



**EVALUASI PERBAIKAN TANAH LUNAK  
MENGUNAKAN METODE OBSERVASIONAL (STUDI  
KASUS METODE VACUUM CONSOLIDATION SYSTEM  
DI PEMBANGUNAN JALAN TOL PEMATANG  
PANGGANG – KAYU AGUNG, SUMATERA SELATAN)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Angga Bramasta Wardana**

**NIM. 151910301005**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2019**



**EVALUASI PERBAIKAN TANAH LUNAK  
MENGUNAKAN METODE OBSERVASIONAL (STUDI  
KASUS METODE VACUUM CONSOLIDATION SYSTEM  
DI PEMBANGUNAN JALAN TOL PEMATANG  
PANGGANG – KAYU AGUNG, SUMATERA SELATAN)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)  
dan mencapai gelar sarjana

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Setelah perjalanan yang panjang selama menempuh pendidikan tinggi di Universitas Jember. Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Kedua orangtuaku, ibunda tercinta Maryam Herlina yang senantiasa selalu mendoakan setiap langkah yang saya tempuh serta almarhum ayah tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan hingga akhir hayatnya.
2. Paksitya Purnama Putra, S.T.,M.T., Wiwik Yunarni Widiarti, S.T.,M.T., dan M. Farid Ma'ruf, S.T.,M.T.,Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selalu sabar dan sepenuh hati selalu membimbingku untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi.
4. PT. Teknindo Geosistem Unggul yang telah banyak memberi informasi beserta data yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
6. Pembaca, semoga untuk kedepannya dapat bermanfaat dan berkembang lagi mengenai pembahasan skripsi saya.

**MOTO**

*Hanya kepada Engaku-lah kami menyembah dan hanya kepada Engkau-lah kami  
memohon pertolongan*

(Terjemahan Surat *Al-Fatihah* ayat 5)\*

*Allah tempat meminta segala sesuatu*

(Terjemahan Surat *Al-Ikhlash* ayah 2)\*\*



\*) Departemen Agama Republik Indonesia.2004. *Al Quran dan Terjemahannya*. Bandung: CV. Penerbit Jumanatul Ali-Art.

\*) Departemen Agama Republik Indonesia.2004. *Al Quran dan Terjemahannya*. Bandung: CV. Penerbit Jumanatul Ali-Art.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Angga Bramasta Wardana

NIM : 151910301005

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Evaluasi Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Metode Observasional (Studi Kasus Metode *Vacuum Consolidation System* di Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang Kayu Agung, Sumatera Selatan)” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember,

Yang menyatakan,

Angga Bramasta Wardana

NIM. 151910301005

**SKRIPSI**

**EVALUASI PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN METODE  
OBSERVASIONAL (STUDI KASUS METODE VACUUM  
CONSOLIDATION SYSTEM DI PEMBANGUNAN JALAN TOL  
PEMATANG PANGGANG KAYU AGUNG, SUMATERA SELATAN)**

Oleh

Angga Bramasta Wardana  
NIM 151910301005

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T

**PENGESHAAN**

Skripsi “Evaluasi Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Metode Observasional (Studi Kasus Metode *Vacuum Consolidation System* di Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang Kayu Agung, Sumatera Selatan)” karya Angga Bramasta Wardana telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :  
tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

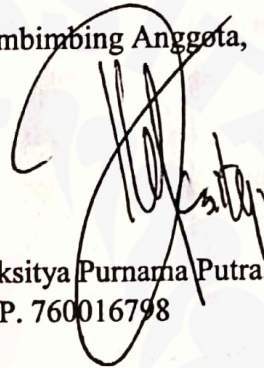
**Tim Penguji:**

Pembimbing Utama,



Wiwik Yunarni Widiarti, S.T., M.T  
NIP. 19700613 199802 2 001

Pembimbing Anggota,



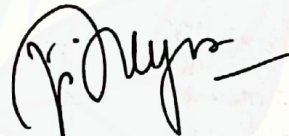
Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T  
NIP. 760016798

Penguji Utama,



Indra Nurtjahjaningtyas, S.T., M.T  
NIP. 19701024 199803 2 001

Penguji Anggota,  
a.n.



Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T  
NIP. 760016771

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember



Dr. H. Entis Hidayah, M. UM.  
NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

### **EVALUASI PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN METODE OBSERVASIONAL (STUDI KASUS METODE VACUUM CONSOLIDATION SYSTEM DI PEMBANGUNAN JALAN TOL PEMATANG PANGGANG KAYU AGUNG, SUMATERA SELATAN;**

Angga Bramasta Waradana, 151910301005; 72 halaman; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Metode *Vacuum Consolidation System* merupakan metode perbaikan tanah lunak yang menjadi salah satu alternative yang patut dipertimbangkan dalam penanggulangan penurunan konsolidasi tanah lunak, terutama pada kawasan proyek yang kesulitan dengan pengadaan material timbunan. Metode *Vacuum Consolidation System* di Indonesia masih tidak banyak dikenal, dikarenakan ada beberapa faktor kendala. Salah satu kendala ialah kurangnya literatur yang bisa dijadikan referensi dalam perencanaan dan pelaksanaan pembebanan vakum di lapangan. Evaluasi perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum Consolidation System* perlu untuk dilakukan guna menambah literatur dan parameter tanah baru sebagai acuan untuk pengerjaan tanah pada area tersebut.

Dalam penelitian ini dilakukan evaluasi mencakup 3 instrumen geoteknik dimana *settlement plate* digunakan untuk mengevaluasi penurunan tanah secara teoritis dan metode observasi Asaoka serta derajat konsolidasi aktual. Hasil perhitungan derajat konsolidasi dari *settlement plate* dibandingkan dengan evaluasi kelebihan tekanan air pori tanah menggunakan bacaan *wire vibrating piezometer*. *Vacuum gauge* memiliki fungsi sebagai efektifitas tekanan vakum pada tanah yang diberikan, untuk tekanan efektifitas pompa vakum sendiri digunakan 80%. Data laboratorium tanah yang didapatkan kurang lengkap sehingga penelitian ini membahas parameter tanah menggunakan metode *back analysis*.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah perbandingan penurunan aktual dan teoritis rata-rata sebesar 0,743. Untuk rata-rata prediksi penurunan tanah akhir dengan observasi metode Asaoka didapatkan hasil sebesar 912,97 mm.



Derajat konsolidasi rata-rata dari bacaan *settlement plate* didapatkan sebesar 91,86% sedangkan derajat konsolidasi dari bacaan *vibrating wire piezometer* sebesar 84,36%. Dengan tekanan efektif 81 kPa pompa vakum mencapai berturut pada bacaan VG SP.11 hari ke-165, bacaan VG SP.12 hari ke-195, bacaan VG SP.13 hari ke-148. Hasil dari *back analysis* terdapat nilai rata-rata  $m_v$  sebesar 0,000616 m<sup>2</sup>/kN,  $k_v$  sebesar 0,000034 m/hari,  $C_h$  sebesar 0,002097 m<sup>2</sup>/hari, dan  $C_c$  sebesar 0,371.



## SUMMARY

### **EVALUATION OF SOFT SOIL IMPROVEMENT USING OBSERVATIONAL METHOD (CASE STUDY OF VACUUM CONSOLIDATION SYSTEM METHOD IN CONTRUCTION OF TOLL ROAD PEMATANG PANGGANG - KAYU AGUNG, SOUTH SUMATERA;**

Angga Bramasta Waradana, 151910301005; 73 pages; Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.

Vacuum Consolidation System method is a method of soft soil repair which is one of the alternatives that should be considered in overcoming a decrease in soft soil consolidation, especially in project areas that have difficulties in procuring embankment material. Vacuum Consolidation System method in Indonesia is still not widely known, because there are several constraints. constraints are the lack of literature that can be used as a reference in the planning and implementation of vacuum loading in the field. Evaluation of soft soil improvements using Vacuum Consolidation System method needs to be done to add literature and new soil parameters as a reference for work on the land in the area.

In this study an evaluation included 3 geotechnical instruments in which the settlement plate was used to evaluate soil degradation theoretically and the Asaoka observation method and the actual degree of consolidation. The results of the calculation of the degree of consolidation from the settlement plate are compared with evaluating the excess pore water pressure using a reading wire vibrating piezometer. Vacuum gauge has a function as the effectiveness of vacuum pressure on the ground given, for the effectiveness of the vacuum pump itself is used 80%. Soil laboratory data obtained is incomplete so this study discusses soil parameters using back analysis method.

The results obtained from this study are the comparison of actual and theoretical decreases on average of 0.743. for the average prediction of final land subsidence with observations of the Asaoka method the results were 912.97 mm. The average degree of consolidation from readings was settlement plate obtained at 91.86% while the degree of consolidation from the reading of vibrating wire

piezometer was 84.36%. With an effective pressure of 81 kPa the vacuum pump reached VG SP 11 reading in the 165th day, the VG SP 12 reading in the 195th day, the VG SP.13 reading in the 148th day. The results of back analysis have an average value of  $m_v$  of  $0,000616 \text{ m}^2 / \text{kN}$ ,  $k_v$  of  $0,000034 \text{ m} / \text{day}$ ,  $C_h$  of  $0,002097 \text{ m}^2 / \text{day}$ , and  $C_c$  of 0,371.



## PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Evaluasi Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Metode Observasional (Studi Kasus Metode *Vacuum Consolidation System* di Proyek Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang Kayu Agung, Sumatera Selatan)”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Paksitya Purnama Putra, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluang waktu dan pikiran serta sangat sabar guna terselesaikannya skripsi ini.
2. Ibu Wiwik Yurnarni Widiarti, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatian guna terselesaikannya skripsi ini.
3. Ibu Indra Nurtjahjaningtyas, S.T.,M.T dan bapak Luthfi Amri Wicaksono, S.T.,M.T selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak M. Farid Ma'ruf, S.T.,M.T.,Ph.D selaku dosen pembimbing sebelumnya yang telah memberikan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.
5. Ibu saya Maryam Herlina yang selalu memberikan kasih sayang dan ayah saya almarhum Thuthut Warih Prawito yang juga selalu memberikan kasih sayang hingga akhir hayatnya.
6. Seluruh keluarga besar Akung Mudjiono dan mbah Hasan yang selalu memberikan dukungan moral dan materi kepada saya.
7. Seluruh jajaran PT. Teknindo Geosistem Unggul yang membantu menyediakan data serta ilmu demi terselesaikannya tugas akhir ini.

8. Bapak Willy Kriswardhana, S.T.,M.T yang selalu memberikan motivasi dalam masa perkuliahan.
9. Sahabat saya Eka Patriyandi Oktavian, Afi Atul Latifah, M. Irsan Marwanda Bachtiar, Danil Bayu Suwiryo, Yudhistira, Irham Lithus, dan Fresha yang selalu membantu serta menemani hingga terselesaikannya skripsi ini.
10. Sahabat-sahabat saya dari Kupu-kupu 15, KKN 242 Pesanggrahan, Sipil Bondowoso, Seluruh kakak maupun adik tingkat Teknik Sipil, kontraan mastrip, akabri, dan Smada Greget yang menemani saya dalam masa perkuliahan.
11. Saudara-saudara seperjuangan dari Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik dan Time Is Up Event Organizer yang selalu menemani dalam suka dan duka.
12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi dapat bermanfaat.

Jember,  
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN/ SUMMARY</b> .....	viii
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan</b> .....	2
<b>1.4 Manfaat</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSATAKA</b> .....	4
<b>2.1 Landasan Teori</b> .....	4
2.1.1 Tanah .....	4
2.1.2 Tanah Lunak .....	5
2.1.3 Penurunan Tanah .....	6
2.1.4 Parameter Tanah .....	8
2.1.5 Perbaikan Tanah Lunak dengan Metode <i>Vacuum Consolidation System</i> .....	11
2.1.6 Instrument Geoteknik .....	13
2.1.7 Prediksi Penurunan Tanah Asaoka .....	14
<b>2.2 Penelitian Terdahulu</b> .....	16
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	18
<b>3.1 Lokasi Penelitian</b> .....	18
<b>3.2 Pengumpulan Data</b> .....	18
3.2.1 Data Tanah Dasar .....	19
3.2.2 Data Tekanan Pompa .....	19
3.2.3 Data PVD .....	19
3.2.4 Data Bacaan <i>Settlement Plate</i> .....	19

3.2.5 Data Bacaan <i>Vibrating Wire Piezometer</i> .....	19
3.2.6 Data Bacaan Monitoring <i>Vacuum Gauge</i> .....	19
<b>3.3 Metode Interview</b> .....	20
<b>3.4 Metode Literatur</b> .....	20
<b>3.5 Tahapan Analisis</b> .....	20
<b>3.6 Diagram Alir (<i>Flowchart Design</i>)</b> .....	22
<b>3.7 Penjadwalan Penyusunan</b> .....	24
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	25
<b>4.1 Hasil Pengumpulan Data</b> .....	25
4.1.1 Data Tanah Dasar .....	25
4.1.2 Data Material .....	25
4.1.3 Data <i>Settlement Plate</i> .....	27
4.1.4 Data <i>Vibrating Wire Piezometer</i> .....	34
4.1.5 Data <i>Vacuum Gauge</i> .....	41
<b>4.2 Hasil Pengolahan Data</b> .....	48
4.2.1 Penentuan Parameter Tanah.....	48
4.2.2 Perhitungan Teoritis Penurunan Tanah .....	52
4.2.3 Prediksi Penurunan Tanah Metode Asaoka .....	55
4.2.4 Penentuan Drajat Konsolidasi Berdasarkan <i>Settlement Plate</i> .....	59
4.2.5 Penentuan Drajat Konsolidasi Berdasarkan Bacaan <i>Piezometer</i> .....	60
4.2.6 Efektifitas Tekanan Vakum yang Terjadi Dalam Tanah .....	62
<b>4.3 Analisa Balik Parameter Tanah</b> .....	64
4.3.1 Nilai Kompresibilitas Volume (mv) .....	64
4.3.2 Nilai Permeabilitas Tanah Arah Vertikal (kv) .....	65
4.3.3 Nilai Koefisien Konsolidasi Arah Horizontal (Ch) ....	66
4.3.4 Nilai Indeks Kompresi (Cc) .....	68
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	70
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	71
<b>5.2 Saran</b> .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	75
<b>LAMPIRAN</b>	

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Umum Lempung Lunak .....	5
Tabel 2.2 Nilai Indeks Pemampatan ( $C_c$ ) Berbagai Jenis Tanah Lempung .....	10
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu .....	16
Tabel 3.1 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir .....	24
Tabel 4.1 Data Bacaan <i>Settlement Plate</i> SP.11 L .....	27
Tabel 4.2 Data Bacaan <i>Piezometer</i> VWP-04 .....	35
Tabel 4.3 Data Bacaan VG di SP. 11 CL hingga 27 Juli 2018 .....	42
Tabel 4.4 Nilai $\gamma_d$ .....	49
Tabel 4.5 Nilai $\omega$ .....	49
Tabel 4.6 Rekap Hasil $\gamma_{sat}$ .....	49
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan nilai $C_c$ .....	50
Tabel 4.8 Nilai LL .....	50
Tabel 4.9 Hasil Korelasi nilai $C_v$ .....	50
Tabel 4.10 Rekapitulasi Data Tanah Dasar .....	51
Tabel 4.11 Penurunan Tanah Secara Teoritis .....	54
Tabel 4.12 Perbandingan Penurunan Aktual dan Teoritis .....	55
Tabel 4.13 Besar Penurunan $S_n$ dan Besar Penurunan $S_{n+1}$ .....	55
Tabel 4.14 Besar Penurunan $S_n$ dan $S_{n+1}$ yang Digunakan Pada Estimasi Asaoka .....	57
Tabel 4.15 Rekapitulasi Estimasi Penurunan Akhir Dengan Metode Asaoka .....	59
Tabel 4.16 Perbandingan Penurunan Tanah Akhir Asaoka dan Teoritis ...	59
Tabel 4.17 Rekapitulasi Drajat Konsolidasi Berdasarkan Estimasi Asaoka .....	60
Tabel 4.18 Nilai Koefisien Kompresibilitas Volume .....	65
Tabel 4.19 Nilai Permeabilitas Tanah Arah Vertikal .....	66
Tabel 4.20 Rekapitulasi Nilai $C_h$ .....	68
Tabel 4.21 Nilai $C_c$ Setiap Kedalaman .....	69
Tabel 4.22 Rekapitulasi Nilai $C_c$ Titik SP .....	69



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Grafik Hubungan Antara Penurunan dan Waktu .....	7
Gambar 2.2 Metode Perbaikan Tanah Metode Vacuum Consolidation System .....	12
Gambar 2.3 <i>Settlement Plate</i> .....	13
Gambar 2.4 <i>Vacuum Gauge</i> .....	14
Gambar 2.5 Prosedur Analisa Data Monitoring Penurunan Dengan Interval Waktu yang konstan .....	16
Gambar 3.1 Lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang Kayu Agung Seksi 4 .....	18
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	22
Gambar 4.1 Material PVD .....	26
Gambar 4.2 Material PHD .....	26
Gambar 4.3 Plant Instrument .....	27
Gambar 4.4 Grafik Penurunan <i>Settlement Plate</i> .....	34
Gambar 4.5 Grafik Monitoring <i>Piezometer</i> VWP-04 .....	41
Gambar 4.6 Grafik Monitoring <i>Vacuum Gauge</i> .....	48
Gambar 4.7 Grafik Korelasi Nilai Cv .....	51
Gambar 4.8 Sketsa Penampang Melintang Tanah .....	52
Gambar 4.9 Grafik Hubungan $S_n$ dan $S_{n+1}$ .....	56
Gambar 4.10 Prediksi Penurunan Akhir Metode Asaoka .....	58
Gambar 4.11 Ilustrasi Posisi <i>Vibrating Wire Piezometer</i> .....	61
Gambar 4.12 Skema Tekanan Air Pori Dari Bacaan VWP .....	62
Gambar 4.13 Peta Kontur Area PPKA 4 .....	63
Gambar 4.14 Grafik Monitoring VG-SP.11 .....	64

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Metode *Vacuum Consolidation System* pertama kali diperkenalkan di Swedia oleh Kjellman pada tahun 1952. Metode ini menjadi salah satu alternatif yang patut dipertimbangkan dalam penanggulangan penurunan konsolidasi tanah lunak, terutama pada kawasan proyek yang kesulitan dengan pengadaan material timbunan sebagai timbunan. Keunggulan dari metode ini dibandingkan metode sejenis lainnya adalah adanya pemisah jalur udara dan air sehingga pompa akan lebih efektif dan optimum yang pada akhirnya dapat memberikan hasil yang maksimal. Menurut Stevy Thioritz (2012) metode *Vacuum Consolidation System* di Indonesia masih tidak banyak dikenal, dikarenakan ada beberapa faktor kendala. Salah satu kendala ialah kurangnya literatur yang bisa dijadikan referensi dalam perencanaan dan pelaksanaan pembebanan vakum di lapangan.

Evaluasi perbaikan tanah lunak dengan metode *Vacuum Consolidation System* ini dilakukan guna menambah literatur dan parameter tanah baru sebagai acuan untuk pengerjaan tanah pada area tersebut. Selain berguna untuk hal tersebut juga dapat dijadikan sebagai acuan untuk perencanaan tanah lainnya yang memiliki karakteristik dengan area tersebut. Hal ini juga sebagai salah satu study kelayakan dengan membandingkan penurunan di lapangan dengan teoritis. Evaluasi ini dilakukan terhadap instrument geoteknik dalam monitoring penurunan tanah dan konsolidasi tanah.

Yohanes (2018) melakukan penelitian studi kasus *Vacuum Consolidation* di Summarecon Bandung, Jawa Barat, Indonesia. Diprediksi penurunan tanah menggunakan metode Asaoka. Dari studi yang dilakukan disimpulkan bahwa estimasi penurunan aktual di lapangan mendekati atau lebih besar dari perolehan perhitungan teoritis.

Dalam penyusunan penelitian ini dimaksudkan membandingkan penurunan tanah (*Settlement*) yang terjadi di lapangan dengan perhitungan teoritis. Dengan

perbandingan yang ada dan berdasarkan perhitungan yang dilakukan dihasilkan parameter tanah baru dengan metode *back analysis* yang sesuai dengan kondisi proyek pembangunan jalan tol Pematang Panggang – Kayu Agung seksi 4 modul 4 STA 179+850 – STA 180+025, Sumatera Selatan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan penurunan tanah aktual yang terjadi di lapangan dengan penurunan secara teoritis serta penurunan akhir tanah akibat tekanan vakum dengan menggunakan metode asaoka?
2. Bagaimana derajat konsolidasi dan efektifitas tekanan vakum yang terjadi pada pembangunan jalan tol Pematang Panggang – Kayu Agung seksi 4 modul 4?
3. Bagaimana hasil parameter tanah yang dihasilkan dari metode *back analysis*?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membandingkan penurunan tanah yang terjadi di lapangan dengan teoritis serta memprediksi penurunan tanah akhir dengan teori Asaoka berdasarkan data monitoring *Settlement Plate*.
2. Mengetahui derajat konsolidasi dan efektifitas tekanan pompa vakum yang digunakan.
3. Mengetahui parameter tanah dari hasil perhitungan dengan metode *back analysis*.

#### 1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi baru mengenai perbaikan tanah dengan menggunakan metode *Vacuum Consolidation System*.
2. Mampu memprediksi penurunan tanah akhir yang terjadi dengan metode Asaoka.
3. Sebagai referensi dan acuan baru untuk kalangan akademis dalam analisis lebih lanjut mengenai perbaikan tanah dengan menggunakan metode *Vacuum Consolidation System* dan pendekatan Teori Asaoka.

#### 1.5 Batasan Masalah

1. Layout dan lokasi perencanaan di salah satu seksi, yaitu Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung seksi 4 modul 4.
2. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang berasal dari PT. Teknindo Geosistem Unggul.
3. Sebagian data parameter tanah didapatkan dari korelasi karena keterbatasan data yang ada.
4. Metode perbaikan tanah yang digunakan *Vacuum Consolidation System*.
5. Instrument Geoteknik yang digunakan yakni *Settlement Plate*, *Vibrating Wire Piezometer*, dan *Vacuum Gauge*.
6. Metode prediksi penurunan tanah menggunakan teori Asaoka dari data monitoring *settlement plate*.
7. Data penurunan tanah yang diambil dari titik *Settlement Plate*, *Vibrating Wire Piezometer*, dan *Vacuum Gauge* pada satu modul.
8. Efisiensi dari pompa vakum ialah 80%.
9. Tidak mempehitungkan beban rencana perkerasan.
10. Tidak dilakukan perhitungan efisiensi waktu dan biaya.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Landasan Teori

#### 2.1.1 Tanah

Menurut Suyono Sosrodarsono (1948) bahwa tanah didefinisikan sebagai partikel – partikel mineral yang tersemen maupun yang lepas sebagai hasil pelapukan dari batuan, dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara dan air. Akibat pengaruh cuaca dan pengaruh lainnya, tanah mengalami pelapukan sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk butirannya. Pelapukan batuan dapat disebabkan oleh pelapukan mekanis, kimia, dan organis.

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral – mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan – bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong di antara partikel – partikel tersebut. Tanah umumnya dapat disebut sebagai kerikil, pasir, lanau atau lempung tergantung pada ukuran partikel yang paling dominan pada tanah tersebut (Das, B. M. 1998).

Dapat disimpulkan bahwa, tanah adalah partikel – partikel mineral yang terbentuk dari proses pelapukan batuan. Pelapukan batuan menyebabkan perubahan ukuran menjadi lebih kecil. Rongga – rongga pada pori yang kosong akan terisi air dan gas. Tanah juga dapat disebut atau diklasifikasikan sebagai pasir, lanau, atau lempung tergantung ukuran partikel yang dominan.

Sistem Klasifikasi Tanah adalah sistem penggolongan yang sistematis dari jenis – jenis tanah yang mempunyai sifat – sifat yang sama ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, B.M. 1995). Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah berkembang bertujuan untuk mengelompokkan sifat-sifat tanah yang sesuai seperti distribusi ukuran dan plastisitas.

Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu USCS (Unified Soil Classification System) dan AASHTO (American Association of State Highway and

Transportation Officials). Kedua sistem ini menggunakan sifat – sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair, dan indeks plastisitas.

### 2.1.2 Tanah Lunak

Menurut Panduan Geoteknik 1, 2001 tanah lunak ialah tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Adapun yang termasuk dalam kategori tanah ini ialah lempung lunak. Sifat umum lempung lunak diuraikan oleh Toha (1989) dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat Umum Lempung Lunak

No	Parameter	Nilai
1	Kadar Air	80 – 100%
2	Batas Cair	80 – 110%
3	Batas Plastik	30 – 45%
4	Lolos Saringan no.200	> 90%
5	Kuat Geser	20 – 40 kN/m <sup>2</sup>

(Sumber: Toha, 1989)

Tanah lempung lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Sifat tanah lunak adalah gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendah jika dibandingkan dengan tanah lempung lainnya. Tanah lunak secara umum mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Kuat geser rendah.
2. Bila kadar air bertambah, kuat geser berkurang.
3. Bila struktur tanah terganggu, kuat geser berkurang.
4. Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat.
5. Menyusut bila kering dan mengembang bila basah.
6. Memiliki kompresibilitas yang besar.

