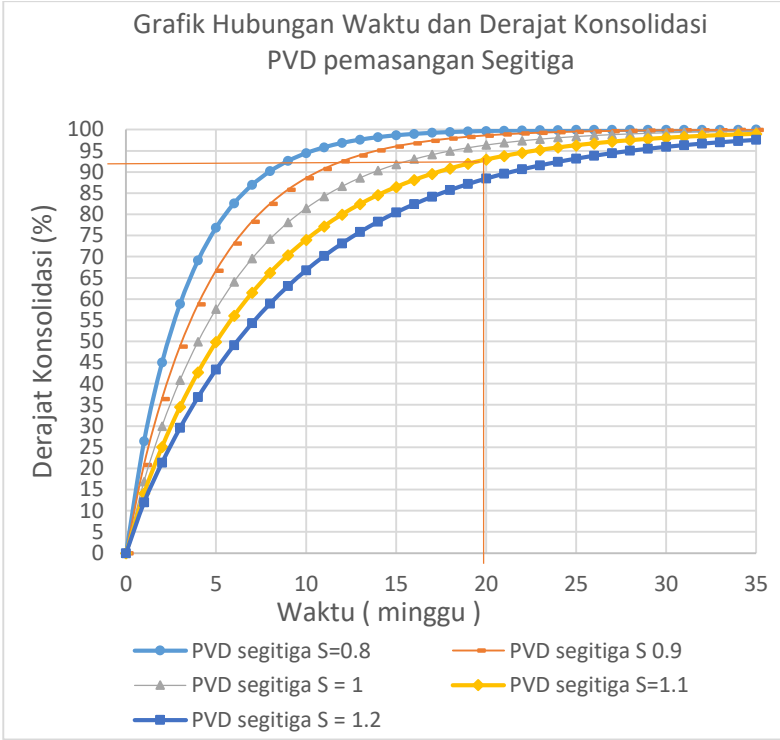
Berdasarkan **Gambar 5.5 & 5.6**, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai U 90% adalah t = 33.017 tahun dengan settlement sebesar 1.33 m. Dikarenakan waktu pemampatan yang cukup lama, maka dibutuhkan percepatan pemampatan tanah untuk dengan menggunakan PVD (Prefabricated Vertical Drain) dan PHD (Prefabricated Horizontal Drain)

5.4 Perencanaan PVD dan PHD

Pemasangan PVD pada proyek ini berfungsi untuk mempercepat waktu pemampatan tanah dengan cara mengeluarkan air dari dalam tanah kemudian disalurkan melalui PHD yang berada di lapisan *sand blanket.*

5.4.1 Perencanaan PVD

Perencanaan ini akan menggunakan PVD dengan pola pemasangan segitiga dan dihitung jarak PVD yang dibutuhkan sesuai waktu tunggu yang diijinkan. Pada proyek ini diasumsikan lamanya waktu pemampatan yang diijinkan adalah selama 5 bulan atau 20 minggu. Perencanaan PVD dalam tugas akhir ini menggunakan PVD CT-D832 dengan lebar 100 mm dan tebal 5 mm dan hasilnya dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Berdasarkan hasil pada Lampiran 1 maka dapat dibuat grafik hubungan antara waktu konsolidasi dan derajat konsolidasi untuk berbagai variasi jarak pemasangan PVD seperti yang terlihat pada **Gambar 5.7**



Gambar 5.7 Grafik Waktu Konsolidasi dengan Derajat Konsolidasi PVD Pola Segitiga
(sumber : Hasil Analisa)

Berdasarkan **Gambar 5.7**, dipilih jarak pemasangan PVD 1.1 m karena derajat konsolidasi 90% dapat dicapai dengan waktu ≤ 20 minggu.

5.4.2 Perencanaan PHD

PHD berfungsi menerima aliran vertikal air pori dari PVD, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan estimasi debit air pori yang keluar sebagai dasar pemilihan jenis PHD yang digunakan. Perhitungan debit air pori yang keluar dilakukan berdasarkan

besarnya pemampatan pada derajat konsolidasi tertentu saat perkiraan debitnya maksimum.

Penggunaan PVD dengan jarak 1.1 m pada waktu (t) sebesar 20 minggu diperoleh derajat konsolidasi sebesar 92 %, sehingga besarnya pemampatan yang terjadi adalah 1.37 m

Debit aliran air per m^2 $= \frac{Volume\ aliran}{Waktu\ pengaliran}$

$= \frac{1.373\ m\ x\ 1\ m^2}{20\ minggu}$

$= 1.135 \times 10^{-7}\ m^3/s$

Perhitungan debit dilakukan lagi dengan variasi waktu pemampatan yang berbeda. Besaran debit air pori yang keluar berdasarkan waktunya pemampatannya dapat dilihat pada **tabel 5.5**.

Tabel 5.5 Debit air pori berdasarkan waktu pemampatan

Waktu (minggu)	Derajat Konsolidasi (%)	Besarnya Pemampatan (m)	Debit per m2 tanah (m3/s)
20	92.910	1.3731	1.1352×10^{-07}
15	86.436	1.2774	1.2067×10^{-07}
10	73.981	1.0933	1.5429×10^{-07}
5	49.819	0.7363	2.0530×10^{-07}

(sumber : Hasil Analisa)

Perkiraan debit air pori maksimal per m^2 tanah sebesar $2.0530 \times 10^{-7}\ m^3$/detik. Untuk pemasangan PVD jarak 110 cm dengan pola segitiga, luas layanan 1 titik PVD sebesar 1,047 m^2. Artinya, setiap 1 titik ujung PVD mengalirkan air pori seluas 1.047 m^2 sehingga setiap 1 titik ujung PVD mengeluarkan air pori vertikal sebesar,

q $= 1.047 \times 2.0530 \times 10^{-7}\ m^3/s$

$= 2.15 \times 10^{-7}\ m^3/s$

PHD diletakkan pada *sand blanket* setinggi 0.3 m diatas platform dengan lebar timbunan selebar 100 m. Diasumsikan air

pori dari PHD menuju ke kanan timbunan saja. Artinya, panjang maksimum 1 lajur PHD adalah 1 arah dan melayani 89 titik PVD, maka Besarnya debit maksimum 1 lajur PHD adalah:

Q = N x q

= 89 x 2.15 x 10^{-7} m^3/s

= 1.9143 x 10^{-5} m^3/s.

Berdasarka debit maksimum yang terjadi pada 1 lajur PHD, maka direncanakan PHD CT-SD100-20 yang memiliki kapasitas pengaliran sebesar 3,7 x 10^{-4} m^3/detik sepanjang 100 m per 89 titik PVD.

5.5 Perhitungan Tinggi Timbunan Kritis

Perencanaan timbunan di lapangan harus memperhatikan tinggi timbunan kritis yang masih mampu ditahan oleh tanah dasar agar tidak mengalami keruntuhan tanah. Penentuan tinggi timbunan kritis dikontrol terhadap keruntuhan rotasional dan keruntuhan puncture nya.

5.5.1 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Rotasional

Penentuan H kritis dilakukan menggunakan program GeoSlope 2007 dengan memodelkan tinggi timbunan di atas tanah dasarnya sehingga bisa terlihat besaran nilai factor keamanan dari stabilitas lereng terhadap keruntuhan rotasional. Pada pemodelannya digunakan variasi nilai tinggi timbunan (H) dengan nilai slope 1:2 . **Tabel 5.6** merupakan hasil rekap analisa pemodelan tinggi timbunan dan factor keamanan dengan program bantu GeoSlope.

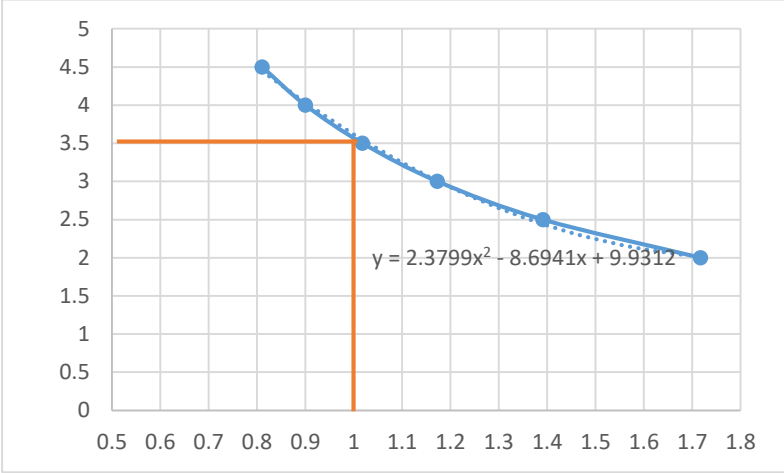
Tabel 5.6 Rekap Hasil Nilai SF terhadap keruntuhan rotasional

No.	Tinggi Timbunan (m)	Faktor Keamanan
1.	2	1.717
2.	2.5	1.391
3.	3	1.173

No.	Tinggi Timbunan (m)	Faktor Keamanan
4.	3.5	1.018
5.	4	0.8997
6.	4.5	0.8105

(sumber : Hasil Analisa)

Dari analisa tersebut kemudian diplotkan data tinggi timbunan vs faktor keamanan pada grafik seperti berikut.



Gambar 5.8 Grafik penentuan tinggi timbunan kritis
(sumber : Hasil Analisa)

Tinggi timbunan kritis dapat ditentukan dengan cara menarik garis vertikal dari nilai faktor keamanan sebesar 1 memotong kurva H vs SF. Dari grafik tersebut didapatkan nilai tinggi timbunan kritis sebesar 3.5 m

5.5.2 Stabilitas Terhadap Keruntuhan Puncture

Penentuan Tinggi timbunan kritis juga ditentukan terhadap keruntuhan puncture atau kemampuan tanah dasar dalam menahan

beban timbunan di atasnya agar tidak terjadi amblas. Keruntuhan ini dianalisa berdasarkan kemampuan daya dukung tanah dasarnya. Besaran factor keamanan (SF) tersebut dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$SF = \frac{Cu\ x\ Nc}{\gamma\ x\ H}$$

Direncanakan SF : 1
Cu tanah dasar : 1.1468 t/m^2
Nc : 5.14
$\gamma\ timbunan$: 1.85 t/m^3

$$H\ kritis = \frac{1.146\ x\ 5.14}{1.85\ x\ 1}$$

= 3.18 m

Berdasarkan kedua hasil Analisa stabilitas keruntuhan dapat dilihat faktor penentu besarnya tinggi timbunan kritis (Hcr) adalah akibat keruntuhan *Puncture*, karena dengan SF sebesar 1 diperoleh tinggi timbunan yang lebih rendah, maka tinggi timbunan kritis yang digunakan adalah sebesar 3.18 m.

5.6 Perencanaan Timbunan Bertahap

Pada pelaksanaan di lapangan tinggi timbunan tidak ditimbun langsung setinggi tinggi timbunan pelaksanaan, tetapi penimbunan dilakukan secara bertahap dengan kecepatan 0.5 m/minggu.

5.6.1 Penimbunan Bertahap setinggi H_{kritis}

Pekerjaan penimbunan bertahap harus memperhatikan tinggi timbunan kritis (H_{cr}) yang masih mapu dipikul oleh tanah dasar. Sebelumnya telah diketahui tinggi timbunan kritis adalah sebesar 3.18 m, maka pentahapan penimbunan untuk tahap 1 sampai tahap 4 dapat dilakukan secara menerus.

Pada penimbunan selanjutnya , daya dukung tanah dasar harus cukup kuat menumpu penimbunan selanjutnya sehingga akan

dilakukan perhitungan kenaikan daya dukung tanah akibat beban sampai tahap ke-6.

5.6.2 Penimbunan Bertahap setinggi H pelaksanaan

Kecepatan penimbunan bertahap yang direncanakan adalah setinggi 0.5 m/minggu sehingga untuk mencapai H pelaksanaan 6.14 m jumlah penimbunan yang dilakukan secara bertahap adalah sebanyak 13 tahap. Umur timbunan dari proses penimbunan bertahap sampai tahap ke-13 dapat dilihat pada **Tabel 5.7** dan Derajat konsolidasi pada tiap tahap penimbunan dapat dilihat pada **Tabel 5.8**

Tabel 5.7 Umur Timbunan hingga Tahap Penimbunan ke-13

UMUR TIMBUNAN ke-(i) pada minggu ke-(n)														
		Tahapan Penimbunan												
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
minggu ke-	**1**	1												
	2	2	1											
	3	3	2	1										
	4	4	3	2	1									
	5	5	4	3	2	1								
	6	6	5	4	3	2	1							
	7	7	6	5	4	3	2	1						
	8	8	7	6	5	4	3	2	1					
	9	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1			
	11	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
	12	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	13	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

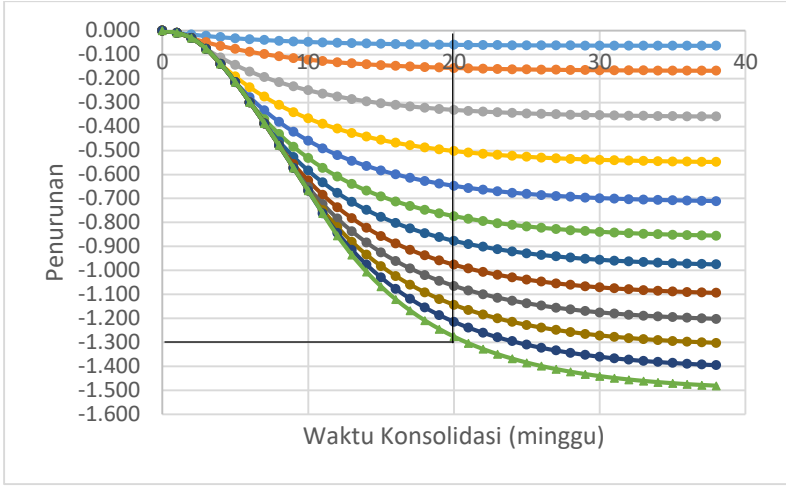
(sumber : Hasil Analisa)

Tabel 5.8 Derajat konsolidasi tiap tahap timbunan

Tahap penimbunan ke-	Tinggi timbunan (meter)	Umur timbunan (minggu)	Derajat Konsolidasi (%)
1	0.50	1	14.079
2	1.00	2	25.086
3	1.50	3	34.524
4	2.00	4	42.703
5	2.50	5	49.819
6	3.00	6	56.027
7	3.50	7	61.451
8	4.00	8	66.194
9	4.50	9	70.345
10	5.00	10	73.981
11	5.50	11	77.166
12	6.00	12	79.958
13	6.14	13	82.406

(sumber : Hasil Analisa)

Akibat dari penimbunan bertahap maka tanah dasar akan mengalami pemampatan sesuai dengan derajat konsolidasi yang dipengaruhi PVD. Perhitungan besaran pemampatan tanah pada tiap tahap penimbunan dapat dilihat pada **Gambar 5.9**



Gambar 5.9. Grafik Pemampatan Tanah akibat Penimbunan Bertahap
(sumber : Hasil Analisa)

5.7 Kenaikan Daya Dukung Tanah akibat Pemampatan Tanah

Pemampatan yang terjadi pada lapisan tanah kompresibel mengakibatkan kepadatan tanah tersebut meningkat. Hal ini berarti daya dukung tanah juga meningkat karena adanya kenaikan nilai Cu (Undrained shear strength). Peningkatan daya dukung tanah ini akan terjadi secara bertahap sesuai dengan derajat konsolidasi akibat pengaruh PVD.

5.7.1 Kenaikan daya dukung tanah setinggi H_{kritis}

Daya dukung tanah yang meningkat akibat beban timbunan setinggi Hkritis dihitung untuk dianalisis terhadap kelongsorannya. Kenaikan nilai Cu (Undrained shear strength) dihitung berdasarkan derajat konsolidasi yang terjadi sesuai dengan umur timbunannya. Umur timbunan setinggi H kritis pada minggu ke-4 dapat dilihat pada **Tabel 5.9**

Tabel 5.9 Umur timbunan pada minggu ke-6

UMUR TIMBUNAN ke-(I) pada minggu ke-(6)							
		Tahapan Penimbunan					
minggu ke-		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	6
	1	1					
	2	2	1				
	3	3	2	1			
	4	4	3	2	1		
	5	5	4	3	2	1	
	6	6	5	4	3	2	1

(sumber : Hasil Analisa)

Kenaikan nilai Cu dipengaruhi oleh perubahan tegangan tiap lapisan tanah akibat beban timbunan. Penambahan tegangan tersebut dapat dilihat pada **Tabel 5.10**

Tabel 5.10 Penambahan tegangan akibat 4 tahapan penimbunan.

			ΔP1	ΔP2	ΔP3	ΔP4	ΔP5	ΔP6
			(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)
Kedalaman			H 0.5 m	H 1 m	H 1.5 m	H 2 m	H 2,5 m	H 3m
0	-	1	0,92500	0,92500	0,92500	0,92500	0,92500	0,92500
1	-	2	0,92498	0,92498	0,92498	0,92498	0,92497	0,92497
2	-	3	0,92493	0,92493	0,92492	0,92490	0,92487	0,92487
3	-	4	0,92480	0,92480	0,92477	0,92473	0,92464	0,92464
4	-	5	0,92458	0,92457	0,92452	0,92442	0,92423	0,92423
5	-	6	0,92424	0,92421	0,92413	0,92395	0,92361	0,92361
6	-	7	0,92376	0,92371	0,92357	0,92328	0,92273	0,92273
7	-	7,5	0,92328	0,92322	0,92303	0,92263	0,92188	0,92188
7,5	-	8,5	0,92271	0,92263	0,92237	0,92185	0,92085	0,92085
8,5	-	9,5	0,92177	0,92166	0,92130	0,92057	0,91919	0,91919
9,5	-	10,5	0,92062	0,92047	0,91998	0,91900	0,91716	0,91716
10,5	-	11,5	0,91925	0,91905	0,91842	0,91714	0,91475	0,91475

			ΔP1	ΔP2	ΔP3	ΔP4	ΔP5	ΔP6
			(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)
Kedalaman			H 0.5 m	H 1 m	H 1.5 m	H 2 m	H 2,5 m	H 3m
11,5	-	12,5	0,91763	0,91738	0,91658	0,91497	0,91196	0,91196
12,5	-	13,5	0,91577	0,91546	0,91446	0,91247	0,90877	0,90877
13,5	-	14,5	0,91364	0,91327	0,91205	0,90964	0,90518	0,90518
14,5	-	15,5	0,91126	0,91081	0,90936	0,90648	0,90119	0,90119

(sumber : Hasil Analisa)

Setelah didapatkan nilai penambahan tegangan (ΔP1) tiap lapisan, penambahan nilai Cu pada tanah kedalaman 0-1 meter dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

- Akibat beban tahap 1

  $\phi' = 2.2716^{o}$

  U = 56.027 %

  $\Delta P_1 =$ 0.925 t/m^2

  $\Delta Cu'_1 = U \tan \phi' \Delta p$

  $= \left(\frac{56.027}{100}\right)$ x $\tan(2.2716) x$ 0.95

  = 0.0206 t/m^2

- Akibat beban tahap 2

  $\phi' = 2.2716^{o}$

  U = 48.819 %

  $\Delta P_2 =$ 0.9249 t/m^2

  $\Delta Cu'_2 = U \tan \phi' \Delta p$

  $= \left(\frac{48.819}{100}\right)$ x $\tan(2.2716) x$ 0.9249

  = 0.0183 t/m^2

- Akibat beban tahap 3

  $\phi' = 2.2716^{o}$

  U = 42.703 %

  $\Delta P_3 =$ 0.9249 t/m^2

  $\Delta Cu'_3 = U \tan \phi' \Delta p$

  $= \left(\frac{42.703}{100}\right)$ x $\tan(2.2716) x$ 0.9249

= 0.0157 t/m^2

- Akibat beban tahap 4

ϕ' = 2.2716 ^{o}

U = 34.542 %

ΔP_4 = 0.92499 t/m^2

$\Delta Cu'_4 = U \tan \phi' \Delta p$

$= \left(\frac{34.542}{100}\right)$ x $\tan(2.2716) x$ 0.9249

= 0.0127 t/m^2

- Akibat beban tahap 5

ϕ' = 2.2716 ^{o}

U = 25.085 %

ΔP_5 = 0.92499 t/m^2

$\Delta Cu'_5 = U \tan \phi' \Delta p$

$= \left(\frac{25.085}{100}\right)$ x $\tan(2.2716) x$ 0.9249

= 0.0092 t/m^2

- Akibat beban tahap 6

ϕ' = 2.2716 ^{o}

U = 14.079 %

ΔP_6 = 0.92499 t/m^2

$\Delta Cu'_6 = U \tan \phi' \Delta p$

$= \left(\frac{14.079}{100}\right)$ x $\tan(2.2716) x$ 0.9249

= 0.0052 t/m^2

$\Sigma \Delta Cu' = \Delta Cu'_1 + \Delta Cu'_2 + \Delta Cu'_3 + \Delta Cu'_4 + \Delta Cu'_5 + \Delta Cu'_6$

$= 0.0206 + 0.0183 + 0.0157\ 0.0127 + 0.0092 + 0.0052$

$= 0.815$ t/m^2

Cu baru = Cu lama + $\Sigma \Delta Cu'$

= 1.14684 + 0.815

= 1.2283 t/m^2

$$Cu\ transisi = \frac{Cu\ lama + Cu\ baru}{2}$$

$$= \frac{1.14684 + 1.2283}{2} = 1.1645\ t/m^2$$

Maka nilai Cu baru akibat tahap timbunan ke-6 pada minggu ke-6 adalah 1.2283. Selanjutnya dilakukan perhitungan penambahan Cu pada setiap lapisan tanah dengan cara yang sama. Penambahan Cu akibat penambahan tegangan dapat dilihat pada **Tabel 5.11** dan Nilai Cu pada tiap lapisan tanah dapat dilihat pada tabel **5.12**

Tabel 5.11 Penambahan Cu akibat penambahan tegangan.

					ΔCu1'	ΔCu2'	ΔCu3'	ΔCu4'	ΔCu5'	ΔCu6'	∑Cu'	
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)		
	Umur Timb.			ø'	6	5	4	3	2	1	(t/m2)	Kg/cm2
	U (%)				56,027	49,819	42,703	34,524	25,086	14,079		
Kedalaman	0	-	1	2,272	0,0206	0,0183	0,0157	0,0127	0,0092	0,0052	0,0815	0,0082
	1	-	2		0,0206	0,0183	0,0157	0,0127	0,0092	0,0052	0,0815	0,0082
	2	-	3		0,0206	0,0183	0,0157	0,0127	0,0092	0,0052	0,0815	0,0082
	3	-	4		0,0206	0,0183	0,0157	0,0127	0,0092	0,0052	0,0815	0,0082
	4	-	5		0,0205	0,0183	0,0157	0,0127	0,0092	0,0052	0,0815	0,0081
	5	-	6		0,0205	0,0183	0,0157	0,0127	0,0092	0,0052	0,0815	0,0081
	6	-	7		0,0205	0,0183	0,0156	0,0126	0,0092	0,0052	0,0814	0,0081
	7	-	7,5		0,0205	0,0182	0,0156	0,0126	0,0092	0,0051	0,0814	0,0081
	7,5	-	8,5	2,26	0,0204	0,0181	0,0155	0,0126	0,0091	0,0051	0,0809	0,0081
	8,5	-	9,5		0,0204	0,0181	0,0155	0,0125	0,0091	0,0051	0,0808	0,0081
	9,5	-	11		0,0204	0,0181	0,0155	0,0125	0,0091	0,0051	0,0807	0,0081
	10,5	-	12		0,0203	0,0181	0,0155	0,0125	0,0091	0,0051	0,0805	0,0081
	11,5	-	13	2,22	0,0199	0,0177	0,0152	0,0122	0,0089	0,0050	0,0789	0,0079
	12,5	-	14		0,0199	0,0177	0,0151	0,0122	0,0088	0,0050	0,0787	0,0079
	13,5	-	15		0,0198	0,0176	0,0151	0,0122	0,0088	0,0049	0,0785	0,0079
	14,5	-	16		0,0198	0,0176	0,0151	0,0121	0,0088	0,0049	0,0783	0,0078

(sumber : Hasil Analisa)

Tabel 5.12 Nilai Daya dukung pada tiap lapisan tanah .

Cu lama		Cu baru			Cu transisi		
		per lapisan	rata2	rata2	per lapisan	rata2	rata2
Kg/cm2	kpa	Kg/cm2		kpa	Kg/cm2		kpa
0,114684	11,245953	0,122839	0,122833	12,044998	0,1187617	0,1187587	11,645476
0,114684	11,245953	0,122839			0,1187616		
0,114684	11,245953	0,122838			0,1187613		
0,114684	11,245953	0,122837			0,1187606		
0,114684	11,245953	0,122834			0,1187594		
0,114684	11,245953	0,122831			0,1187575		
0,114684	11,245953	0,122825			0,1187549		
0,114684	11,245953	0,12282			0,1187523		
0,144308	14,150801	0,152395	0,152378	14,942187	0,1483515	0,1483428	14,546494
0,144308	14,150801	0,152385			0,1483465		
0,144308	14,150801	0,152373			0,1483403		
0,144308	14,150801	0,152358			0,1483329		
0,272353	26,70692	0,280245	0,280213	27,477679	0,2762988	0,2762829	27,0923
0,272353	26,70692	0,280225			0,276289		
0,272353	26,70692	0,280203			0,276278		
0,272353	26,70692	0,280179			0,2762657		

(sumber : Hasil Analisa)

Setelah daya dukung tanah meningkat, dilakukan pengecekan daya dukungnya terhadap kelongsoran pincture dan rotasional dengan program bantu Geostudio Slope/W . Apabila safety faktor telah memenuhi SF = 1 maka penimbunan selanjutnya dapat dilakukan.

5.7.2 Kenaikan daya dukung tanah setinggi $H_{pelaksanaan}$

Analisa stabilitas timbunan yang dilakukan adalah saat timbunan sudah mencapai total tinggi timbunan pelaksanaan maka kenaikan nilai daya dukung tanah dihitung akibat beban setinggi H pelaksanaan. Perhitungan kenaikan nilai Cu dilakukan dengan cara yang sama seperti perhitnungan sebelumnya. Penambahan tegangan akibat beban setinggi H pelaksanaan dapat dilihat pada **Tabel 5.13** , penambahan daya dukung akibat penambahan tegangan dapat dilihat pada **Tabel 5.14** dan Nilai Daya dukung pada tiap lapisan tanah dapat dilihat pada **Tabel 5.15**

Tabel 5.13 Penambahan tegangan akibat 13 tahapan penimbunan.

				ΔP1'	ΔP2'	ΔP3'	ΔP4'	ΔP5'	ΔP6'	ΔP7'	ΔP8'	ΔP9'	ΔP10'	ΔP11'	ΔP12'	ΔP13'
				(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)
	H timb.(m)			0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.12
Kedalaman	0	-	1	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9189	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.259
	1	-	2	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9066	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.9250	0.259
	2	-	3	0.9249	0.9249	0.9249	0.9249	0.9249	0.9248	0.8943	0.9249	0.9249	0.9249	0.9249	0.9249	0.259
	3	-	4	0.9248	0.9248	0.9248	0.9247	0.9246	0.9245	0.8820	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.9247	0.259
	4	-	5	0.9246	0.9246	0.9245	0.9244	0.9242	0.9238	0.8698	0.9245	0.9244	0.9244	0.9244	0.9244	0.259
	5	-	6	0.9242	0.9242	0.9241	0.9239	0.9236	0.9229	0.8577	0.9240	0.9240	0.9239	0.9239	0.9239	0.259
	6	-	7	0.9238	0.9237	0.9236	0.9233	0.9227	0.9216	0.8456	0.9234	0.9233	0.9232	0.9232	0.9231	0.258
	7	-	7.5	0.9233	0.9232	0.9230	0.9226	0.9219	0.9204	0.8365	0.9228	0.9227	0.9226	0.9225	0.9224	0.258
	7.5	-	8.5	0.9227	0.9226	0.9224	0.9218	0.9209	0.9189	0.8275	0.9220	0.9219	0.9218	0.9216	0.9216	0.258
	8.5	-	9.5	0.9218	0.9217	0.9213	0.9206	0.9192	0.9164	0.8156	0.9208	0.9206	0.9205	0.9203	0.9202	0.258
	9.5	-	10.5	0.9206	0.9205	0.9200	0.9190	0.9172	0.9135	0.8038	0.9193	0.9191	0.9189	0.9186	0.9185	0.257
	10.5	-	11.5	0.9192	0.9191	0.9184	0.9171	0.9148	0.9101	0.7920	0.9176	0.9173	0.9170	0.9166	0.9165	0.257
	11.5	-	12.5	0.9176	0.9174	0.9166	0.9150	0.9120	0.9061	0.7804	0.9155	0.9151	0.9147	0.9143	0.9142	0.256
	12.5	-	13.5	0.9158	0.9155	0.9145	0.9125	0.9088	0.9016	0.7688	0.9132	0.9127	0.9122	0.9116	0.9115	0.255
	13.5	-	14.5	0.9136	0.9133	0.9121	0.9096	0.9052	0.8966	0.7574	0.9105	0.9099	0.9093	0.9086	0.9085	0.254
	14.5	-	15.5	0.9113	0.9108	0.9094	0.9065	0.9012	0.8911	0.7462	0.9075	0.9068	0.9061	0.9053	0.9051	0.253

(sumber : Hasil Analisa)

Tabel 5.14 Penambahan daya dukung akibat penambahan tegangan.

