TUGAS AKHIR (RC14-1501)

PENENTUAN HARGA C_h LAPANGAN DARI HASIL *TEST TRIAL EMBANKMENT* DAN IMPLEMENTASINYA UNTUK PREDIKSI PEMAMPATAN DI LAPANGAN DENGAN METODE KONVENSIONAL, ELEMEN HINGGA DAN ASAOKA

STUDI KASUS: REKLAMASI TERMINAL KUALA TANJUNG MEDAN

FARAH NASYA
NRP 3114 106 002

Dosen Pembimbing
Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD.

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

TUGAS AKHIR (RC14-1501)

PENENTUAN HARGA C_h LAPANGAN DARI HASIL *TEST TRIAL EMBANKMENT* DAN IMPLEMENTASINYA UNTUK PREDIKSI PEMAMPATAN DI LAPANGAN DENGAN METODE KONVENSIONAL, ELEMEN HINGGA DAN ASAOKA

STUDI KASUS: REKLAMASI TERMINAL KUALA TANJUNG MEDAN

FARAH NASYA
NRP 3114 106 002

Dosen Pembimbing
Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD.

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

FINAL PROJECT (RC14-1501)

DETERMINATION OF Ch VALUE FROM FIELD SETTLEMENT OF TRIAL EMBANKMENT AND ITS IMPLEMENTATION TO PREDICT FIELD CONSOLIDATION USING CONVENTIONAL, FINITE ELEMENT, AND ASAOKA METHODS

STUDY CASE : TERMINAL RECLAMATION OF KUALA TANJUNG MEDAN

FARAH NASYA
NRP 3114 106 002

Academic Supervisors
Dr. Yudhi Lastiasih, ST. MT.
Prof. Ir. Noor Endah, MSc. PhD.

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

PENENTUAN HARGA C_h LAPANGAN DARI HASIL *TEST TRIAL EMBANKMENT* DAN IMPLEMENTASINYA UNTUK PREDIKSI PEMAMPATAN DI LAPANGAN DENGAN METODE KONVENSIONAL, ELEMEN HINGGA DAN ASAOKA

STUDI KASUS: REKLAMASI TERMINAL KUALA TANJUNG MEDAN

TUGAS AKHIR

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

Oleh:
FARAH NASYA
NRP. 3114 106 002

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT. ..... (Pembimbing I)
2. Prof. Ir. Noor Endah, MSc., PhD ..... (Pembimbing II)

SURABAYA
JANUARI, 2017

PENENTUAN HARGA C_h LAPANGAN DARI HASIL *TEST TRIAL EMBANKMENT* DAN IMPLEMENTASINYA UNTUK PREDIKSI PEMAMPATAN DI LAPANGAN DENGAN METODE KONVENSIONAL, ELEMEN HINGGA, DAN ASAOKA

STUDI KASUS: REKLAMASI TERMINAL KUALA TANJUNG MEDAN

Nama : **Farah Nasya**
NRP : **3114106002**
Jurusan : **Teknik Sipil - FTSP**
Dosen Pembimbing I : **Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.**
Dosen Pembimbing II : **Prof. Noor Endah, MSc., PhD.**

Abstrak

Pemampatan konsolidasi yang terjadi pada lapisan tanah lempung membutuhkan waktu yang sangat lama karena kemampuan tanah lempung untuk merembeskan air sangat kecil. Oleh sebab itu, diperlukan metode untuk mempercepat waktu pemampatan yaitu dengan cara memberi beban prealoading yang dikombinasi dengan prefabricated vertical drain (PVD). Tujuan pemasangan PVD adalah agar air dari dalam pori tanah dapat mengalir keluar dengan cepat melalui aliran arah vertikal dan horizontal sehingga pemampatan yang terjadi dapat berlangsung dengan cepat. Untuk menghitung waktu pemampatan akibat aliran air pori arah horizontal dan vertical, diperlukan parameter tanah yaitu koefisien konsolidasi arah horizontal (C_h) dan koefisien konsolidasi arah vertikal (C_v). Harga C_v yang digunakan pada umumnya diperoleh dari data laboratorium; sedang harga C_h diasumsikan sebesar 2-5 kali harga C_v. Oleh sebab itu, prediksi pemampatan yang umum dilakukan sering kurang akurat dibandingkan hasil pemampatan aktual di lapangan.

Pada studi ini harga C_v lapangan yang digunakan dalam perhitungan merupakan harga C_v gabungan dari harga Cv tiap lapisan. Harga C_h dicari dengan cara melakukan fitting curve antara hasil prediksi pemampatan dengan hasil test trial embankment yang berupa pemampatan dari hasil monitoring di lapangan menggunakan settlement plate. Setelah kedua parameter tersebut didapatkan, besar pemampatan di prediksi dengan tiga metode yaitu metode konvensional (Terzaghi), Elemen Hingga (PLAXIS), dan Asaoka. Dari hasil prediksi pemampatan tersebut dapat diketahui metode yang memberikan hasil prediksi yang paling mendekati hasil pemampatan di lapangan.

Data yang dipergunakan dalam studi ini berasal dari trial embankment di area container yard di Koala Tanjung, Medan, Sumatera Utara. Ketebalan lapisan tanah lembek dengan harga NSPT < 10 adalah setebal 15 m; nilah Cv gabungan adalah sebesar 0,147 m²/minggu. Dengan menggunakan fitting curve, harga Ch yang diperoeh dari tiga metode tersebut sedikit berbeda, yaitu: metode Terzaghi menghasilkan Ch=1,25xCv, metode elemen hingga menghasilkan Ch=1,35xCv, dan metode Asaoka menghasilkan Ch=1,45xCv. Dari hasil prediksi pemempatan diketahui bahwa metode Asaoka memberikan hasil prediksi yang lebih baik dari pada dua metode yang lain.

Kata Kunci : Asaoka, Ch, Cv, konsolidasi, *preloading, Trial Embankment.*

DETERMINATION OF Ch VALUE FROM FIELD SETTLEMENT OF TRIAL EMBANKMENT AND ITS IMPLEMENTATION TO PREDICT FIELD CONSOLIDATION USING CONVENTIONAL, FINITE ELEMENT, AND ASAOKA METHODS

STUDY CASE : TERMINAL RECLAMATION OF KUALA TANJUNG MEDAN

Name	**: Farah Nasya**
NRP	**: 3114106002**
Major	**: Civil Engineering - FTSP**
Academic Supervisors I	**: Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.**
Academic Supervisors II	**: Prof. Noor Endah, MSc., PhD.**

Abstract

Consolidation settlement of clay soil takes very long time to finish; it is because clay soil has very small permeability coefficient. Due to that reason, it needs a method to accelerate and to shorten the time of settlement. The most popular method to overcome the problem is preloading that combined with prefabricated vertical drain (PVD). The purpose of installing PVD is to make the pore water can be easily flowing out thru vertical and horizontal directions so that the consolidation process takes place in shorter time. In order to predict the time of consolidation settlement, it needs two parameters, those are coefficient of consolidation in vertical direction (Cv) and in horizontal direction (Ch). The Cv value is determined from the soil laboratory, the Ch value usually is assumed as 2-5xCv. Because of that, the settlement prediction is usually is not accurate enough compared to the field settlement.

In this study, the Cv value used for settlement prediction was the combined Cv from each soil layer. The Ch value was determined by using fitting curve method between settlement prediction and field settlement from trial embankment. After those

two parameters obtained, prediction of settlement was carried out by using conventional (Terzaghi) method, Finite Element method (PLAXIS), and Asaoka method. From the settlement prediction, it would figure out which method that was able to give settlement prediction close to the field settlement.

Data used in this study is from the trial embankment in the container yard area at Koala Tanjung, Medan, North Sumatera. Thickness of very soft to soft layer (NSPT < 10) is 15.0 m; the combined Cv value is 0,147 m²/minggu. By using the fitting curve method, the Ch value determined from those three methods is different to each other, those are Ch=1,25xCv (from Terzaghi method), Ch=1,35xCv (from Finite Element method), and Ch=1,45xCv (from Asaoka method). When those two parameters (Cv and Ch) used to predict the settlement, Asaoka method give better result than the others two methods.

Keywords: Asaoka, consolidation, Ch, Cv, preloading, trial embankment.

KATA PENGANTAR

Pertama-tama kami panjatkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, kami masih diberi kesehatan dan kesempatan dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "Penentuan Harga C_h Lapangan Dari Hasil *Test Trial Embankment* dan Implementasinya Untuk Prediksi Pemampatan di Lapangan Dengan Metode Konvensional, Elemen Hingga dan Asaoka" dengan baik dan tepat pada waktunya.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan akademis dalam menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada kesempatan ini kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kami kepada semua pihak yang telah membantu kami selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Antara lain, kepada :

1. Orang Tua tercinta, Nasrun Nurdin dan Rita Hasmi yang senantiasa memberikan doa dan kasih sayangnya serta dukungannya baik moral maupun materi.
2. Kakak-kakak dan Adik tersayang, Egha Nastasia, Mela Nastasia dan Sabila A'afiyah yang selalu memberi semangat dan dukungannya.
3. Ibu Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T, dan Prof. Ir. Noor Endah Mochtar, M.Sc., Ph.D yang telah sabar memberikan bimbingan, arahan, dan ilmu yang sangat berguna selama proses penyusunan hingga Laporan Tugas Akhir ini selesai.
4. Bapak Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT. selaku dosen wali yang selalu memberikan arahan tentang akademik selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

5. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Staf Administrasi, dan Staf Perpustakaan yang secara tidak langsung membimbing kami dan telah berbagi ilmu selama kami berada di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
6. Dizar Febrisista dan Desfi N Kharisma sahabat terbaik yang selalu memberikan supportnya, canda dan tawanya.
7. Partner terbaik, Muhammad Rifanli yang selalu meluangkan waktu dalam kesibukannya untuk berbagi keluh kesah, membantu mecari solusi pada banyak kesulitan, memberi semangat dan dorongan.
8. Rahmawati Cahyaningsih, Ingky Samsya, Dilla Ayu LNB, Shoffie Rahmawati, Sinta N Indah penghuni kost cenderawasih yang seperti keluarga sendiri selama di Surabaya
9. Mutiara NF, Faizah Syahidah, Siti Sarah NM, Tegar F Hadi, Achmad N Ali, Rio Prasmoro, Angga Hermawan, Muhammad Taufik, Ryan Topik, Seno M Utomo, Rizky Nugraha teman-teman Seperjuangan, seperantauan bersama.
10. Teman – teman Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan teman-teman Teknik Sipil Lintas Jalur angkatan 2014 genap atas dukungan dan semangat yang senantiasa diberikan.

Penulis juga mengharapkan saran-saran yang membangun bila terdapat kesalahan maupun kekurangan di dalam penulisan laporan ini, dengan tujuan untuk proses pembelajaran mengenai pokok bahasan yang terdapat di dalamnya. Semoga laporan ini dapat memberikan pengetahuan kepada kami dan pembaca pada umumnya, Aamiin.

Atas perhatian dan kesempatannya penulis mengucapkan terima kasih.

Surabaya, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PENGESAHAN ii
ABSTRAK iii
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI x
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR TABEL xvi

BAB I PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 4
1.3 Tujuan 4
1.4 Batasan Masalah 4
1.5 Manfaat 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Karakteristik Tanah Lunak 5
2.2 Analisa Parameter Tanah 6
2.2.1 Pendekatan Statistik 7
2.2.2 Pendekatan Korelasi dan Rumus Empiris 8
2.3 Pemampatan Tanah Lunak 10
2.3 Metode Terzaghi 11
2.3.1 Besar Konsolidasi (S_c) Tanah Lunak Akibat Beban Timbunan 11
2.3.2 Parameter Tanah untuk Perhitungan *Consolidation Settlement* (Sc) 13
2.3.3 Waktu Konsolidasi 14
2.3.4 Parameter Tanah untuk Lamanya Pemampatan Konsolidasi 15
2.3.5 Timbunan Bertahap 16
2.3.6 Perencanaan Vertical Drain 18

2.4 Instrument Soil 24
2.5 Metode Asaoka 24
2.5.1 Metode Grafis Prediksi Penurunan Tanah 24
2.5.2 Koreksi Nilai Koefisien Konsolidasi 26
2.6 Metode Elemen Hingga 26
2.6.1 Teori Konsolidasi 27
2.6.2 Parameter Tanah yang Digunakan dalam Pemodelan 30
2.6.3 Material Type 31
2.6.4 Model Mohr-Coloumb 32

BAB III METODOLOGI
3.1 Diagram Alir 35
3.2 Uraian Diagram Alir 37

BAB IV ANALISIS DATA TANAH
4.1 Data Tanah 41
4.2 Analisa Parameter Tanah 42
4.3 Fluktuasi Muka Air 46

BAB V ANALISA PREDIKSI PEMAMPATAN
5.1 Umum 47
5.2 Metode Terzaghi 49
5.2.1 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga Ch Pada Titik SP-01 49
5.2.1.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi 49
5.2.1.2 Penentuan Harga C_h 54
5.2.1.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu 61
5.2.2 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga Ch Pada Titik SP-05 61
5.2.2.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi 61
5.2.2.2 Penentuan Harga C_h 66
5.2.2.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu 70

5.3 Metode Asaoka 71
5.3.1 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga Ch Pada Titik SP-01..... 71
5.3.1.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi..... 71
5.3.1.2 Penentuan Harga C_h 73
5.3.1.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu 74
5.3.2 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga Ch Pada Titik SP-05..... 75
5.3.2.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi..... 75
5.3.2.2 Penentuan Harga C_h 76
5.3.2.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu 77
5.4 Metode Elemen Hingga 78
5.4.1 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga Ch Pada Titik SP-01..... 78
5.4.1.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi..... 78
5.4.1.2 Penentuan Harga C_h 83
5.4.1.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu 84
5.4.2 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga Ch Pada Titik SP-05..... 85
5.4.2.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi..... 85
5.4.2.2 Penentuan Harga C_h 90
5.4.2.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu 92
5.5 Hasil Analisa..... 93

BAB VI PENUTUP..... 95

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN – LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi terminal kuala tanjung 3
Gambar 1.2 *Layout* studi pada *container yard* 3
Gambar 2.1 Grafik korelasi harga Cv dengan LL 9
Gambar 2.2 Diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap..... 14
Gambar 2.3 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap..... 17
Gambar 2.4 Pemasangan pvd pada kedalaman tanah *compressible* 18
Gambar 2.5 Pola susun bujur sangkar 19
Gambar 2.6 Pola susun segitiga 20
Gambar 2.7 Equivalen diameter untuk PVD..... 22
Gambar 2.8 Prosedur analisis data monitoring..... 25
Gambar 2.9 Prediksi penurunan akhir metode asaoka 25
Gambar 2.10 Definisi dan untuk hasil uji triaksial *undrained* standar..... 33
Gambar 3.1 Diagram alir..... 36
Gambar 4.1 Lokasi titik bor 41
Gambar 4.2 Kedalaman lapisan *compressible*..... 42
Gambar 4.3 Plot data parameter tanah 43
Gambar 4.4 Grafik korelasi harga Cv dan LL..... 45
Gambar 5.1 *Layout* peletakkan *instrument soil*..... 47
Gambar 5.2 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap pada SP-01 51
Gambar 5.3 Grafik pemampatan *vs* waktu hasil analisa dan *monitoring*pada titik SP-01..... 58
Gambar 5.4 Kurva pemampatan vs waktu dengan metode terzaghi pada titik SP-01..... 61
Gambar 5.5 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap pada SP-05 64
Gambar 5.6 Grafik pemampatan *vs* waktu hasil analisa dan *monitoring*pada titik SP-05..... 68

Gambar 5.7 Kurva pemampatan vs waktu dengan metode terzaghi pada titik SP-05 71
Gambar 5.8 Grafik settlement vs time settlement plate SP-01 ... 72
Gambar 5.9 Prediksi pemampatan akhir SP-01 73
Gambar 5.10 Kurva pemampatan vs waktu dengan metode asaoka pada titik SP-01 75
Gambar 5.11 Grafik settlement vs time settlement plate SP-05 75
Gambar 5.12 Prediksi pemampatan akhir SP-05 76
Gambar 5.13 Kurva pemampatan vs waktu dengan metode asaoka pada titik SP-05 77
Gambar 5.14 Geometri awal pemodelan PLAXIS padaSP-01 78
Gambar 5.15 *Generated mesh* pemodelan PLAXIS pada SP-01 80
Gambar 5.16 Tegangan air pori awal pada SP-01 77
Gambar 5.17 Tahapan perhitungan pemodelan PLAXIS pada SP-01 81
Gambar 5.18 Total *displacement* Plaxis pada SP-01 81
Gambar 5.19 Kurva pemampatan bertahap vs waktu PLAXIS pada SP-01 82
Gambar 5.20 Kurva pemampatan bertahap vs waktu PLAXIS dan aktual pada SP-01 82
Gambar 5.21 Kurva pemampatan bertahap vs waktu dengan metode elemen hingga pada SP-01 82
Gambar 5.22 Geometri awal pemodelan PLAXIS padaSP-05 86
Gambar 5.23 *Generated mesh* pemodelan PLAXIS pada SP-05 87
Gambar 5.24 Tegangan air pori awal pada SP-05 87
Gambar 5.25 Tahapan perhitungan pemodelan PLAXIS pada SP-05 88
Gambar 5.26 Total *displacement* Plaxis pada SP-05 89
Gambar 5.27 Kurva pemampatan bertahap vs waktu PLAXIS pada SP-05 89
Gambar 5.28 Kurva pemampatan bertahap vs waktu PLAXIS dan aktual pada SP-05 90
Gambar 5.29 Kurva pemampatan bertahap vs waktu dengan metode elemen hingga pada SP-05 92

Gambar 5.30 Kurva pemampatan bertahap vs waktu dengan berbagai metode pada SP-01.....93
Gambar 5.31 Kurva pemampatan bertahap vs waktu dengan berbagai metode pada SP-05.....94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Korelasi N-SPT dan Konsistensi Tanah 5
Tabel 2.2 Nilai $t_{(db)}$ 8
Tabel 2.3 Rumus Korelasi e 9
Tabel 2.4 Rumus Korelasi Cc 10
Tabel 2.5 Korelasi Antara T_v dan U 15
Tabel 2.6 Korelasi Konsistensi Tanah Dengan Nilai E Modulus Young 25
Tabel 2.7 Korelasi Konsistensi Tanah Dengan *Poisson's Ratio* . 31
Tabel 2.2 Korelasi Antara T_v dan U 13
Tabel 2.3 Refrensi Untuk Menentukan Parameter Tanah 25
Tabel 4.1 Rumus Korelasi Cc 44
Tabel 4.2 Rekapitulasi Parameter Tanah 46
Tabel 5.1 Jadwal Pentahapan Timbunan SP-01 49
Tabel 5.2 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pemampatan Tahap 1 Pada SP-01 53
Tabel 5.3 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi Akibat Pentahapan Timbunan Pada SP-01 54
Tabel 5.4 Derajat Konsolidasi Total Pada SP-01 59
Tabel 5.5 Jadwal Pentahapan Timbunan SP-05 62
Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Pemampatan Tahap 1 Pada SP-05 65
Tabel 5.7 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi Akibat Pentahapan Timbunan Pada SP-05 66
Tabel 5.8 Derajat Konsolidasi Total Pada SP-05 69
Tabel 5.9 Rekapitulasi Parameter Untuk Pemodelan PLAXIS Pada SP-01 79
Tabel 5.10 Derajat Konsolidasi Total Pada SP-01 83
Tabel 5.11 Rekapitulasi Parameter Untuk Pemodelan PLAXIS Pada SP-05 86
Tabel 5.12 Derajat Konsolidasi Total Pada SP-05 91
Tabel 5.13 Perbedaan Hasil Pemampatan Akhir Berdasarkan Prediksi dengan Hasil Aktual di Lapangan 94

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemampatan konsolidasi merupakan salah satu masalah yang sering dijumpai pada kasus timbunan terutama pada tanah lunak. Pemampatan konsolidasi terjadi saat air pori keluar akibat adanya peningkatan tegangan air pori dari tanah tersebut. Peningkatan tegangan air pori tersebut disebabkan oleh pori dalam tanah yang mengecil sebagai akibat adanya peningkatan beban luar yang bekerja. Tetapi proses konsolidasi berlangsung sangat lama hingga bertahun-tahun karena permeabilitas tanah lunak yang sangat kecil. Padahal pemampatan konsolidasi harus dihilangkan sebelum konstruksi dioperasikan sehingga dibutuhkan suatu metode untuk mempercepat proses pemampatan tersebut.

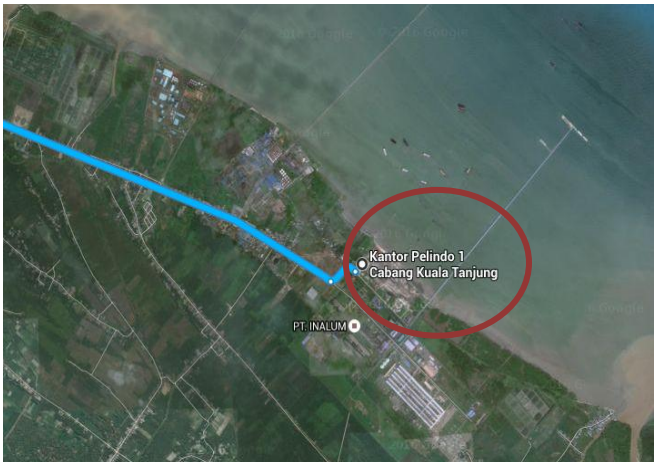
Metode yang umum digunakan untuk mempercepat pemampatan konsolidasi yaitu *preloading*. Metode ini dilakukan dengan cara memberikan beban awal secara bertahap yang membuat tanah tertekan sehingga proses pemampatan konsolidasi terjadi. Lamanya waktu pemampatan dapat dihitung dengan menggunakan parameter koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertikal (C_v), karena air pori yang mengalir keluar ke arah yang lebih porous secara vertikal. Hanya saja lama waktu pemampatan dengan metode *preloading* sangat tergantung dari tebal lapisan yang akan dimampatkan. Untuk itu perlu adanya metode percepatan pengaliran air pori secara horizontal yaitu dengan menggunakan *vertical drain* berupa *prefabricated vertical drain* (PVD) agar proses pemampatan konsolidasi lebih cepat. Dengan adanya PVD air pori dapat mengalir ke arah vertikal dan horizontal sehingga untuk perhitungan waktu pemampatan konsolidasi akibat aliran arah horizontal diperlukan koefisien konsolidasi arah horizontal (C_h).

Selama ini C_h belum dapat ditentukan dengan test di laboratorium sehingga digunakan prediksi sebesar 2 - 5 C_v

laboratorium. Tetapi dengan digunakannya prediksi akan menimbulkan perbedaaaan waktu konsolidasi yang cukup jauh antara hasil perhitungan dengan hasil di lapangan, untuk itu sangatlah penting dalam menentukan harga C_h lapangan. Sebenarnya C_h bisa ditentukan langsung di lapangan yaitu dengan pembuatan *trial embankment*. *Trial embankment* yang telah dilakukan pada proyek Terminal Kuala Tanjung seperti terlihat pada Gambar 1.1. Pada lokasi perbaikan yaitu area *container yard* seperti Gambar 1.2 serta lampiran 1 dan 2 di letakkan *instrument soil* seperti *settlement plate* dan *piezometer* untuk pengamatan di lapangan. Dari data pengamatan lapangan tersebut akan ditentukan harga $C_{h.}$ Selain menentukan harga C_h, C_v lapangan juga dapat ditentukan. C_v lapangan dianggap lebih akurat dikarenakan harga yang didapat merupakan rata-rata nilai C_v tiap lapisan. Berbeda dengan hasil C_v di laboratorium yang tidak menijau tiap lapisan.

Setelah harga C_h dan C_v lapangan ditentukan, lama pemampatan konsolidasi dapat diketahui secara akurat. Untuk menghitung lamanya pemampatan dapat digunakan beberapa metode, antara lain Metode Terzaghi, Metode Elemen Hingga (PLAXIS) dan Metode Asaoka. Metode Terzaghi (1943) telah lama dan umum di gunakan tetapi dalam banyak kasus, hasil pemampatan konsolidasi jauh lebih besar daripada hasil pengamatan lapangan. Selain itu ada pula Metode Elemen Hingga menggunakan PLAXIS, yang menganalisa dalam dua dimensi. Yang sedikit berbeda yaitu metode Asaoka (1978) yang menghitung besarnya pemampatan tanah berdasarkan pengamatan lapangan.

Dalam studi ini harga C_h dan C_v lapangan akan digunakan untuk prediksi pemampatan dalam fungsi waktu dengan berbagai metode yaitu Terzaghi, Elemen Hingga (PLAXIS) dan Asaoka sehingga dapat diketahui metode yang memberikan hasil lebih mendekati hasil di lapangan.



Gambar 1.1 Lokasi terminal kuala tanjung
(Sumber : Google maps)

Gambar 1.2 *Layout* studi pada *container yard*
(Sumber : Google maps)

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas, beberapa permasalahan yang perlu dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik tanah dasar yang akan ditimbun?
2. Berapa harga C_h dan C_v lapangan yang ditentukan dari hasil *trial embankment*?
3. Bagaimana kurva pemampatan per waktu yang diprediksi dengan metode konvensional?
4. Bagaimana kurva pemampatan per waktu yang diprediksi dengan metode elemen hingga?
5. Bagaimana kurva pemampatan per waktu yang diprediksi dengan metode Asaoka?
6. Bagaimana hasil prediksi pemampatan dari tiga metode tersebut jika dibandingkan dengan hasil *trial embankment*?

1.3 Tujuan Penulis

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini untuk menentukan harga C_h dan C_v lapangan dari *trial embankment* serta mengetahui metode prediksi pemampatan yang paling mendekati hasil pengamatan lapangan.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Semua data yang digunakan adalah data sekunder
2. Metode yang digunakan adalah metode konvensional (Terzaghi), metode elemen hingga (PLAXIS) serta metode Asaoka

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini yaitu diharapkan dapat memberikan hasil pemampatan konsolidasi beberapa metode yang paling akurat dari nilai koefisien-koefisien konsolidasi di lapangan yang selama ini hanya diasumsikan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Tanah Lunak

Tanah merupakan kumpulan agregat/ butiran mineral alami, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak diatas batuan dasar (*bad rock*). Menurut K. Terzaghi, tanah terdiri dari butiran-butiran material hasil pelapukan massa batuan *massive*, dimana ukuran butirannya bisa sebesar bongkahan, berangka, kerikil, pasir, lanau, lempung, dan kontak butirnya tidak tersementasi termasuk bahan organik. Lapisan tanah yang disebut sebagai lapisan tanah yang lunak adalah lempung (*clay*) atau lanau (silt) yang mempunyai harga penetrasi standar (SPT) N yang lebih kecil dari 4.Untuk korelasi antara N-SPT dengan jenis konsistensi tanah lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Korelasi N-SPT dan Konsistensi Tanah
(untuk tanah dominan lanau dan lempung)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, Cu		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, qc (dari Sondir)	
	kPa	ton/m^2		kg/cm^2	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000 – 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.0	5 – 10	20 – 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10 – 20	20 – 40	75 – 150	7500 – 15000
Keras (hard)	>200	>20	>40	>150	>15000

(Sumber : Mochtar,2006; revised,2012)

Tanah lempung merupakan jenis tanah berbutir halus dengan ukurannya < 2μ atau < 5 μ (Mochtar dan Mochtar, 1988). Tanah lempung merupakan tanah kohesif yang memiliki:

1. Nilai kadar air berkisar antara 30% – 50 % pada kondisi jenuh air.
2. Berat volume berkisar antara 0,9 t/m^3 sampai dengan 1,25 t/m^3 (Braja M.Das, 1985) .
3. *Spesific Gravity* rata – rata berkisar antara 2,70 sampai dengan 2,90.

Tanah lempung memiliki gaya geser yang kecil, kemampatan yang besar, dan koefisien permeabilitas yang kecil. Nilai kekuatan geser tanah lempung lembek ditentukan dari ikatan butiran antar partikel tanah. Tanah lempung lembek merupakan tanah lunak yang mempunyai kadar air yang bervariasi. Apabila tanah lempung lembek diberi beban melampaui daya dukung kritisnya, maka secara langsung akan terjadi pemampatan pada rongga antar partikel tanah dalam jangka waktu yang cukup lama.

Dari permasalahan di atas, secara teknis tanah lempung bersifat kurang menguntungkan untuk mendukung suatu pekerjaan konstruksi. Hal ini seringkali menjadi kendala dalam pelaksanaan suatu pekerjaan konstruksi.

2.2 Analisa Parameter Tanah

Untuk mengetahui kondisi tanah dasar dapat dianalisa dengan menggunakan pendekan statistik, rumus formula serta pendekatan korelasi.

2.2.1 Pendekatan Statistik

Pendekatan statistik sederhana perlu dilakukan terhadap data-data tanah yang dimiliki. Beberapa persamaan statistik antara lain:

1. Rata-rata (Mean)

$$\bar{X} = \Sigma_{n=1}^{1} X \qquad [2.1]$$

2. Standar Deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{\Sigma(x-U)^2}{n}} \qquad [2.2]$$

Metode yang akan digunakan adalah cara statistik dengan selang kepercayaan 90%. Bentuk umum selang kepercayaan adalah Batas Bawah < Parameter Tanah < Batas Atas, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Dimana :

$\bar{X}$ = Rata-rata
STD = Standar deviasi
n = Jumlah data
$t_{(db)}$ = Derajat kebebasan (pengali)
(μ) = Nilai parameter tanah

Untuk nilai $t_{(db)}$ didapatkan dari Tabel 2.2 dengan nilai α = 0,05 dan v = n-1.

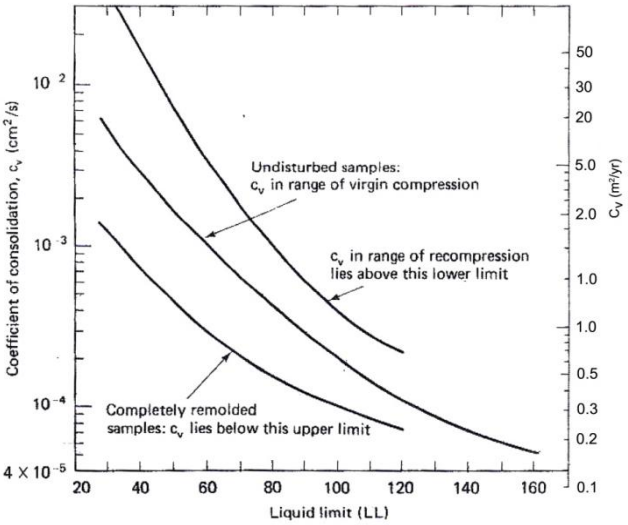
Tabel 2.2 Nilai $t_{(db)}$

v	α						
	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001	0,0005
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	318,289	636,578
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,328	31,600
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,214	12,924
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,894	6,869
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,408
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930	4,318
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,140
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686	4,015
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646	3,965
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,610	3,922
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552	3,850
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,527	3,819
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,485	3,768
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,467	3,745
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,450	3,725
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,435	3,707
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421	3,689
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408	3,674
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,396	3,660
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,385	3,646
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,307	3,551
50	1,299	1,676	2,009	2,403	2,678	3,261	3,496
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626	3,174	3,390

(Sumber : Statistik untuk teknik)

2.2.2 Pendekatan Korelasi dan Rumus Empiris

Selain menggunakan analisa statistik, parameter tanah juga bisa didapatkan dengan cara korelasi dari grafik maupun rumus-rumus empiris seperti pada Gambar 2.1, Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.