### 2.1.3 Penurunan Tanah

Bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, angka tekanan air akan naik secara mendadak. Pada tanah berpasir yang sangat tembus air (permeable), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori ke luar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah, berkurangnya volume tanah berpasir dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah itu. Karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir ke luar dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi bersamaan.

Konsolidasi tanah adalah suatu proses pengecilan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Proses tersebut berlangsung terus sampai kelebihan tegangan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total telah benar-benar hilang. (Craig,1994:213)

Bila suatu lapisan tanah mengalami pembebanan akibat beban di atasnya, maka tanah di dibawah beban yang bekerja tersebut akan mengalami kenaikan tegangan, kenaikan tegangan ini adalah terjadinya penurunan elevasi tanah dasar (settlement). Pembebanan ini mengakibatkan adanya deformasi partikel tanah dan keluarnya air pori dari tanah yang disertai berkurangnya volume tanah. Tiga komponen hal inilah yang mengakibatkan terjadinya penurunan tanah yaitu:

$$St = Si + Sc + Ss \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan:

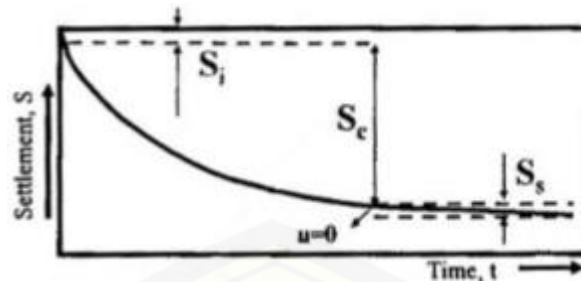
$St$  = penurunan total (m)

$Si$  = penurunan segera (m)

$Sc$  = penurunan akibat konsolidasi primer (m)

$Ss$  = penurunan akibat konsolidasi sekunder (m)

Dengan kata lain, penurunan sekunder terjadi ketika penurunan konsolidasi selesai pada saat tegangan air pori  $u = 0$ .



Gambar 2.1 Grafik Hubungan antara penurunan dengan waktu  
(Sumber: Grouw, 2010)

Adapun penurunan tanah akibat konsolidasi primes dimana penurunan yang terjadi karena terdispasinya tegangan air pori pada tanah kondisi *undrained* menuju tanah berkondisi *undrained*. Menurut Weasley (1977) dalam Yunias (2010), apabila suatu lapisan tanah mengalami tambahan beban di atasnya, maka seiring berjalannya waktu maka air pori akan mengalir keluar dari pori-pori tanah tersebut dan volume total tanah akan menjadi lebih kecil. Pada umumnya konsolidasi berlangsung satu arah ke arah vertikal. Hal ini terjadi karena lapisan yang ditambahkan oleh beban tidak berderak karean horizontal sebab ditahan oleh tanah disekelilingnya.

Untuk menghitung besarnya konsolidasi yang terjadi, Braja M. Das memberikan beberapa rumusan sesuai dengan kondisi tanah, yaitu tanah terkonsolidasi normal dan tanah terkonsolidasi lebih.

Untuk tanah terkonsolidasi secara normal terjadi dimana tegangan overburden efektif pada saat ini merupakan tegangan maksimum yang dialami oleh tanah. Sehingga persamaan untuk tanah terkonsolidasi normal dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S = \frac{Sc \times H}{1+e_0} \log\left(\frac{\sigma_0' + \Delta\sigma}{\sigma_0'}\right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Tanah yang terkonsolidasi lebih terjadi apabila terjadi tegangan efektif overburden pada saat ini lebih kecil dari tegangan yang pernah dialami oleh tanah itu sebelumnya, dimana tegangan overburden efektif maksimum yang pernah dialami dinamakan tegangan prakonsolidasi. Sehingga untuk tanah yang terkonsolidasi lebih dirumuskan sebagai berikut:



Bila  $\sigma_0' + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$ , maka:

$$S = \frac{C_s \times h}{1+e_0} \log\left(1 + \frac{\Delta\sigma}{\sigma_0'}\right) \dots\dots\dots (2.3)$$

Bila  $\sigma_0' + \Delta\sigma > \sigma'_c$ , maka:

$$s = \frac{C_s \times h}{1+e_0} \log\left(\frac{\sigma'_c}{\sigma_0'}\right) + \frac{C_c \times h}{1+e_0} \log\left(\frac{\sigma_0' + \Delta\sigma}{\sigma'_c}\right) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- h = tebal lapisan lempung
- e<sub>0</sub> = angka pori awal (*initial void ratio*)
- C<sub>s</sub> = Indeks pemuaian (*Surchance*)
- C<sub>c</sub> = Indeks pemampatan
- σ'<sub>c</sub> = Tegangan prakonsolidasi efektif
- Δσ = Penambahan tegangan

#### 2.1.4 Parameter Tanah

Untuk menentukan waktu konsolidasi yang akan terjadi dibutuhkan parameter tanah, diantaranya:

##### a. Zona Pengaruh PVD

Berdasarkan materi pada mata kuliah perbaikan tanah pemasangan PVD pada umumnya dipasang dengan 2 metode. Kedua pola memiliki cara berbeda untuk menentukan jarak antar PVD (S) yang disajikan dengan D dalam persamaan berikut:

D = 1.13 x S, untuk pola segiempat.

D = 1.05 x S, untuk pola segitiga

##### b. Koefisien Konsolidasi Vertikal (C<sub>v</sub>)

Koefisien konsolidasi vertikal adalah koefisien yang menyatakan kecepatan proses konsolidasi pada tanah dengan arah vertikal. Berdasarkan Jurnal Hubungan arah CV dengan arah CH (Daniel Hartono) untuk nilai koefisien vertikal ini memiliki persamaan sebagai berikut:

$$C_v = \frac{k}{\gamma_w \times m_v} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$C_v$  = koefisien konsolidasi vertikal

$K$  = koefisien permeabilitas tanah

$\gamma_w$  = berat jenis air

c. Koefisien Konsolidasi Horizontal ( $C_h$ )

Koefisien konsolidasi horizontal dapat ditentukan dari hasil koefisien konsolidasi vertikal ( $C_v$ ) dengan persamaan

$$C_h = \frac{K_h}{K_s} C_v \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana perbandingan antara koefisien permeabilitas horizontal dan vertikal berkisar 1 sampai 5 kali koefisien konsolidasi vertikal.

$C_v$  = koefisien konsolidasi vertikal

$C_h$  = koefisien konsolidasi horizontal

$K_h$  = permeabilitas horizontal zona tak terganggu

$K_s$  = permeabilitas horizontal zona terganggu (*smear zone*)

d. Indeks Pemampatan ( $C_c$ )

Indeks pemampatan yang digunakan untuk menghitung besarnya penurunan yang terjadi di lapangan sebagai akibat dari konsolidasi dapat ditentukan dari kurva yang menunjukkan hubungan antara angka pori dan tekanan yang didapat dari uji konsolidasi di laboratorium (Das, Braja. M, 1985).

Berdasarkan hasil penelitian Holtz dan Kovacs (1981) nilai indeks pemampatan berbagai jenis tanah lempung dengan klasifikasi menurut Unified Soil Classification (USC) dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai Indeks Pemampatan (Cc) Berbagai Jenis Tanah Lempung

Jenis Tanah	Indeks Pemampatan (Cc)
Normally consolidated medium sensitive clays	0,2 – 0,5
Chicago silty clay (CL)	0,1 – 0,3
Boston Blue clay (CL)	1 – 3
Swedish medium sensitive clays (CL – CH)	1 – 4
Candian Leds clay (CL – CH)	7 – 10
Mexico City clay (MH)	7 = 10
Organic clays (OH)	> 4
Peats (Pt)	10 – 15
Organic silt and clayes silts (OH)	1,5 – 4
San Francisci Bay Mod (CL)	0,4 – 1,2
San Francisco Okl Bay Clays (CH)	0,7 – 0,9
Bangkok clyas (CH)	0,4

d. Indeks Pengembangan (Cs)

Indeks pengembangan bernilai lebih dari indeks pemampatan yang nilainya ditemukan di labolatorium dengan ketentuan  $C_s \approx \frac{1}{5}$  sampai  $\frac{1}{10} C_c$

e. Koefisien Kompresibilitas Volume (Mv)

Kofisien kompresibilitas volume adalah setiap peningkatan tekanan yang menghasilkan regangan volumetrik dalam elemen tanah lempung dimana nilai mv diperoleh melalui persamaan berikut:

$$Mv = \frac{Sc}{\Delta\delta x H_0} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

Sc = besarnya penurunan tanah

Mv = koefisien kompresibilitas volume

$\Delta \delta$  = penambahan tegangan vertikal

f. Faktor Hambatan

Perhitungan besar faktor hambatan yang diakibatkan jarak antar PVD dihitung dengan persamaan berikut:

$$Fn = \ln \frac{D}{dw} - \frac{3}{4} \dots\dots\dots (2.8)$$

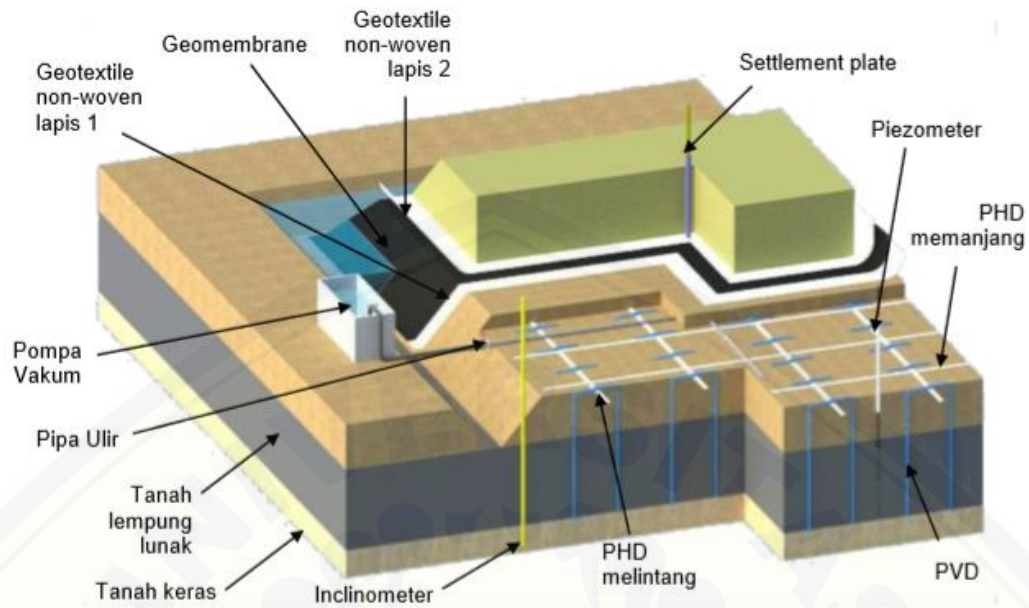
### 2.1.5 Perbaikan Tanah Lunak dengan metode *Vacuum Consolidation System*

Vacuum Consolidation metode perbaikan tanah dengan memasang pompa pada saluran yang akan disambungkan pada PVD. Menurut Dam dkk. (2006) metode ini didasarkan pada gagasan menerapkan pengisapan vakum ke massa tanah yang terisolasi, mengurangi tekanan atmosfer di dalamnya, sehingga dengan mengurangi tekanan air pori di tanah sehingga tegangan efektif meningkat tanpa mengubah tegangan total.

Sistem pembebanan ini bertujuan untuk mencapai proses konsolidasi yang lebih cepat tanpa menambahkan tinggi timbunan yang dapat mengakibatkan keruntuhan geser. Seperti yang dapat terjadi dalam kasus prapembebanan terutama bila pada kasus perbaikan tanah lunak dengan kuat geser yang sangat rendah, metode pembebanan vakum merupakan metode yang cocok. Selain itu waktu konstruksi menjadi lebih singkat, tidak memerlukan peralatan berat, tidak ada campuran kimia yang digunakan, sehingga merupakan metode perbaikan tanah yang ramah lingkungan (Chai, 2005).

Keuntungan dari metode pembebanan vakum dibandingkan prapembebanan konvensional dapat diuraikan sebagai berikut (Qian, 1992):

- a. Tegangan efektif meningkat seiring dengan peningkatan tekanan isap dan pergeseran lateral tanah dapat ditahan. Dengan demikian keruntuhan geser dapat diminimalisir.
- b. Tinggi tekanan vakum dapat didistribusikan sampai kedalaman yang jauh di bawah lapisan tanah dengan menggunakan sistem PVD.
- c. Volume tambahan timbunan untuk pembebanan dapat diturunkan dan tetap mencapai besar penurunan yang sama.



Gambar 2.2 Metode perbaikan tanah *Vacuum Consolidation System*.  
(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

Agar metode ini dapat bekerja secara optimum maka diperlukan metode pelaksanaan. Adapun metode pelaksanaan sebagai berikut:

a. Persiapan Lantai Kerja

Mulanya tanah lunak dilapisi dengan *geotextile woven* yang berfungsi sebagai pemisahan tanah lunak dengan tanah timbunan. Kemudian ditimbun dengan tanah di atasnya dan diratakan ke seluruh area.

b. Pemasangan PVD

PVD akan dipasang dengan kedalaman tanah lunak sampai tanah medium. Pemasangan PVD berbentuk pola segitiga dan segiempat dengan jarak tertentu.

c. Pemasangan PHD

PHD ini dipasang secara manual setelah proses pemasangan PVD selesai terpasang, karena menyesuaikan pemasangan PVD yang nantinya akan di satukan.

d. Pemasangan Pipa Perforasi

Pipa perforasi dipasang setelah ujung-ujung PVD terhubung dengan PHD. Pipa perforasi memiliki fungsi sebagai pengalir air dan udara ke pompa vakum. Kemudian pipa vakum ditimbun tanah.

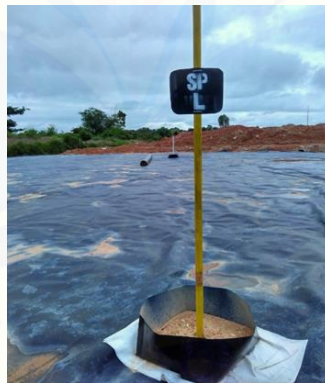
e. Pemasangan *Geomembrane*

*Geomembrane* merupakan material geosintetik yang berfungsi sebagai lapis kedap pada sistem vakum. Sebelum pemasangan geomembran terlebih dahulu dilapisi *geotextille* non-woven.

### 2.1.6 Instrumentasi Geoteknik

a. *Settlement Plate*

*Settlement Plate* digunakan untuk memantau pergerakan vertikal tanah, yaitu perubahan vertikal yang terjadi kearah bawah maupun kearah atas akibat perubahan tegangan dan regangan serta pemampatan didalam lapisan tanah.



Gambar 2.3 *Settlement Plate*

b. *Vibrating Wire Piezometer*

Material ini digunakan untuk memantau besarnya tekanan air pori tanah, terutama pada lapisan tanah lunak. Dari tegangan air pori yang didapat dari peralatan ini maka dapat ditentukan nilai derajat konsolidasi dengan cara membandingkan kelebihan tegangan air pori yang keluar pada saat  $t = t_1$  ( $\Delta U_e$ )

dengan kelebihan tegangan air pori saat beban pertama kali bekerja,  $t = 0$  ( $U_e$ ). Sehingga derajat konsolidasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$U_v = \frac{1 - \Delta U_e}{U_e} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

$U_e$  = tegangan air pori awal ( $t=0$ )

$\Delta U_e$  = tegangan air pori bacaan Piezometer

### c. *Vacuum Gauge*

Digunakan untuk memantau tekanan air dan udara dipipa perforasi yang menuju pompa vakum. Untuk menghitung efektifitas tekanan vakum yang terjadi di dalam tanah dengan menggunakan mesin vakum, dilakukan koreksi tekanan atmosfer pada area lokasi dengan persamaan:

$$P(h) = 76 - \left(\frac{h}{100}\right) \text{cmHg} \dots \dots \dots (2.10)$$



Gambar 2.4 *Vacuum Gauge*

#### 2.1.7 Prediksi Penurunan Tanah Metode Asaoka

Metode Asaoka (1978) merupakan salah satu metode yang sering digunakan di Indonesia untuk memprediksi besarnya penurunan akhir (*settlement*). Metode ini merupakan observasi untuk konsolidasi satu arah yang populer digunakan, karena selain dapat memprediksi penurunan akhir juga dapat memungkinkan diperolehnya

parameter konsolidasi yang lebih akurat. Dengan metode Asaoka ini besarnya penurunan tanah aktual dapat diprediksi tanpa membutuhkan parameter seperti data laboratotium, namun yang digunakan pada analisis konsolidasi ini yaitu hasil pengamatan lapangan. Hasil pengamatan lapangan yang dimaksud di sini, seperti data tekanan air pori, panjang drainase, regangan maksimum tanah, dan koefisien konsolidasi. Metode Asaoka juga merupakan suatu alat bantu untuk memprediksi penurunan tanah dengan menggunakan *curve fitting*. Tetapi dengan menggunakan metode asaoka, kebutuhan akan data tanah dan hasil yang diperoleh dapat diandalkan.

Persamaan dasar konsolidasi ini dipilih oleh Asaoka (1978) untuk diturunkan menjadi persamaan diferensial linier biasa karena lebih sederhana daripada persamaan konsolidasi Terzaghi. Persamaan akhir untuk menentukan nilai penurunan pada interval waktu ke-j dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\rho_j = \frac{\beta_0}{1-\beta_1} - \left\{ \frac{\beta_0}{1-\beta_1} - \rho_0 \right\} (\beta_1)^j \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana  $\rho_j$  adalah besarnya penurunan tanah pada waktu  $t = t_j$  dan koefisien  $\beta_0$  dan  $\beta_s$  ( $s = 1, 2, \dots, n$ ) adalah parameter yang tidak diketahui.

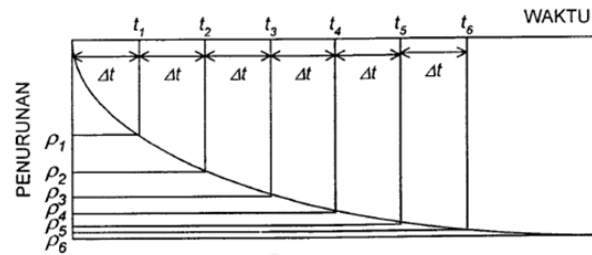
Dari hasil prediksi penurunan akhir, dapat diketahui nilai koefisien horizontal yang sesuai dengan tanah di lapangan. Dalam bukunya Gouw (2008), persamaan untuk menghitung balik nilai koefisien arah horizontal berdasarkan kemiringan grafik asaoka adalah sebagai berikut:

$$\frac{n^2 C_v}{8H^2} + \frac{8Ch}{D^2 F_n} = - \frac{\ln \beta}{\delta t} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

- $\delta t$  = interval waktu pada grafik asaoka
- $\beta$  = kemiringan garis  $p_n$  vs  $p_{n+1}$  pada grafik asaoka
- $H$  = panjang PVD
- $F_n$  = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD
- $C_r$  =  $C_h$  koefisien konsolidasi tanah arah horisontal
- $C_v$  = koefisien konsolidasi tanah arah vertikal
- $D$  = diameter equivalen dari lingkaran tanah daerah pengaruh PVD





Gambar 2.5 Prosedur analisa data monitoring penurunan dengan interval waktu yang konstan  
(Sumber: Asaoka, 1978)

## 2.2 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

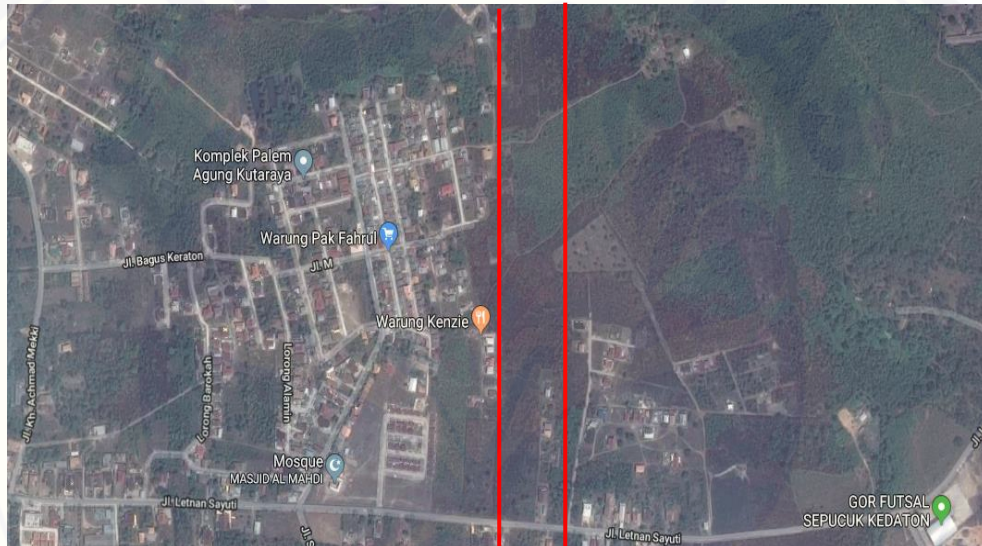
Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Hasbullah Nawir, Dayu Apoji, Rahmatyar Fatimatuzahro, M. Dwi Pamudji, 2012	Prediksi Penurunan Tanah Menggunakan Prosedur Observasi Asaoka	Dengan menggunakan metode Asaoka dapat diperoleh nilai penurunan akhir yang lebih mendekati penurunan aktual. Nilai penurunan ini diperoleh dari data pengamatan penurunan awal di lapangan, sehingga hasil analisis akan lebih sesuai.
Yohanes Dibalflorende Ekamargarezki, 2018	Evaluasi Kinerja Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Intrumen Geoteknik Pada Area Cluster di Kawasan Kota Summarecon Bandung	Dari teori pendekatan Asaoka diketahui bahwa penurunan aktual mendekati atau lebih besar dari perhitungan teoritis. Parameter tanah tersebut dapat digunakan

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
	dengan Metode <i>Vacuum Consolidation</i>	sebagai referensi apabila dilakukan perluasan lahan disekitar objek penelitian.
Hanna Maulidya Fadhillah, 2018	Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Pada Pembangunan Cluster di Kawasan Kota Summarecon Bandung Menggunakan Kombinasi Metode <i>Vacuum Consolidation</i> dengan <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	Penyelidikan dan anaalisis geoteknik sangat perlu dilakukan sebelum pekerjaan kontruksi dimulai, agar dapat diketahui baik atau tidaknya tanah pada area tersebut. Metode vakum membutuhkan timbunan tanah lebih sedikit dari metode lain.
Zahra Febriana Lilabasari, 2017	Evaluasi Kinerja Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Instrument Geoteknik Pada Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung Area Cluster Amanda Dan BTARI Dengan Penggunaan <i>Preloading</i> dan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	Perbandingan besarnya penurunan aktual dan teoritis diketahui bahwa penurunan secara aktual lebih kecil dari pada penurunan teoritis. Parameter tanah tersbut dapat digunakan sebagai referensi apabila dilakukan perluasan lahan disekitar objek penelitian.

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di proyek pembangunan jalan tol Pematang Panggang – Kayu Agung seksi 4, Sumatera Selatan. Lebih detailnya pengambilan data dilakukan pada area *Vacuum Consolidation System* pada modul 4 STA 179+850 – STA 180+025 yang mana juga termasuk area yang akan dibangun jalan tol.



Gambar 3.1 Lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Pematang Panggang – Kayu Agung Seksi 4

#### 3.2 Pengumpulan Data

Dibutuhkan data – data hasil monitoring alat instrument geoteknik yang digunakan. Pengumpulan data monitoring alat instrument geoteknik yang digunakan dilakukan dengan cara mengumpulkan data – data sekunder, melakukan interview kepada pihak terkait, dan mengumpulkan data dari literatur yang ada.

Data Sekunder yang digunakan dalam penelitian merupakan data yang diperoleh dari PT. Teknindo Geosistem Unggul. Data yang digunakan didapat data tanah dasar, data timbunan, data bangunan, data PVD, data bacaan monitoring *Settlement Plate, Vibrating Wire Piezometer, Vacuum Gauge*.

### 3.2.1 Data Tanah Dasar

Data yang didapat merupakan data tanah dasar yang meliputi: data sondir, SPT, data hasil laboratorium (berat jenis ( $\gamma$ ), kadar air ( $\omega$ ), angka pori ( $e$ ), indeks kompresi ( $C_c$ )), serta nilai koefisien konsolidasi vertikal ( $C_v$ ) dan koefisien konsolidasi horizontal ( $C_h$ ).

### 3.2.2 Data Tekanan Pompa

Data timbunan yang diperoleh dengan penentuan tekanan atmosfer pada daerah PPKA seksi 4. Kemudian dikonversi dengan nilai efektifitas pompa vakum yang diharapkan sehingga diperoleh beban yang digunakan pada proyek tersebut.

### 3.2.3 Data PVD

Data yang diperoleh adalah pola pemasangan PVD, jarak antar PVD serta kedalaman pemasangan PVD.

### 3.2.4 Data bacaan *Settlement Plate*

Data pengamatan *settlement plate* yang didapat merupakan data pengamatan sejak hari pertama proses penimbunan. Jumlah *settlement plate* pada proyek ini adalah sebanyak 9 titik.