					ΔCu1'	ΔCu2'	ΔCu3'	ΔCu4'	ΔCu5'	ΔCu6'	ΔCu7'	ΔCu8'	ΔCu9'	ΔCu10'	ΔCu11'	ΔCu12'	ΔCu13'
					(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)	(t/m2)
Umur Timb.				ø'	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
U (%)					82.41	79.958	77.17	73.981	70.35	66.194	61.45	56.027	49.82	42.7026	34.52	25.0856	14.08
0	-	1			0.0302	0.0293	0.0283	0.0271	0.0258	0.0243	0.0224	0.0206	0.0183	0.0157	0.0127	0.0092	0.0014
1	-	2			0.0302	0.0293	0.0283	0.0271	0.0258	0.0243	0.0221	0.0206	0.0183	0.0157	0.0127	0.0092	0.0014
2	-	3			0.0302	0.0293	0.0283	0.0271	0.0258	0.0243	0.0218	0.0206	0.0183	0.0157	0.0127	0.0092	0.0014
3	-	4		2.272	0.0302	0.0293	0.0283	0.0271	0.0258	0.0243	0.0215	0.0206	0.0183	0.0157	0.0127	0.0092	0.0014
4	-	5			0.0302	0.0293	0.0283	0.0271	0.0258	0.0243	0.0212	0.0205	0.0183	0.0157	0.0127	0.0092	0.0014
5	-	6			0.0302	0.0293	0.0283	0.0271	0.0258	0.0242	0.0209	0.0205	0.0183	0.0157	0.0127	0.0092	0.0014
6	-	7			0.0302	0.0293	0.0283	0.0271	0.0257	0.0242	0.0206	0.0205	0.0182	0.0156	0.0126	0.0092	0.0014
7	-	7.5			0.0302	0.0293	0.0283	0.0271	0.0257	0.0242	0.0204	0.0205	0.0182	0.0156	0.0126	0.0092	0.0014
7.5	-	8.5			0.0300	0.0291	0.0281	0.0269	0.0256	0.0240	0.0201	0.0204	0.0181	0.0155	0.0126	0.0091	0.0014
8.5	-	9.5		2.260	0.0300	0.0291	0.0281	0.0269	0.0255	0.0239	0.0198	0.0204	0.0181	0.0155	0.0125	0.0091	0.0014
9.5	-	10.5			0.0299	0.0290	0.0280	0.0268	0.0255	0.0239	0.0195	0.0203	0.0181	0.0155	0.0125	0.0091	0.0014
10.5	-	11.5			0.0299	0.0290	0.0280	0.0268	0.0254	0.0238	0.0192	0.0203	0.0180	0.0155	0.0125	0.0091	0.0014
11.5	-	12.5			0.0293	0.0284	0.0274	0.0262	0.0249	0.0233	0.0186	0.0199	0.0177	0.0151	0.0122	0.0089	0.0014
12.5	-	13.5		2.220	0.0293	0.0284	0.0274	0.0262	0.0248	0.0231	0.0183	0.0198	0.0176	0.0151	0.0122	0.0089	0.0014
13.5	-	14.5			0.0292	0.0283	0.0273	0.0261	0.0247	0.0230	0.0180	0.0198	0.0176	0.0151	0.0122	0.0088	0.0014
14.5	-	15.5			0.0291	0.0282	0.0272	0.0260	0.0246	0.0229	0.0178	0.0197	0.0175	0.0150	0.0121	0.0088	0.0014

(sumber : Hasil Analisa)

Tabel 5.15 Nilai Daya dukung pada tiap lapisan tanah .

Kedalaman			Cu lama		Cu baru			Cu transisi		
					Per Lapis	Rata-rata		Per Lap	Rata-rata	
			Kg/cm2	kpa	Kg/cm2		kpa	Kg/cm2		kpa
0	-	1	0.11468	11.246	0.1412			0.128		
1	-	2	0.11468	11.246	0.1412			0.128		
2	-	3	0.11468	11.246	0.1412			0.128		
3	-	4	0.11468	11.246	0.1411			0.128		
4	-	5	0.11468	11.246	0.1411	0.141	13.84	0.128	0.128	12.54
5	-	6	0.11468	11.246	0.141			0.128		
6	-	7	0.11468	11.246	0.141			0.128		
7	-	7.5	0.11468	11.246	0.141			0.128		
7.5	-	8.5	0.14431	14.151	0.1704			0.157		
8.5	-	9.5	0.14431	14.151	0.1703	0.17	16.7	0.157	0.157	15.42
9.5	-	10.5	0.14431	14.151	0.1703			0.157		
10.5	-	11.5	0.14431	14.151	0.1702			0.157		
11.5	-	12.5	0.27235	26.707	0.2977			0.285		
12.5	-	13.5	0.27235	26.707	0.2976	0.298	29.18	0.285	0.285	27.94
13.5		14.5	0.27235	26.707	0.2975			0.285		
14.5		15.5	0.27235	26.707	0.2974			0.285		

(sumber : Hasil Analisa)

5.8 Stabilitas akibat Kenaikan Daya Dukung

Kenaikan daya dukung tanah akan menyebabkan stabilitas tanah dasar terhadap timbunan mengalami perubahan, maka perlu dilakukan Analisa stabilitas terhadap bahaya longsor.

5.8.1 Stabilitas akibat Kenaikan Daya Dukung setinggi H_{kritis}

Pada perhitungan sebelumnya telah didapatkan tinggi Hkritis adalah sebesar 3.18 m, maka penimbunan sampai tahap ke-6 dapat dilakukan menerus. Analisis kestabilan setinggi H kritis dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah dasar untuk menahan beban

penimbunan pada tahap ke-7 atau setinggi 3.5 m. Analisa yang dilakukan adalah berdasarkan keruntuhan puncture dan keruntuhan rotasional yang dilakukan dengan program bantu Geostudio Slope/W. Hasil analisa kestabilan timbunan setinggi 3,5 m berdasarkan keruntuhan puncture dan rotasional dapat dilihat pada **Tabel 5.16**

Tabel 5.16 Nilai Daya dukung pada tiap lapisan tanah .

Minggu ke	Cu baru (t/m2)	SF		Keterangan
		puncture	Rotasional	
6	1,22833	0,9751	1.047	Tidak memenuhi SF minimum
7	1,2457	0,9889	1053	
8	1,21397	0,9978	1.41	

(sumber : Hasil Analisa)

Pada tabel diatas dapat disimpukan bahwa nilai SF akibat penundaan penimbunan sampai minggu ke-8 masih belum memenuhi SF rencana, maka agar penimbunan dapat dilakukan secara terus menerus dilakukan perkuatan timbunan dengan geotextile dan micropile.

5.8.2 Stabilitas akibat Kenaikan Daya Dukung setinggi H pelaksanaan

Dalam tugas akhir ini, analisis stabilitas lereng dilakukan dengan kondisi muka air tanah rendah dan muka air tanah tinggi. Maksud dari muka air tanah tinggi adalah keadaan bila timbunan tanah dalam kondisi jenuh akibat naiknya muka air tanah atau karena air hujan yang masuk memenuhi timbunan. Analisis stabilitas lereng dibantu dengan menggunakan program Geostudio 2007 Slope/W dengan melakukan 10 percobaan sehingga didapatkan 10 hasil analisa yang mempunyai selisih momen penahan (ΔMr) dan nilai safety factor yang bervariasi. Selisih momen penahan (ΔMr) ini dipakai untuk merencanakan kebutuhan perkuatan geotextile yang dibutuhkan.

Perencanaan yang digunakan adalah analisa yang menghasilkan kebutuhan geotexile yang paling banyak diantara 10 kondisi safety factor tersebut.

Output dari program Geostudio 2007 slope/W pada kondisi muka air tanah rendah dapat dilihat pada **Tabel 5.17** dan pada kondisi muka air tinggi dapat dilihat pada **Tabel 5.18**.

Tabel 5.17 Output program Geoslope kondisi MAT rendah

Metode : Bishop						
Parameter	SF	Mr (kNm)	Md (kNm)	X	Y	R (m)
1	0.6767	14522	21459	19.74	32.04	24.04
2	0.6711	13995	20854	20.65	31.40	23.41
3	0.6738	13709	20344	21.38	31.22	23.11
4	0.6722	13130	19534	20.20	31.18	22.95
5	0.6729	13562	20155	19.81	31.22	23.08
6	0.6791	9198.8	13545	20.64	28.12	18.61
7	0.6768	13580	20064	19.10	31.33	23.16
8	0.6727	13093	19464	19.94	30.90	22.63
9	0.6755	10886	16116	20.71	29.39	20.42
10	0.6726	13914	20688	19.68	31.43	23.40

(sumber : Hasil Analisa)

Tabel 5.18 Output program Geoslope kondisi MAT tinggi

Metode : Bishop						
Parameter	SF	Mr (kNm)	Md (kNm)	X	Y	R (m)
1	0.5915	5400.7	9131.2	20.73	25.73	15.10
2	0.5959	7295.8	12244	21.55	27.55	17.67
3	0.5915	5395.6	9122.1	20.69	25.74	15.11
4	0.5927	8291.1	13988	20.46	28.37	18.93

Metode : Bishop						
Parameter	SF	Mr (kNm)	Md (kNm)	X	Y	R (m)
5	0.5918	7147	12076	20.27	27.43	17.54
6	0.6013	12201	20292	19.58	31.57	23.34
7	0.5919	6281.5	10613	20.35	26.72	16.43
8	0.5913	6106	10326	20.42	26.48	16.15
9	0.5947	9124.4	15343	19.82	29.08	19.95
10	0.6022	12924	21459	19.47	32.04	24.04

(sumber : Hasil Analisa)

5.9 Perencanaan Perkuatan Lereng Timbunan

Perkuatan lereng timbunan direncanakan untuk menjaga stabilitas timbunan diatas tanah lunak agar tidak mengalami kelongsoran. Perkuatan lereng ini juga dilakukan agar proses penimbunan bertahap dapat dilakukan secara terus menerus/ tidak dilakukan penundaan.

Perencanaan perkuatan lereng timbunan dilakukan berdasarkan Analisa stabilitas lereng saat tinggi timbunan setinggi tinggi timbunan pelaksanaan.

5.9.1 Perkuatan Timbunan dengan Geotextile

Dalam tugas akhir ini akan direncanakan perkuatan dengan Geotextile Woven Mirafi PP Geosinindo dengan kuat tarik 100KN/m. Berikut adalah contoh perhitungan mencari kebutuhan jumlah geotextile:

Data Geotextile

- Jenis Geotextile : Mirafi PP
- Tegangan ultimate (Tult) : 100 KN/m

Faktor Keamanan Perencanaan

- SF Rencana : 1.5
- Faktor kemanaan instalasi : 1.1
- Faktor keamanan rangkak : 2
- Faktor kemanan kimiawi : 1.1
- Faktor keamanan biologi : 1.1

Jarak vertikal pemasangan geotextile (Sv) : 0.25

Data geometrik timbunan

- Tinggi timbunan (Hi) : 6.14
- Kemiringan slope :1 : 2
- Koordinat sb.Y dasar timbunan (yz) : 15.50
- Koordinat sb.Y pemasangan geotextile ke-1 : 16.70
- Berat volume tanah ($\gamma_{timbunan}$) : 18.5 KN/m^3
- Sudut geser dalam (ϕ) : 30 °
- Kohesi tanah (C) : 0

1. Kebutuhan jumlah geotextile

Dengan nilai safety factor 1.5 , maka besarnya selisih momen penahan (ΔMr) yang terjadi adalah :

$M_{res\,2} = SF_{rencana}\ x\ M_d$

= 1.50 x 21459.00

= 32188.50 KNm

$\Delta M_r = M_{res\,2} - M_{res}$

= 32188.50 – 12924.00

= 139264.50 KNm

Kekuatan geotextile yang tersedia (T_{allow}) adalah :

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{ID}\ x\ FS_{CR}\ xFS_{CD}\ x\ FS_{BD}}$$

$$= \frac{100}{1.1\ x\ 2\ x1.1\ x\ 1.1}$$

= 37.57 KN/m

Pemasangan geotextile lapis pertama dilakukan tepat di atas sand blanket , sehingga jarak vertikal antara pemasangan geotextile dan pusat kelongsoran adalah :

$T_1 = yo - yz$

$= 32.04 - 16.70$

$= 15.34$

$M_{geotextile\ 1} = T_{allow}\ x\ T_1$

$= 37.57 \text{ x } 15.34$

$= 576.145 \text{ KNm}$

Nilai momen geotextile terpasang pada lapis pertama masih belum memenuhi kebutuhan dari selisih momen penahan (ΔMr), sehingga perlu dilakukan pemasangan geotextile lapis kedua. Lapisan geotextile diletakan di atas lapis sebelumnya dengan jarak vertical (Sv) = 0.25 m.

Besaran momen pada geotextile lapis kedua adalah:

$T_2 = T_1 - Sv$

$= 15.34 - 0.25$

$= 15.09$

$M_{geotextile\ 2} = T_{allow}\ x\ T_2$

$= 37.57 \text{ x } 15.09$

$= 566.754 \text{ KNm}$

Dengan dipasang geotextile lapis kedua , maka jumlah momen yang bekerja pada geotextile adalah:

$$\sum M_{geotextile} = M_{geotextile\,1} + M_{geotextile\,2}$$

= 576.145 + 566.7543

= 1142.9001 KNm

$$\sum M_{geotextile} = 1142.9001 < \Delta M_R$$

= 1142.9001 KNm < 19264.50 KNm

Karena Jumlah momen yang bekerja masih belum memenuhi kebutuhan dari selisih momen penahan (ΔMr), maka dilakukan pemasangan geotextile lapis berikutnya sampai selisih momen penahan (ΔMr) terpenuhi. Pemasangan geotextile bisa dilakukan dengan cara dirangkap bila tinggi timbunan terbatas. Perhitungan kebutuhan lapisan geotextile dapat dilihat pada **Tabel 5.19**

Tabel 5.19 Perhitungan perkuatan geotextile

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	Sisa timbunan	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	15.34	4.93	576.1458	4	2304.5830	Tidak Memenuhi
2		15.09	4.68	566.7543	3	4004.8460	Tidak Memenuhi
3		14.84	4.43	557.3629	3	5676.9346	Tidak Memenuhi
4		14.59	4.18	547.9715	3	7320.8490	Tidak Memenuhi
5		14.34	3.93	538.5800	3	8936.5890	Tidak Memenuhi
6		14.09	3.68	529.1886	3	10524.1548	Tidak Memenuhi
7		13.84	3.43	519.7971	3	12083.5462	Tidak Memenuhi
8		13.59	3.18	510.4057	3	13614.7633	Tidak Memenuhi
9		13.34	2.93	501.0143	3	15117.8062	Tidak Memenuhi
10		13.09	2.68	491.6228	3	16592.6747	Tidak Memenuhi
11		12.84	2.43	482.2314	3	18039.3689	Tidak Memenuhi
12		12.59	2.18	472.8400	3	19457.8888	Memenuhi

(sumber : Hasil Analisa)

Dari tabel di atas didapatkan jumlah kebutuhan geotextile yang dibutuhkan untuk menahan longsor dengan SF rencana 1.50 adalah sebanyak 37 lapis dengan jarak pemasangan (Sv) = 0.25 m.

Perhitungan jumlah kebutuhan geotextile dilakukan dengan cara yang sama untuk kondisi yang lainnya. Hasil

perhitungan kebutuhan geotextile untuk setiap kondisi dapat dilihat pada **Tabel 5.20**

Tabel 5.20 Jumlah Kebutuhan perkuatan geotextile

No.	Kondisi	SF	ΔMr (KNm)	Jumlah perkuatan geotextile
1	MAT rendah	0.6767	17286.00	35
2		0.6711	16807.00	34
3		0.6738	16171.00	33
4		0.6722	16670.50	34
5		0.6729	11118.70	30
6		0.6791	16516.00	33
7		0.6768	16103.00	34
8		0.6727	13288.00	31
9		0.6755	17118.00	34
10		0.6726	17666.50	34
11	MAT tinggi	0.6022	8296.1	29
12		0.5915	11070.2	33
13		0.5959	8287.55	29
14		0.5915	12690.9	33
15		0.5927	10967	32
16		0.5918	18237	36
17		0.6013	9638	30
18		0.5919	9383	30
19		0.5913	13890.1	34
20		0.5947	19264.5	37

(sumber : Hasil Analisa)

2. Kebutuhan panjang geotextile

Berikut adalah contoh perhitungan panjang geotextile pada lapisan pertama :

- Panjang geotextile di belakang bidang longsor (Le)

  Tegangan vertikal (σ_v)

  $\sigma_v = \gamma_{timbunan}$ x Hi

  = 1.85 x 4.93

  = 9.128 t/m^2

  Tegangan geser antara tanah timbunan dan *geotextile* (τ_1)

  $\tau_1 = Cu_1 + \sigma_v \, tan \, \phi$

  $= 0 + 9.128 \tan(30)$

  = 5.2703 t/m^2

  Tegangan geser antara tanah dasar dan *geotextile* (τ_2)

  $\tau_2 = Cu_2 + \sigma_v \, tan \, \delta_2$

  $= 1.41096 + 9.128 \tan(0)$

  = 1.411 t/m^2

  Maka kebutuhan panjang geotextile di belakang bidang longsor adalah

  $$L_e = \frac{T_{allow} \, x \, SF}{(\tau_1 + \tau_2) \, x \, E}$$

  $$= \frac{3.76 \; x \; 1.5}{(\; 5.27 \; + \; 1.411 \;) \, x \, 0.8}$$

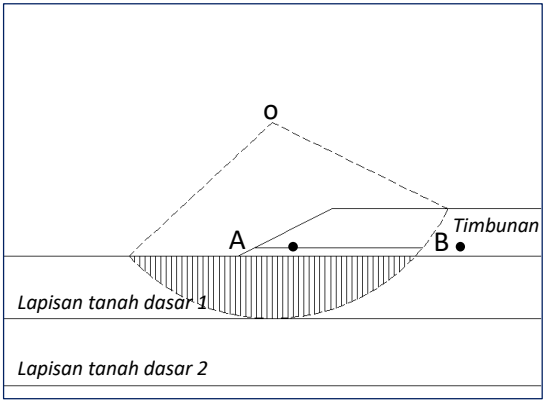
  $= 1.05 \approx 1.1$ m

  Kebutuhan panjang geotextile di belakang bidang longsor (Le) pada lapis pertama adalah 1.1 m.

- Panjang geotextile di belakang depan longsor (L_d)

  Perhitungan kebutuhan panjang geotextile di depan bidang longsor memerlukan data berupa koordinat bidang kelongsoran dan koordinat tepi timbunan yang diperoleh dari program bantu gambar (AutoCad). Sketsa

bidang longsor pada lereng timbunan dapat dilihat pada **Gambar 5.10**.



Gambar 5.10 Sketsa Bidang Longsor
(sumber : Hasil Pemodelan)

Dari gambar tersebut didapatkan koordinat titik A (tepi lereng timbunan) dan titik B (bidang kelongsoran) sebagai berikut.

Titik A = 17.40
Titik B = 37.97
Ld = Koord. Titik B – Koord. Titik A
= 37.97– 17.40
= 20.57 m

Kebutuhan panjang geotextile di depan bidang longsor (Ld) pada lapis pertama adalah 20.57 m.

- Panjang lipatan geotextile (L_o)
  Lo = ½ Le = 0.55 m

  Dikarenakan panjang geotextile (L_o) < 1 meter, maka panjang Lo yang digunakan yaitu sepanjang $Lo_{minimum}$ = 1.0 m

Maka total kebutuhan panjang geotextile untuk lapis pertama adalah :

L_{total} = Le + Ld + Lo + Sv

= 1.1 + 20.57 + 1 + 0.25

= 22.67 m

Perhitungan panjang kebutuhan geotextile untuk lapisan berikutnya dilakukan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan kebutuhan panjang kebutuhan geotextile dapat dilihat pada **Lampiran 2.**

5.9.2 Perkuatan Timbunan dengan Micropile

Data spesifikasi *micropile*

Jenis micropile		=	Circle Spun Pile	
Type micopile		=	D-300. Kelas C	
Produksi		=	PT. Wika Beton	
Diameter	(D)	=	300	mm
Radius	(r)	=	150	mm
Mutu beton	(fc')	=	52	Mpa
Selimut beton (Cover)	(t)	=	60	mm
Momen Crack	(Mcr)	=	4	ton-m
Momen *ultimate*	(Mu)	=	8	ton-m
Panjang tiang	(L)	=	13.5	m

Data perencanaan				
Safety factor rencana	(SF)	=	1.50	
Jarak spasi *micropile*	(S)	=	3.3.D	
		=	1	m
Data Geometri				
Ordinat tanah dasar	(Yz)	=	15.50	

Hasil bacaaan program

Safety factor	(SF)	=	0.7273	
Ordinat titik pusat	(Xo)	=	19.47	
	(Yo)	=	32.04	
Radius bidang longsor	(Ro)	=	24.04	m

Diameter dalam *micropile* (d1)

d1 = D – (2 x t)

= 300 – (2 x 60)

= 180 mm

Radius dalam micropile (Rd_1)

$Rd_1 = \frac{d1}{2}$

= 180/2

= 90 mm

Inersia penampang (I)

$$I = \frac{\pi\,(D^4 - d1^4)}{64}$$

$$= \frac{\pi\,(30^4 - 18^4)}{64}$$

= 34607.78 cm^4

Modulus Elastisitas beton (E)

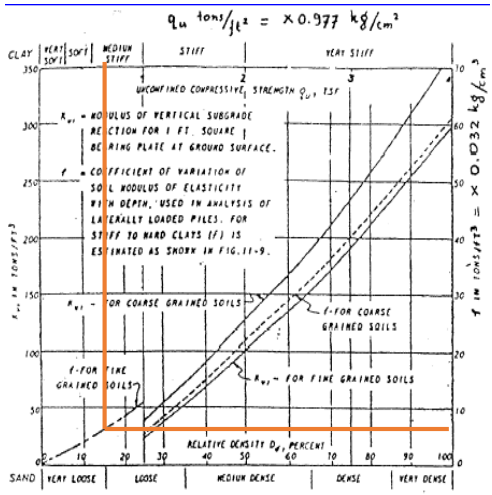
E = 4700 x $\sqrt{f'c}$

= 4700 x $\sqrt{52\ mpa}$

= 338921.8 kg/cm^2

Faktor kekuatan relatif (T)

Faktor kekuatan relatif (T) dihitung berdasarkan harga f yang didapat dengan menggunakan grafik pada **Gambar 5.11**



Gambar 5.11 Grafik penentuan nilai f

(sumber : NAVFAC DM-7 1971*)*

Pada kasus ini konsistensi tanah dimana tiang ditanam yaitu pada tanah lempung medium, sehingga didapatkan nilai f = 5 tons/ft^3 atau 0.16 kg/cm^3. Maka besarnya faktor kekuatan relatif (T) adalah :

$$T = \left(\frac{E\ I}{f}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= \left(\frac{338921.8\ x\ 34607.78}{0.16}\right)^{\frac{1}{5}}$$

$= 148.95\ cm$

Kebutuhan panjang *micropile* Panjang *micropile* di atas bidang longsor (La)

$La = Yz - (Yo - Ro)$

$= 15.50 - (32.04 - 24.04)$

= 7.5 m

Panjang micropile di bawah bidang longsor (Lb)

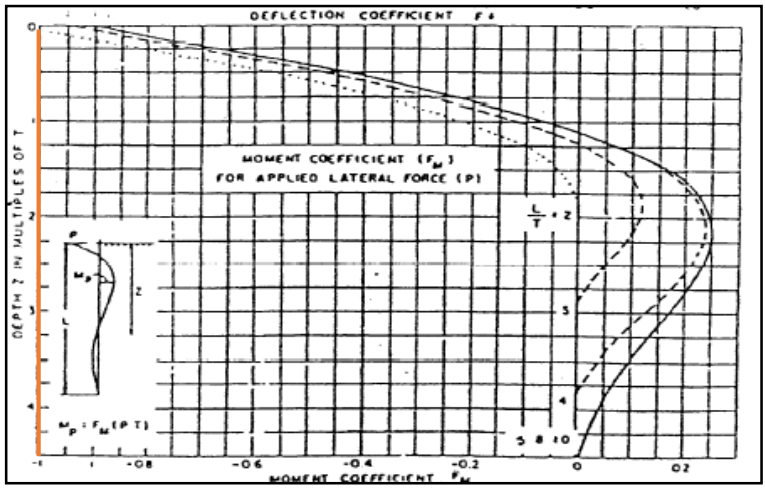
$Lb = L - La$

$= 13.5 - 7.5$

$= 6$ m

Koefisien momen akibat gaya lateral P (F_M)

Harga FM ditentukan dengan menggunakan **Gambar 5.12** (dari Design Manual , NAVFAC DM-7 1971) berdasarkan perbandingan antara panjang cerucuk yang tertahan di bawah bidang longsor (Lb) dan faktor kekakuan rekatif (T) pada kedalaman gaya lateral yang bekerja (z). Tiang/micropile yang direncanakan bersifat kaku maka gaya lateral yang bekerja diasumsikan berada pada bagian teratas tiang sehingga nilai z = 0.



Gambar 5.12 Grafik penentuan nilai FM
(sumber : NAVFAC DM-7 1971*)*

Berdasarkan **Gambar 5.12** maka didapatkan harga koefisien momen akibat gaya lateral (Fm) adalah sebesar 1.0

Gaya maksimum yang dapat ditahan 1 micropile (P_{max})

Besarnya gaya maksimum yang mampu ditahan 1 micropile ditentukan oleh besarnya momen lentur yang bekerja (Mp) dan faktor koreksi gabungan (Fkg) seperti koreksi ratio tancap (Yt), koreksi ratio spasi (Ys), koreksi ratio diameter (Yd) dan koreksi ratio jumlah micropile (Yn.) Berikut adalah faktor koreksi yang menentukan :

a. Koreksi ratio tancap (Yt)

$$Xt = \frac{Lb}{D} = \frac{6}{0.3} = 19.99$$

Karena 5 < Xt < 20 , maka

Yt = 0.1 (Xt) – 0.35

= 0.1 (19.99)-0.35

= 1.65

b. Koreksi ratio spasi (Ys)

Spasi pemasanga micropile yang digunakan adalah sebesar 3D = 3.33 (0.3) = 1 m

$$Xs = \frac{S}{D} = \frac{1}{0.3} = 3.33$$

Maka faktor koreksi ratio spasi (Ys) adalah

$$Ys = -0.057\,(Xs)^2 + 0.614(Xs) - 0.658$$

$$= -0.057\,(3.3)^2 + 0.614(3.3) - 0.658$$

$$= 0.76$$

c. Koreksi ratio diameter (Yd)

$$Xd = \frac{D}{T} = \frac{0.3}{148.95} = 0.2$$

Karena Xd > 0.12 , maka nilai faktor koreksi ratio diameter (Yd) yang digunakan adalah 2

d. Koreksi ratio jumlah micropile (Yn)

Koreksi *ratio* jumlah *micropile* (Yn) ditentukan oleh Jumlah *miropile* (Xn). Nilai Xn didapat melalui asumsi awal jumlah *micropile* yang dibutuhkan sehingga dengan asumsi awal dapat ditentukan kebutuhan *micropile* hasil

perhitungan. Nilai koreksi (Yn) didapatkan dengan ketentuan, yaitu :
Jika Xn = 1, maka Yn = 1
Jika 1 < Xn, maka Yn = 1.051 – 0.047 (Xn)
Berikut contoh perhitungan koreksi ratio micropile (Yn) untuk asumsi 2 buah cerucuk.
Yn = 1.051 – 0.047 (Xn)
= 1.051 – 0.047 (2)
= 0.96

maka nilai koreksi faktor gabungan (Fkg) dengan asumsi awal (Xn) sebanyak 2 buah adalah

Fkg = 2.30 x Yt x Ys x Yd x Yn

= 2.30 x 1.65 x 0.76 x 2 x 0.96

= 5.48

Kemudian untuk gaya maksimum yang dapat ditahan satu buah micropile adalah :

$$P = \left(\frac{Mp}{Fm\ x\ T}\right) Fkg$$

$$= \left(\frac{4}{1\ x\ 14.89}\right) x\ 5.48$$

$$= 14.73\ ton$$

Jumlah kebutuhan micropile hitung (n)

Jumlah kebutuhan micropile hitung untuk asumsi awal 2 buah micropile adalah

$$n = \frac{\Delta Mr}{P_{maks} x R}$$

$$= \frac{1926.45}{14.73\ x\ 23.16} = 5.44\ buah$$

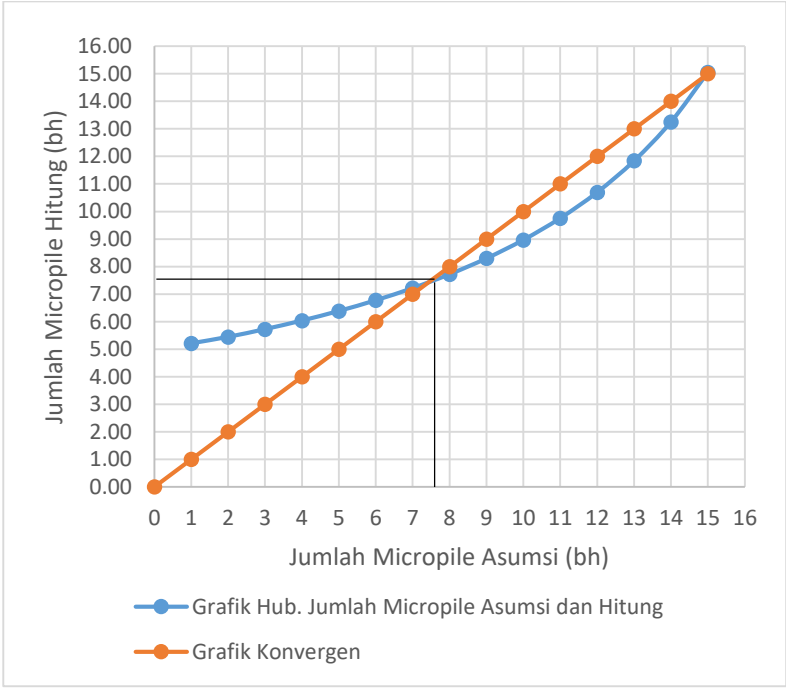
Dengan cara yang sama, dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan micropile hitung dengan asumsi awal micropile (Xn) 1, 2, 3, 4, 5 dst. Hasil perhitungan jumlah kebutuhan micropile hitung dapat diliat pada **Tabel 5.21**

Tabel 5.21 Perhitungan jumlah micropile

Xn asumsi	Yn	Fkg	Pmax*Fkg	n hitung
				ΔMr/(Pmax*Ro)
buah			ton	buah
1	1.00	5.73	15.39	5.21
2	0.96	5.48	14.73	5.44
3	0.91	5.21	14.00	5.72
4	0.86	4.94	13.28	6.03
5	0.82	4.68	12.56	6.38
6	0.77	4.41	11.83	6.77
7	0.72	4.14	11.11	7.21
8	0.68	3.87	10.39	7.72
9	0.63	3.60	9.66	8.29
10	0.58	3.33	8.94	8.96
11	0.53	3.06	8.22	9.75
12	0.49	2.79	7.49	10.69
13	0.44	2.52	6.77	11.84
14	0.39	2.25	6.05	13.25
15	0.35	1.98	5.32	15.05

(sumber : Hasil Analisa)

Dari hasil perhitungan kebutuhan micropile, dibuat grafik hubungan antara asumsi jumlah micropile (Xn) dan jumlah kebutuhan micropile hitung (n). Kemudian plotkan juga grafik konvergen dari kebutuhan micropile sehingga membentuk garis perpotongan dengan kurva Xn vs n untuk mencari kebutuhan jumlah micropile yang dipakai (n_{pakai}) Grafik penentuan jumlah micropile yang dipakai (n_{pakai}) dapat dilihat pada **Gambar 5.13**



Gambar 5.13 Grafik penentuan jumlah kebutuhan micropile
(sumber : Hasil Analisa)

Berdasarkan **Gambar 5.13** maka didapatkan jumlah micropile yang dipakai (n_{pakai}) = 8 buah dengan jarak pemasangan (spasi) 1 m dan diameter 300 mm.

