



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERBANDINGAN SETTLEMENT ANTARA TEORI  
DAN HASIL PENGAMATAN LAPANGAN PADA  
PROYEK LPG PLANT - BEKASI**

**SKRIPSI**

**YOPIE SURYADI**

**06 06 04 177 5**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK  
JULI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERBANDINGAN SETTLEMENT ANTARA TEORI  
DAN HASIL PENGAMATAN LAPANGAN PADA  
PROYEK LPG PLANT - BEKASI**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**YOPIE SURYADI**

**06 06 04 177 5**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM  
STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK  
JULI 2011**

i

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama Yopie Suryadi

NPM 0606041775

Tanda Tangan

Tanggal 20 Juli 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama Yopie Suryadi  
NPM 0606041775  
Program Studi Teknik Sipil  
Judul Skripsi Perbandingan Settlement Antara Teori Dan Hasil Pengamatan Lapangan Pada Proyek LPG Plant - Bekasi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing Ir. Widjoyo A. Prakoso, MSc., PhD.

Penguji I Prof. Dr.Ir. Tommy Ilyas, MEng.

Penguji II Dr. Ir. Damri zal Damoerin, MSc.

Ditetapkan di Depok

Tanggal 20 Juli 2011

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini. Laporan ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan tahap Sarjana di Departemen Teknik Sipil Universitas Indonesia.

Laporan Skripsi ini membahas mengenai perbandingan settlement antara teori dan hasil pengamatan di lapangan pada proyek LPG Plant - Bekasi. Tujuannya adalah mempelajari dan menganalisis perbedaan settlement yang dihasilkan secara teori dengan pengamatan di lapangan yang menggambarkan simpangan yang terjadi sehingga dapat diambil kesimpulan permasalahan dan penyelesaiannya.

Tidak lupa Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah banyak memberikan bantuan dalam penyusunan Skripsi ini, yaitu :

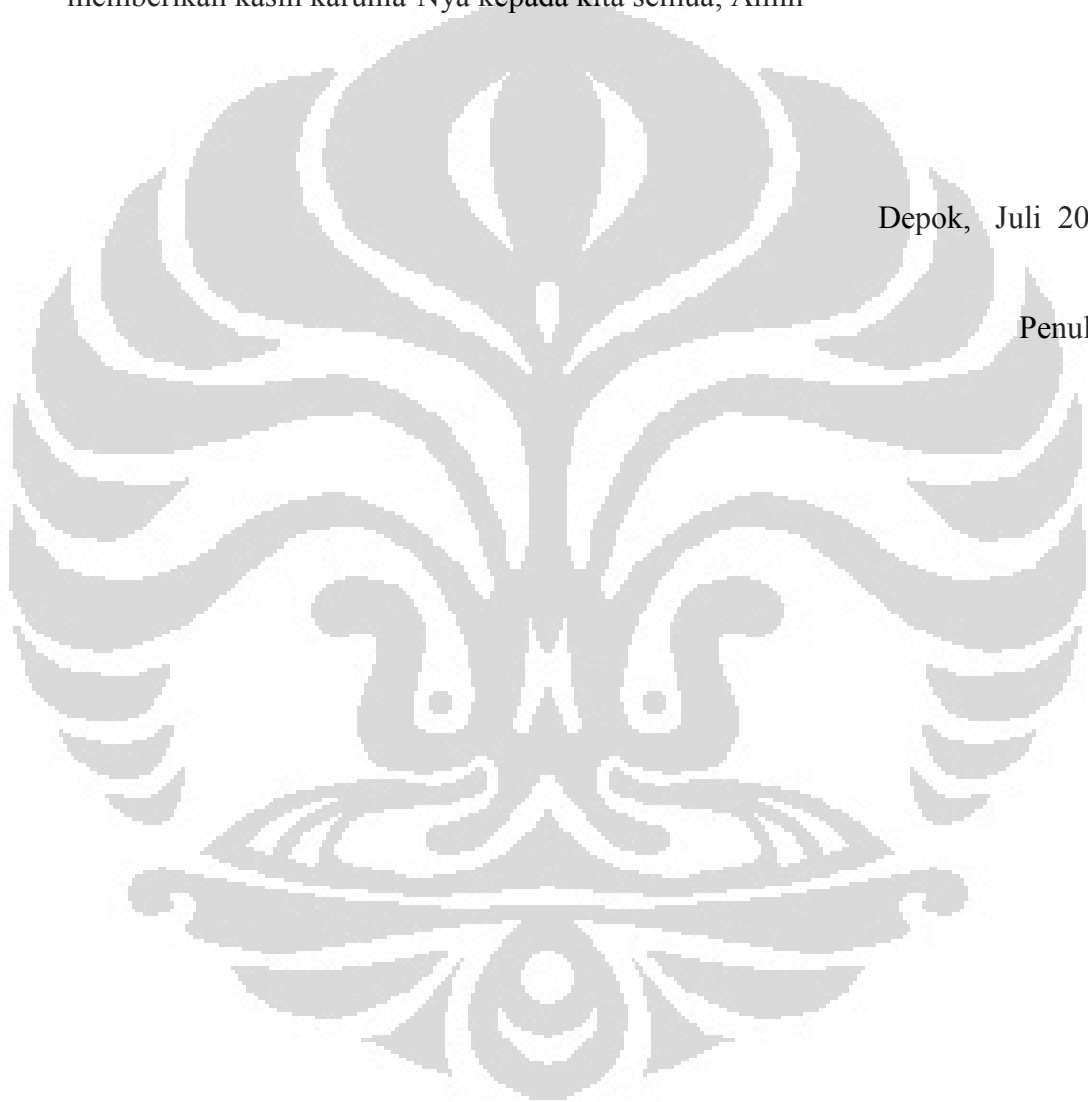
1. Bapak Ir. Widjojo Adi Prakoso, PhD selaku dosen pembimbing Tugas Akhir atas waktu, pengertian, kritik, saran, dan seluruh bentuk bimbingan yang diberikan.
2. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya yang tidak ternilai.
3. Seluruh Staf Laboratorium Mekanika Tanah atas masukan, saran dan bantuannya.
4. Seluruh Staf Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, yang telah memberikan bantuan dan kemudahan akademik.
5. Teman-teman ekstensi Angkatan 2006 yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
6. Dan semua pihak yang sudah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan baik dalam penyampaian maupun dalam kajian masalah. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Akhir kata, semoga penulisan Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT memberikan kasih karunia-Nya kepada kita semua, Amin