### 3.2.5 Data bacaan *Vibrating Wire Piezometer*

Data pengamatan *Vibrating Wire Piezometer* yang didapat merupakan data pengamatan sejak hari pertama proses penimbunan surcharge. Jumlah titik pada proyek ini adalah sebanyak 1 titik.

### 3.2.6 Data bacaan monitoring *Vacuum Gauge*

Data pengamatan *Vacuum Gauge* yang didapat merupakan data pengamatan sejak hari pertama proses penimbunan surcharge. Jumlah titik pada proyek ini adalah sebanyak 3 titik.

### 3.3 Metode Interview

Metode ini dilakukan dengan cara melakukan wawancara dengan beberapa pihak yang terkait secara langsung di lapangan yang berkaitan dengan permasalahan tentang evaluasi perbaikan tanah lunak menggunakan metode vacuum preloading.

Data yang diperoleh dari metode ini adalah:

- a. Kondisi lingkungan di lokasi yang tidak diketahui dari data yang diberikan,
- b. Asumsi penyebab perbaikan tanah,
- c. Pelaksanaan perbaikan tanah di lokasi proyek oleh pekerja lapangan.

### 3.4 Metode Literatur

Metode literatur digunakan untuk mengidentifikasi, mengolah data yang telah diperoleh, dan metode kerja yang digunakan. Data tertulis yang digunakan pada penelitian ini umumnya berasal dari instansi terkait, data tersebut antara lain:

- a. Peta lokasi wilayah PPKA seksi 4,
- b. Gambar layout lokasi pengujian data tanah yang digunakan,
- c. Data-data tanah dasar,
- d. Data monitoring instrument geoteknik yang berkaitan dengan penelitian.

### 3.5 Tahapan Analisis

Tahapan analisis dalam penulisan tugas akhir ini adalah menghitung besaran penurunan konsolidasi secara teoritis (metode Terzhagi), prediksi besar *final settlement* dengan penggunaan metode Asaoka, mencari nilai parameter tanah baru yang ada sesuai dengan data lapangan dengan metode *back analysis*, menghitung drajat konsolidasi, kestabilan tanah akibat timbunan, serta tekanan efektif yang diterima tanah dari penggunaan vakum.

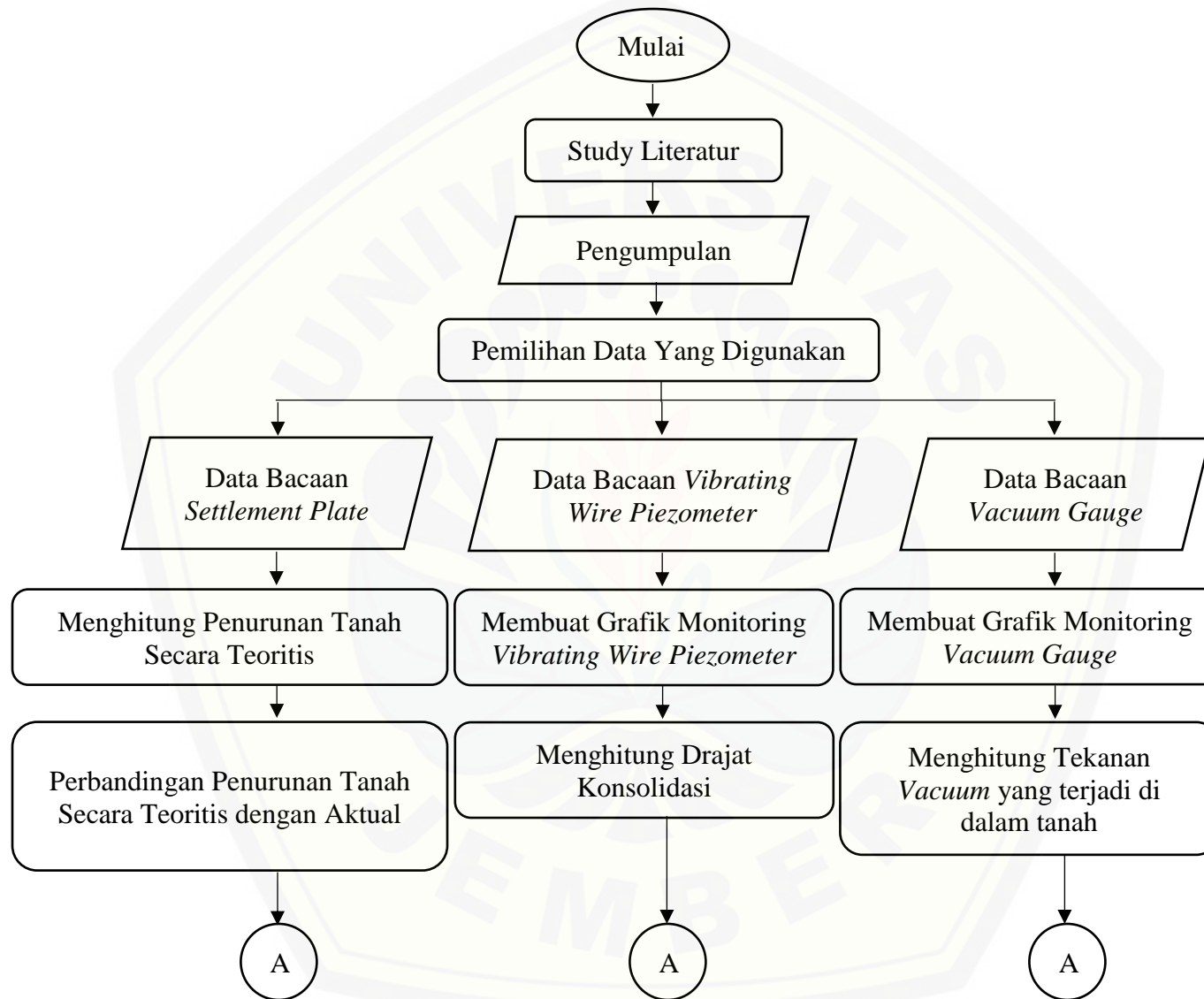
Adapun langkah – langkah yang harus dilakukan pada metode Asaoka sebagai berikut:

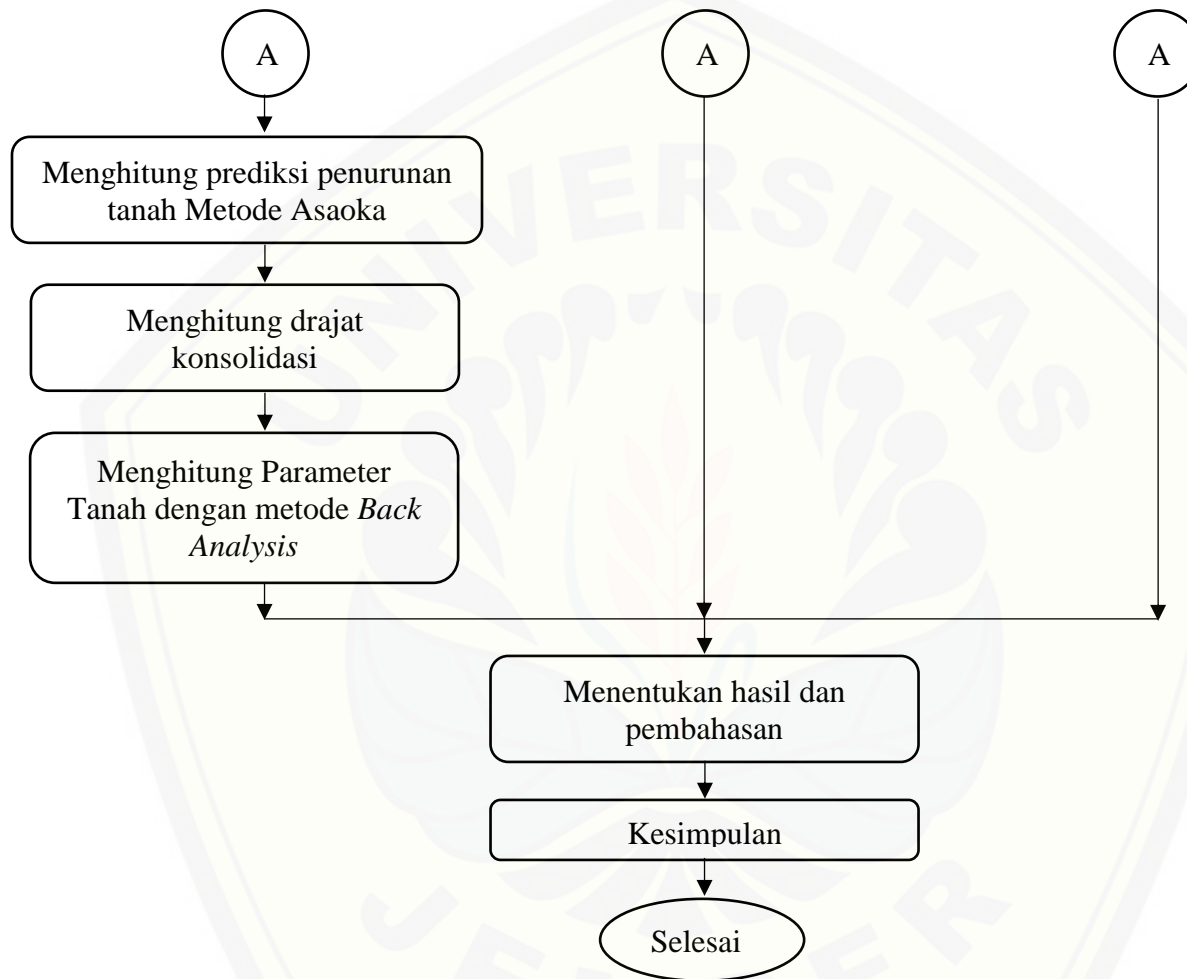
- a. Gambarkan kurva waktu-penurunan, kemudian bagi bagian yang melengkung menjadi beberapa jarak dengan besaran tegangan waktu yang sama atau konstan ( $\Delta t$ ), diperoleh waktu penurunan ( $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n, t_{n+1}$ )
- b. Tarik garis tegak lurus dari titik waktu hingga berpotongan dengan kurva beban -penurunan yang ada sehingga diperoleh besarnya penurunan ( $S_1, S_2$ ).
- c. Nilai penurunan yang diperoleh dalam  $S_n$  diplot terhadap  $S_{n+1}$  dalam suatu grafik
- d. Buat garis regresi dengan sudut  $45^\circ$ ,  $S_3$ , garis yang berpotongan inilah yang menunjukkan Final Settlement. (Pada saat  $S_n = S_{n+1}$  tidak terjadi lagi penurunan)

Besarnya penurunan konsolidasi secara teoritis serta besarnya penurunan konsolidasi dari bacaan *settlement plate* di-plot pada suatu grafik lalu dibandingkan antara keduanya. Dari hasil prediksi tersebut kemudian dilakukan perhitungan derajat konsolidasi dengan membandingkan hasil penurunan riil di lapangan dengan prediksi final settlement menggunakan Asaoka. Dengan perbandingan yang ada dilanjutkan perhitungan parameter tanah baru dengan menggunakan metode *back analysis*.

Setelah perhitungan *settlement plate* dilakukan perhitungan derajat koonsolidasi menggunakan data monitoring *vibrating wire piezometer* yang berfungsi untuk memvalidasi apakah derajat konsolidasi yang dihasilkan dari monitoring *settlement plate* sesuai dengan *piezometer*. Sedangkan data *Vacuum Gauge* menggunakan koreksi atmosfer yang kemudian dihitung berdasarkan efektivitas pompa vakum.

3.6 Diagram Alir (Flowchart Design)





Gambar 3.2 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir



3.7 Penjadwalan Penyusunan

Tabel 3.1 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

No	Jenis Pekerjaan	Agustus				September				Oktober				November				Desember				Januari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		1	Pengerjaan Proposal	■	■	■	■																		
2	Pelaksanaan Sempro					■																			
3	Revisi Sempro						■																		
4	Pengerjaan BAB 4							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
a	Rekap Data Moniroting Instrument Geoteknik																■								
b	Membuat Grafik Data Monitoring Instrument Geoteknik																■								
c	Menghitung Penurunan Tanah																■								
d	Membandingkan Penurunan tanah dengan penurunan Lapangan																■								
e	Mebuat Grafik Asaoka																■								
f	Menghitung Prediksi Penurunan Tanah																■								
g	Menghitung Drajat Konsolidasi SP dan VWP																■								
h	Menghitung Tekanan Vacuum																■								
i	Menentukan Hasil dan Pembahasan																■								
5	Asistensi BAB 4																				■				
8	Mengerjakan Kesimpulan																				■				
9	Asistensi BAB 5																				■				
12	Asistensi Tugas Akhir																				■				
15	Pelaksanaan Semhas																				■				
16	Revisi Semhas																				■				
17	Asistensi Tugas Akhir																				■				
18	Sidang Tugas Akhir																				■				
19	Revisi Tugas Akhir																				■				
20	Asistensi Tugas Akhir																				■				
21	Jilid																				■				

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan analisis pada proyek pembangunan jalan tol Pematang Panggang – Kayu Agung seksi 4 modul 4 ini dapat disimpulkan bahwa:

1. a. Perbandingan besarnya penurunan aktual dengan penurunan teoritis untuk SP.11 L, SP.11 CL, SP.11 R, SP.12 L, SP.12 CL, SP.12 R, SP.13 L, SP.13 CL, SP.13 R rata-rata sebesar 0,743. Untuk penurunan aktual rata-rata telah mencapai 74,26% dari penurunan teoritis. Hasil tersebut terlihat bahwa penurunan aktual masih belum mencapai penurunan perhitungan teoritis.  
b. Dari teori pendekatan Asaoka diketahui besar prediksi penurunan akhir SP.11 L, SP. 11 CL, SP.11 R, SP.12 L, SP.12 CL, SP.12 R, SP.13L, SP.13 CL, SP.13 R berturut-turut sebesar 1058,59 mm, 1174,24 mm, 624,23 mm, 829,82 mm, 1091,25 mm, 815,52 mm, 908,95 mm, 896,02 mm, 818,13 mm. Dari hasil perhitungan teori pendekatan Asaoka, penurunan di lapangan masih mengalami penurunan.
2. a. Derajat konsolidasi rata-rata *settlement plate* sebesar 91,86 % sedangkan derajat konsolidasi berdasarkan monitoring *piezometer* sebesar 84,36 %. Bila hasil ini dibandingkan, nilai derajat konsolidasi *settlement plate* lebih besar dari nilai derajat konsolidasi monitoring *piezometer*. Hal ini dikarenakan masih ada tekanan air pori dalam tanah.  
b. Sesuai dengan koreksi tekanan atmosfer yang dilakukan untuk VG SP.11, VG SP.12, VG SP.13 hasil monitoring terlihat bahwa efektifitas pompa vakum sebesar 81 Kpa secara berturut-turut pada bacaan hari ke-164, bacaan hari ke-195, bacaan hari ke-148. Efektifitas rata-rata tekanan pompa vakum sebesar 71% dari total bacaan.

3. Dari analisa balik diperoleh parameter tanah baru sebagai berikut:  
Untuk rata-rata nilai koefisien kompresibilitas volume ( $m_v$ ) sebesar  $0,000616 \text{ m}^2/\text{kN}$ . Untuk rata-rata nilai permeabilitas tanah arah vertikal ( $k_v$ ) sebesar  $0,000034 \text{ m/hari}$ . Untuk rata-rata nilai koefisien konsolidasi arah horizontal ( $C_h$ ) sebesar  $0,002097 \text{ m}^2/\text{hari}$ . Untuk rata-rata nilai indeks kompresi ( $C_c$ ) sebesar  $0,371$ . Parameter tanah tersebut dapat digunakan sebagai referensi apabila ada proyek perluasan lahan di sekitar tempat penelitian.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan di atas, penulis memberikan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Titik penyelidikan tanah dasar disarankan sesuai dengan titik *settlement plate* agar data yang diperoleh lebih akurat.
2. Pengujian data laboratorium dilengkapi untuk menghindari data korelasi agar didapatkan nilai penurunan tanah yang akurat.
3. Untuk pemantauan derajat konsolidasi digunakan data hasil monitoring dari *settlement plate* dan *piezometer* agar dapat mengontrol konsolidasi yang terjadi.
4. Parameter tanah baru dijadikan sebagai acuan apabila ada proyek perluasan lahan di sekitar tempat penelitian.
5. Dengan adanya hasil parameter tanah dengan analisa balik, tetap perlu dilakukan uji tanah untuk mencari parameter tanah yang lebih akurat

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ameratunga, J. N. Sivatugan, dan B.M. Das. *Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering*. India.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*.
- Das, M.D. 1995. Texas: The University of Texas of El Paso. Terjemahan oleh N. Endah, I. B. Mochtar. 1995. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ekamargarezki, Y.D. 2018. Evaluasi Kinerja Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Instrument Geoteknik Pada Area Cluster Di Kawasan Kota Summarecon Bandung Dengan Metode Vacuum Consolidation. Malang: Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
- Fahmi, B. 2013. Konsolidasi Tanah. <https://baharudin.fahmi.wordpress.com/2013/09/05/konsolidasi-tanah-2/> [Diakses pada 15 Agustus 2018].
- Guo, W. dan J. Chu. 2016. *New Observational Method for Prediction of One-Dimensional Consolidation Settlement*. Univ of Toronto Engineering LI
- Hartanto, D. Hubungan Koefisien Konsolidasi (Coefisien of Consolidation) Arah Vertikal ( $C_v$ ) Dengan Arah Horizontal ( $C_h$ ). Lilabasari, Z.F. 2017. Evaluasi Kinerja Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Instrument Geoteknik Pada Pembangunan Kawasan Kota Summarecon Bandung Area Cluster Amanda dan BTARI Dengan Penggunaan *Preloading* dan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Malang: Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
- Kadarningsih, R. Achmad, F. 2014. Evaluasi Penurunan Pondasi Gedung Auditorium Universitas Gorontalo Berdasarkan Data Sondir. Gorontalo: Teknik Sipil Universitas Gorontalo.
- Nawir, H, D. Apoji, R. Fatimatuzahro, dan M.D. Pamudjo. 2012. Prediksi Penurunan Tanah Menggunakan Prosedur Observasi Asaoka. Kalimantan Timur.
- Pasaribu. T. H. dan R. Iskandar. Analisa Penurunan Tanah Lunak Akibat Timbunan. Medan: Universitas Sumatera Utara.

Prasetyo, A. 2018. Perencanaan Perbaikan Tanah Lunak Dengan Metode *Preloading-Prefabricated Vertical Drain* Pada Proyek Tol Mojokerto - Kertosono STA.17+350 – 17.700. Jember: Teknik Sipil Universitas Jember.

Ranggi.2017.Teori Instrumentasi Geoteknik.  
<https://www.slideshare.net/ranggi10/teori-instrumentasi-geoteknik>  
[Diakses pada 15 Agustus 2018].

Suparyanto.2010.Design Research/ Rancangan Penelitian Ilmiah.  
<http://hasniadiv.blogspot.com/> [Diakses pada 15 Agustus 2018].

Thoiritz, S.2012.Perbandingan Metode Pembebanan Vakum dan Prapembebanan Untuk Mempercepat Proses Konsolidasi. Makasar: Teknik Sipil Universitas Atmajaya

Universitas Jember.2016.*Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Badan Penerbit Univesitas Jember.

Lampiran 1

BORING LOG																	
PROJECT NAME		: JALAN TOL KAPAL BETUNG SEKSI IV				LOCATION		: KAYU AGUNG									
BORE HOLE NO.		: 7 STA. 179 + 900				DRILLER		: DWI									
GROUND ELEVATION						DATE STARTED		: 02 / 11 / 2016									
GROUND WATER LEVEL		: - 00.30 m				DATE FINISHED		: 05 / 11 / 2016									
Date	Depth (m)	Sampling Unit	Boring Log	Cone Recovery (%)	Ticknesh	Soil Description	STANDARD PENETRATION TEST										
							NI (0 - 15)	N2 (15 - 30)	N3 (30 - 45)	N VALUE	10	20	30	40	50		
	1	1	█	90	2.00 m	Silty clay, medium stiff, yellowish brown.											
	2	1	⊗			2.00 m		2	4	5	9						
	3																
	4	2	⊗					3	4	7	11						
	5	2	█	90	6.00 m	Silty clay, stiff, yellowish grey.											
	6	3	⊗					2	3	5	8						
	7																
	8	4	⊗			8.00 m		2	4	4	8						
	9	3	█														
	10	5	⊗					3	5	7	12						
	11			90	6.00 m	Silty clay, stiff, light grey.											
	12	6	⊗					3	7	8	15						
	13																
	14	7	⊗			14.00 m		3	7	10	17						
	15																
	16	8	⊗					5	9	12	21						
	17																
	18	9	⊗					6	11	14	25						
	19			90	10.00 m	Silty clay, very stiff, brownish grey.											
	20	10	⊗					7	12	13	25						
	21																
	22	11	⊗					9	13	15	28						
	23																
	24	12	⊗			24.00 m											
	25			90	4.00 m	Silty clay, hard to very stiff, dark grey.		9	12	18	30						

LEGEND		Ground Water Level	M'd	05 / 11 / 2016	D <sub>w</sub>	
		Undisturbed Sample	D'r	15 / 11 / 2016	T <sub>g</sub>	Sheet 1 of 2
		Standard Penetration Test	C'h	15 / 11 / 2016	K <sub>d</sub>	

<b>BORING LOG</b>											
PROJECT NAME		: JALAN TOL KAPAL BETUNG SEKSI IV			LOCATION		: KAYU AGUNG				
BORE HOLE NO.		: 7 STA. 179 + 900			DRILLER		: DWI				
GROUND ELEVATION		:			DATE STARTED		: 02 / 11 / 2016				
GROUND WATER LEVEL		: - 00.30 m			DATE FINISHED		: 05 / 11 / 2016				
Date	Depth (m)	Sampling Unit	Boring Log	Core Recovery (%)	Thickness	Soil Description	STANDARD PENETRATION TEST				
							N1 (0 - 15)	N2 (15 - 30)	N3 (30 - 45)	N VALUE	
							10	20	30	40	50
	26	13		90	4.00 m	Silty clay, hard to very stiff, dark grey.	6	10	14	24	
	27										
	28	14					10	18	20	38	
	29										
	30	15		85	6.00 m	Sandy silt, hard, brownish grey.	10	19	21	40	
	31										
	32	16					14	27	33	60	
	33										
	34	17					11	21	24	45	
	35										
	36	18		85	8.00 m	Sandy silt, hard, greyish brown.	10	18	22	40	
	37										
	38	19					8	17	19	36	
	39										
	40	20					14	26	34	60	
	41										
	42	21					60				
	43						7				
	44	22		90	4.00 m	Cemented silt, hard, blackish brown.	60				
	45						7				
	46					END OF HOLE : 46.00 M GL					
	47										
	48										
	49										
	50										

LEGEND		Ground Water Level	M'd	05 / 11 / 2016	Dw	
		Undisturbed Sample	D'r	15 / 11 / 2016	Tg	Sheet 2 of 2
		Standard Penetration Test	C'h	15 / 11 / 2016	Kd	

(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

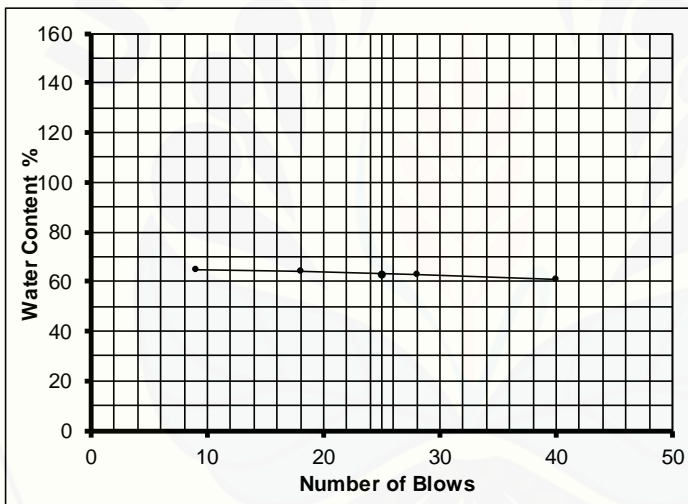
## ATTERBERG LIMIT TEST

(ASTM . D - 423 & 424)

PROJECT :	: Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi II Pmt. Panggang - Kayu Agung				
LOCATION :	KAYU AGUNG				
BOREHOLE NO. :	STA. 179+900	SAMPLE TYPE :	Undisturb		
SAMPLE NO. :	TW. 1	TESTED BY :	Nadip		
DEPTH :	1.00 ~ 1.50 m	CHECKED BY :	Ir. J.C. KARDJI		

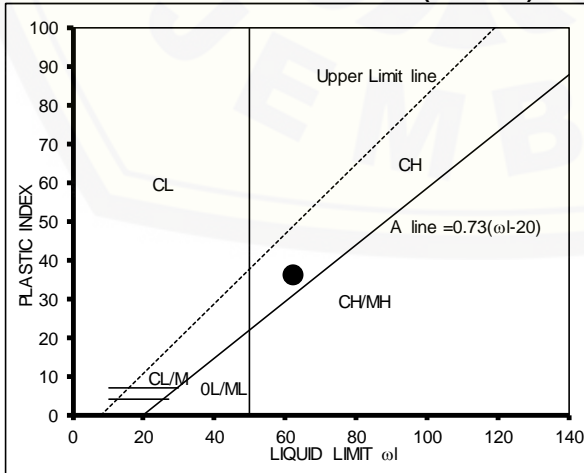
Soil Description :