Gambar 2.1 Grafik korelasi harga c_v dengan LL
(Sumber : *After* U.S. Navy, 1971)

Tabel 2.3 Rumus Korelasi e

Tabel 2.4 Rumus Korelasi Cc

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

(Sumber : Summarized by Azzouz, Krizek, and Corotis 1976)

2.3 Pemampatan Tanah Lunak

Pemampatan (*settlement*) pada tanah dasar akan terjadi apabila tanah dasar tersebut menerima penambahan beban di atasnya. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Pada umumnya, pemampatan pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar; yaitu:

1. Pemampatan segera/ *immediate settlement*, merupakan pemampatan akibat perubahan elastis dari tanah kering, basah, dan jenuh air, tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan *immediate settlement* ini umumnya didasarkan pada teori elastisitas.
2. Pemampatan konsolidasi/ *consolidation settlement*, merupakan pemampatan yang disebabkan oleh keluarnya air dari pori-pori di dalam tanah. Penurunan konsolidasi dibagi lagi menjadi dua bagian, yaitu: konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder.

Besarnya amplitudo/ penurunan tanah total menurut Das (1985) adalah:

$$S_t = S_i + S_{cp} + S_{cs} + S_{lat} \quad [2.4]$$

Dimana :

S_t = total *settlement*

S_i = *immediate settlement*

S_{cp} = *consolidation primer settlement*

S_{cs} = *consolidation secondary settlement*

S_{lat} = *settlement* akibat pergerakan tanah arah lateral.

Akan tetapi dari kedua pemampatan tersebut diatas yang paling berpengaruh adalah pemampatan konsolidasi.

2.3 Metode Terzaghi

Teori Terzaghi telah menemukan persamaan untuk memprediksi pemampatan serta waktu konsolidasi. Teori yang dikemukakan oleh Terzaghi ini didasarkan pada bebrapa anggapan, antara lain pemampatan tanah dan aliran air pori hanya terjadi dalam arah vertikal, tanah bersifat homogen, koefisien pemampatan volume, dan koefisien permeabilitas seragam dan konstan, tidak ada perubahan volume yang terjadi pada butiran tanah atau air, tanah lempung dalam keadaan jenuh sempurna, hukum darcy berlaku pada seluruh gradien hidrolik, regangan kecil, tegangan total dan tegangan efektif pada semua bidang horizontal.

2.3.1 Besar Konsolidasi (S_c) Tanah Lunak Akibat Beban Timbunan

Pada lapisan tanah lempung yang dibebani akan terjadi pemampatan konsolidasi (S_c) yang besar dan berlangsung pada waktu yang sangat lama. Formula yang dipakai untuk menghitung besarnya konsolidasi (S_c) yang telah dikembangkan oleh Terzaghi (1942) adalah sebagai berikut:

1. Untuk tanah terkonsolidasi normal (NC-*soil*)

$$S_c = \frac{C_c \times H}{1 + e_0} \log\left(\frac{p'_o + \Delta p}{p'_o} \right) \qquad [2.5]$$

2. Untuk tanah terkonsolidasi lebih (OC-*soil*)

Bila $(p_o' + \Delta p) \leq p_o'$

$$Sc = \frac{Cc}{1 + e_0} \left[H \log\left(\frac{p_0' + \Delta p}{p_0'} \right) \right] \qquad [2.6]$$

Bila $(p_o' + \Delta p) > p_c'$

$$Sc = \frac{Cs}{1 + e_0} H \log \frac{p'_c}{p'_0} + \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \frac{p'_0 + \Delta p}{p'_c} \qquad [2.7]$$

Dimana:

Sc = pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau

H = tebal lapisan tanah *compressible*

e_0 = angka pori awal (*initial void ratio*)

C_c = indeks kompresi

C_s = indeks mengembang

Δp = beban *surcharge*

p'_0 = tekanan tanah vertikal efektif dari suatu titik di tengah-tengah lapisan ke-i akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut di lapangan (*effective overburden pressure*)

p'_c = tegangan konsolidasi efektif di masa lampau *(effective past overburden pressure)*

Keterangan tambahan:

Tanah lunak di Indonesia umumnya dapat dianggap sebagai tanah agak terkonsolidasi lebih, dengan harga:

$$p_c = p'_0 + f \qquad [2.8]$$

Dimana:
f = fluktuasi terbesar muka air tanah
Δp = penambahan tegangan vertikal di titik yang ditinjau (di tengah-tengah lapisan) akibat penambahan beban

Pada perhitungan perencanaan ini, jenis pemampatan (*settlement*) yang diperhitungkan adalah *immediate settlement* dan *consolidation primer settlement*.

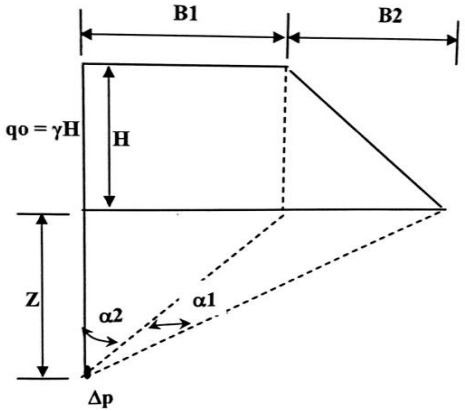
2.3.2 Parameter Tanah untuk Perhitungan *Consolidation Settlement* (S_c)

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

1. Tebal Lapisan *Compressible*
   Tebal Lapisan *Compressible* yang diperhitungkan adalah yang memiliki nilai N-SPT < 10.
2. Tegangan *overburden* efektif (p'_0)
   Overburden pressure effective (p'_0) adalah tegangan vertikal efektif dari tanah asli. Dapat ditentukan dengan menggunaka persamaan:
   $$p'_0 = \gamma' \, x \, h \qquad [2.9]$$

   Dimana:
   γ' = $\gamma_{sat} - \gamma_{air}$ (bila berada dibawah permukaan air tanah)
   h = setengah dari lapisan lempung yang diperhitungkan.

3. Distribusi Tegangan Tanah ($\Delta\sigma$)
   Distribusi tegangan tanah merupakan tambahan tegangan akibat pengaruh beban tambahan diatas tanah yang ditinjau di tengah-tengah lapisan. Menurut Braja M. Das (1986), diagram tegangan tanah akibat timbunan ditunjukkan oleh Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram tegangan tanah akibat timbunan (sumber: *Principles of Foundation Engineering, Second Edition)*

Untuk mencari besar nilainya $\Delta\sigma$, yaitu :

$$\Delta p = q_0/\pi \left[\{(B_1+ B_2)/ B_2\}(\alpha_1+ \alpha_2) - B_1/ B_2 (\alpha_2)\right] \qquad [2.10]$$

Dimana :

q_0 = Beban timbunan (t/m²) → $q_0 = \gamma_{timb} \times h_{timb}$

Δp = Besar tegangan akibat pengaruh beban timbunan ditinjau di tengah-tengah lapis (t/m²)

$\alpha_1 = \tan^{-1} \{(B_1+ B_2)/z\} - \tan^{-1} (B_1/z)$ (radian)

$\alpha_2 = \tan^{-1} (B_1/z)$ (radian)

B_1 = ½ lebar timbunan

B_2 = Panjang proyeksi horisontal kemiringan timbunan

2.3.3 Waktu Konsolidasi

Penurunan konsolidasi pada tanah lempung yang tebal berlangsung sangat lama. Pada tanah yang tidak dikonsolidasi dengan PVD, pengaliran yang terjadi hanyalah pada arah vertikal saja. Menurut Terzaghi dalam Das (1990), lama waktu konsolidasi (t) dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$t = \frac{T_v \, (H_{dr})^2}{C_v} \qquad [2.11]$$

Dimana:

t = waktu konsolidasi
T_v = faktor waktu
H_{dr} = panjang aliran air/ *drainage* terpanjang
C_v = koefisien konsolidasi vertical

2.3.4 Parameter Tanah untuk Lamanya Pemampatan Konsolidasi

Dalam menentukan lama pemampatan konsolidasi diperluka parameter-parameter seperti :

a. Faktor Waktu
   Faktor waktu Tv adalah merupakan fungsi langsung dari derajat konsolidasi (U%) dan bentuk dari distribusi tegangan air pori (u) di dalam tanah (aliran satu arah atau dua arah). Apabila distribusi tegangan air porinya merata (homogen) maka hubungan Tv dan U adalah seperti yang tertera pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Korelasi antara T_v dan U

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

b. Koefisien Konsolidasi Vertikal (C_v)
   Koefisien konsolidasi vertikal C_v diperoleh dari grafik korelasi antara besarnya pemampatan tanah dengan waktu (t). Berikut adalah persamaan yang dipakai:

$$C_v = \frac{0{,}848(H_{dr})^2}{t_{90}} \qquad [2.12]$$

Apabila lapisan tanahnya heterogen dan mempunyai beberapa nilai Cv, maka harga Cv yang dipakai adalah nilai Cv gabungan, yaitu :

$$Cv_{gab} = \frac{(H_1 + H_2 + ... + H_n)^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + ... + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}}\right]^2} \quad [2.13]$$

dimana:
hi = Tebal lapisan i
Cvi = Harga Cv lapisan i

c. Panjang aliran *drainage* H (Hdr)
Apabila tebal lapisan lempung (*compressible soil*) kita sebut H, maka panjang aliran *drainage* Hdr adalah :
Hdr = ½ H, bila arah aliran air selama proses konsolidasi adalah dua arah (ke atas dan ke bawah)
Hdr = H, bila arah aliran *drainage*-nya satu arah (ke atas atau ke bawah). Hal ini terjadi bila di atas atau biasanya di bawah lapisan lempung tersebut merupakan lapisan yang kedap air (*impermeable*)

2.3.5 Timbunan Bertahap

Proses penimbunan di lapangan diletakkan lapis demi lapis dengan kecepatan sesuai dengan yang direncanakan. Dengan demikian, formula yang dipergunakan untuk menghitung besar pemampatan konsolidasi perlu disesuaikan terutama tentang besar beban dan pemakaian harga C_c dan C_s.

Untuk pembebanan secara bertahap dimana dimana besar beban setiap tahapan adalah Δp, digunakan persamaan berikut:

1. Apabila $p'_o + \Delta p_1 \leq p_c'$

$$Sc = \frac{Cs}{1 + e_0}\left[H \log\left(\frac{p'o + \Delta p1}{p'o}\right)\right] \quad [2.14]$$

2. Apabila $p'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2 > p_c'$

$$Sc = \frac{Cs}{1+e_0} H \log \frac{p'_c}{p'_0 + \Delta p1} + \frac{C_c}{1+e_0} H \log\left(\frac{p'_0 + \Delta p1 + \Delta p2}{p'_c}\right) \qquad [2.15]$$

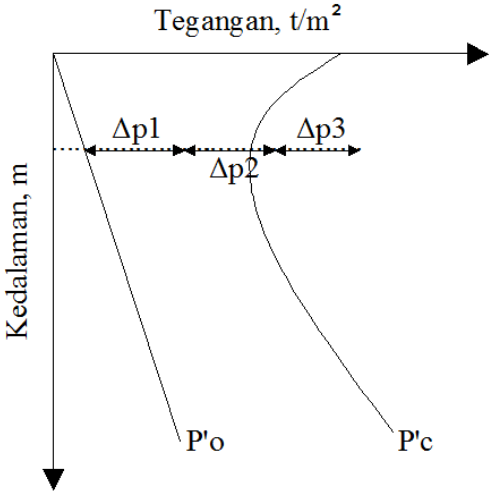
3. Apabila $p'_o + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 > p_c'$

$$Sc = \frac{Cc}{1+e_0}\left[H \log\left(\frac{p'o + \Delta p1 + \Delta p2 + \Delta p3}{p'o + \Delta p1 + \Delta p2}\right)\right] \qquad [2.16]$$

Dimana:

C_c = Indeks pemampatan *(compression index)*
C_s = Indeks pemuaian *(swelling index)*
P'_o = Tegangan efektif *overburden*
Δp = Penambahan tekanan vertikal
e_o = Angka Pori

Untuk lebih jelasnya, perubahan tegangan akibat penambahan beban bertahap dapat dilihat pada Gambar 2.3.



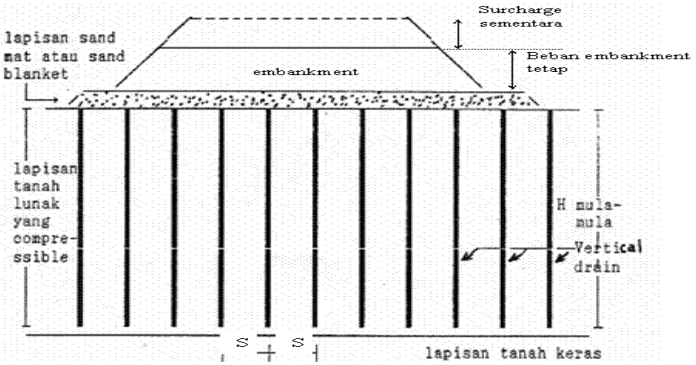
Gambar 2.3 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap

2.3.6 Perencanaan *Vertical Drain*

Pada tanah lempung yang mengalami waktu konsolidasi sangat lama diperlukan suatu sistem untuk mempercepat proses konsolidasi. Pada umumnya, percepatan konsolidasi dilakukan dengan memasang tiang-tiang vertikal yang mudah mengalirkan air (*vertical drain*).

Vertical drain yang mudah mengalirkan air biasanya berupa *sand drain*/tiang pasir atau dari bahan geosintetis yang dikenal dengan *"wick drain"* atau juga dikenal sebagai *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Pada umumnya PVD banyak digunakan karena kemudahan dalam pemasangan di lapangan. Tiang-tiang atau lubang-lubang tersebut "dipasang" di dalam tanah pada jarak tertentu sehingga memperpendek jarak aliran drainase air pori *(drainage path).* (Mochtar, 2000).

1. Menentukan Kedalaman *Vertical Drain*
   Vertical drain perlu dipasang untuk mengatasi penurunan akibat konsolidasi tanah yaitu hingga kedalaman tanah *compressible* dengan nilai N-SPT 10. Sketsa pemasangan *vertical drain* dapat dilihat pada Gambar 2.4.

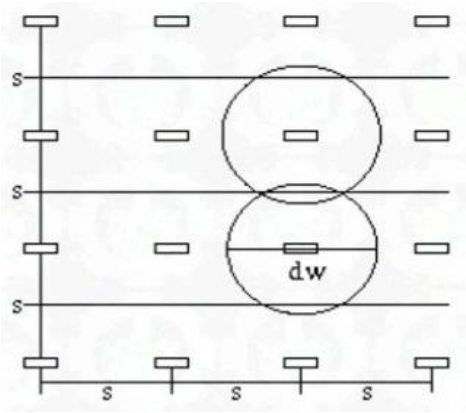


Gambar 2.4 Pemasangan *vertical drain* pada kedalaman tanah yang *compressible*
(sumber : Mochtar, 2000)

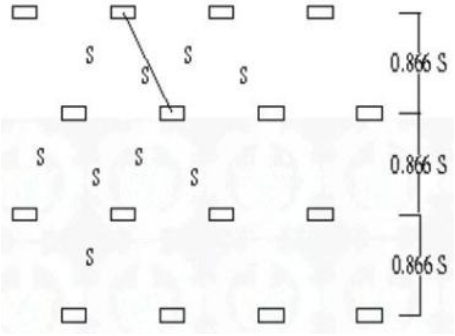
2. Menentukan Waktu Konsolidasi Akibat *Vertical Drain*
Penentuan waktu konsolidasi menurut Barron (1948) dengan teori aliran pasir vertikal, menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang konsolidasi linier satu dimensi.

$$t = \left(\frac{D^2}{8.C_h}\right).F(n).\ln\left(\frac{1}{1-\overline{U}_h}\right) \qquad [2.17]$$

Dimana:
t =Waktu untuk menyelesaikan konsolidasi primer
D =Diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh PVD
D =1,13 x S, untuk pola susunan bujur sangkar (Gambar 2.5)
D =1,05 x S, untuk pola susunan segitiga (Gambar 2.6)
C =Koefisien konsolidasi tanah arah horizontal
$\overline{U}_h$ =Derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah horizontal.



Gambar 2.5 Pola susun bujur sangkar D = 1,13 S
(sumber: Mochtar, 2000)



Gambar 2.6 Pola susun segitiga D = 1,05 S
(sumber: Mochtar, 2000)

Fungsi F(n) adalah merupakan fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD. Oleh Hansbo (1979) harga F(n) didefinisikan sebagai berikut :

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2-1}\right)\left[\ln(n) - \left(\frac{3n^2-1}{4n^2}\right)\right] \qquad [2.18]$$

atau

$$F(n) = \left(\frac{n^2}{n^2-1}\right)\left[\ln(n) - 3/4 - \left(\frac{1}{4n^2}\right)\right] \qquad [2.19]$$

Dimana:

D/d_w

d_w = diameter ekivalen dari *vertical drain*

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 [2.20]

$F(n) = ln\left(\frac{D}{dw}\right) - ¾$ [2.21]

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

$$t = \left(\frac{D^2}{8.C_h}\right).(F(n) + Fs + Fr).\ln\left(\frac{1}{1-\overline{U}_h}\right) \qquad [2.22]$$

Dimana:

t = waktu yang diperlukan untuk mencapai $\overline{Uh}$
D = diameter equivalen lingkaran PVD
S = jarak antar titik pusat PVD
C_h = koefisien konsolidasi arah horisontal

$$C_h = \frac{k_h}{k_v} \times C_V \qquad [2.23]$$

Dimana:

k_h/k_v =Perbandingan antara koefisien permeabilitas tanah arah horisontal dan vertikal, untuk tanah lempung yang jenuh air, harga berkisar antara 2-5
F(n) = Faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD
Fr = Faktor hambatan akibat pada PVD itu sendiri
Fs = Faktor hambatan tanah yang terganggu (*disturbed*)
$\overline{U}_h$ = Derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah horizontal

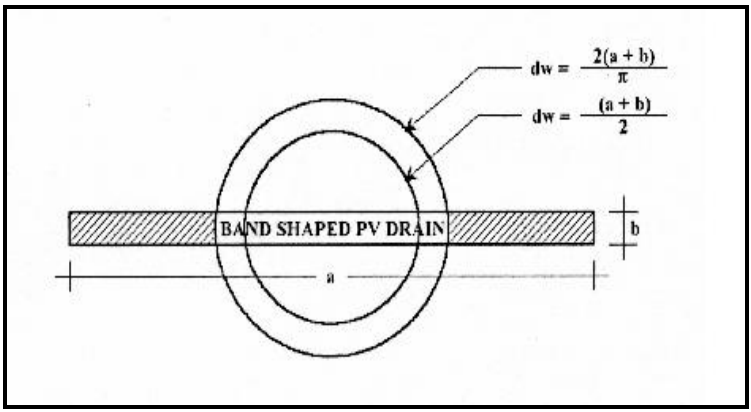
Harga Fr merupakan faktor tahanan akibat adanya gangguan PVD itu sendiri dan dirumuskan sebagai berikut:

$$Fr = \pi.z.(L-z).\left(\frac{k_h}{q_w}\right) \qquad [2.24]$$

Dimana: z = kedalaman titik tinjau pada PVD terhadap permukaan tanah
L = panjang drain
k_h = koefisien permeabilitas arah horisontal dalam tanah yang tidak terganggu (*undisturbed*)
q_w = *discharge capacity* dari drain

$$Fs = \left(\frac{K_h}{K_s} - 1\right).\ln\left(\frac{d_s}{d_w}\right) \qquad [2.25]$$

Dimana: k_s = koefisien permeabilitas arah horisontal pada tanah terganggu (*disturbed*)
d_s = diameter tanah yang terganggu (*disturbed*) di sekeliling PVD
d_w = diameter ekivalen (Gambar 2.7)



Gambar 2.7 Equivalen diameter untuk PVD
(sumber: Mochtar, 2000)

Untuk memudahkan perencanaan maka dapat diasumsikan bahwa F(n) = Fs dan harga Fr umumnya kecil dan tidak begitu penting, maka harga Fr dianggap nol. Dengan memasukkan anggapan-anggapan tersebut, maka persamaan 2.21 berubah menjadi:

$$t = \left(\frac{D^2}{8.C_h}\right).(2.F(n)).\ln\left(\frac{1}{1-\overline{U}_h}\right) \qquad [2.26]$$

Dimana: t = waktu yang dibutuhkan untuk mencapai Uh
D = diameter lingkaran PVD

C_h = koefisien konsolidasi aliran horizontal
F(n) = faktor hambatan disebabkan jarak antar PVD
$\overline{U}_h$ = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah horizontal

Dengan memasukkan harga t tertentu, dapat dicari $\overline{Uh}$ pada bagian lapisan tanah yang dipasang PVD (Mochtar, 2000).

3. Menghitung Derajat Konsolidasi Rata-Rata

Selain konsolidasi horizontal, juga terjadi konsolidasi vertikal ($\overline{Uv}$). Harga $\overline{Uv}$ dicari dengan menggunakan persamaan Cassagrande (1938) dan Taylor (1948):

- Untuk 0 < Uv < 60%

$$\overline{U}_v = \left(2\sqrt{\frac{T_v}{\pi}}\right)\times 100\% \qquad [2.27]$$

- Untuk Uv > 60%

$$\overline{U}_v = (100 - 10^{\bar{a}})\% \qquad [2.28]$$

Dimana:

$$\bar{a} = \frac{1{,}781 - T_v}{0.933} \qquad [2.29]$$

Tv = faktor waktu

Derajat konsolidasi rata-rata $\overline{U}$ dapat dicari dengan menggunakan persamaan Carillo:

$$\overline{U} = \left[1 - (1 - \overline{U}_h).(1 - \overline{U}_v)\right]\times 100\% \qquad [2.30]$$

2.4 *Instrument Soil*

Instrumen-instrumen monitoring geoteknik seperti *inclinometer*, *piezometer* dan *settlement plate* dipasang pada lokasi lahan untuk mengamati kondisi dan perilaku tanah saat penimbunan berlangsung.

Settlement plate berfungsi sebagai pengukur pemampatan tanah yang terjadi selama periode waktu tertentu. Pemampatan tanah ini nantinya akan menjadi parameter apakan tanah tersebut masih mengalami pemampatan atau sudah mengalami pemampatan akhir. Namun data yang di dapat dari SP biasanya belum begitu valid, hal ini bisa dikarenakan proses pemasangannya yang salah, kondisi material yang mudah rusak atau SP tidak berfungsi dengan baik akibat penempatannya yang tidak mewakili lokasi yang akan dianalisa.

Dalam mengantisipasi data SP yang kurang valid, maka dipasang piezometer yang berfungsi untuk memonitor tekanan air pori. Jika tekanan air pori sudah dapat diketahui, maka dengan mudah untuk menentukan kondisi tanah tersebut masih mengalami pemampatan atau sudah mengalami pemampatan akhir.

2.5 Metode Asaoka

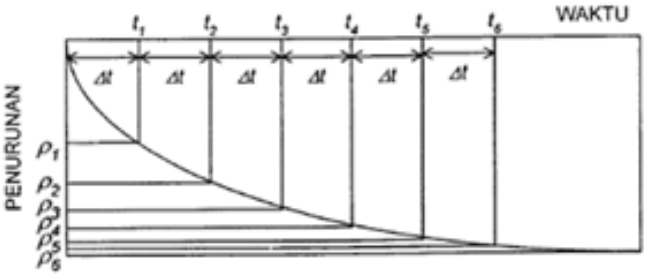
Metode Asaoka (1978) merupakan salah satu metode obeservasi untuk kondisi satu arah. Tidak hanya memprediksi besarnya penurunan akhir, metode ini juga dapat memperoleh parameter – parameter konsolidasi yang lebih akurat. Pada metode ini digunakan metode *curve fitting.* Tetapi dengan menggunakan Metode Asaoka, kebutuhan akan data – data tanah tanah tidak diperlukan dan hasil yang diperlukan dan hasil yang diperoleh pun cukup diandalkan.

2.5.1 Metode Grafis Prediksi Penurunan Tanah

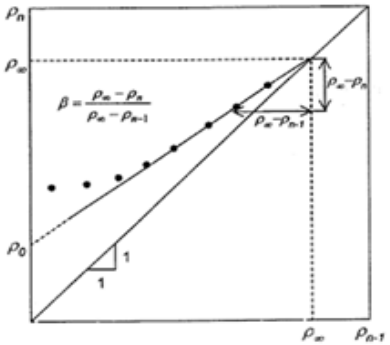
Pengukuran data penurunan tanah di lapangan dilakukan dengan menggunakan instrument *settlement plate.* Untuk memperoleh prediksi penurunan akhir tanah, maka data – data penurunan ini harus dipilih, sehingga diperoleh nilai penurunan ρ_1, ρ_2, ρ_3, ..., ρ_n dengan interval waktu Δt yang konstan seperti yang terlihat pada Gambar 2.6. Kemudian nilai ρ_n (sumbu-y) dan nilai ρ_{n-1} (sumbu-x) diplot sehingga akan diperoleh titik-titik yang membentuk garis lurus seperti pada Gambar 2.7. β_0 adalah waktu

titik plot pertama dari generasi linear ρ_n dan . Penurunan akhir (ρ_f) adalah titik pertemuan antara garis $\rho_n = \rho_{n-1}$ (bersudut 45°) dengan trendline dari garis ρ_n vs ρ_{n-1} sebenarnya. Seterlah diperoleh penurunan akhir (ρ_f) maka dapat dicari nilai yang merupakan kemiringan dari garis ρ_n vs ρ_{n-1} sebenarnya, yang memberikan hubungan:

$$\beta 1 = \frac{\rho f - \beta 0}{\rho f} \qquad [2.31]$$



Gambar 2.8 Prosedur analisis data monitoring penurunan dengan interval waktu yang konstan
(Sumber : Magnan dan Deroy, 1980)



Gambar 2.9 Prediksi Penurunan Akhir
Dengan Metode Asaoka

2.5.2 Koreksi Nilai Koefisien Konsolidasi

Berdasarkan metode Asaoka, dapat diperoleh koreksi nilai koefisien konsolidasi arah vertikal (C_v) dan koefisien arah 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 horizontal. Dengan demikian, koreksi koefisien konsolidasi hanya dilakukan untuk parameter konsolidasi horisontal (C_h) saja, yang diberikan melalui persamaan berikut (Hausmann, 1990):

$$\frac{-\ln \beta 1}{\Delta t} = \frac{8Ch}{d^2 F(n)} + \frac{\pi^2 Cv}{4H^2} \qquad [2.32]$$

Dimana:

C_v = koefisien konsolidasi arah vertikal
H = tebal lapisan tanah yang terkonsolidasi
β_1 = kemiringan kurva ρ_n vs ρ_{n-1}
Δt = selang waktu dalam pengamatan penurunan
C_h = koefisien konsolidasi arah horizontal
d = diameter daerah pengaruh PVD
F(n) = fungsi n terhadap waktu akibat PVD

2.6 Metode Elemen Hingga

Analisa dan prediksi penurunan konsolidasi tanah dapat dilakukan dengan metode elemen hingga atau *Finite Element Method* (FEM) dengan bangtuan *software* PLAXIS. Pada FEM analisa yang digunakan adalah dengan cara pendekatan solusi analisis struktur secara numerik dimana dimana struktur kontinum dengan derajat kebebasan tak hingga disederhanakan ke dalam elemen-elemen kecil diskrit yang memiliki geometri yang lebih sederhana dengan derajat kebebasan berhingga. Elemen-elemen diferensial ini memiliki asumsi fungsi perpindahan yang dikontrol pada tiap nodal. Pada nodal tersebut diberlakukan syarat

keseimbangan dan kompatibilitas. Pada titik lain, diasumsikan perpindahan dipengaruhi oleh nilai nodal. Perpindahan diperoleh dengan menerapkan prinsip energi yang disusun dari matriks kekakuan untuk tiap elemen dan kemudian diturunkan persamaan keseimbangannya untuk setiap nodal dari elemen diskrit sesuai dengan kontribusi elemennya.

2.6.1 Teori Konsolidasi

Persamaan yang menentukan konsolidasi yang digunakan dalam PLAXIS mengikuti teori Biot. Hukum Darcy untuk aliran fluida dan perilaku elastis dari tanah juga diasumsikan. Rumus didasarkan pada teori regangan kecil Berdasarkan prinsip Terzaghi, tekanan dibagi menjadi tegangan efektif dan tekanan pori:

$$\sigma = \sigma' + m\,(p_{steady} + p_{excess}) \qquad [2.33]$$

Untuk solusi keadaan tetap pada akhir proses konsolidasi adalah P_{steady}. Dalam Plaxis,

$$P_{steady} = \sum Mweight \;.P_{input} \qquad [2.34]$$

P_{input} adalah tekanan pori yang dihasilkan pada input program berdsarkan garis freatik atau perhitungan aliran air tanah. Dalam PLAXIS tegangan bersifat tekan sehingga dianggap negatif, ini diaplikasikan pada tegangan efektif seperti pada tekanan pori.

Untuk aplikasi perkiraan *finite element*, digunakan notasi standar:

$$\underline{u} = \underline{N}\,\underline{v} \quad \underline{u} = \underline{N}\,\underline{p_n} \quad \underline{\varepsilon} = \underline{B}\,\underline{v} \qquad [2.35]$$

dimana :

v = vector perpindahan node

P_n = kelebihan tekanan pori

u = vektor penurunan berkelanjutan dalam sebuah elemen

p = tekanan pori
N = mengandung fungsi interpolasi
B = matriks interpolasi regangan

Dari persamaan penambahan keseimbangan dan mengaplikasikan perkiraan *finite element* di atas, diperoleh:

$$\int \underline{B}^T \, d\underline{\sigma} \, dV = \int \underline{N}^T d\underline{f} \, dV + \int \underline{N}^T d\underline{t} \, dS + r_0 \qquad [2.36]$$

Dimana *f* yaitu berat sendiri dan *t* mewakili tenaga tarik permukaan. Biasanya vektor gaya residual r_0 akan sama dengan nol. Dengan menambahkan vektor gaya residual prosedur perhitungan menjadi koreksi sendiri. Istilah *dV* menunjukkan integrasi volume dari tubuh yang diperhitungkan dan *dS* menunjukkan integral permukaan.