Depok, Juli 2011

Penulis,



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama                    Yopie Suryadi  
NPM                    0606041775  
Program Studi        Teknik Sipil  
Departemen          Teknik Sipil  
Fakultas              Teknjk  
Jenis karya          Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PERBANDINGAN SETTLEMENT ANTARA TEORI  
DAN HASIL PENGAMATAN LAPANGAN PADA  
PROYEK LPG PLANT - BEKASI**

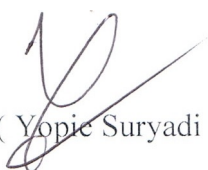
berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di            Depok

Pada tanggal      20 Juli 2011

Yang menyatakan

  
( Yopie Suryadi )

## ABSTRAK

Nama : Yopie Suryadi  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul : Perbandingan Settlement Antara Teori Dan Hasil Pengamatan Lapangan Pada Proyek LPG Plant - Bekasi

Pembangunan konstruksi bangunan sipil tidak selalu berada di atas tanah dasar yang relatif baik, tanah lunak sebagai konsekwensi tempat pelaksanaan konstruksi menjadi kendala terutama pada proses konsolidasi yang nilainya cukup besar dengan waktu yang lama.

Dalam pemodelan tanah berdasarkan parameter hasil uji lapangan dan uji laboratorium perlu ketelitian dan pemahaman yang komprehensif sehingga diperoleh pemodelan tanah yang mendekati kondisi ideal di lapangan. Dengan pemodelan yang akurat akan diperoleh estimasi settlement konsolidasi yang mendekati kondisi lapangan sehingga deviasi settlement hasil analisis teori dan pelaksanaan di lapangan bisa diminimalisir.

Dari hasil penelitian, perbaikan tanah dengan preloading dan drainase vertikal akan mempercepat proses settlement konsolidasi. Optimalisasi desain preloading dan drainase vertikal ( jarak spasi, kedalaman instalasi dan property material ) sangat mempengaruhi besaran settlement konsolidasi yang dihasilkan. Dengan perencanaan perbaikan tanah yang baik, akan menghasilkan waktu konsolidasi yang cepat dan biaya konstruksi yang ekonomis.

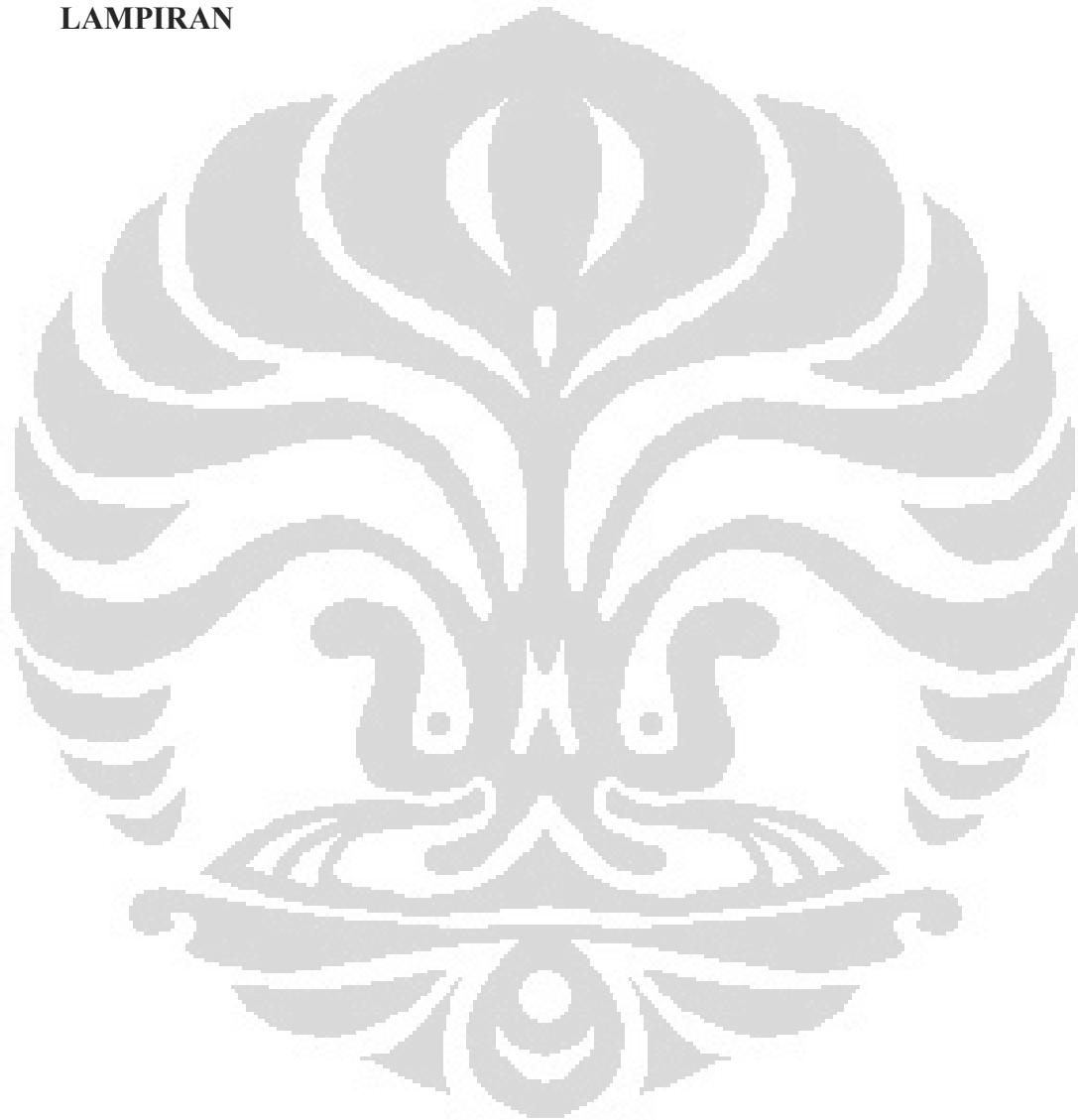
Kata kunci :  
Settlement, Konsolidasi, Perbaikan Tanah, Preloading, Drainase Vertikal