TEST No.	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	5	6
Number Of Blows	40	28	18	9		
Tare No.	73	74	75	76	77	78
Weight Of Wet Soil + Tare	37,85	36,50	34,30	32,41	23,41	23,52
Weight Of Dry Soil + Tare	26,06	25,06	23,52	22,26	19,89	19,96
Weight Of Tare	6,66	6,76	6,62	6,56	6,68	6,74
Weight Of Water	11,79	11,44	10,78	10,15	3,52	3,56
Weight Of Dry Soil	19,40	18,30	16,90	15,70	13,21	13,22
Water Content	60,79	62,52	63,79	64,67	26,65	26,93

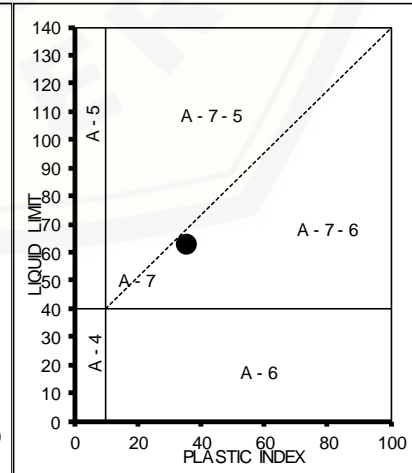


<b>LIQUID LIMITS, LL (%)</b>
<b>62,50</b>
<b>PLASTIC LIMITS, PL (%)</b>
<b>26,79</b>
<b>PLASTIC INDEX, PI (%)</b>
<b>35,71</b>
<b>AASHTO</b>
<b>A - 7 - 6</b>
<b>U.S.C.S</b>
<b>CH</b>

**SOIL CLASIFCATION U.S.C.S (UNIFIED)**



**SUB GROUP AASHTO**



(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)



## ATTERBERG LIMIT TEST

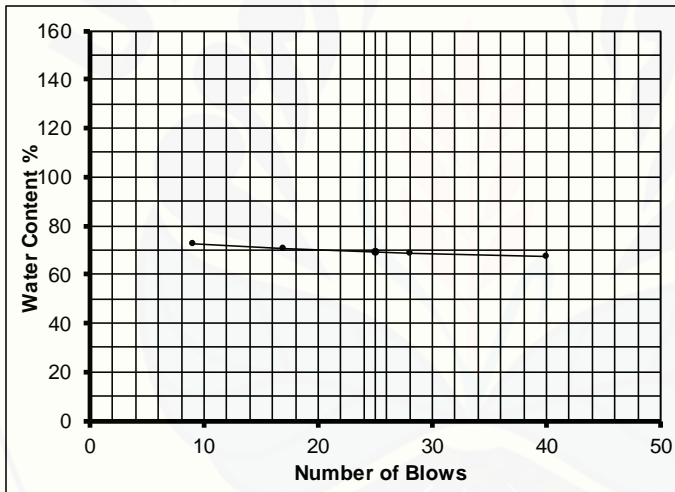
(ASTM . D - 423 & 424 )

PROJECT : : : **Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi II Pmt. Panggang - Kayu agung**

LOCATION : KAYU AGUNG	
BOREHOLE NO. : STA. 179+900	SAMPLE TYPE : : Undisturb
SAMPLE NO. : TW. 2	TESTED BY : Nadip
DEPTH : 5.00 ~ 5.50 m	CHECKED BY : Ir. J.C. KARDJI

Soil Description :

TEST No.	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	5	6
Number Of Blows	40	28	17	9		
Tare No.	79	80	81	82	83	84
Weight Of Wet Soil + Tare gr	33,89	32,65	30,87	28,56	23,77	23,85
Weight Of Dry Soil + Tare gr	22,86	22,16	20,85	19,36	19,96	20,04
Weight Of Tare gr	6,46	6,86	6,68	6,66	6,68	6,78
Weight Of Water gr	11,03	10,49	10,02	9,20	3,81	3,81
Weight Of Dry Soil gr	16,40	15,30	14,17	12,70	13,28	13,26
Water Content %	67,27	68,57	70,71	72,46	28,69	28,73



**LIQUID LIMITS, LL (%)**  
**69,10**

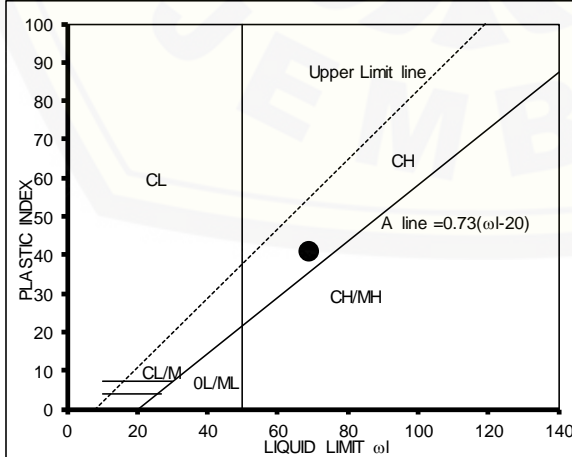
**PLASTIC LIMITS, PL (%)**  
**28,71**

**PLASTIC INDEX, PI (%)**  
**40,39**

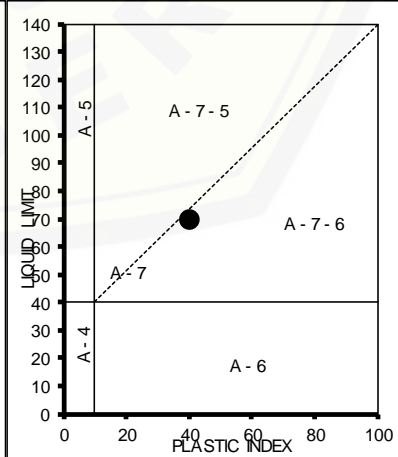
**AASHTO**  
**A - 7 - 6**

**U.S.C.S**  
**CH**

**SOIL CLASIFICATION U.S.C.S (UNIFIED)**



**SUB GROUP AASHTO**



(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

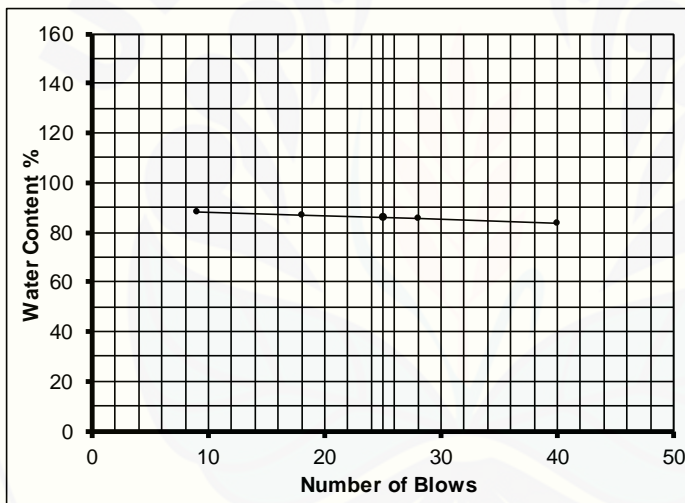
## ATTERBERG LIMIT TEST

( ASTM . D - 423 & 424 )

PROJECT :	: Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi II Pmt. Panggang - Kayu Agung				
LOCATION :	KAYU AGUNG				
BOREHOLE NO. :	STA. 179+900	SAMPLE TYPE :	Undisturb		
SAMPLE NO. :	TW. 3	TESTED BY :	Nadip		
DEPTH :	9.00 ~ 9.50 m	CHECKED BY :	Ir. J.C. KARDJI		

Soil Description :

TEST No.	LIQUID LIMIT				PLASTIC LIMIT	
	1	2	3	4	5	6
Number Of Blows	40	28	18	9		
Tare No.	85	86	87	88	89	90
Weight Of Wet Soil + Tare gr	31,74	29,83	28,24	25,97	23,58	23,69
Weight Of Dry Soil + Tare gr	20,36	19,16	18,23	16,96	18,96	19,03
Weight Of Tare gr	6,76	6,66	6,69	6,76	6,77	6,75
Weight Of Water gr	11,38	10,67	10,01	9,01	4,62	4,66
Weight Of Dry Soil gr	13,60	12,50	11,54	10,20	12,19	12,28
Water Content %	83,69	85,38	86,74	88,35	37,90	37,95



**LIQUID LIMITS, LL (%)**  
**85,60**

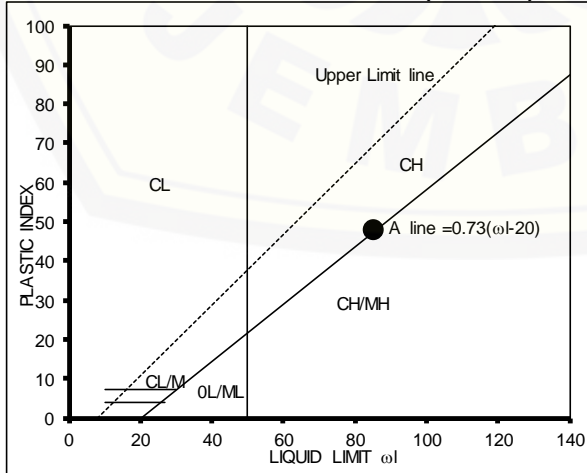
**PLASTIC LIMITS, PL (%)**  
**37,92**

**PLASTIC INDEX, PI (%)**  
**47,68**

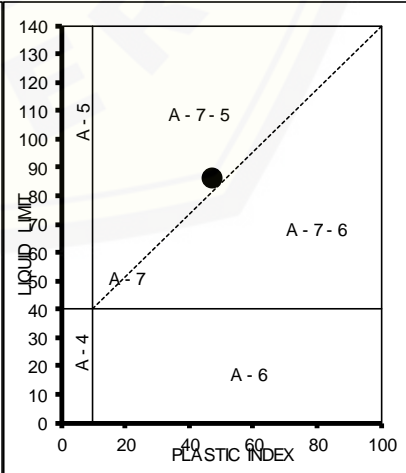
**AASHTO**  
**A - 7 - 5**

**U.S.C.S**  
**MH**

**SOIL CLASIFCATION U.S.C.S (UNIFIED)**



**SUB GROUP AASHTO**



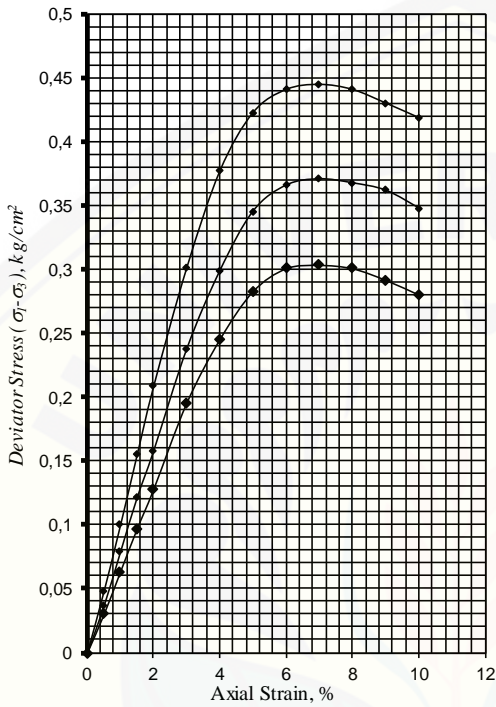
(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

## TRIAXIAL TEST

( ASTM D.2850-95 )

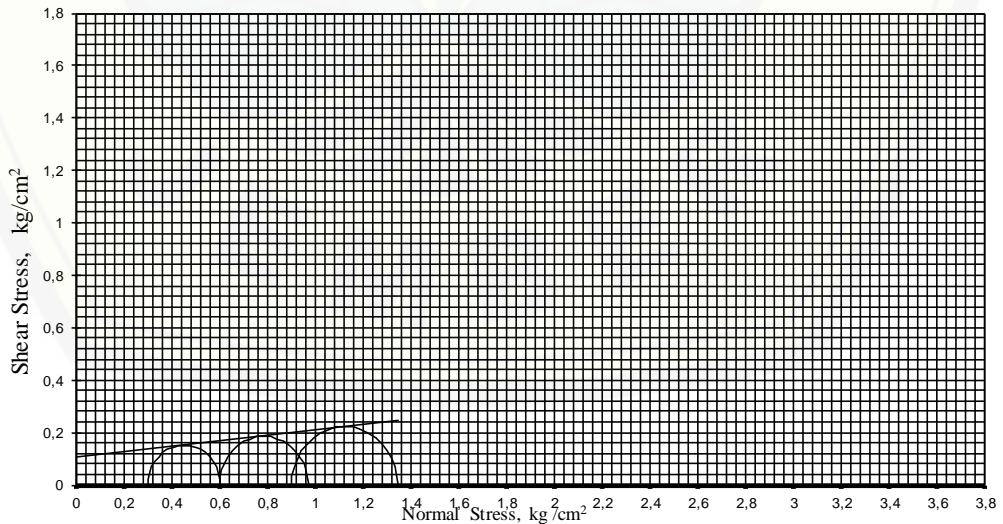
PROJECT	: <b>Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi IV Kayu Agung - Pmt. Panggang</b>		
LOCATION	: KAYU AGUNG	SAMPLE TYPE	: Undisturb
BORE HOLE NO.	: STA. 179 + 900	DATE OF TEST	: 08 / 11 / 2016
SAMPLE NO.	: TW. 1	TESTED BY	: Nadip
DEPTH	: 1.00 ~ 1.50 m	CHECKED BY	: Ir.J.C. KARDJI

Soil Description :



<b>Test Type : <input checked="" type="checkbox"/> UU <input type="checkbox"/> CU <input type="checkbox"/> CD</b>			
Test No.	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
$\gamma_t$ , t/m <sup>3</sup>	1,429	1,430	1,430
$\omega_N$ , %	31,496	31,500	31,504
$\gamma_d$ , t/m <sup>3</sup>	1,087	1,087	1,088
e	1,401	1,401	1,399
Sr, %	58,65	58,69	58,76
GS	2,6098	2,6098	2,6098
$\sigma_3$ , kg/cm <sup>2</sup>	0,30	0,60	0,90
$\sigma_1$ , kg/cm <sup>2</sup>	0,60	0,97	1,34
Curve Symbol	◆	■	▲
Sample Dia.	3.8cm	3.8cm	3.8cm
Sample Ht.	7.6cm	7.6cm	7.6cm
Type of Failure	□	□	□
Remarks :			

Angel of shearing resistance,  $\phi$  : **6,05°**  
 Cohesion, c : **0,10 (kg/cm<sup>2</sup>)**



(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

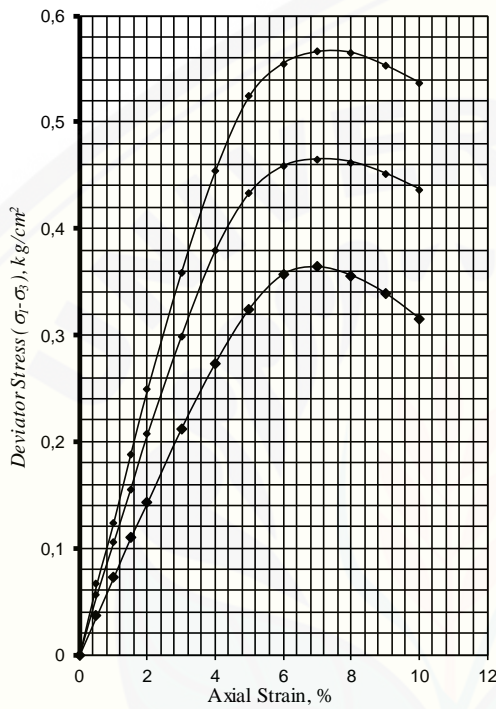
## TRIAxIAL TEST

(ASTM D.2850-95)

PROJECT : **Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi IV Kayu Agung - Pmt. Panggang**

LOCATION : KAYU AGUNG	SAMPLE TYPE : : Undisturb
BORE HOLE NO. : STA. 179 + 900	DATE OF TEST : 08 / 11 / 2016
SAMPLE NO. : TW. 2	TESTED BY : Nadip
DEPTH : 5.00 ~ 5.50 m	CHECKED BY : Ir.J.C. KARDJI

Soil Description :

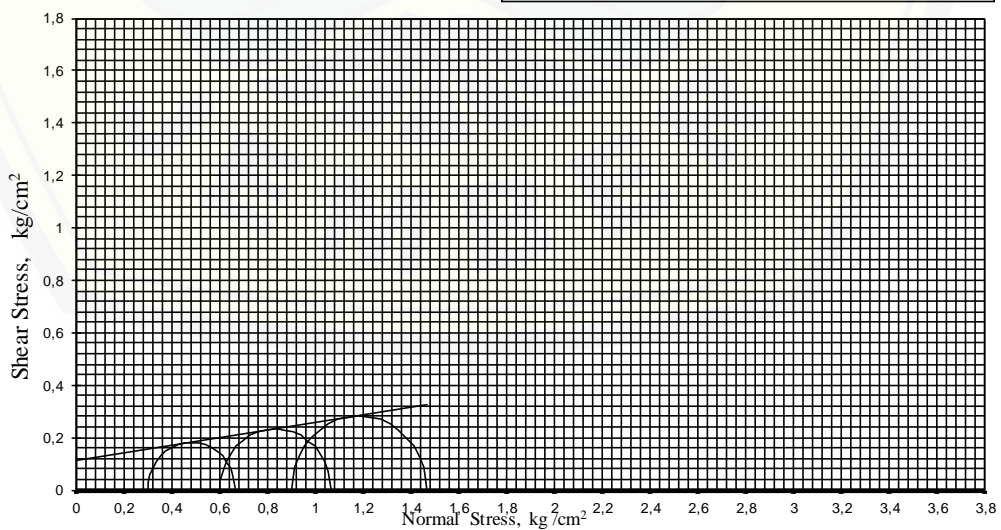


Test Type :  UU  CU  CD

Test No.	1	2	3
$\gamma_t$ , t/m <sup>3</sup>	1,735	1,736	1,737
$\omega_N$ , %	37,364	37,365	37,366
$\gamma_d$ , t/m <sup>3</sup>	1,263	1,263	1,264
e	1,070	1,069	1,067
Sr, %	91,30	91,38	91,51
GS	2,6137	2,6137	2,6137
$\sigma_3$ , kg/cm <sup>2</sup>	0,30	0,60	0,90
$\sigma_1$ , kg/cm <sup>2</sup>	0,66	1,06	1,47
Curve Symbol	◆	■	▲
Sample Dia.	3.8cm	3.8cm	3.8cm
Sample Ht.	7.6cm	7.6cm	7.6cm
Type of Failure	□	□	□

Remarks :

Angel of shearing resistance,  $\phi$  : **8,29 °**  
 Cohesion, c : **0,11 (kg/cm<sup>2</sup>)**



(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)

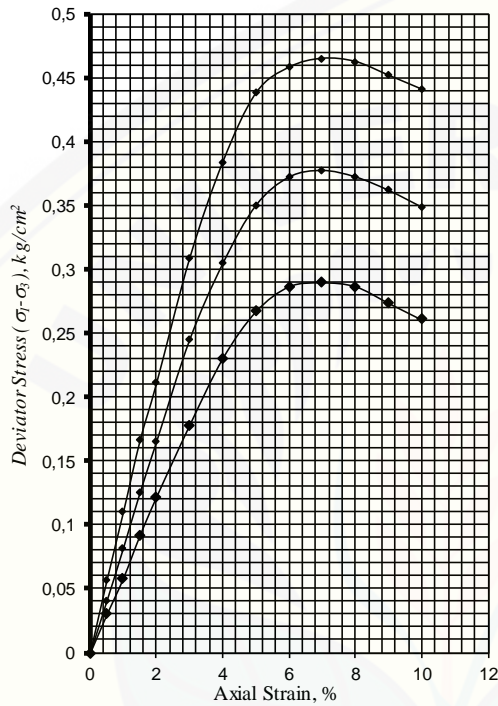
## TRIAxIAL TEST

( ASTM D.2850-95 )

PROJECT : **Pemb. Jl. Tol Trans Sumatera Seksi IV Kayu Agung - Pmt. Panggang**

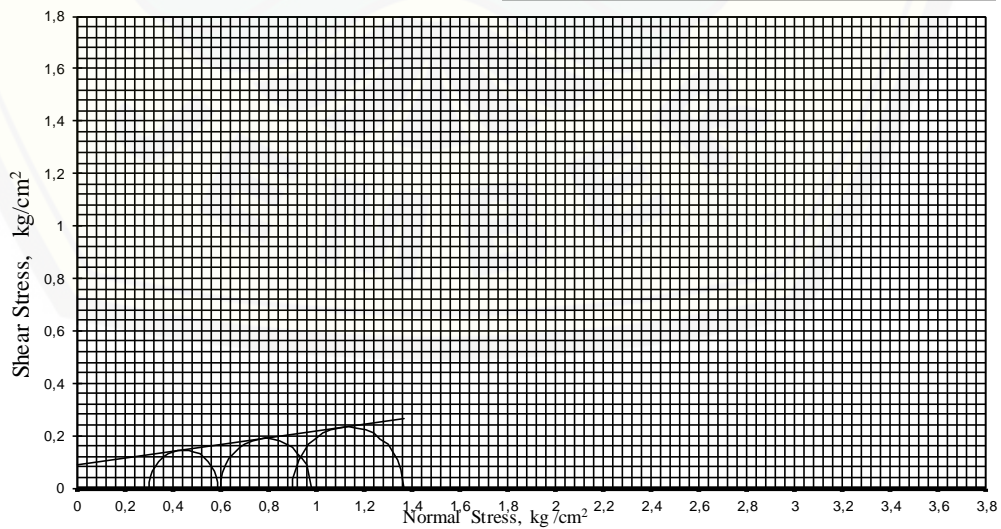
LOCATION : KAYU AGUNG	SAMPLE TYPE : Undisturb
BORE HOLE NO. : STA. 179 + 900	DATE OF TEST : 08 / 11 / 2016
SAMPLE NO. : TW. 3	TESTED BY : Nadip
DEPTH : 9.00 ~ 9.50 m	CHECKED BY : Ir.J.C. KARDJI

Soil Description :



<b>Test Type :</b> <input checked="" type="checkbox"/> UU <input type="checkbox"/> CU <input type="checkbox"/> CD			
Test No.	1	2	3
$\gamma_t$ , t/m <sup>3</sup>	1,677	1,678	1,679
$\omega_N$ , %	44,879	44,880	44,883
$\gamma_d$ , t/m <sup>3</sup>	1,158	1,158	1,159
e	1,260	1,259	1,257
Sr, %	93,20	93,29	93,41
GS	2,6168	2,6168	2,6168
$\sigma_3$ , kg/cm <sup>2</sup>	0,30	0,60	0,90
$\sigma_1$ , kg/cm <sup>2</sup>	0,59	0,98	1,36
Curve Symbol	◆	■	▲
Sample Dia.	3.8cm	3.8cm	3.8cm
Sample Ht.	7.6cm	7.6cm	7.6cm
Type of Failure	□	□	□
Remarks :			

Angel of shearing resistance,  $\phi$  : **7,32 °**  
 Cohesion, c : **0,09 (kg/cm<sup>2</sup>)**



(Sumber: PT. Teknindo Geosistem Unggul)



### Drain Body

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

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

### Filter Jacket

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

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

Physical properties		Unit	CT-D1008
Drain Body	Configuration	-	-----
	Material	-	PP
	Colour	-	white
Filter Jacket	Material	-	PP
	Colour	-	grey
Composite	Weight	g/m	65
	Width	mm	3
	Thickness	mm	100

Mechanical properties		Symbol	Test	Unit	CT-D1008
<b>Filter Jacket</b>					
Wide width tensile strength	F	ASTM D4595	kN/m	3	
Grab tensile strength	F	ASTM D4632	N	230	
Trapezoidal tear strength	F	ASTM D4533	N	90	
Elongation at 1 kN	ε	ASTM D4595	%	10	
Elongation at break	ε	ASTM D4595	%	30	
Pore size	O <sub>90</sub>	ASTM D4751	µm	< 75	
Permeability	ψ	ASTM D4491	m/s	> 4 x 10 <sup>-4</sup>	
<b>Composite</b>					
Tensile strength	F	ASTM D4595	kN	1.7	
Elongation at 1 kN	ε	ASTM D4595	%	9	
Elongation at break	ε	ASTM D4595	%	30	
Discharge capacity at 250 kPa i=0.1		ASTM D4716	m <sup>3</sup> /s	85 x 10 <sup>-4</sup>	
Folded 25% at 200 kPa i=0.1			m <sup>3</sup> /s	40 x 10 <sup>-4</sup>	

Transport details		Unit	CT-D1008
Roll length		m	320
Outside diameter roll		m	1.17
Inside diameter roll		m	0.15
Weight roll		kg	20.5
40ft container		m	160.000

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

Brosur material PVD CeTeau Drain CT-D1008.