Pemisahan tegangan total menjadi tekanan pori dan tegangan efektif, seperti yang terlihat pada persamaan keseimbangan berikut ini:

$$\underline{K} \, d\underline{v} + \underline{L} \, d \, \underline{P_n} = d \, \underline{f_n} \qquad [2.37]$$

K adalah matriks kekakuan, *L* adalah matriks pasangan dan df_n adalah vektor penambahan beban. Untuk merumuskan masalah aliran, persamaan kontinuitas diambil dari bentuk berikut:

$$\nabla^T \underline{R} \, \nabla\left(\gamma_w \, y - P_{steady}\right) / \, \gamma_w - \underline{m}^T \frac{\partial \underline{\varepsilon}}{\partial t} + \frac{n}{K_w} \frac{\partial p}{\partial t} = 0 \qquad [2.38]$$

Dimana R adalah matriks permeabilitas, *N* adalah porositas, K_w adalah modulus Bulk dari fluida dan γ_w adalah berat satuan dari fluida. Persamaan kontinuitas ini memasukkan tanda bahwa P_{steady} dan *p* diperhitungkan positif untuk tekan.

Batas-batas elemen diaplikasikan dengan menggunakan prosedur Galerkin dan menggabungkan kondisi batas tertentu, sehingga diperoleh:

$$-\underline{H}\,\underline{P_n} + \underline{L}^T \frac{d\underline{v}}{dt} - \underline{S}\frac{d\underline{P_n}}{dt} = \underline{q} \qquad [2.39]$$

Pada Plaxis, modulus Bulk dari fluida dapat diambil secara otomatis berdasarkan:

$$\frac{K_w}{n} = \frac{3(v_u - v)}{(1-2\,v_u 1+v)} K_{skeleton} \qquad [2.40]$$

Dimana v_u memiliki nilai 0.495. Nilai ini dapat dimodifikasi dalam input program dengan dasar parameter *B* Skempton Untuk material teraliri dan material yang digantikan, modulus Bulk dari fluida dapat diabaikan. Persamaan Keseimbangan dan Kontinuitas dapat dirangkum dalam sebuah persamaan blok matriks seperti Persamaan 2.41.

Menggunakan symbol Δ untuk menunjukkan tambahan batas, integrasi memberikan:

$$\begin{bmatrix} \underline{K} & \underline{L} \\ \underline{L}^T & -S^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\underline{v} \\ \Delta\underline{P_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \Delta_t\,\underline{H} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \underline{v_0} \\ \underline{P_{no}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\Delta \underline{f_n}}{dt} \\ \Delta t\; q_n{}^* \end{bmatrix} \qquad [2.41]$$

Dimana :

$\underline{S}^* = \alpha\ \Delta t\ \underline{H} + \underline{S}$ $\qquad$ $q_n{}^* = q_{no}{}^* + \alpha\ \Delta\ \underline{q_n}$

dan v_0 dan p_{n0} menunjukkan nilai pada permulaan dari tahapan waktu. Parameter α adalah koefisien integrasi waktu. Pada program Plaxis, digunakan α=1

2.6.2 Parameter Tanah yang Digunakan Dalam Pemodelan

Nilai parameter tanah yang digunakan dalam pemodelan FEM diperoleh dari data laboratorium maupun dari referensi berdasarkan tipr tanah. Referensi parameter yang digunakan meliputi E (modulus elastisitas) dan n (Poisson's Ratio) seperti terlihat pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7.

Tabel 2.6 Korelasi Konsistensi Tanah Dengan Nilai E Modulus Young

Macam Tanah	**E (kN/m^2)**
Lempung	
Sangat lunak	300 – 3000
Lunak	2000 – 4000
Sedang	4500 – 9000
Keras	7000 – 20000
Berpasir	30000 – 42500
Pasir	
Berlanau	5000 – 20000
Tidak padat	10000 – 25000
Padat	50000 – 100000
Padat dan kerikil	80000 – 200000
Padat	50000 – 140000
Lanau	2000 – 20000
Loess	15000 – 60000
Serpih	140000 – 1400000

(Sumber : Bowles, 1974)

Tabel 2.7 Korelasi Konsistensi Tanah Dengan *Poisson's Ratio*

Macam Tanah	μ
Lempung jenuh	0,4 – 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir padat	0,2 – 0,4
Pasir kasar (angka pori, e = 0,4 – 0,7)	0,25
Pasir halus (angka pori, e = 0,4 – 0,7)	0,25
Batu (agak tergantung dari macamnya)	0,1 – 0,4
Loess	0,1 – 0,3

(Sumber : Bowles, 1968)

2.6.3 Material Type

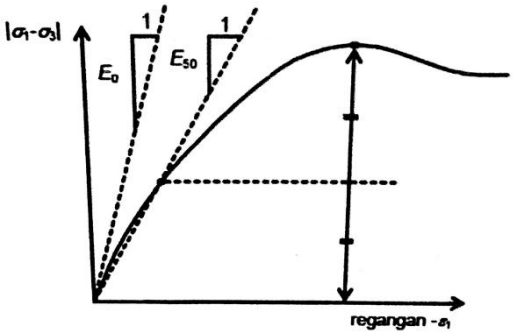
Material type digunakan untuk menggambarkan sifat interaksi air-tanah. Material type dibagi menjadi 3 antara lain:

1. *Drained Behaviour*, model ini digunakan untuk menggambarkan kondisi dimana tidak terjadi *excess pore water preasure*. Material type ini juga dapat menggambarkan kondisi *Long Term.*
2. *Undrained Behaviour*, model ini digunakan untuk menggambarkan kondisi dimana terjadi *excess pore water preasure.*
3. *Non Porous Behaviour*, model ini menggambarkan kondisi dimana tidak terdapat *initial pore preasure* dan *excess pore water preasure*. Pilihan ini biasanya digunakan untuk memodelkan batuan dan beton.

2.6.4 Model Mohr-Coloumb *(Perfect Plasticity)*

Model Morh-Coloumb adalah model elastis-plastis yang membutuhkan lima buah input parameter dalam PLAXIS, yaitu *E* dan *v* untuk memodelkan elastisitas tanah; *Ø* dan *c* untuk memodelkan plastisitas tanah; serta ψ sebagai sudut dilatasi. Model Mohr-Coloumb merupakan suatu pendekatan "ordo pertama" (*first order*) dari perilaku tanah atau buatan. Model ini disarankan untuk digunakan dalam analisis awal dari masalah yang dihadapi. Setiap lapisan dengan model ini akan mempunyai sebuah nilai kekakuan rata-rata yang konstan. Karena kekuan yang konstan, perhitungan cenderung cepat.

1. Modulus Elastisitas atau Modulus Kekakuan *(E)*
   PLAXIS menggunakan modulus elastisitas sebagai modulus kekakuan dasar dalam model elastis dan model Mohr-Coulomb. Modulus kekakuan mempunyai satuan tegangan (satuan gaya per satuan luas). Nilai dari parameter kekakuan yang digunakan dalam perhitungan memerlukan perhatian khusus karena banyak material tanah yang telah menunjukkan perilaku non-linier dari awal pembebanan.
   Dalam mekanika tanah, kemiringan awal kurva tegangan-regangan biasanya disebut sebagai E_0 dan modulus seakan (secant modulus) pada 50% kekuatan disebut sebagai E_{50} seperti yang terlihat pada Gambar 2.10. Penggunaan E_0 adalah realistis untuk tanah lempung yang terkonsolidasi sangat berlebih dan beberapa batuan dengan rentang perilaku linier elastis yang besar, sedangkan E_{50} lebih tepat digunakan pada tanah pasiran atau tanah lempung terkonsolidasi normal yang menerima pembebanan.



Gambar 2.10 Definisi dan untuk Hasil Uji Triaksial Undrained Standar
(Sumber : Brinkgreve (1998))

2. Angka *Poisson (v)*
   Angka *poisson* atau *poisson's ratio* merupakan perbandingan volume pada daerah yang diberikan gaya, dengan daerah lain yang tegak lurus dengan gaya tersebut. Dalam banyak kasus, akan diperoleh nilai *poisson's ratio* yang berkisar antara 0,3 dan 0,4. Umumnya, nilai tersebut tidak hanya digunakan pada kompresi satu dimensi, tetapi juga dapat digunakan untuk kondisi pembebanan lainnya. Namun untuk kasus *unloading*, lebih umum untuk menggunakan nilai antara 0,15 dan 0,25.

3. Sudut Geser (*Ø)*
   Nilai sudut geser dimasukkan dalam satuan derajat. Sudut geser yang tinggi, seperti pasir padat, akan mengakibatkan peningkatan beban komputasi plastis. Waktu komputasi akan meningkat secara ekponensial terhadap sudut geser. Karena itu, sudut geser yang tinggi sebaiknya dihindari saat melakukan perhitungan awal.

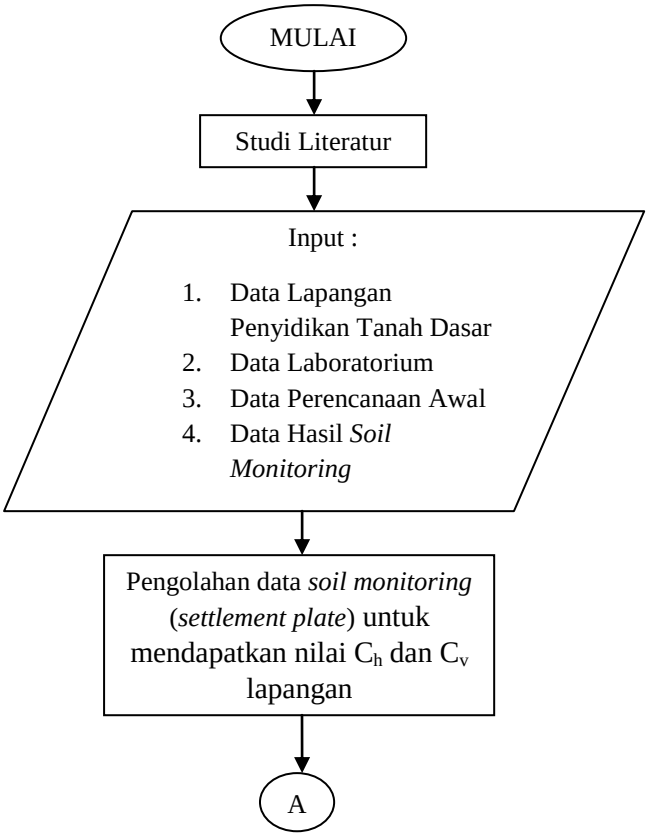
4. Kohesi (c)
   PLAXIS dapat menerima pasir non-kohesif (c = 0), tetapi beberapa pilihan akan berjalan kurang baik. Untuk menghindari hal ini, pengguna yang belum berpengalaman disarankan untuk memasukkan nilai yang kecil untuk kohesi (gunakan c > 0,2 kPa).

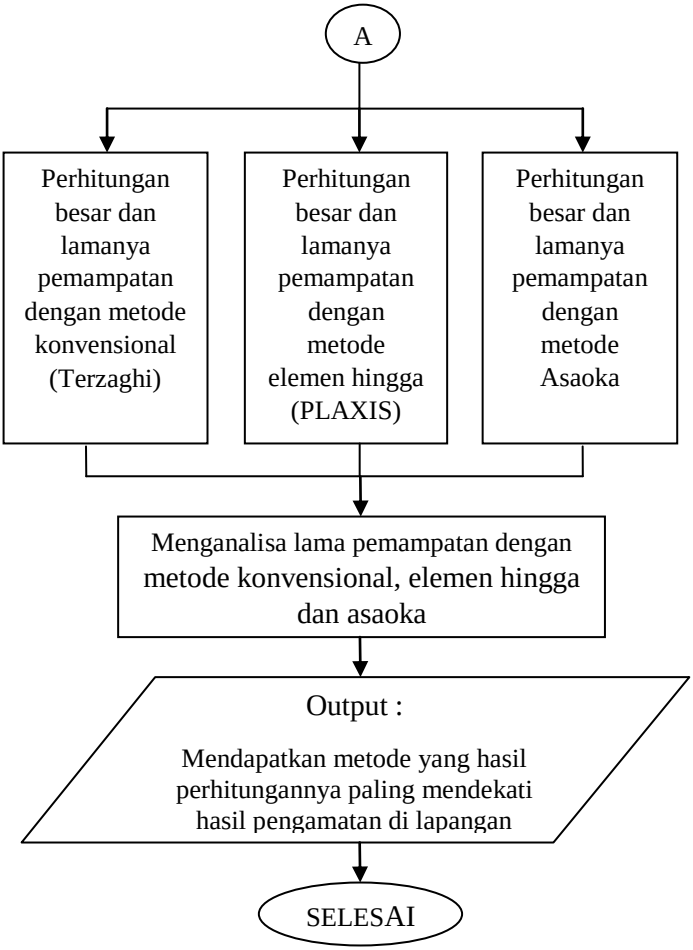
5. Sudut Dilatansi (ψ)
   Sudut dilatansi dinyatakan dalam derajat. Selain tanah lempung yang terkonsolidasi berlebih, tanah lempung cenderung tidak menunjukkan dilatansi sama sekali (yaitu ψ = 0). Dilatansi dari tanah pasir bergantung pada kepadatan serta sudut gesernya. Untuk pasir kwarsa, besarnya dilantasi kurang lebih adalah $\psi \approx \emptyset - 30$. Walaupun demikian, dalam kebanyakan kasus sudut dilantasi adalah nol untuk nilai $\emptyset$ kurang dari 30. Nilai negatif yang kecil untuk ψ hanya realistis untuk tanah pasir yang sangat lepas.

BAB III
METODOLOGI

3.1 Diagram Alir

Tahapan – tahapan yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 :





Gambar 3.1 Diagram alir metedologi penentuan harga c_h dan c_v lapangan serta implementasinya

3.2 Uraian Diagram Alir

Dari diagram alir di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Studi literatur

Mempelajari konsep-konsep yang digunakan dalam menentukan harga C_h dan C_v lapangan serta metode – metode perhitungan lamanya pemampatan konsolidasi. Adapun bahan studi yang akan dipakai dalam perencanaan ini adalah :

a. Analisa *Soil Instrument*
b. Pemampatan Tanah Lunak
c. Metode *Preloading*
d. Metode *Prefabricated Vertical Drain*
e. Metode Terzaghi
f. Metode Elemen Hingga (PLAXIS)
g. Metode Asaoka

3.2.2 Pengumpulan data

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang meliputi :

1. S*tandard Penetration Test* (SPT)

   Penyelidikan tanah dasar berupa SPT dilakukan pada titik BH-01 dan BH-02. Penyelidikan tanah dasar ini dilakukan untuk mengetahui kondisi tanah dasar pada lokasi *container yard area* pada Pelabuhan Kuala Tanjun, Medan.

2. Data Laboratorium

   Data laboratorium tanah dasar berupa parameter-parameter tanah yang dibutuhkan saat analisa, seperti berat spesifik (G_s), batas cair (LL), batas plastis (PL), indeks plastisitas (IP), berat volume (γ), kadar air (W_c), angka pori (e_0), kuat geser (C_u), indeks kompresi (C_c), dan indeks mengembang (C_s).

3. Data Perencanaan Awal

   Data perencanaan awal berupa *layout* lokasi *trial embakment* serta jalan akses dan data perencanaan *trial embankment* yang dibuat oleh PT.Teknindo Geosistem Unggul. Data perencanaan *trial embankment* tersebut berupa tinggi awal timbunan (*preloading*), prediksi besar pemampatan, dan perencanaan PVD.
4. Data Hasil *Trial Embankment*

   Data hasil *trial embankment* berupa data *monitoring* dari *settlement plate*. Dari data tersebut didapat grafik hubungan antara besar pemampatan tanah dengan waktu.

3.2.3 Pengolahan data *settlement plate*

Pengolahan data settlement plate dilakukan pada titik SP-01 dan SP-05. Dari pengolahan data ini dapat ditentukan parameter C_h lapangan yang biasanya hanya diasumsikan sebesar 2-4 $C_{v.}$

3.2.4 Menghitung besar dan lamanya pemampatan dengan metode konvensional (Terzaghi)

Melakukan perhitungan besar dan lamanya pemampatan dengan metode terzaghi dan dibantu dengan rumus hansbow dengan nilai C_h dan C_v lapangan yang telah didapatkan untuk mendapatkan kurva pemampatan per waktu.

3.2.5 Menghitung besar dan lamanya pemampatan dengan metode elemen hingga (PLAXIS)

Melakukan *running* program PLAXIS untuk mengetahui besar dan lamanya pemampatan yang akan dihasilkan dari kurva pemampatan per waktu.

3.2.6 Menghitung besar dan lamanya pemampatan dengan metode Asaoka

Melakukan perhitungan besar dan lamanya pemampatan dengan metode asaoka dengan nilai C_h dan C_v gabungan di lapangan yang selanjutnya akan digunakan dalam pembuatan kurva pemampatan per waktu.

3.2.7 Menganalisa lama pemampatan dengan metode konvensional, elemen hingga dan Asaoka

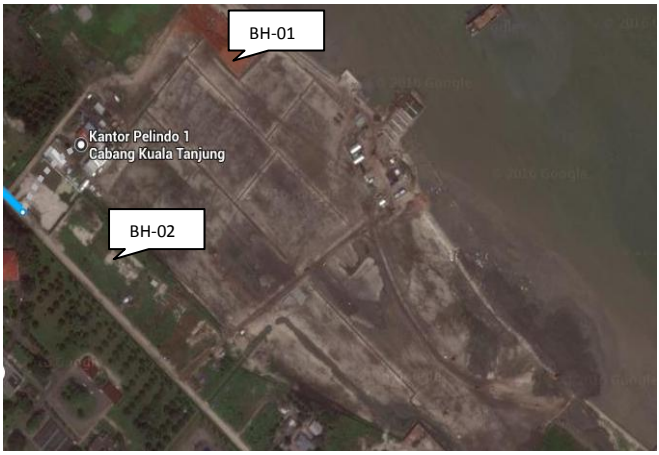
Melakukan analisa kurva pemampatan per waktu dari masing – masing metode sehingga di dapatkan metode mana yang hasil perhitungannya paling mendekati hasil pengamatan di lapangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

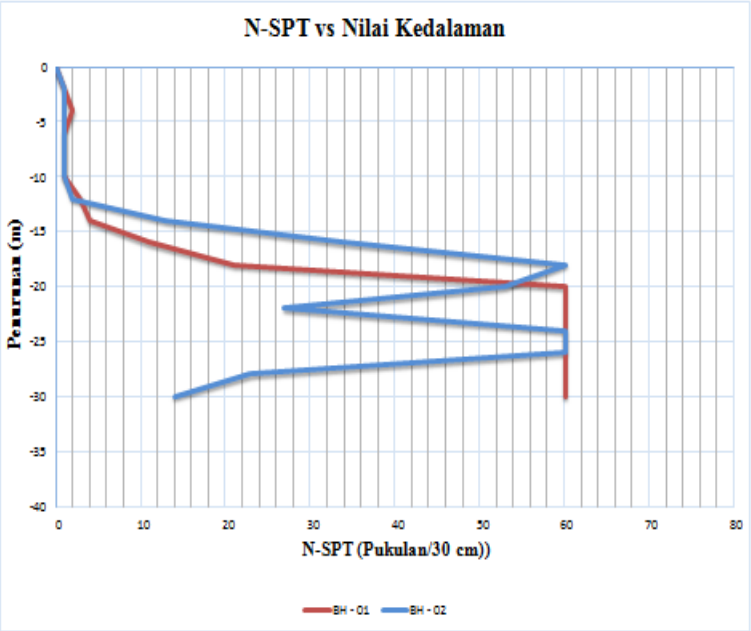
BAB IV
ANALISA DATA TANAH

4.1 Data Tanah

Dalam tugas akhir ini data tanah yang digunakan berupa penyelidikan tanah dasar di lapangan dengan Standart Penetration Test (SPT) dan data laboratorium. Data SPT yang tersedia berjumlah dua titik pengeboran yaitu BH-01 dan BH-02 yang letaknya berada dekat dengan area *container yard* Pelabuhan Kuala Tanjung (Gambar 4.1). Dari data tersebut didapatkan nilai SPT untuk mengetahui kedalaman lapisan tanah lempung yang harus dimampatkan (*compressible*), yaitu lapisan tanah dengan nilai SPT ≤ 10 (Mochtar, 2012). Pada Gambar 4.2 terlihat lapisan tanah yang memiliki nilai SPT ≤ 10 berada hingga kedalaman -15 m; dengan demikian dapat disimpulkan area *container yard* Pelabuhan Kuala Tanjung memiliki lapisan *compressible* sedalam 15 m.



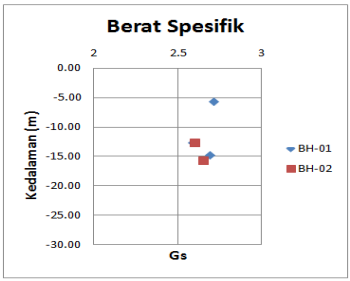
Gambar 4.1 Lokasi titik bor
(Sumber : PT. Teknindo Geosistem Unggul)



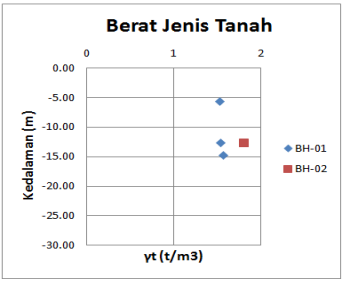
Gambar 4.2 Kedalaman lapisan *compressible*
(Sumber : Hasil analisa)

4.2 Analisa Parameter Tanah

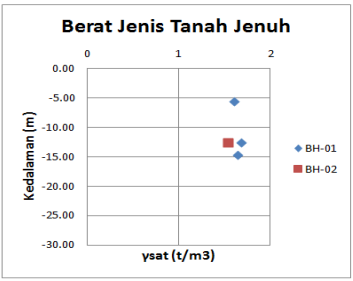
Dari data pengujian laboratorium, nilai parameter tanah yang didapatkan hanya pada kedalaman tertentu saja seperti yang terlihat pada Gambar 4.3. Oleh karena itu untuk mengetahui apakah data tersebut bisa dikatakan seragam atau tidak, diperlukan analisa parameter tanah menggunakan metode statistik selang pendek dengan derajat kepercayaan 90% seperti pada Persamaan 2.3.



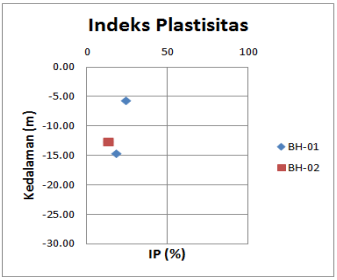
(a)



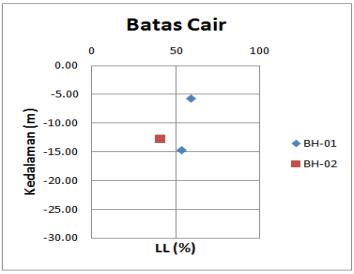
(b)



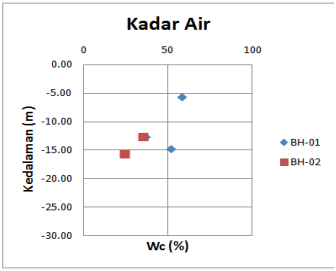
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 4.3 Plot data parameter tanah (a) Berat spesifik butiran padat, (b) Berat jenis tanah, (c) Berat jenis tanah jenuh, (d) Indeks plastisitas, (e) Batas cair, (f) Kadar air
(Sumber : Hasil analisa)

Parameter tanah seperti ɣt, ɣsat, dan Gs memiliki pola sebar yang berdekatan sehingga tidak diperlukan analisa statistik. Tetapi untuk parameter lainnya seperti LL, IP dan Wc diperlukan analisa statistik karena mempunyai persebaran nilai yang cukup jauh.

Parameter Cc dan Cv, hasil dari data laboratorium tidak menunjukkan karakteristik dari tanah lunak seperti biasanya, sehingga digunakan rumus maupun grafik korelasi untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat.

Mencari nilai Cc bisa didapatkan dengan rumus korelasi. Dengan menganggap lapisan tanah merupakan tanah lunak dengan plastisitas yang rendah, rumus yang dipakai untuk mencari nilai Cc diambil dari Tabel 4.1 yaitu Cc = 0,75 (e – 50). Nilai angka pori (e) dapat dihitung terlebih dahulu menggunakan Persamaan pada Tabel 2.3. Dari persamaan tersebut, didapat nilai e 1,79 untuk kedalaman 0 - 6 m dan 1,53 di kedalaman 6 - 15 m. Dengan memasukkan nilai e ke dalam rumus formula, nilai Cc pada kedalaman 0 – 6 m sebesar 0,96 dan kedalaman 6 -15 m sebesar 0,77.

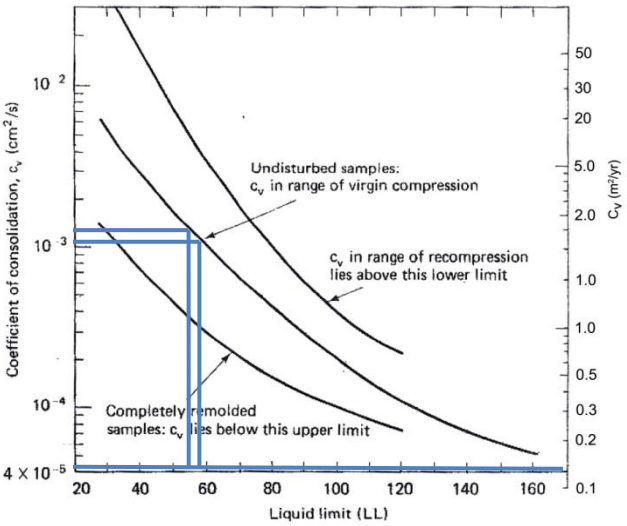
Tabel 4.1 Rumus Korelasi Cc

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

(Sumber : Summarized by Azzouz, Krizek, and Corotis 1976)

Untuk nilai Cv didapat dengan menggunakan grafik korelasi dengan batas cair (LL) seperti pada Gambar 4.4. Dari hasil grafik pada Gambar 4.4, untuk nilai LL 58,65% pada kedalaman 0 - 6 m didapat nilai Cv 0.098 cm²/detik, sedangkan nilai LL 56,90% pada kedalaman 6 – 15 m didapat nilai Cv 0.0010 cm²/detik.

Hasil rekapitulasi parameter tanah dasar dapat dilihat pada Tabel 4.2.



Gambar 4.4 Grafik korelasi harga c_v dengan LL
(Sumber : *After* U.S. Navy, 1971)

Tabel 4.2 Rekapitulasi Parameter Tanah

Kedalaman (m)	Gs	γt (t/m³)	γsat (t/m³)	LL (%)	IP (%)	Wc (%)	e	Cc	Cv (kg/cm²)
-1.00	2.61	1.482	1.548	58.65	24.84	58.3	1.79	0.96	0.0980
-2.00	2.61	1.482	1.548	58.65	24.84	58.3	1.79	0.96	0.0980
-3.00	2.61	1.482	1.548	58.65	24.84	58.3	1.79	0.96	0.0980
-4.00	2.61	1.482	1.548	58.65	24.84	58.3	1.79	0.96	0.0980
-5.00	2.61	1.482	1.548	58.65	24.84	58.3	1.79	0.96	0.0980
-6.00	2.61	1.482	1.548	58.65	24.84	58.3	1.79	0.96	0.0980
-7.00	2.61	1.482	1.548	56.90	12.98	43.8	1.53	0.77	0.0010
-8.00	2.61	1.482	1.548	56.90	12.98	43.8	1.53	0.77	0.0010
-9.00	2.61	1.482	1.548	56.90	12.98	43.8	1.53	0.77	0.0010
-10.00	2.61	1.482	1.548	56.90	12.98	43.8	1.53	0.77	0.0010
-11.00	2.61	1.482	1.548	56.90	12.98	43.8	1.53	0.77	0.0010
-12.00	2.61	1.482	1.548	56.90	12.98	43.8	1.53	0.77	0.0010
-13.00	2.61	1.482	1.548	56.90	12.98	43.8	1.53	0.77	0.0010
-14.00	2.61	1.482	1.548	56.90	12.98	43.8	1.53	0.77	0.0010
-15.00	2.61	1.482	1.548	56.90	12.98	43.8	1.53	0.77	0.0010

(Sumber : Hasil analisa)

4.3 Fluktuasi Muka Air

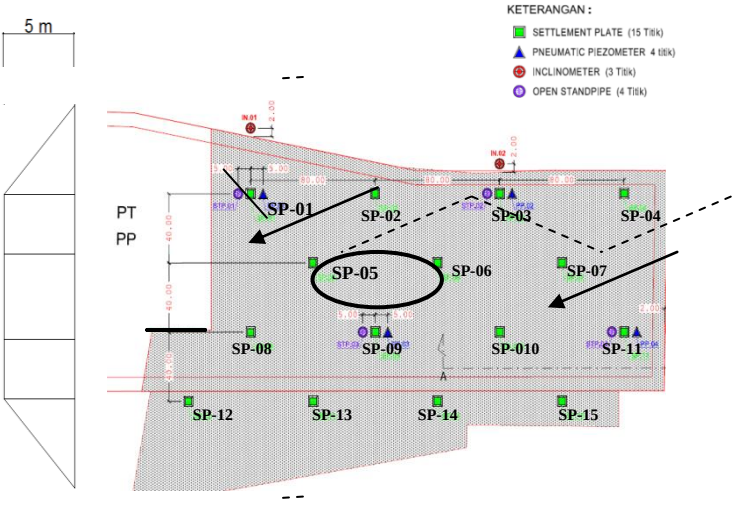
Dari data tinggi fluktuasi muka air di lapangan yang dikalikan dengan tegangan air maka akan didapatkan besarnya tegangan fluktuasi muka air. Besar fluktuasi muka air di lapangan yaitu 3.3 t/m².

$\sigma_{\text{fluktuasi muka air}} = 3.3 \text{ m} \times 1 \text{ t/m}^3$
$= 3.3 \text{ t/m}^2$

BAB V
ANALISA PREDIKSI PEMAMPATAN

5.1 Umum

Dalam tugas akhir ini prediksi pemampatan didasarkan pada hasil *monitoring instrument soil* berupa *settlement plate* yang dipasang pada lokasi *trial embankment*. *Settlement plate* di pasang sebanyak 15 titik seperti pada Gambar 5.1a, tetapi data yang digunakan untuk analisa hanya dua titik yaitu SP-01 dan SP-05 yang masing-masing mewakili bagian tepi dan tengah dari timbunan setinggi 5 m (Gambar 5.1b). Data tersebut akan digunakan untuk mencari harga C_h lapangan dengan menggunakan cara *back calculation*, kemudian harga C_h tersebut digunakan untuk menggambar kurva pemampatan vs waktu dengan menggunakan metode Terzaghi, Asaoka dan PLAXIS.



(b) (a)

Gambar 5.1 Layout peletakkan *instrument soil*

Data lain yang dibutuhkan untuk melakukan analisis adalah sebagai berikut:

1. **Geometri Timbunan**
   Tinggi timbunan *final* yang direncanakan oleh PT. Teknindo Geosistem Unggul adalah + 3m dengan tinggi awal timbunan setinggi 5 m yang ditimbun secara bertahap dengan kemiringan talud 1 : 1,5. Rata - rata kecepatan penimbunan adalah 0,4 m / dua minggu.