5.9.3 Perkuatan Timbunan dengan Geotextile kombinasi Micropile

Alternatif lain yang direncanakan adalah dilakukan kombinasi perkuatan geotextile dan micropile. Bahan Geotextile yang digunakan adalah jenis Woven Mirafi PP dari Geosinindo dengan kuat tarik 100KN/m dan Micropile tipe Spun Pile dari Wika Beton diameter 300 mm.

Perhitungan dilakukan berdasarkan hasil output Geoslope telah didapatkan yaitu :

$M_{res\,2} = SF_{rencana}\ x\ M_d$

= 1.50 x 21459.00

= 32188.50 KNm

$\Delta M_r = M_{res\,2} - M_{res}$

= 32188.50 – 12924.00

= 19264.50 KNm

Nilai ΔM_r yang digunakan untuk merencanakan geotextile adalah sebesar momen yang dihasilkan dari pemasangan lapisan geotextile setinggi timbunan dengan jarak pemasangan (Sv) = 0.25 m dengan cara tidak dirangkap, sehingga akan menyisakan nilai ΔM_r yang akan digunakan untuk merencanakan geotextile. Perhitungan kebutuhan geotextile dapat dilihat pada **Tabel 5.22**

Tabel 5.22 Perhitungan geotextile

Lapisan geotextile	kuat tarik all geotextile (KNm')	Jarak Titik pusat longsor dengan geotextile	Momen penahan yang dihasilkan geotextile
1	37.57	15.34	576.1458
2	37.57	15.09	566.7543
3	37.57	14.84	557.3629
4	37.57	14.59	547.9715
5	37.57	14.34	538.5800
6	37.57	14.09	529.1886
7	37.57	13.84	519.7971
8	37.57	13.59	510.4057
9	37.57	13.34	501.0143
10	37.57	13.09	491.6228
11	37.57	12.84	482.2314
12	37.57	12.59	472.8400

(sumber : Hasil Analisa)

$\Delta M_r sisa = \Delta M_r - Mres\ kumulatif\ geotextile$

$= 19264.50 - 6293.9144$

= 12970.59 KNm = 1297.06 Ton m

Berdasarkan analisa perhitungan pada **Tabel 5.22** didapatkan sisa ΔM_r sebesar 9052.94 KNm. Maka perhitungan kebutuhan jumlah micropile dihitung dengan data sebagai berikut:

Diameter dalam *micropile* (d1) : 180 mm

Radius dalam micropile (Rd_1) : 90 mm

Inersia penampang (I) : 34607.78 cm^4

Modulus Elastisitas beton (E) : 338921.8 kg/cm^2

Faktor kekuatan relatif (T) :148.95 cm

Kebutuhan panjang *micropile* Panjang *micropile* di atas bidang longsor (La)

$$La = Yz - (Yo - Ro)$$

$$= 15.50 - (32.04 - 24.04)$$

= 7.50 m

Panjang micropile di bawah bidang longsor (Lb)

$$Lb = L - La$$

$$= 13.5 - 7.5$$

$$= 6 \text{ m}$$

Koefisien momen akibat gaya lateral P (F_M) :1.0

Gaya maksimum yang dapat ditahan 1 micropile (P_{max})

a) Koreksi ratio tancap (Yt)

$$Xt = \frac{Lb}{D} = \frac{6}{0.3} = 19.99$$

Karena 5 < Xt < 20 , maka

Yt = 0.1 (Xt) – 0.35

= 0.1 (19.99)-0.35

= 1.65

e. Koreksi ratio spasi (Ys)

Spasi pemasanga micropile yang digunakan adalah sebesar 3D = 3.3 (0.3) = 1 m

$$Xs = \frac{S}{D} = \frac{1}{0.3} = 3.33$$

Maka faktor koreksi ratio spasi (Ys) adalah

$$Ys = -0.057\,(Xs)^2 + 0.614(Xs) - 0.658$$

$$= -0.057\,(3.3)^2 + 0.614(3.3) - 0.658$$

$$= 0.76$$

f. Koreksi ratio diameter (Yd)

$$Xd = \frac{D}{T} = \frac{0.3}{148.95} = 0.2$$

Karena Xd > 0.12 , maka nilai faktor koreksi ratio diameter (Yd) yang digunakan adalah 2

g. Koreksi ratio jumlah micropile (Yn)

Asumsi jumlah micropile = 1

maka Xn = 1 dan Yn = 1

maka nilai koreksi faktor gabungan (Fkg) dengan asumsi awal (Xn) sebanyak 1 buah adalah

Fkg = 2.30 x Yt x Ys x Yd x Yn

= 2.30 x 1.65 x 0.76 x 2 x 1

= 5.73

Kemudian untuk gaya maksimum yang dapat ditahan satu buah micropile adalah :

$$P = \left(\frac{Mp}{Fm\ x\ T}\right) Fkg$$

$$= \left(\frac{4}{1\ x\ 14.89}\right) x\ 5.73$$

$$= 15.39\ ton$$

Jumlah kebutuhan micropile hitung (n)

$$n = \frac{\Delta Mr}{P_{maks} x R}$$

$$= \frac{1297.06}{15.39\ x\ 24.04} = 3.51\ buah$$

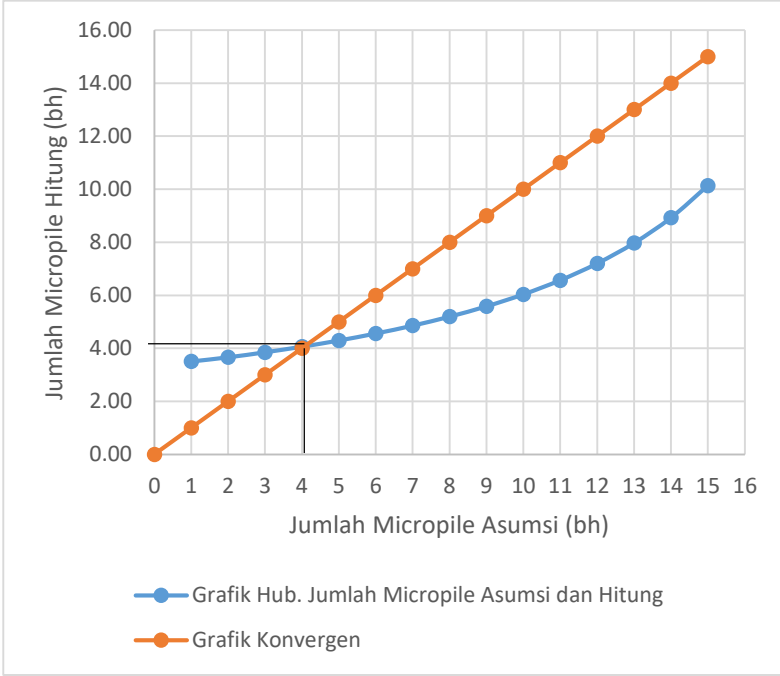
Dengan cara yang sama, dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan micropile hitung dengan asumsi awal micropile (Xn) 1, 2, 3, 4, 5 dst. Hasil perhitungan jumlah kebutuhan micropile hitung dapat diliat pada **Tabel 5.21**

Tabel 5.23 Perhitungan jumlah micropile

Xn asumsi	Yn	Fkg	Pmax*Fkg	n hitung
				ΔMr/(Pmax*Ro)
buah			ton	buah
1	1.00	5.73	15.39	3.51
2	0.96	5.48	14.73	3.66
3	0.91	5.21	14.00	3.85
4	0.86	4.94	13.28	4.06
5	0.82	4.68	12.56	4.30
6	0.77	4.41	11.83	4.56
7	0.72	4.14	11.11	4.86
8	0.68	3.87	10.39	5.19
9	0.63	3.60	9.66	5.58
10	0.58	3.33	8.94	6.04
11	0.53	3.06	8.22	6.57

Xn asumsi	Yn	Fkg	Pmax*Fkg	n hitung ΔMr/(Pmax*Ro)
buah			ton	buah
12	0.49	2.79	7.49	7.20
13	0.44	2.52	6.77	7.97
14	0.39	2.25	6.05	8.92
15	0.35	1.98	5.32	10.13

(sumber : Hasil Analisa)



Gambar 5.14 Grafik penentuan jumlah kebutuhan micropile
(sumber : Hasil Analisa)

Berdasarkan **Gambar 5.14** maka didapatkan jumlah micropile yang dipakai (n_{pakai}) = 5 buah dengan jarak pemasangan (spasi) 1 m dan diameter 300 mm.

5.10 Perhitungan Biaya material Perkuatan

Analisa perhitungan biaya dilakukan berdasarkan harga material dengan volume pekerjaan pada area seluas ±6 pada area timbunan. Total biaya yang diperlukan dari ke-3 alternatif desain adalah:

Tabel 5.24 Alternatif perkuatan

Alternatif	Perkuatan yang digunakan	
	geotextile	Micropile
1	√	-
2	-	√
3	√	√

(sumber : Hasil Analisa)

Tabel 5.25 Perhitungan biaya material

Alternatif	Kebutuhan geotextile (m^2)	Kebutuhan micropile (m')	Total Biaya
1	803420.256	-	Rp32.136.810.240
2	-	111456	Rp.36.223.200.000
3	251.946	69660	Rp33.039.830.880

(sumber : Hasil Analisa)

Keterangan:

Harga geotextile / m^2 = Rp. 40.000

Harga micropile / $m^{'}$ = Rp. 325.000

Perhitungan biaya material PVD dihitung berdasarkan jumlah titik pemasangan pada area perbaikan tanah yaitu sejumlah 40596 titik dengan panjang PVD 15.5 meter tiap titik pemasangan sehingga didapatkan kebutuhan material sejumlah 629238 meter. Sementara material PHD dihitung berdasarkan jumlah PHD terpasang pada tiap alur yang dilewati titik PVD dengann kebutuhan material sejumlah 574 meter.

Tabel 5.26 Perhitungan biaya material PVD dan PHD

Material	Kebutuhan material (m)	Harga material (m)	Total Biaya
PVD	629 238	Rp.3 500	Rp2.202.333.000
PHD	574	Rp.117.000	Rp.4.539.600.000

(sumber : Hasil Analisa)

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI
KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan diperoleh tinggi timbunan pelaksanaan sebesar 6.14 meter dengan besarnya penurunan yang terjadi sebesar 1.48 meter.
2. Berdasarkan hasil analisa pemampatan akhir pada 7 titik data Settlement plate dengan metode asaoka diketahui bahwa besaran penurunan yang terjadi telah mencapai derajat konsolidasi rata-rata diatas 90%. Berdasarkan analisa perhitungan back calculation untuk harga Cv gabungan lapangan diperoleh sebesar 0.029585 m^2/minggu.
3. Besarnya lama waktu pemampatan yang terjadi tanpa penggunaan PVD adalah selama 1721.61 minggu atau 33.017 tahun.
4. Untuk mencapai waktu pemampatan rencana (20 minggu) maka diperlukan pemasangan PVD pola segitiga dengan jarak 1.1 meter
5. Berdasarakan analisa stabilitas keruntuhan rotasional dengan program bantu geoslope, timbunan pelaksanaan mengalami sliding dengan nilai safety factor dibawah SF rencana (SF=1.50). Maka dilakukan pemasangan perkuatan geotextile tipe woven Mirafi PP dan micropile diameter 30 cm dengan 3 alternatif. Jumlah perkuatan masing-masing alternatif yaitu geotextile sebanyak 37 lapis, micropiles sebanyak 8 buah dan kombinasi geotextile 12 lapis dan micropile 5 buah.

6. Biaya material untuk PVD adalah sebesar Rp.2.202.333.000 , PHD sebesar Rp.4.539.600.000 untuk setiap alternatif perkuatan adalah sebesar Rp. 32.136.810.240 (Alt-1), Rp.36.223.200.000 (Alt-2) dan Rp.33.039.830.880 (Alternatif 3). Berdasarkan faktor keamanan dari masing-masing alternatif, dipilih perkuatan dengan alternatif ke-3 karena perkuatan dengan kombinasi geotextile dan micropile dapat menahan bidang longsor pada timbunan dan tanah dasarnya, juga memerlukan biaya material yang cukup ekonomis dibandingkan alternatif ke-2.

DAFTAR PUSTAKA

Asaoka, Akira. "*Observational Procedure of Settlement Prediction. Soil and Foundations"*. 18(4), 87-101

Biarez J, Favre J.L (1976).Correlation de Parameters en Mecanique de Soils, Ecole Centrale de Paris.

Bowles, Joseph. E. 1988. "*Analisis dan Desain Pondasi*" jilid 1&2. Jakarta : Erlangga.

Bowles, J.E. 1991. "*Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah"*. *Jakarta* : Erlangga.

Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. "*Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknik)*" Jilid I. Jakarta: Erlangga.

Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. "*Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknik)*" Jilid II. Jakarta: Erlangga.

Hausmann, M.R. 1990. "*Engineering Principles of Ground Modification*". McGraw-Hill

Lastiasih,Y. dan Putu tantri K.S. 2015."*Analysis Of Increasing Shear Strength of Soil to Slope Stability After Consolidation Settlement Completed with various method*". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mochtar, Noor Endah 2012. "*Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah. Surabaya*". Institut Teknologi Sepuluh Nopember. : ITS Press.

Nawir, H., Apoji, D., Fatimatuzahro, R., Pamudji, M.D. 2012 . "*Prediksi Penurunan Tanah Menggunaan Prosedur Observasi Asaoka. Jurnal Teknik Sipil*". Volume 19. No 2

NAVFAC DM-7. 1971. "*Soil Mechanics Design Manual*". Virginia : Naval Facilities Engineering Command

Rusdiansyah, Mochtar. 2016."*Studi Peningkatan Tahanan Geser Tanah Kohesif Akibat Adanya Perkuatan Tiang-Tiang Vertikal Berdasarkan Pemodelan Di Laboraturium*". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wahyudi, Herman. 1997. Teknik Reklamasi. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

Wahyudi, Herman. 2013. Daya Dukung Pondasi Dalam . Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

LAMPIRAN I

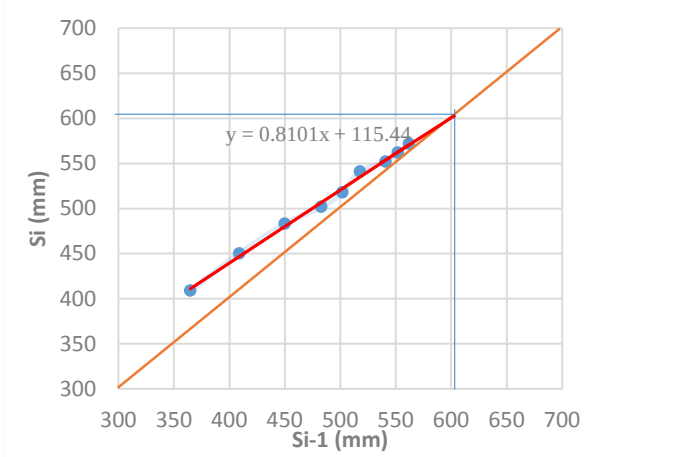
TABEL PERHITUNGAN

A. Back Calculation

1. Penentuan Cv BH-01

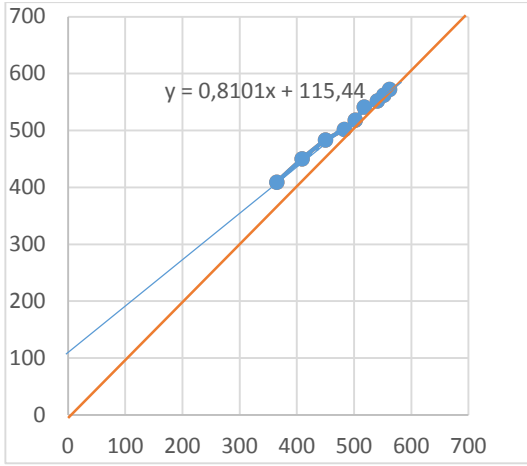
tanggal	Settlement	tanggal	Settlement
	(mm)		(mm)
17-Des-15	0	24-Mar-16	-141
24-Des-15	-6	31-Mar-16	-162
31-Des-15	0	07-Apr-16	-232
07-Jan-16	-9	14-Apr-16	-269
14-Jan-16	-5	21-Apr-16	-365
21-Jan-16	-2	28-Apr-16	-409
28-Jan-16	-3	05-Mei-16	-450
04-Feb-16	-19	12-Mei-16	-483
11-Feb-16	-30	19-Mei-16	-502
18-Feb-16	-40	26-Mei-16	-518
25-Feb-16	-48	02-Jun-16	-541
03-Mar-16	-76	09-Jun-16	-552
10-Mar-16	-121	16-Jun-16	-562
17-Mar-16	-130	23-Jun-16	-572

titik	sb x	sb y
	Si -1 (mm)	Si (mm)
1	365	409
2	409	450
3	450	483
4	483	502
5	502	518
6	518	541
7	541	552
8	552	562
9	562	572



Sc Final = 608 mm ,

U aktual= (572/608)x100% = 94.09%



$$\boldsymbol{\beta_o = 110\ mm}$$

ρf	=	608	mm
β0	=	110	mm
β_1	=	0.819049	
Δ_t	=	1	minngu
de	=	1.05	m
H	=	8.5	m
F(n)	=	2.020778	
Cv	=	0.027676	m2/minggu

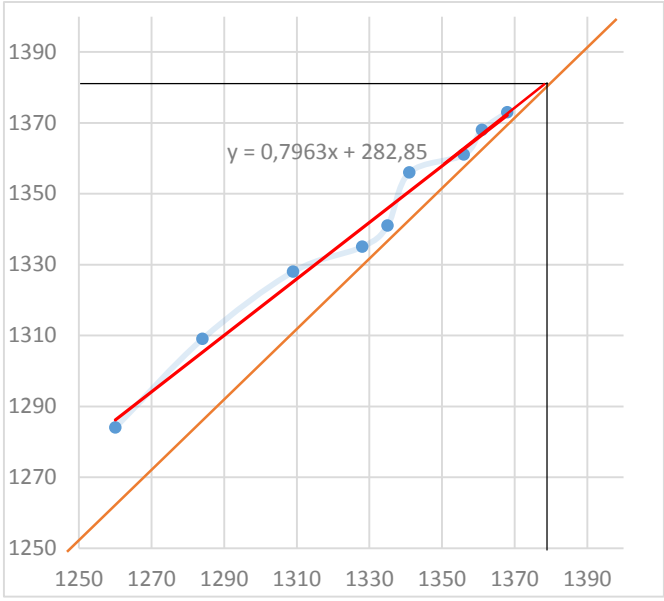
2. Penentuan Cv BH-03

tanggal	Settlement	tanggal	Settlement
	(mm)		(mm)
17-Des-15	0	31-Mar-16	-1124
24-Des-15	-5	07-Apr-16	-1204
31-Des-15	-14	14-Apr-16	-1211
07-Jan-16	-84	21-Apr-16	-1260
14-Jan-16	-400	28-Apr-16	-1284
21-Jan-16	-515	05-Mei-16	-1309
28-Jan-16	-621	12-Mei-16	-1328
04-Feb-16	-731	19-Mei-16	-1335
11-Feb-16	-764	26-Mei-16	-1341
18-Feb-16	-789	02-Jun-16	-1356
25-Feb-16	-801	09-Jun-16	-1361
03-Mar-16	-815	16-Jun-16	-1368
10-Mar-16	-818	23-Jun-16	-1373
17-Mar-16	-831		
24-Mar-16	-857		

titik	sb x	sb y
	Si - 1(mm)	Si(mm)
1	1260	1284
2	1284	1309
3	1309	1328
4	1328	1335
5	1335	1341
6	1341	1356
7	1356	1361

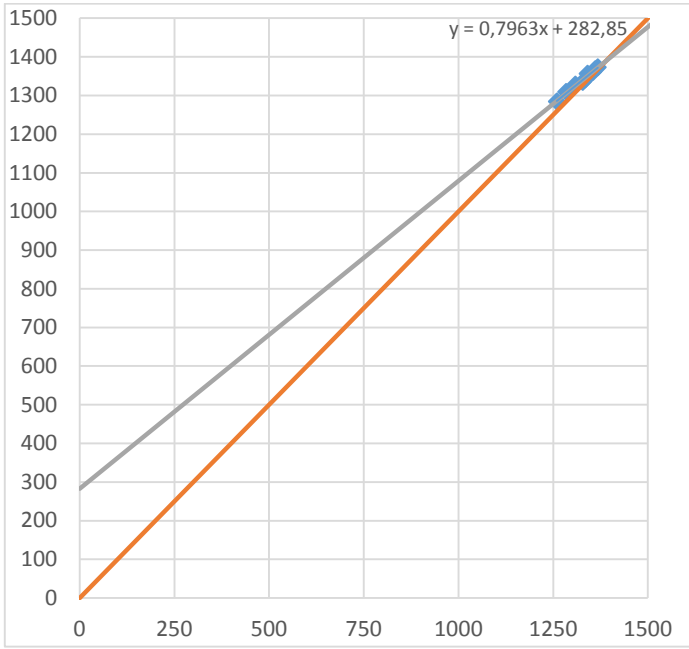
titik	sb x	sb y
	Si - 1(mm)	Si(mm)
8	1361	1368
9	1368	1373

ρf	=	608	mm
β0	=	110	mm
β_1	=	0.819049	
Δ_t	=	1	minngu
de	=	1.05	m
H	=	8.5	m
F(n)	=	2.020778	
Cv	=	0.027676	m2/minggu



Sc Final = 1389 mm ,

U aktual= (1373/1389)x100% = 98.87 %



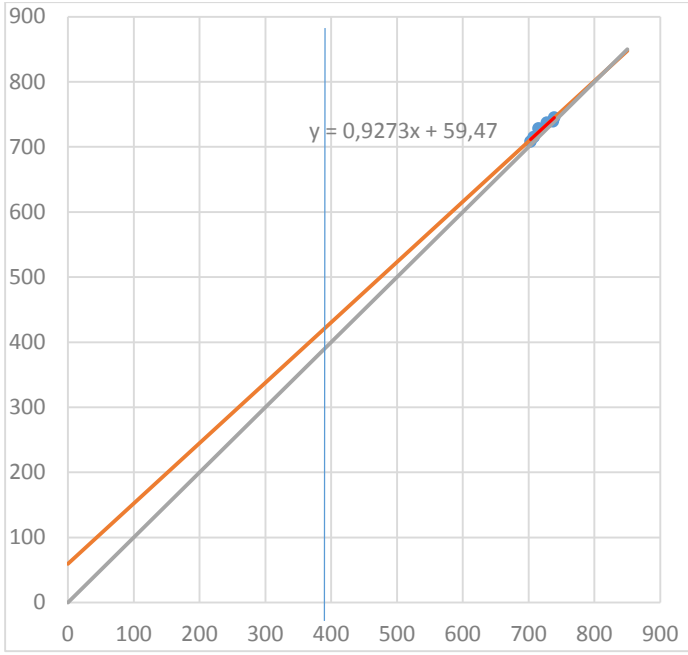
$$\beta_o = 280\ mm$$

ρf	=	1389	mm
β0	=	280	mm
β_1	=	0.798352	
Δ_t	=	1	minngu
de	=	1.05	m
H	=	8.5	m
F(n)	=	2.020778	
Cv	=	0.031225	m2/minggu

3. Penentuan Cv BH-04

tanggal	Settlement	tanggal	Settlement
	(mm)		(mm)
17-Des-15	0	24-Mar-16	-371
24-Des-15	0	31-Mar-16	-390
31-Des-15	4	07-Apr-16	-420
07-Jan-16	-92	14-Apr-16	-497
14-Jan-16	-192	21-Apr-16	-600
21-Jan-16	-231	28-Apr-16	-661
28-Jan-16	-263	05-Mei-16	-685
04-Feb-16	-325	12-Mei-16	-703
11-Feb-16	-342	19-Mei-16	-708
18-Feb-16	-354	26-Mei-16	-715
25-Feb-16	-355	02-Jun-16	-728
03-Mar-16	-364	09-Jun-16	-737
10-Mar-16	-364	16-Jun-16	-739
17-Mar-16	-366	23-Jun-16	-745

titik	sb x	sb y
	Si -1 (mm)	Si (mm)
1	703	708
2	708	715
3	715	728
4	728	737
5	737	739
6	739	745



Sc Final = 818 mm ,

U aktual= (745/818)x100% = 91.073 %

$$\boldsymbol{\beta_o = 260\ mm}$$

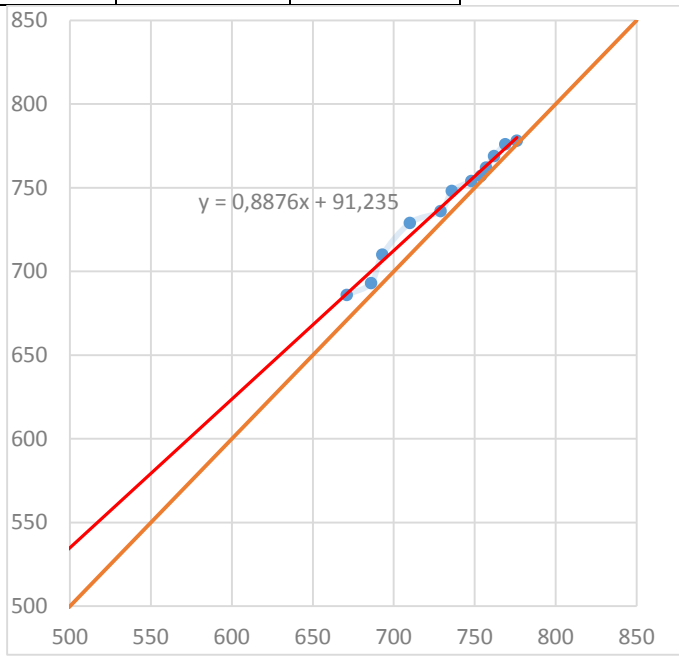
ρf	=	818	mm
β0	=	60	mm
β_1	=	0.926652	
Δ_t	=	1	minngu
de	=	1.05	m
H	=	8.5	m
F(n)	=	2.020778	
Cv	=	0.010566	m2/minggu

4. Penentuan Cv BH-05

tanggal	Settlement	tanggal	Settlement
	(mm)		(mm)
17-Des-15	0	24-Mar-16	-629
24-Des-15	-89	31-Mar-16	-671
31-Des-15	-131	07-Apr-16	-686
07-Jan-16	-137	14-Apr-16	-693
14-Jan-16	-151	21-Apr-16	-710
21-Jan-16	-164	28-Apr-16	-729
28-Jan-16	-214	05-Mei-16	-736
04-Feb-16	-243	12-Mei-16	-748
11-Feb-16	-271	19-Mei-16	-754
18-Feb-16	-284	26-Mei-16	-757
25-Feb-16	-290	02-Jun-16	-762
03-Mar-16	-339	09-Jun-16	-769
10-Mar-16	-490	16-Jun-16	-776
17-Mar-16	-584	23-Jun-16	-778

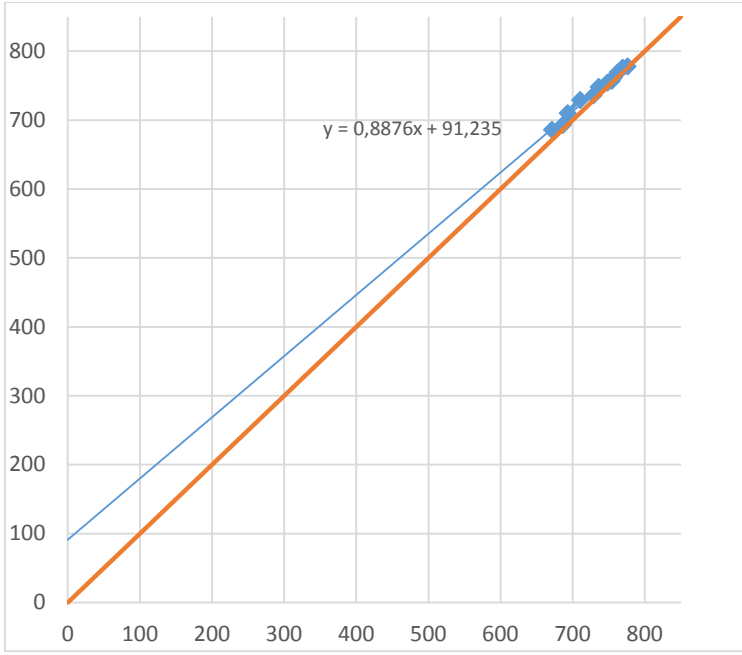
titik	sb x	sb y
	Si-1 (mm)	Si (mm)
1	671	686
2	686	693
3	693	710
4	710	729
5	729	736
6	736	748
7	748	754

titik	sb x	sb y
	Si-1 (mm)	Si (mm)
8	754	757
9	757	762
10	762	769
11	769	776
12	776	778



Sc Final = 812 mm ,

U aktual= (778/812)x100% = 95.84 %



$$\boldsymbol{\beta_o = 95\ mm}$$

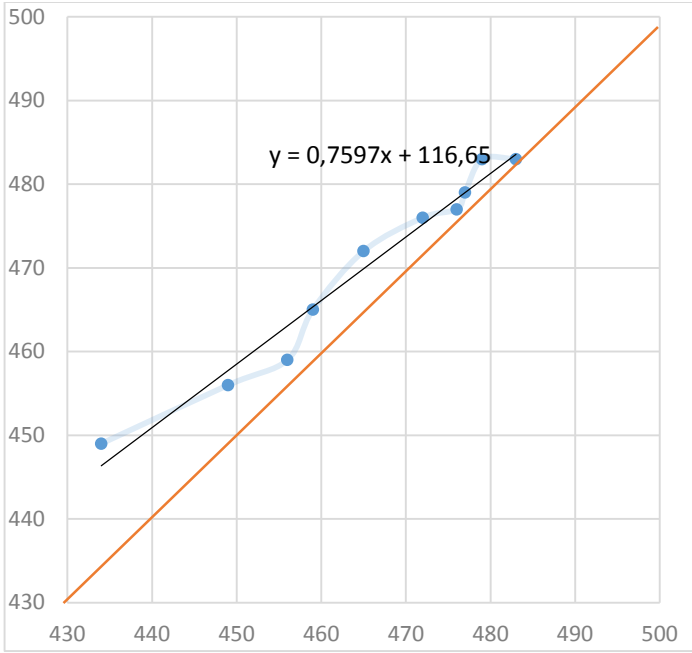
ρf	=	812	mm
β0	=	95	mm
β_1	=	0.882962	
Δ_t	=	1	minngu
de	=	1.05	m
H	=	8.5	m
F(n)	=	2.020778	
Cv	=	0.016292	m2/minggu