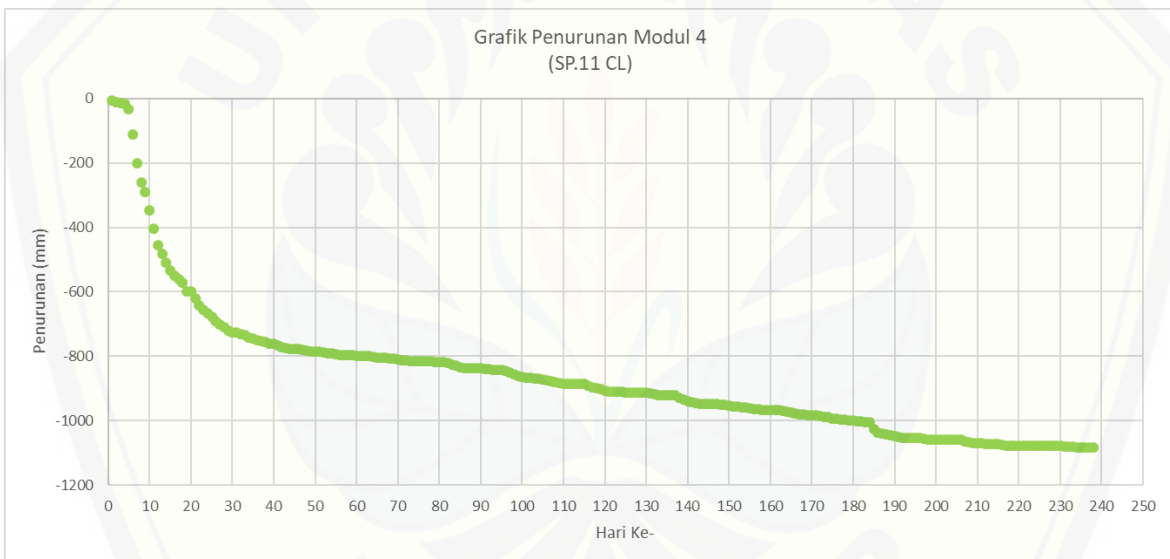
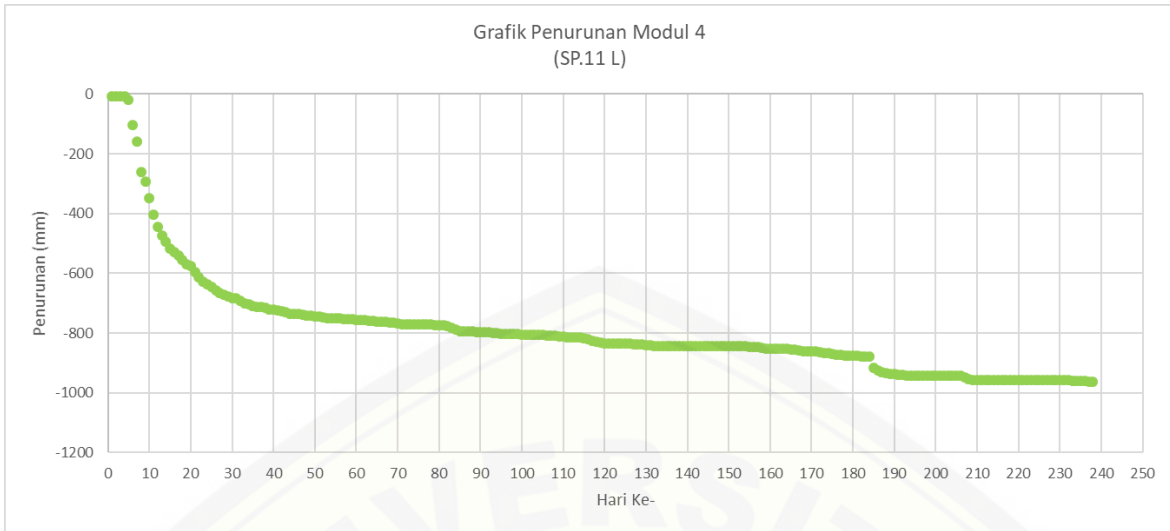
Lampiran 2

Tanggal	Hari Ke-	SP.11 L	SP.11 CL	SP.11 R	Tekanan Vacum (Kpa)
		Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	
1 Dec 17	IR	0	0	0	0
2 Dec 17	1	-7	-7	-3	
3 Dec 17	2	-7	-10	-3	
4 Dec 17	3	-7	-13	-3	
5 Dec 17	4	-7	-16	-3	
6 Dec 17	5	-19	-33	-12	-27
7 Dec 17	6	-105	-112	-39	-36
8 Dec 17	7	-159	-201	-76	-43
9 Dec 17	8	-260	-260	-105	-46
10 Dec 17	9	-293	-290	-120	-50
11 Dec 17	10	-347	-347	-151	-58
12 Dec 17	11	-404	-405	-183	-65
13 Dec 17	12	-444	-454	-206	-69
14 Dec 17	13	-473	-483	-227	-69
15 Dec 17	14	-494	-509	-236	-69
16 Dec 17	15	-517	-534	-247	-71
17 Dec 17	16	-530	-549	-257	-71
18 Dec 17	17	-541	-560	-263	-71
19 Dec 17	18	-554	-572	-269	-71
20 Dec 17	19	-571	-599	-279	-71
21 Dec 17	20	-575	-600	-282	-73
22 Dec 17	21	-595	-620	-296	-80
23 Dec 17	22	-613	-642	-308	-82
24 Dec 17	23	-627	-656	-316	-82
25 Dec 17	24	-636	-666	-322	-83
26 Dec 17	25	-647	-678	-325	-81
27 Dec 17	26	-658	-690	-333	-80
28 Dec 17	27	-667	-702	-334	-82
29 Dec 17	28	-671	-709	-338	-82
30 Dec 17	29	-679	-721	-346	-82
31 Dec 17	30	-683	-726	-350	-83
1 Jan 18	31	-683	-726	-350	-83
2 Jan 18	32	-692	-732	-353	-83
3 Jan 18	33	-700	-735	-357	-83
4 Jan 18	34	-705	-742	-361	-82
5 Jan 18	35	-711	-746	-363	-83
6 Jan 18	36	-712	-751	-366	-80
7 Jan 18	37	-712	-753	-366	-82
8 Jan 18	38	-716	-756	-370	-80
9 Jan 18	39	-720	-760	-371	-80
10 Jan 18	40	-720	-762	-372	-82
11 Jan 18	41	-723	-767	-375	-85
12 Jan 18	42	-727	-772	-378	-83
13 Jan 18	43	-731	-774	-379	-83
14 Jan 18	44	-735	-778	-382	-83
15 Jan 18	45	-736	-778	-382	-81
16 Jan 18	46	-736	-778	-382	-81
17 Jan 18	47	-738	-780	-383	-81
18 Jan 18	48	-741	-784	-386	-81
19 Jan 18	49	-743	-785	-386	-81
20 Jan 18	50	-744	-786	-386	-80
21 Jan 18	51	-744	-786	-386	-80
22 Jan 18	52	-748	-788	-387	-80
23 Jan 18	53	-749	-791	-390	-80
24 Jan 18	54	-750	-792	-390	-80
25 Jan 18	55	-750	-793	-390	-80
26 Jan 18	56	-751	-796	-393	-80
27 Jan 18	57	-752	-796	-393	-80
28 Jan 18	58	-754	-797	-393	-80
29 Jan 18	59	-754	-797	-393	-80
30 Jan 18	60	-755	-798	-393	-80
31 Jan 18	61	-755	-799	-393	-80
1 Feb 18	62	-756	-799	-394	-80
2 Feb 18	63	-758	-800	-394	-80
3 Feb 18	64	-759	-802	-396	-80
4 Feb 18	65	-761	-804	-397	-80
5 Feb 18	66	-763	-805	-397	-80
6 Feb 18	67	-763	-806	-397	-80
7 Feb 18	68	-765	-807	-399	-80
8 Feb 18	69	-765	-807	-400	-80
9 Feb 18	70	-768	-809	-400	-82
10 Feb 18	71	-770	-813	-403	-82
11 Feb 18	72	-771	-814	-404	-81
12 Feb 18	73	-771	-815	-404	-80
13 Feb 18	74	-771	-815	-404	-80
14 Feb 18	75	-771	-815	-404	-80
15 Feb 18	76	-772	-815	-404	-80
16 Feb 18	77	-772	-815	-404	-80
17 Feb 18	78	-772	-815	-404	-82

	SP.11 L	SP.11 CL	SP.11 R		
Tanggal	Hari Ke-	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Tekanan Vacum (Kpa)	
18 Feb 18	79	-774	-817	-404	-84
19 Feb 18	80	-775	-818	-404	-84
20 Feb 18	81	-775	-819	-404	-84
21 Feb 18	82	-778	-822	-405	-84
22 Feb 18	83	-783	-825	-406	-85
23 Feb 18	84	-788	-830	-406	-85
24 Feb 18	85	-793	-835	-409	-85
25 Feb 18	86	-794	-836	-411	-85
26 Feb 18	87	-795	-837	-412	-83
27 Feb 18	88	-795	-837	-412	-84
28 Feb 18	89	-796	-838	-414	-84
1 Mar 18	90	-796	-838	-414	-83
2 Mar 18	91	-797	-839	-414	-82
3 Mar 18	92	-798	-840	-414	-82
4 Mar 18	93	-800	-842	-416	-82
5 Mar 18	94	-801	-843	-417	-80
6 Mar 18	95	-802	-843	-417	-80
7 Mar 18	96	-802	-846	-421	-84
8 Mar 18	97	-802	-850	-428	-82
9 Mar 18	98	-804	-857	-432	-82
10 Mar 18	99	-804	-861	-434	-83
11 Mar 18	100	-805	-864	-434	-84
12 Mar 18	101	-805	-867	-435	-84
13 Mar 18	102	-805	-868	-435	-84
14 Mar 18	103	-805	-870	-436	-86
15 Mar 18	104	-805	-871	-437	-86
16 Mar 18	105	-806	-873	-439	-86
17 Mar 18	106	-808	-876	-441	-84
18 Mar 18	107	-809	-879	-442	-84
19 Mar 18	108	-810	-881	-442	-84
20 Mar 18	109	-811	-883	-442	-84
21 Mar 18	110	-813	-886	-443	-84
22 Mar 18	111	-816	-886	-445	-84
23 Mar 18	112	-816	-886	-445	-82
24 Mar 18	113	-816	-886	-445	-82
25 Mar 18	114	-816	-886	-445	-82
26 Mar 18	115	-818	-887	-445	-83
27 Mar 18	116	-821	-892	-447	-84
28 Mar 18	117	-825	-896	-448	-84
29 Mar 18	118	-829	-900	-450	-84
30 Mar 18	119	-832	-903	-453	-84
31 Mar 18	120	-834	-907	-454	-84
1 Apr 18	121	-835	-909	-454	-85
2 Apr 18	122	-836	-909	-454	-85
3 Apr 18	123	-836	-909	-454	-85
4 Apr 18	124	-836	-911	-454	-85
5 Apr 18	125	-836	-913	-454	-84
6 Apr 18	126	-836	-914	-454	-84
7 Apr 18	127	-837	-914	-454	-82
8 Apr 18	128	-838	-914	-454	-82
9 Apr 18	129	-839	-914	-455	-84
10 Apr 18	130	-840	-914	-455	-84
11 Apr 18	131	-841	-916	-455	-84
12 Apr 18	132	-843	-919	-458	-84
13 Apr 18	133	-843	-920	-458	-84
14 Apr 18	134	-843	-920	-458	-84
15 Apr 18	135	-843	-920	-458	-84
16 Apr 18	136	-843	-920	-458	-86
17 Apr 18	137	-843	-922	-460	-84
18 Apr 18	138	-843	-929	-463	-84
19 Apr 18	139	-843	-935	-467	-84
20 Apr 18	140	-843	-940	-469	-82
21 Apr 18	141	-843	-943	-470	-84
22 Apr 18	142	-843	-945	-472	-84
23 Apr 18	143	-843	-947	-474	-82
24 Apr 18	144	-843	-947	-474	-82
25 Apr 18	145	-843	-948	-475	-82
26 Apr 18	146	-843	-949	-475	-80
27 Apr 18	147	-843	-949	-475	-80
28 Apr 18	148	-843	-951	-476	-84
29 Apr 18	149	-843	-952	-476	-84
30 Apr 18	150	-843	-954	-476	-82
1 May 18	151	-843	-955	-476	-82
2 May 18	152	-843	-956	-476	-82
3 May 18	153	-843	-958	-478	-80
4 May 18	154	-843	-959	-478	-80
5 May 18	155	-846	-962	-478	-80
6 May 18	156	-848	-964	-478	-80
7 May 18	157	-848	-964	-478	-80
8 May 18	158	-850	-966	-479	-80
9 May 18	159	-851	-967	-479	-80



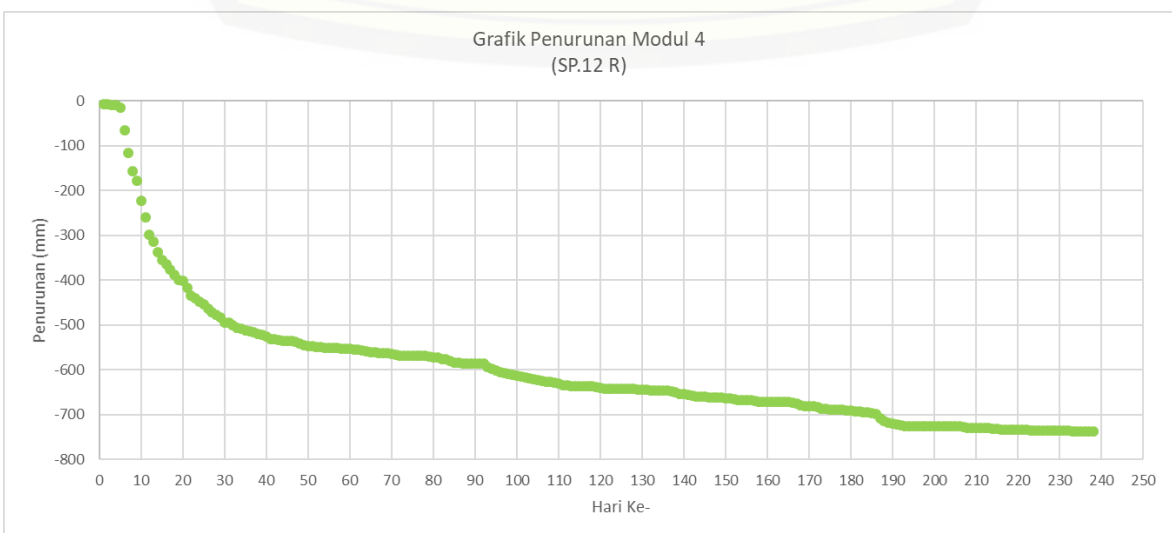
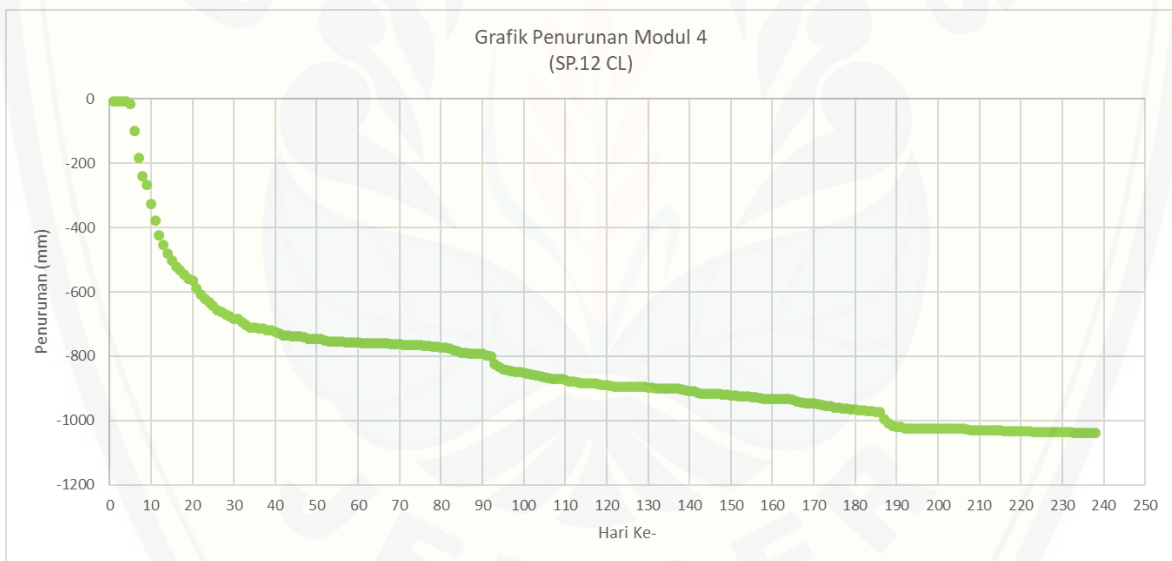
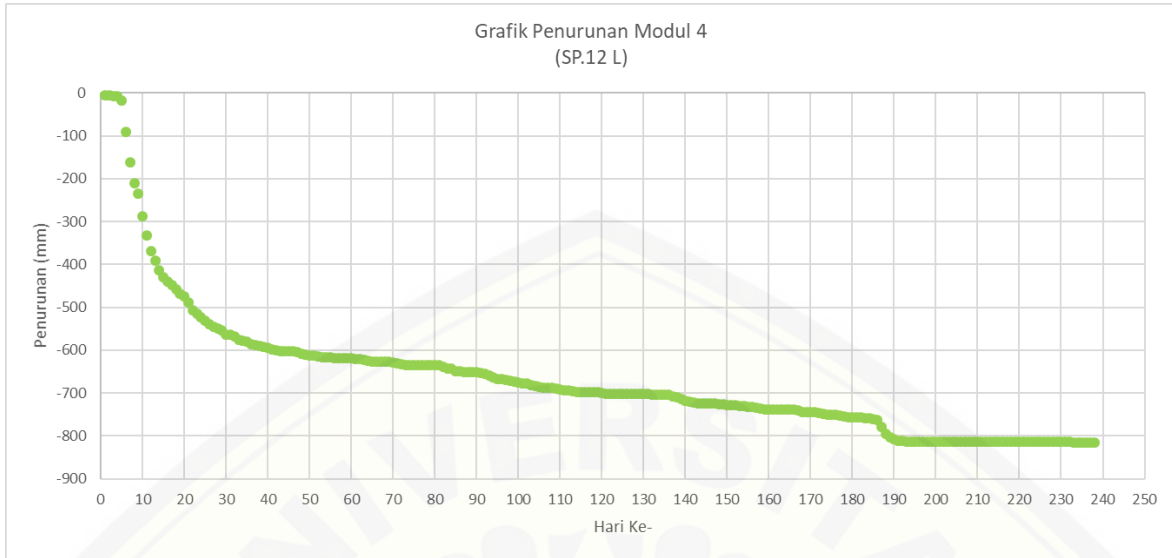
		SP.11 L	SP.11 CL	SP.11 R	
Tanggal	Hari Ke-	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Tekanan Vacum (Kpa)
10 May 18	160	-851	-968	-479	-80
11 May 18	161	-851	-968	-479	-80
12 May 18	162	-851	-968	-479	-80
13 May 18	163	-852	-971	-489	-80
14 May 18	164	-853	-973	-492	-81
15 May 18	165	-854	-974	-493	-81
16 May 18	166	-856	-977	-493	-81
17 May 18	167	-859	-980	-495	-81
18 May 18	168	-861	-982	-497	-81
19 May 18	169	-861	-983	-497	-81
20 May 18	170	-861	-983	-497	-82
21 May 18	171	-862	-984	-497	-82
22 May 18	172	-865	-987	-499	-82
23 May 18	173	-867	-989	-501	-82
24 May 18	174	-868	-990	-502	-82
25 May 18	175	-871	-993	-503	-85
26 May 18	176	-872	-994	-503	-85
27 May 18	177	-874	-996	-505	-85
28 May 18	178	-875	-997	-506	-85
29 May 18	179	-876	-999	-507	-85
30 May 18	180	-876	-1000	-507	-85
31 May 18	181	-877	-1002	-507	-85
1 Jun 18	182	-878	-1003	-507	-85
2 Jun 18	183	-879	-1005	-509	-85
3 Jun 18	184	-879	-1005	-509	-85
4 Jun 18	185	-918	-1027	-516	-85
5 Jun 18	186	-926	-1037	-527	-85
6 Jun 18	187	-931	-1040	-537	-85
7 Jun 18	188	-934	-1044	-546	-85
8 Jun 18	189	-937	-1047	-552	-85
9 Jun 18	190	-938	-1049	-554	-85
10 Jun 18	191	-939	-1050	-556	-85
11 Jun 18	192	-941	-1053	-557	-85
12 Jun 18	193	-942	-1054	-558	-85
13 Jun 18	194	-943	-1054	-558	-85
14 Jun 18	195	-943	-1054	-558	-85
15 Jun 18	196	-943	-1054	-558	-85
16 Jun 18	197	-944	-1057	-560	-85
17 Jun 18	198	-944	-1059	-560	-83
18 Jun 18	199	-944	-1059	-560	-83
19 Jun 18	200	-944	-1059	-560	-83
20 Jun 18	201	-944	-1059	-560	-83
21 Jun 18	202	-944	-1059	-560	-83
22 Jun 18	203	-944	-1059	-560	-83
23 Jun 18	204	-944	-1059	-560	-83
24 Jun 18	205	-944	-1059	-560	-83
25 Jun 18	206	-944	-1059	-560	-83
26 Jun 18	207	-948	-1064	-560	-83
27 Jun 18	208	-953	-1068	-560	-83
28 Jun 18	209	-956	-1070	-560	-83
29 Jun 18	210	-957	-1071	-560	-83
30 Jun 18	211	-957	-1071	-560	-83
1 Jul 18	212	-957	-1072	-561	-83
2 Jul 18	213	-957	-1073	-562	-83
3 Jul 18	214	-957	-1074	-563	-83
4 Jul 18	215	-957	-1074	-563	-83
5 Jul 18	216	-957	-1076	-564	-83
6 Jul 18	217	-957	-1077	-564	-83
7 Jul 18	218	-957	-1077	-564	-83
8 Jul 18	219	-957	-1077	-564	-83
9 Jul 18	220	-957	-1077	-564	-83
10 Jul 18	221	-957	-1077	-564	-83
11 Jul 18	222	-957	-1077	-564	-83
12 Jul 18	223	-958	-1079	-566	-83
13 Jul 18	224	-958	-1079	-566	-83
14 Jul 18	225	-958	-1079	-566	-83
15 Jul 18	226	-958	-1079	-566	-83
16 Jul 18	227	-958	-1079	-566	-83
17 Jul 18	228	-958	-1079	-566	-83
18 Jul 18	229	-958	-1079	-566	-83
19 Jul 18	230	-958	-1079	-566	-83
20 Jul 18	231	-958	-1080	-567	-83
21 Jul 18	232	-958	-1080	-567	-83
22 Jul 18	233	-960	-1082	-568	-83
23 Jul 18	234	-961	-1083	-568	-83
24 Jul 18	235	-961	-1083	-568	-83
25 Jul 18	236	-961	-1083	-568	-83
26 Jul 18	237	-962	-1083	-568	-83
27 Jul 18	238	-962	-1083	-568	-83