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	2
1.5 METODOLOGI PENELITIAN.....	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	4
<b>BAB II STUDI PUSTAKA</b>	
2.1 PENDAHULUAN.....	5
2.2 DASAR-DASAR SETTLEMENT.....	6
2.2.1 Penurunan Seketika.....	7
2.2.2 Penurunan Konsolidasi Primer.....	8
2.2.3 Penurunan Konsolidasi Sekunder.....	16
2.3 PRELOADING DAN VERTIKAL DRAIN.....	17
2.3.1 Pra Pembebanan.....	17
2.3.2 Vertikal Drain.....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 PENDAHULUAN.....	23
3.2 PENGUMPULAN DATA SETTLEMENT LAPANGAN.....	24
3.3 DATA PENYELIDIKAN TANAH.....	25
3.4 PERHITUNGAN SETTLEMENT SECARA TEORITIS.....	25
3.5 PERBANDINGAN SETTLEMENT HASIL TEORITIS DENGAN PENGAMATAN DI LAPANGAN.....	25
<b>BAB IV PERBANDINGAN SETTLEMENT ANTARA TEORI DAN HASIL PENGUKURAN DI LAPANGAN</b>	
4.1 PENDAHULUAN.....	26
4.2 DATA PROYEK.....	26
4.2.1 Data Monitoring Settlement.....	26
4.2.2 Data Penyelidikan Tanah.....	28
4.3 ANALISA SETTLEMENT.....	29
4.3.1 Perencanaan Preloading Bertahap.....	31
4.3.2 Perhitungan Settlement.....	33

4.3.3	Derajat Konsolidasi Vertikal.....	35
4.3.4	Derajat Konsolidasi Horizontal.....	36
4.3.5	Derajat Konsolidasi Effektif.....	37
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
6.1	KESIMPULAN.....	44
6.2	SARAN.....	45
<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>		<b>46</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