2. **Material Timbunan**
   Tanah timbunan reklamasi pada proyek ini didapat dari daerah Medan Utara yang jaraknya 40 km dari Pelabuhan Kuala tanjung. Spesifikasi teknis dari material timbunan adalah sebagai berikut :
   - C = 0
   - γ_{sat} = 1,85 t/m³
   - γ_t = 1,85 t/m³
   - ϕ = 30˚

3. **Hasil Perencanaan PVD**
   PVD dipasang sedalam lapisan *compressible* yaitu hingga kedalaman 15 m dengan jarak antar PVD 1,5 m dan digunakan pola segitiga. Dalam kondisi seperti itu dibutuhkan waktu 35 minggu atau 8,5 bulan untuk mencapai derajat konsolidasi 90%.
   Jenis PVD yang digunakan pada perencanaan ini adalah CeTeau Drain CT-D822 produksi PT. Teknindo Geosistem Unggul dengan spesifikasi sebagai berikut :
   - *Weigt* = 75 g/m
   - *Thickness (a)* = 100 mm
   - *Width (b)* = 4 mm

5.2 Metode Terzaghi

Pada kasus *trial embankment* dengan pemasangan PVD, teori konsolidasi satu dimensi Terzaghi tidaklah cukup untuk mengetahui prediksi besar pemampatan dan juga harga dari C_h. Untuk itu perlu adanya kombinasi antara teori Terzaghi dan teori Hansbow yang memasukkan dimensi fisik dan karakteristik dari PVD.

5.2.1 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga C_h Pada Titik SP-01

5.2.1.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi

Perhitungan pemampatan konsolidasi dilakukan pada lapisan *compressible* sedalam 15 m sesuai dengan data N-SPT pada Gambar 4.2. Besarnya pemampatan konsolidasi akibat timbunan yang diletakkan secara bertahap lapis demi lapis. Jadwal pentahapan timbunan di lapangan disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Jadwal Pentahapan Timbunan SP-01

Tahap	Waktu Penimbunan		Tinggi Timbunan (Meter)
	Dari Minggu Ke-	Hingga Minggu Ke -	
0	0	0	0
1	0	2	0,4
2	2	3	0,4
3	3	8	0,4
4	8	9	0,4
5	9	10	0,2
6	10	11	0,2
7	11	12	0,2
8	12	13	0,4
9	13	14	0,8
10	14	15	0,4
11	15	16	0,2
12	16	18	0,4
13	18	20	0,2
14	20	31	0,2
15	31	35	0,2
		Tinggi Total Timbunan	5,0

Pada *trial embankment* di titik SP-01 timbunan diletakkan secara bertahap hingga tinggi total mencapai 5 m dengan waktu 35 minggu. Dengan mengetahui tinggi timbunan tiap tahapnya, besar pemampatan konsolidasi (*settlement*) yang akan terjadi dapat dihitung. Berikut ini adalah contoh perhitungan *settlement* pada tanah dasar lapis 1 akibat beban tahap 1 dengan tinggi timbunan 0,4 m.

1. Tegangan *Overburden* Efektif (Po')

Tegangan *overburden* efektif (Po') dihitung di tengah lapisan tanah dengan Persamaan 2.9, harga ɣ efektif yaitu ɣ *saturated* yang telah dikurangi ɣ water sebesar 1 t/m^3.

P'o = γ' x ½ h
= 0,548 t/m^3 x ½ (1) m
= 0,274 t/m²

2. Tegangan Pra Konsolidasi Efektif (Pc')

Tegangan pra konsolidasi efektif (Pc') dihitung di tengah lapisan tanah dengan Persamaan 2.8. Untuk nilai penambahan tegangan akibat adanya beban di waktu lampau (ΔPf) bisa didapat dari fluktuasi yang telah dihitung dari bab sebelumnya sebesar 3,3 t/m².

P'c = P'o + ΔPf
= 0,274 t/m² + 3,3 t/m²
= 3,574 t/m²

3. Penambahan Tegangan (Δp)

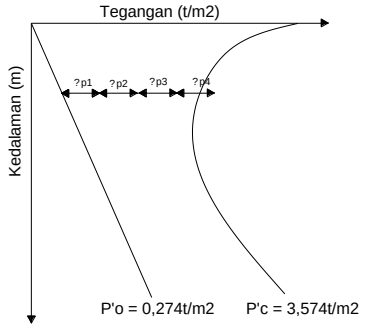
Penambahan Tegangan (Δp) dihitung di tengah lapisan tanah dengan Persamaan 2.10. Menurut Braja M. Das (1986), diagram tegangan tanah akibat timbunan adalah seperti pada Gambar 2.2.

z = 0,9 m
B_1 = ½ x 246,8 m = 123,4 m
B_2 = 0,4 m x 1,5 = 0,6 m

α_1 = $\tan^{-1}$ {(123,4+0,6)/0,9} – $\tan^{-1}$ (123,4/0,9)
= 0,002º
α_2 = $\tan^{-1}$ (123,4/0,9)
= 89,582º
q_0 = 1,85 t/m^3 x 0,4 m
= 0,74 t/m²
Δp = 2 x 0,74/180 [{(123,4+0,6)/0,6}(0,002+89,582)
-123,4/0,6(89,582)]
= 0,74 t/m²

Dalam menentukan rumusan untuk mencari besar pemampatan dengan beban timbunan bertahap, perlu diketahui apakah jumlah dari tegangan overburden dan tegangan tambahan (P'o+Δp) lebih besar atau lebih kecil dari tegangan prakonsolidasi (P'c).

Pada timbunan bertahap di titik SP-01, penambahan tegangan hingga tahap 4 masih lebih kecil daripada tegangan prakonsolidasi (P'o + Δp < P'c) seperti yang terlihat pada Gambar 5.3, sehingga untuk tahap 1 s/d 4 digunakan rumus 1, tahap 5 digunakan rumus 2 dan tahap 6 s/d 15 digunakan rumus 3. Rumus 1,2 dan 3 bisa dilihat pada Persamaan 2.14 – 2.16.



Gambar 5.2 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap pada SP-01

Dengan menggunakan rumus 1, besar pemampatan yang terjadi pada tahap 1 di lapisan pertama dapat dihitung sebagai berikut :

$$S_c = \frac{0{,}193x1}{1+1{,}79}\log\left(\frac{0{,}274+0{,}74}{0{,}274}\right)$$

= 0,0393 m

Perhitungan lebih rinci pada setiap lapisan lainnya untuk tahap 1 bisa dilihat pada Tabel 5.2.

Hasil perhitungan keseluruhan untuk besar pemampatan tiap lapisan pada tahap 2 hingga selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran .... Dari hasil tersebut bisa dibuat rekapitulasi besar pemampatan pada tiap tahap seperti pada Tabel 5.3. Dari Tabel tersebut didapatkan prediksi besar pemampatan konsolidasi akibat beban bertahap pada SP-01 adalah 1,69 m.

Tabel 5.3 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi Akibat Pentahapan Timbunan Pada SP-01

Tahap	Tinggi Timbunan (Meter)	Sc (Meter)
0	0	0,000
1	0,4	0,126
2	0,4	0,083
3	0,4	0,066
4	0,4	0,055
5	0,2	0,032
6	0,2	0,116
7	0,2	0,109
8	0,4	0,201
9	0,8	0,348
10	0,4	0,154
11	0,2	0,073
12	0,4	0,138
13	0,2	0,065
14	0,2	0,063
15	0,2	0,061
Total	5,0	1,691

5.2.1.2 Penentuan Harga C_h

Dari analisa besar pemampatan yang telah dihitung dengan metode Terzaghi, dapat dibuat grafik pemampatan *vs* waktu yang bisa dibandingkan dengan grafik serupa yang diperoleh dari hasil *monitoring* di lapangan. Pada dasarnya grafik pemampatan *vs* waktu sangat dipengaruhi oleh nilai derajat konsolidasi gabungan (U), sehingga bila kedua grafik tersebut

berhimpit, berarti nilai U gabungan dari hasil analisa metode Terzaghi dan hasil lapangan telah sama.

Nilai U gabungan untuk analisa metode Terzaghi dapat dihitung dari nilai derajat konsolidasi arah vertikal (U_v) dan nilai derajat konsolidasi arah horizontal (U_h), yang masing-masing membutuhkan parameter koefisien konsolidasi yaitu C_v dan C_h. Untuk harga C_v telah didapatkan dari analisa bab sebelumnya, sedangkan harga C_h perlu dilakukan perhitungan balik atau *back calculation*. Berikut ini langkah-langkah untuk menentukan harga C_h.

1. **Menghitung Derajat Konsolidasi Vertikal (U_v)**

   Dalam analisa ini besarnya U_v diasumsikan kurang dari 60% sehingga digunakan Persamaan 2.27. Sesuai dengan persamaan tersebut, maka diperlukan nilai C_v dan T_v.

   Harga C_v gabungan didapat dengan menggunakan Persamaan2.13. Hasil analisa pada bab sebelumnya didapat harga C_v 0,098 cm²/detik untuk kedalaman 0 s/d 6 m dan 0,001 cm²/detik pada kedalaman 6 s/d 15 m.

$$C_v \text{ Gab} = \frac{(H_1 + H_2 + ... + H_n)^2}{\left[\frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + ... + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}}\right]^2}$$

$$= \frac{(6+9)^2}{\left[\frac{6}{\sqrt{0{,}098}} + \frac{9}{\sqrt{0{,}001}}\right]^2}$$

$$= 0{,}0024383 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$= 0{,}147 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Harga T_v dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.29, dimana lama konsolidasi (t) pada proyek ini diambil contoh 1 minggu.

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

= 0,00262

Setelah mengetahui harga Tv, harga U_v dapat didapat yaitu sebesar :

$$\overline{U}_v = \left(2\sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right)$$

$$\overline{U}_v = \left(2\sqrt{\frac{0{,}00262}{\pi}} \right)$$

= 0,06

2. Menghitugan Derajat Konsolidasi Horizontal (U_h)

Derajat konsolidasi horizontal diperoleh dari Persamaan 2.26. Dalam perhitungan U_h dibutuhkan beberapa parameter seperti $F_{(n)}$, C_h, dan D. Contoh langkah perhitungan besarnya U_h untuk PVD dengan pola pemasangan segitiga dengan spasi 1,50 m sebagai berikut:

D = 1,05 x S
= 1,05 x 1500
= 1575 mm

d_w = 2 (a+b)/π
= 2 (100+4)/π
= 89,1 mm

Dilanjutkan dengan Perhitungan $F_{(n)}$ dengan menggunakan Persamaan 2.21

$$F(n) = \ln(\frac{D}{dw}) - 3/4$$

$$F(n) = \ln(\frac{1575}{89,1}) - 3/4$$

= 2,122

Harga C_h dicari dengan melakukan *trial and error* hingga grafik pemampatan *vs* waktu dengan analisa metode Terzaghi dan hasil *monitoring* di lapangan berhimpit. Pada titik SP-01 dimasukkan harga C_h sebesar 1,8 kali harga C_v agar kedua grafik tersebut dapat berhimpit seperti yang terlihat pada Gambar 5.3. Dengan nilai C_h sebesar 0,2654 m²/minggu, maka nilai U_h adalah :

$$U_h = 1 - \left[\frac{1}{e^{\left[\frac{1x8x0,2654}{157,5^2 x2x2,122} \right]}} \right]$$

= 0,18

Dengan cara yang sama, setiap tahapan dihitung derajat konsolidasi gabungannya (U) sehingga di dapat rekapitulasinya seperti pada Tabel 5.4. Pada tabel tersebut terlihat di minggu terakhir derajat konsolidasi gabungan (U) telah mencapai 100% dengan *settlement* 1,69 m, sama seperti yang terjadi dilapangan. Ini menunjukkan nilai C_h yang telah di *trial and error* sebesar 1,8 kali C_v dapat digunakan.

Tabel 5.4 Derajat Konsolidasi Gabungan Pada SP-01

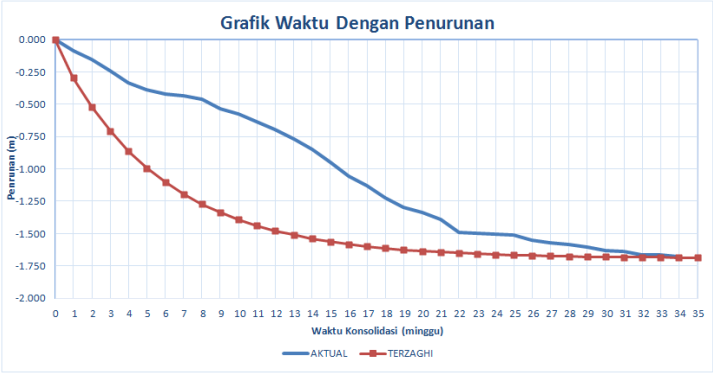
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot (%)	Sc (m)
1	2.62E-03	0.06	0.18	22.99	0.389
2	5.24E-03	0.08	0.33	38.65	0.654
3	7.87E-03	0.10	0.45	50.86	0.860
4	1.05E-02	0.12	0.55	60.52	1.023
5	1.31E-02	0.13	0.64	68.23	1.154
6	1.57E-02	0.14	0.70	74.40	1.258
7	1.84E-02	0.15	0.76	79.35	1.342
8	2.10E-02	0.16	0.80	83.33	1.409
9	2.36E-02	0.17	0.84	86.54	1.463
10	2.62E-02	0.18	0.87	89.12	1.507
11	2.88E-02	0.19	0.89	91.21	1.542
12	3.15E-02	0.20	0.91	92.89	1.571
13	3.41E-02	0.21	0.93	94.25	1.594
14	3.67E-02	0.22	0.94	95.34	1.612
15	3.93E-02	0.22	0.95	96.23	1.627
16	4.19E-02	0.23	0.96	96.95	1.639
17	4.46E-02	0.24	0.97	97.53	1.649
18	4.72E-02	0.25	0.97	98.00	1.657
19	4.98E-02	0.25	0.98	98.38	1.664

Tabel 5.4 Derajat Konsolidasi Gabungan Pada SP-01 (Lanjutan)

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot (%)	Sc (m)
20	5.24E-02	0.26	0.98	98.69	1.669
21	5.51E-02	0.26	0.99	98.94	1.673
22	5.77E-02	0.27	0.99	99.14	1.676
23	6.03E-02	0.28	0.99	99.30	1.679
24	6.29E-02	0.28	0.99	99.43	1.681
25	6.55E-02	0.29	0.99	99.54	1.683
26	6.82E-02	0.29	0.99	99.63	1.685
27	7.08E-02	0.30	1.00	99.70	1.686
28	7.34E-02	0.31	1.00	99.76	1.687
29	7.60E-02	0.31	1.00	99.80	1.688
30	7.87E-02	0.32	1.00	99.84	1.688
31	8.13E-02	0.32	1.00	99.87	1.689
32	8.39E-02	0.33	1.00	99.89	1.689
33	8.65E-02	0.33	1.00	99.91	1.690
34	8.91E-02	0.34	1.00	99.93	1.690
35	9.18E-02	0.34	1.00	99.94	1.690

5.2.1.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu

Dengan menggunakan harga C_h = 1,8 x C_v , maka didapat kurva pemampatan vs waktu yang diperoleh seperti yang diberikan pada Gambar 5.4



Gambar 5.4 Kurva pemampatan *vs* waktu dengan metode terzaghi pada titik SP-01

5.2.2 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga C_h Pada Titik SP-05

5.2.2.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi

Pada titik SP-05 hasil analisa tebal lapisan *compressible*, tegangan *overburden* dan tegangan prakonsolidasi adalah sama seperti pada titik SP-01. Untuk jadwal pentahapan timbunan di lapangan sedikit berbeda seperti yang disajikan pada Tabel 5.5

Tabel 5.5 Jadwal Pentahapan Timbunan SP-05

Tahap	Waktu Penimbunan		Tinggi Timbunan (Meter)
	Dari Minggu Ke-	Hingga Minggu Ke -	
0	0	0	0
1	0	4	0,8
2	4	8	0,4
3	8	10	0,2
4	10	11	0,4
5	11	12	0,2
6	12	13	0,8
7	13	14	0,4
8	14	15	0,4
9	15	16	0,2
10	16	17	0,2
11	17	19	0,2
12	19	21	0,2
13	21	27	0,2
14	27	35	0,2
		Tinggi Total Timbunan	4,8

Pada *trial embankment* di titik SP-05 timbunan diletakkan secara bertahap hingga tinggi total mencapai 4,8 m dengan waktu 35 minggu. Dengan mengetahui tinggi timbunan tiap tahapnya, besar pemampatan konsolidasi (*settlement*) yang akan terjadi dapat dihitung. Berikut ini adalah contoh perhitungan *settlement* pada tanah dasar lapis 1 akibat beban tahap 1 dengan tinggi timbunan 0,8 m.

1. **Tegangan *Overburden* Efektif (Po')**
   Seperti pada perhitungan pada SP-01, Po' didapat sebesar 0,274 t/m².

2. **Tegangan Pra Konsolidasi Efektif (Pc')**
   Seperti pada perhitungan pada SP-01, Pc' didapat sebesar 3,574 t/m².

3. Penambahan Tegangan (Δp)

Analisa penambahan tegangan berbeda dengan SP-01 karena tebal timbunan tahap pertama yaitu 0,8 m.

z = 1,3 m

B_1 = ½ x 246,8 m = 123,4 m

B_2 = 0,8 m x 1,5 = 1,2 m

α_1 = $\tan^{-1}$ {(123,4+1,2)/01,3} – $\tan^{-1}$ (123,4/1,3

= 0,0058º

α_2 = $\tan^{-1}$ (123,4/0,9)

= 89,396º

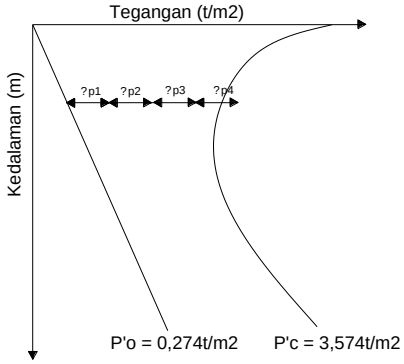
q_0 = 1,85 t/m^3 x 0,8 m

= 1,48 t/m²

Δp = 2 x 0,74/180 [{(123,4+0,6)/0,6}(0,002+89,582) -123,4/0,6(89,582)]

= 1,48 t/m²

Untuk timbunan bertahap di titik SP-05, penambahan timbunan hingga tahap 3 masih lebih kecil daripada tegangan prakonsolidasi (P'o + Δp < P'c) seperti yang terlihat pada Gambar 5.5. Oleh sebab itu, perhitungan besar konsolidasi Tahap 1 s/d 3 digunakan rumus 1, tahap 4 digunakan rumus 2 dan tahap 5 s/d 14 digunakan rumus 3. Rumus 1,2 dan 3 dapat dilihat pada Persamaan 2.14 – 2.16.



Gambar 5.5 Sketsa diagram penambahan tegangan akibat beban bertahap pada SP-05

Dengan menggunakan rumus 1, sehingga besar pemampatan yang terjadi pada tahap 1 di lapisan pertama adalah :

$$S_c = \frac{0{,}193x1}{1+1{,}79}\log\left(\frac{0{,}274+1{,}48}{0{,}274}\right)$$

= 0,0558 m

Untuk perhitungan lebih rinci pada lapisan lainnya untuk tahap 1 bisa dilihat pada Tabel 5.6.

Perhitungan rinci untuk besar pemampatan tiap lapisan pada tahap 2 hingga selanjutnya dapat dilihat pada Lampiran .... Dari hasil tersebut dapat dibuat rekapitulasi besar pemampatan pada tiap tahap seperti pada Tabel 5.7. Dari tabel tersebut didapatkan prediksi besar pemampatan konsolidasi akibat beban bertahap pada SP-05 adalah 1,63 m.

Tabel 5.7 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi Akibat Pentahapan Timbunan Pada SP-05

Tahap	Tinggi Timbunan (Meter)	Sc (Meter)
0	0	0,000
1	0,8	0,210
2	0,4	0,066
3	0,2	0,029
4	0,4	0,059
5	0,2	0,116
6	0,8	0,403
7	0,4	0,174
8	0,4	0,160
9	0,2	0,075
10	0,2	0,073
11	0,2	0,070
12	0,2	0,068
13	0,2	0,065
14	0,2	0,063
Total	5,0	1,630

5.2.2.2 Penentuan Harga C_h

Pada penentuan harga C_h, parameter seperti C_v, T_v, U_v hingga $F_{(n)}$ adalah sama dengan hasil analisa pada titik SP-01. Hal ini disebabkan karena karakteristik PVD yang dipasang pada semua titik adalah sama.

Harga C_h ditentukan dengan cara *trial and error* hingga grafik pemampatan *vs* waktu dengan analisa metode Terzaghi dan hasil *monitoring* di lapangan berhimpit. Pada titik SP-05 diperoleh harga C_h = 0,7 x C_v agar kedua grafik tersebut dapat berhimpit seperti yang terlihat pada Gambar 5.6. Dengan nilai C_h sebesar 0,0885 m²/minggu, maka nilai U_h adalah :

$$U_h = 1 - \left[\frac{1}{e^{\left[\frac{1x8x0,0885}{157,5^2 x2x2,122} \right]}} \right]$$

$$= 0,08$$

Dengan cara yang sama, setiap tahapan dihitung derajat konsolidasi gabungan (U) sehingga di dapat rekapitulasinya seperti pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Derajat Konsolidasi Gabungan Pada SP-05

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot (%)	Sc (m)
1	2.62E-03	0.06	0.08	12.88	0.210
2	5.24E-03	0.08	0.15	21.50	0.350
3	7.87E-03	0.10	0.21	28.87	0.471
4	1.05E-02	0.12	0.27	35.37	0.576
5	1.31E-02	0.13	0.32	41.17	0.671
6	1.57E-02	0.14	0.38	46.37	0.756
7	1.84E-02	0.15	0.42	51.07	0.832
8	2.10E-02	0.16	0.47	55.33	0.902
9	2.36E-02	0.17	0.51	59.19	0.964
10	2.62E-02	0.18	0.54	62.69	1.022
11	2.88E-02	0.19	0.58	65.88	1.074
12	3.15E-02	0.20	0.61	68.79	1.121
13	3.41E-02	0.21	0.64	71.44	1.164
14	3.67E-02	0.22	0.67	73.86	1.204
15	3.93E-02	0.22	0.69	76.06	1.239
16	4.19E-02	0.23	0.71	78.08	1.272
17	4.46E-02	0.24	0.74	79.92	1.302
18	4.72E-02	0.25	0.76	81.60	1.330
19	4.98E-02	0.25	0.77	83.14	1.355
20	5.24E-02	0.26	0.79	84.55	1.378
21	5.51E-02	0.26	0.81	85.84	1.399
22	5.77E-02	0.27	0.82	87.02	1.418
23	6.03E-02	0.28	0.84	88.10	1.436

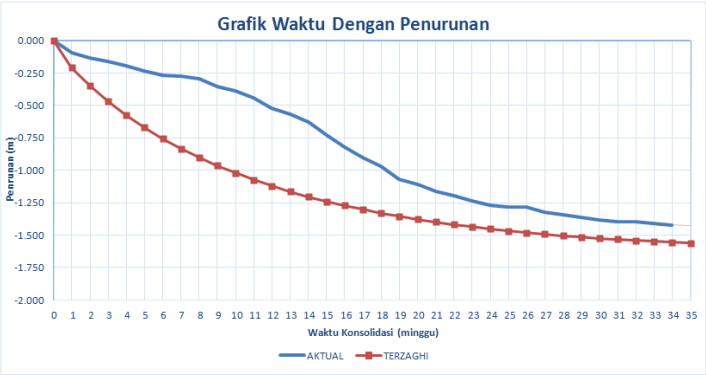
Tabel 5.8 Derajat Konsolidasi Gabungan Pada SP-05 (Lanjutan)

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot (%)	Sc (m)
24	6.29E-02	0.28	0.85	89.08	1.452
25	6.55E-02	0.29	0.86	89.99	1.466
26	6.82E-02	0.29	0.87	90.82	1.480
27	7.08E-02	0.30	0.88	91.58	1.492
28	7.34E-02	0.31	0.89	92.28	1.504
29	7.60E-02	0.31	0.90	92.91	1.514
30	7.87E-02	0.32	0.90	93.50	1.524
31	8.13E-02	0.32	0.91	94.04	1.532
32	8.39E-02	0.33	0.92	94.53	1.540
33	8.65E-02	0.33	0.92	94.98	1.548
34	8.91E-02	0.34	0.93	95.39	1.554
35	9.18E-02	0.34	0.94	95.77	1.561

Pada Tabel 5.8 terlihat bahwa di minggu terakhir derajat konsolidasi gabungan (U) telah mencapai 95% . Ini menunjukkan nilai C_h yang telah di *trial and error* sebesar 0,7 kali C_v dapat digunakan.

5.2.2.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu

Dengan menggunakan harga C_h = 0,7 x C_v , maka kurva pemampatan vs waktu yang diperoleh seperti yang diberikan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Kurva pemampatan *vs* waktu dengan metode terzaghi pada titik SP-05

5.3 Metode Asaoka

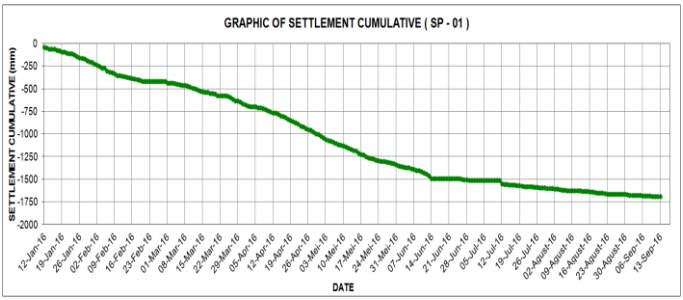
Prediksi pemampatan akhir metode Asaoka dilakukan dengan menggunakan data pemampatan lapangan yang diperoleh dari *trial embankment*. Selanjutnya, dalam menentukan harga C_h digunakan metode Asaoka yang dimodifikasi dengan persamaan Hausmann.

5.3.1 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga C_h Pada Titik SP-01

5.3.1.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi

Langkah-langkah yang dilakukan untuk memprediksi pemampatan yang terjadi adalah sebagai berikut :

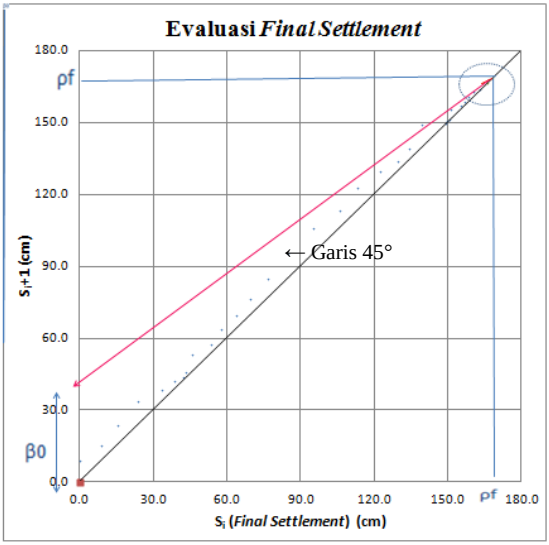
1. Membuat grafik pemampatan (*settlement)* terhadap waktu (*date*) yang terjadi di lapangan dengan menggunakan data settlement plate SP-01 (Gambar 5.8).



Gambar 5.8 Grafik *settlement vs time*
settlemet plate SP-01
(Sumber : PT. Teknindo Geosistem Unggul)

2. Mencari trendline pada grafik penurunan awal, pembuatan trendline ini berguna apabila data settlement yang didapat tidak berada dalam rentang waktu yang sama, karena salah satu syarat penggunaan metode Asaoka ini adalah data settlement tersebut harus dalam rentang waktu yang sama.

3. Melakukan *platting* hasil pengamatan *settlement* pada hari ke i dan *settlement* pada hari i+1. Hasil pengamatan *settlement* yang diplotkan adalah data pengamatan *settlement* yang merupakan akibat beban *preloading* tahap akhir. Langkah selanjutnya adalah membuat garis dengan sudut 45^{o} yang menghasilkan perpotongan dengan garis yang dibentuk oleh titik-titik hasil pengamatan. Titik perpotongan tersebut merupakan nilai *settlement final*



Gambar 5.9 Prediksi pemampatan akhir SP-01
(Sumber : hasil analisa)

Berdasarkan grafik di atas, didapat nilai *final settlement* sebesar 1,675 m. Dari data *monitoring*, diketahui bahwa pemampatan tanah pada hari terakhir pengambilan data adalah 1,688 m. Dengan membagi 1,688 m dengan 1,675 m, didapatlah derajat konsolidasi aktual berdasarkan *Settlement Plate* sebesar 100,7%. Hasil ini menandakan bahwa konsolidasi di lapangan telah selesai.

5.3.1.2 Penentuan Harga C_h

Tidak hanya digunakan untuk prediksi pemampatan akhir, metode Asaoka juga dapat digunakan untuk menentukan harga Ch dengan cara melakukan perhitungan balik atau *back calculation*. Penentuan harga Ch didapat dengan menggabungkan metode Asaoka persamaan Hausmann seperti yang terlihat pada Persamaan 2.32

β_1 = 0,761
Δt = 1 minggu
C_v = 0,147 m²/minggu
D = 1,575 m
F(n) = 2,410 m

$$\frac{-\ln \beta 1}{\Delta t} = \frac{8Ch}{d^2 F(n)} + \frac{\pi^2 Cv}{4H^2}$$

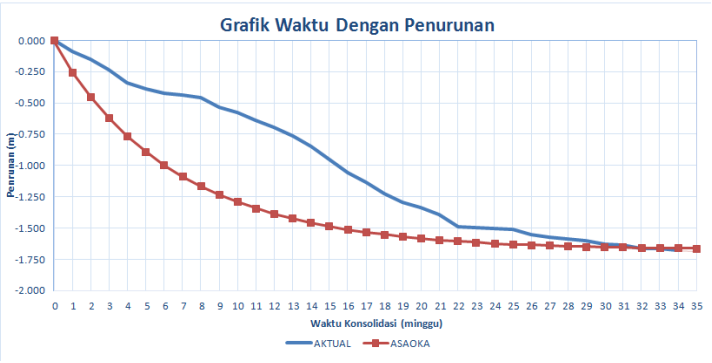
$$\frac{-\ln 0{,}761}{1} = \frac{8Ch}{(1{,}575)^2\, 2{,}410} + \frac{\pi^2 (0{,}147)}{4(15)^2}$$

C_h = 0,2088 m²/minggu

Dapat disimpulkan bahwa harga C_h (0,2088 m^2/minggu) di lapangan sesungguhnya pada Proyek Reklamasi Pelabuhan Kuala Tanjung ini adalah 1,4 kali harga C_v (0,147 m^2/minggu).

5.3.1.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu

Dengan menggunakan harga C_h = 1,4 x C_v , maka kurva pemampatan vs waktu yang diperoleh seperti yang diberikan pada Gambar 5.10.