Tanggal	Hari Ke-	SP.12 L Total Settlement (mm)	SP.12 CL Total Settlement (mm)	SP.12 R Total Settlement (mm)	Tekanan Vacum (Kpa)
1 Dec 17	IR	0	0	0	0
2 Dec 17	1	-6	-6	-6	
3 Dec 17	2	-6	-6	-7	
4 Dec 17	3	-8	-6	-8	
5 Dec 17	4	-8	-6	-8	
6 Dec 17	5	-17	-14	-15	-23
7 Dec 17	6	-90	-100	-65	-30
8 Dec 17	7	-162	-182	-115	-40
9 Dec 17	8	-211	-240	-156	-42
10 Dec 17	9	-235	-266	-177	-45
11 Dec 17	10	-288	-327	-222	-50
12 Dec 17	11	-333	-379	-259	-57
13 Dec 17	12	-369	-425	-298	-60
14 Dec 17	13	-391	-454	-314	-60
15 Dec 17	14	-413	-482	-337	-60
16 Dec 17	15	-429	-503	-354	-62
17 Dec 17	16	-440	-521	-365	-62
18 Dec 17	17	-448	-532	-376	-68
19 Dec 17	18	-459	-546	-387	-68
20 Dec 17	19	-468	-560	-399	-68
21 Dec 17	20	-474	-566	-402	-68
22 Dec 17	21	-489	-588	-417	-69
23 Dec 17	22	-507	-609	-435	-71
24 Dec 17	23	-516	-621	-440	-71
25 Dec 17	24	-524	-632	-447	-72
26 Dec 17	25	-532	-644	-454	-72
27 Dec 17	26	-540	-656	-464	-72
28 Dec 17	27	-545	-663	-472	-72
29 Dec 17	28	-549	-671	-477	-72
30 Dec 17	29	-554	-677	-483	-72
31 Dec 17	30	-563	-685	-494	-72
1 Jan 18	31	-563	-685	-494	-72
2 Jan 18	32	-568	-694	-500	-72
3 Jan 18	33	-576	-702	-506	-72
4 Jan 18	34	-578	-711	-509	-72
5 Jan 18	35	-580	-712	-512	-72
6 Jan 18	36	-586	-713	-514	-72
7 Jan 18	37	-588	-715	-516	-72
8 Jan 18	38	-590	-718	-519	-72
9 Jan 18	39	-593	-720	-522	-72
10 Jan 18	40	-594	-724	-526	-73
11 Jan 18	41	-598	-729	-532	-75
12 Jan 18	42	-601	-736	-532	-74
13 Jan 18	43	-603	-736	-534	-74
14 Jan 18	44	-603	-739	-536	-74
15 Jan 18	45	-603	-739	-536	-75
16 Jan 18	46	-603	-739	-536	-75
17 Jan 18	47	-605	-741	-538	-75
18 Jan 18	48	-609	-745	-542	-75
19 Jan 18	49	-611	-745	-545	-75
20 Jan 18	50	-612	-746	-546	-75
21 Jan 18	51	-612	-746	-546	-75
22 Jan 18	52	-615	-751	-548	-75
23 Jan 18	53	-617	-754	-549	-75
24 Jan 18	54	-617	-755	-550	-75
25 Jan 18	55	-617	-755	-550	-75
26 Jan 18	56	-618	-755	-551	-75
27 Jan 18	57	-618	-757	-551	-77
28 Jan 18	58	-618	-758	-553	-77
29 Jan 18	59	-618	-758	-553	-77
30 Jan 18	60	-619	-758	-553	-79
31 Jan 18	61	-620	-760	-555	-80
1 Feb 18	62	-620	-760	-555	-80
2 Feb 18	63	-622	-760	-556	-81
3 Feb 18	64	-624	-760	-558	-81
4 Feb 18	65	-627	-760	-560	-82
5 Feb 18	66	-627	-761	-561	-80
6 Feb 18	67	-627	-761	-562	-80
7 Feb 18	68	-627	-763	-563	-80
8 Feb 18	69	-627	-763	-563	-80
9 Feb 18	70	-628	-763	-565	-81
10 Feb 18	71	-631	-766	-567	-82
11 Feb 18	72	-632	-766	-568	-82
12 Feb 18	73	-634	-766	-569	-80
13 Feb 18	74	-634	-766	-569	-82
14 Feb 18	75	-634	-766	-569	-80
15 Feb 18	76	-634	-768	-569	-80
16 Feb 18	77	-634	-769	-569	-80

Tanggal	Hari Ke-	SP.12 L Total Settlement (mm)	SP.12 CL Total Settlement (mm)	SP.12 R Total Settlement (mm)	Tekanan Vacum (Kpa)
17 Feb 18	78	-634	-770	-569	-82
18 Feb 18	79	-635	-772	-571	-83
19 Feb 18	80	-635	-773	-572	-84
20 Feb 18	81	-635	-774	-573	-84
21 Feb 18	82	-638	-777	-576	-84
22 Feb 18	83	-642	-781	-577	-85
23 Feb 18	84	-644	-784	-579	-85
24 Feb 18	85	-649	-789	-583	-85
25 Feb 18	86	-650	-789	-584	-85
26 Feb 18	87	-651	-791	-585	-83
27 Feb 18	88	-651	-791	-585	-84
28 Feb 18	89	-652	-791	-585	-84
1 Mar 18	90	-652	-791	-585	-84
2 Mar 18	91	-654	-798	-585	-84
3 Mar 18	92	-655	-801	-585	-84
4 Mar 18	93	-660	-824	-593	-84
5 Mar 18	94	-664	-833	-598	-82
6 Mar 18	95	-667	-840	-602	-83
7 Mar 18	96	-668	-844	-605	-82
8 Mar 18	97	-669	-846	-608	-82
9 Mar 18	98	-671	-848	-610	-82
10 Mar 18	99	-673	-850	-611	-83
11 Mar 18	100	-675	-853	-613	-83
12 Mar 18	101	-677	-855	-614	-83
13 Mar 18	102	-678	-857	-616	-82
14 Mar 18	103	-681	-861	-618	-84
15 Mar 18	104	-683	-863	-620	-84
16 Mar 18	105	-686	-866	-623	-84
17 Mar 18	106	-688	-868	-625	-85
18 Mar 18	107	-688	-870	-626	-84
19 Mar 18	108	-688	-870	-626	-84
20 Mar 18	109	-689	-872	-628	-82
21 Mar 18	110	-691	-874	-630	-82
22 Mar 18	111	-694	-878	-634	-82
23 Mar 18	112	-694	-880	-635	-82
24 Mar 18	113	-695	-882	-636	-82
25 Mar 18	114	-697	-885	-636	-82
26 Mar 18	115	-697	-885	-636	-82
27 Mar 18	116	-697	-885	-636	-82
28 Mar 18	117	-697	-885	-636	-82
29 Mar 18	118	-697	-887	-636	-82
30 Mar 18	119	-698	-890	-638	-82
31 Mar 18	120	-699	-891	-640	-82
1 Apr 18	121	-701	-893	-642	-82
2 Apr 18	122	-702	-894	-643	-82
3 Apr 18	123	-702	-894	-643	-82
4 Apr 18	124	-702	-894	-643	-82
5 Apr 18	125	-702	-894	-643	-82
6 Apr 18	126	-702	-895	-643	-82
7 Apr 18	127	-702	-895	-643	-82
8 Apr 18	128	-702	-895	-643	-82
9 Apr 18	129	-702	-896	-644	-82
10 Apr 18	130	-702	-898	-645	-82
11 Apr 18	131	-702	-898	-645	-80
12 Apr 18	132	-704	-900	-646	-80
13 Apr 18	133	-704	-900	-646	-81
14 Apr 18	134	-704	-900	-646	-82
15 Apr 18	135	-704	-900	-646	-82
16 Apr 18	136	-704	-900	-646	-82
17 Apr 18	137	-707	-901	-648	-82
18 Apr 18	138	-710	-903	-650	-82
19 Apr 18	139	-715	-907	-653	-82
20 Apr 18	140	-718	-909	-654	-82
21 Apr 18	141	-720	-910	-656	-84
22 Apr 18	142	-722	-914	-658	-82
23 Apr 18	143	-724	-917	-660	-82
24 Apr 18	144	-724	-917	-660	-82
25 Apr 18	145	-724	-917	-660	-82
26 Apr 18	146	-725	-918	-661	-82
27 Apr 18	147	-725	-918	-661	-82
28 Apr 18	148	-726	-920	-662	-82
29 Apr 18	149	-726	-920	-662	-82
30 Apr 18	150	-728	-922	-663	-82
1 May 18	151	-728	-923	-664	-82
2 May 18	152	-728	-924	-665	-82
3 May 18	153	-730	-926	-667	-80
4 May 18	154	-730	-926	-667	-80
5 May 18	155	-732	-928	-668	-80
6 May 18	156	-733	-929	-668	-80
7 May 18	157	-735	-930	-669	-80
8 May 18	158	-737	-932	-671	-80

		SP.12 L	SP.12 CL	SP.12 R	
Tanggal	Hari Ke-	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Tekanan Vacum (Kpa)
9 May 18	159	-738	-933	-672	-80
10 May 18	160	-738	-933	-672	-80
11 May 18	161	-738	-933	-672	-80
12 May 18	162	-738	-933	-672	-80
13 May 18	163	-738	-933	-672	-80
14 May 18	164	-738	-933	-672	-80
15 May 18	165	-738	-935	-672	-80
16 May 18	166	-739	-940	-674	-80
17 May 18	167	-741	-944	-676	-80
18 May 18	168	-744	-947	-679	-80
19 May 18	169	-744	-948	-680	-80
20 May 18	170	-744	-948	-680	-82
21 May 18	171	-745	-949	-680	-82
22 May 18	172	-747	-952	-683	-82
23 May 18	173	-749	-955	-686	-82
24 May 18	174	-750	-956	-687	-82
25 May 18	175	-751	-959	-688	-82
26 May 18	176	-751	-960	-688	-82
27 May 18	177	-753	-963	-689	-82
28 May 18	178	-754	-964	-689	-82
29 May 18	179	-756	-966	-691	-82
30 May 18	180	-756	-967	-691	-82
31 May 18	181	-757	-968	-692	-82
1 Jun 18	182	-757	-969	-692	-82
2 Jun 18	183	-759	-971	-694	-82
3 Jun 18	184	-759	-971	-694	-82
4 Jun 18	185	-761	-973	-696	-82
5 Jun 18	186	-763	-975	-698	-82
6 Jun 18	187	-780	-996	-708	-82
7 Jun 18	188	-795	-1008	-714	-82
8 Jun 18	189	-804	-1017	-718	-82
9 Jun 18	190	-808	-1019	-720	-82
10 Jun 18	191	-811	-1021	-722	-82
11 Jun 18	192	-812	-1024	-724	-82
12 Jun 18	193	-813	-1025	-725	-82
13 Jun 18	194	-813	-1025	-725	-82
14 Jun 18	195	-813	-1025	-725	-81
15 Jun 18	196	-813	-1025	-725	-81
16 Jun 18	197	-813	-1025	-726	-81
17 Jun 18	198	-813	-1025	-726	-81
18 Jun 18	199	-813	-1025	-726	-81
19 Jun 18	200	-813	-1025	-726	-81
20 Jun 18	201	-813	-1025	-726	-81
21 Jun 18	202	-813	-1025	-726	-81
22 Jun 18	203	-813	-1025	-726	-81
23 Jun 18	204	-813	-1025	-726	-81
24 Jun 18	205	-813	-1025	-726	-81
25 Jun 18	206	-813	-1025	-726	-81
26 Jun 18	207	-813	-1028	-728	-81
27 Jun 18	208	-813	-1030	-729	-81
28 Jun 18	209	-813	-1030	-729	-81
29 Jun 18	210	-813	-1030	-729	-81
30 Jun 18	211	-813	-1030	-729	-81
1 Jul 18	212	-813	-1031	-730	-81
2 Jul 18	213	-813	-1031	-730	-81
3 Jul 18	214	-813	-1031	-731	-81
4 Jul 18	215	-813	-1031	-731	-81
5 Jul 18	216	-814	-1033	-733	-81
6 Jul 18	217	-814	-1034	-734	-81
7 Jul 18	218	-814	-1034	-734	-81
8 Jul 18	219	-814	-1034	-734	-81
9 Jul 18	220	-814	-1034	-734	-81
10 Jul 18	221	-814	-1034	-734	-81
11 Jul 18	222	-814	-1034	-734	-81
12 Jul 18	223	-814	-1035	-735	-81
13 Jul 18	224	-814	-1035	-735	-81
14 Jul 18	225	-814	-1035	-735	-81
15 Jul 18	226	-814	-1036	-735	-81
16 Jul 18	227	-814	-1036	-735	-81
17 Jul 18	228	-814	-1036	-735	-81
18 Jul 18	229	-814	-1036	-735	-81
19 Jul 18	230	-814	-1036	-735	-81
20 Jul 18	231	-814	-1036	-735	-81
21 Jul 18	232	-814	-1036	-735	-81
22 Jul 18	233	-815	-1038	-737	-81
23 Jul 18	234	-815	-1039	-738	-81
24 Jul 18	235	-815	-1039	-738	-81
25 Jul 18	236	-815	-1039	-738	-81
26 Jul 18	237	-815	-1039	-738	-81
27 Jul 18	238	-815	-1039	-738	-81



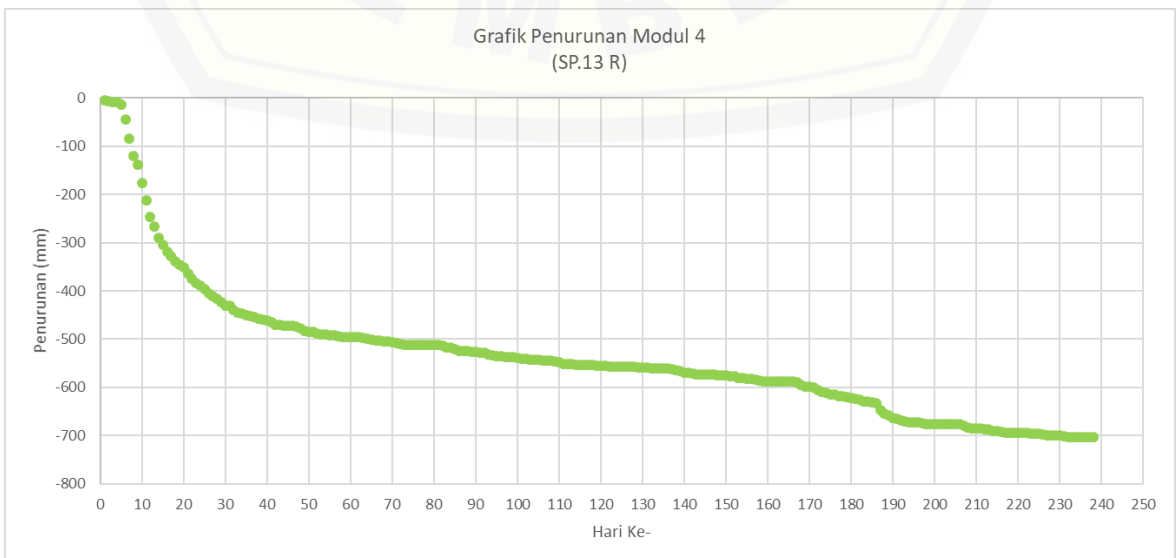
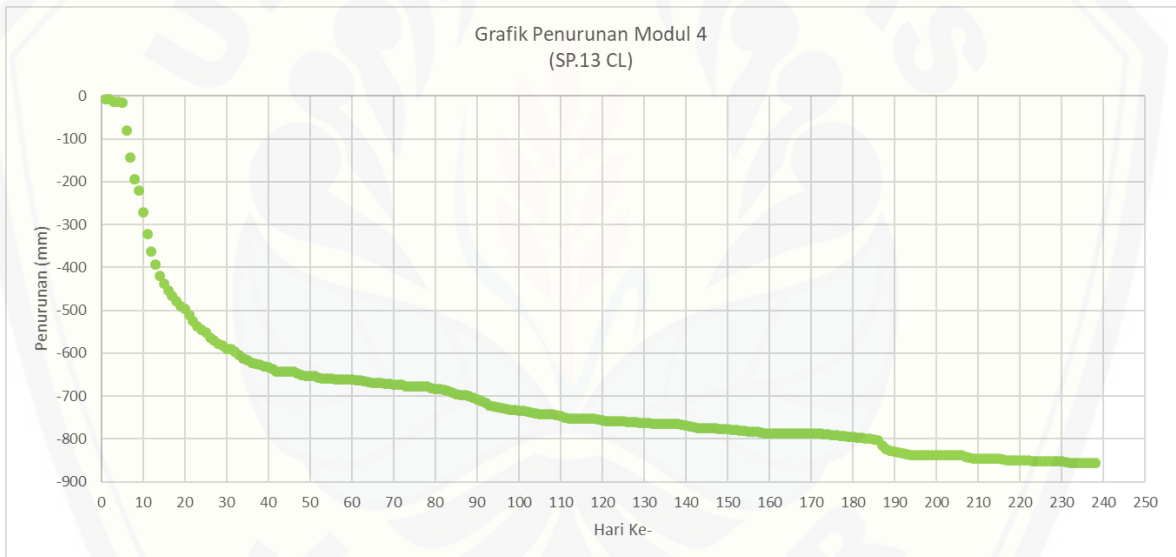
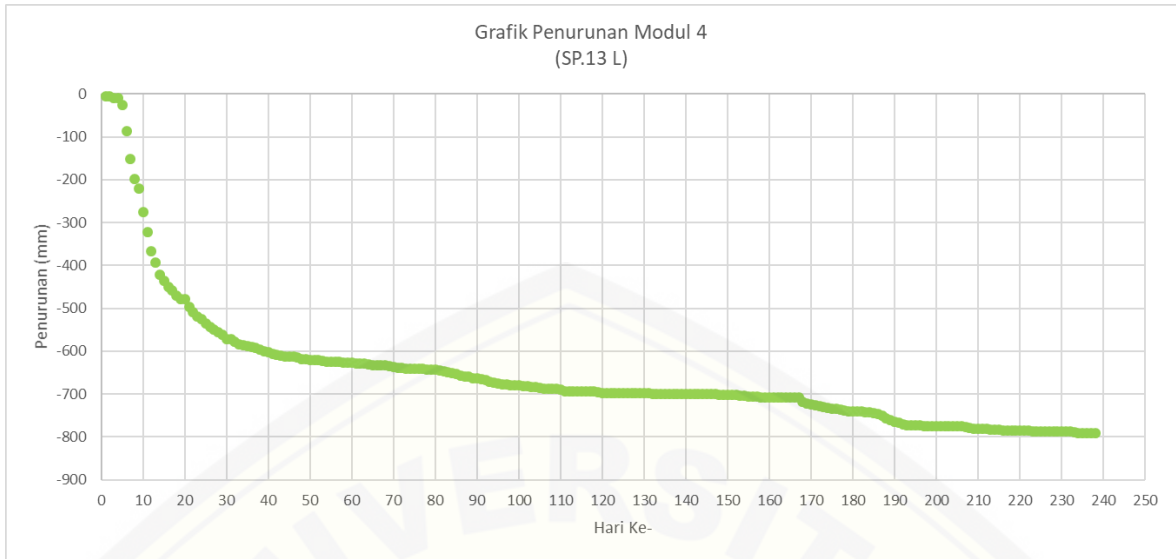
		SP.13 L	SP.13 CL	SP.13 R		
Tanggal	Hari Ke-	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Tekanan Vacum (Kpa)	
1 Dec 17	IR	0	0	0	0	
2 Dec 17	1	-6	-8	-5		
3 Dec 17	2	-6	-8	-7		
4 Dec 17	3	-9	-13	-9		
5 Dec 17	4	-9	-13	-9		
6 Dec 17	5	-25	-16	-13	-18	
7 Dec 17	6	-87	-81	-45	-28	
8 Dec 17	7	-152	-143	-84	-34	
9 Dec 17	8	-199	-195	-121	-39	
10 Dec 17	9	-221	-221	-139	-40	
11 Dec 17	10	-275	-272	-177	-47	
12 Dec 17	11	-322	-322	-213	-50	
13 Dec 17	12	-367	-363	-246	-60	
14 Dec 17	13	-393	-393	-267	-61	
15 Dec 17	14	-421	-419	-290	-61	
16 Dec 17	15	-435	-438	-304	-63	
17 Dec 17	16	-450	-455	-318	-63	
18 Dec 17	17	-459	-467	-327	-63	
19 Dec 17	18	-470	-479	-338	-63	
20 Dec 17	19	-478	-490	-345	-63	
21 Dec 17	20	-479	-496	-351	-63	
22 Dec 17	21	-496	-510	-364	-67	
23 Dec 17	22	-509	-526	-375	-69	
24 Dec 17	23	-519	-537	-383	-69	
25 Dec 17	24	-526	-545	-390	-72	
26 Dec 17	25	-535	-551	-397	-72	
27 Dec 17	26	-544	-564	-406	-72	
28 Dec 17	27	-549	-570	-410	-72	
29 Dec 17	28	-555	-577	-417	-72	
30 Dec 17	29	-562	-583	-423	-72	
31 Dec 17	30	-572	-591	-431	-72	
1 Jan 18	31	-572	-591	-431	-72	
2 Jan 18	32	-579	-597	-439	-72	
3 Jan 18	33	-584	-604	-445	-72	
4 Jan 18	34	-587	-613	-447	-72	
5 Jan 18	35	-589	-616	-450	-72	
6 Jan 18	36	-591	-622	-452	-72	
7 Jan 18	37	-593	-624	-455	-72	
8 Jan 18	38	-597	-627	-457	-72	
9 Jan 18	39	-601	-631	-460	-72	
10 Jan 18	40	-602	-633	-461	-74	
11 Jan 18	41	-606	-637	-465	-78	
12 Jan 18	42	-609	-642	-470	-78	
13 Jan 18	43	-610	-643	-470	-78	
14 Jan 18	44	-613	-644	-472	-78	
15 Jan 18	45	-613	-644	-472	-78	
16 Jan 18	46	-613	-644	-472	-78	
17 Jan 18	47	-615	-647	-474	-78	
18 Jan 18	48	-619	-651	-478	-78	
19 Jan 18	49	-619	-653	-483	-78	
20 Jan 18	50	-620	-654	-485	-78	
21 Jan 18	51	-620	-654	-485	-78	
22 Jan 18	52	-621	-657	-488	-78	
23 Jan 18	53	-623	-659	-490	-78	
24 Jan 18	54	-624	-660	-491	-78	
25 Jan 18	55	-624	-660	-492	-78	
26 Jan 18	56	-624	-661	-493	-78	
27 Jan 18	57	-624	-661	-494	-78	
28 Jan 18	58	-626	-661	-496	-78	
29 Jan 18	59	-626	-661	-496	-78	
30 Jan 18	60	-627	-662	-496	-78	
31 Jan 18	61	-628	-664	-496	-78	
1 Feb 18	62	-628	-664	-496	-78	
2 Feb 18	63	-629	-665	-498	-78	
3 Feb 18	64	-630	-667	-499	-78	
4 Feb 18	65	-632	-669	-501	-78	
5 Feb 18	66	-632	-669	-503	-78	
6 Feb 18	67	-632	-670	-503	-78	
7 Feb 18	68	-633	-671	-504	-78	
8 Feb 18	69	-634	-672	-505	-80	
9 Feb 18	70	-636	-673	-507	-80	
10 Feb 18	71	-638	-674	-509	-82	
11 Feb 18	72	-638	-674	-510	-81	
12 Feb 18	73	-640	-677	-512	-80	

Tanggal	Hari Ke-	SP.13 L Total Settlement (mm)	SP.13 CL Total Settlement (mm)	SP.13 R Total Settlement (mm)	Tekanan Vacum (Kpa)
13 Feb 18	74	-640	-677	-512	-80
14 Feb 18	75	-640	-677	-512	-80
15 Feb 18	76	-640	-677	-512	-80
16 Feb 18	77	-641	-677	-512	-82
17 Feb 18	78	-642	-678	-512	-80
18 Feb 18	79	-643	-681	-512	-83
19 Feb 18	80	-644	-683	-512	-81
20 Feb 18	81	-645	-684	-512	-80
21 Feb 18	82	-647	-685	-514	-82
22 Feb 18	83	-650	-687	-517	-82
23 Feb 18	84	-651	-691	-517	-83
24 Feb 18	85	-654	-695	-521	-83
25 Feb 18	86	-657	-697	-524	-83
26 Feb 18	87	-659	-698	-525	-81
27 Feb 18	88	-659	-700	-525	-80
28 Feb 18	89	-663	-704	-526	-80
1 Mar 18	90	-664	-707	-526	-80
2 Mar 18	91	-666	-712	-528	-80
3 Mar 18	92	-668	-717	-529	-80
4 Mar 18	93	-671	-722	-531	-80
5 Mar 18	94	-674	-725	-533	-80
6 Mar 18	95	-676	-727	-535	-80
7 Mar 18	96	-677	-728	-536	-80
8 Mar 18	97	-677	-730	-537	-80
9 Mar 18	98	-679	-732	-538	-80
10 Mar 18	99	-679	-733	-538	-80
11 Mar 18	100	-680	-735	-539	-80
12 Mar 18	101	-682	-735	-540	-80
13 Mar 18	102	-682	-736	-540	-80
14 Mar 18	103	-684	-739	-542	-80
15 Mar 18	104	-684	-740	-542	-80
16 Mar 18	105	-685	-742	-543	-80
17 Mar 18	106	-687	-743	-545	-80
18 Mar 18	107	-687	-743	-545	-80
19 Mar 18	108	-687	-743	-545	-80
20 Mar 18	109	-688	-744	-546	-80
21 Mar 18	110	-690	-746	-548	-80
22 Mar 18	111	-693	-750	-551	-80
23 Mar 18	112	-694	-752	-552	-80
24 Mar 18	113	-694	-752	-552	-80
25 Mar 18	114	-694	-752	-553	-80
26 Mar 18	115	-694	-753	-553	-80
27 Mar 18	116	-694	-753	-553	-80
28 Mar 18	117	-694	-753	-553	-80
29 Mar 18	118	-694	-753	-553	-80
30 Mar 18	119	-696	-755	-555	-80
31 Mar 18	120	-697	-757	-556	-80
1 Apr 18	121	-697	-758	-556	-80
2 Apr 18	122	-697	-759	-557	-80
3 Apr 18	123	-698	-759	-557	-80
4 Apr 18	124	-698	-759	-557	-80
5 Apr 18	125	-698	-759	-557	-80
6 Apr 18	126	-698	-761	-558	-80
7 Apr 18	127	-698	-761	-558	-80
8 Apr 18	128	-698	-761	-558	-80
9 Apr 18	129	-698	-762	-559	-80
10 Apr 18	130	-698	-763	-559	-80
11 Apr 18	131	-698	-763	-559	-80
12 Apr 18	132	-700	-765	-561	-80
13 Apr 18	133	-700	-765	-561	-80
14 Apr 18	134	-700	-765	-561	-82
15 Apr 18	135	-700	-765	-561	-80
16 Apr 18	136	-700	-765	-561	-82
17 Apr 18	137	-700	-765	-563	-82
18 Apr 18	138	-700	-765	-565	-82
19 Apr 18	139	-700	-767	-567	-82
20 Apr 18	140	-700	-769	-569	-80
21 Apr 18	141	-700	-770	-570	-80
22 Apr 18	142	-700	-773	-572	-80
23 Apr 18	143	-700	-775	-574	-80
24 Apr 18	144	-700	-775	-574	-80
25 Apr 18	145	-700	-775	-574	-80
26 Apr 18	146	-700	-775	-574	-80
27 Apr 18	147	-700	-775	-574	-80
28 Apr 18	148	-701	-777	-575	-81
29 Apr 18	149	-701	-777	-575	-81
30 Apr 18	150	-701	-778	-576	-81
1 May 18	151	-701	-779	-577	-81
2 May 18	152	-701	-779	-577	-81
3 May 18	153	-703	-781	-580	-81
4 May 18	154	-703	-781	-580	-81