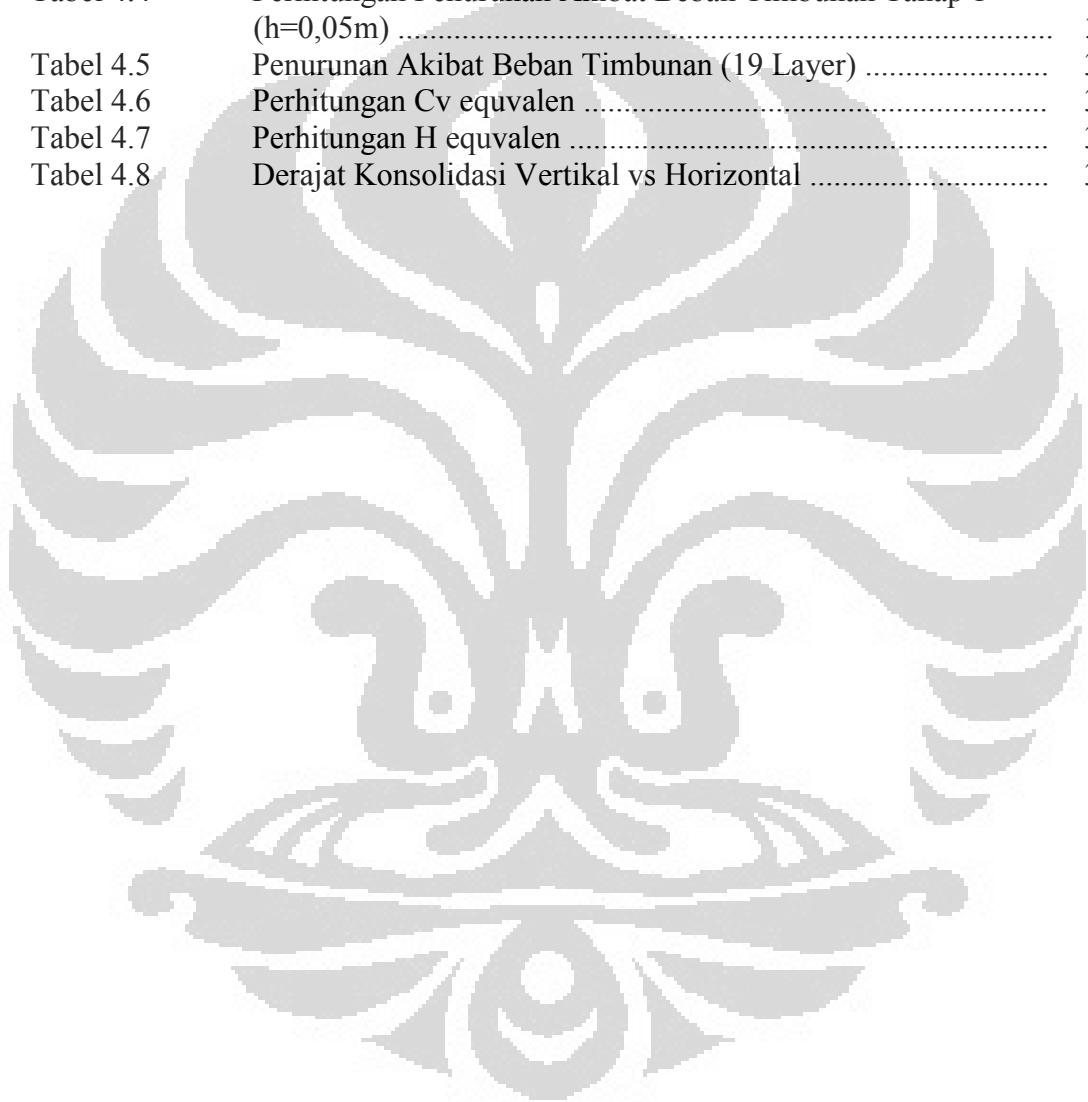


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi Proyek Pembangunan LPG Plant di Pondok Tengah – Kabupaten Bekasi.....	3
Gambar 2.1	Grafik waktu-pemampatan selama konsolidasi untuk suatu penambahan beban .....	6
Gambar 2.2	Variasi tegangan total, tekanan air pori dan tegangan efektif lapisan lempung pada saat $t = 0$ .....	8
Gambar 2.3	Variasi tegangan total, tekanan air pori dan tegangan efektif lapisan lempung pada saat $0 < t < \infty$ .....	9
Gambar 2.4	Variasi tegangan total, tekanan air pori dan tegangan efektif lapisan lempung pada saat $t = \infty$ .....	9
Gambar 2.5	Lapisan tanah, beban, diagram tekanan overburden dan akibat beban luar .....	11
Gambar 2.6	Prosedur penentuan tekanan prakonsolidasi dengan cara grafis..	12
Gambar 2.7	Grafik konsolidasi dimana $p_o \geq P_c$ .....	13
Gambar 2.8	Grafik konsolidasi dimana $p_o < P_c$ .....	13
Gambar 2.9	Grafik konsvariasi derajat konsolidasi terhadap faktor waktu ....	15
Gambar 2.10	Variasi $e$ versus $\log t$ untuk suatu penambahan beban, dan definisi indeks konsolidasi sekunder .....	16
Gambar 2.11	Konsep mempercepat penurunan dengan cara preloading .....	18
Gambar 2.12	Aliran air tanah dengan bantuan vertikal drain .....	19
Gambar 2.13	Skematik pemampatan vetikal drain dengan pola bujur sangkar dan segitiga sama sisi .....	20
Gambar 2.14	Pola aliran air pada tanah lempung dengan instalasi vertikal drain .....	20
Gambar 2.15	Typikal mandrel dengan vertikal drain .....	21
Gambar 3.1	Flow Chart Penelitian.....	24
Gambar 4.1	Potongan Timbunan Tanah (Preloading) dan Drainase Vertikal..	27
Gambar 4.2	Denah Pengamatan Settlement. ....	27
Gambar 4.3	Denah Lokasi Pengujian Tanah .....	28
Gambar 4.4	Stratifikasi Tanah Di Lahan Rencana LPG Plant .....	30
Gambar 4.5	Settlement Teori dan Pengamatan di Lapangan .....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Modulus Young .....	8
Tabel 2.2	Nilai Angka Poisson .....	8
Tabel 4.1	Tabel tinggi timbunan untuk preloading .....	32
Tabel 4.2	Perhitungan Over Burder Presure ( $P_o$ ) .....	33
Tabel 4.3	Perhitungan Beban Tambahan ( $\Delta P$ ) .....	33
Tabel 4.4	Perhitungan Penurunan Akibat Beban Timbunan Tahap 1 ( $h=0,05m$ ) .....	34
Tabel 4.5	Penurunan Akibat Beban Timbunan (19 Layer) .....	34
Tabel 4.6	Perhitungan $C_v$ equvalen .....	35
Tabel 4.7	Perhitungan $H$ equvalen .....	35
Tabel 4.8	Derajat Konsolidasi Vertikal vs Horizontal .....	38



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Pembangunan konstruksi tidak selalu berada di atas tanah dasar yang relatif baik, terkadang pembangunan konstruksi dibuat diatas tanah yang kurang baik merupakan kondisi yang sulit dihindari. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan perbaikan tanah (*soil improvement*) sehingga memenuhi kriteria pembebanan konstruksi diatasnya.

Salah satu kendala yang timbul dari pembangunan konstruksi pada tanah lunak adalah settlement tanah sebagai akibat proses konsolidasi. Konsolidasi adalah penurunan yang disebabkan keluarnya air pori yang berlangsung secara perlahan-lahan sebagai akibat penambahan tegangan. Umumnya lapisan tanah lunak terdiri dari tanah yang sebagian besar adalah butir-butir sangat kecil serta memiliki kemampuan besar dan koefisien permeabilitas yang rendah. Penanggulangan terhadap settlement yang besar dan waktu settlement yang lama pada tanah lunak merupakan masalah yang perlu diperhatikan pada perencanaan konstruksi.