5. Penentuan Cv BH-06

tanggal	Settlement	tanggal	Settlement
	(mm)		(mm)
17-Des-15	0	24-Mar-16	-380
24-Des-15	-36	31-Mar-16	-413
31-Des-15	-56	07-Apr-16	-430
07-Jan-16	-56	14-Apr-16	-434
14-Jan-16	-64	21-Apr-16	-449
21-Jan-16	-67	28-Apr-16	-456
28-Jan-16	-85	05-Mei-16	-459
04-Feb-16	-86	12-Mei-16	-465
11-Feb-16	-93	19-Mei-16	-472
18-Feb-16	-95	26-Mei-16	-476
25-Feb-16	-104	02-Jun-16	-477
03-Mar-16	-125	09-Jun-16	-479
10-Mar-16	-278	16-Jun-16	-483
17-Mar-16	-362	23-Jun-16	-483

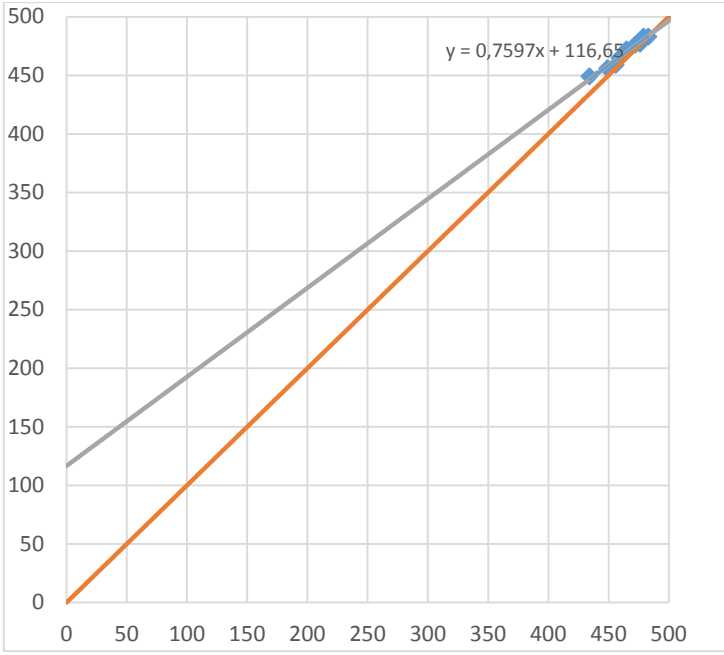
titik	sb x	sb y
	Si-1 (mm)	Si (mm)
1	434	449
2	449	456
3	456	459
4	459	465
5	465	472
6	472	476
7	476	477
8	477	479

titik	sb x	sb y
	Si-1 (mm)	Si (mm)
9	479	483
10	483	483



Sc Final = 485 mm ,

U aktual= (483/485)x100% = 99.4 %



$$\boldsymbol{\beta_o = 115\ mm}$$

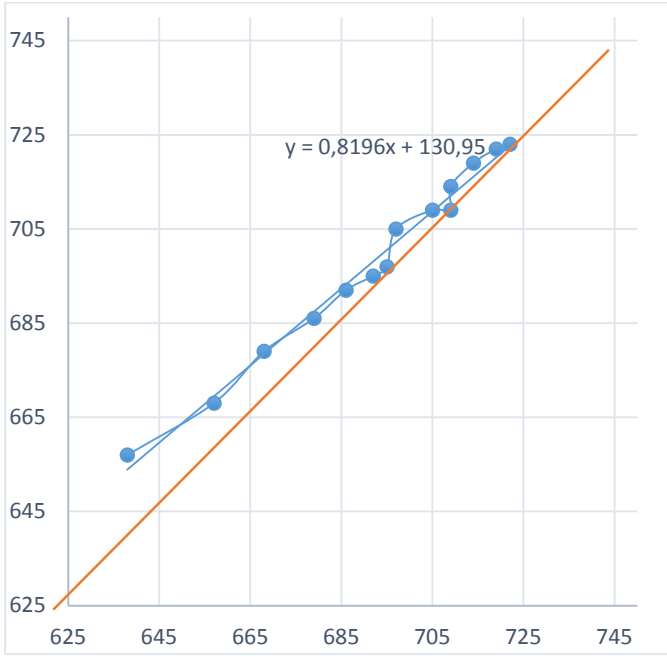
ρf	=	485	mm
β0	=	115	mm
β_1	=	0.763099	
Δ_t	=	1	minngu
de	=	1.05	m
H	=	8.5	m
F(n)	=	2.020778	
Cv	=	0.037493	m2/minggu

6. Penentuan Cv BH-07

tanggal	Settlement	tanggal	Settlement
	(mm)		(mm)
17-Des-15	0	24-Mar-16	-657
24-Des-15	-9	31-Mar-16	-668
31-Des-15	-37	07-Apr-16	-679
07-Jan-16	-56	14-Apr-16	-686
14-Jan-16	-98	21-Apr-16	-692
21-Jan-16	-149	28-Apr-16	-695
28-Jan-16	-176	05-Mei-16	-697
04-Feb-16	-181	12-Mei-16	-705
11-Feb-16	-192	19-Mei-16	-709
18-Feb-16	-406	26-Mei-16	-709
25-Feb-16	-488	02-Jun-16	-714
03-Mar-16	-509	09-Jun-16	-719
10-Mar-16	-560	16-Jun-16	-722
17-Mar-16	-638	23-Jun-16	-723

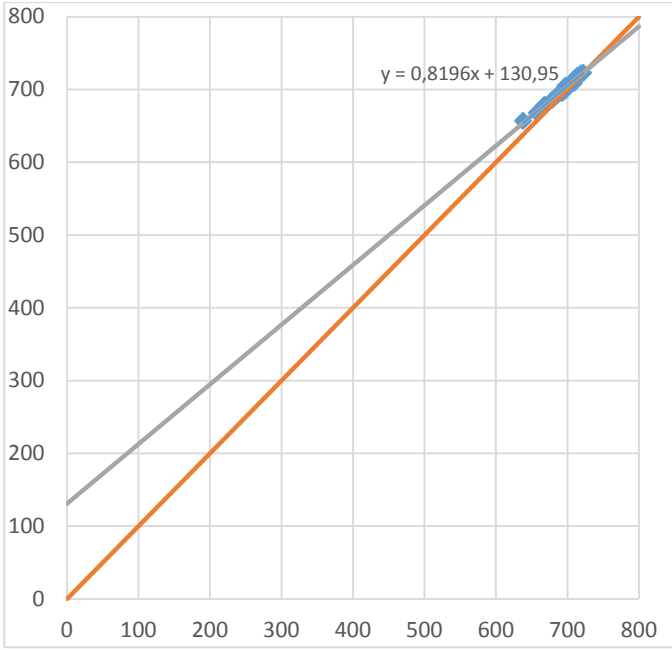
titik	sb x	sb y
	Si-1 (mm)	Si (mm)
1	638	657
2	657	668
3	668	679
4	679	686
5	686	692
6	692	695
7	695	697
8	697	705

titik	sb x	sb y
	Si-1 (mm)	Si (mm)
9	705	709
10	709	709
11	709	714
12	714	719
13	719	722
14	722	723



Sc Final = 726 mm ,

U aktual= (723/726)x100% = 99.67 %



$$\boldsymbol{\beta_o = 130\ mm}$$

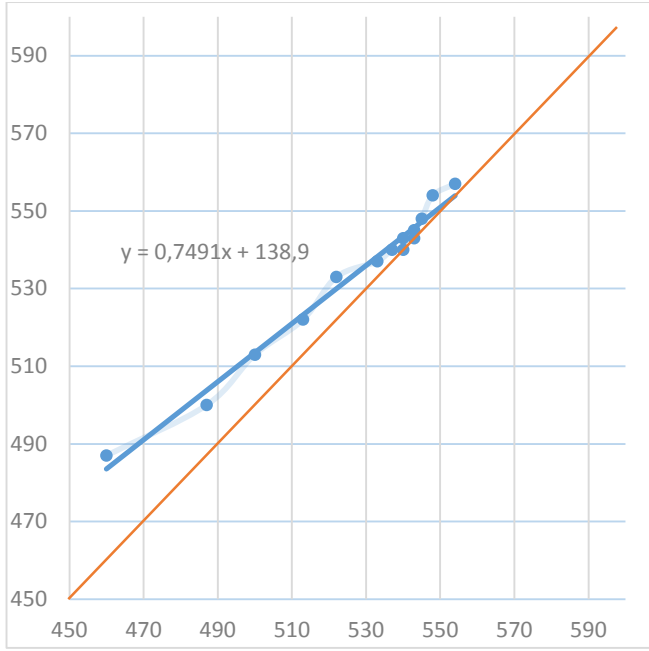
ρf	=	726	mm
β0	=	130	mm
β_1	=	0.820909	
Δ_t	=	1	minngu
de	=	1.05	m
H	=	8.5	m
F(n)	=	2.020778	
Cv	=	0.027357	m2/minggu

7. Penentuan Cv BH-08

tanggal	Settlement	tanggal	Settlement
	(mm)		(mm)
17-Des-15	0	24-Mar-16	-500
24-Des-15	-10	31-Mar-16	-513
31-Des-15	-22	07-Apr-16	-522
07-Jan-16	-43	14-Apr-16	-533
14-Jan-16	-66	21-Apr-16	-537
21-Jan-16	-85	28-Apr-16	-540
28-Jan-16	-122	05-Mei-16	-540
04-Feb-16	-138	12-Mei-16	-543
11-Feb-16	-157	19-Mei-16	-543
18-Feb-16	-255	26-Mei-16	-545
25-Feb-16	-335	02-Jun-16	-548
03-Mar-16	-357	09-Jun-16	-554
10-Mar-16	-460	16-Jun-16	-557
17-Mar-16	-487	23-Jun-16	-558

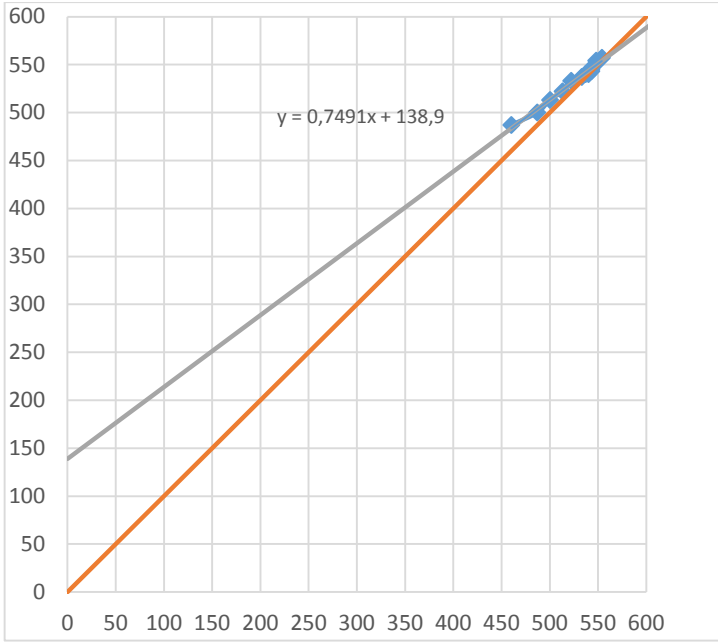
titik	sb x	sb y
	Si-1 (mm)	Si (mm)
1	460	487
2	487	500
3	500	513
4	513	522
5	522	533
6	533	537
7	537	540

titik	sb x	sb y
	Si-1 (mm)	Si (mm)
8	540	540
9	540	543
10	543	543
11	543	545
12	545	548
13	548	549
14	549	550
15	550	550



Sc Final = 554 mm ,

U aktual= (550/554)x100% = 99.08 %



$$\boldsymbol{\beta_o = 140\ mm}$$

ρf	=	554	mm
β0	=	140	mm
β_1	=	0.747113	
Δ_t	=	1	minngu
de	=	1.05	m
H	=	8.5	m
F(n)	=	2.020778	
Cv	=	0.040418	m2/minggu

B. Perhitungan Settlement akibat Hr variasi

1. Hr = 5.16 m

Titik Tinjau	Hi (m)	z	P'o	ΔPf	P'c t/m2	OCR	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Sc
a	1	0.5	0.2941	2	2.294	7.799	39.676	10.324	0.149	89.28	9.55	4.775	9.550	0.159
b	1	1.5	0.8824		2.882	3.266	39.676	10.324	0.447	87.83		4.7749	9.550	0.132
c	1	2.5	1.4707		3.471	2.36	39.676	10.324	0.743	86.39		4.7746	9.549	0.116
d	1	3.5	2.059		4.059	1.971	39.676	10.324	1.037	84.96		4.774	9.548	0.104
e	1	4.5	2.6473		4.647	1.755	39.676	10.324	1.328	83.53		4.7729	9.546	0.095
f	1	5.5	3.2355		5.236	1.618	39.676	10.324	1.615	82.11		4.771	9.542	0.087
g	1	6.5	3.8238		5.824	1.523	39.676	10.324	1.897	80.70		4.7688	9.538	0.081
h	0.5	7.3	4.265		6.265	1.469	39.676	10.324	2.105	79.64		4.7665	9.533	0.038
i	1	8.0	4.7127		6.713	1.424	39.676	10.324	2.310	78.60		4.7636	9.527	0.073
j	1	9.0	5.3139		7.314	1.376	39.676	10.324	2.577	77.22		4.759	9.518	0.069
k	1	10.0	5.9152		7.915	1.338	39.676	10.324	2.836	75.85		4.7533	9.507	0.065
l	1	11.0	6.5164		8.516	1.307	39.676	10.324	3.089	74.50		4.7464	9.493	0.061
m	1	12.0	7.1483		9.148	1.28	39.676	10.324	3.332	73.17		4.7384	9.477	0.058
n	1	13.0	7.811		9.811	1.256	39.676	10.324	3.568	71.86		4.7291	9.458	0.055
o	1	14.0	8.4737		10.47	1.236	39.676	10.324	3.794	70.56		4.7186	9.437	0.052
p	1	15.0	9.1364		11.14	1.219	39.676	10.324	4.011	69.29		4.707	9.413	0.050

2. Hr = 5.66 m

Titik Tinjau	Hi (m)	z	P'o	ΔPf	P'c t/m2	OCR	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Sc
a	1	0.5	0.29414		2.29414	7.79947	38.6757	11.3243	0.168	89.26		5.2375	10.475	0.167
b	1	1.5	0.88242		2.88242	3.26649	38.6757	11.3243	0.503	87.78		5.23741	10.475	0.140
c	1	2.5	1.4707		3.4707	2.35989	38.6757	11.3243	0.836	86.30		5.23709	10.474	0.124
d	1	3.5	2.05898		4.05898	1.97135	38.6757	11.3243	1.167	84.83		5.23638	10.473	0.111
e	1	4.5	2.64726		4.64726	1.7555	38.6757	11.3243	1.494	83.36		5.23513	10.470	0.102
f	1	5.5	3.23554		5.23554	1.61813	38.6757	11.3243	1.816	81.91		5.233	10.466	0.094
g	1	6.5	3.82383		5.82383	1.52304	38.6757	11.3243	2.133	80.46		5.23045	10.461	0.087
h	0.5	7.3	4.26504	2	6.26504	1.46893	38.6757	11.3243	2.367	79.38	10.475	5.22778	10.456	0.041
i	1	8.0	4.71272		6.71272	1.42438	38.6757	11.3243	2.596	78.31		5.22454	10.449	0.079
j	1	9.0	5.31393		7.31393	1.37637	38.6757	11.3243	2.896	76.90		5.21924	10.438	0.074
k	1	10.0	5.91515		7.91515	1.33811	38.6757	11.3243	3.187	75.50		5.21274	10.425	0.070
l	1	11.0	6.51637		8.51637	1.30692	38.6757	11.3243	3.469	74.12		5.20496	10.410	0.066
m	1	12.0	7.14833		9.14833	1.27979	38.6757	11.3243	3.742	72.76		5.19584	10.392	0.063
n	1	13.0	7.81103		9.81103	1.25605	38.6757	11.3243	4.005	71.42		5.18531	10.371	0.060
o	1	14.0	8.47373		10.4737	1.23602	38.6757	11.3243	4.257	70.10		5.17333	10.347	0.057
p	1	15.0	9.13643		11.1364	1.2189	38.6757	11.3243	4.499	68.80		5.160	10.320	0.054

3. Hr = 6.16 m

Titik Tinjau	Hi (m)	z	P'o	ΔPf	P'c t/m2	OCR	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Sc
a	1	0.5	0.29414		2.29414	7.79947	37.6757	12.3243	0.187	89.24		5.7	11.400	0.175
b	1	1.5	0.88242		2.88242	3.26649	37.6757	12.3243	0.562	87.72		5.6999	11.400	0.147
c	1	2.5	1.4707		3.4707	2.35989	37.6757	12.3243	0.934	86.20		5.69953	11.399	0.130
d	1	3.5	2.05898		4.05898	1.97135	37.6757	12.3243	1.303	84.69		5.69873	11.397	0.118
e	1	4.5	2.64726		4.64726	1.7555	37.6757	12.3243	1.668	83.19		5.69731	11.395	0.108
f	1	5.5	3.23554		5.23554	1.61813	37.6757	12.3243	2.028	81.69		5.695	11.390	0.100
g	1	6.5	3.82383		5.82383	1.52304	37.6757	12.3243	2.382	80.21		5.69202	11.384	0.093
h	0.5	7.3	4.26504	2	6.26504	1.46893	37.6757	12.3243	2.642	79.11	11.4	5.689	11.378	0.044
i	1	8.0	4.71272		6.71272	1.42438	37.6757	12.3243	2.898	78.01		5.68532	11.371	0.084
j	1	9.0	5.31393		7.31393	1.37637	37.6757	12.3243	3.231	76.56		5.67933	11.359	0.079
k	1	10.0	5.91515		7.91515	1.33811	37.6757	12.3243	3.555	75.14		5.67198	11.344	0.075
l	1	11.0	6.51637		8.51637	1.30692	37.6757	12.3243	3.869	73.72		5.66319	11.326	0.071
m	1	12.0	7.14833		9.14833	1.27979	37.6757	12.3243	4.171	72.33		5.65289	11.306	0.068
n	1	13.0	7.81103		9.81103	1.25605	37.6757	12.3243	4.463	70.96		5.64101	11.282	0.064
o	1	14.0	8.47373		10.4737	1.23602	37.6757	12.3243	4.742	69.62		5.62751	11.255	0.061
p	1	15.0	9.13643		11.1364	1.2189	37.6757	12.3243	5.010	68.29		5.612	11.225	0.058

4. Hr = 6.66 m

Titik Tinjau	Hi (m)	z	P'o	ΔPf	P'c t/m2	OCR	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Sc
a	1	0.5	0.29414		2.29414	7.79947	36.6757	13.3243	0.208	89.22		6.1625	12.325	0.182
b	1	1.5	0.88242		2.88242	3.26649	36.6757	13.3243	0.624	87.66		6.16239	12.325	0.154
c	1	2.5	1.4707		3.4707	2.35989	36.6757	13.3243	1.037	86.10		6.16198	12.324	0.137
d	1	3.5	2.05898		4.05898	1.97135	36.6757	13.3243	1.447	84.55		6.16107	12.322	0.124
e	1	4.5	2.64726		4.64726	1.7555	36.6757	13.3243	1.852	83.00		6.15947	12.319	0.114
f	1	5.5	3.23554		5.23554	1.61813	36.6757	13.3243	2.251	81.47		6.157	12.314	0.105
g	1	6.5	3.82383		5.82383	1.52304	36.6757	13.3243	2.643	79.95		6.1535	12.307	0.098
h	0.5	7.3	4.26504	2	6.26504	1.46893	36.6757	13.3243	2.932	78.82	12.325	6.1501	12.300	0.047
i	1	8.0	4.71272		6.71272	1.42438	36.6757	13.3243	3.215	77.69		6.14597	12.292	0.089
j	1	9.0	5.31393		7.31393	1.37637	36.6757	13.3243	3.584	76.21		6.13923	12.278	0.084
k	1	10.0	5.91515		7.91515	1.33811	36.6757	13.3243	3.942	74.75		6.13097	12.262	0.080
l	1	11.0	6.51637		8.51637	1.30692	36.6757	13.3243	4.288	73.30		6.1211	12.242	0.076
m	1	12.0	7.14833		9.14833	1.27979	36.6757	13.3243	4.622	71.88		6.10953	12.219	0.072
n	1	13.0	7.81103		9.81103	1.25605	36.6757	13.3243	4.943	70.48		6.0962	12.192	0.069
o	1	14.0	8.47373		10.4737	1.23602	36.6757	13.3243	5.251	69.11		6.08108	12.162	0.065
p	1	15.0	9.13643		11.1364	1.2189	36.6757	13.3243	5.545	67.76		6.064	12.128	0.062

5. Hr = 7.16 m

Titik Tinjau	Hi (m)	z	P'o	ΔPf	P'c t/m2	OCR	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Sc
a	1	0.5	0.29414		2.29414	7.79947	35.6757	14.3243	0.230	89.20		6.625	13.250	0.188
b	1	1.5	0.88242		2.88242	3.26649	35.6757	14.3243	0.689	87.59		6.62487	13.250	0.160
c	1	2.5	1.4707		3.4707	2.35989	35.6757	14.3243	1.146	85.99		6.62441	13.249	0.143
d	1	3.5	2.05898		4.05898	1.97135	35.6757	14.3243	1.599	84.40		6.62339	13.247	0.130
e	1	4.5	2.64726		4.64726	1.7555	35.6757	14.3243	2.046	82.81		6.6216	13.243	0.119
f	1	5.5	3.23554		5.23554	1.61813	35.6757	14.3243	2.487	81.24		6.619	13.238	0.111
g	1	6.5	3.82383		5.82383	1.52304	35.6757	14.3243	2.919	79.67		6.61491	13.230	0.103
h	0.5	7.3	4.26504	2	6.26504	1.46893	35.6757	14.3243	3.237	78.51	13.25	6.6111	13.222	0.049
i	1	8.0	4.71272		6.71272	1.42438	35.6757	14.3243	3.549	77.36		6.60647	13.213	0.094
j	1	9.0	5.31393		7.31393	1.37637	35.6757	14.3243	3.955	75.84		6.59891	13.198	0.089
k	1	10.0	5.91515		7.91515	1.33811	35.6757	14.3243	4.348	74.34		6.58967	13.179	0.084
l	1	11.0	6.51637		8.51637	1.30692	35.6757	14.3243	4.729	72.86		6.57863	13.157	0.080
m	1	12.0	7.14833		9.14833	1.27979	35.6757	14.3243	5.095	71.41		6.56571	13.131	0.077
n	1	13.0	7.81103		9.81103	1.25605	35.6757	14.3243	5.447	69.98		6.55083	13.102	0.073
o	1	14.0	8.47373		10.4737	1.23602	35.6757	14.3243	5.784	68.57		6.53396	13.068	0.069
p	1	15.0	9.13643		11.1364	1.2189	35.6757	14.3243	6.105	67.20		6.515	13.030	0.066

C. Perencanaan PVD

1. Jarak pemasangan 0.8 m

Data Perencanaan PVD			
S	:	0.8	m
D	:	0.84	m
t	:	1 minggu	
F(n)	:	1.79	
Cv	:	0.0296	m2/minggu
Ch	:	0.088754	m2/minggu
Tanah Kompresibel	:	15.5	m

t	Tv	Uv	Uh	Utotal
minggu		%	%	%
0	0	0.000	0.000	0.000
1	0.000493	0.025	0.245	26.385
2	0.000985	0.035	0.430	45.008
3	0.001478	0.043	0.570	58.820
4	0.00197	0.050	0.675	69.125
5	0.002463	0.056	0.755	76.833
6	0.002955	0.061	0.815	82.606
7	0.003448	0.066	0.860	86.936
8	0.003941	0.071	0.894	90.184
9	0.004433	0.075	0.920	92.623
10	0.004926	0.079	0.940	94.454
11	0.005418	0.083	0.955	95.830
12	0.005911	0.087	0.966	96.864
13	0.006403	0.090	0.974	97.641
14	0.006896	0.094	0.980	98.226

t	Tv	Uv	Uh	Utotal
minggu		%	%	%
15	0.007388	0.097	0.985	98.665
16	0.007881	0.100	0.989	98.996
17	0.008374	0.103	0.992	99.244
18	0.008866	0.106	0.994	99.431
19	0.009359	0.109	0.995	99.572
20	0.009851	0.112	0.996	99.678
21	0.010344	0.115	0.997	99.758
22	0.010836	0.117	0.998	99.817
23	0.011329	0.120	0.998	99.863
24	0.011822	0.123	0.999	99.897
25	0.012314	0.125	0.999	99.922
26	0.012807	0.128	0.999	99.941
27	0.013299	0.130	0.999	99.956
28	0.013792	0.133	1.000	99.967
29	0.014284	0.135	1.000	99.975
30	0.014777	0.137	1.000	99.981
31	0.015269	0.139	1.000	99.986
32	0.015762	0.142	1.000	99.989
33	0.016255	0.144	1.000	99.992
34	0.016747	0.146	1.000	99.994
35	0.01724	0.148	1.000	99.995

2. Jarak pemasangan 0.9 m

Data Perencanaan PVD			
S	:	0.9	m
D	:	0.945	m
t	:	1 minggu	
F(n)	:	1.91	
Cv	:	0.0295846	m2/minggu
Ch	:	0.0887537	m2/minggu
Tanah Kompresibel	:	15.5	m

t	Tv	Uv	Uh	Utotal
minggu		%	%	%
0	0	0.000	0.000	0.000
1	0.000493	0.025	0.188	20.849
2	0.000985	0.035	0.341	36.426
3	0.001478	0.043	0.465	48.814
4	0.00197	0.050	0.566	58.737
5	0.002463	0.056	0.647	66.709
6	0.002955	0.061	0.714	73.126
7	0.003448	0.066	0.768	78.297
8	0.003941	0.071	0.811	82.467
9	0.004433	0.075	0.847	85.832
10	0.004926	0.079	0.876	88.548
11	0.005418	0.083	0.899	90.742
12	0.005911	0.087	0.918	92.514
13	0.006403	0.090	0.933	93.946
14	0.006896	0.094	0.946	95.104
15	0.007388	0.097	0.956	96.040

t	Tv	Uv	Uh	Utotal
minggu		%	%	%
16	0.007881	0.100	0.964	96.796
17	0.008374	0.103	0.971	97.408
18	0.008866	0.106	0.977	97.903
19	0.009359	0.109	0.981	98.303
20	0.009851	0.112	0.985	98.627
21	0.010344	0.115	0.987	98.888
22	0.010836	0.117	0.990	99.100
23	0.011329	0.120	0.992	99.272
24	0.011822	0.123	0.993	99.411
25	0.012314	0.125	0.995	99.523
26	0.012807	0.128	0.996	99.614
27	0.013299	0.130	0.996	99.687
28	0.013792	0.133	0.997	99.747
29	0.014284	0.135	0.998	99.795
30	0.014777	0.137	0.998	99.834
31	0.015269	0.139	0.998	99.866
32	0.015762	0.142	0.999	99.891
33	0.016255	0.144	0.999	99.912
34	0.016747	0.146	0.999	99.929
35	0.01724	0.148	0.999	99.942

3. Jarak pemasangan 1.0 m

Data Perencanaan PVD			
S	:	1	m
D	:	1.05	m
t	:	1 minggu	
F(n)	:	2.01	
Cv	:	0.029585	m2/minggu
Ch	:	0.088754	m2/minggu
Tanah Kompresibel	:	15.5	m

t	Tv	Uv	Uh	Utotal
minggu		%	%	%
0	0	0.000	0.000	0.000
1	0.000493	0.025	0.148	16.928
2	0.000985	0.035	0.274	29.971
3	0.001478	0.043	0.381	40.823
4	0.00197	0.050	0.473	49.932
5	0.002463	0.056	0.551	57.604
6	0.002955	0.061	0.617	64.081
7	0.003448	0.066	0.674	69.555
8	0.003941	0.071	0.722	74.186
9	0.004433	0.075	0.763	78.107
10	0.004926	0.079	0.798	81.428
11	0.005418	0.083	0.828	84.242
12	0.005911	0.087	0.854	86.627
13	0.006403	0.090	0.875	88.650
14	0.006896	0.094	0.894	90.365
15	0.007388	0.097	0.909	91.820

t	Tv	Uv	Uh	Utotal
minggu		%	%	%
16	0.007881	0.100	0.923	93.055
17	0.008374	0.103	0.934	94.103
18	0.008866	0.106	0.944	94.992
19	0.009359	0.109	0.952	95.747
20	0.009851	0.112	0.959	96.387
21	0.010344	0.115	0.965	96.932
22	0.010836	0.117	0.970	97.393
23	0.011329	0.120	0.975	97.786
24	0.011822	0.123	0.979	98.119
25	0.012314	0.125	0.982	98.402
26	0.012807	0.128	0.984	98.642
27	0.013299	0.130	0.987	98.846
28	0.013792	0.133	0.989	99.020
29	0.014284	0.135	0.990	99.167
30	0.014777	0.137	0.992	99.292
31	0.015269	0.139	0.993	99.398
32	0.015762	0.142	0.994	99.489
33	0.016255	0.144	0.995	99.565
34	0.016747	0.146	0.996	99.631
35	0.01724	0.148	0.996	99.686

4. Jarak pemasangan 1.1 m

Data Perencanaan PVD			
S	:	1.1	m
D	:	1.155	m
t	:	1 minggu	
F(n)	:	2.11	
Cv	:	0.029585	m2/minggu
Ch	:	0.088754	m2/minggu
Tanah Kompresibel	:	15.5	m

t	**Tv**	**Uv**	**Uh**	**Utotal**
minggu		**%**	**%**	**%**
0	0	0.000	0.000	0.000
1	0.000493	0.025	0.119	14.079
2	0.000985	0.035	0.223	25.086
3	0.001478	0.043	0.316	34.524
4	0.00197	0.050	0.397	42.703
5	0.002463	0.056	0.468	49.819
6	0.002955	0.061	0.532	56.027
7	0.003448	0.066	0.587	61.451
8	0.003941	0.071	0.636	66.194
9	0.004433	0.075	0.679	70.345
10	0.004926	0.079	0.717	73.981
11	0.005418	0.083	0.751	77.166
12	0.005911	0.087	0.781	79.958
13	0.006403	0.090	0.807	82.406
14	0.006896	0.094	0.830	84.553
15	0.007388	0.097	0.850	86.436

t	Tv	Uv	Uh	Utotal
minggu		%	%	%
16	0.007881	0.100	0.868	88.089
17	0.008374	0.103	0.883	89.539
18	0.008866	0.106	0.897	90.811
19	0.009359	0.109	0.909	91.929
20	0.009851	0.112	0.920	92.910
21	0.010344	0.115	0.930	93.771
22	0.010836	0.117	0.938	94.527
23	0.011329	0.120	0.945	95.191
24	0.011822	0.123	0.952	95.775
25	0.012314	0.125	0.958	96.287
26	0.012807	0.128	0.963	96.737
27	0.013299	0.130	0.967	97.133
28	0.013792	0.133	0.971	97.480
29	0.014284	0.135	0.974	97.785
30	0.014777	0.137	0.977	98.053
31	0.015269	0.139	0.980	98.289
32	0.015762	0.142	0.982	98.496
33	0.016255	0.144	0.985	98.678
34	0.016747	0.146	0.986	98.838
35	0.01724	0.148	0.988	98.978