		SP.13 L	SP.13 CL	SP.13 R	
Tanggal	Hari Ke-	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Tekanan Vacum (Kpa)
5 May 18	155	-705	-783	-582	-81
6 May 18	156	-706	-784	-583	-81
7 May 18	157	-706	-784	-584	-81
8 May 18	158	-708	-786	-586	-81
9 May 18	159	-709	-787	-587	-81
10 May 18	160	-709	-787	-587	-81
11 May 18	161	-709	-787	-587	-81
12 May 18	162	-709	-787	-587	-81
13 May 18	163	-709	-787	-587	-81
14 May 18	164	-709	-787	-587	-81
15 May 18	165	-709	-787	-587	-81
16 May 18	166	-709	-787	-587	-81
17 May 18	167	-709	-788	-589	-81
18 May 18	168	-718	-788	-595	-81
19 May 18	169	-723	-788	-598	-81
20 May 18	170	-725	-788	-599	-81
21 May 18	171	-726	-788	-601	-81
22 May 18	172	-729	-788	-605	-81
23 May 18	173	-731	-790	-609	-81
24 May 18	174	-732	-790	-611	-81
25 May 18	175	-734	-791	-614	-83
26 May 18	176	-735	-791	-615	-83
27 May 18	177	-737	-793	-618	-83
28 May 18	178	-738	-793	-619	-83
29 May 18	179	-740	-795	-621	-83
30 May 18	180	-740	-796	-622	-83
31 May 18	181	-741	-797	-624	-83
1 Jun 18	182	-741	-798	-626	-83
2 Jun 18	183	-743	-800	-629	-83
3 Jun 18	184	-743	-800	-630	-83
4 Jun 18	185	-745	-802	-632	-83
5 Jun 18	186	-746	-803	-633	-83
6 Jun 18	187	-751	-816	-647	-83
7 Jun 18	188	-757	-823	-655	-83
8 Jun 18	189	-761	-827	-659	-83
9 Jun 18	190	-765	-829	-663	-83
10 Jun 18	191	-767	-831	-666	-83
11 Jun 18	192	-770	-834	-669	-83
12 Jun 18	193	-772	-836	-671	-83
13 Jun 18	194	-773	-837	-672	-83
14 Jun 18	195	-774	-837	-673	-83
15 Jun 18	196	-774	-837	-673	-83
16 Jun 18	197	-775	-838	-675	-83
17 Jun 18	198	-775	-838	-676	-82
18 Jun 18	199	-775	-838	-676	-82
19 Jun 18	200	-775	-838	-676	-82
20 Jun 18	201	-775	-838	-676	-82
21 Jun 18	202	-775	-838	-676	-82
22 Jun 18	203	-775	-838	-676	-82
23 Jun 18	204	-775	-838	-676	-82
24 Jun 18	205	-775	-838	-676	-82
25 Jun 18	206	-775	-838	-676	-82
26 Jun 18	207	-778	-842	-680	-82
27 Jun 18	208	-780	-845	-683	-82
28 Jun 18	209	-781	-846	-685	-82
29 Jun 18	210	-781	-846	-685	-82
30 Jun 18	211	-781	-846	-685	-82
1 Jul 18	212	-782	-846	-687	-82
2 Jul 18	213	-783	-847	-688	-82
3 Jul 18	214	-784	-847	-690	-82
4 Jul 18	215	-784	-847	-691	-82
5 Jul 18	216	-785	-849	-693	-82
6 Jul 18	217	-785	-850	-694	-82
7 Jul 18	218	-785	-850	-694	-82
8 Jul 18	219	-785	-850	-694	-82
9 Jul 18	220	-785	-850	-694	-82
10 Jul 18	221	-785	-850	-694	-82
11 Jul 18	222	-785	-850	-694	-82
12 Jul 18	223	-787	-852	-696	-82
13 Jul 18	224	-787	-852	-696	-82
14 Jul 18	225	-787	-852	-696	-82
15 Jul 18	226	-788	-853	-698	-82
16 Jul 18	227	-788	-853	-699	-82
17 Jul 18	228	-788	-853	-699	-82
18 Jul 18	229	-788	-853	-700	-82
19 Jul 18	230	-788	-853	-700	-82
20 Jul 18	231	-788	-855	-702	-82
21 Jul 18	232	-788	-856	-703	-82
22 Jul 18	233	-790	-857	-704	-82
23 Jul 18	234	-791	-857	-704	-82
24 Jul 18	235	-791	-857	-704	-82

	SP.13 L	SP.13 CL	SP.13 R	
Tanggal	Hari Ke-	Total Settlement (mm)	Total Settlement (mm)	Tekanan Vacum (Kpa)
25 Jul 18	236	-791	-857	-82
26 Jul 18	237	-791	-857	-82
27 Jul 18	238	-791	-857	-82



Tanggal	Hari Ke-	VG SP.11 L	VG SP. 11 CL	VG SP. 11 R
		Tekanan Vacuum (Kpa)	Tekanan Vacuum (Kpa)	Tekanan Vacuum (Kpa)
1 Dec 17	IR	0	0	0
2 Dec 17	1			
3 Dec 17	2			
4 Dec 17	3			
5 Dec 17	4			
6 Dec 17	5	27	23	18
7 Dec 17	6	36	30	28
8 Dec 17	7	43	40	34
9 Dec 17	8	46	42	39
10 Dec 17	9	50	45	40
11 Dec 17	10	58	50	47
12 Dec 17	11	65	57	50
13 Dec 17	12	69	60	60
14 Dec 17	13	69	60	61
15 Dec 17	14	69	60	61
16 Dec 17	15	71	62	63
17 Dec 17	16	71	62	63
18 Dec 17	17	71	68	63
19 Dec 17	18	71	68	63
20 Dec 17	19	71	68	63
21 Dec 17	20	73	68	63
22 Dec 17	21	80	69	67
23 Dec 17	22	82	71	69
24 Dec 17	23	82	71	69
25 Dec 17	24	83	72	72
26 Dec 17	25	81	72	72
27 Dec 17	26	80	72	72
28 Dec 17	27	82	72	72
29 Dec 17	28	82	72	72
30 Dec 17	29	82	72	72
31 Dec 17	30	83	72	72
1 Jan 18	31	83	72	72
2 Jan 18	32	83	72	72
3 Jan 18	33	83	72	72
4 Jan 18	34	82	72	72
5 Jan 18	35	83	72	72
6 Jan 18	36	80	72	72
7 Jan 18	37	82	72	72
8 Jan 18	38	80	72	72
9 Jan 18	39	80	72	72
10 Jan 18	40	82	73	74
11 Jan 18	41	85	75	78
12 Jan 18	42	83	74	78
13 Jan 18	43	83	74	78
14 Jan 18	44	83	74	78
15 Jan 18	45	81	75	78
16 Jan 18	46	81	75	78
17 Jan 18	47	81	75	78
18 Jan 18	48	81	75	78
19 Jan 18	49	81	75	78
20 Jan 18	50	80	75	78
21 Jan 18	51	80	75	78
22 Jan 18	52	80	75	78
23 Jan 18	53	80	75	78
24 Jan 18	54	80	75	78
25 Jan 18	55	80	75	78
26 Jan 18	56	80	75	78
27 Jan 18	57	80	77	78
28 Jan 18	58	80	77	78
29 Jan 18	59	80	77	78
30 Jan 18	60	80	79	78
31 Jan 18	61	80	80	78
1 Feb 18	62	80	80	78
2 Feb 18	63	80	81	78
3 Feb 18	64	80	81	78
4 Feb 18	65	80	82	78
5 Feb 18	66	80	80	78
6 Feb 18	67	80	80	78
7 Feb 18	68	80	80	78
8 Feb 18	69	80	80	80
9 Feb 18	70	82	81	80

Tanggal	Hari Ke-	Tekanan Vacum (Kpa)	Tekanan Vacum (Kpa)	Tekanan Vacum (Kpa)
10 Feb 18	71	82	82	82
11 Feb 18	72	81	82	81
12 Feb 18	73	80	80	80
13 Feb 18	74	80	82	80
14 Feb 18	75	80	80	80
15 Feb 18	76	80	80	80
16 Feb 18	77	80	80	82
17 Feb 18	78	82	82	80
18 Feb 18	79	84	83	83
19 Feb 18	80	84	84	81
20 Feb 18	81	84	84	80
21 Feb 18	82	84	84	82
22 Feb 18	83	85	85	82
23 Feb 18	84	85	85	83
24 Feb 18	85	85	85	83
25 Feb 18	86	85	85	83
26 Feb 18	87	83	83	81
27 Feb 18	88	84	84	80
28 Feb 18	89	84	84	80
1 Mar 18	90	83	84	80
2 Mar 18	91	82	84	80
3 Mar 18	92	82	84	80
4 Mar 18	93	82	84	80
5 Mar 18	94	80	82	80
6 Mar 18	95	80	83	80
7 Mar 18	96	84	82	80
8 Mar 18	97	82	82	80
9 Mar 18	98	82	82	80
10 Mar 18	99	83	83	80
11 Mar 18	100	84	83	80
12 Mar 18	101	84	83	80
13 Mar 18	102	84	82	80
14 Mar 18	103	86	84	80
15 Mar 18	104	86	84	80
16 Mar 18	105	86	84	80
17 Mar 18	106	84	85	80
18 Mar 18	107	84	84	80
19 Mar 18	108	84	84	80
20 Mar 18	109	84	82	80
21 Mar 18	110	84	82	80
22 Mar 18	111	84	82	80
23 Mar 18	112	82	82	80
24 Mar 18	113	82	82	80
25 Mar 18	114	82	82	80
26 Mar 18	115	83	82	80
27 Mar 18	116	84	82	80
28 Mar 18	117	84	82	80
29 Mar 18	118	84	82	80
30 Mar 18	119	84	82	80
31 Mar 18	120	84	82	80
1 Apr 18	121	85	82	80
2 Apr 18	122	85	82	80
3 Apr 18	123	85	82	80
4 Apr 18	124	85	82	80
5 Apr 18	125	84	82	80
6 Apr 18	126	84	82	80
7 Apr 18	127	82	82	80
8 Apr 18	128	82	82	80
9 Apr 18	129	84	82	80
10 Apr 18	130	84	82	80
11 Apr 18	131	84	80	80
12 Apr 18	132	84	80	80
13 Apr 18	133	84	81	80
14 Apr 18	134	84	82	82
15 Apr 18	135	84	82	80
16 Apr 18	136	86	82	82
17 Apr 18	137	84	82	82
18 Apr 18	138	84	82	82
19 Apr 18	139	84	82	82
20 Apr 18	140	82	82	80
21 Apr 18	141	84	84	80
22 Apr 18	142	84	82	80
23 Apr 18	143	82	82	80
24 Apr 18	144	82	82	80
25 Apr 18	145	82	82	80
26 Apr 18	146	80	82	80

Tanggal	Hari Ke-	Tekanan Vacum (Kpa)	Tekanan Vacum (Kpa)	Tekanan Vacum (Kpa)
27 Apr 18	147	80	82	80
28 Apr 18	148	84	82	81
29 Apr 18	149	84	82	81
30 Apr 18	150	82	82	81
1 May 18	151	82	82	81
2 May 18	152	82	82	81
3 May 18	153	80	80	81
4 May 18	154	80	80	81
5 May 18	155	80	80	81
6 May 18	156	80	80	81
7 May 18	157	80	80	81
8 May 18	158	80	80	81
9 May 18	159	80	80	81
10 May 18	160	80	80	81
11 May 18	161	80	80	81
12 May 18	162	80	80	81
13 May 18	163	80	80	81
14 May 18	164	81	80	81
15 May 18	165	81	80	81
16 May 18	166	81	80	81
17 May 18	167	81	80	81
18 May 18	168	81	80	81
19 May 18	169	81	80	81
20 May 18	170	82	82	81
21 May 18	171	82	82	81
22 May 18	172	82	82	81
23 May 18	173	82	82	81
24 May 18	174	82	82	81
25 May 18	175	85	82	83
26 May 18	176	85	82	83
27 May 18	177	85	82	83
28 May 18	178	85	82	83
29 May 18	179	85	82	83
30 May 18	180	85	82	83
31 May 18	181	85	82	83
1 Jun 18	182	85	82	83
2 Jun 18	183	85	82	83
3 Jun 18	184	85	82	83
4 Jun 18	185	85	82	83
5 Jun 18	186	85	82	83
6 Jun 18	187	85	82	83
7 Jun 18	188	85	82	83
8 Jun 18	189	85	82	83
9 Jun 18	190	85	82	83
10 Jun 18	191	85	82	83
11 Jun 18	192	85	82	83
12 Jun 18	193	85	82	83
13 Jun 18	194	85	82	83
14 Jun 18	195	85	81	83
15 Jun 18	196	85	81	83
16 Jun 18	197	85	81	83
17 Jun 18	198	83	81	83
18 Jun 18	199	83	81	83
19 Jun 18	200	83	81	83
20 Jun 18	201	83	81	83
21 Jun 18	202	83	81	83
22 Jun 18	203	83	81	83
23 Jun 18	204	83	81	83
24 Jun 18	205	83	81	83
25 Jun 18	206	83	81	83
26 Jun 18	207	83	81	83
27 Jun 18	208	83	81	83
28 Jun 18	209	83	81	83
29 Jun 18	210	83	81	83
30 Jun 18	211	83	81	83
1 Jul 18	212	83	81	83
2 Jul 18	213	83	81	83
3 Jul 18	214	83	81	83
4 Jul 18	215	83	81	83
5 Jul 18	216	83	81	83
6 Jul 18	217	83	81	83
7 Jul 18	218	83	81	83
8 Jul 18	219	83	81	83
9 Jul 18	220	83	81	83
10 Jul 18	221	83	81	83
11 Jul 18	222	83	81	83

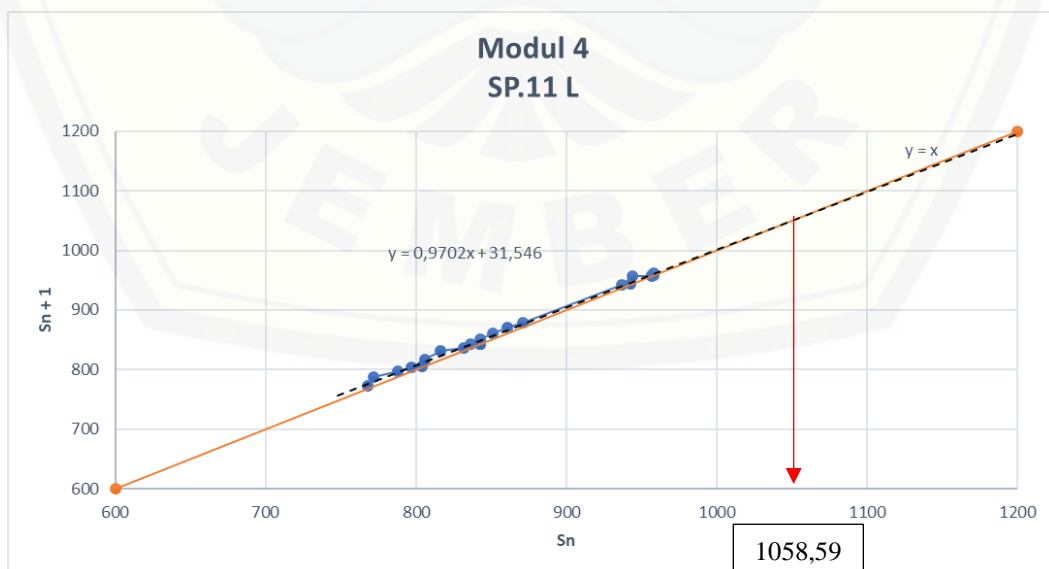
Tanggal	Hari Ke-	VG SP.11 L Tekanan Vacum (Kpa)	VG SP.11 CL Tekanan Vacum (Kpa)	VG SP.11 R Tekanan Vacum (Kpa)
12 Jul 18	223	83	81	83
13 Jul 18	224	83	81	83
14 Jul 18	225	83	81	83
15 Jul 18	226	83	81	83
16 Jul 18	227	83	81	83
17 Jul 18	228	83	81	83
18 Jul 18	229	83	81	83
19 Jul 18	230	83	81	83
20 Jul 18	231	83	81	83
21 Jul 18	232	83	81	83
22 Jul 18	233	83	81	83
23 Jul 18	234	83	81	83
24 Jul 18	235	83	81	83
25 Jul 18	236	83	81	83
26 Jul 18	237	83	81	83
27 Jul 18	238	83	81	83



Lampiran 4

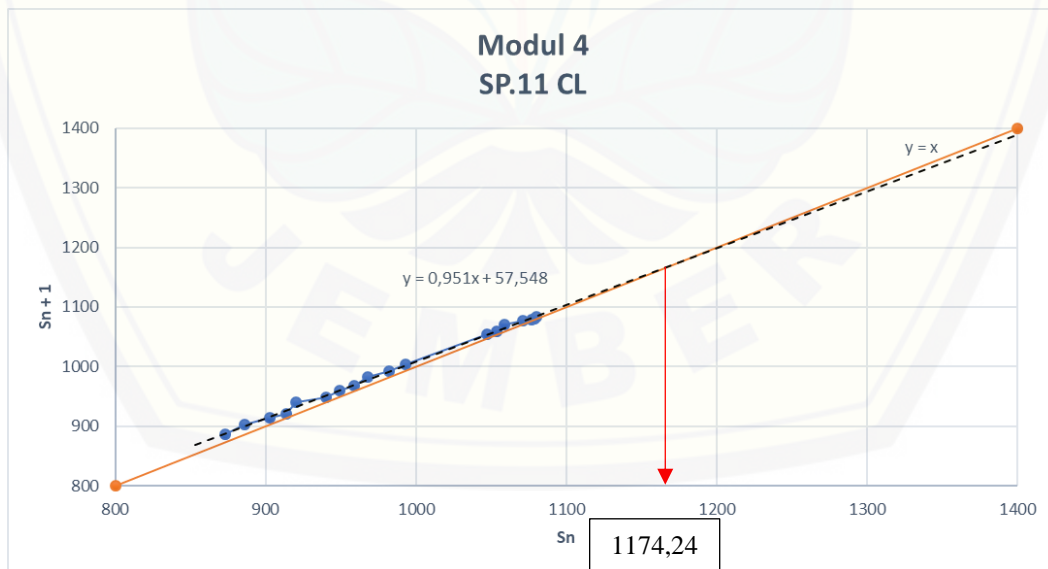
SP. 11 L

Hari ke	Sn	Sn + 1	Konsolidasi (%)
70	768	772	72,55
77	772	788	72,93
84	788	797	74,44
91	797	804	75,29
98	804	806	75,95
105	806	816	76,14
112	816	832	77,08
119	832	836	78,60
126	836	843	78,97
133	843	843	79,63
140	843	843	79,63
147	843	843	79,63
154	843	851	79,63
161	851	861	80,39
168	861	871	81,33
175	871	878	82,28
189	937	943	88,51
196	943	944	89,08
203	944	957	89,18
210	957	957	90,40
217	957	958	90,40
224	958	958	90,50
231	958	962	90,50
238	962	0	90,88



SP. 11 CL

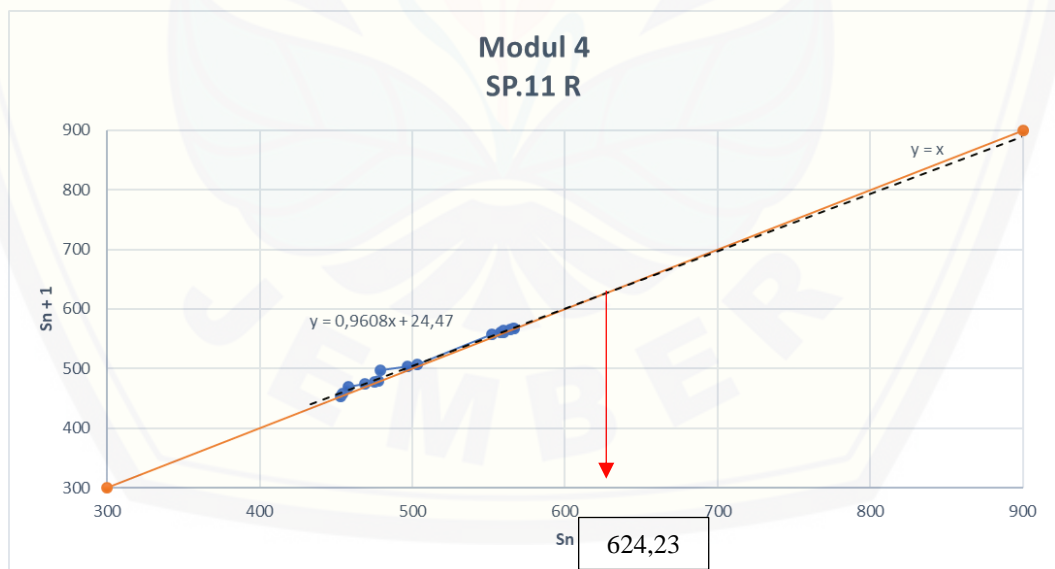
Hari ke	$S_n$	$S_{n+1}$	Konsolidasi (%)
105	873	886	74,35
112	886	903	75,45
119	903	914	76,90
126	914	920	77,84
133	920	940	78,35
140	940	949	80,05
147	949	959	80,82
154	959	968	81,67
161	968	982	82,44
168	982	993	83,63
175	993	1003	84,56
189	1047	1054	89,16
196	1054	1059	89,76
203	1059	1071	90,19
210	1071	1077	91,21
217	1077	1079	91,72
224	1079	1080	91,89
231	1080	1083	91,97
238	1083	0	92,23





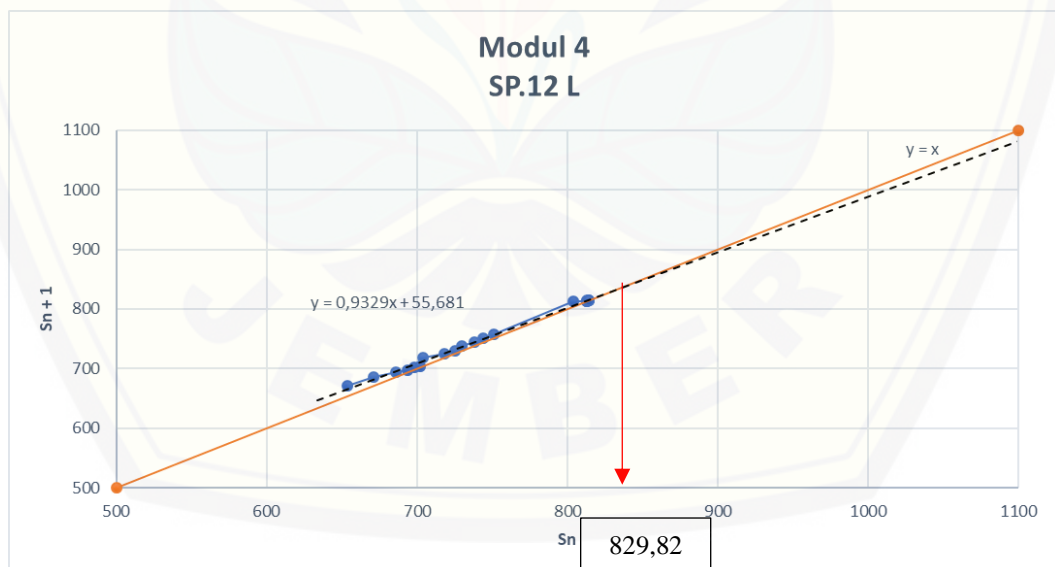
SP. 11 R

Hari ke	$S_n$	$S_{n+1}$	Konsolidasi (%)
119	453	454	72,57
126	454	458	72,73
133	458	469	73,37
140	469	475	75,13
147	475	478	76,09
154	478	479	76,57
161	479	497	76,73
168	497	503	79,62
175	503	507	80,58
189	552	558	88,43
196	558	560	89,39
203	560	560	89,71
210	560	564	89,71
217	564	566	90,35
224	566	567	90,67
231	567	568	90,83
238	568	0	90,99