Berdasarkan hal tersebut diatas perlu dilakukan perbaikan tanah lunak sehingga settlement dapat direduksi dengan menambahkan kerapatan rongga dari pemampatan partikel tanah. Salah satu cara untuk menanggulangi masalah tersebut adalah dengan metode preloading yang dikombinasikan dengan drainase vertikal yang dapat mempercepat proses konsolidasi.

Preloading dalam hal ini adalah timbunan tanah (*embankment*) yang diberikan diatas lapisan tanah lunak sebelum pembangunan konstruksi dilakukan sehingga terjadi proses pemampatan tanah akibat dari beban vertikal. Sedangkan drainase vertikal adalah kolom vertikal yang konstruksinya dapat dari kolom pasir atau prefabricated vertikal drain. Drainase vertikal yang mempunyai sifat permeable serta tahan terhadap penyumbatan dapat menyerap air dari arah vertikal dan radial lapisan tanah.

Dengan demikian settlement selalu menjadi masalah dikemudian hari setelah konstruksi dipergunakan. Atas dasar pemikiran hal tersebut, penulis memandang perlu dilakukan suatu penelitian yang mendalam untuk memperoleh suatu rumusan permasalahan settlement berikut solusi pemecahannya.

## **1.2 PERUMUSAN MASALAH**

Perbandingan antara settlement yang dihasilkan berdasarkan teori dengan hasil pengamatan di lapangan akan memberikan gambaran sejauh mana simpangan yang terjadi. Besaran settlement yang terjadi sangat dipengaruhi faktor-faktor diantaranya informasi data tanah yang akurat dan beban yang bekerja.

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

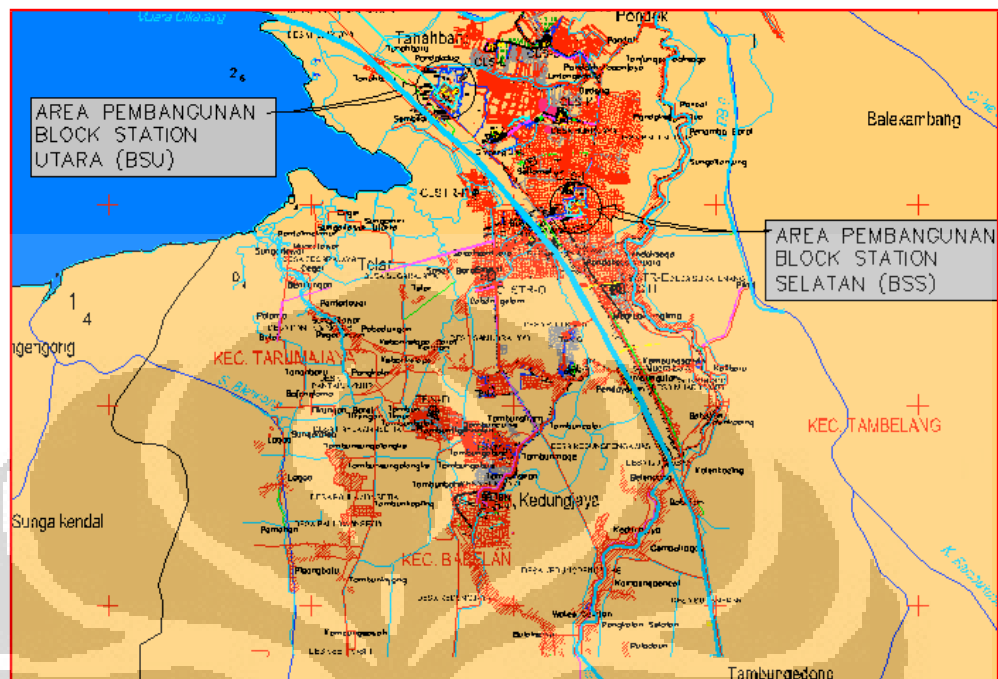
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hubungan antara settlement yang dihasilkan teori dengan pengamatan di lapangan sehingga menggambarkan sejauh mana simpangan yang terjadi. Hal ini sangat bermanfaat manakala terjadi kegagalan bangunan sehingga dapat dicari penyebabnya.

## **1.4 BATASAN MASALAH**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Tempat pengamatan diambil pada Proyek Pembangunan LPG Plant di Pondok Tengah – Kabupaten Bekasi milik PT. Pertamina Gas.
2. Dilakukan perhitungan settlement dan membandingkannya terhadap settlement yang terjadi di lapangan.

Gambar 1.1 menunjukkan lokasi Proyek Pembangunan LPG Plant di Pondok Tengah – Kabupaten Bekasi yang dipilih untuk studi kasus Skripsi ini



**Gambar 1.1** lokasi Proyek Pembangunan LPG Plant di Pondok Tengah – Kabupaten Bekasi

## 1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Kepustakaan;  
Dengan cara mengumpulkan bahan-bahan pustaka dan mempelajarinya.
2. Pengumpulan Bahan Laporan;  
Dengan mengumpulkan data-data pengukuran konsolidasi dilapangan dan Uji tanah di laboratorium dan lapangan.
3. Analisa  
Membandingkan settlement berdasarkan teori dan pengamatan dilapangan.

## 1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN

Sistematika penulisan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

### BAB I. PENDAHULUAN

Pendahuluan ini berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penelitian yang digunakan.

### BAB II. STUDI PUSTAKA

Studi pustaka ini berisi tentang sifat-sifat tanah dan settlement yang terjadi berdasarkan teori.

### BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada metodologi penelitian dijelaskan hal-hal apa saja yang dilakukan dalam penelitian ini serta langkah kerjanya.