5. Jarak pemasangan 1.2 m

Data Perencanaan PVD			
S	:	1.2	m
D	:	1.26	m
t	:	1 minggu	
F(n)	:	2.19	
Cv	:	0.029585	m2/minggu
Ch	:	0.088754	m2/minggu
Tanah Kompresibel	:	15.5	m

t	Tv	Uv	Uh	Utotal
minggu		%	%	%
0	0	0.000	0.000	0.000
1	0.000493	0.025	0.097	11.960
2	0.000985	0.035	0.185	21.345
3	0.001478	0.043	0.264	29.559
4	0.00197	0.050	0.335	36.837
5	0.002463	0.056	0.400	43.318
6	0.002955	0.061	0.458	49.105
7	0.003448	0.066	0.510	54.282
8	0.003941	0.071	0.558	58.918
9	0.004433	0.075	0.601	63.074
10	0.004926	0.079	0.639	66.802
11	0.005418	0.083	0.674	70.148
12	0.005911	0.087	0.706	73.151
13	0.006403	0.090	0.735	75.849
14	0.006896	0.094	0.760	78.273
15	0.007388	0.097	0.784	80.452

t	Tv	Uv	Uh	Utotal
minggu		%	%	%
16	0.007881	0.100	0.805	82.410
17	0.008374	0.103	0.823	84.170
18	0.008866	0.106	0.841	85.753
19	0.009359	0.109	0.856	87.177
20	0.009851	0.112	0.870	88.457
21	0.010344	0.115	0.883	89.609
22	0.010836	0.117	0.894	90.646
23	0.011329	0.120	0.904	91.578
24	0.011822	0.123	0.914	92.417
25	0.012314	0.125	0.922	93.172
26	0.012807	0.128	0.930	93.852
27	0.013299	0.130	0.936	94.464
28	0.013792	0.133	0.943	95.015
29	0.014284	0.135	0.948	95.510
30	0.014777	0.137	0.953	95.956
31	0.015269	0.139	0.958	96.358
32	0.015762	0.142	0.962	96.720
33	0.016255	0.144	0.965	97.046
34	0.016747	0.146	0.969	97.339
35	0.01724	0.148	0.972	97.603

D. Penimbunan Bertahap

t	U	Penurunan Yang Terjadi Pada Tahap (m)												
		Tahap 1	Tahap 2	Tahap 3	Tahap 4	Tahap 5	Tahap 6	Tahap 7	Tahap 8	Tahap 9	Tahap 10	Tahap 11	Tahap 12	tahap 13
minggu	%	-0.064	-0.105	-0.193	-0.191	-0.165	-0.146	-0.121	-0.121	-0.111	-0.102	-0.095	-0.089	-0.024
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	14.079	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009	-0.009
2	25.086	-0.016	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031	-0.031
3	34.524	-0.022	-0.048	-0.075	-0.075	-0.075	-0.075	-0.075	-0.075	-0.075	-0.075	-0.075	-0.075	-0.075
4	42.703	-0.027	-0.063	-0.112	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139	-0.139
5	49.819	-0.032	-0.077	-0.143	-0.191	-0.214	-0.214	-0.214	-0.214	-0.214	-0.214	-0.214	-0.214	-0.214
6	56.027	-0.036	-0.088	-0.170	-0.236	-0.278	-0.298	-0.298	-0.298	-0.298	-0.298	-0.298	-0.298	-0.298
7	61.451	-0.039	-0.098	-0.194	-0.276	-0.333	-0.369	-0.387	-0.387	-0.387	-0.387	-0.387	-0.387	-0.387
8	66.194	-0.042	-0.107	-0.215	-0.310	-0.381	-0.431	-0.461	-0.478	-0.478	-0.478	-0.478	-0.478	-0.478
9	70.345	-0.045	-0.114	-0.233	-0.340	-0.422	-0.485	-0.527	-0.557	-0.573	-0.573	-0.573	-0.573	-0.573
10	73.981	-0.047	-0.121	-0.248	-0.366	-0.459	-0.532	-0.583	-0.625	-0.653	-0.667	-0.667	-0.667	-0.667
11	77.166	-0.049	-0.127	-0.262	-0.389	-0.491	-0.573	-0.633	-0.685	-0.723	-0.748	-0.762	-0.762	-0.762
12	79.958	-0.051	-0.132	-0.274	-0.409	-0.519	-0.608	-0.676	-0.737	-0.784	-0.819	-0.843	-0.856	-0.856
13	82.406	-0.052	-0.136	-0.285	-0.427	-0.543	-0.640	-0.714	-0.782	-0.837	-0.881	-0.914	-0.936	-0.939
14	84.553	-0.054	-0.140	-0.294	-0.442	-0.564	-0.667	-0.748	-0.822	-0.884	-0.935	-0.975	-1.006	-1.012
15	86.436	-0.055	-0.144	-0.303	-0.456	-0.583	-0.691	-0.777	-0.857	-0.925	-0.982	-1.029	-1.067	-1.076
16	88.089	-0.056	-0.147	-0.310	-0.467	-0.600	-0.712	-0.802	-0.887	-0.961	-1.023	-1.077	-1.121	-1.131
17	89.539	-0.057	-0.149	-0.316	-0.478	-0.614	-0.731	-0.825	-0.914	-0.992	-1.060	-1.118	-1.168	-1.180
18	90.811	-0.058	-0.152	-0.322	-0.487	-0.627	-0.747	-0.844	-0.937	-1.019	-1.091	-1.154	-1.209	-1.222
19	91.929	-0.059	-0.154	-0.326	-0.495	-0.638	-0.762	-0.862	-0.958	-1.044	-1.119	-1.186	-1.245	-1.260
20	92.910	-0.059	-0.156	-0.331	-0.502	-0.648	-0.774	-0.877	-0.976	-1.065	-1.144	-1.214	-1.277	-1.292

E. Hitungan Geotextile

1. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 1

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	14.70	552.3291	3	1656.9872	Tidak Memenuhi
2		14.45	542.9376	3	3285.8002	Tidak Memenuhi
3		14.20	533.5462	3	4886.4388	Tidak Memenuhi
4		13.95	524.1548	3	6458.9031	Tidak Memenuhi
5		13.70	514.7633	3	8003.1931	Tidak Memenuhi
6		13.45	505.3719	3	9519.3088	Tidak Memenuhi
7		13.20	495.9805	3	11007.2502	Tidak Memenuhi
8		12.95	486.5890	3	12467.0173	Tidak Memenuhi
9		12.70	477.1976	3	13898.6101	Tidak Memenuhi
10		12.45	467.8062	3	15302.0285	Tidak Memenuhi
11		12.20	458.4147	3	16677.2727	Tidak Memenuhi
12		11.95	449.0233	2	17575.3193	Memenuhi

2. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 2

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	14.52	545.3418	3	1636.0255	Tidak Memenuhi
2		14.27	535.9504	3	3243.8768	Tidak Memenuhi
3		14.02	526.5590	3	4823.5537	Tidak Memenuhi
4		13.77	517.1675	3	6375.0563	Tidak Memenuhi
5		13.52	507.7761	3	7898.3847	Tidak Memenuhi
6		13.27	498.3847	3	9393.5387	Tidak Memenuhi
7		13.02	488.9932	3	10860.5184	Tidak Memenuhi
8		12.77	479.6018	3	12299.3238	Tidak Memenuhi
9		12.52	470.2104	3	13709.9549	Tidak Memenuhi
10		12.27	460.8189	3	15092.4117	Tidak Memenuhi
11		12.02	451.4275	2	15995.2667	Tidak Memenuhi
12		11.77	442.0361	2	16879.3388	Memenuhi

3. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 3

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	14.48	543.9519	3	1631.8557	Tidak Memenuhi
2		14.23	534.5605	3	3235.5372	Tidak Memenuhi
3		13.98	525.1690	3	4811.0443	Tidak Memenuhi
4		13.73	515.7776	3	6358.3772	Tidak Memenuhi
5		13.48	506.3862	3	7877.5357	Tidak Memenuhi
6		13.23	496.9947	3	9368.5199	Tidak Memenuhi
7		12.98	487.6033	3	10831.3298	Tidak Memenuhi
8		12.73	478.2119	3	12265.9654	Tidak Memenuhi
9		12.48	468.8204	3	13672.4267	Tidak Memenuhi
10		12.23	459.4290	2	14591.2847	Tidak Memenuhi
11		11.98	450.0376	2	15491.3599	Tidak Memenuhi
12		11.73	440.6461	2	16372.6521	Memenuhi

4. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 4

Lapisan geotextile	Kuat tarik ali geotextile (KNm')	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	14.52	545.4545	3	1636.3636	Tidak Memenuhi
2		14.27	536.0631	3	3244.5530	Tidak Memenuhi
3		14.02	526.6717	3	4824.5680	Tidak Memenuhi
4		13.77	517.2802	3	6376.4087	Tidak Memenuhi
5		13.52	507.8888	3	7900.0751	Tidak Memenuhi
6		13.27	498.4974	3	9395.5672	Tidak Memenuhi
7		13.02	489.1059	3	10862.8850	Tidak Memenuhi
8		12.77	479.7145	3	12302.0285	Tidak Memenuhi
9		12.52	470.3231	3	13712.9977	Tidak Memenuhi
10		12.27	460.9316	3	15095.7926	Tidak Memenuhi
11		12.02	451.5402	2	15998.8730	Tidak Memenuhi
12		11.77	442.1488	2	16883.1705	Memenuhi

5. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 5

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	11.42	428.8242	3	1286.4726	Tidak Memenuhi
2		11.17	419.4328	3	2544.7708	Tidak Memenuhi
3		10.92	410.0413	3	3774.8948	Tidak Memenuhi
4		10.67	400.6499	3	4976.8445	Tidak Memenuhi
5		10.42	391.2585	3	6150.6198	Tidak Memenuhi
6		10.17	381.8670	3	7296.2209	Tidak Memenuhi
7		9.92	372.4756	2	8041.1721	Tidak Memenuhi
8		9.67	363.0841	2	8767.3403	Tidak Memenuhi
9		9.42	353.6927	2	9474.7258	Tidak Memenuhi
10		9.17	344.3013	2	10163.3283	Tidak Memenuhi
11		8.92	334.9098	2	10833.1480	Tidak Memenuhi
12		8.67	325.5184	2	11484.1848	Memenuhi

6. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 6

Lapisan geotextile	Kuat tarik geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	14.63	549.5868	3	1648.7603	Tidak Memenuhi
2		14.38	540.1953	3	3269.3464	Tidak Memenuhi
3		14.13	530.8039	3	4861.7581	Tidak Memenuhi
4		13.88	521.4125	3	6425.9955	Tidak Memenuhi
5		13.63	512.0210	3	7962.0586	Tidak Memenuhi
6		13.38	502.6296	3	9469.9474	Tidak Memenuhi
7		13.13	493.2382	3	10949.6619	Tidak Memenuhi
8		12.88	483.8467	3	12401.2021	Tidak Memenuhi
9		12.63	474.4553	3	13824.5680	Tidak Memenuhi
10		12.38	465.0639	2	14754.6957	Tidak Memenuhi
11		12.13	455.6724	2	15666.0406	Tidak Memenuhi
12		11.88	446.2810	2	16558.6026	Memenuhi

7. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 7

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	14.20	533.4335	3	1600.3005	Tidak Memenuhi
2		13.95	524.0421	3	3172.4267	Tidak Memenuhi
3		13.70	514.6506	3	4716.3787	Tidak Memenuhi
4		13.45	505.2592	3	6232.1563	Tidak Memenuhi
5		13.20	495.8678	3	7719.7596	Tidak Memenuhi
6		12.95	486.4763	3	9179.1886	Tidak Memenuhi
7		12.70	477.0849	3	10610.4433	Tidak Memenuhi
8		12.45	467.6935	3	12013.5237	Tidak Memenuhi
9		12.20	458.3020	3	13388.4298	Tidak Memenuhi
10		11.95	448.9106	3	14735.1615	Tidak Memenuhi
11		11.70	439.5192	2	15614.1998	Tidak Memenuhi
12		11.45	430.1277	2	16474.4553	Memenuhi

8. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 8

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	12.69	476.7092	3	1430.1277	Tidak Memenuhi
2		12.44	467.3178	3	2832.0811	Tidak Memenuhi
3		12.19	457.9264	3	4205.8603	Tidak Memenuhi
4		11.94	448.5349	3	5551.4651	Tidak Memenuhi
5		11.69	439.1435	3	6868.8956	Tidak Memenuhi
6		11.44	429.7521	3	8158.1518	Tidak Memenuhi
7		11.19	420.3606	3	9419.2337	Tidak Memenuhi
8		10.94	410.9692	2	10241.1721	Tidak Memenuhi
9		10.69	401.5778	2	11044.3276	Tidak Memenuhi
10		10.44	392.1863	2	11828.7002	Tidak Memenuhi
11		10.19	382.7949	2	12594.2900	Tidak Memenuhi
12		9.94	373.4035	2	13341.0969	Memenuhi

9. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 9

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	14.73	553.4560	3	1660.3681	Tidak Memenuhi
2		14.48	544.0646	3	3292.5620	Tidak Memenuhi
3		14.23	534.6732	3	4896.5815	Tidak Memenuhi
4		13.98	525.2817	3	6472.4267	Tidak Memenuhi
5		13.73	515.8903	3	8020.0977	Tidak Memenuhi
6		13.48	506.4989	3	9539.5943	Tidak Memenuhi
7		13.23	497.1074	3	11030.9166	Tidak Memenuhi
8		12.98	487.7160	3	12494.0646	Tidak Memenuhi
9		12.73	478.3246	3	13929.0383	Tidak Memenuhi
10		12.48	468.9331	3	15335.8377	Tidak Memenuhi
11		12.23	459.5417	2	16254.9211	Tidak Memenuhi
12		11.98	450.1503	2	17155.2216	Memenuhi

10. Kebutuhan geotextile MAT Rendah , kondisi 10

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	15.34	576.1458	3	1728.4373	Tidak Memenuhi
2		15.09	566.7543	3	3428.7002	Tidak Memenuhi
3		14.84	557.3629	3	5100.7889	Tidak Memenuhi
4		14.59	547.9715	3	6744.7032	Tidak Memenuhi
5		14.34	538.5800	3	8360.4433	Tidak Memenuhi
6		14.09	529.1886	3	9948.0090	Tidak Memenuhi
7		13.84	519.7971	3	11507.4005	Tidak Memenuhi
8		13.59	510.4057	3	13038.6176	Tidak Memenuhi
9		13.34	501.0143	3	14541.6604	Tidak Memenuhi
10		13.09	491.6228	3	16016.5289	Tidak Memenuhi
11		12.84	482.2314	2	16980.9917	Tidak Memenuhi
12		12.59	472.8400	2	17926.6717	Memenuhi

11. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 1

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	9.03	339.2186	3	1017.6559	Tidak Memenuhi
2		8.78	329.8272	3	2007.1375	Tidak Memenuhi
3		8.53	320.4358	3	2968.4448	Tidak Memenuhi
4		8.28	311.0443	3	3901.5778	Tidak Memenuhi
5		8.03	301.6529	3	4806.5364	Tidak Memenuhi
6		7.78	292.2615	2	5391.0594	Tidak Memenuhi
7		7.53	282.8700	2	5956.7994	Tidak Memenuhi
8		7.28	273.4786	2	6503.7566	Tidak Memenuhi
9		7.03	264.0872	2	7031.9309	Tidak Memenuhi
10		6.78	254.6957	2	7541.3223	Tidak Memenuhi
11		6.53	245.3043	2	8031.9309	Tidak Memenuhi
12		6.28	235.9128	2	8503.7566	Memenuhi

12. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 2

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	10.85	407.5883	3	1222.7648	Tidak Memenuhi
2		10.60	398.1968	3	2417.3554	Tidak Memenuhi
3		10.35	388.8054	3	3583.7716	Tidak Memenuhi
4		10.10	379.4140	3	4722.0135	Tidak Memenuhi
5		9.85	370.0225	3	5832.0811	Tidak Memenuhi
6		9.60	360.6311	3	6913.9745	Tidak Memenuhi
7		9.35	351.2397	3	7967.6935	Tidak Memenuhi
8		9.10	341.8482	2	8651.3899	Tidak Memenuhi
9		8.85	332.4568	2	9316.3035	Tidak Memenuhi
10		8.60	323.0654	2	9962.4343	Tidak Memenuhi
11		8.35	313.6739	2	10589.7821	Tidak Memenuhi
12		8.10	304.2825	2	11198.3471	Memenuhi

13. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 3

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	9.04	339.7070	3	1019.1210	Tidak Memenuhi
2		8.79	330.3156	3	2010.0676	Tidak Memenuhi
3		8.54	320.9241	3	2972.8400	Tidak Memenuhi
4		8.29	311.5327	3	3907.4380	Tidak Memenuhi
5		8.04	302.1412	3	4813.8618	Tidak Memenuhi
6		7.79	292.7498	2	5399.3614	Tidak Memenuhi
7		7.54	283.3584	2	5966.0781	Tidak Memenuhi
8		7.29	273.9669	2	6514.0120	Tidak Memenuhi
9		7.04	264.5755	2	7043.1630	Tidak Memenuhi
10		6.79	255.1841	2	7553.5312	Tidak Memenuhi
11		6.54	245.7926	2	8045.1165	Tidak Memenuhi
12		6.29	236.4012	2	8517.9189	Memenuhi

14. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 4

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	11.67	438.2795	3	1314.8385	Tidak Memenuhi
2		11.42	428.8881	3	2601.5026	Tidak Memenuhi
3		11.17	419.4966	3	3859.9925	Tidak Memenuhi
4		10.92	410.1052	3	5090.3080	Tidak Memenuhi
5		10.67	400.7137	3	6292.4493	Tidak Memenuhi
6		10.42	391.3223	3	7466.4162	Tidak Memenuhi
7		10.17	381.9309	3	8612.2089	Tidak Memenuhi
8		9.92	372.5394	3	9729.8272	Tidak Memenuhi
9		9.67	363.1480	3	10819.2712	Tidak Memenuhi
10		9.42	353.7566	2	11526.7844	Tidak Memenuhi
11		9.17	344.3651	2	12215.5147	Tidak Memenuhi
12		8.92	334.9737	2	12885.4621	Memenuhi

15. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 5

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	10.73	403.0053	3	1209.0158	Tidak Memenuhi
2		10.48	393.6138	3	2389.8573	Tidak Memenuhi
3		10.23	384.2224	3	3542.5244	Tidak Memenuhi
4		9.98	374.8310	3	4667.0173	Tidak Memenuhi
5		9.73	365.4395	3	5763.3358	Tidak Memenuhi
6		9.48	356.0481	3	6831.4801	Tidak Memenuhi
7		9.23	346.6566	3	7871.4500	Tidak Memenuhi
8		8.98	337.2652	3	8883.2457	Tidak Memenuhi
9		8.73	327.8738	2	9538.9932	Tidak Memenuhi
10		8.48	318.4823	2	10175.9579	Tidak Memenuhi
11		8.23	309.0909	2	10794.1397	Tidak Memenuhi
12		7.98	299.6995	2	11393.5387	Memenuhi

16. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 6

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	14.87	558.6026	3	1675.8077	Tidak Memenuhi
2		14.62	549.2111	3	3323.4410	Tidak Memenuhi
3		14.37	539.8197	3	4942.9001	Tidak Memenuhi
4		14.12	530.4282	3	6534.1848	Tidak Memenuhi
5		13.87	521.0368	3	8097.2953	Tidak Memenuhi
6		13.62	511.6454	3	9632.2314	Tidak Memenuhi
7		13.37	502.2539	3	11138.9932	Tidak Memenuhi
8		13.12	492.8625	3	12617.5808	Tidak Memenuhi
9		12.87	483.4711	3	14067.9940	Tidak Memenuhi
10		12.62	474.0796	3	15490.2329	Tidak Memenuhi
11		12.37	464.6882	3	16884.2975	Tidak Memenuhi
12		12.12	455.2968	3	18250.1878	Memenuhi

17. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 7

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	10.02	376.3336	3	1129.0008	Tidak Memenuhi
2		9.77	366.9421	3	2229.8272	Tidak Memenuhi
3		9.52	357.5507	3	3302.4793	Tidak Memenuhi
4		9.27	348.1593	3	4346.9572	Tidak Memenuhi
5		9.02	338.7678	3	5363.2607	Tidak Memenuhi
6		8.77	329.3764	3	6351.3899	Tidak Memenuhi
7		8.52	319.9850	2	6991.3599	Tidak Memenuhi
8		8.27	310.5935	2	7612.5470	Tidak Memenuhi
9		8.02	301.2021	2	8214.9512	Tidak Memenuhi
10		7.77	291.8107	2	8798.5725	Tidak Memenuhi
11		7.52	282.4192	2	9363.4110	Tidak Memenuhi
12		7.27	273.0278	2	9909.4666	Memenuhi

18. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 8

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	9.78	367.3929	3	1102.1788	Tidak Memenuhi
2		9.53	358.0015	3	2176.1833	Tidak Memenuhi
3		9.28	348.6101	3	3222.0135	Tidak Memenuhi
4		9.03	339.2186	3	4239.6694	Tidak Memenuhi
5		8.78	329.8272	3	5229.1510	Tidak Memenuhi
6		8.53	320.4358	3	6190.4583	Tidak Memenuhi
7		8.28	311.0443	2	6812.5470	Tidak Memenuhi
8		8.03	301.6529	2	7415.8527	Tidak Memenuhi
9		7.78	292.2615	2	8000.3757	Tidak Memenuhi
10		7.53	282.8700	2	8566.1157	Tidak Memenuhi
11		7.28	273.4786	2	9113.0729	Tidak Memenuhi
12		7.03	264.0872	2	9641.2472	Memenuhi

19. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 9

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	12.38	465.0639	3	1395.1916	Tidak Memenuhi
2		12.13	455.6724	3	2762.2089	Tidak Memenuhi
3		11.88	446.2810	3	4101.0518	Tidak Memenuhi
4		11.63	436.8896	3	5411.7205	Tidak Memenuhi
5		11.38	427.4981	3	6694.2149	Tidak Memenuhi
6		11.13	418.1067	3	7948.5349	Tidak Memenuhi
7		10.88	408.7153	3	9174.6807	Tidak Memenuhi
8		10.63	399.3238	3	10372.6521	Tidak Memenuhi
9		10.38	389.9324	3	11542.4493	Tidak Memenuhi
10		10.13	380.5409	3	12684.0721	Tidak Memenuhi
11		9.88	371.1495	2	13426.3711	Tidak Memenuhi
12		9.63	361.7581	2	14149.8873	Memenuhi

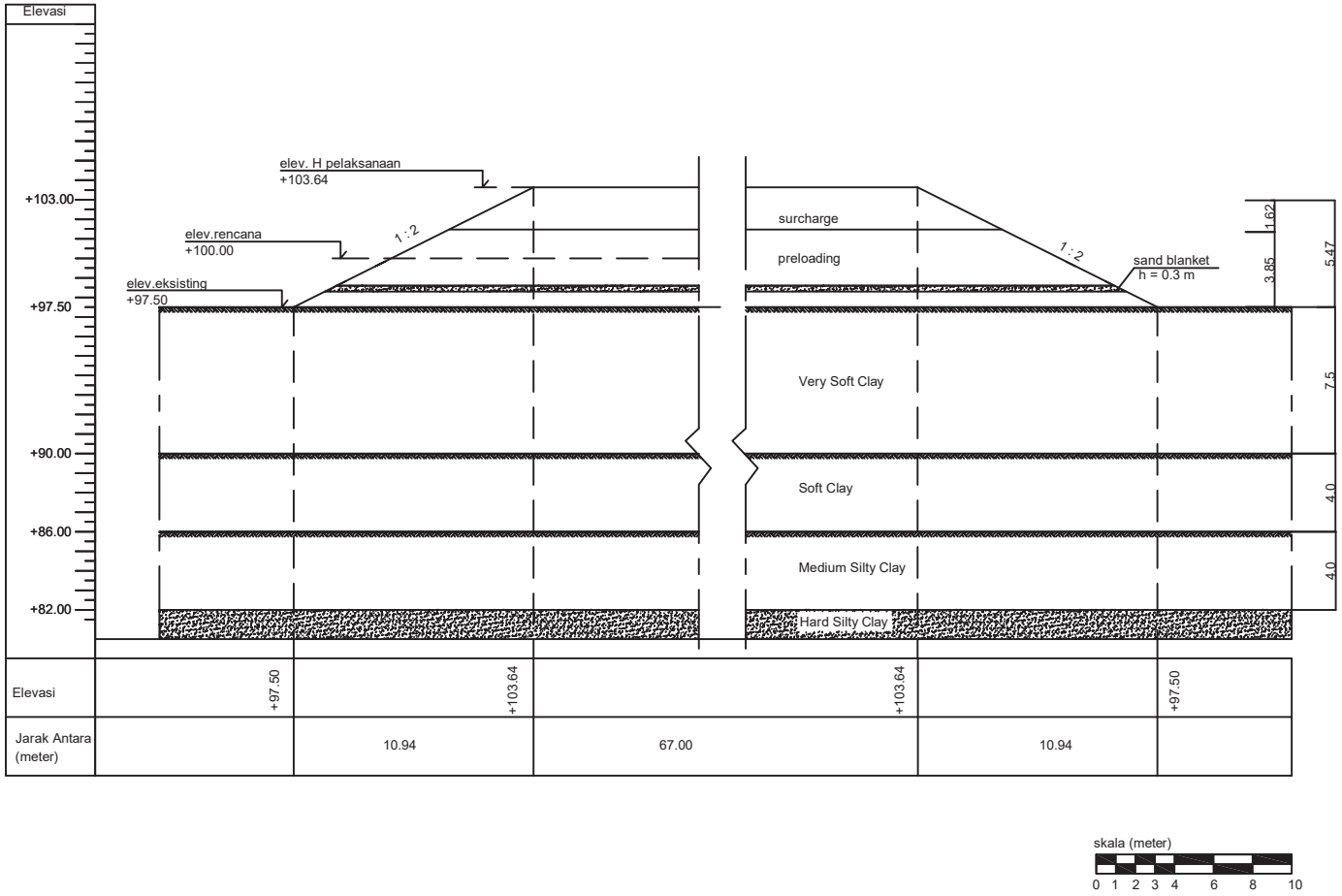
20. Kebutuhan geotextile MAT Tinggi , kondisi 10

Lapisan geotextile	Kuat tarik all geotextile	Ti (m)	Sisa timbunan	M Geotextile (KNm)	n	Mres kumulatif (KNm)	Keterangan
1	37.57	15.34	4.93	576.1458	4	2304.5830	Tidak Memenuhi
2		15.09	4.68	566.7543	3	4004.8460	Tidak Memenuhi
3		14.84	4.43	557.3629	3	5676.9346	Tidak Memenuhi
4		14.59	4.18	547.9715	3	7320.8490	Tidak Memenuhi
5		14.34	3.93	538.5800	3	8936.5890	Tidak Memenuhi
6		14.09	3.68	529.1886	3	10524.1548	Tidak Memenuhi
7		13.84	3.43	519.7971	3	12083.5462	Tidak Memenuhi
8		13.59	3.18	510.4057	3	13614.7633	Tidak Memenuhi
9		13.34	2.93	501.0143	3	15117.8062	Tidak Memenuhi
10		13.09	2.68	491.6228	3	16592.6747	Tidak Memenuhi
11		12.84	2.43	482.2314	3	18039.3689	Tidak Memenuhi
12		12.59	2.18	472.8400	3	19457.8888	Memenuhi

Kebutuhan Panjang Geotextile

Lapisan geotextile	Tall	SF	H timbunan	σ'n (t/m2)	τatas	τbawah	Le (meter)	Le pakai (meter)
1	3.76	1.5	4.93	9.128344	5.2703	1.4110	1.0542	1
2	3.76	1.5	4.68	8.665844	5.0032	5.0032	0.7039	1
3	3.76	1.5	4.43	8.203344	4.7362	4.7362	0.7436	1
4	3.76	1.5	4.18	7.740844	4.4692	4.4692	0.7880	1
5	3.76	1.5	3.93	7.278344	4.2022	4.2022	0.8381	1
6	3.76	1.5	3.68	6.815844	3.9351	3.9351	0.8950	1
7	3.76	1.5	3.43	6.353344	3.6681	3.6681	0.9601	1
8	3.76	1.5	3.18	5.890844	3.4011	3.4011	1.0355	1.1
9	3.76	1.5	2.93	5.428344	3.1341	3.1341	1.1237	1.2
10	3.76	1.5	2.68	4.965844	2.8670	2.8670	1.2284	1.3
11	3.76	1.5	2.43	4.503344	2.6000	2.6000	1.3545	1.4
12	3.76	1.5	2.18	4.040844	2.3330	2.3330	1.5096	1.6

Lapis	Le	Koord. Bid.longsor	Koord.tepi timbunan	Ld	Lo	Sv	Ltot
1	1.10	37.97	17.4	20.57	1.00	0.25	22.67
2	1.00	38.18	17.9	20.28	1.00	0.25	22.28
3	1.00	38.38	18.4	19.98	1.00	0.25	21.98
4	1.00	38.576	18.9	19.676	1.00	0.25	21.68
5	1.00	38.76	19.4	19.36	1.00	0.25	21.36
6	1.00	38.94	19.9	19.04	1.00	0.25	21.04
7	1.00	39.12	20.4	18.72	1.00	0.25	20.72
8	1.10	39.3	20.9	18.4	1.00	0.25	20.50
9	1.20	39.46	21.4	18.06	1.00	0.25	20.26
10	1.30	39.63	21.9	17.73	1.00	0.25	20.03
11	1.40	39.79	22.4	17.39	1.00	0.25	19.79
12	1.60	39.94	22.9	17.04	1.00	0.25	19.64



GEOMETRI TIMBUNAN

PROGRAM STUDI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBE
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Penentuan Harga Cv Gabungan Lapangan dari Tes Trial Embankment d Pemanfaatannya Untuk Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dengan Metod Preloading Kombinasi PVD pada Proye Persiapan Lahan KIE Bontang