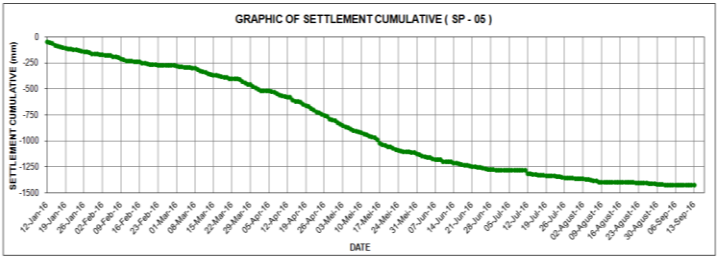


Gambar 5.10 Kurva pemampatan *vs* waktu dengan metode asaoka pada titik SP-01

5.3.2 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga C_h Pada Titik SP-05

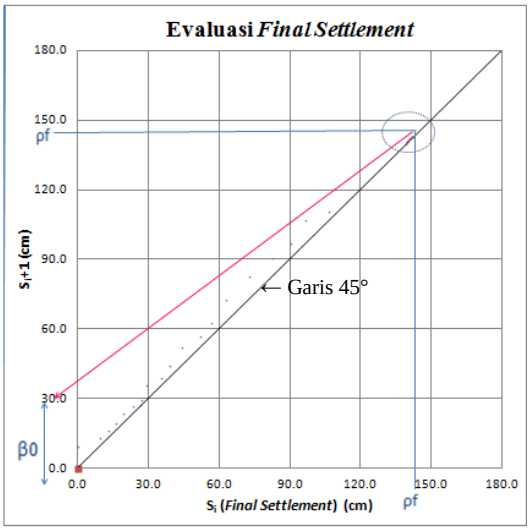
5.3.2.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi

Langkah-langkah yang dilakukan untuk memprediksi pemampatan yang terjadi di titik SP-05 sama seperti pada titik SP-01, hanya saja grafik pemampatan terhadap waktu berbeda seperti pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Grafik Settlement Vs Time Settlemet Plate SP-05
(Sumber : PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Setelah memplotkan hasil pengamatan *settlement* pada hari ke i dan *settlement* pada hari i+1, maka didapat grafik prediksi pemampatan akhir seperti pada Gambar 5.13. Dari grafik tersebut didapat nilai *final settlement* sebesar 1,45 m, sedangkan untuk data *monitoring* diketahui bahwa pemampatan tanah pada hari terakhir pengambilan data adalah 1,425 m. Dengan membagi 1,425 m dengan 1,45 m, didapatlah derajat konsolidasi aktual berdasarkan *Settlement Plate* sebesar 98,28%. Hasil ini menandakan bahwa konsolidasi di lapangan telah selesai.



Gambar 5.12 Prediksi pemampatan Akhir SP-05
(Sumber : Hasil Analisa)

5.3.2.2 Penentuan Harga C_h

Dalam menentukan harga C_h, langkah-langkah dan parameter yang digunakan untuk analisa juga sama seperti pada titik SP-01. Tetapi pada SP-05 didapat nilai β_1 yang berbeda pada SP-01, sehingga harga C_h yang didapat yaitu :

β_1 = 0,738
Δt = 1 minggu

C_v = 0,147 m²/minggu
D = 1,575 m
F(n) = 2,410 m

$$\frac{-\ln \beta 1}{\Delta t} = \frac{8Ch}{d^2 F(n)} + \frac{\pi^2 Cv}{4H^2}$$

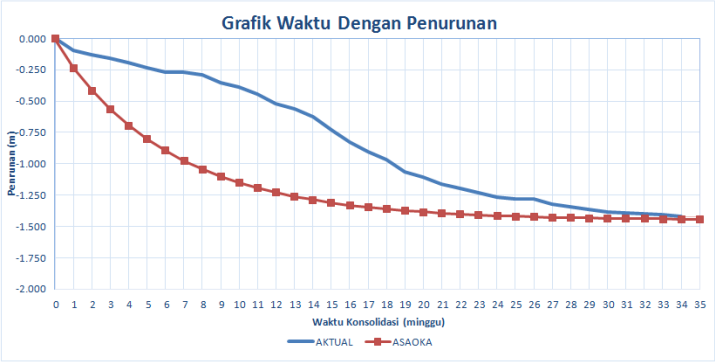
$$\frac{-\ln 0{,}738}{1} = \frac{8Ch}{(1{,}575)^2\, 2{,}410} + \frac{\pi^2 (0{,}147)}{4(15)^2}$$

C_h = 0,2283 m²/minggu

Dapat disimpulkan bahwa harga C_h (0,2283 m^2/minggu) di lapangan sesungguhnya pada Proyek Reklamasi Pelabuhan Kuala Tanjung ini adalah 1,5 kali harga C_v (0,147 m^2/minggu).

5.3.2.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu

Dengan menggunakan harga C_h = 1,5 x C_v , maka kurva pemampatan vs waktu yang diperoleh seperti yang diberikan pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Kurva pemampatan *vs* waktu dengan metode Asaoka pada titik SP-05

5.4 Metode Elemen Hingga

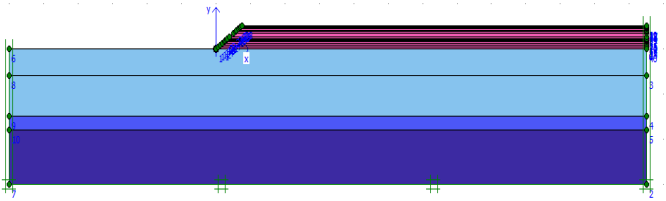
Analisa prediksi pemampatan di lapangan dapat juga dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan program bantu PLAXIS. Dalam pemodelan PLAXIS, timbunan *preloading* dibuat bertahap sesuai dengan jadwal di lapangan.

5.4.1 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga C_h Pada Titik SP-01

5.4.1.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi

Dalam prediksi besar pemampatan konsolidasi, pemodelan tanah dengan menggunakan PLAXIS dibuat sedekat mungkin dengan kondisi asli lapangan. Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam pemodelan PLAXIS:

1. Membuat geometri tanah beserta timbunan bertahapnya sepanjang kurang lebih 125 m, dengan lapisan tanahnya yang terdiri dari *Fill Material*, *Soft Clay* I, *Soft Clay* II, dan *Stiff Clay*. Setelah geometri selesai dibuat, diberikan kondisi bata standar dengan mengaktifkan *standard fixities* agar deformasi yang terjadi hanya pada arah vertikal saja. Geometri tanah dan pengaktifan kondisi batas standar dapat dilihat pada Gambar 5.14.



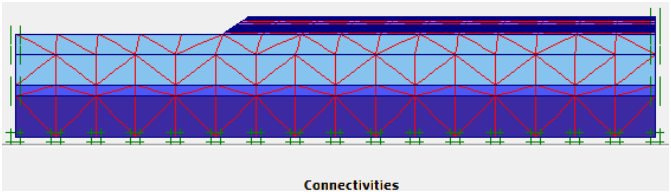
Gambar 5.14 Geometri awal pemodelan PLAXIS pada SP-01

2. Menentukan parameter-parameter tanah yang akan digunakan berdasarkan test lapangan, laboratorium, maupun korelasi. Pada kasus ini parameter nilai *modulus young* (*E*) dan *poisson ratio* (*v*) sangat berperan penting dalam hasil akhir pemampatan, sehingga perlu dilakukan *trial and error* dalam batasan harga menurut Bowles (1977) yang tersaji pada Tabel 2... Rekapitulasi parameter tanah yang akan digunakan pada titik SP-01 dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9. Rekapitulasi Parameter Untuk Pemodelan PLAXIS Pada SP-01

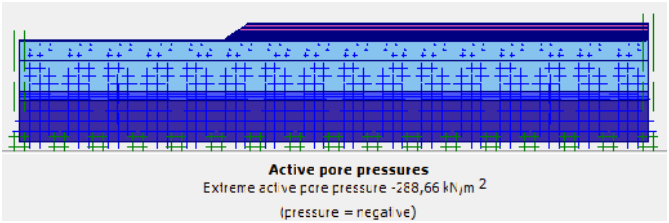
	Fill Material	Soft Clay I	Soft Clay II	Stiff Clay
Model	Mohr-Columb	Mohr-Columb	Mohr-Columb	Mohr-Columb
Perilaku	*Drained*	*Undrained*	*Undrained*	*Undrained*
ɣ unsat (kN/m³)	18,500	14,820	15,500	20,000
ɣ sat (kN/m³)	18,500	15,480	17,500	22,000
Kx (m/s)	1,00E-02	3,80E-04	2,00E-04	8,64E-04
Ky (m/s)	1,00E-02	3,80E-04	2,00E-04	8,64E-04
E (kN/m²)	25000	500	1000	1500
ν	0,4	0,2	0,2	0,25
c (kN/m²)	1	19	130	350
Ø (deg)	30	0	0	0
ψ	0	0	0	0

3. Membentuk jaring-jaring *mesh* yaitu *generation mesh*, semakin halus jaring-jaring *mesh* yang dibuat, semakin akurat pula hasil perhitungannya yang diberikan. *generation mesh* pada SP-01 dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 *Generated mesh* pemodelan PLAXIS pada SP-01

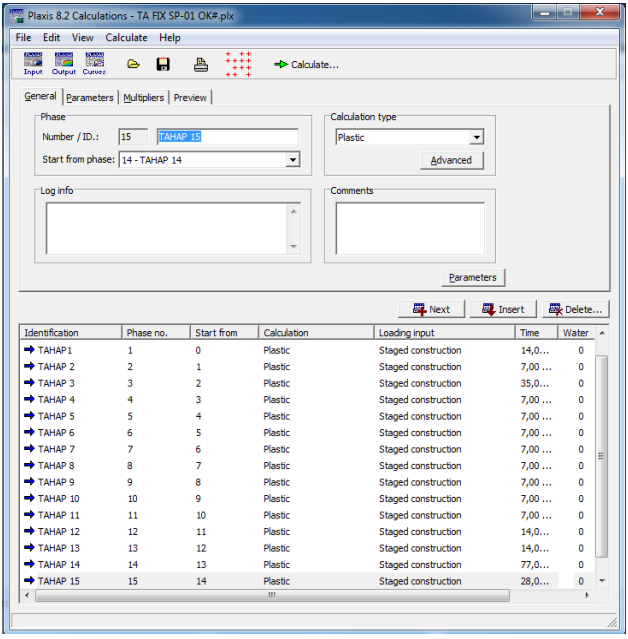
4. Perhitungan tegangan awal, perhitungan tegangan ini secara umum dibagi menjadi 2 yaitu tegangan awal akibat air dengan tegangan awal efektif. Untuk perhitungan tegangan akibat air, mula-mula muka air digambarkan pada geometri, diberikan batas konsolidasi pada bagian samping kiri dan kanan dan bagian bawah, kemudian tegangan air pori dimodelkan dengan menggunakan *phereatic line*. Untuk tegangan efektif digunakan prosedur gravity loading dengan mematikan cluster timbunan terlebih dahulu agar perhitungan lebih tepat.
5.



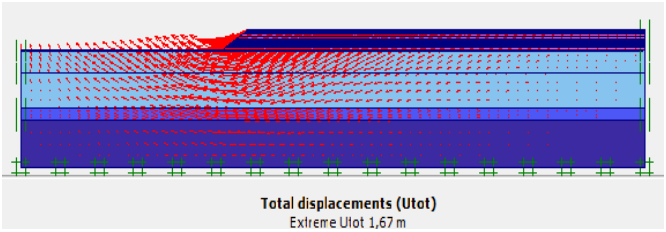
Gambar 5.16 Tegangan air pori awal pada SP-01

6. Pada proses kalkulasi, pengaturan waktu tahapan timbunan sesuai dengan jadwal penimbunan di lapangan (Tabel 5.1). *Output* yang dihasilkan pada proses ini berupa nilai total *displacement* (U gabungan) sebesar 1,67 m. Untuk proses

kalkulasi dan output yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18.

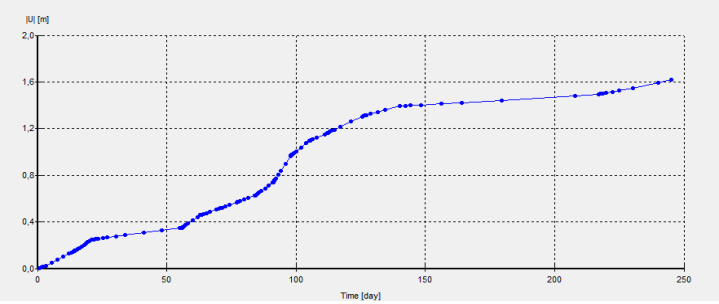


Gambar 5.17 Tahapan perhitungan pemodelan PLAXIS pada SP-01

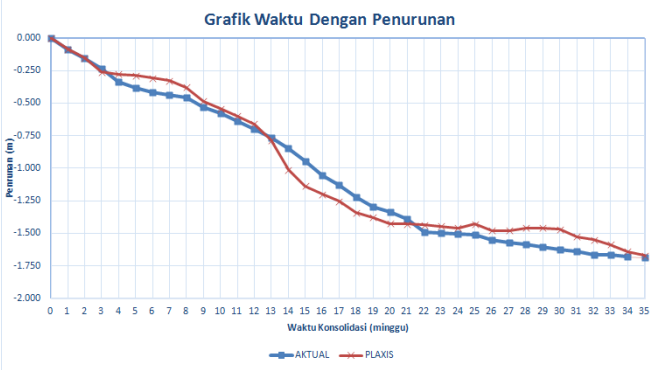


Gambar 5.18 Total *displacement* PLAXIS pada SP-01

Dari *output* yang dihasilkan, dapat dibuat kurva pemampatan *vs* waktu untuk mengetahui pemampatan yang terjadi secara bertahap pada Gambar 5.19. Kurva yang dihasilkan PLAXIS menunjukkan harga pemampatan yang dihasilkan sangat mendekati hasil di lapangan, baik saat pemampatan bertahap maupun saat pemampatan akhir (Gambar 5.20).



Gambar 5.19 Kurva pemampatan bertahap *vs* waktu PLAXIS pada SP-01



Gambar 5.20 Kurva pemampatan bertahap *vs* waktu PLAXIS dan aktual pada SP-01

5.4.1.2 Penentuan Harga C_h

Besar pemampatan akhir dari *output* PLAXIS dapat digunakan untuk mencari harga Ch, dengan kembali melakukan *back calculation* dengan cara *trial* and *error*. Untuk titik SP-01 dimasukkan harga C_h sebesar 1,4 kali harga C_v, sehingga terlihat pada Tabel 5.10 di minggu terakhir konsolidasi total (U) telah mencapai 100% dengan pemampatan sebesar 1,67 m. Ini menunjukkan harga C_h sebesar 1,4 kali C_v dapat digunakan.

Tabel 5.10 Derajat Konsolidasi Total Pada SP-01

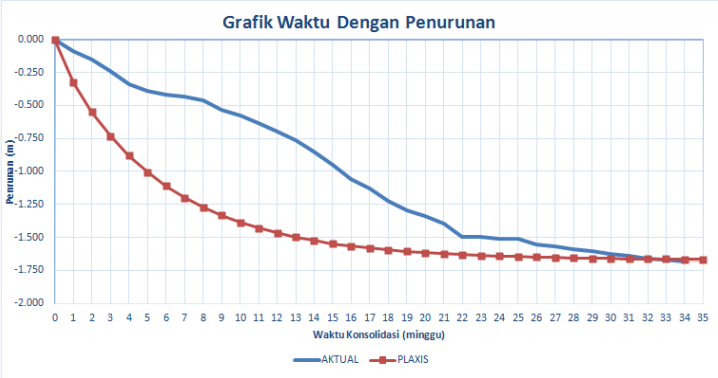
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot (%)	Sc (m)
1	2.62E-03	0.06	0.15	19.46	-0.32
2	5.24E-03	0.08	0.27	32.90	-0.55
3	7.87E-03	0.10	0.38	43.79	-0.73
4	1.05E-02	0.12	0.47	52.77	-0.88
5	1.31E-02	0.13	0.54	60.25	-1.01
6	1.57E-02	0.14	0.61	66.50	-1.11
7	1.84E-02	0.15	0.67	71.74	-1.20
8	2.10E-02	0.16	0.71	76.15	-1.27
9	2.36E-02	0.17	0.76	79.85	-1.33
10	2.62E-02	0.18	0.79	82.97	-1.39
11	2.88E-02	0.19	0.82	85.60	-1.43
12	3.15E-02	0.20	0.85	87.82	-1.47
13	3.41E-02	0.21	0.87	89.70	-1.50
14	3.67E-02	0.22	0.89	91.28	-1.52
15	3.93E-02	0.22	0.90	92.62	-1.55
16	4.19E-02	0.23	0.92	93.75	-1.57
17	4.46E-02	0.24	0.93	94.71	-1.58

Tabel 5.10 Derajat Konsolidasi Total
Pada SP-01 (Lanjutan)

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot (%)	Sc (m)
18	4.72E-02	0.25	0.94	95.52	-1.60
19	4.98E-02	0.25	0.95	96.20	-1.61
20	5.24E-02	0.26	0.96	96.78	-1.62
21	5.51E-02	0.26	0.96	97.27	-1.62
22	5.77E-02	0.27	0.97	97.69	-1.63
23	6.03E-02	0.28	0.97	98.04	-1.64
24	6.29E-02	0.28	0.98	98.34	-1.64
25	6.55E-02	0.29	0.98	98.59	-1.65
26	6.82E-02	0.29	0.98	98.81	-1.65
27	7.08E-02	0.30	0.99	98.99	-1.65
28	7.34E-02	0.31	0.99	99.14	-1.66
29	7.60E-02	0.31	0.99	99.27	-1.66
30	7.87E-02	0.32	0.99	99.38	-1.66
31	8.13E-02	0.32	0.99	99.48	-1.66
32	8.39E-02	0.33	0.99	99.56	-1.66
33	8.65E-02	0.33	0.99	99.62	-1.66
34	8.91E-02	0.34	1.00	99.68	-1.66
35	9.18E-02	0.34	1.00	99.73	-1.67

5.4.1.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu

Dengan menggunakan harga $C_h = 1{,}4 \times C_v$, maka didapat kurva pemampatan vs waktu yang diperoleh seperti yang diberikan pada Gambar 5.21.



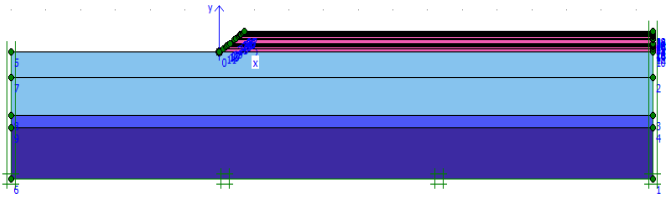
Gambar 5.21 Kurva pemampatan *vs* waktu dengan metode elemen hingga pada titik SP-01

5.4.2 Prediksi Besar Pemampatan dan Penentuan Harga C_h Pada Titik SP-05

5.4.2.1 Prediksi Besar Pemampatan Konsolidasi

Pemodelan tanah menggunakan PLAXIS pada SP-05 sama seperti yang dilakukan pada SP-01, hanya saja terdapat perbedaan pada tinggi timbunan saja. Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam pemodelan PLAXIS utntuk SP-05 :

1. Geometri dibuat sama dengan pemodelan SP-01 hanya saja untuk tinggi timbuan tidak sama. Setelah geometri selesai dibuat, diberikan kondisi bata standar dengan mengaktifkan *standard fixities* agar deformasi yang terjadi hanya pada arah vertikal saja. Geometri tanah dan pengaktifan kondisi batas standar dapat dilihat pada Gambar 5.22.



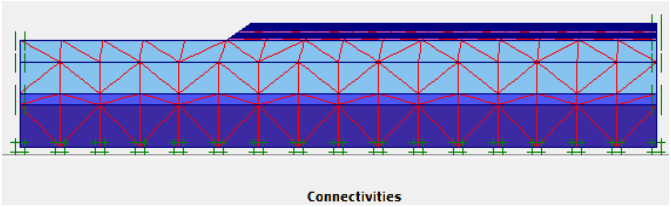
Gambar 5.22 Geometri awal pemodelan PLAXIS pada SP-05

2. Rekapitulasi parameter tanah yang akan digunakan pada titik SP-05 dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11. Rekapitulasi Parameter Untuk Pemodelan PLAXIS Pada SP-05

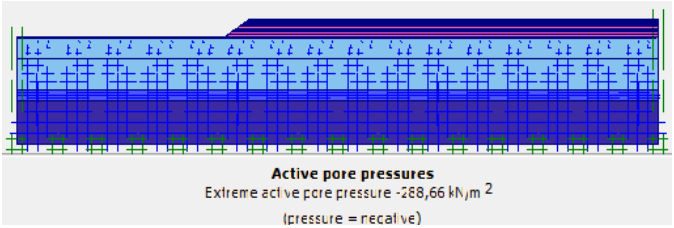
	Fill Material	Soft Clay I	Soft Clay II	Stiff Clay
Model	Mohr-Columb	Mohr-Columb	Mohr-Columb	Mohr-Columb
Perilaku	*Drained*	*Undrained*	*Undrained*	*Undrained*
ɣ unsat (kN/m³)	18,500	14,820	15,500	20,000
ɣ sat (kN/m³)	18,500	15,480	17,500	22,000
Kx (m/s)	1,00E-02	3,50E-04	2,00E-04	8,64E-04
Ky (m/s)	1,00E-02	3,50E-04	2,00E-04	8,64E-04
E (kN/m²)	20000	550	1000	1500
ν	0,4	0,2	0,2	0,25
c (kN/m²)	1	19	130	350
Ø (deg)	30	0	0	0
ψ	0	0	0	0

3. Membentuk jaring-jaring *mesh* yaitu *generation mesh* pada SP-05 yang dapat dilihat pada Gambar 5.23.



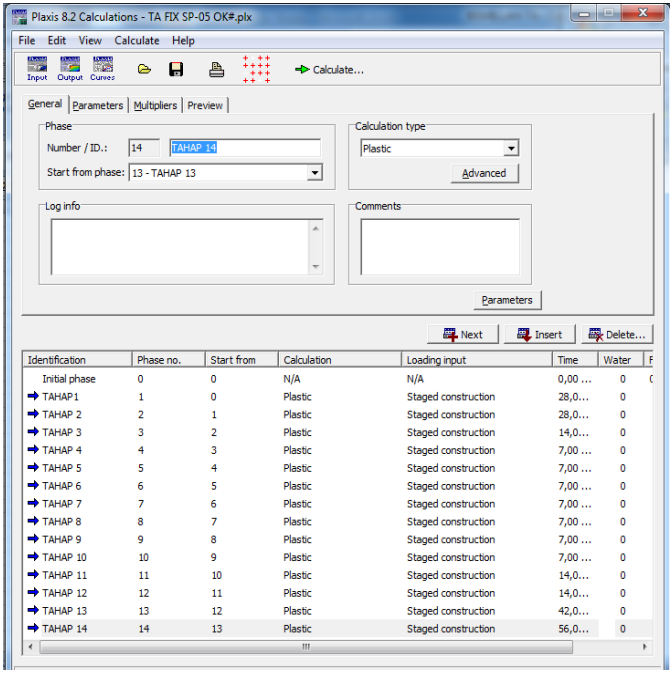
Gambar 5.23 *Generated mesh* pemodelan PLAXIS pada SP-05

4. Perhitungan tegangan awal, perhitungan tegangan ini secara umum dibagi menjadi 2 yaitu tegangan awal akibat air dengan tegangan awal efektif. Untuk perhitungan tegangan akibat air, mula-mula muka air digambarkan pada geometri, diberikan batas konsolidasi pada bagian samping kiri dan kanan dan bagian bawah, kemudian tegangan air pori dimodelkan dengan menggunakan *phereatic line*. Untuk tegangan efektif digunakan prosedur gravity loading dengan mematikan cluster timbunan terlebih dahulu agar perhitungan lebih tepat.

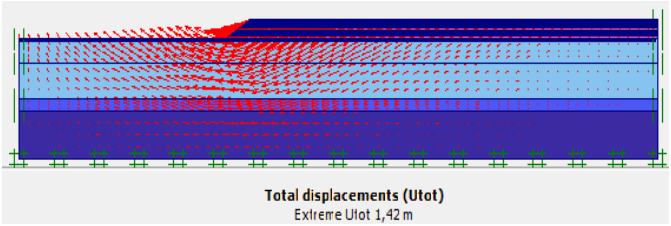


Gambar 5.24 Tegangan air pori awal pada SP-05

5. Pada proses kalkulasi, pengaturan waktu tahapan timbunan sesuai dengan jadwal penimbunan di lapangan (Tabel 5.5). *Output* yang dihasilkan pada proses ini berupa nilai total *displacement* (U gabungan) sebesar 1,42 m. Untuk proses kalkulasi dan output yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 5.25 dan Gambar 5.26.

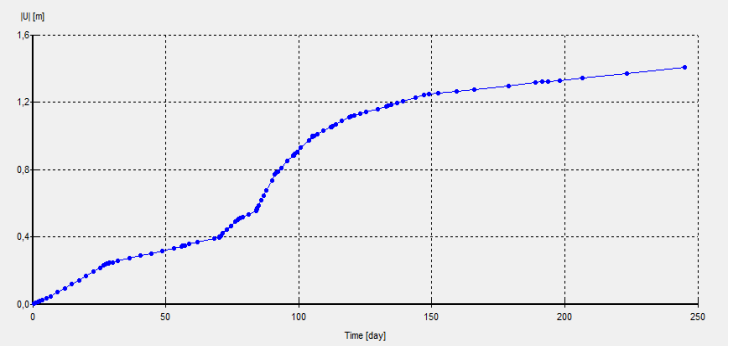


Gambar 5.25 Tahapan perhitungan pemodelan PLAXIS pada SP-01

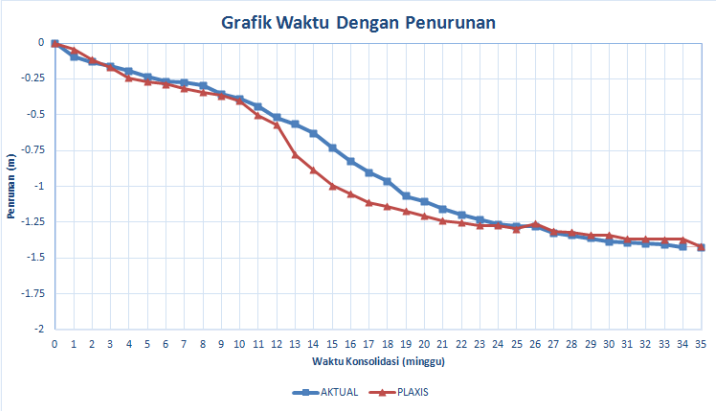


Gambar 5.26 Total *displacement* PLAXIS pada SP-01

Dari *output* yang dihasilkan, dapat dibuat kurva pemampatan *vs* waktu untuk mengetahui pemampatan yang terjadi secara bertahap pada Gambar 5.27. Kurva yang dihasilkan PLAXIS menunjukkan harga pemampatan yang dihasilkan sangat mendekati hasil di lapangan, baik saat pemampatan bertahap maupun saat pemampatan akhir (Gambar 5.28).



Gambar 5.27 Kurva pemampatan bertahap *vs* waktu PLAXIS pada SP-05



Gambar 5.28 Kurva pemampatan bertahap *vs* waktu PLAXIS dan aktual pada SP-05

5.4.2.2 Penentuan Harga C_h

Cara yang sama dengan SP-01, kembali melakukan *back calculation* dengan cara *trial* and *error*. Untuk titik SP-05 dimasukkan harga C_h sebesar 1,3 kali harga C_v, sehingga terlihat pada Tabel 5.12 di minggu terakhir konsolidasi total (U) telah mencapai 100% dengan pemampatan sebesar 1,42 m. Ini menunjukkan harga C_h sebesar 1,3 kali C_v dapat digunakan.

Tabel 5.12 Derajat Konsolidasi Total Pada SP-05

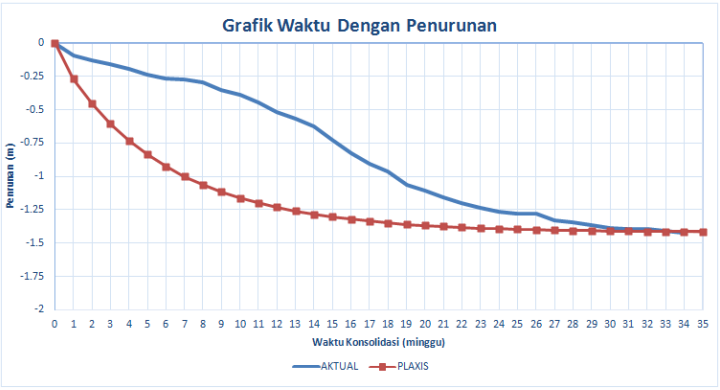
t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot (%)	Sc (m)
1	2.62E-03	0.06	0.14	18.91	0.27
2	5.24E-03	0.08	0.26	31.99	0.45
3	7.87E-03	0.10	0.36	42.64	0.61
4	1.05E-02	0.12	0.45	51.49	0.73
5	1.31E-02	0.13	0.53	58.89	0.84
6	1.57E-02	0.14	0.59	65.12	0.92
7	1.84E-02	0.15	0.65	70.38	1.00
8	2.10E-02	0.16	0.70	74.83	1.06
9	2.36E-02	0.17	0.74	78.59	1.12
10	2.62E-02	0.18	0.78	81.79	1.16
11	2.88E-02	0.19	0.81	84.50	1.20
12	3.15E-02	0.20	0.83	86.80	1.23
13	3.41E-02	0.21	0.86	88.76	1.26
14	3.67E-02	0.22	0.88	90.42	1.28
15	3.93E-02	0.22	0.89	91.83	1.30
16	4.19E-02	0.23	0.91	93.04	1.32
17	4.46E-02	0.24	0.92	94.07	1.34
18	4.72E-02	0.25	0.93	94.94	1.35
19	4.98E-02	0.25	0.94	95.68	1.36
20	5.24E-02	0.26	0.95	96.32	1.37
21	5.51E-02	0.26	0.96	96.86	1.38
22	5.77E-02	0.27	0.96	97.32	1.38
23	6.03E-02	0.28	0.97	97.71	1.39
24	6.29E-02	0.28	0.97	98.05	1.39
25	6.55E-02	0.29	0.98	98.33	1.40
26	6.82E-02	0.29	0.98	98.58	1.40
27	7.08E-02	0.30	0.98	98.79	1.40

Tabel 5.12 Derajat Konsolidasi Total
Pada SP-05 (Lanjutan)

t (minggu)	Tv	Uv (%)	Uh (%)	Utot (%)	Sc (m)
28	7.34E-02	0.31	0.99	98.96	1.41
29	7.60E-02	0.31	0.99	99.11	1.41
30	7.87E-02	0.32	0.99	99.24	1.41
31	8.13E-02	0.32	0.99	99.35	1.41
32	8.39E-02	0.33	0.99	99.45	1.41
33	8.65E-02	0.33	0.99	99.53	1.41
34	8.91E-02	0.34	0.99	99.60	1.41
35	9.18E-02	0.34	0.99	99.66	1.42

5.4.2.3 Kurva Pemampatan *Vs* Waktu

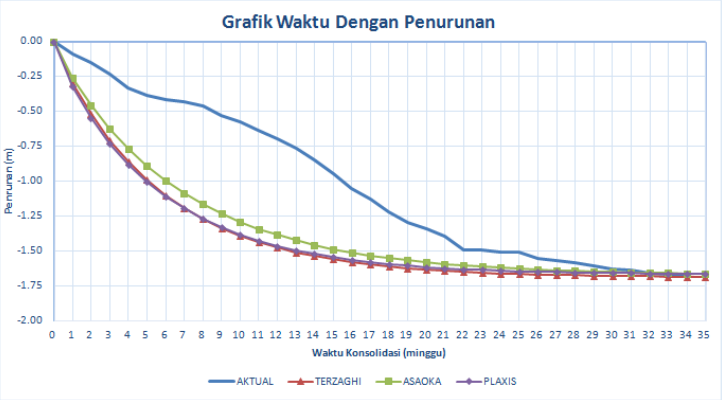
Dengan menggunakan harga C_h = 1,3 x C_v , maka didapat kurva pemampatan vs waktu yang diperoleh seperti yang diberikan pada Gambar 5.29.