### BAB IV. PERBANDINGAN SETTLEMENT ANTARA TEORI DAN HASIL PENGUKURAN DI LAPANGAN

Perbandingan settlement antara teori dan hasil pengukuran di lapangan dianalisa berupa kurva yang menunjukkan deviasi kedua nilai dimaksud. Analisis perbandingan kurva tersebut akan menghasilkan kesimpulan akhir.

### BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diuraikan kesimpulan dan saran dari hasil perbandingan kurva antara settlement teori dan pengamatan di lapangan.



## **BAB 2**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1 PENDAHULUAN**

Penambahan beban diatas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami pemampatan yang disebabkan adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel tanah, keluarnya air dan udara dari dalam pori, dan sebab lainnya.

Secara umum tanah dapat diklasifikasikan kedalam 2 (dua) kelompok besar, yaitu tanah berpasir dan tanah lempung. Dalam hal ini, penurunan dapat terjadi pada kedua jenis tanah tersebut. Konsolidasi dapat disebabkan oleh :

- Bertambahnya beban yang dipikul
- Berat sendiri tanah; seperti pada tanah timbunan baru
- Penurunan muka air tanah, dll

##### *a. Penurunan pada tanah berpasir*

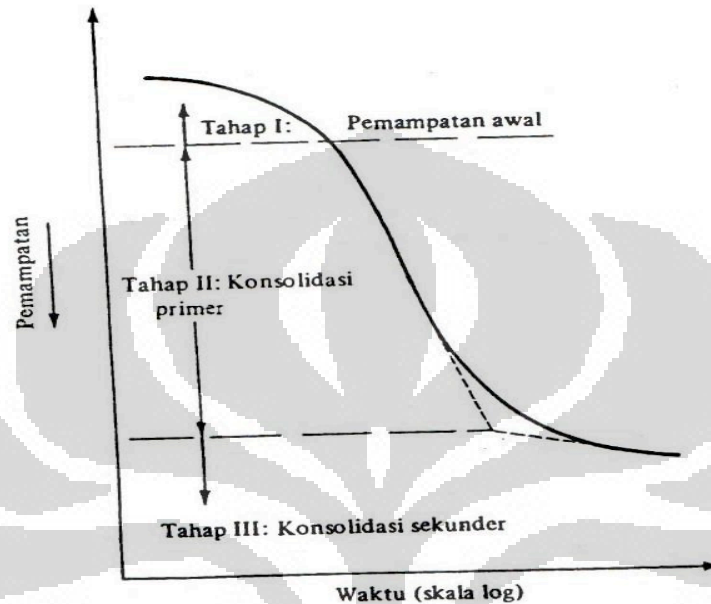
Bila suatu lapisan tanah jenuh air diberi pembebanan, tekanan air pori akan naik dengan cepat. Pada tanah berpasir dimana permeabilitasnya tinggi pengaliran air pori berlangsung dengan cepat keluar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah yang dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah tersebut sehingga pada tanah berpasir penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi secara bersamaan.

##### *b. Penurunan pada tanah lempung*

Pada tanah lempung, koefisien rembes sangat kecil dibandingkan dengan koefisien rembes pada tanah pasir sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara perlahan dalam waktu yang sangat lama. Jadi didalam tanah lempung perubahan volume yang disebabkan oleh keluarnya air dari dalam pori (konsolidasi) akan terjadi setelah penurunan segera. Penurunan konsolidasi tersebut biasanya jauh lebih besar dan lebih lama dibandingkan dengan penurunan segera.

## 2.2 DASAR-DASAR SETTLEMENT

Secara umum settlement yang terjadi akibat pembebanan dapat dibagi dalam 3 (tiga) tahap sebagaimana digambarkan dibawah ini.



Gambar 2.1 Grafik waktu-pemampatan selama konsolidasi untuk suatu penambahan beban

- a. Penurunan Seketika (immediate settlement) yaitu penurunan yang terjadi akibat dari beban awal yang mengakibatkan deformasi elastis tanah kering, basah dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air (air pori tidak ada yang keluar dari pori tanah).
- b. Penurunan Konsolidasi Primer (primary consolidation settlement) yaitu penurunan sebagai akibat dari keluarnya air pori tanah secara perlahan sampai dengan tekanan air pori hilang.
- c. Penurunan Konsolidasi Sekunder (secondary consolidation settlement) yaitu penurunan yang terjadi setelah penurunan konsolidasi primer yang disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butiran tanah dimana tekanan air pori hilang sepenuhnya.

### 2.2.1 Penurunan Seketika (Immediate Settlement)

Immediate Settlement adalah proses penurunan yang berlangsung sesaat setelah beban bekerja tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan kadar air (air pori tidak ada yang keluar dari pori tanah). Immediate settlement terjadi karena beban yang bekerja lebih besar dari daya dukung tanah ultimate.

Pada kasus tanah pasir, immediate settlement terjadi dengan cepat ketika air pori mengalir keluar dengan cepat (permeabilitas pasir tinggi) sehingga perpindahan butiran pasir mengisi pori tanah yang ditinggalkan air tanah; immediate settlement dan konsolidasi (primary settlement) terjadi bersamaan.