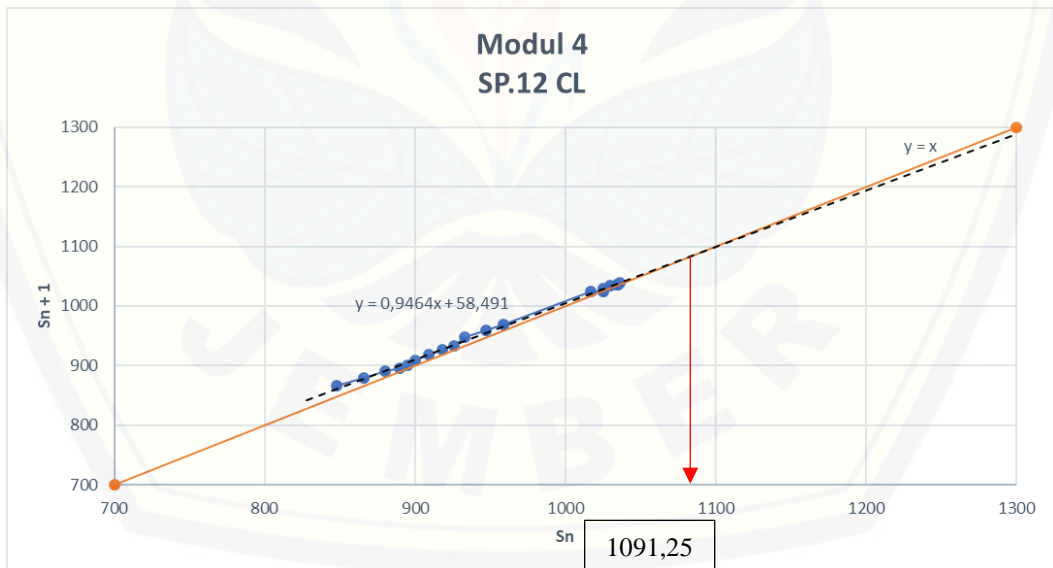
SP. 12 L

Hari ke	$S_n$	$S_{n+1}$	Konsolidasi (%)
91	654	671	78,81
98	671	686	80,86
105	686	694	82,67
112	694	698	83,63
119	698	702	84,11
126	702	704	84,60
133	704	718	84,84
140	718	725	86,52
147	725	730	87,37
154	730	738	87,97
161	738	744	88,93
168	744	751	89,66
175	751	757	90,50
189	804	813	96,89
196	813	813	97,97
203	813	813	97,97
210	813	814	97,97
217	814	814	98,09
224	814	814	98,09
231	814	815	98,09
238	815	0	98,21



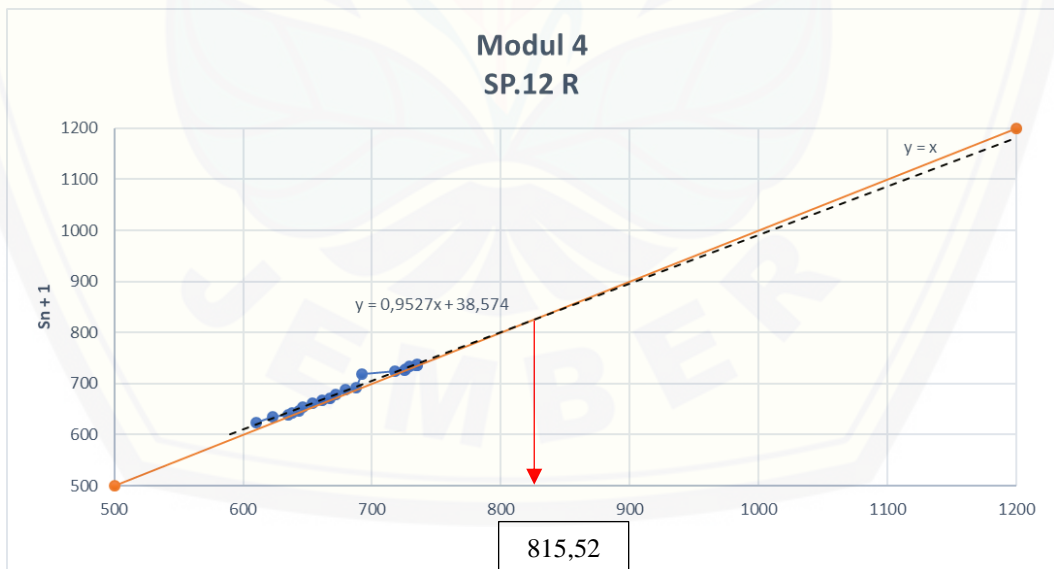
SP.12 CL

Hari ke	$S_n$	$S_{n+1}$	Konsolidasi (%)
98	848	866	77,71
105	866	880	79,36
112	880	890	80,64
119	890	895	81,56
126	895	900	82,02
133	900	909	82,47
140	909	918	83,30
147	918	926	84,12
154	926	933	84,86
161	933	947	85,50
168	947	959	86,78
175	959	969	87,88
189	1017	1025	93,20
196	1025	1025	93,93
203	1025	1030	93,93
210	1030	1034	94,39
217	1034	1035	94,75
224	1035	1036	94,85
231	1036	1039	94,94
238	1039	0	95,21



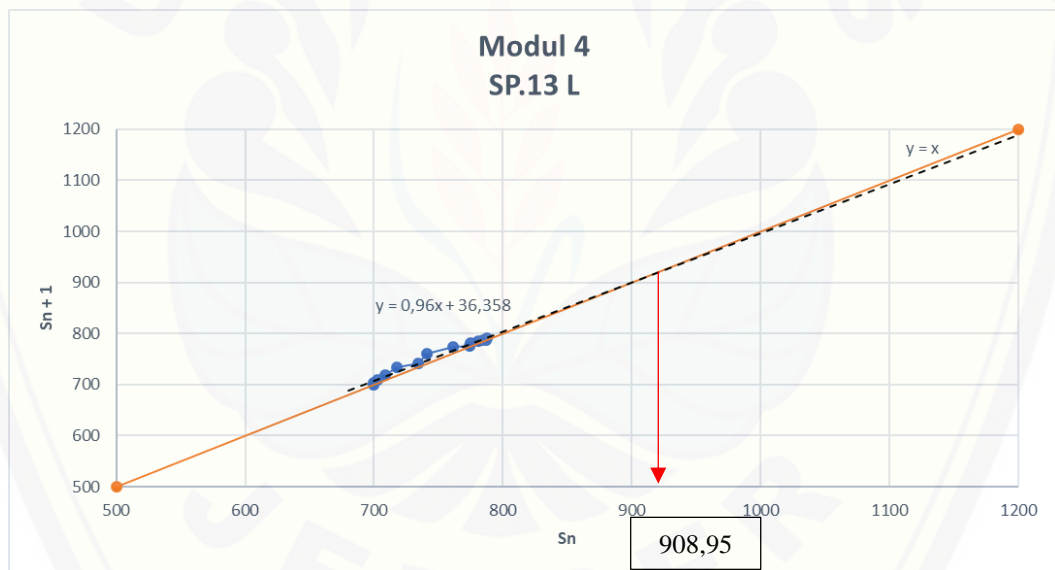
SP.12 R

Hari ke	Sn	Sn + 1	Konsolidasi (%)
98	610	623	74,80
105	623	635	76,39
112	635	638	77,86
119	638	643	78,23
126	643	646	78,85
133	646	654	79,21
140	654	661	80,19
147	661	667	81,05
154	667	672	81,79
161	672	679	82,40
168	679	688	83,26
175	688	692	84,36
182	692	718	84,85
189	718	725	88,04
196	725	726	88,90
203	726	729	89,02
210	729	734	89,39
217	734	735	90,00
224	735	735	90,13
231	735	738	90,13
238	738	0	90,49



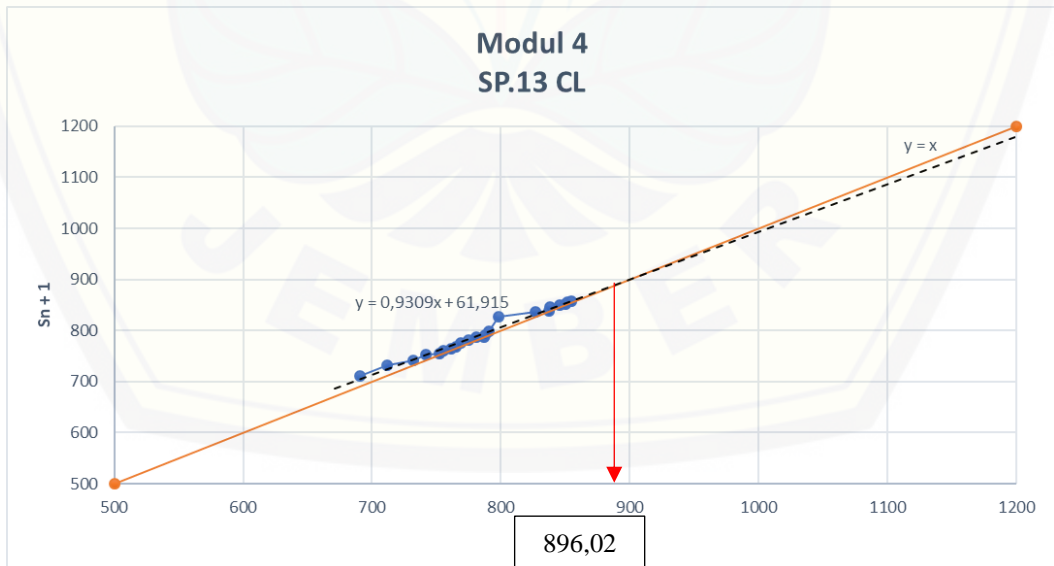
SP.13 L

Hari ke	$S_n$	$S_{n+1}$	Konsolidasi (%)
140	700	700	77,01
147	700	703	77,01
154	703	709	77,34
161	709	718	78,00
168	718	734	78,99
175	734	741	80,75
182	741	761	81,52
189	761	774	83,72
196	774	775	85,15
203	775	781	85,26
210	781	785	85,92
217	785	787	86,36
224	787	788	86,58
231	788	791	86,69
238	791	0	87,02



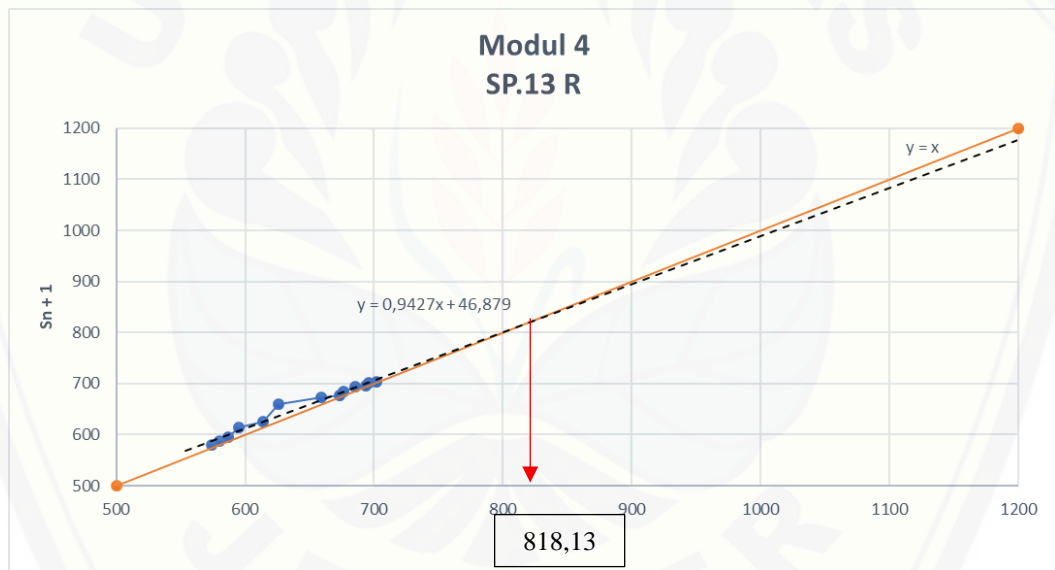
SP. 13 CL

Hari ke	Sn	Sn + 1	Konsolidasi (%)
84	691	712	77,12
91	712	732	79,46
98	732	742	81,69
105	742	752	82,81
112	752	755	83,93
119	755	761	84,26
126	761	765	84,93
133	765	769	85,38
140	769	775	85,82
147	775	781	86,49
154	781	787	87,16
161	787	788	87,83
168	788	791	87,94
175	791	798	88,28
182	798	827	89,06
189	827	837	92,30
196	837	838	93,41
203	838	846	93,52
210	846	850	94,42
217	850	852	94,86
224	852	855	95,09
231	855	857	95,42
238	857	0	95,65

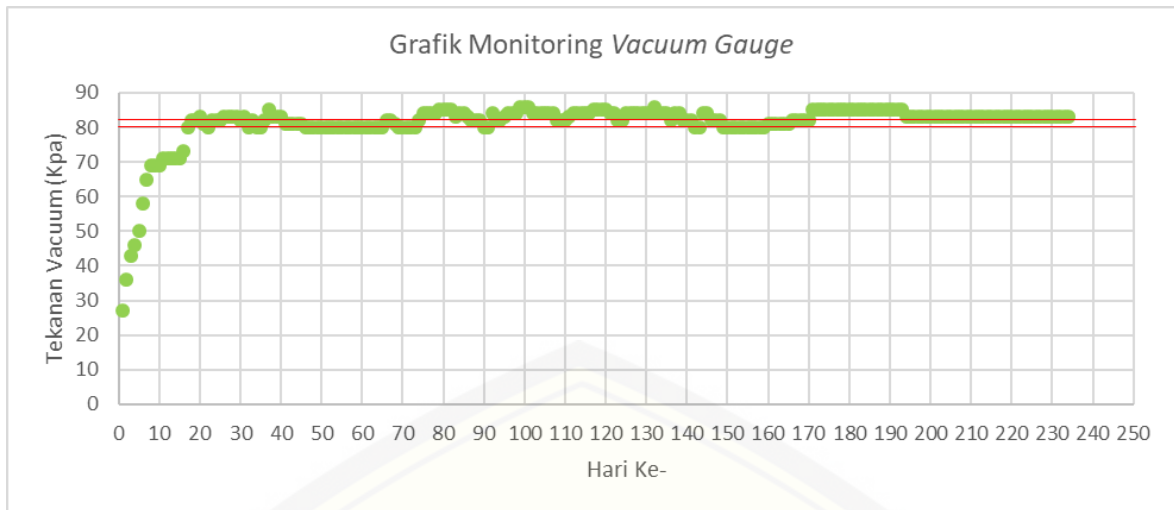


SP. 13 R

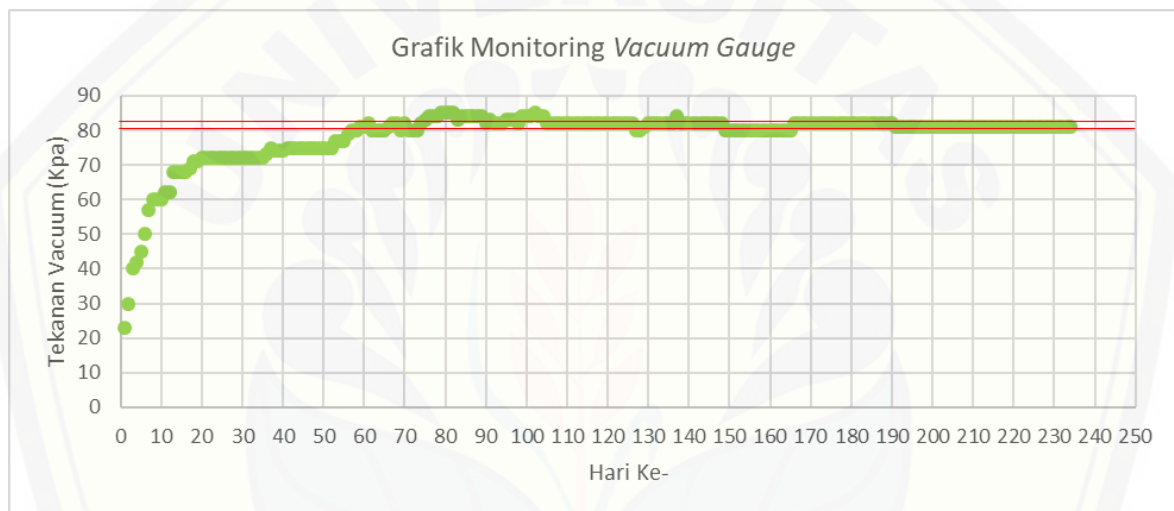
Hari ke	$S_n$	$S_{n+1}$	Konsolidasi (%)
147	574	580	70,16
154	580	587	70,89
161	587	595	71,75
168	595	614	72,73
175	614	626	75,05
182	626	659	76,52
189	659	673	80,55
196	673	676	82,26
203	676	685	82,63
210	685	694	83,73
217	694	696	84,83
224	696	702	85,07
231	702	704	85,81
238	704	0	86,05



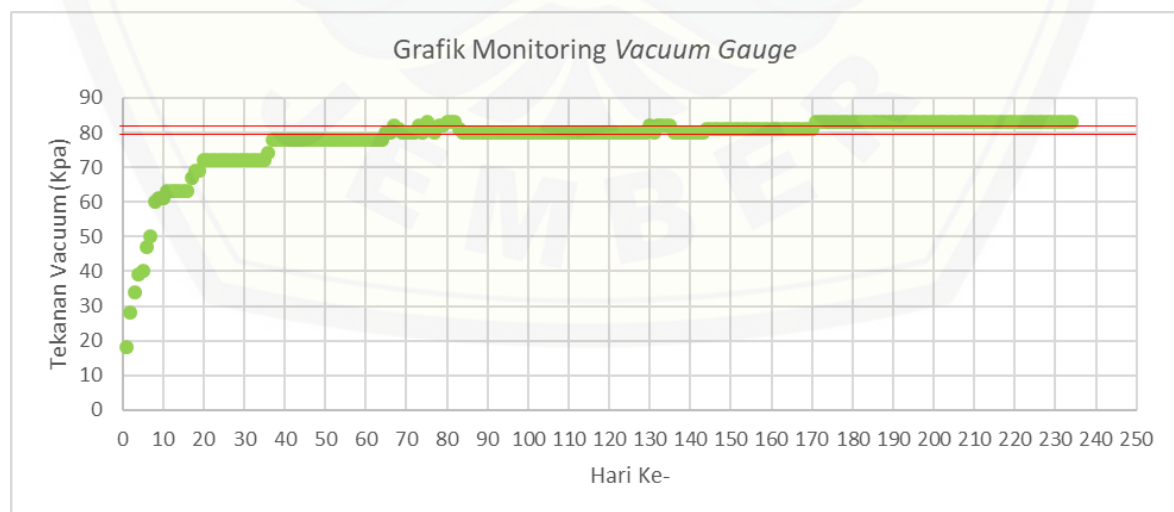
VG SP.11 CL



VG SP.12 CL



VG SP.13 CL





**Lampiran 6**

SP.11 L Penurunan Estimasi Asaoka 1,0586 m				SP.11 CL Penurunan Estimasi Asaoka 1,1742 m				SP.11 R Penurunan Estimasi Asaoka 0,6242 m			
No Layer	Presentase Penurunan	Penurunan Asaoka	Cc	No Layer	Presentase Penurunan	Penurunan Asaoka	Cc	No Layer	Presentase Penurunan	Penurunan Asaoka	Cc
1	14,25	0,151	0,485	1	14,25	0,167	0,538	1	14,25	0,089	0,286
2	11,92	0,126	0,485	2	11,92	0,140	0,538	2	11,92	0,074	0,286
3	7,93	0,084	0,370	3	7,93	0,093	0,411	3	7,93	0,049	0,218
4	6,96	0,074	0,370	4	6,96	0,082	0,411	4	6,96	0,043	0,218
5	6,23	0,066	0,370	5	6,23	0,073	0,411	5	6,23	0,039	0,218
6	5,51	0,058	0,370	6	5,51	0,065	0,411	6	5,51	0,034	0,218
7	5,03	0,053	0,370	7	5,03	0,059	0,411	7	5,03	0,031	0,218
8	4,63	0,049	0,370	8	4,63	0,054	0,411	8	4,63	0,029	0,218
9	4,85	0,051	0,436	9	4,85	0,057	0,484	9	4,85	0,030	0,257
10	4,53	0,048	0,436	10	4,53	0,053	0,484	10	4,53	0,028	0,257
11	4,24	0,045	0,436	11	4,24	0,050	0,484	11	4,24	0,026	0,257
12	3,99	0,042	0,436	12	3,99	0,047	0,484	12	3,99	0,025	0,257
13	3,77	0,040	0,436	13	3,77	0,044	0,484	13	3,77	0,024	0,257
14	3,56	0,038	0,436	14	3,56	0,042	0,484	14	3,56	0,022	0,257
15	3,38	0,036	0,436	15	3,38	0,040	0,484	15	3,38	0,021	0,257
16	3,22	0,034	0,436	16	3,22	0,038	0,484	16	3,22	0,020	0,257
17	3,07	0,032	0,436	17	3,07	0,036	0,484	17	3,07	0,019	0,257
18	2,93	0,031	0,436	18	2,93	0,034	0,484	18	2,93	0,018	0,257

SP.12 L Penurunan Estimasi Asaoka      0,8298 m				SP.12 CL Penurunan Estimasi Asaoka      1,0913 m				SP.12 R Penurunan Estimasi Asaoka      0,8155 m			
No Layer	Presentase Penurunan	Penurunan Asaoka	Cc	No Layer	Presentase Penurunan	Penurunan Asaoka	Cc	No Layer	Presentase Penurunan	Penurunan Asaoka	Cc
1	14,25	0,118	0,380	1	14,25	0,155	0,500	1	14,25	0,116	0,374
2	11,92	0,099	0,380	2	11,92	0,130	0,500	2	11,92	0,097	0,374
3	7,93	0,066	0,290	3	7,93	0,087	0,382	3	7,93	0,065	0,285
4	6,96	0,058	0,290	4	6,96	0,076	0,382	4	6,96	0,057	0,285
5	6,23	0,052	0,290	5	6,23	0,068	0,382	5	6,23	0,051	0,285
6	5,51	0,046	0,290	6	5,51	0,060	0,382	6	5,51	0,045	0,285
7	5,03	0,042	0,290	7	5,03	0,055	0,382	7	5,03	0,041	0,285
8	4,63	0,038	0,290	8	4,63	0,051	0,382	8	4,63	0,038	0,285
9	4,85	0,040	0,342	9	4,85	0,053	0,449	9	4,85	0,040	0,336
10	4,53	0,038	0,342	10	4,53	0,049	0,449	10	4,53	0,037	0,336
11	4,24	0,035	0,342	11	4,24	0,046	0,449	11	4,24	0,035	0,336
12	3,99	0,033	0,342	12	3,99	0,044	0,449	12	3,99	0,033	0,336
13	3,77	0,031	0,342	13	3,77	0,041	0,449	13	3,77	0,031	0,336
14	3,56	0,030	0,342	14	3,56	0,039	0,449	14	3,56	0,029	0,336
15	3,38	0,028	0,342	15	3,38	0,037	0,449	15	3,38	0,028	0,336
16	3,22	0,027	0,342	16	3,22	0,035	0,449	16	3,22	0,026	0,336
17	3,07	0,025	0,342	17	3,07	0,033	0,449	17	3,07	0,025	0,336
18	2,93	0,024	0,342	18	2,93	0,032	0,449	18	2,93	0,024	0,336

## SP.13 L

Penurunan Estimasi Asaoka      0,9089    m

No Layer	Presentase Penurunan	Penurunan Asaoka	Cc
1	14,25	0,130	0,417
2	11,92	0,108	0,417
3	7,93	0,072	0,318
4	6,96	0,063	0,318
5	6,23	0,057	0,318
6	5,51	0,050	0,318
7	5,03	0,046	0,318
8	4,63	0,042	0,318
9	4,85	0,044	0,374
10	4,53	0,041	0,374
11	4,24	0,039	0,374
12	3,99	0,036	0,374
13	3,77	0,034	0,374
14	3,56	0,032	0,374
15	3,38	0,031	0,374
16	3,22	0,029	0,374
17	3,07	0,028	0,374
18	2,93	0,027	0,374

## SP.13 CL

Penurunan Estimasi Asaoka      0,8960    m

No Layer	Presentase Penurunan	Penurunan Asaoka	Cc
1	14,25	0,128	0,411
2	11,92	0,107	0,411
3	7,93	0,071	0,313
4	6,96	0,062	0,313
5	6,23	0,056	0,313
6	5,51	0,049	0,313
7	5,03	0,045	0,313
8	4,63	0,041	0,313
9	4,85	0,043	0,369
10	4,53	0,041	0,369
11	4,24	0,038	0,369
12	3,99	0,036	0,369
13	3,77	0,034	0,369
14	3,56	0,032	0,369
15	3,38	0,030	0,369
16	3,22	0,029	0,369
17	3,07	0,027	0,369
18	2,93	0,026	0,369

## SP.13 R

Penurunan Estimasi Asaoka      0,8181    m

No Layer	Presentase Penurunan	Penurunan Asaoka	Cc
1	14,25	0,117	0,375
2	11,92	0,098	0,375
3	7,93	0,065	0,286
4	6,96	0,057	0,286
5	6,23	0,051	0,286
6	5,51	0,045	0,286
7	5,03	0,041	0,286
8	4,63	0,038	0,286
9	4,85	0,040	0,337
10	4,53	0,037	0,337
11	4,24	0,035	0,337
12	3,99	0,033	0,337
13	3,77	0,031	0,337
14	3,56	0,029	0,337
15	3,38	0,028	0,337
16	3,22	0,026	0,337
17	3,07	0,025	0,337
18	2,93	0,024	0,337