NAMA GAMBAR

Geometri Timbunan

SKALA GAMBAR

1 : 1000

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBA
01	06

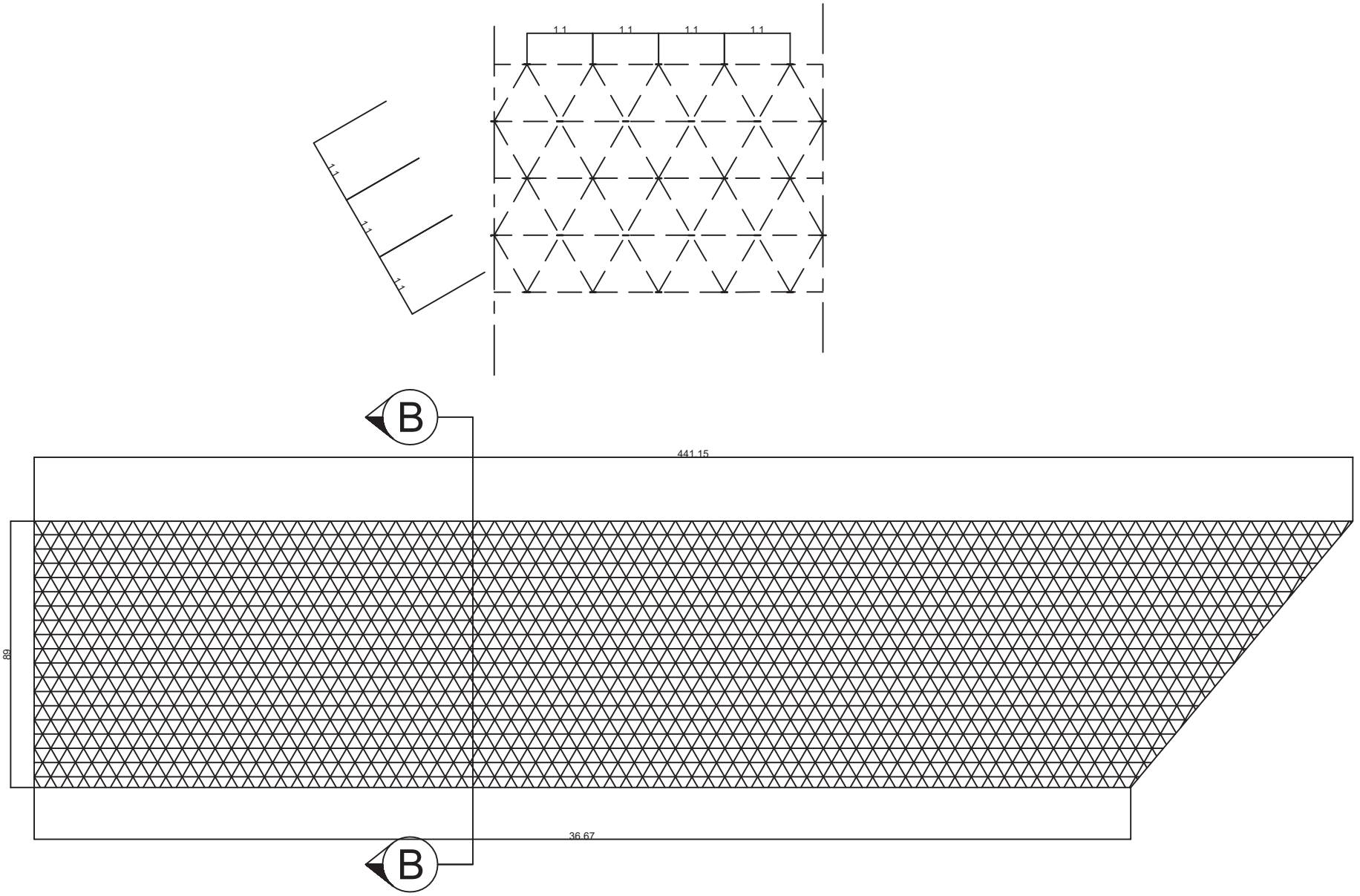
DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi

NAMA MAHASISWA
NRP

Marvin Gunawan
3114 106 041



LAYOUT
PEMASANGAN PVD

PROGRAM STUDI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBE
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Penentuan Harga Cv Gabungan Lapangan dari Tes Trial Embankment d Pemanfaatannya Untuk Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dengan Metod Preloading Kombinasi PVD pada Proye Persiapan Lahan KIE Bontang

NAMA GAMBAR

Layout Pemasangan PVD

SKALA GAMBAR

1 : 1000

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBA
02	06

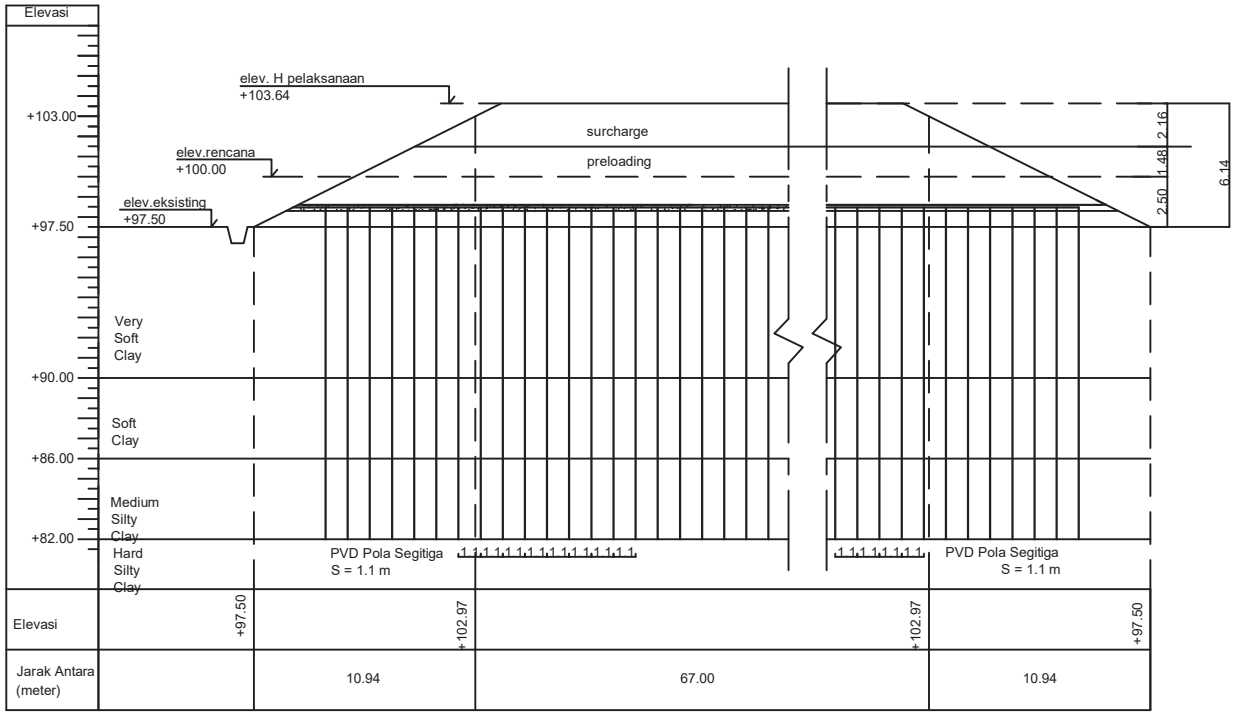
DOSEN PEMBIMBING

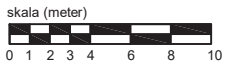
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi

NAMA MAHASISWA
NRP

Marvin Gunawan
3114 106 041





POTONGAN B-B

PROGRAM STUDI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBE
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Penentuan Harga Cv Gabungan Lapangan dari Tes Trial Embankment d Pemanfaatannya Untuk Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dengan Metod Preloading Kombinasi PVD pada Proye Persiapan Lahan KIE Bontang

NAMA GAMBAR

Pemasangan PVD

SKALA GAMBAR

1 : 1000

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBA
03	06

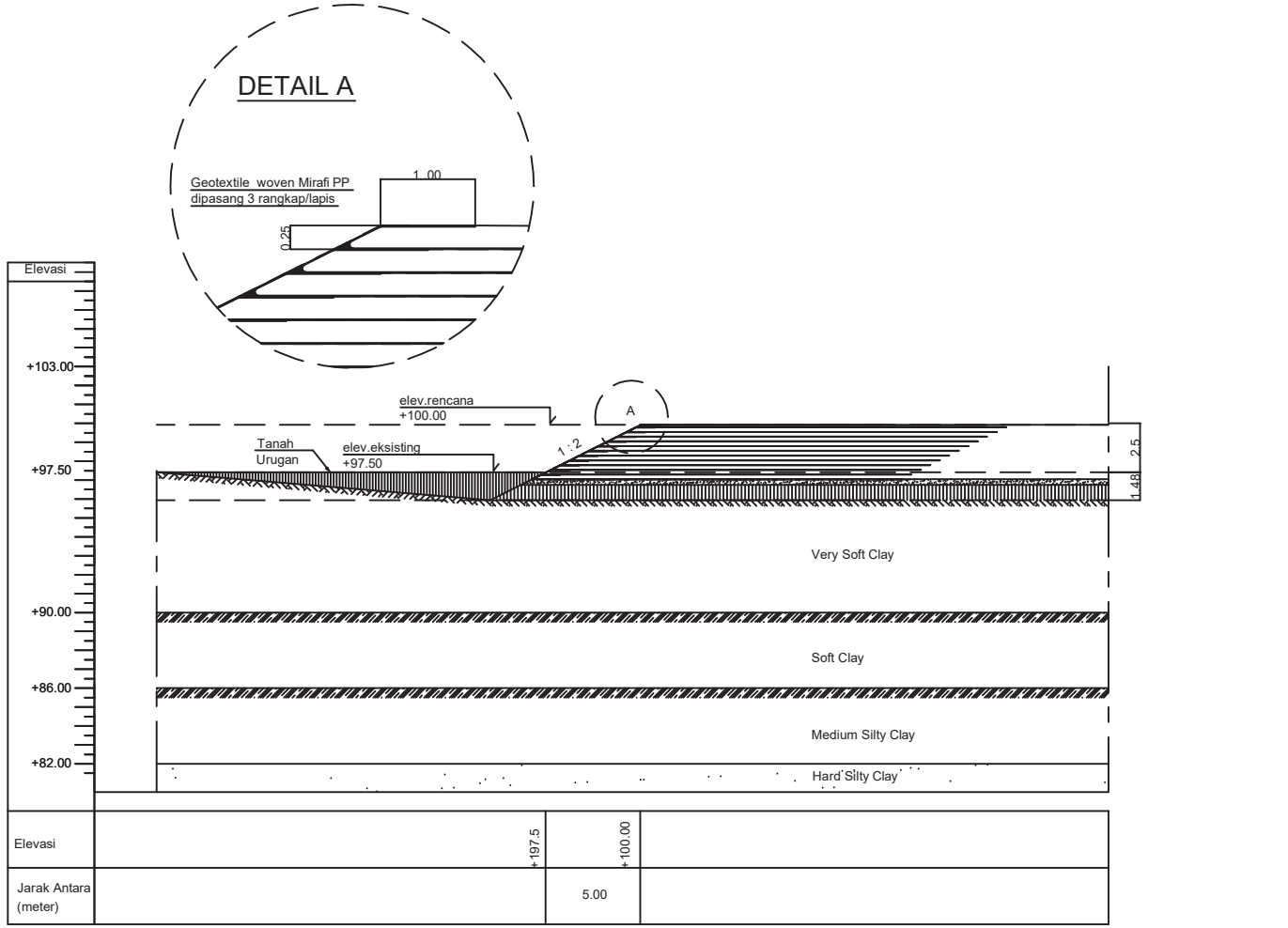
DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi

NAMA MAHASISWA
NRP

Marvin Gunawan
3114 106 041



skala (meter)

0 1 2 3 4 6 8 10

PEMASANGAN GEOTEXTILE

PROGRAM STUDI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBE
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Penentuan Harga Cv Gabungan Lapangan dari Tes Trial Embankment d Pemanfaatannya Untuk Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dengan Metod Preloading Kombinasi PVD pada Proye Persiapan Lahan KIE Bontang

NAMA GAMBAR

Pemasangan Geotextile

SKALA GAMBAR

1 : 1000

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBA
04	06

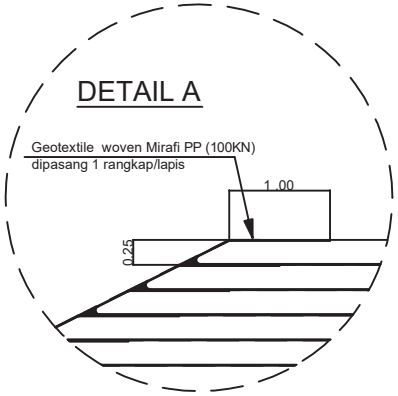
DOSEN PEMBIMBING

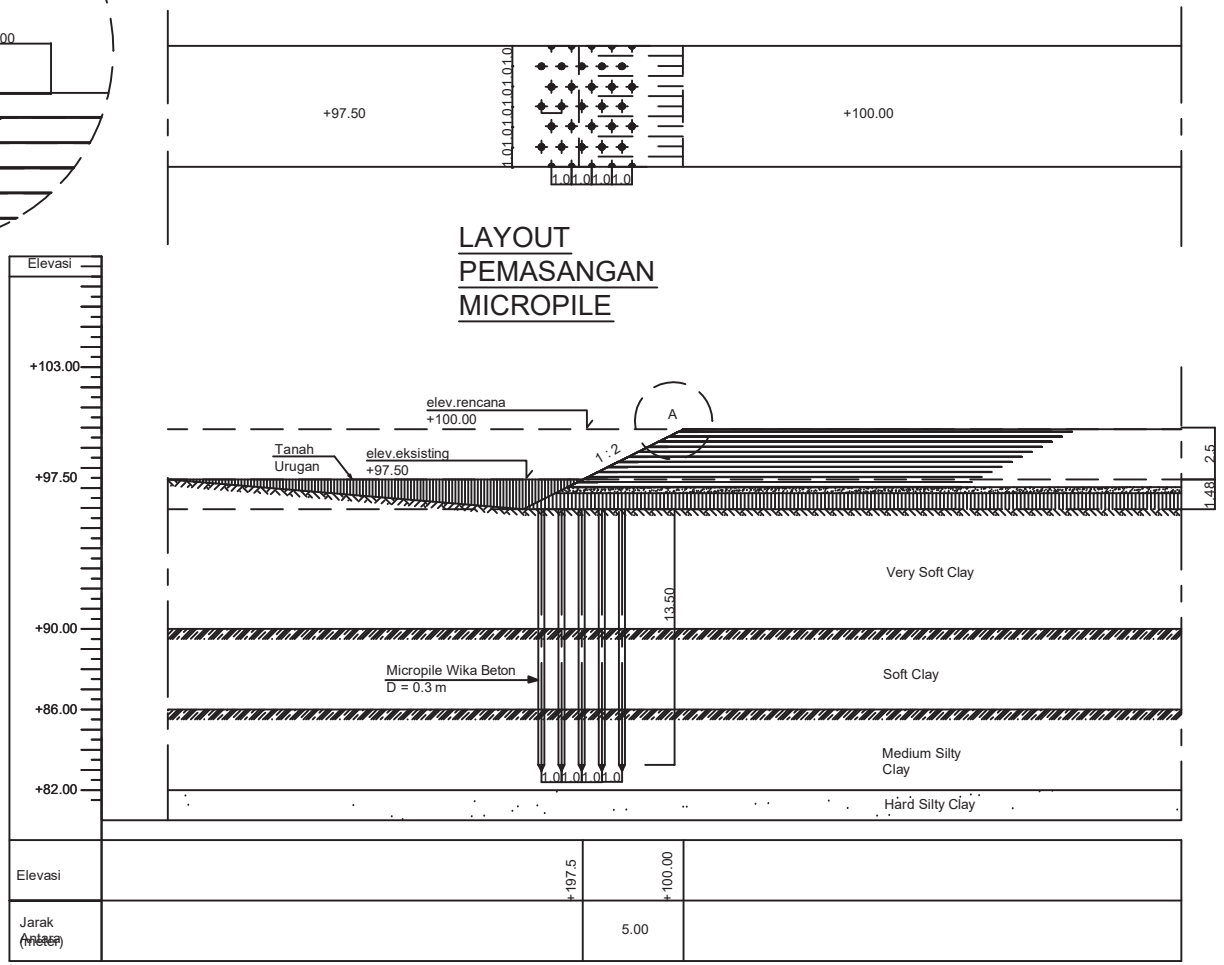
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

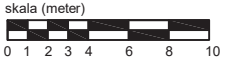
Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi

NAMA MAHASISWA
NRP

Marvin Gunawan
3114 106 041







PEMASANGAN GEOTEXTILE DAN MICROPILE

PROGRAM STUDI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBE
SURABAYA

JUDUL TUGAS AKHIR

Penentuan Harga Cv Gabungan Lapangan dari Tes Trial Embankment d Pemanfaatannya Untuk Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dengan Metod Preloading Kombinasi PVD pada Proye Persiapan Lahan KIE Bontang

NAMA GAMBAR

Pemasangan Micropile dan geotextile

SKALA GAMBAR

1 : 1000

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBA
05	06

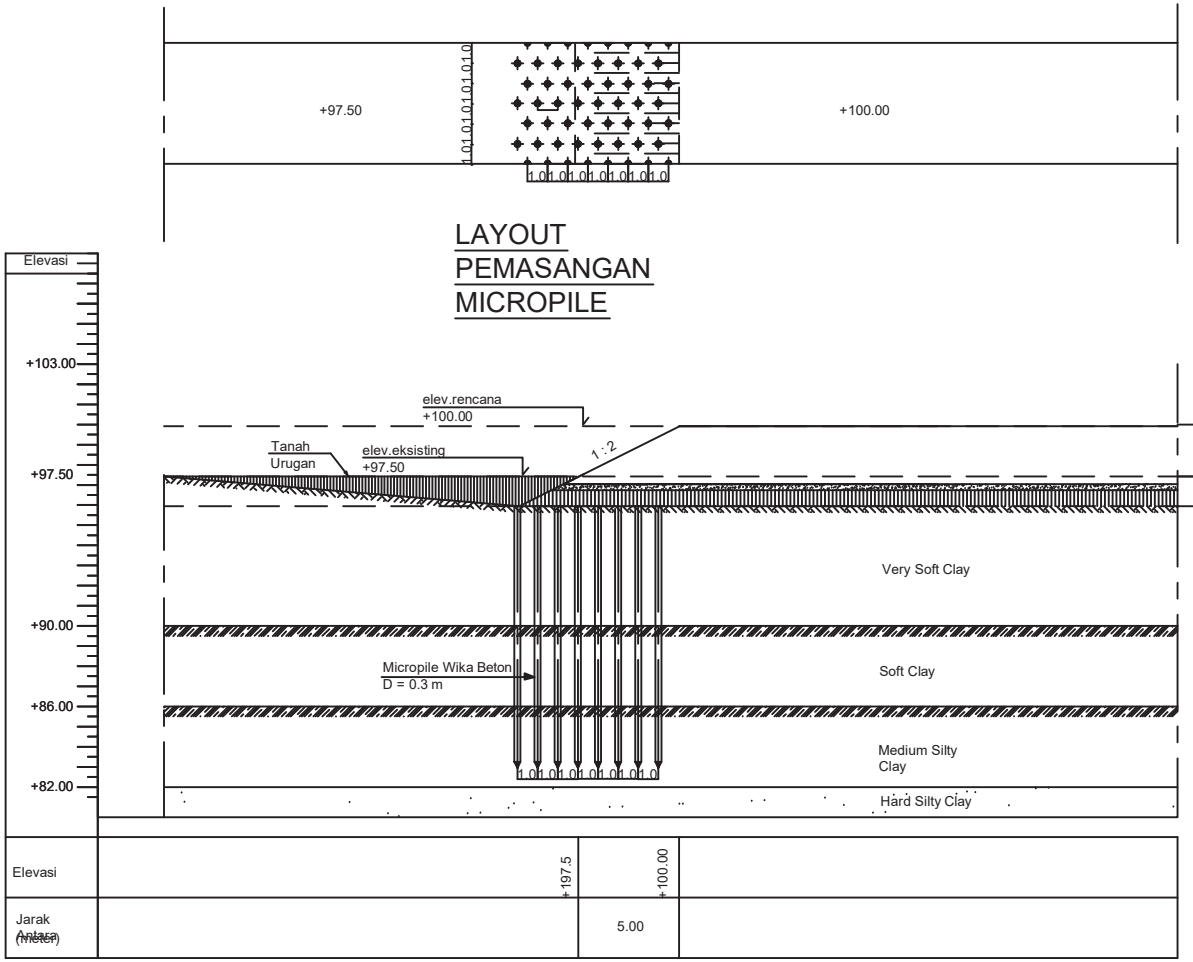
DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi

NAMA MAHASISWA
NRP

Marvin Gunawan
3114 106 041



skala (meter)

0 1 2 3 4 6 8 10

PEMASANGAN MICROPILE

PROGRAM STUDI S-1 LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBE
SURABAYA

01 JUDUL TUGAS AKHIR

Penentuan Harga Cv Gabungan Lapangan dari Tes Trial Embankment d Pemanfaatannya Untuk Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dengan Metod Preloading Kombinasi PVD pada Proye Persiapan Lahan KIE Bontang

NAMA GAMBAR

Pemasangan Micropile

SKALA GAMBAR

1 : 1000

NO GAMBAR	JUMLAH GAMBA
06	06

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

Prof.Dr.Ir.Herman Wahyudi

NAMA MAHASISWA
NRP

Marvin Gunawan
3114 106 041

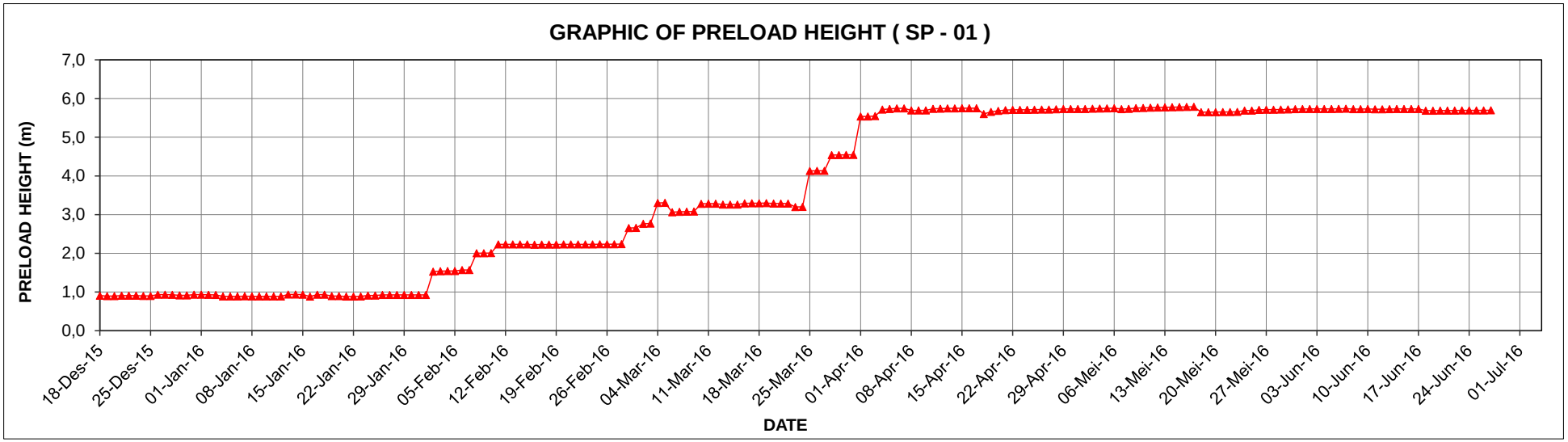
PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

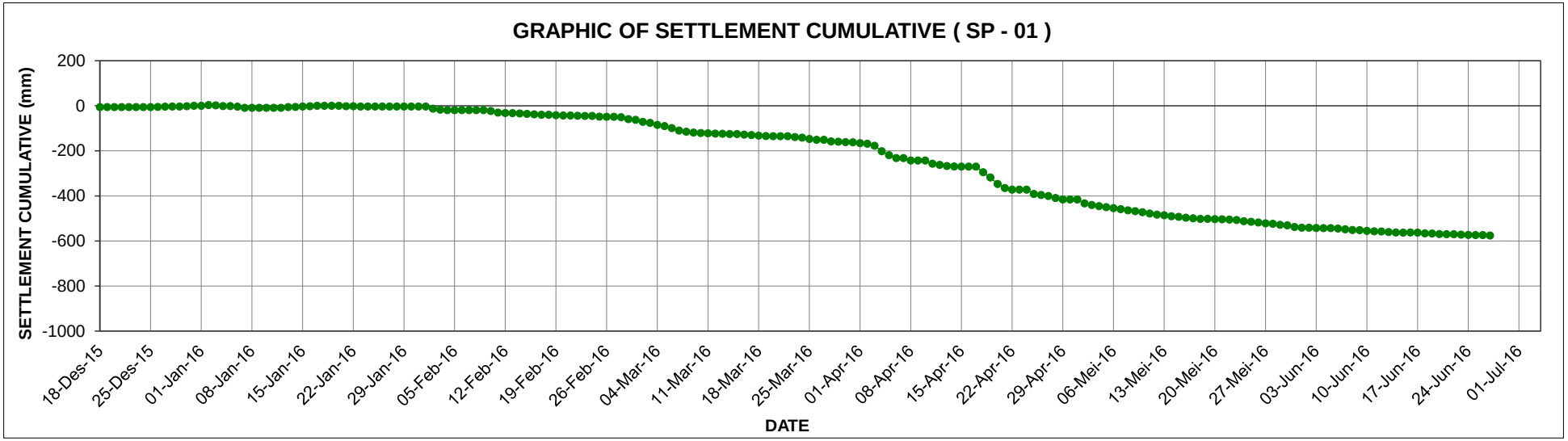
PROYEK
PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE
BONTANG - KALIMANTAN TIMUR
PEKERJAAN
MONITORING SETTLEMENT PLATE

GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 01)





PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

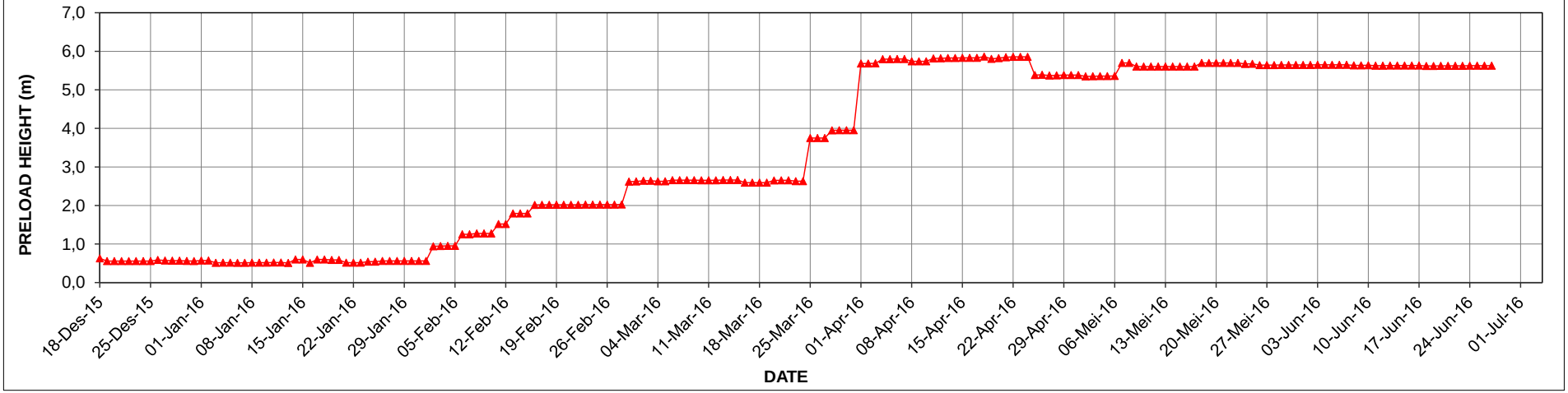
PROYEK
PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE
BONTANG - KALIMANTAN TIMUR
PEKERJAAN
MONITORING SETTLEMENT PLATE

GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

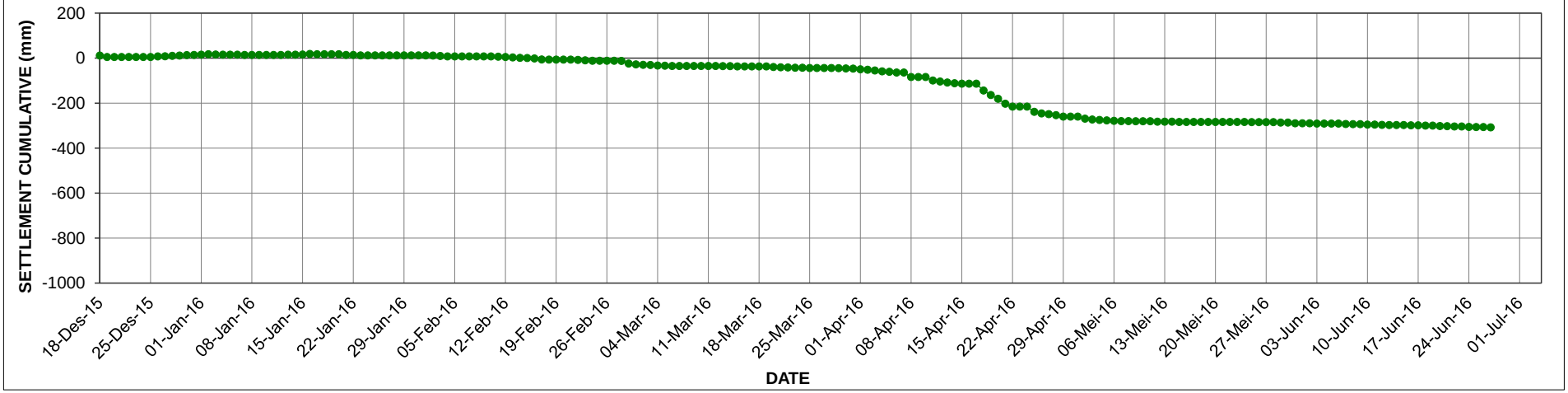
GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 02)

GRAPHIC OF PRELOAD HEIGHT (SP - 02)



GRAPHIC OF SETTLEMENT CUMULATIVE (SP - 02)



PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

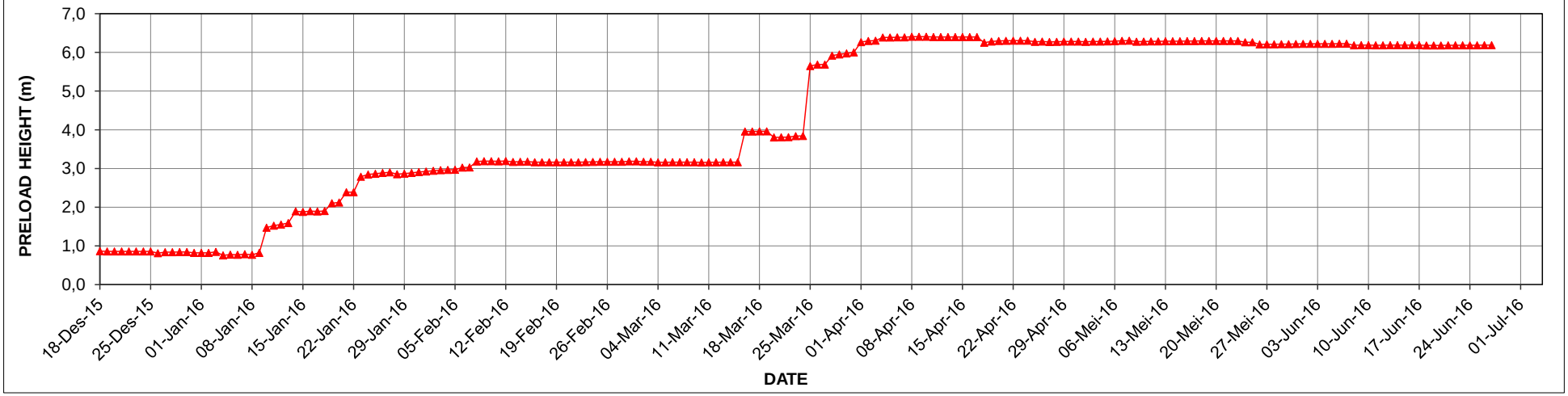
PROYEK
PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE
BONTANG - KALIMANTAN TIMUR
PEKERJAAN
MONITORING SETTLEMENT PLATE

GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

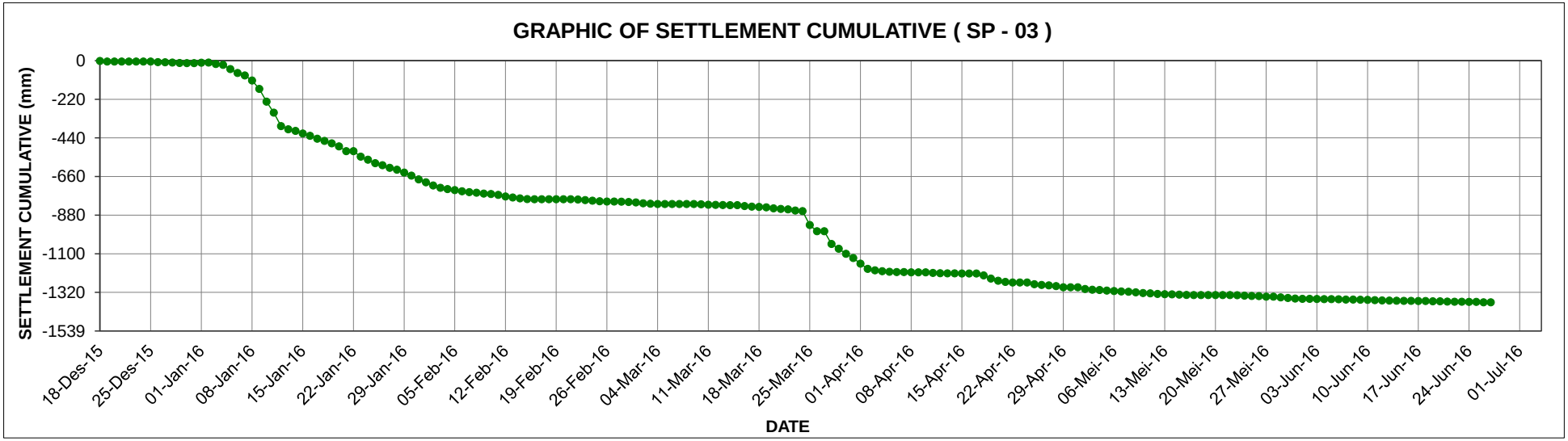
GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 03)

GRAPHIC OF PRELOAD HEIGHT (SP - 03)



GRAPHIC OF SETTLEMENT CUMULATIVE (SP - 03)



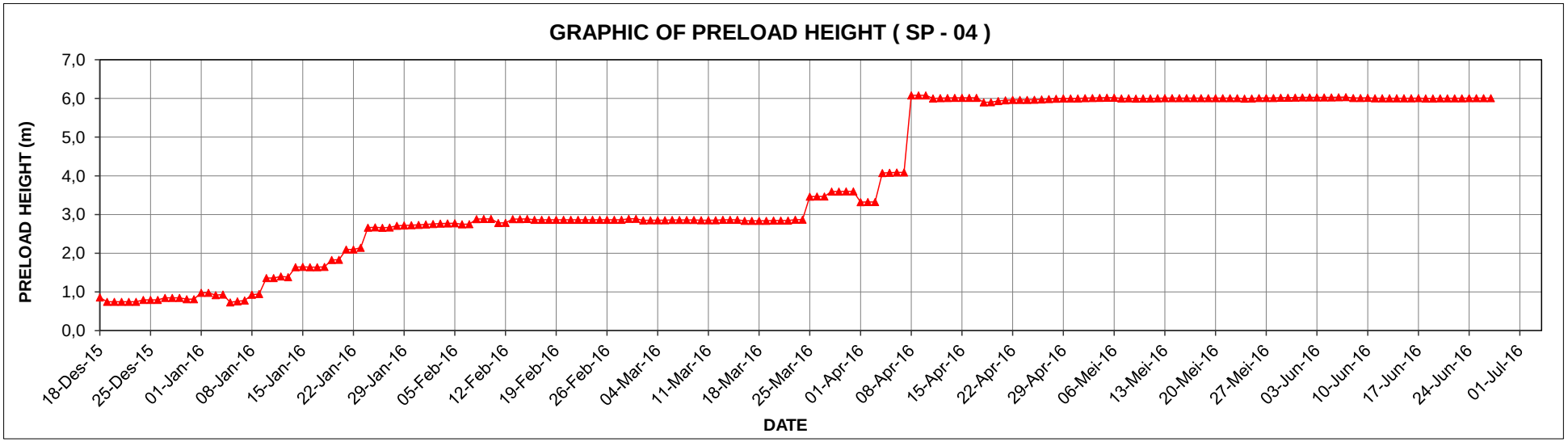
PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

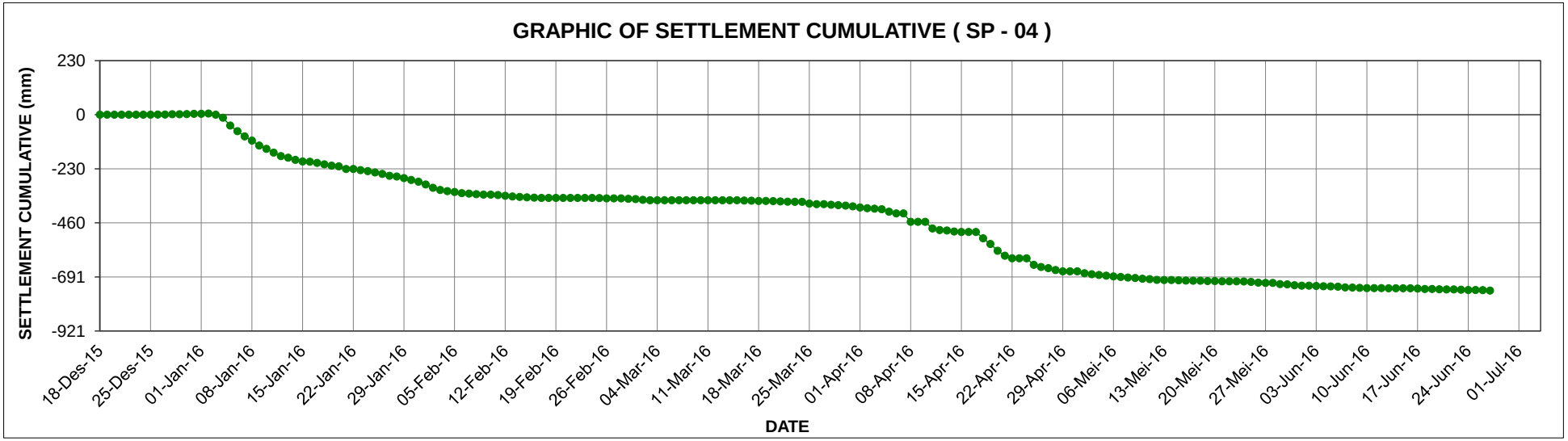
PROYEK
PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE
BONTANG - KALIMANTAN TIMUR
PEKERJAAN
MONITORING SETTLEMENT PLATE

GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 04)





PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

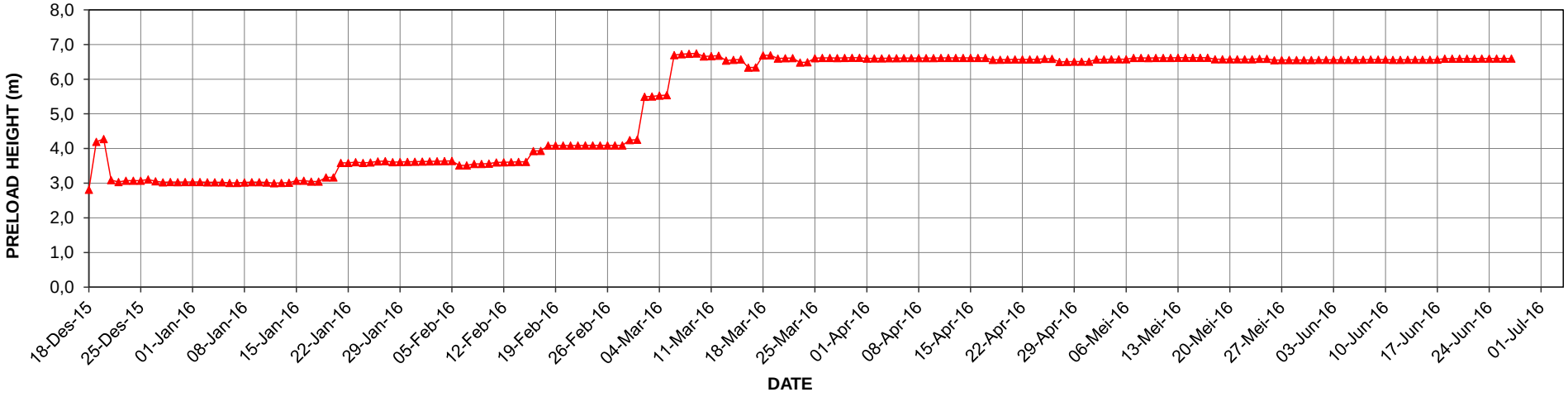
PROYEK
PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE
BONTANG - KALIMANTAN TIMUR
PEKERJAAN
MONITORING SETTLEMENT PLATE

GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

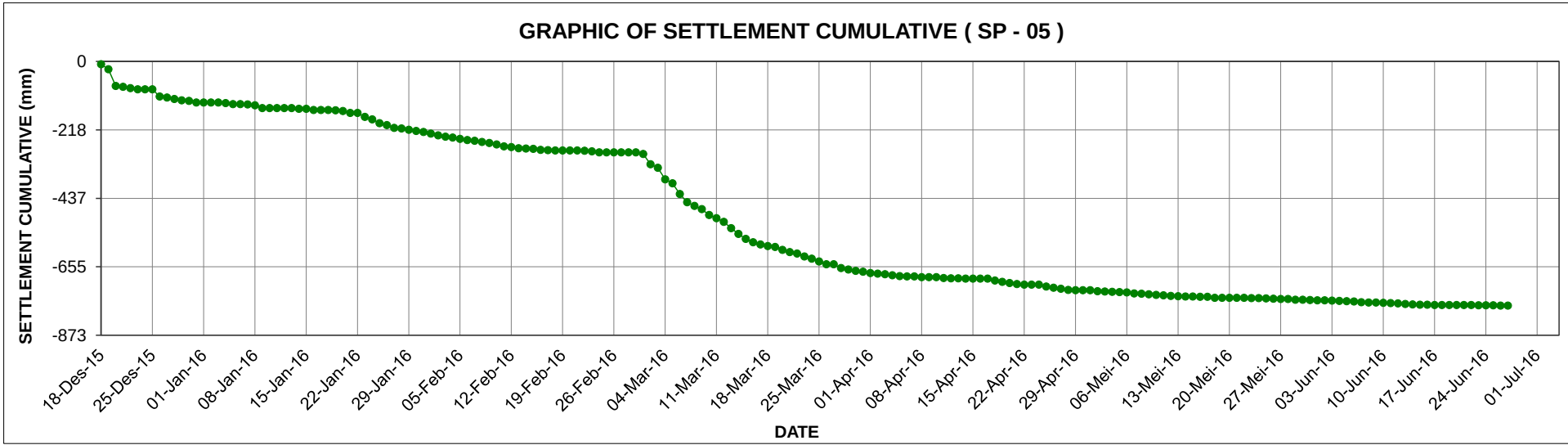
GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 05)

GRAPHIC OF PRELOAD HEIGHT (SP - 05)



GRAPHIC OF SETTLEMENT CUMULATIVE (SP - 05)



PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

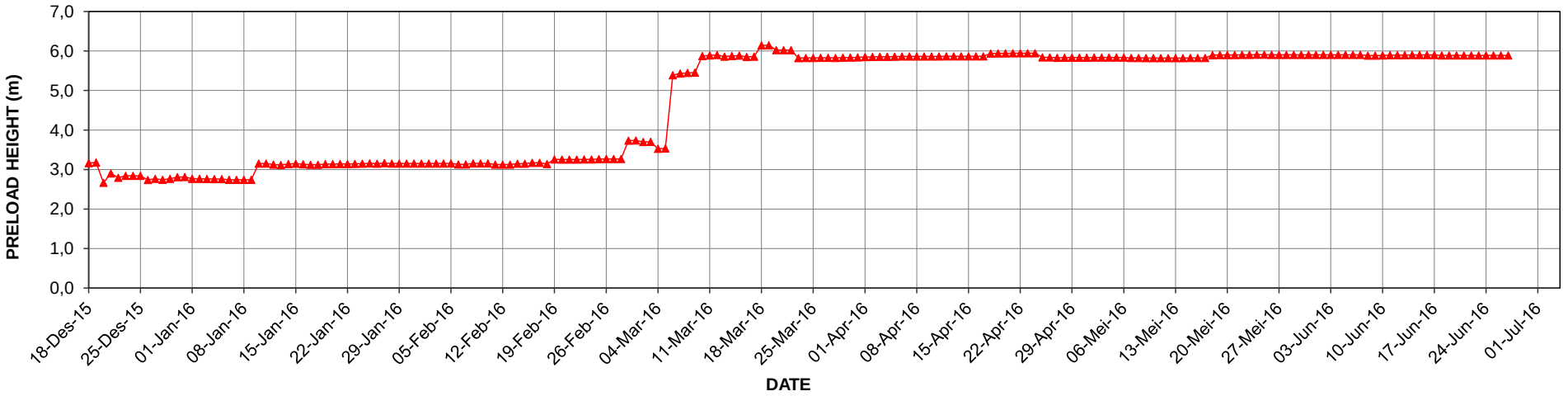
PROYEK
PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE
BONTANG - KALIMANTAN TIMUR
PEKERJAAN
MONITORING SETTLEMENT PLATE

GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

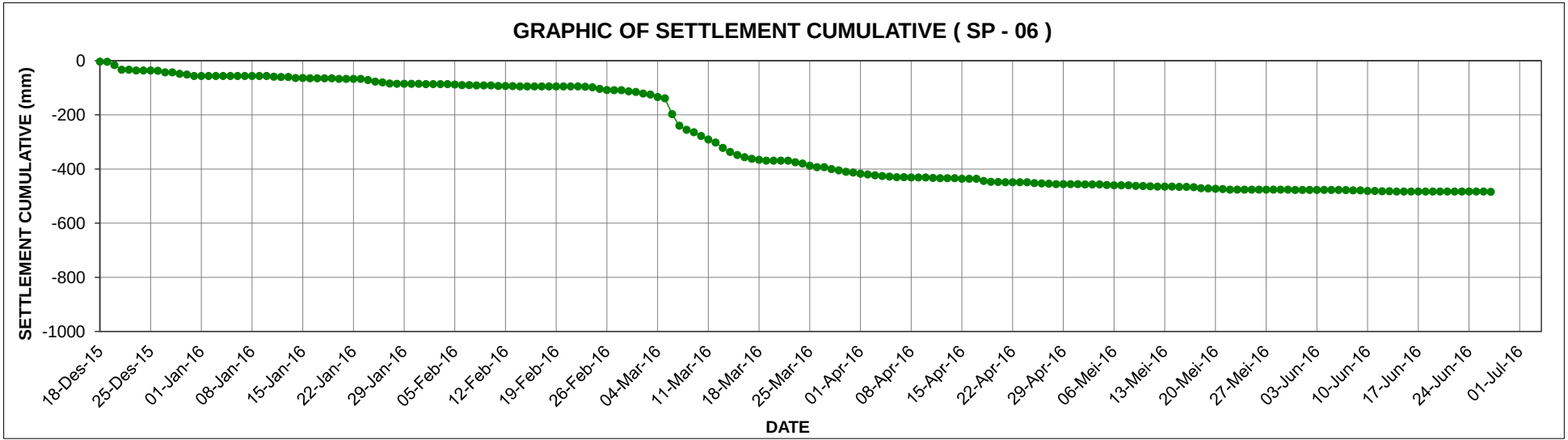
GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 06)

GRAPHIC OF PRELOAD HEIGHT (SP - 06)



GRAPHIC OF SETTLEMENT CUMULATIVE (SP - 06)



PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

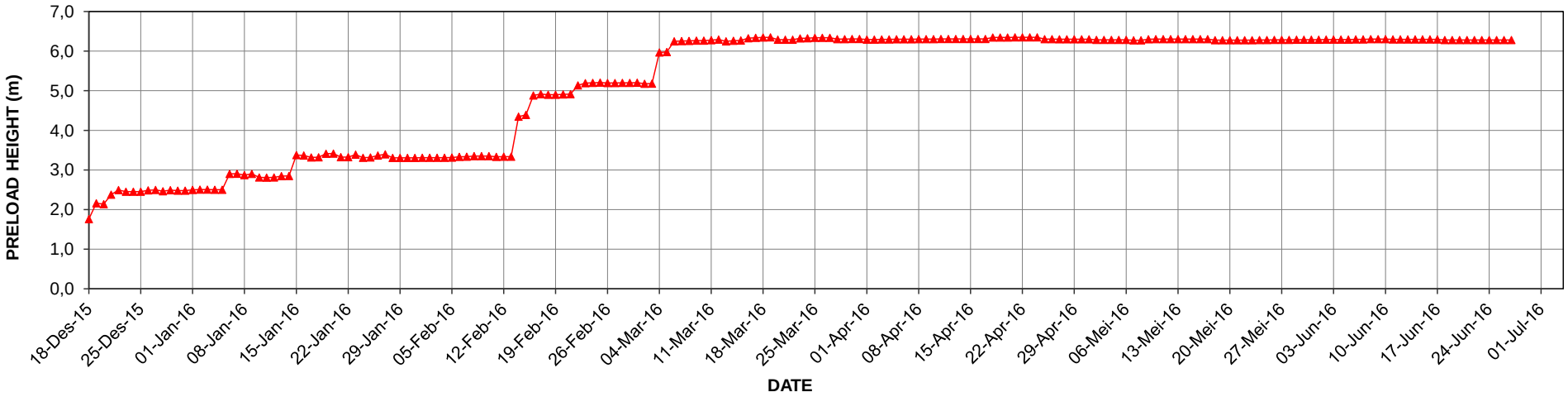
PROYEK
PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE
BONTANG - KALIMANTAN TIMUR
PEKERJAAN
MONITORING SETTLEMENT PLATE

GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

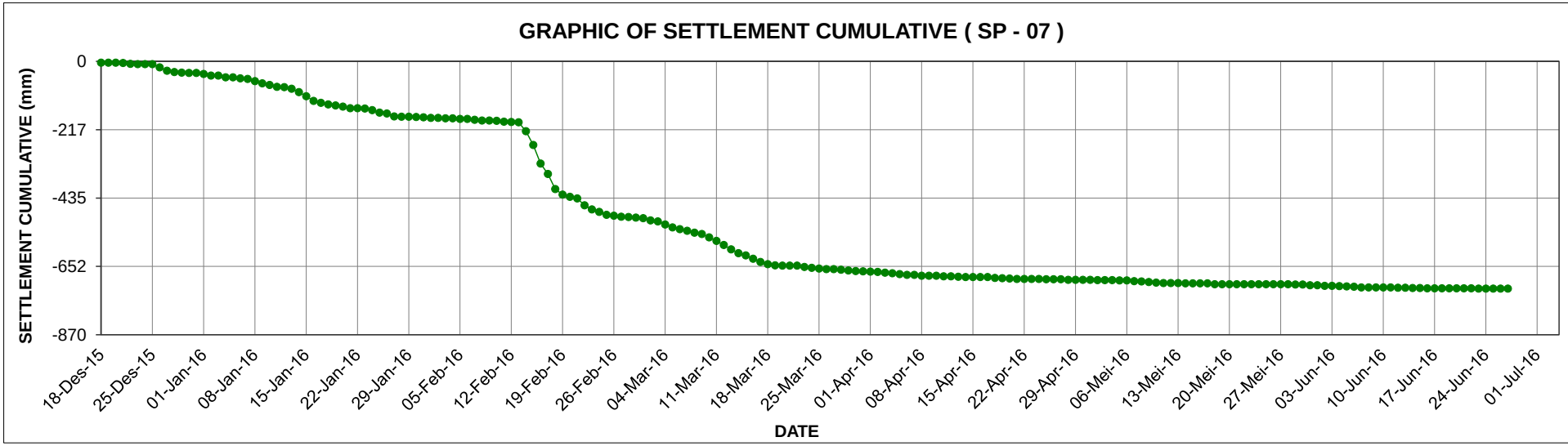
GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 07)

GRAPHIC OF PRELOAD HEIGHT (SP - 07)



GRAPHIC OF SETTLEMENT CUMULATIVE (SP - 07)



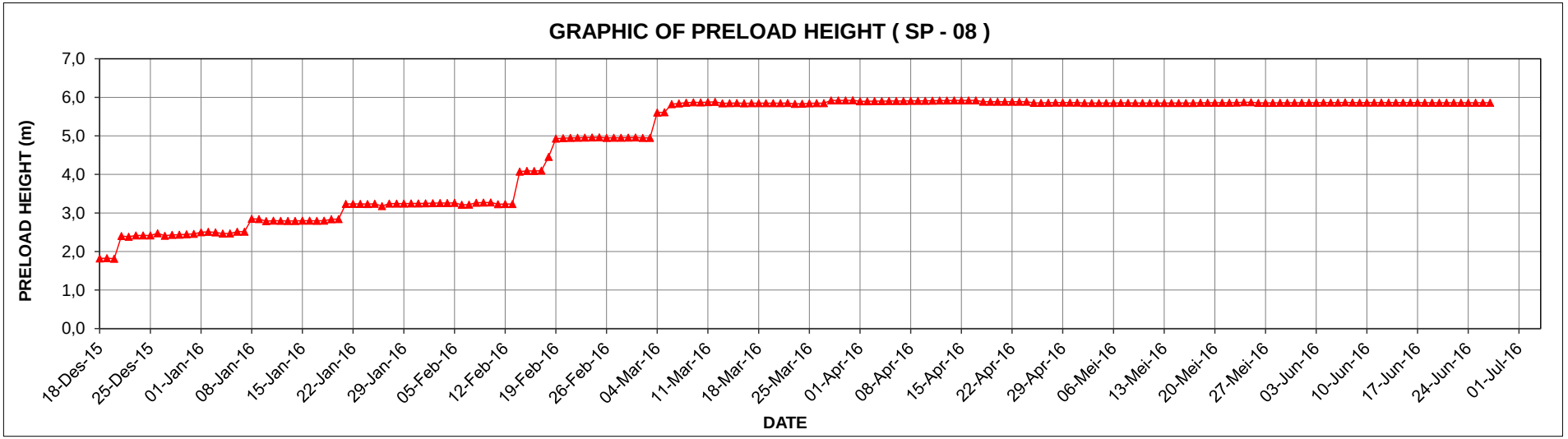
PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

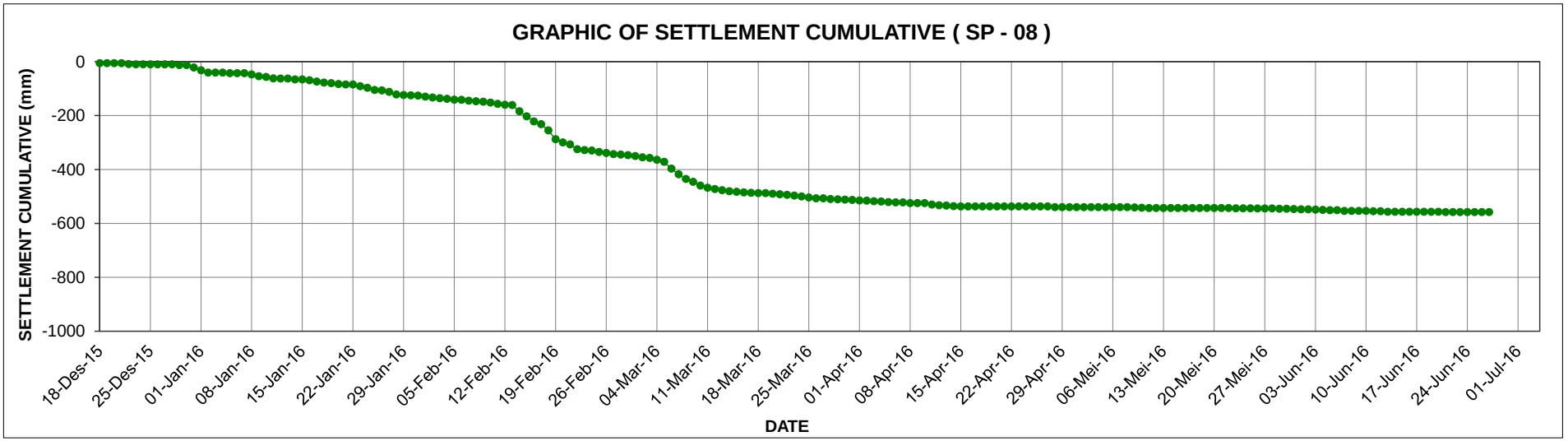
PROYEK
PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI PT KALTIM INDUSTRIAL ESTATE
BONTANG - KALIMANTAN TIMUR
PEKERJAAN
MONITORING SETTLEMENT PLATE

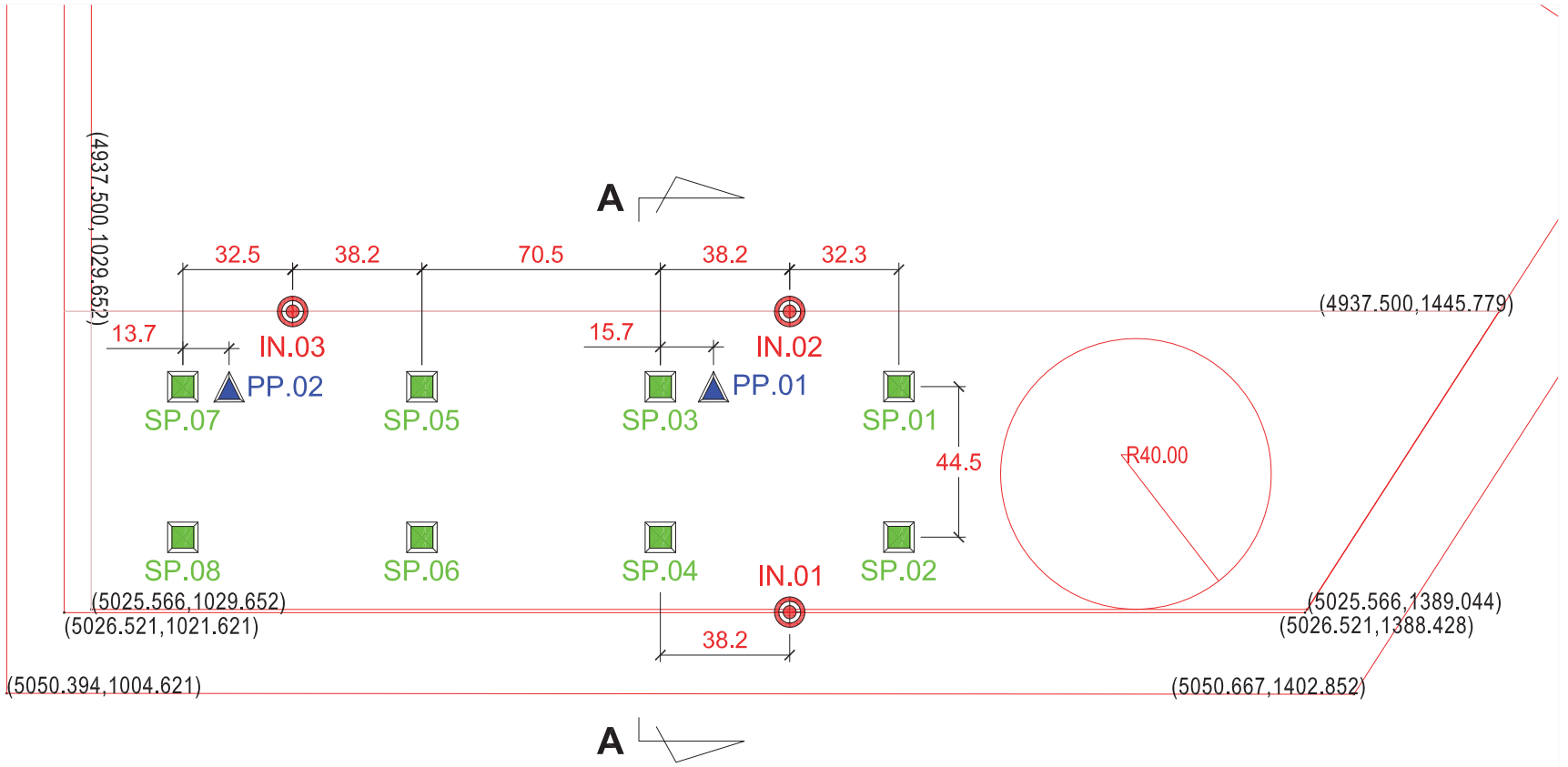
GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 08)







ITEM	KOORDINAT (SP)	TGL INSTALL
SP.01	PN : 1268.3564 PE : 4959.7103	---
SP.02	PN : 1268.3564 PE : 5004.2207	---
SP.03	PN : 1197.8605 PE : 4959.7552	---
SP.04	PN : 1197.8605 PE : 5004.2657	---
SP.05	PN : 1127.3647 PE : 4959.7552	---
SP.06	PN : 1127.3647 PE : 5004.2657	---
SP.07	PN : 1056.8689 PE : 4959.7552	---
SP.08	PN : 1056.8689 PE : 5004.2657	---

ITEM	KOORDINAT (PP)	TGL INSTALL
PP.01	PN : 1213.5800 PE : 4959.7552	19 Jan 2016
PP.02	PN : 1070.4300 PE : 4959.7552	10 Des 2015