Berikut persamaan untuk menentukan besarnya penurunan segera :

$$S_i = p \cdot B \frac{1 - \nu^2}{E} I_p \quad \dots \dots \dots (2.1)$$

Schleicher (1926) memberikan persamaan untuk menentukan faktor pengaruh untuk bagian ujung dari pondasi persegi yang lentur sebagai berikut :

$$I = \frac{1}{m} \ln \frac{m}{m_1} \quad \dots \dots \dots (2.2)$$

$$m_1 = \frac{\text{panjang pondasi}}{\text{lebar pondasi}} \quad \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

$S_i$  = penurunan segera

P = tekanan bersih yang dibebankan

B = lebar pondasi

$\nu$  = angka poisson

E = modulus elastisitas tanah (modulus young)

$I_p$  = faktor pengaruh (influence faktor)

Tabel 2.1 Nilai Modulus Young

Jenis Tanah	KN/m <sup>2</sup>
Lempung Lembek	1.380-3.450
Lempung Keras	5.865-13.800
Pasir Lepas	10.350-27.600
Pasir Padat	34.500-69.000

Tabel 2.2 Nilai Angka Poisson

Jenis Tanah	Angka Poisson ( $\mu$ )
Pasir Lepas	0,2-0,4
Pasir Agak Padat	0,25-0,4
Pasir Padat	0,3-0,45
Pasir Berlanau	0,2-0,4
Lempung Lembek	0,15-0,25
Lempung Agak Kaku	0,2-0,5

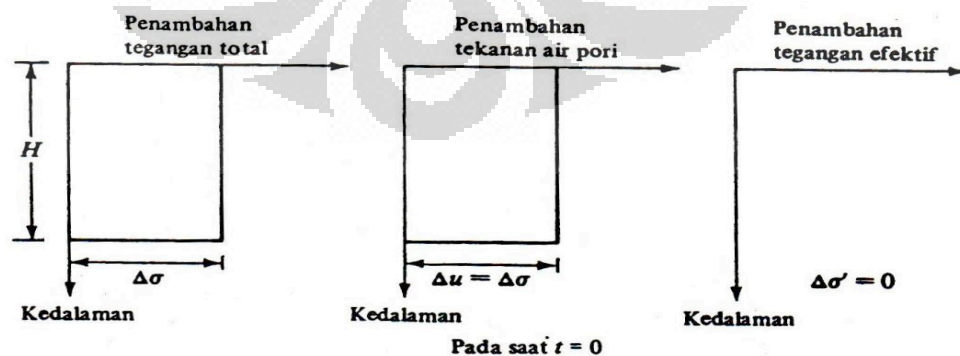
### 2.2.2 Penurunan Konsolidasi Primer (primary consolidation settlement)

Penurunan konsolidasi primer adalah penurunan yang diakibatkan oleh keluarnya air pori tanah secara perlahan-lahan yang terjadi pada tanah lunak/lempung dengan koefisien permeabilitas rendah yang berlangsung lama dengan nilai penurunan yang besar.

Secara teoritis konsolidasi tanah terjadi melalui 3 (tiga) tahapan, yaitu :

- Pada saat  $t = 0$

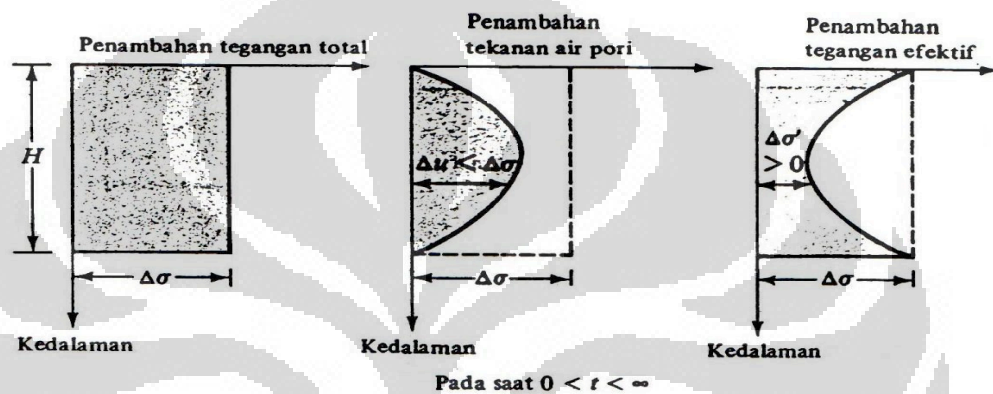
Karena lempung mempunyai daya rembes yang rendah dan air tidak dapat dimampatkan (incompressible) dibandingkan dengan butir tanah, maka pada saat  $t = 0$  seluruh penambahan tegangan ( $\Delta\sigma$ ) sepenuhnya dipikul oleh air ( $\Delta\sigma = \Delta u$ )



Gambar 2.2 Variasi tegangan total, tekanan air pori dan tegangan efektif lapisan lempung pada saat  $t = 0$

- Pada saat  $0 < t < \infty$

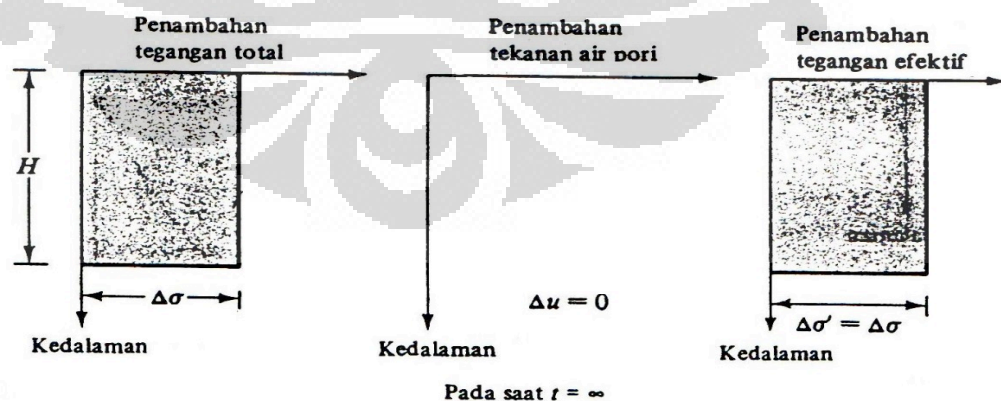
Sesaat setelah pemberian penambahan tegangan, air pori tanah mulai tertekan dan akan mengalir keluar menuju tanah dengan permeabilitas rendah (pasir). Pada proses ini, tegangan air pori ( $\Delta u$ ) dan tegangan efektif ( $\Delta \sigma'$ ) pada setiap kedalaman lapisan tanah berbeda-beda tergantung jarak yang ditempuh air pori untuk mengalir menuju lapisan tanah dengan permeabilitas rendah (pasir) dimana ( $\Delta \sigma = \Delta \sigma' + \Delta u$ )