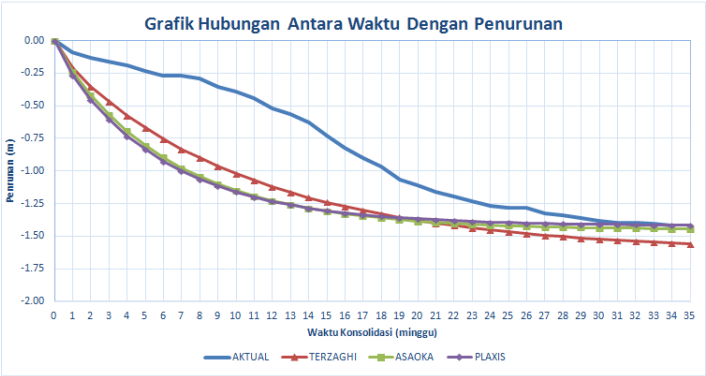
Gambar 5.29 Kurva pemampatan *vs* waktu
dengan metode elemen hingga
pada titik SP-05

5.5 Hasil Analisa

Dari hasil analisa prediksi pemampatan dengan metode Terzaghi, Asaoka dan Elemen Hingga didapat kurva pemampatan *vs* waktu (Gambar 5.30 dan Gambar 5.31) yang dapat dibandingkan hasilnya dengan hasil aktual di lapangan. Dari kurva tersebut dapat dilihat bahwa penurunan yang terjadi di lapangan dengan empiris memiliki kecenderungan pemampatan yang besar diawal minggu, dan *relative* kecil di akhir minggu. Dari kurva juga dapat dilihat dari ketiga metode yang digunakan untuk prediksi pemampatan yang ada, metode Asaoka yang hasilnya paling mendekati hasil lapangan.



Gambar 5.30 Kurva pemampatan *vs* waktu
Dengan berbagai metode
pada titik SP-01



Gambar 5.31 Kurva pemampatan *vs* waktu
Dengan berbagai metode
pada titik SP-05

Selain kurva, didapatkan juga selisih perbedaan (delta) besar pemampatan akhir dari tiap metode dengan hasil aktual di lapangan untuk mengetahui metode prediksi mana yang memiliki selisih paling kecil dengan lapangan. Dari Tabel 5.13 dapat disimpulkan bahwa metode Elemen Hingga (PLAXIS) yang memiliki perbedaan paling sedikit dengan hasil di lapangan. Hal ini ditunjukkan dari nilai $\Delta = 0{,}023$ pada SP-01 dan $\Delta = 0{,}010$ pada SP-05.

Tabel 5.13. Perbedaan Hasil Pemampatan Akhir Berdasarkan Prediksi dengan Hasil Aktual di Lapangan

Titik	Aktual (m)	Terzaghi (m)	PLAXIS (m)	Asaoka (m)
SP-01	-1,688	-1,686	-1,665	-1,664
		$\Delta = 0{,}002$	$\Delta = 0{,}023$	$\Delta = 0{,}024$
SP-05	-1,425	-1,561	-1,415	-1,443
		$\Delta = 0{,}136$	$\Delta = 0{,}010$	$\Delta = 0{,}018$

BAB VI
KESIMPULAN

Dari hasil analisa data tanah dan prediksi pemampatan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Lapisan tanah di area studi memiliki lapisan sangat lunak sampai dengan lunak (N-SPT <10) sedalam 15.0 m.

2. Harga C_v gabungan yang mewakili tiap lapisan tanah adalah 0,147 m²/minggu. Harga C_h yang ditentukan dengan metode yang berbeda adalah:
   - Metode Terzaghi, Ch=1,8 x C_v (0,2646 m²/minggu) pada SP-01 dan Ch=0,7 x C_v (0,1029 m²/minggu) pada SP-05.
   - Metode Asaoka, Ch=1,4 x C_v (0,2058 m²/minggu) pada SP-01 dan Ch=1,5 x C_v (0,2205 m²/minggu) pada SP-05.
   - Metode Elemen Hingga, Ch=1,4 x C_v (0,2058 m²/minggu) pada SP-01 dan Ch=1,3 x C_v (0,1911 m²/minggu) pada SP-05,

   Jadi C_h rata-rata untuk tanah di area container yard adalah Ch=1,35 x C_v (0,19845 m²/minggu).

3. Prediksi pemampatan final dengan menggunakan metode konvensional / metode Terzagi adalah sebesar 1,69 m pada SP-01 dan 1,55 m pada SP-05 pada Ugabungan mencapai >95%. Perbedaan hasil prediksi dengan hasil pengamatan lapangan adalah sebesar 0,002m pada SP-01 dan 0,136m pada SP-05.

4. Prediksi pemampatan final dengan menggunakan metode elemen hingga (PLAXIS) adalah sebesar 1,67 m pada SP-01 dan 1,42 m pada SP-05 pada Ugabungan mencapai 100%. Perbedaan hasil prediksi dengan hasil pengamatan lapangan adalah sebesar 0,023m pada SP-01 dan 0,010m pada SP-05.

5. Prediksi pemampatan final dengan menggunakan metode Asaoka adalah sebesar 1,66 m pada SP-01 dan 1,44 m pada SP-05 pada Ugabungan mencapai 100%. Perbedaan hasil prediksi dengan hasil pengamatan lapangan adalah sebesar 0,024 pada SP-01 dan 0,018 pada SP-05.
6. Metode yang memberikan hasil prediksi pemampatan yang paling mendekati hasil pengamatan lapangan adalah metode Asaoka.

DAFTAR PUSTAKA

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

Bowles, J.E.1988.**"*Foundation Analysis and Design*.".** McGraw-Hill International

Casagrande, A. 1967.**"*Classification and Identification of Soils*.".** Proc. ASCE, Vol 73 No 6 Part I. New York

Das, B.M. 1994. **"*Principles of Geotechnical Engineering*,".** PWS Publishing Compnay. Boston

Fadum, R.E. 1948. **"*Influence Values for Estimating Stress in Elastic Foundation*,".** Proc Second International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering Vol.3

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

Indraratna, B.N., Redana, I.W.,Salim,W. 2000. **"*Predicted and Observed Behaviour of Soft Clay Foundations Stabilised With Vertical Drains*.".** Proc. GeoEng, Melbourne

Mochtar, I.B. 2000. **"Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah (*Problematic Soils*)"**. Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS, Surabaya

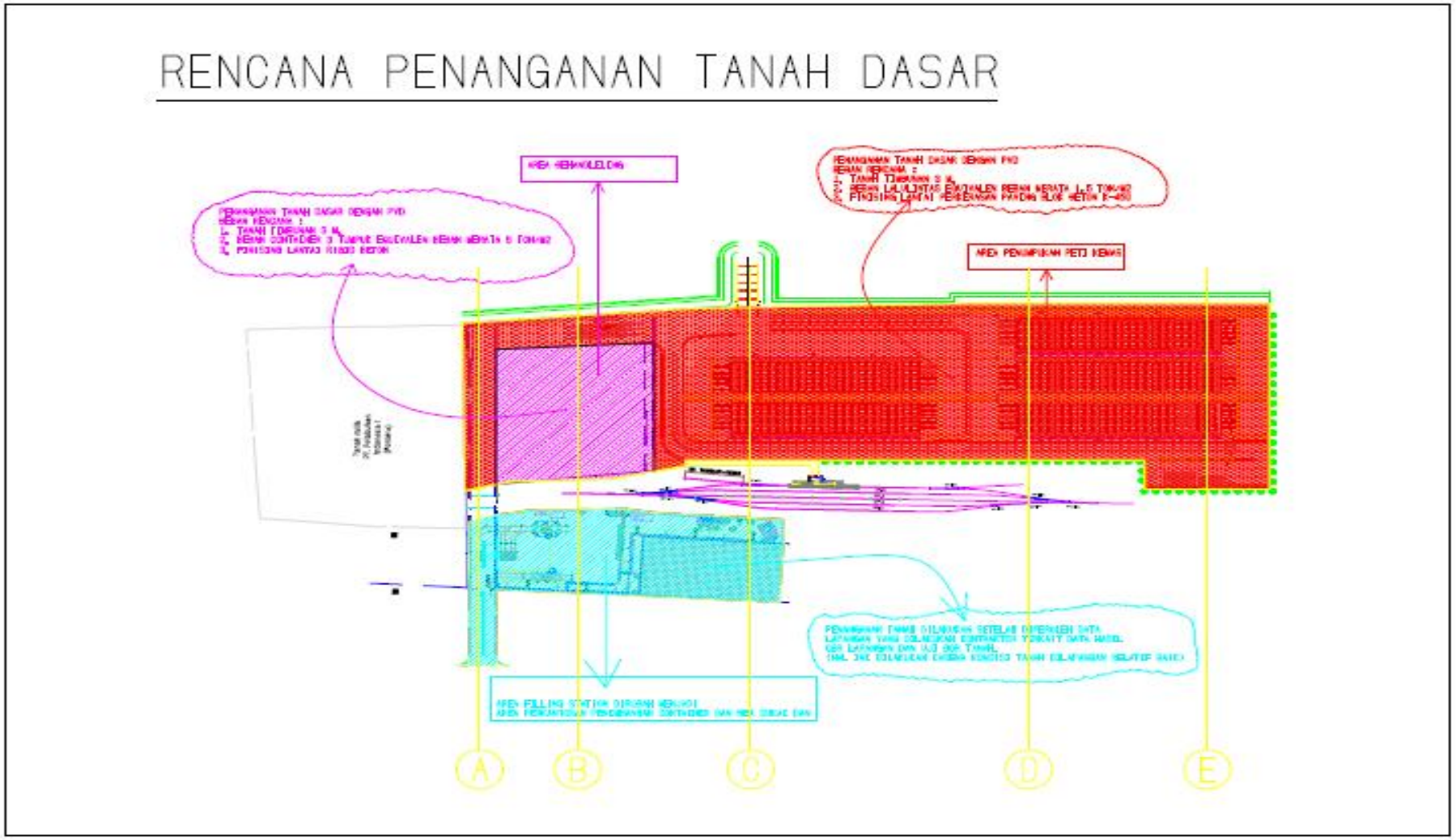
Mochtar, Noor Endah. 2012. **“Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah”**. Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS, Surabaya

Nawir, Hasbullah. 2012. **”Prediksi Penurunan Tanah Menggunakan Prosedur Observasi Asaoka Studi Kasus: Timbunan di Bontang, Kalimantan Timur”.** Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil

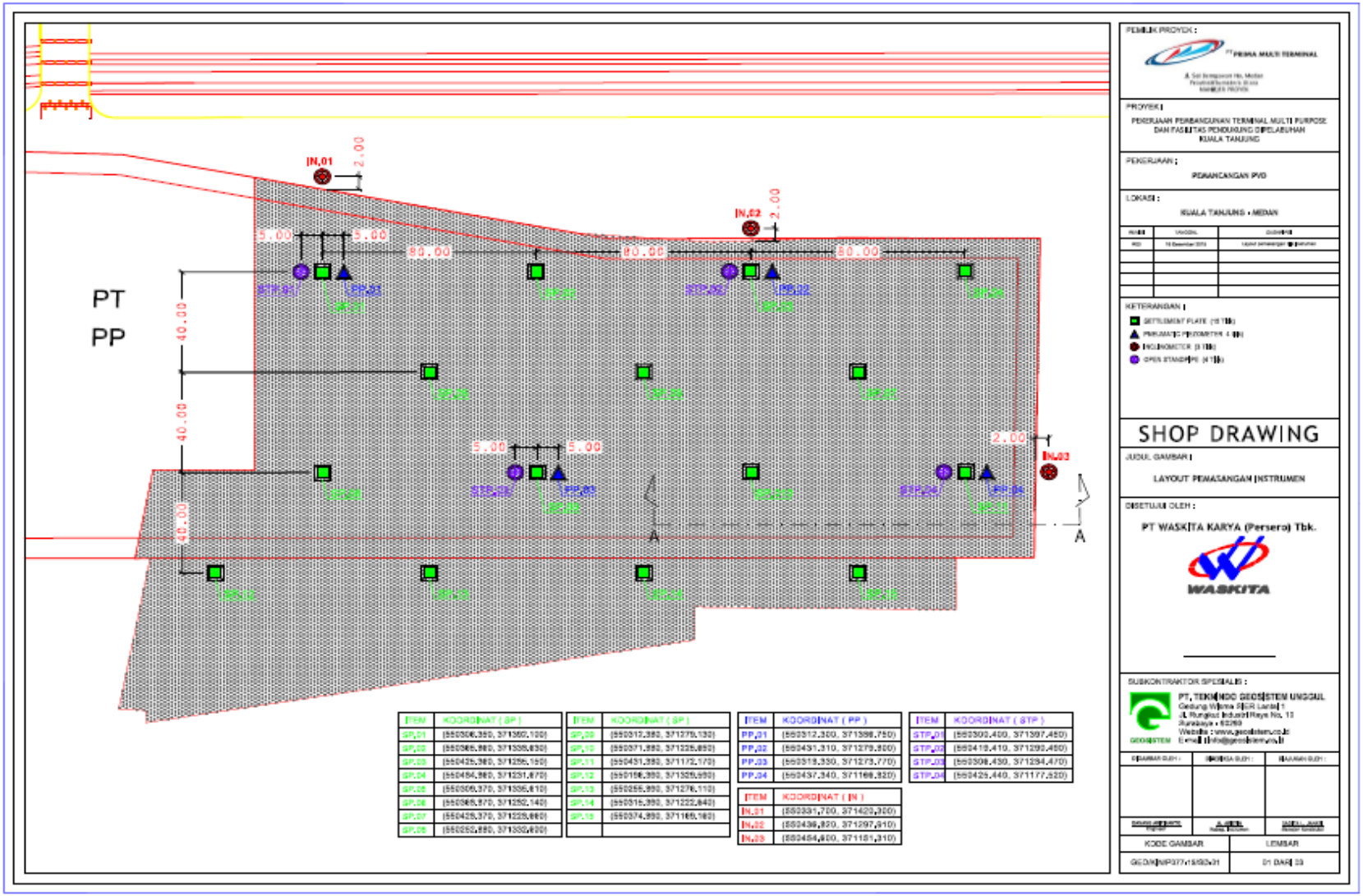
Terzaghi, K. 1943. “***Theoretical Soil Mechanics*****,”.** Wiley & Sons. New York

Wahyudi, Herman. 1997. **“Teknik Reklamasi”.** Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS, Surabaya

LAMPIRAN 1 – LAYOUT TERMINAL KUALA TANJUNG MEDAN



LAMPIRAN 2– LAYOUT PELETAKKAN INSTRUMENT SOIL



ITEM	KOORDINAT (SP)
SP,01	(552306,350, 371360,100)
SP,02	(552365,360, 371335,830)
SP,03	(552425,360, 371256,150)
SP,04	(552484,360, 371231,670)
SP,05	(552305,370, 371356,610)
SP,06	(552365,370, 371282,140)
SP,07	(552425,370, 371228,660)
SP,08	(552255,880, 371332,600)

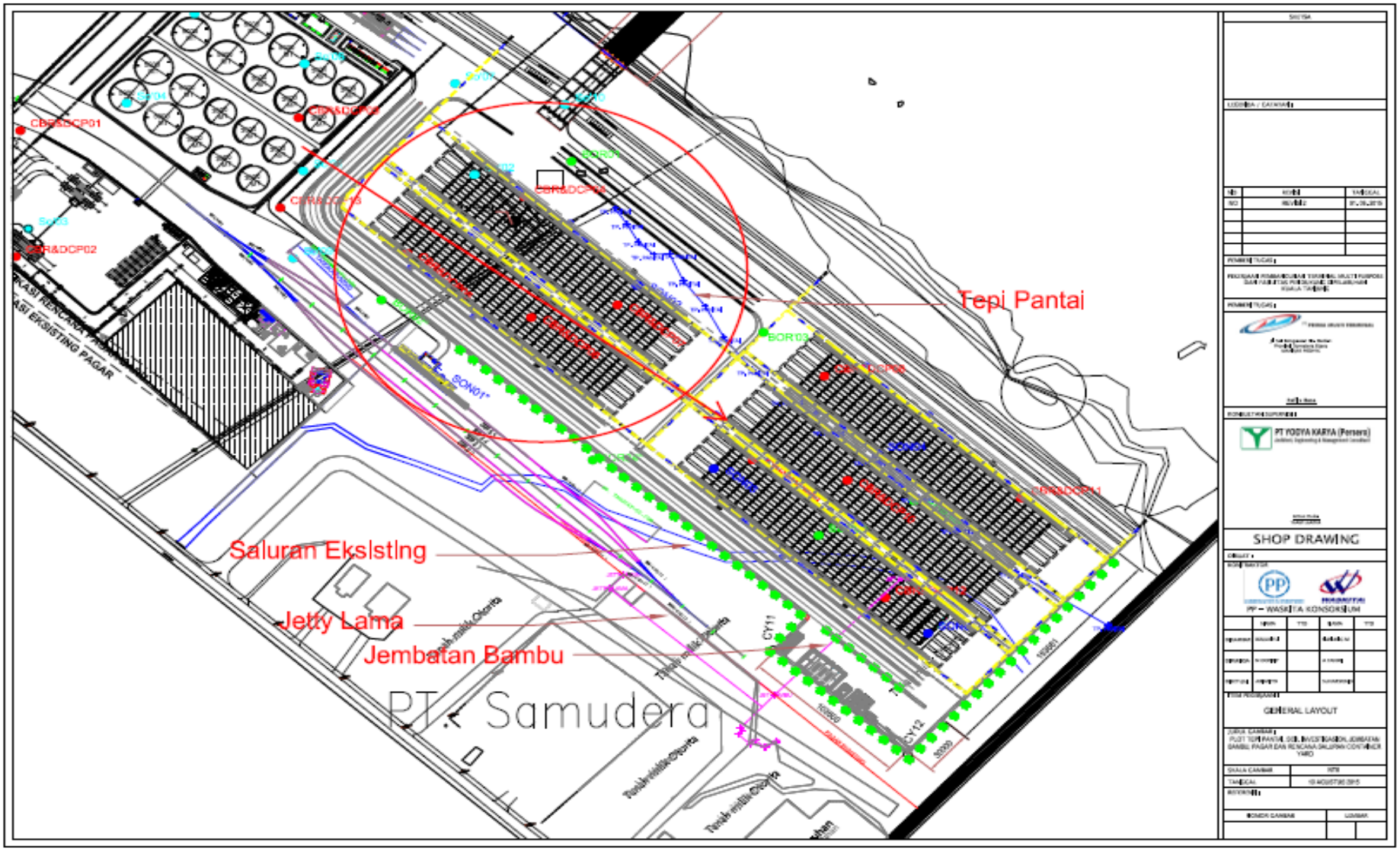
ITEM	KOORDINAT (SP)
SP,09	(552312,350, 371279,130)
SP,10	(552371,850, 371226,650)
SP,11	(552451,350, 371172,170)
SP,12	(552159,350, 371329,650)
SP,13	(552255,850, 371276,110)
SP,14	(552315,350, 371222,640)
SP,15	(552374,850, 371169,160)

ITEM	KOORDINAT (PP)
PP,01	(552312,300, 371398,750)
PP,02	(552431,310, 371279,800)
PP,03	(552515,330, 371173,770)
PP,04	(552437,340, 371168,820)

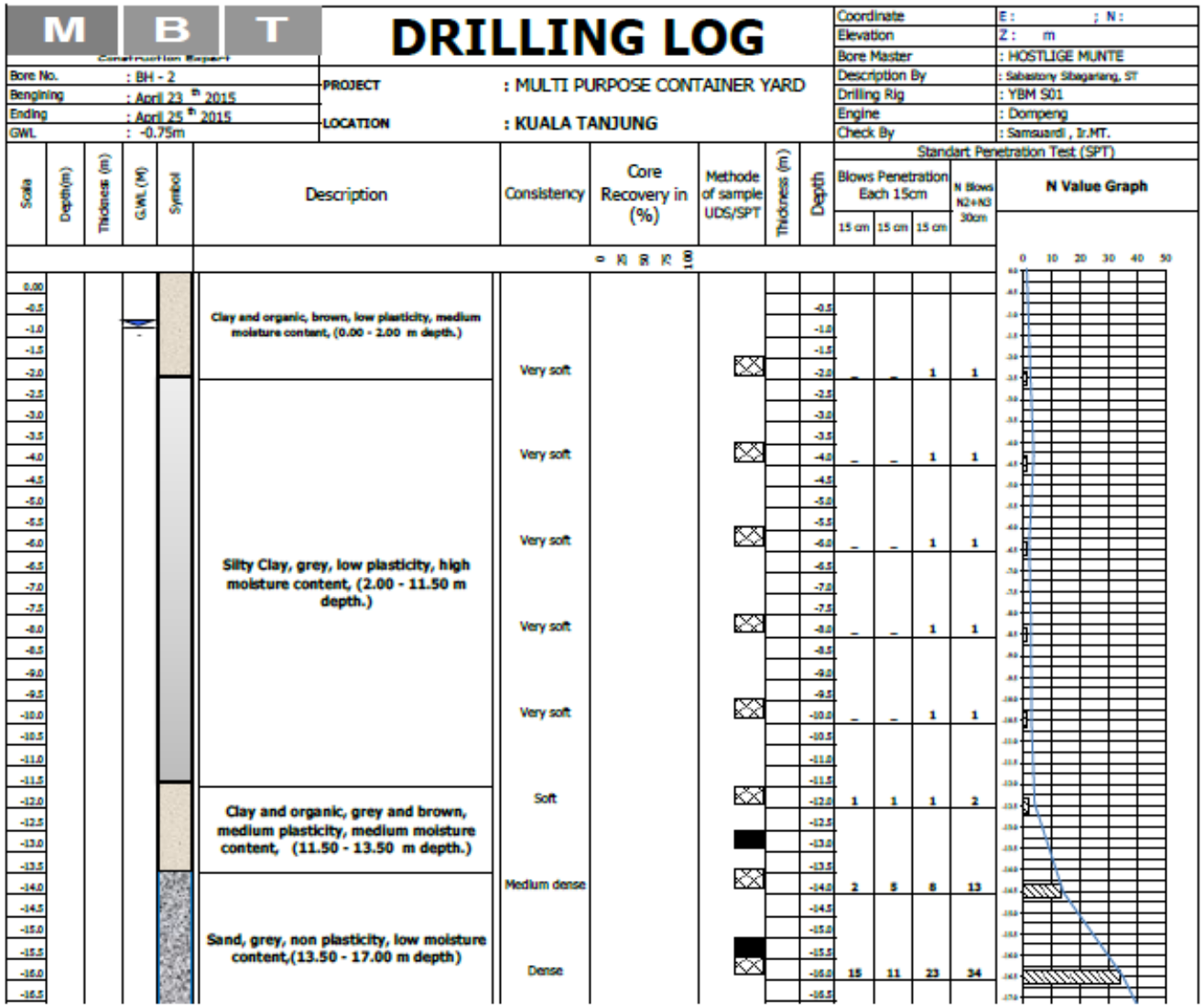
ITEM	KOORDINAT (STP)
STP,01	(552303,400, 371397,450)
STP,02	(552418,410, 371292,450)
STP,03	(552508,430, 371294,470)
STP,04	(552429,440, 371177,520)

ITEM	KOORDINAT (IN)
IN,01	(552331,700, 371423,300)
IN,02	(552436,820, 371297,910)
IN,03	(552464,800, 371181,310)

LAMPIRAN 3 – SHOP DRAWING TERMINAL KUALA TANJUNG MEDAN



LAMPIRAN 5– TEST BOR LOG BH-02 TERMINAL KUALA TANJUNG MEDAN



M B T

Construction Report

DRILLING LOG

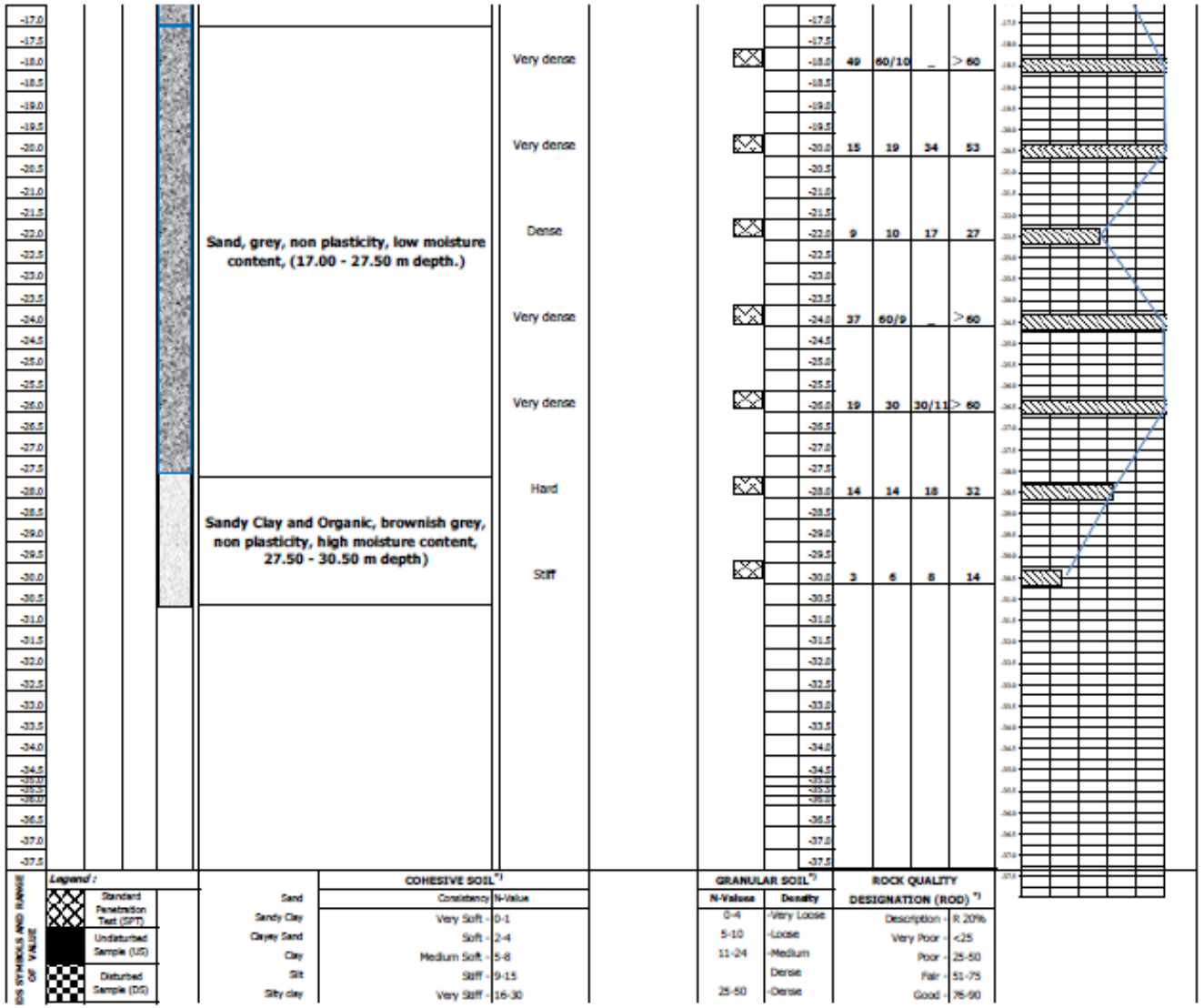
Bore No.	: BH - 2	PROJECT	: MULTI PURPOSE CONTAINER YARD
Bengining	: April 23 th 2015	LOCATION	: KUALA TANJUNG
Ending	: April 25 th 2015		
GWL	: -0.75m		

Coordinate	E : ; N :
Elevation	Z : m
Bore Master	: HOSTLIGE MUNTE
Description By	: Sabastony Sibagariang, ST
Drilling Rig	: YBM S01
Engine	: Dompeng
Check By	: Samsuardi , Ir.MT.