ITEM	KOORDINAT (IN)	TGL INSTALL
IN.01	PN : 1236.0753 PE : 5026.5209	07 Des 2015
IN.02	PN : 1236.0753 PE : 4937.5000	08 Des 2015
IN.03	PN : 1089.1500 PE : 4937.5000	11 Des 2015

PEMILIK PROYEK :

PT. KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

PROYEK :

PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI (PLI)
TANJUNG HARAPAN- BONTANG

PEKERJAAN :

PEMASANGAN PVD & INSTRUMEN GEOTEKNIK

LOKASI :

BONTANG - KALIMANTAN TIMUR

NO	TGL	REVISI
R.00	24-10-2015	

KETERANGAN :

- SETTLEMENT PLATE (8 Titik)
- PNEUMATIC PIEZOMETER (2 titik)
- INCLINOMETER (3 Titik)

AS BUILT DRAWING

JUDUL GAMBAR :

PLAN PEMASANGAN INSTRUMEN

DISETUJUI OLEH :

PT. KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

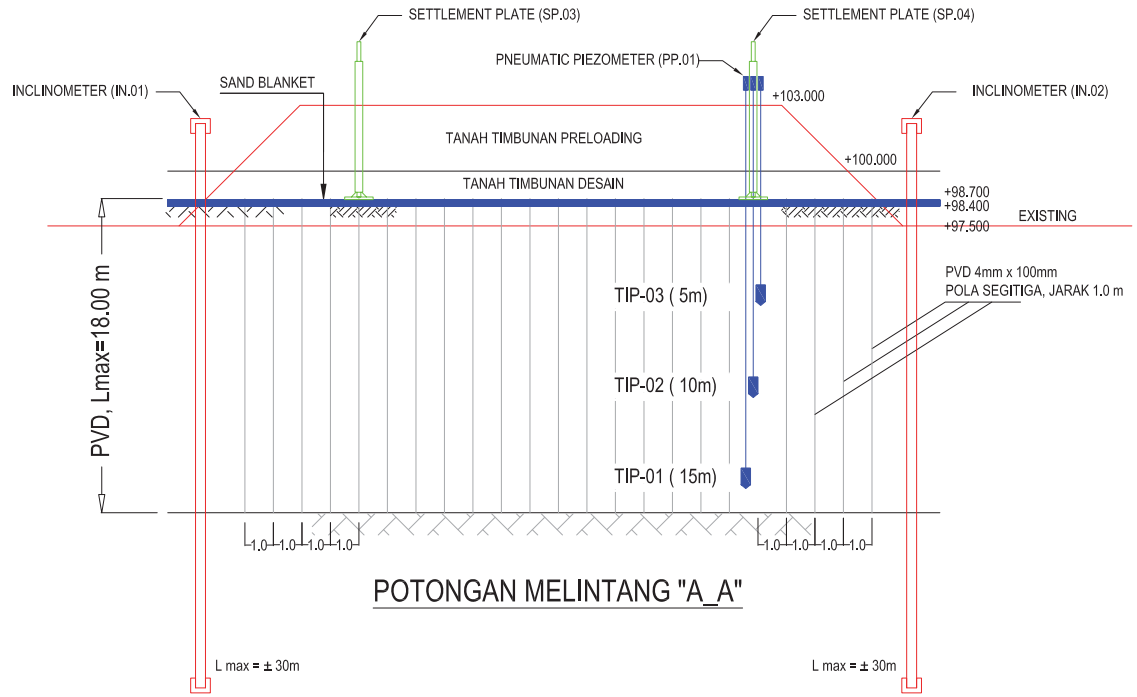
KONTRAKTOR SPESIALIS :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL
Gedung Wisma SIER lantai 1
JL Rungkut Industri Raya No. 10
Surabaya - 60293

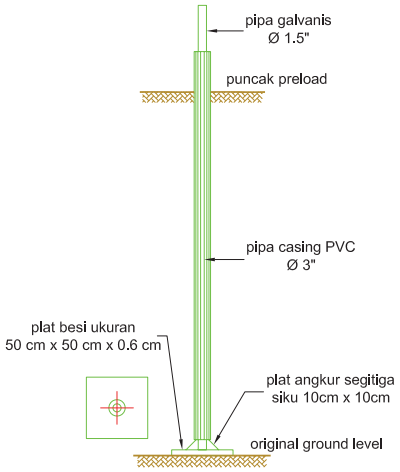
GEOSISTEM

DIBUAT OLEH :	DIPERIKSA OLEH :	DIAJUKAN OLEH :
Danang Arifiyanto Engineer	M. Ariefin Kabag. Instrumen	Slamet Hariyanto Manajer Instrumen

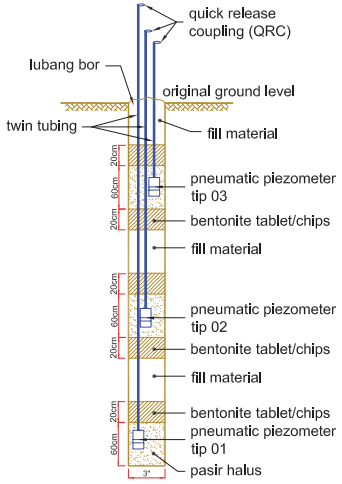
KODE GAMBAR	LEMBAR
GEO/KIN/P-081-2015/ABD-00	1 DARI 2



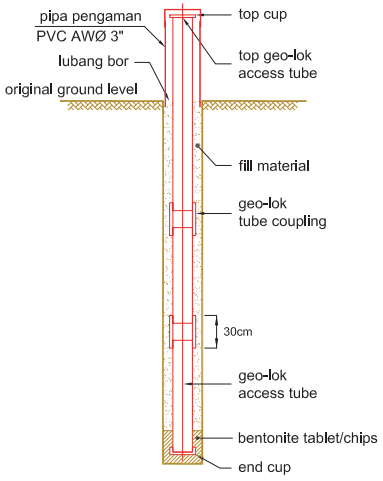
POTONGAN MELINTANG "A_A"



DETAIL PEMASANGAN
SETTLEMENT PLATE



DETAIL PEMASANGAN
PNEUMATIC PIEZOMETER



DETAIL PEMASANGAN
INCLINOMETER

PEMILIK PROYEK :

PT. KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

PROYEK :

PENYIAPAN LAHAN INDUSTRI (PLI)
TANJUNG HARAPAN- BONTANG

PEKERJAAN :

PEMASANGAN PVD & INSTRUMEN GEOTEKNIK

LOKASI :

BONTANG - KALIMANTAN TIMUR

NO	TGL	REVISI
R.00	24-10-2015	

KETERANGAN :

AS BUILT DRAWING

JUDUL GAMBAR :

DETAIL PEMASANGAN INSTRUMEN

DISETUJUI OLEH :

PT. KALTIM INDUSTRIAL ESTATE

KONTRAKTOR SPESIALIS :

PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL
Gedung Wisma SIER lantai 1
JL Rungkut Industri Raya No. 10
Surabaya - 60293

GEOSISTEM

DIBUAT OLEH :	DIPERIKSA OLEH :	DIAJUKAN OLEH :
Danang Arifiyanto Engineer	M. Ariefin Kabag. Instrumen	Slamet Hariyanto Manajer Instrumen

KODE GAMBAR	LEMBAR
GEO/KIN/P-081-2015/ABD-00	2 DARI 2

MIRAFI® HP & PP

Mirafi® HP and PP are woven Geotextiles made from polypropylene fibrillated filaments. Mirafi® HP and PP Geotextiles are manufactured using highly specialized fiber technology and processes to produce a range of versatile woven Geotextiles that are multi-functional, durable, and robust for a wide range of construction applications that are either not possible or inadequately served using conventional low strength Geotextiles. Mirafi® HP and PP Geotextiles combine high strength, high permeability, and excellent survivability to perform in a wide range of engineering solutions. Mirafi® HP has tensile strength range from 35 to 95 kN/m, while Mirafi® PP has a range from 100 kN/m to 200 kN/m.

Mirafi® HP dan PP merupakan Geotekstil woven terbuat dari filamen polypropylene yang terfibrilasi. Mirafi® HP dan PP dibuat menggunakan teknologi khusus fiber untuk menghasilkan suatu rentang produk Geotekstil yang multifungsi, tahan lama, dan kaku untuk diaplikasikan pada berbagai jenis konstruksi yang tidak dapat diselesaikan dengan Geotekstil konvensional berkekuatan rendah. Mirafi® HP dan PP menggabungkan kekuatan tinggi, permeabilitas tinggi, dan ketahanan tinggi untuk performa yang baik di berbagai solusi teknik. Mirafi® HP mempunyai kuat tarik dari 35 sampai 95 kN/m, sedangkan Mirafi® PP berkisar antara 100 kN/m sampai 200 kN/m.

Product Types:

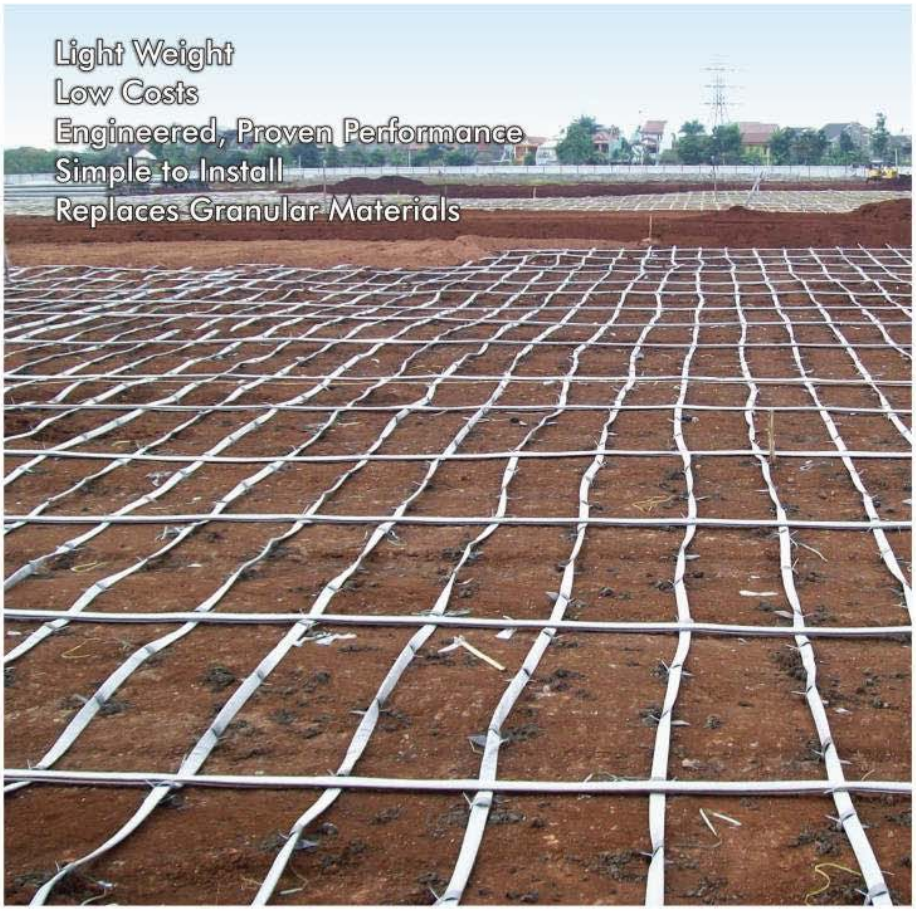
- Mirafi® HP270
- Mirafi® HP340
- Mirafi® HP370
- Mirafi® HP465
- Mirafi® HP470
- Mirafi® HP570
- Mirafi® HP580
- Mirafi® HP665
- Mirafi® PP100S
- Mirafi® PP120-40
- Mirafi® PP120S
- Mirafi® PP200-40
- Mirafi® PP200S
- Mirafi® PPW100
- Mirafi® PPW150
- Mirafi® PPW200
- Mirafi® PPW250
- Mirafi® PPW300
- Mirafi® PPW325
- Mirafi® PPW350

Applications:

- *Road Constructions* / Konstruksi Jalan
- *Basal Reinforcements* / Perkuatan Dasar Timbunan
- *Slope and Wall Reinforcements* / Perkuatan Lereng dan Dinding Penahan
- *Reclamations and Breakwaters* / Reklamasi dan Pemecah Gelombang
- *Storage and Container Yards* / Lahan Penumpukan Kontainer
- *Railway and Airfield Constructions* / Konstruksi Jalan Rel dan Bandar Udara
- *Construction Platforms* / Lantai Kerja Konstruksi

CeTeau

HORIZONTAL
STRIP
DRAIN



CeTeau Horizontal Composite Strip Drain

The use of CeTeau composite strip drains for lateral drainage on Prefabricated Vertical Drain (PVD) projects can provide a cost-effective, positive, and quantifiable alternative to the use of a sand or granular drainage blanket.

Strip drains or are placed under the surcharge to receive the flow from the vertical drains and conduct it laterally to discharge points at the edge of the surcharge. In most cases the installation of these alternatives are less expensive than a granular drainage blanket.

By providing a low resistance drainage path for relief of excess pore water pressures, vertical prefabricated drains (wick drains) drastically shorten consolidation times in soft cohesive soils. Used with a surcharge load, vertical drains are a cost-effective method for improving these soils. For vertical drains to function properly, a drainage path must be provided to receive flow from the drains and conduct it from under the surcharge to appropriate discharge points. This lateral drainage system must perform without applying excessive back-pressure to the vertical drains, thus delaying the consolidation process. The traditional method of providing lateral drainage has been to install a sand layer, usually about 1 m thick, under the surcharge.

Most of the conventional analyses overestimate the flow capacity of sand drainage blankets resulting in inadequate lateral drainage that, in a number of cases, has compromised the function of the vertical drain system. The use of composite strip drains can provide a very cost-effective, positive, and quantifiable alternative to the use of a sand or granular drainage blanket. Strip drains are placed under the surcharge to receive the flow from the vertical drains and conduct it laterally to discharge points at the edge of the surcharge. In the majority of cases the installation of these alternatives are significantly less expensive than a granular drainage blanket.

Other Applications

- Roads
- Embankments
- Slopes
- Sport fields, Golf courses
- Residential Gardens
- Landscaping

Agent & Distributor :

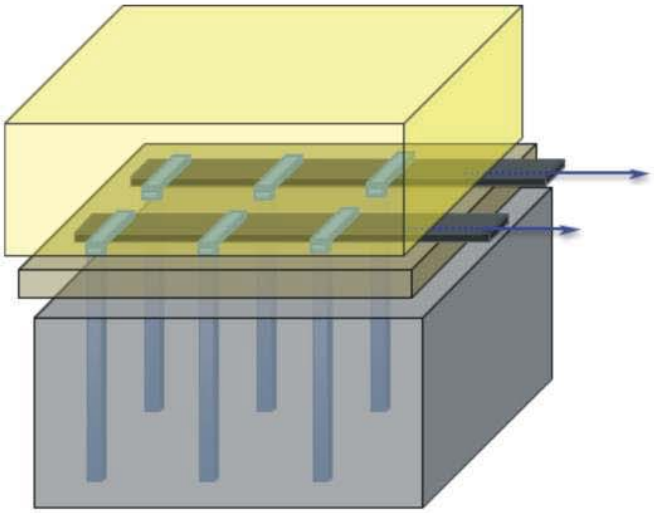
PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL
Wisma SIER Building, 1st Floor,
Jl. Rungkut Industri Raya 10, Surabaya 60293, Indonesia
Tel. +62-31-847 5062 Fax. +62-31-847 5063
Email : info@geosistem.co.id
Website : www.geosistem.co.id

GEOSISTEM CERTIFICATE NO. JKT 6013866 CERTIFICATE NO. JKT 6016676

CeTeau Horizontal Strip Drain

Installation method for CeTeau Horizontal Strip Drain applied as a conduit for Water discharged from Prefabricated Vertical Drains during ground improvement.

The horizontal drains shall be placed on the ground in their proper location with respect to the vertical drains, as in indicated on the plans. The horizontal drains shall be secured in this location by suitable means (staked, nailed, or held by mounded earth). The wick drain extensions shall be routed to the horizontal drains as indicated on the plans. The wick drains shall be securely attached to the horizontal drains (staked, nailed or held by mounded earth). Splices or connections in the drainage material shall be done in a workmanlike manner so as to insure continuity of the drain.



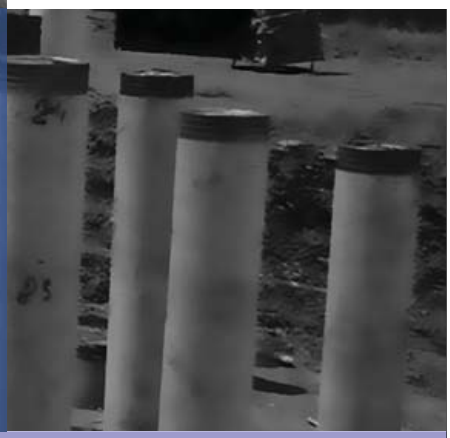
Schematic Representation

Properties	Test Method	Unit	CT-SD100-20	CT-SD100-30
Composite Drain				
Width	Nominal	mm	100	100
Thickness	ASTM D 5199	mm	20	30
Horizontal Permeability	ASTM D 4491	m/s	0.15	0.15
Discharge Capacity @1%	ASTM D 4716	m^3/s	$2.4*10^{-5}$	$3.6*10^{-5}$
Compressive Strength	ASTM D 1621	kN/m^2	600	600
Core				
Profile	-	-	Cuspated	Cuspated
Color	-	-	Black	Black
Material	-	-	HDPE	HDPE
Filter				
Material	-	-	PET	PET
UV Stabilized	-	-	yes	yes
Grab Strength	ASTM D 4632	N	>450	>450
Permeability	ASTM D 4491	m/s	$1.5*10^{-4}$	$1.5*10^{-4}$
Mass per Unit Area	ASTM D 4595	g/m^2	180	180

All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for. All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

PC PILES

WIKA BETON
Innovation and Trust



DESCRIPTION

Type of Piles	Prestressed Concrete Square Piles Prestressed Concrete Spun Piles Prestressed Concrete Spun Square Piles Prestressed Concrete Triangular Piles
System of Joints	Welded at steel joint plate
Type of Shoe	Concrete Pencil Shoe (Standard) for PC Spun Piles, Spun Square Pile & Square Piles Mamira Shoe (Special Order) for PC Spun Pile
Method of Driving	Dynamic Pile Driving : Diesel Hammer and Hydraulic Hammer Static Pile Driving : Hydraulic Static Pile Driver (Jacking Pile)

DESIGN & MANUFACTURING REFERENCE

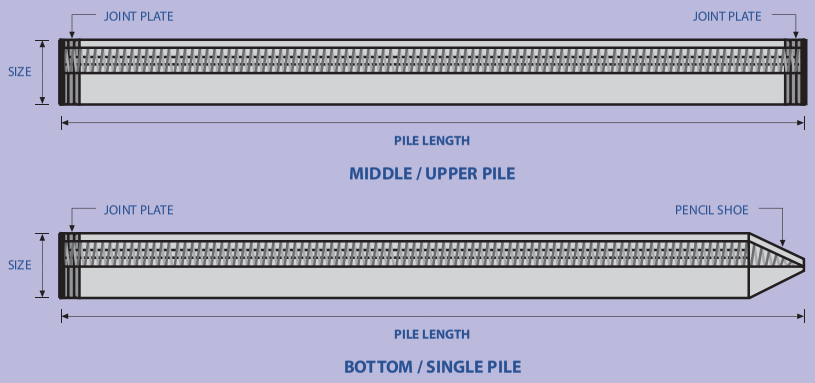
Design	ACI 543R - 00	Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles
	SNI 03 -2847 - 2002	Indonesian Standard Code for Concrete
Manufacturing	WB - PRD - PS - 16	Production Manufacturing Procedure

MATERIAL **SPECIFICATION**

ITEM	REFERENCE	DESCRIPTION	SPECIFICATION
Aggregate	ASTM C 33 / C 33M-11a	Standard Specification for Concrete Aggregates	
Cement	SNI 15 - 2049 - 2004	Portland Cement	Standard Product Type I Special Order : Type II or V
Admixture	ASTM C 494 / C 494M - 99a	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : High Range Water Reducing Admixture
Concrete	SNI 03 - 2834 - 1993 SNI 03 - 2493 - 1991	Concrete Mix Design Making and Curing Concrete Sample	
PC Strand	ASTM A 416 / A 416M - 99	Standard Specification for Steel Strand, Uncoated Seven-Wire for Prestressed Concrete	Grade 270 (Low Relaxation Type)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wires and Strands for Prestressed Concrete	SWPD1 (Deformed Wire Type)
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size-Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	Grade D - Class 1 - SBPD 1275/1420
Rebar	SNI 07 - 2052 - 2002	Reinforcement Steel for Concrete	Steel Class : BjTS 40 (Deformed) Steel Class : BjTP 24 (Round)
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wires	SWM-P (Round Type) Cold-reduced steel wire for the reinforcement of concrete and the manufacture of welded fabric.
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steels for General Structure	SS400 (Tensile Strength 400 N/mm2) Applicable steel product for steel plates and sheets, steel strip in coil, sections, flats and bars.
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 900	Structural Welding Code Steel	AWS A5.1/E6013 NIKKO STEEL RB 26 / RD 260, LION 26, or equivalent.

1st Edition - 2012

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES



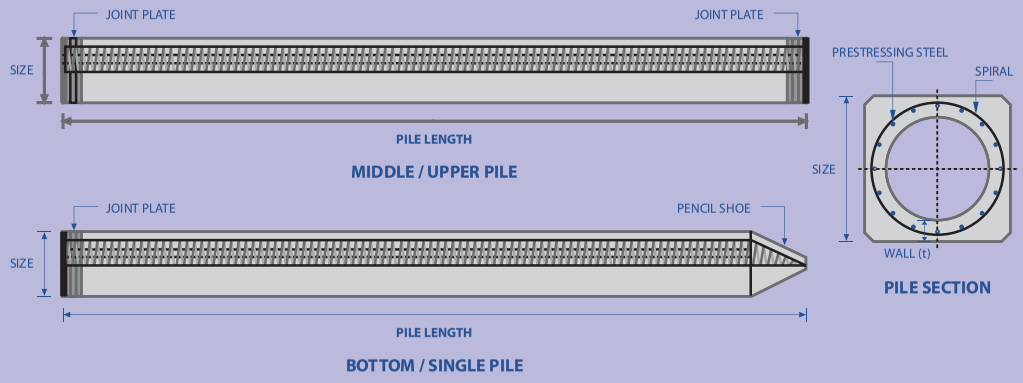
PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES **SPECIFICATION**

Concrete Compressive Strength fc' = 52 MPa (Cube 600 kg/cm²)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm²)	Section Inertia (cm⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile ** (m)
						Crack * (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
350	65	581.98	62,162.74	145	A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
					A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
400	75	765.76	106,488.95	191	A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
					B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
450	80	929.91	166,570.38	232	A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
					B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
500	90	1,159.25	255,324.30	290	A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
					B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
600	100	1,570.80	510,508.81	393	A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
					B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
					B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
1000 ***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
					B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
1200 ***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
					B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24

*Note : *) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)*
***) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position*
****) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe*

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES



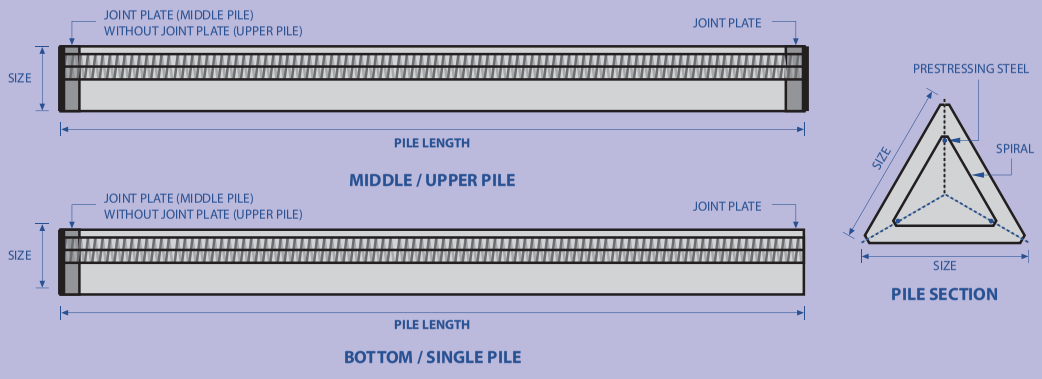
PRESTRESSED CONCRETE SPUN SQUARE PILES **SPECIFICATION**

Concrete Compressive Strength fc' = 52 MPa (Cube 600 kg/cm²)

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section (cm²)	Section Inertia (cm⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
400 X 400	75	1109.13	194,159	277	A2	6.50	10.00	182.63	38.00	6 - 13
					A3	8.00	12.00	180.62	45.30	6 - 14
					B	10.00	18.00	173.15	73.10	6 - 15
					C	11.00	22.00	169.49	91.70	6 - 16
450 X 450	80	1364.48	307,000	341	A1	8.50	12.50	227.01	38.20	6 - 13
					A2	11.00	17.00	222.95	52.90	6 - 15
					A3	13.00	20.90	219.05	67.10	6 - 16
					B	13.50	24.00	215.32	80.90	6 - 16
					C	15.50	31.00	208.10	114.00	6 - 16

*Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position*

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES



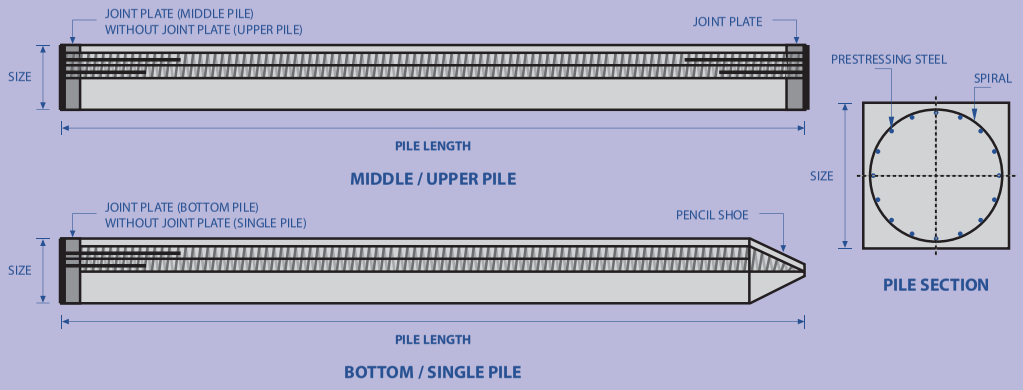
PRESTRESSED CONCRETE TRIANGULAR PILES **SPECIFICATION**

Concrete Compressive Strength fc' = 42 MPa (Cube 500 kg/cm²)

Size (mm)	Cross Section (cm²)	Section Inertia (cm⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Length of Pile * (m)
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)		
280	318.7	9,080.50	79.7	A	0.66	0.92	42.26	6 - 8
				B	0.90	1.77	39.50	6 - 9
320	422.6	16,188.90	105.7	A	0.89	1.11	57.02	6 - 8
				B	1.20	2.15	54.10	6 - 9

*Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position*

PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES



PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES **SPECIFICATION**

Concrete Compressive Strength fc' = 42 MPa (Cube 500 kg/cm²)

Size (mm)	Cross Section (cm²)	Section Inertia (cm⁴)	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
250 x 250	625	32,552	156	A	2.29	3.46	81.40	28.10	6 - 10
				B	2.52	4.33	79.62	34.80	6 - 11
				C	2.78	5.19	77.92	41.30	6 - 11
300 x 300	900	67,500	225	A	3.64	5.19	118.59	35.40	6 - 11
				B	3.98	6.23	116.76	42.20	6 - 11
				C	4.48	7.47	114.66	50.20	6 - 12
				D	4.92	9.34	111.60	61.90	6 - 12
350 x 350	1,225	125,052	306	A	5.33	6.57	163.98	38.60	6 - 11
				B	6.07	8.72	160.68	50.90	6 - 12
				C	6.63	10.90	157.45	63.10	6 - 12
				D	7.30	13.08	154.32	75.00	6 - 13
400 x 400	1,600	213,333	400	A	7.89	9.96	213.96	51.40	6 - 12
				B	8.71	12.45	210.60	63.80	6 - 12
				C	9.51	14.95	207.32	76.00	6 - 13
				D	11.82	22.42	198.01	111.60	6 - 14
450 x 450	2,025	341,719	506	A	11.17	14.01	270.98	64.30	6 - 12
				B	12.10	16.81	267.61	76.80	6 - 13
				C	13.01	19.62	264.30	89.10	6 - 13
				D	14.78	25.22	257.88	113.30	6 - 14
500 x 500	2,500	520,833	625	A	15.16	18.68	335.12	77.30	6 - 13
				B	16.19	21.79	331.72	89.90	6 - 13
				C	17.21	24.91	328.38	102.20	6 - 14
				D	18.22	28.02	325.09	114.50	6 - 14

*Note : *) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position*

PRODUCT **APPLICATION**

Piles foundation for Power Plant or Industrial Factory

Piles for Marine Structurer

Piles Foundation for Building

Piles Foundation for Bridges

HEAD OFFICE
Ph. +62 (21) 84973363 (hunting) | Fax. +62 (21) 84973391, 84973392 | E-mail : marketing@wika-beton.co.id | Visit us : http://www.wika-beton.co.id

SALES OFFICE
• Medan : Ph. +62 (61) 6627577, 6626225 | Fax. +62 (61) 6628076 • Pekan Baru : Ph/Fax. +62 (761) 849909 • Palembang : Ph. +62 (711) 712534, 7300399 | Fax. +62 (711) 720093
• Jakarta : Ph. +62 (21) 8192808, 8560694 | Fax. +62 (21) 8193024 • Semarang : Ph. +62 (24) 8411890, 8318787 | Fax. +62 (24) 8318135 • Surabaya : Ph. +62 (31) 8478795, 8478796 | Fax. +62 (31) 8435384 • Balikpapan : Ph. +62 (542) 875927, 877027 | Fax. +62 (542) 875927 • Makassar : Ph. +62 (411) 511761, 4723100 | Fax. +62 (411) 511955

BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap Marvin Gunawan dan dilahirkan di Bandung, 27 Maret 1994, merupakan anak ketiga dari 4 (empat) bersaudara.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di TKA-TPA ASY-SYUKUR, SDN Pasirkaliki 96/III Bandung, SMPN 9 Bandung, Dan SMAN 4 Bandung, Penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa jalur SMB Politeknik Negeri Bandung (POLBAN) dan diterima di Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Konstruksi Sipil pada tahun 2011.

Penulis menempuh pendidikan di POLBAN selama 3 tahun, lulus pada September tahun 2014. Penulis melanjutkan pendidikannya untuk mengambil Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Penulis terdaftar di Jurusan Teknik Sipil Program Sarjana Lintas Jalur Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP. 3114106041. Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat berkomunikasi via email (gmarvin273@gmail.com).