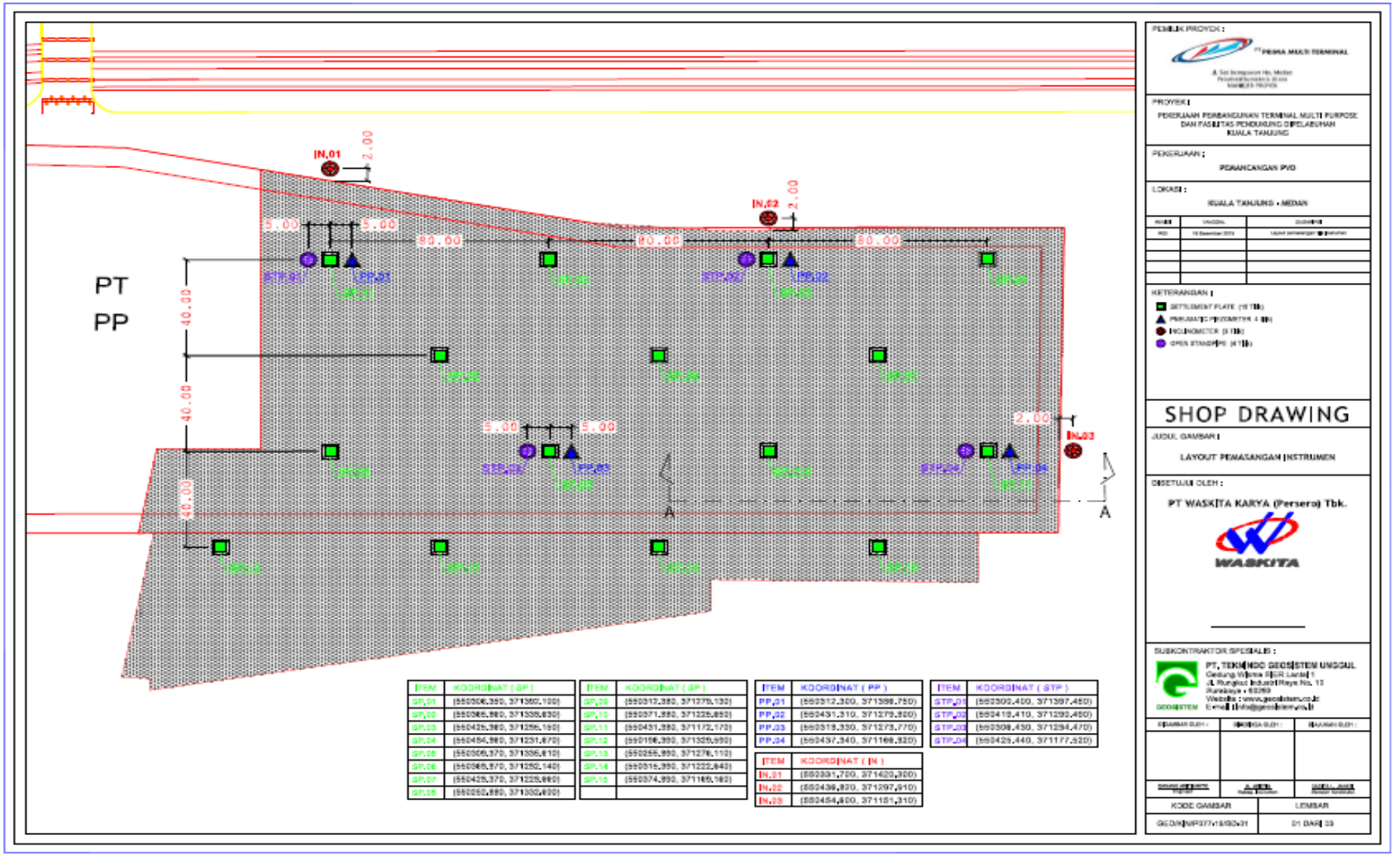
Standart Penetration Test (SPT)

Scala	Depth(m)	Thickness (m)	G.WL (M)	Symbol	Description	Consistency	Core Recovery in (%)	Methode of sample UDS/SPT	Thickness (m)	Depth	Blows Penetration Each 15cm			N Blows N2+N3 30cm	N Value Graph
							0 K1 K2 100				15 cm	15 cm	15 cm		0 10 20 30 40 50
0.00					Clay and organic, brown, low plasticity, medium moisture content, (0.00 - 2.00 m depth.)	Very soft				-2.0	_	_	1	1	
-2.5					Silty Clay, grey, low plasticity, high moisture content, (2.00 - 11.50 m depth.)	Very soft				-4.0	_	_	1	1	
-4.5						Very soft				-6.0	_	_	1	1	
-6.5						Very soft				-8.0	_	_	1	1	
-8.5						Very soft				-10.0	_	_	1	1	
-10.5					Clay and organic, grey and brown, medium plasticity, medium moisture content, (11.50 - 13.50 m depth.)	Soft				-12.0	1	1	1	2	
-12.5					Sand, grey, non plasticity, low moisture content,(13.50 - 17.00 m depth)	Medium dense				-14.0	2	5	8	13	
-14.5						Dense				-16.0	15	11	23	34	
-16.5										-16.5					

LAMPIRAN 5 – TEST BOR LOG BH-02 TERMINAL KUALA TANJUNG MEDAN (LANJUTAN)



LAMPIRAN 6 – LAYOUT PELETAKKAN INSTRUMENT SOIL



LAMPIRAN 7 – DATA SETTLEMENT PLATE SP-01

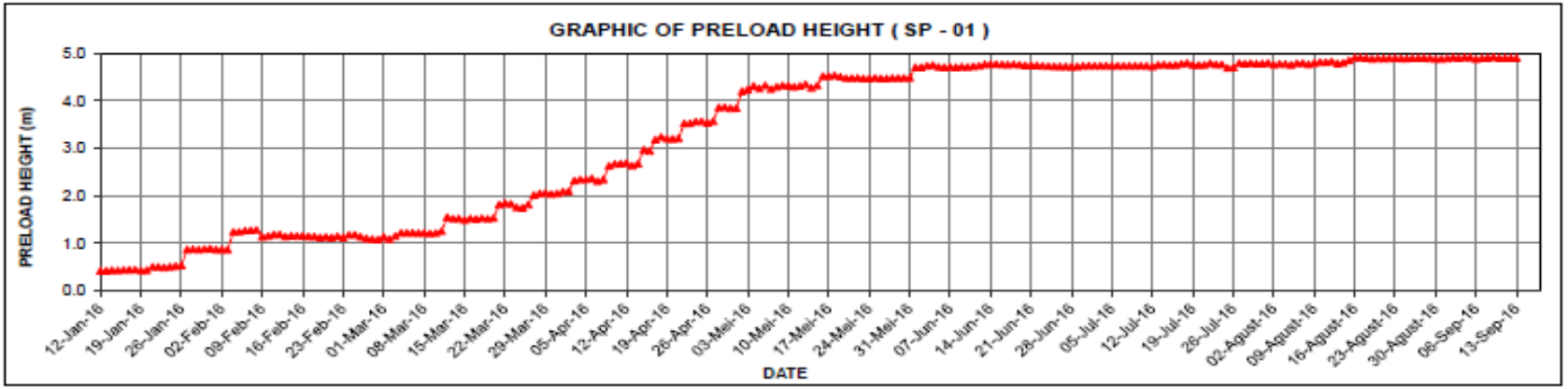
PT WASKITA KARYA (Persero), Tbk

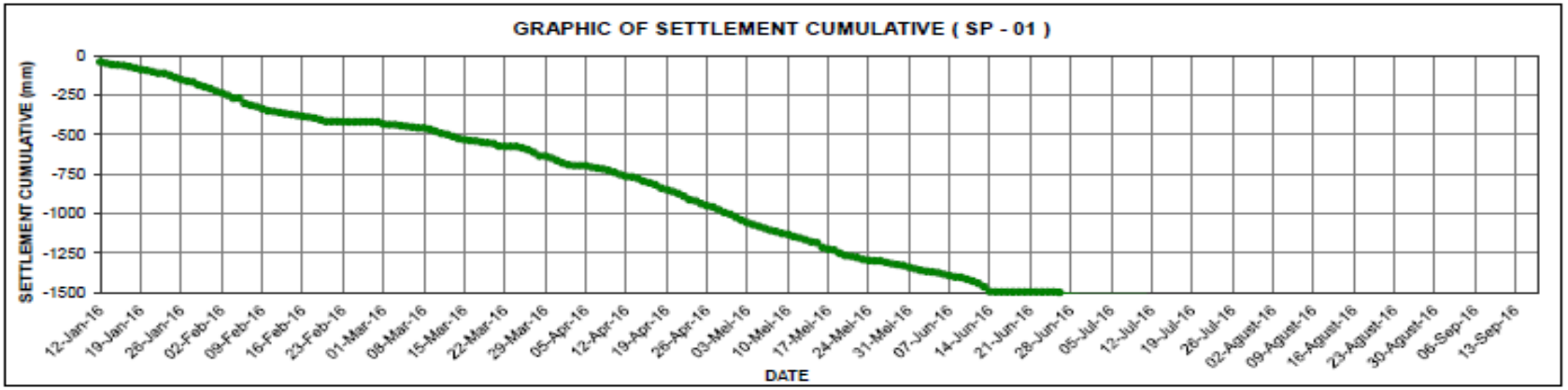
PROYEK
PEMBANGUNAN TERMINAL MULTI PURPOSE KUALA TANJUNG
MEDAN, SUMATRA UTARA
PEKERJAAN
MONITORING INSTRUMENT GEOTEKNIK

GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 01)





SP - 01

LAMPIRAN 8 – DATA SETTLEMENT PLATE SP-05

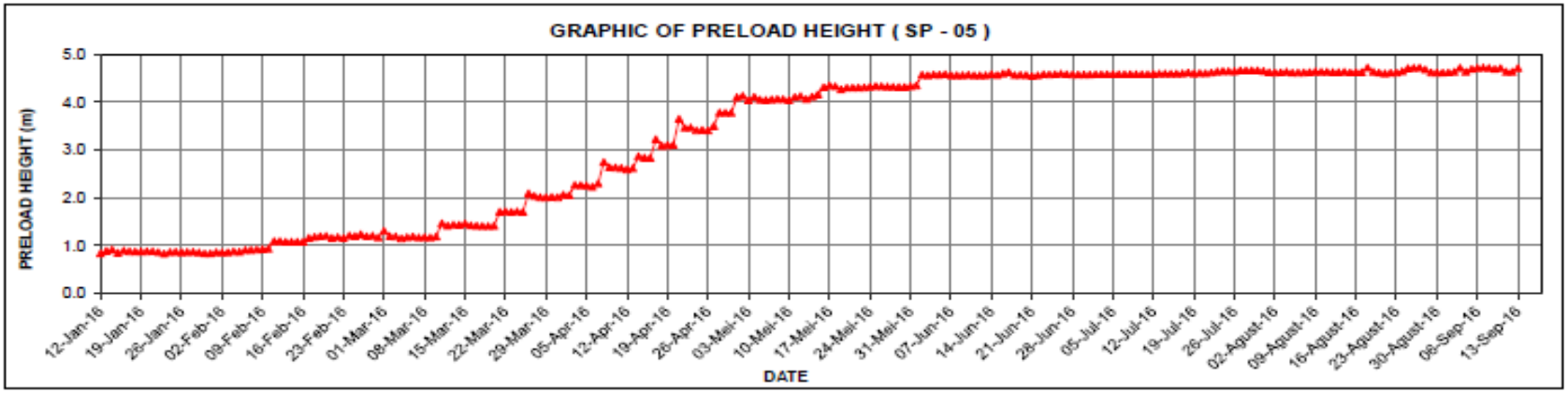
PT WASKITA KARYA (Persero), Tbk

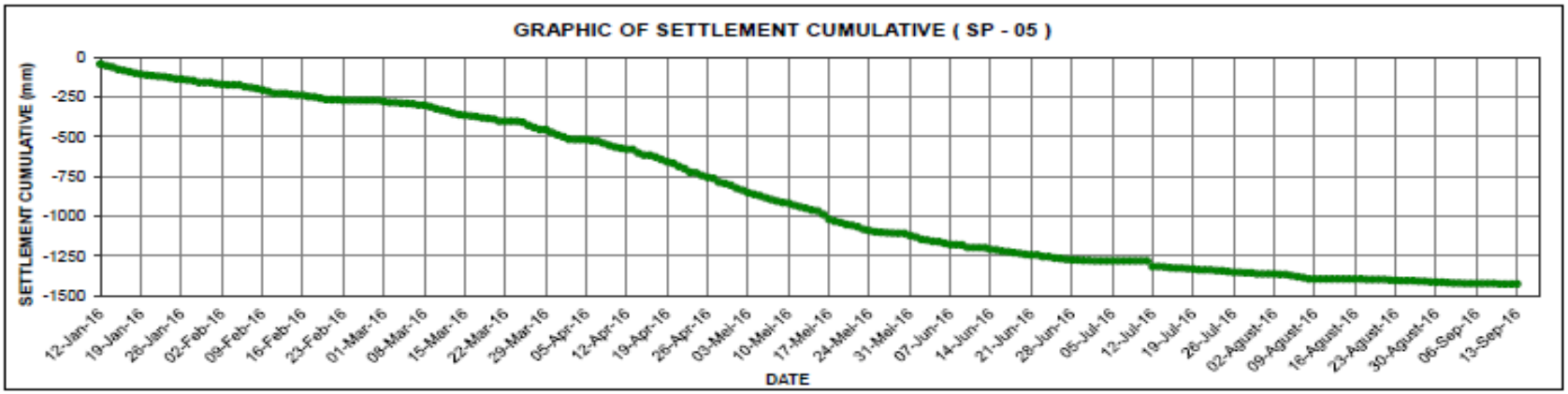
PROYEK
PEMBANGUNAN TERMINAL MULTI PURPOSE KUALA TANJUNG
MEDAN, SUMATRA UTARA
PEKERJAAN
MONITORING INSTRUMENT GEOTEKNIK

GEOSISTEM
PT TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL

GRAFIK TINGGI TIMBUNAN & KUMULATIF SETTLEMENT - GABUNGAN

SUBJECT : SETTLEMENT PLATE (SP - 05)





SP - 05

LAMPIRAN 9 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 1

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	0.90	123.38	0.6	0.002023	89.582		0.37000	0.74000	1.014	0.0393318
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	1.90	123.38	0.6	0.004269	89.118		0.37000	0.74000	1.562	0.0192955
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	2.90	123.38	0.6	0.006514	88.653		0.37000	0.74000	2.110	0.0129802
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	3.90	123.38	0.6	0.008757	88.189		0.37000	0.73999	2.659	0.0098066
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	4.90	123.38	0.6	0.010996	87.726		0.36999	0.73998	3.207	0.0078870
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	5.90	123.38	0.6	0.013231	87.262		0.36998	0.73997	3.755	0.0065984
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	6.90	123.38	0.6	0.015460	86.799		0.36997	0.73995	4.303	0.0050054
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	7.90	123.38	0.6	0.017684	86.336	0.74	0.36996	0.73992	4.851	0.0043900
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	8.90	123.38	0.6	0.019900	85.874		0.36994	0.73988	5.399	0.0039095
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	9.90	123.38	0.6	0.022109	85.412		0.36992	0.73984	5.948	0.0035239
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	10.90	123.38	0.6	0.024310	84.951		0.36989	0.73979	6.496	0.0032075
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	11.90	123.38	0.6	0.026501	84.491		0.36986	0.73972	7.044	0.0029432
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	12.90	123.38	0.6	0.028682	84.031		0.36982	0.73965	7.592	0.0027192
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	13.90	123.38	0.6	0.030851	83.572		0.36978	0.73956	8.140	0.0025267
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	14.90	123.38	0.6	0.033010	83.114		0.36973	0.73946	8.688	0.0023597
																							0.1264845 **m**

LAMPIRAN 10 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 2

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	1.30	123.38	1.2	0.005815	89.396		0.37000	0.74000	1.014	0.0164735
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	2.30	123.38	1.2	0.010285	88.932		0.37000	0.74000	1.562	0.0116573
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	3.30	123.38	1.2	0.014752	88.468		0.37000	0.73999	2.110	0.0090363
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	4.30	123.38	1.2	0.019213	88.004		0.36999	0.73999	2.659	0.0073823
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	5.30	123.38	1.2	0.023666	87.540		0.36999	0.73998	3.207	0.0062420
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	6.30	123.38	1.2	0.028110	87.077		0.36998	0.73996	3.755	0.0054075
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	7.30	123.38	1.2	0.032544	86.614		0.36997	0.73994	4.303	0.0042091
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	8.30	123.38	1.2	0.036964	86.151	0.74	0.36995	0.73991	4.851	0.0037655
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	9.30	123.38	1.2	0.041371	85.689		0.36993	0.73987	5.399	0.0034066
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	10.30	123.38	1.2	0.045761	85.228		0.36991	0.73982	5.947	0.0031101
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	11.30	123.38	1.2	0.050134	84.767		0.36988	0.73976	6.496	0.0028611
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	12.30	123.38	1.2	0.054487	84.307		0.36985	0.73970	7.044	0.0026490
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	13.30	123.38	1.2	0.058820	83.847		0.36981	0.73962	7.592	0.0024661
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	14.30	123.38	1.2	0.063131	83.389		0.36976	0.73953	8.140	0.0023068
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	15.30	123.38	1.2	0.067417	82.931		0.36971	0.73942	8.688	0.0021667
																							0.0831398 m

LAMPIRAN 11 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 3

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	1.70	123.38	1.8	0.011351	89.211		0.37000	0.74000	1.014	0.0105815
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	2.70	123.38	1.8	0.018022	88.746		0.37000	0.74000	1.562	0.0083789
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	3.70	123.38	1.8	0.024687	88.282		0.37000	0.73999	2.110	0.0069386
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	4.70	123.38	1.8	0.031342	87.818		0.36999	0.73998	2.659	0.0059222
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	5.70	123.38	1.8	0.037985	87.355		0.36998	0.73997	3.207	0.0051661
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	6.70	123.38	1.8	0.044613	86.892		0.36998	0.73995	3.755	0.0045815
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	7.70	123.38	1.8	0.051224	86.429		0.36996	0.73993	4.303	0.0036318
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	8.70	123.38	1.8	0.057816	85.966	0.74	0.36995	0.73989	4.851	0.0032968
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	9.70	123.38	1.8	0.064385	85.505		0.36993	0.73985	5.399	0.0030184
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	10.70	123.38	1.8	0.070929	85.043		0.36990	0.73980	5.947	0.0027833
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	11.70	123.38	1.8	0.077447	84.583		0.36987	0.73974	6.496	0.0025822
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	12.70	123.38	1.8	0.083935	84.123		0.36983	0.73967	7.044	0.0024082
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	13.70	123.38	1.8	0.090391	83.664		0.36979	0.73959	7.592	0.0022561
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	14.70	123.38	1.8	0.096813	83.205		0.36974	0.73949	8.140	0.0021220
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	15.70	123.38	1.8	0.103198	82.748		0.36969	0.73938	8.688	0.0020029
																							0.0656706 m

LAMPIRAN 12 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 4

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	2.10	123.38	2.4	0.018604	89.025		0.37000	0.74000	1.014	0.0078112
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	3.10	123.38	2.4	0.027454	88.561		0.37000	0.74000	1.562	0.0065454
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	4.10	123.38	2.4	0.036293	88.097		0.36999	0.73999	2.110	0.0056337
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	5.10	123.38	2.4	0.045119	87.633		0.36999	0.73998	2.659	0.0049453
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	6.10	123.38	2.4	0.053926	87.169		0.36998	0.73996	3.207	0.0044071
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	7.10	123.38	2.4	0.062714	86.706		0.36997	0.73994	3.755	0.0039747
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	8.10	123.38	2.4	0.071477	86.244		0.36996	0.73991	4.303	0.0031938
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	9.10	123.38	2.4	0.080212	85.782	0.74	0.36994	0.73988	4.851	0.0029319
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	10.10	123.38	2.4	0.088918	85.320		0.36992	0.73983	5.399	0.0027097
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	11.10	123.38	2.4	0.097589	84.859		0.36989	0.73978	5.947	0.0025188
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	12.10	123.38	2.4	0.106223	84.399		0.36986	0.73972	6.496	0.0023529
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	13.10	123.38	2.4	0.114817	83.939		0.36982	0.73964	7.044	0.0022076
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	14.10	123.38	2.4	0.123368	83.480		0.36978	0.73955	7.592	0.0020791
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	15.10	123.38	2.4	0.131872	83.022		0.36973	0.73945	8.140	0.0019647
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	16.10	123.38	2.4	0.140327	82.565		0.36967	0.73934	8.688	0.0018621
																							0.0551381 m

LAMPIRAN 13 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 5

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	2.30	123.38	2.7	0.022867	88.932		0.18500	0.37000	0.644	0.0042616
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	3.30	123.38	2.7	0.032797	88.468		0.18500	0.37000	1.192	0.0036774
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	4.30	123.38	2.7	0.042715	88.004		0.18500	0.36999	1.740	0.0032338
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	5.30	123.38	2.7	0.052617	87.540		0.18499	0.36999	2.289	0.0028853
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	6.30	123.38	2.7	0.062498	87.077		0.18499	0.36998	2.837	0.0026040
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	7.30	123.38	2.7	0.072355	86.614		0.18498	0.36997	3.385	0.0023721
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	8.30	123.38	2.7	0.082184	86.151		0.18498	0.36995	3.933	0.0019212
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	9.30	123.38	2.7	0.091982	85.689	0.37	0.18497	0.36994	4.481	0.0017747
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	10.30	123.38	2.7	0.101745	85.228		0.18496	0.36991	5.029	0.0016482
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	11.30	123.38	2.7	0.111470	84.767		0.18494	0.36988	5.578	0.0015377
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	12.30	123.38	2.7	0.121152	84.307		0.18493	0.36985	6.126	0.0014402
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	13.30	123.38	2.7	0.130789	83.847		0.18491	0.36981	6.674	0.0013533
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	14.30	123.38	2.7	0.140376	83.389		0.18488	0.36977	7.222	0.0012754
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	15.30	123.38	2.7	0.149911	82.931		0.18486	0.36972	7.770	0.0012050
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	16.30	123.38	2.7	0.159390	82.474		0.18483	0.36966	8.318	0.0011410
																							0.0323310 **m**

LAMPIRAN 14 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 6

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	2.50	123.38	3	0.027550	88.839		0.18500	0.37000	0.644	0.0146899
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	3.50	123.38	3	0.038555	88.375		0.18500	0.37000	1.192	0.0128308
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	4.50	123.38	3	0.049546	87.911		0.18500	0.36999	1.740	0.0113896
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	5.50	123.38	3	0.060517	87.447		0.18499	0.36999	2.289	0.0102395
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	6.50	123.38	3	0.071465	86.984		0.18499	0.36998	2.837	0.0093004
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	7.50	123.38	3	0.082386	86.521		0.18498	0.36997	3.385	0.0085190
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	8.50	123.38	3	0.093275	86.059		0.18498	0.36995	3.933	0.0069343
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	9.50	123.38	3	0.104129	85.597	0.37	0.18497	0.36993	4.481	0.0064354
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	10.50	123.38	3	0.114943	85.135		0.18495	0.36991	5.029	0.0060035
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	11.50	123.38	3	0.125714	84.675		0.18494	0.36988	5.578	0.0056257
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	12.50	123.38	3	0.136438	84.215		0.18492	0.36984	6.126	0.0052926
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	13.50	123.38	3	0.147110	83.755		0.18490	0.36980	6.674	0.0049967
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	14.50	123.38	3	0.157727	83.297		0.18488	0.36976	7.222	0.0047320
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	15.50	123.38	3	0.168285	82.839		0.18485	0.36971	7.770	0.0044938
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	16.50	123.38	3	0.178780	82.383		0.18482	0.36965	8.318	0.0042783
																							0.1157617 m

LAMPIRAN 15 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 7

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	2.70	123.38	3.3	0.032650	88.746		0.18500	0.37000	0.644	0.0133813
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	3.70	123.38	3.3	0.044724	88.282		0.18500	0.37000	1.192	0.0118212
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	4.70	123.38	3.3	0.056781	87.818		0.18500	0.36999	1.740	0.0105870
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	5.70	123.38	3.3	0.068816	87.355		0.18499	0.36999	2.289	0.0095862
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	6.70	123.38	3.3	0.080825	86.892		0.18499	0.36998	2.837	0.0087583
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	7.70	123.38	3.3	0.092804	86.429		0.18498	0.36996	3.385	0.0080620
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	8.70	123.38	3.3	0.104746	85.966		0.18497	0.36995	3.933	0.0065897
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	9.70	123.38	3.3	0.116649	85.505	0.37	0.18496	0.36993	4.481	0.0061375
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	10.70	123.38	3.3	0.128508	85.043		0.18495	0.36990	5.029	0.0057434
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	11.70	123.38	3.3	0.140319	84.583		0.18494	0.36987	5.578	0.0053967
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	12.70	123.38	3.3	0.152077	84.123		0.18492	0.36984	6.126	0.0050894
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	13.70	123.38	3.3	0.163777	83.664		0.18490	0.36980	6.674	0.0048152
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	14.70	123.38	3.3	0.175417	83.205		0.18487	0.36975	7.222	0.0045688
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	15.70	123.38	3.3	0.186991	82.748		0.18485	0.36969	7.770	0.0043464
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	16.70	123.38	3.3	0.198496	82.291		0.18482	0.36963	8.318	0.0041445
																							0.1090276 m

LAMPIRAN 16 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 8

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	3.10	123.38	3.9	0.044087	88.561		0.37000	0.74000	1.014	0.0236447
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	4.10	123.38	3.9	0.058282	88.097		0.36999	0.73999	1.562	0.0211729
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	5.10	123.38	3.9	0.072455	87.633		0.36999	0.73998	2.110	0.0191695
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	6.10	123.38	3.9	0.086600	87.169		0.36998	0.73996	2.659	0.0175128
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	7.10	123.38	3.9	0.100712	86.706		0.36997	0.73994	3.207	0.0161198
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	8.10	123.38	3.9	0.114786	86.244		0.36996	0.73992	3.755	0.0149321
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	9.10	123.38	3.9	0.128817	85.782		0.36994	0.73988	4.303	0.0122714
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	10.10	123.38	3.9	0.142799	85.320	0.74	0.36992	0.73984	4.851	0.0114833
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	11.10	123.38	3.9	0.156727	84.859		0.36989	0.73978	5.399	0.0107902
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	12.10	123.38	3.9	0.170597	84.399		0.36986	0.73972	5.947	0.0101759
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	13.10	123.38	3.9	0.184402	83.939		0.36982	0.73965	6.495	0.0096276
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	14.10	123.38	3.9	0.198139	83.480		0.36978	0.73956	7.044	0.0091352
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	15.10	123.38	3.9	0.211802	83.022		0.36973	0.73946	7.592	0.0086906
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	16.10	123.38	3.9	0.225388	82.565		0.36967	0.73935	8.140	0.0082870
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	17.10	123.38	3.9	0.238890	82.109		0.36961	0.73922	8.688	0.0079191
																							0.2009322 **m**

LAMPIRAN 17 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 9

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.800	3.90	123.38	5.1	0.071828	88.189		0.73999	1.47998	1.754	0.0384053
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.800	4.90	123.38	5.1	0.090196	87.726		0.73998	1.47996	2.302	0.0350697
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.800	5.90	123.38	5.1	0.108529	87.262		0.73997	1.47994	2.850	0.0322691
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.800	6.90	123.38	5.1	0.126821	86.799		0.73995	1.47990	3.399	0.0298839
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.800	7.90	123.38	5.1	0.145066	86.336		0.73992	1.47985	3.947	0.0278278
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.800	8.90	123.38	5.1	0.163257	85.874		0.73989	1.47978	4.495	0.0260368
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.800	9.90	123.38	5.1	0.181386	85.412		0.73985	1.47970	5.043	0.0215851
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.800	10.90	123.38	5.1	0.199447	84.951	1.48	0.73980	1.47960	5.591	0.0203545
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.800	11.90	123.38	5.1	0.217435	84.491		0.73974	1.47948	6.139	0.0192566
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.800	12.90	123.38	5.1	0.235342	84.031		0.73967	1.47933	6.687	0.0182710
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.800	13.90	123.38	5.1	0.253161	83.572		0.73958	1.47917	7.235	0.0173812
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.800	14.90	123.38	5.1	0.270888	83.114		0.73949	1.47898	7.783	0.0165738
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.800	15.90	123.38	5.1	0.288515	82.656		0.73938	1.47876	8.331	0.0158378
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.800	16.90	123.38	5.1	0.306037	82.200		0.73926	1.47851	8.879	0.0151641
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.800	17.90	123.38	5.1	0.323448	81.745		0.73912	1.47824	9.427	0.0145451
																							0.3484617 **m**

LAMPIRAN 18 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 10

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	4.30	123.38	5.7	0.088083	88.004		0.36999	0.73999	1.014	0.0160568
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	5.30	123.38	5.7	0.108502	87.540		0.36999	0.73998	1.562	0.0148783
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	6.30	123.38	5.7	0.128880	87.077		0.36998	0.73996	2.110	0.0138610
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	7.30	123.38	5.7	0.149210	86.614		0.36997	0.73994	2.659	0.0129739
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	8.30	123.38	5.7	0.169485	86.151		0.36996	0.73991	3.207	0.0121935
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	9.30	123.38	5.7	0.189696	85.689		0.36994	0.73988	3.755	0.0115016
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	10.30	123.38	5.7	0.209836	85.228		0.36992	0.73983	4.303	0.0096036
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	11.30	123.38	5.7	0.229898	84.767	0.74	0.36989	0.73978	4.851	0.0091141
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	12.30	123.38	5.7	0.249876	84.307		0.36986	0.73971	5.399	0.0086719
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	13.30	123.38	5.7	0.269761	83.847		0.36982	0.73964	5.947	0.0082706
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	14.30	123.38	5.7	0.289547	83.389		0.36977	0.73955	6.495	0.0079046
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	15.30	123.38	5.7	0.309227	82.931		0.36972	0.73945	7.043	0.0075695
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	16.30	123.38	5.7	0.328795	82.474		0.36967	0.73934	7.592	0.0072615
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	17.30	123.38	5.7	0.348243	82.018		0.36960	0.73921	8.140	0.0069774
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	18.30	123.38	5.7	0.367566	81.563		0.36953	0.73907	8.688	0.0067146
																							0.1535527 m

LAMPIRAN 19 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 11

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	4.50	123.38	6	0.096796	87.911		0.18500	0.36999	0.644	0.0074279
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	5.50	123.38	6	0.118232	87.447		0.18499	0.36999	1.192	0.0069210
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	6.50	123.38	6	0.139624	86.984		0.18499	0.36998	1.740	0.0064789
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	7.50	123.38	6	0.160964	86.521		0.18498	0.36997	2.289	0.0060898
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	8.50	123.38	6	0.182244	86.059		0.18498	0.36995	2.837	0.0057448
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	9.50	123.38	6	0.203456	85.597		0.18497	0.36993	3.385	0.0054367
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	10.50	123.38	6	0.224592	85.135		0.18496	0.36991	3.933	0.0045530
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	11.50	123.38	6	0.245645	84.675	0.37	0.18494	0.36988	4.481	0.0043324
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	12.50	123.38	6	0.266608	84.215		0.18492	0.36985	5.029	0.0041321
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	13.50	123.38	6	0.287472	83.755		0.18491	0.36981	5.577	0.0039495
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	14.50	123.38	6	0.308231	83.297		0.18488	0.36977	6.126	0.0037823
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	15.50	123.38	6	0.328878	82.839		0.18486	0.36972	6.674	0.0036286
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	16.50	123.38	6	0.349406	82.383		0.18483	0.36966	7.222	0.0034868
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	17.50	123.38	6	0.369807	81.927		0.18480	0.36959	7.770	0.0033556
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	18.50	123.38	6	0.390075	81.472		0.18476	0.36952	8.318	0.0032339
																							0.0725532

m

LAMPIRAN 20 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 12

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	4.90	123.38	6.6	0.115379	87.726		0.36999	0.73998	1.014	0.0138376
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	5.90	123.38	6.6	0.138832	87.262		0.36998	0.73997	1.562	0.0129535
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	6.90	123.38	6.6	0.162233	86.799		0.36997	0.73995	2.110	0.0121756
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	7.90	123.38	6.6	0.185574	86.336		0.36996	0.73992	2.659	0.0114858
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	8.90	123.38	6.6	0.208847	85.874		0.36995	0.73989	3.207	0.0108699
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	9.90	123.38	6.6	0.232042	85.412		0.36993	0.73985	3.755	0.0103166
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	10.90	123.38	6.6	0.255151	84.951		0.36990	0.73980	4.303	0.0086621
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	11.90	123.38	6.6	0.278166	84.491	0.74	0.36987	0.73974	4.851	0.0082618
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	12.90	123.38	6.6	0.301080	84.031		0.36984	0.73967	5.399	0.0078968
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	13.90	123.38	6.6	0.323883	83.572		0.36980	0.73959	5.947	0.0075625
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	14.90	123.38	6.6	0.346568	83.114		0.36975	0.73950	6.495	0.0072553
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	15.90	123.38	6.6	0.369128	82.656		0.36969	0.73939	7.043	0.0069719
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	16.90	123.38	6.6	0.391555	82.200		0.36963	0.73927	7.591	0.0067097
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	17.90	123.38	6.6	0.413840	81.745		0.36957	0.73913	8.140	0.0064664
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	18.90	123.38	6.6	0.435978	81.290		0.36949	0.73898	8.688	0.0062399
																							0.1376655 **m**

LAMPIRAN 21 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 13

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	5.10	123.38	6.9	0.125242	87.633		0.18499	0.36999	0.644	0.0064687
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	6.10	123.38	6.9	0.149695	87.169		0.18499	0.36998	1.192	0.0060808
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	7.10	123.38	6.9	0.174093	86.706		0.18499	0.36997	1.740	0.0057369
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	8.10	123.38	6.9	0.198426	86.244		0.18498	0.36996	2.289	0.0054297
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	9.10	123.38	6.9	0.222685	85.782		0.18497	0.36994	2.837	0.0051537
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	10.10	123.38	6.9	0.246862	85.320		0.18496	0.36992	3.385	0.0049043
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	11.10	123.38	6.9	0.270948	84.859		0.18495	0.36990	3.933	0.0041277
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	12.10	123.38	6.9	0.294935	84.399	0.37	0.18493	0.36986	4.481	0.0039455
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	13.10	123.38	6.9	0.318814	83.939		0.18491	0.36983	5.029	0.0037787
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	14.10	123.38	6.9	0.342577	83.480		0.18489	0.36979	5.577	0.0036254
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	15.10	123.38	6.9	0.366216	83.022		0.18487	0.36974	6.126	0.0034840
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	16.10	123.38	6.9	0.389722	82.565		0.18484	0.36968	6.674	0.0033531
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	17.10	123.38	6.9	0.413087	82.109		0.18481	0.36962	7.222	0.0032316
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	18.10	123.38	6.9	0.436305	81.654		0.18478	0.36955	7.770	0.0031186
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	19.10	123.38	6.9	0.459368	81.200		0.18474	0.36948	8.318	0.0030131
																							0.0654518 **m**

LAMPIRAN 22 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 14

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	5.30	123.38	7.2	0.135483	87.540		0.18499	0.36999	0.644	0.0062017
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	6.30	123.38	7.2	0.160931	87.077		0.18499	0.36998	1.192	0.0058444
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	7.30	123.38	7.2	0.186318	86.614		0.18499	0.36997	1.740	0.0055259
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	8.30	123.38	7.2	0.211637	86.151		0.18498	0.36996	2.289	0.0052403
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	9.30	123.38	7.2	0.236877	85.689		0.18497	0.36994	2.837	0.0049828
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	10.30	123.38	7.2	0.262030	85.228		0.18496	0.36992	3.385	0.0047493
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	11.30	123.38	7.2	0.287087	84.767		0.18495	0.36989	3.933	0.0040031
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	12.30	123.38	7.2	0.312039	84.307	0.37	0.18493	0.36986	4.481	0.0038315
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	13.30	123.38	7.2	0.336877	83.847		0.18491	0.36982	5.029	0.0036740
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	14.30	123.38	7.2	0.361593	83.389		0.18489	0.36978	5.577	0.0035288
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	15.30	123.38	7.2	0.386178	82.931		0.18486	0.36973	6.126	0.0033947
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	16.30	123.38	7.2	0.410624	82.474		0.18484	0.36967	6.674	0.0032703
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	17.30	123.38	7.2	0.434922	82.018		0.18481	0.36961	7.222	0.0031546
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	18.30	123.38	7.2	0.459065	81.563		0.18477	0.36954	7.770	0.0030468
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	19.30	123.38	7.2	0.483045	81.109		0.18473	0.36946	8.318	0.0029461
																							0.0633943 m

LAMPIRAN 23 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-01) TAHAP 15

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	5.50	123.38	7.5	0.146100	87.447		0.18499	0.36999	0.644	0.0059560
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	6.50	123.38	7.5	0.172535	86.984		0.18499	0.36998	1.192	0.0056256
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	7.50	123.38	7.5	0.198907	86.521		0.18498	0.36997	1.740	0.0053299
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	8.50	123.38	7.5	0.225205	86.059		0.18498	0.36995	2.289	0.0050637
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	9.50	123.38	7.5	0.251420	85.597		0.18497	0.36993	2.837	0.0048228
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	10.50	123.38	7.5	0.277543	85.135		0.18496	0.36991	3.385	0.0046038
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	11.50	123.38	7.5	0.303565	84.675		0.18494	0.36988	3.933	0.0038857
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	12.50	123.38	7.5	0.329475	84.215	0.37	0.18493	0.36985	4.481	0.0037238
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	13.50	123.38	7.5	0.355266	83.755		0.18491	0.36981	5.029	0.0035749
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	14.50	123.38	7.5	0.380928	83.297		0.18489	0.36977	5.577	0.0034373
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	15.50	123.38	7.5	0.406453	82.839		0.18486	0.36972	6.126	0.0033099
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	16.50	123.38	7.5	0.431831	82.383		0.18483	0.36966	6.674	0.0031915
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	17.50	123.38	7.5	0.457055	81.927		0.18480	0.36960	7.222	0.0030813
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	18.50	123.38	7.5	0.482117	81.472		0.18476	0.36953	7.770	0.0029783
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	19.50	123.38	7.5	0.507007	81.018		0.18472	0.36945	8.318	0.0028819
																							0.0614664 **m**

LAMPIRAN 24 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 1

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.800	1.30	123.38	1.2	0.005815	89.396		0.74000	1.48000	1.754	0.0558053
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.800	2.30	123.38	1.2	0.010285	88.932		0.74000	1.48000	2.302	0.0309528
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.800	3.30	123.38	1.2	0.014752	88.468		0.73999	1.47999	2.850	0.0220165
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.800	4.30	123.38	1.2	0.019213	88.004		0.73999	1.47997	3.399	0.0171889
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.800	5.30	123.38	1.2	0.023666	87.540		0.73998	1.47995	3.947	0.0141289
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.800	6.30	123.38	1.2	0.028110	87.077		0.73996	1.47992	4.495	0.0120058
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.800	7.30	123.38	1.2	0.032544	86.614		0.73994	1.47987	5.043	0.0092145
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.800	8.30	123.38	1.2	0.036964	86.151	1.48	0.73991	1.47981	5.591	0.0081554
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.800	9.30	123.38	1.2	0.041371	85.689		0.73987	1.47974	6.139	0.0073160
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.800	10.30	123.38	1.2	0.045761	85.228		0.73982	1.47964	6.687	0.0066339
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.800	11.30	123.38	1.2	0.050134	84.767		0.73976	1.47953	7.235	0.0060685
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.800	12.30	123.38	1.2	0.054487	84.307		0.73970	1.47939	7.783	0.0055921
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.800	13.30	123.38	1.2	0.058820	83.847		0.73962	1.47924	8.331	0.0051851
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.800	14.30	123.38	1.2	0.063131	83.389		0.73953	1.47905	8.879	0.0048334
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.800	15.30	123.38	1.2	0.067417	82.931		0.73942	1.47884	9.427	0.0045263
																							0.2096234 m

LAMPIRAN 25 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 2

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	1.70	123.38	1.8	0.011351	89.211		0.37000	0.74000	1.014	0.0105815
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	2.70	123.38	1.8	0.018022	88.746		0.37000	0.74000	1.562	0.0083789
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	3.70	123.38	1.8	0.024687	88.282		0.37000	0.73999	2.110	0.0069386
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	4.70	123.38	1.8	0.031342	87.818		0.36999	0.73998	2.659	0.0059222
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	5.70	123.38	1.8	0.037985	87.355		0.36998	0.73997	3.207	0.0051661
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	6.70	123.38	1.8	0.044613	86.892		0.36998	0.73995	3.755	0.0045815
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	7.70	123.38	1.8	0.051224	86.429		0.36996	0.73993	4.303	0.0036318
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	8.70	123.38	1.8	0.057816	85.966	0.74	0.36995	0.73989	4.851	0.0032968
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	9.70	123.38	1.8	0.064385	85.505		0.36993	0.73985	5.399	0.0030184
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	10.70	123.38	1.8	0.070929	85.043		0.36990	0.73980	5.947	0.0027834
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	11.70	123.38	1.8	0.077447	84.583		0.36987	0.73974	6.496	0.0025822
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	12.70	123.38	1.8	0.083935	84.123		0.36983	0.73967	7.044	0.0024082
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	13.70	123.38	1.8	0.090391	83.664		0.36979	0.73959	7.592	0.0022561
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	14.70	123.38	1.8	0.096813	83.205		0.36974	0.73949	8.140	0.0021220
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	15.70	123.38	1.8	0.103198	82.748		0.36969	0.73938	8.688	0.0020029
																							0.0656707 m

LAMPIRAN 26 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 3

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	1.90	123.38	2.1	0.014764	89.118		0.18500	0.37000	0.644	0.0041586
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	2.90	123.38	2.1	0.022528	88.653		0.18500	0.37000	1.192	0.0034505
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	3.90	123.38	2.1	0.030283	88.189		0.18500	0.37000	1.740	0.0029486
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	4.90	123.38	2.1	0.038026	87.726		0.18500	0.36999	2.289	0.0025743
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	5.90	123.38	2.1	0.045755	87.262		0.18499	0.36998	2.837	0.0022843
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	6.90	123.38	2.1	0.053465	86.799		0.18499	0.36997	3.385	0.0020530
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	7.90	123.38	2.1	0.061156	86.336		0.18498	0.36996	3.933	0.0016450
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	8.90	123.38	2.1	0.068823	85.874	0.37	0.18497	0.36994	4.481	0.0015065
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	9.90	123.38	2.1	0.076463	85.412		0.18496	0.36992	5.029	0.0013895
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	10.90	123.38	2.1	0.084074	84.951		0.18495	0.36990	5.578	0.0012893
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	11.90	123.38	2.1	0.091654	84.491		0.18493	0.36986	6.126	0.0012026
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	12.90	123.38	2.1	0.099198	84.031		0.18491	0.36983	6.674	0.0011268
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	13.90	123.38	2.1	0.106705	83.572		0.18489	0.36978	7.222	0.0010599
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	14.90	123.38	2.1	0.114172	83.114		0.18487	0.36973	7.770	0.0010005
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	15.90	123.38	2.1	0.121596	82.656		0.18484	0.36968	8.318	0.0009474
																							0.0286366 **m**

LAMPIRAN 27 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 4

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	2.30	123.38	2.7	0.022867	88.932		0.37000	0.74000	1.014	0.0079141
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	3.30	123.38	2.7	0.032797	88.468		0.37000	0.73999	1.562	0.0067723
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	4.30	123.38	2.7	0.042715	88.004		0.36999	0.73999	2.110	0.0059188
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	5.30	123.38	2.7	0.052617	87.540		0.36999	0.73998	2.659	0.0052563
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	6.30	123.38	2.7	0.062498	87.077		0.36998	0.73996	3.207	0.0047268
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	7.30	123.38	2.7	0.072355	86.614		0.36997	0.73994	3.755	0.0042937
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	8.30	123.38	2.7	0.082184	86.151		0.36995	0.73991	4.303	0.0034699
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	9.30	123.38	2.7	0.091982	85.689	0.74	0.36994	0.73987	4.851	0.0032000
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	10.30	123.38	2.7	0.101745	85.228		0.36991	0.73982	5.399	0.0029682
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	11.30	123.38	2.7	0.111470	84.767		0.36988	0.73977	5.947	0.0027669
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	12.30	123.38	2.7	0.121152	84.307		0.36985	0.73970	6.496	0.0025903
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	13.30	123.38	2.7	0.130789	83.847		0.36981	0.73962	7.044	0.0024339
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	14.30	123.38	2.7	0.140376	83.389		0.36977	0.73953	7.592	0.0022943
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	15.30	123.38	2.7	0.149911	82.931		0.36972	0.73943	8.140	0.0021688
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	16.30	123.38	2.7	0.159390	82.474		0.36966	0.73931	8.688	0.0020553
																							0.0588297 m

LAMPIRAN 28 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 5

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	2.50	123.38	3	0.027550	88.839		0.18500	0.37000	0.644	0.0146899
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	3.50	123.38	3	0.038555	88.375		0.18500	0.37000	1.192	0.0128308
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	4.50	123.38	3	0.049546	87.911		0.18500	0.36999	1.740	0.0113896
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	5.50	123.38	3	0.060517	87.447		0.18499	0.36999	2.289	0.0102395
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	6.50	123.38	3	0.071465	86.984		0.18499	0.36998	2.837	0.0093004
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	7.50	123.38	3	0.082386	86.521		0.18498	0.36997	3.385	0.0085190
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	8.50	123.38	3	0.093275	86.059		0.18498	0.36995	3.933	0.0069343
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	9.50	123.38	3	0.104129	85.597	0.37	0.18497	0.36993	4.481	0.0064355
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	10.50	123.38	3	0.114943	85.135		0.18495	0.36991	5.029	0.0060035
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	11.50	123.38	3	0.125714	84.675		0.18494	0.36988	5.578	0.0056258
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	12.50	123.38	3	0.136438	84.215		0.18492	0.36984	6.126	0.0052927
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	13.50	123.38	3	0.147110	83.755		0.18490	0.36980	6.674	0.0049967
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	14.50	123.38	3	0.157727	83.297		0.18488	0.36976	7.222	0.0047320
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	15.50	123.38	3	0.168285	82.839		0.18485	0.36971	7.770	0.0044938
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	16.50	123.38	3	0.178780	82.383		0.18482	0.36965	8.318	0.0042783
																							0.1157618 m

LAMPIRAN 29 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 6

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.800	3.30	123.38	4.2	0.050419	88.468		0.73999	1.47999	1.754	0.0475856
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.800	4.30	123.38	4.2	0.065666	88.004		0.73999	1.47997	2.302	0.0425578
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.800	5.30	123.38	4.2	0.080887	87.540		0.73998	1.47995	2.850	0.0384961
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.800	6.30	123.38	4.2	0.096078	87.077		0.73996	1.47992	3.399	0.0351451
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.800	7.30	123.38	4.2	0.111233	86.614		0.73994	1.47988	3.947	0.0323326
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.800	8.30	123.38	4.2	0.126346	86.151		0.73991	1.47982	4.495	0.0299380
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.800	9.30	123.38	4.2	0.141410	85.689		0.73987	1.47975	5.043	0.0245955
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.800	10.30	123.38	4.2	0.156422	85.228	1.48	0.73983	1.47966	5.591	0.0230097
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.800	11.30	123.38	4.2	0.171375	84.767		0.73977	1.47955	6.139	0.0216161
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.800	12.30	123.38	4.2	0.186264	84.307		0.73971	1.47941	6.687	0.0203816
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.800	13.30	123.38	4.2	0.201083	83.847		0.73963	1.47926	7.235	0.0192804
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.800	14.30	123.38	4.2	0.215828	83.389		0.73954	1.47908	7.783	0.0182919
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.800	15.30	123.38	4.2	0.230492	82.931		0.73944	1.47888	8.331	0.0173995
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.800	16.30	123.38	4.2	0.245072	82.474		0.73932	1.47865	8.879	0.0165899
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.800	17.30	123.38	4.2	0.259562	82.018		0.73919	1.47839	9.427	0.0158519
																							0.4030716 m

LAMPIRAN 30 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 7

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	3.70	123.38	4.8	0.064292	88.282		0.37000	0.73999	1.014	0.0191247
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	4.70	123.38	4.8	0.081625	87.818		0.36999	0.73998	1.562	0.0174755
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	5.70	123.38	4.8	0.098927	87.355		0.36999	0.73997	2.110	0.0160883
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	6.70	123.38	4.8	0.116192	86.892		0.36998	0.73995	2.659	0.0149052
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	7.70	123.38	4.8	0.133413	86.429		0.36996	0.73993	3.207	0.0138843
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	8.70	123.38	4.8	0.150584	85.966		0.36995	0.73990	3.755	0.0129942
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	9.70	123.38	4.8	0.167698	85.505		0.36993	0.73986	4.303	0.0107748
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	10.70	123.38	4.8	0.184749	85.043	0.74	0.36990	0.73981	4.851	0.0101624
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	11.70	123.38	4.8	0.201732	84.583		0.36987	0.73975	5.399	0.0096158
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	12.70	123.38	4.8	0.218639	84.123		0.36984	0.73968	5.947	0.0091249
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	13.70	123.38	4.8	0.235465	83.664		0.36980	0.73960	6.495	0.0086815
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	14.70	123.38	4.8	0.252205	83.205		0.36975	0.73951	7.044	0.0082790
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	15.70	123.38	4.8	0.268852	82.748		0.36970	0.73940	7.592	0.0079121
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	16.70	123.38	4.8	0.285400	82.291		0.36964	0.73928	8.140	0.0075761
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	17.70	123.38	4.8	0.301844	81.836		0.36957	0.73914	8.688	0.0072674
																							0.1738661 m

LAMPIRAN 31 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 8

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.400	4.10	123.38	5.4	0.079759	88.097		0.36999	0.73999	1.014	0.0169637
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.400	5.10	123.38	5.4	0.099156	87.633		0.36999	0.73998	1.562	0.0156537
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.400	6.10	123.38	5.4	0.118514	87.169		0.36998	0.73996	2.110	0.0145315
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.400	7.10	123.38	5.4	0.137829	86.706		0.36997	0.73994	2.659	0.0135595
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.400	8.10	123.38	5.4	0.157091	86.244		0.36996	0.73992	3.207	0.0127094
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.400	9.10	123.38	5.4	0.176295	85.782		0.36994	0.73988	3.755	0.0119595
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.400	10.10	123.38	5.4	0.195433	85.320		0.36992	0.73984	4.303	0.0099647
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.400	11.10	123.38	5.4	0.214498	84.859	0.74	0.36989	0.73979	4.851	0.0094387
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.400	12.10	123.38	5.4	0.233484	84.399		0.36986	0.73973	5.399	0.0089653
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.400	13.10	123.38	5.4	0.252383	83.939		0.36983	0.73965	5.947	0.0085370
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.400	14.10	123.38	5.4	0.271189	83.480		0.36978	0.73957	6.495	0.0081476
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.400	15.10	123.38	5.4	0.289896	83.022		0.36973	0.73947	7.043	0.0077921
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.400	16.10	123.38	5.4	0.308497	82.565		0.36968	0.73936	7.592	0.0074662
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.400	17.10	123.38	5.4	0.326986	82.109		0.36962	0.73923	8.140	0.0071662
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.400	18.10	123.38	5.4	0.345356	81.654		0.36955	0.73909	8.688	0.0068893
																							0.1597443 **m**

LAMPIRAN 32 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 9

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	4.50	123.38	6	0.096796	87.911		0.18500	0.36999	0.644	0.0078141
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	5.50	123.38	6	0.118232	87.447		0.18499	0.36999	1.192	0.0072551
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	6.50	123.38	6	0.139624	86.984		0.18499	0.36998	1.740	0.0067707
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	7.50	123.38	6	0.160964	86.521		0.18498	0.36997	2.289	0.0063470
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	8.50	123.38	6	0.182244	86.059		0.18498	0.36995	2.837	0.0059731
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	9.50	123.38	6	0.203456	85.597		0.18497	0.36993	3.385	0.0056408
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	10.50	123.38	6	0.224592	85.135		0.18496	0.36991	3.933	0.0047149
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	11.50	123.38	6	0.245645	84.675	0.37	0.18494	0.36988	4.481	0.0044787
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	12.50	123.38	6	0.266608	84.215		0.18492	0.36985	5.029	0.0042650
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	13.50	123.38	6	0.287472	83.755		0.18491	0.36981	5.577	0.0040707
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	14.50	123.38	6	0.308231	83.297		0.18488	0.36977	6.126	0.0038933
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	15.50	123.38	6	0.328878	82.839		0.18486	0.36972	6.674	0.0037307
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	16.50	123.38	6	0.349406	82.383		0.18483	0.36966	7.222	0.0035810
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	17.50	123.38	6	0.369807	81.927		0.18480	0.36959	7.770	0.0034427
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	18.50	123.38	6	0.390075	81.472		0.18476	0.36952	8.318	0.0033147
																							0.0752925 **m**

LAMPIRAN 33 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 10

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	4.70	123.38	6.3	0.105896	87.818		0.18500	0.36999	0.644	0.0074278
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	5.70	123.38	6.3	0.128343	87.355		0.18499	0.36999	1.192	0.0069210
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	6.70	123.38	6.3	0.150743	86.892		0.18499	0.36998	1.740	0.0064788
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	7.70	123.38	6.3	0.173086	86.429		0.18498	0.36996	2.289	0.0060898
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	8.70	123.38	6.3	0.195365	85.966		0.18497	0.36995	2.837	0.0057447
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	9.70	123.38	6.3	0.217572	85.505		0.18496	0.36993	3.385	0.0054367
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	10.70	123.38	6.3	0.239698	85.043		0.18495	0.36991	3.933	0.0045529
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	11.70	123.38	6.3	0.261735	84.583	0.37	0.18494	0.36988	4.481	0.0043323
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	12.70	123.38	6.3	0.283677	84.123		0.18492	0.36984	5.029	0.0041321
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	13.70	123.38	6.3	0.305514	83.664		0.18490	0.36980	5.577	0.0039494
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	14.70	123.38	6.3	0.327240	83.205		0.18488	0.36976	6.126	0.0037822
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	15.70	123.38	6.3	0.348846	82.748		0.18485	0.36971	6.674	0.0036285
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	16.70	123.38	6.3	0.370326	82.291		0.18482	0.36965	7.222	0.0034867
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	17.70	123.38	6.3	0.391673	81.836		0.18479	0.36958	7.770	0.0033555
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	18.70	123.38	6.3	0.412880	81.381		0.18475	0.36951	8.318	0.0032338
																							0.0725523 **m**

LAMPIRAN 34 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 11

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	4.90	123.38	6.6	0.115379	87.726		0.18500	0.36999	0.644	0.0070780
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	5.90	123.38	6.6	0.138832	87.262		0.18499	0.36998	1.192	0.0066163
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	6.90	123.38	6.6	0.162233	86.799		0.18499	0.36997	1.740	0.0062111
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	7.90	123.38	6.6	0.185574	86.336		0.18498	0.36996	2.289	0.0058526
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	8.90	123.38	6.6	0.208847	85.874		0.18497	0.36995	2.837	0.0055332
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	9.90	123.38	6.6	0.232042	85.412		0.18496	0.36993	3.385	0.0052468
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	10.90	123.38	6.6	0.255151	84.951		0.18495	0.36990	3.933	0.0044018
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	11.90	123.38	6.6	0.278166	84.491	0.37	0.18494	0.36987	4.481	0.0041952
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	12.90	123.38	6.6	0.301080	84.031		0.18492	0.36984	5.029	0.0040071
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	13.90	123.38	6.6	0.323883	83.572		0.18490	0.36980	5.577	0.0038352
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	14.90	123.38	6.6	0.346568	83.114		0.18487	0.36975	6.126	0.0036772
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	15.90	123.38	6.6	0.369128	82.656		0.18485	0.36969	6.674	0.0035318
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	16.90	123.38	6.6	0.391555	82.200		0.18482	0.36963	7.222	0.0033973
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	17.90	123.38	6.6	0.413840	81.745		0.18478	0.36957	7.770	0.0032726
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	18.90	123.38	6.6	0.435978	81.290		0.18475	0.36949	8.318	0.0031567
																							0.0700128 m

LAMPIRAN 35 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 12

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	5.10	123.38	6.9	0.125242	87.633		0.18499	0.36999	0.644	0.0067596
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	6.10	123.38	6.9	0.149695	87.169		0.18499	0.36998	1.192	0.0063372
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	7.10	123.38	6.9	0.174093	86.706		0.18499	0.36997	1.740	0.0059645
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	8.10	123.38	6.9	0.198426	86.244		0.18498	0.36996	2.289	0.0056332
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	9.10	123.38	6.9	0.222685	85.782		0.18497	0.36994	2.837	0.0053367
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	10.10	123.38	6.9	0.246862	85.320		0.18496	0.36992	3.385	0.0050698
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	11.10	123.38	6.9	0.270948	84.859		0.18495	0.36990	3.933	0.0042603
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	12.10	123.38	6.9	0.294935	84.399	0.37	0.18493	0.36986	4.481	0.0040665
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	13.10	123.38	6.9	0.318814	83.939		0.18491	0.36983	5.029	0.0038896
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	14.10	123.38	6.9	0.342577	83.480		0.18489	0.36979	5.577	0.0037273
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	15.10	123.38	6.9	0.366216	83.022		0.18487	0.36974	6.126	0.0035780
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	16.10	123.38	6.9	0.389722	82.565		0.18484	0.36968	6.674	0.0034401
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	17.10	123.38	6.9	0.413087	82.109		0.18481	0.36962	7.222	0.0033123
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	18.10	123.38	6.9	0.436305	81.654		0.18478	0.36955	7.770	0.0031937
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	19.10	123.38	6.9	0.459368	81.200		0.18474	0.36948	8.318	0.0030832
																							0.0676519

m

LAMPIRAN 36 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 13

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	5.30	123.38	7.2	0.135483	87.540		0.18499	0.36999	0.644	0.0064687
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	6.30	123.38	7.2	0.160931	87.077		0.18499	0.36998	1.192	0.0060808
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	7.30	123.38	7.2	0.186318	86.614		0.18499	0.36997	1.740	0.0057368
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	8.30	123.38	7.2	0.211637	86.151		0.18498	0.36996	2.289	0.0054296
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	9.30	123.38	7.2	0.236877	85.689		0.18497	0.36994	2.837	0.0051536
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	10.30	123.38	7.2	0.262030	85.228		0.18496	0.36992	3.385	0.0049043
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	11.30	123.38	7.2	0.287087	84.767		0.18495	0.36989	3.933	0.0041277
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	12.30	123.38	7.2	0.312039	84.307	0.37	0.18493	0.36986	4.481	0.0039455
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	13.30	123.38	7.2	0.336877	83.847		0.18491	0.36982	5.029	0.0037787
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	14.30	123.38	7.2	0.361593	83.389		0.18489	0.36978	5.577	0.0036253
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	15.30	123.38	7.2	0.386178	82.931		0.18486	0.36973	6.126	0.0034839
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	16.30	123.38	7.2	0.410624	82.474		0.18484	0.36967	6.674	0.0033530
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	17.30	123.38	7.2	0.434922	82.018		0.18481	0.36961	7.222	0.0032315
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	18.30	123.38	7.2	0.459065	81.563		0.18477	0.36954	7.770	0.0031185
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	19.30	123.38	7.2	0.483045	81.109		0.18473	0.36946	8.318	0.0030130
																							0.0654509 **m**

LAMPIRAN 37 – PERHITUNGAN PEMAMPATAN AKIBAT BEBAN BERTAHAP (SP-05) TAHAP 14

Kedalaman (m)	N-SPT	Cc	Cs	Eo	h	z	ɣ	ɣw	ɣ'	Po'	Fluktuasi	Pc'	hi	zi	B1	B2	α1	α2	qo	Δp	2Δp	Δp + Po	Sc
1	1	0.96	0.1928	1.79	1	0.5	1.548	1	0.548	0.274	3.3	3.574	0.200	5.30	123.38	7.2	0.135483	87.540		0.18499	0.36999	0.644	0.0062017
2	1	0.96	0.1928	1.79	1	1.5	1.548	1	0.548	0.822	3.3	4.122	0.200	6.30	123.38	7.2	0.160931	87.077		0.18499	0.36998	1.192	0.0058444
3	2	0.96	0.1928	1.79	1	2.5	1.548	1	0.548	1.370	3.3	4.670	0.200	7.30	123.38	7.2	0.186318	86.614		0.18499	0.36997	1.740	0.0055259
4	2	0.96	0.1928	1.79	1	3.5	1.548	1	0.548	1.919	3.3	5.219	0.200	8.30	123.38	7.2	0.211637	86.151		0.18498	0.36996	2.289	0.0052403
5	1	0.96	0.1928	1.79	1	4.5	1.548	1	0.548	2.467	3.3	5.767	0.200	9.30	123.38	7.2	0.236877	85.689		0.18497	0.36994	2.837	0.0049828
6	1	0.96	0.1928	1.79	1	5.5	1.548	1	0.548	3.015	3.3	6.315	0.200	10.30	123.38	7.2	0.262030	85.228		0.18496	0.36992	3.385	0.0047493
7	1	0.77	0.1546	1.53	1	6.5	1.548	1	0.548	3.563	3.3	6.863	0.200	11.30	123.38	7.2	0.287087	84.767		0.18495	0.36989	3.933	0.0040031
8	1	0.77	0.1546	1.53	1	7.5	1.548	1	0.548	4.111	3.3	7.411	0.200	12.30	123.38	7.2	0.312039	84.307	0.37	0.18493	0.36986	4.481	0.0038315
9	1	0.77	0.1546	1.53	1	8.5	1.548	1	0.548	4.659	3.3	7.959	0.200	13.30	123.38	7.2	0.336877	83.847		0.18491	0.36982	5.029	0.0036740
10	1	0.77	0.1546	1.53	1	9.5	1.548	1	0.548	5.208	3.3	8.508	0.200	14.30	123.38	7.2	0.361593	83.389		0.18489	0.36978	5.577	0.0035289
11	3	0.77	0.1546	1.53	1	10.5	1.548	1	0.548	5.756	3.3	9.056	0.200	15.30	123.38	7.2	0.386178	82.931		0.18486	0.36973	6.126	0.0033947
12	3	0.77	0.1546	1.53	1	11.5	1.548	1	0.548	6.304	3.3	9.604	0.200	16.30	123.38	7.2	0.410624	82.474		0.18484	0.36967	6.674	0.0032703
13	3	0.77	0.1546	1.53	1	12.5	1.548	1	0.548	6.852	3.3	10.152	0.200	17.30	123.38	7.2	0.434922	82.018		0.18481	0.36961	7.222	0.0031547
14	4	0.77	0.1546	1.53	1	13.5	1.548	1	0.548	7.400	3.3	10.700	0.200	18.30	123.38	7.2	0.459065	81.563		0.18477	0.36954	7.770	0.0030468
15	4	0.77	0.1546	1.53	1	14.5	1.548	1	0.548	7.949	3.3	11.249	0.200	19.30	123.38	7.2	0.483045	81.109		0.18473	0.36946	8.318	0.0029461
																							0.0633945 **m**

BIODATA PENULIS

Farah Nasya

Lahir di Jakarta, pada tanggal 1 Agustus 1993, merupakan anak ke-3 dari 4 bersaudara dari pasangan Nasrun Nurdin dan Rita Hasmi.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Tugu X Depok, SMPN 7 Depok , dan SMAN 58 Jakarta Timur . Kemudian penulis melanjutkan studinya di D3 Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Sipil dan lulus pada tahun 2014. Selanjutnya pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan sarjananya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui Program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP. 3114106002. Penulis adalah Mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang Studi Geotek.

*Email :*farahnasya1893@gmail.com