Gambar 2.3 Variasi tegangan total, tekanan air pori dan tegangan efektif lapisan lempung pada saat  $0 < t < \infty$

- Pada saat  $t = \infty$

Secara teori pada saat  $t = \infty$ , tekanan air pori sudah hilang ( $\Delta u = 0$ ) sehingga tegangan yang terjadi seluruhnya dipikul oleh butiran tanah/struktur tanah ( $\Delta \sigma = \Delta \sigma'$ )



Gambar 2.4 Variasi tegangan total, tekanan air pori dan tegangan efektif lapisan lempung pada saat  $t = \infty$

Dalam penentuan besarnya konsolidasi, perlu diperhatikan kondisi tekanan tanah yang terjadi terhadap tekanan prakonsolidasi. Ada 3 (tiga) pengertian mendasar mengenai konsolidasi terkait riwayat geologis dan sejarah tegangan yang pernah dialami suatu lapisan tanah, yaitu :

- Normally Consolidated; dimana tekanan efektif overburden pada saat ini merupakan tekanan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut.
- Overconsolidated; dimana tekanan efektif overburden saat ini lebih kecil dari tekanan yang pernah dialami oleh tanah tersebut. Tekanan efektif overburden maksimum yang pernah dialami sebelumnya dinamakan tekanan prakonsolidasi.
- Underconsolidated; dimana tekanan efektif overburden saat ini belum mencapai maksimum sehingga peristiwa konsolidasi masih terjadi.

Berikut persamaan settlement dengan memperhatikan kondisi tekanan tanah yang terjadi sebagai berikut :

a.  $p_0 \leq p < p_c$

$$S = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p}{p_0} + \frac{C_s \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p_c}{p} \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

b.  $p_0 > p > p_c$

$$S = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p}{p_0} + \frac{C_s \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p_c}{p} \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

S = penurunan konsolidasi (Settlement)

H = tebal lapisan tanah

$e_0$  = angka pori tanah awal

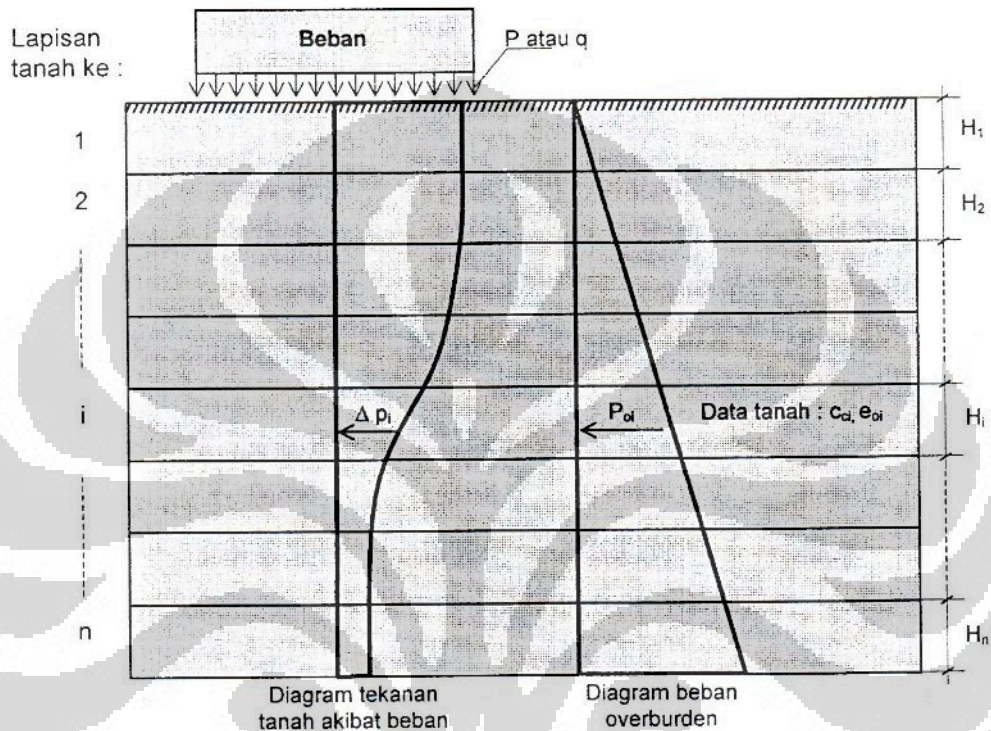
$C_c$  = nilai indek kompresi

$C_s$  = nilai indek pemuaiian (swelling)

$p_0$  = tekanan efektif akibat beban overburden **di tengah** lapisan tanah

$p$  = tekanan tanah akibat penambahan beban diatas permukaan tanah (selain tekanan efektif overburden) *di tengah* lapisan tanah

$p_c$  = tekanan prakonsolidasi



Gambar 2.5 Lapisan tanah, beban, diagram tekanan overburden dan akibat beban luar

#### a. Tekanan Prakonsolidasi

Didalam penentuan konsolidasi, perlu diketahui kondisi tanah yang dapat dibedakan menjadi 3 jenis konsolidasi :

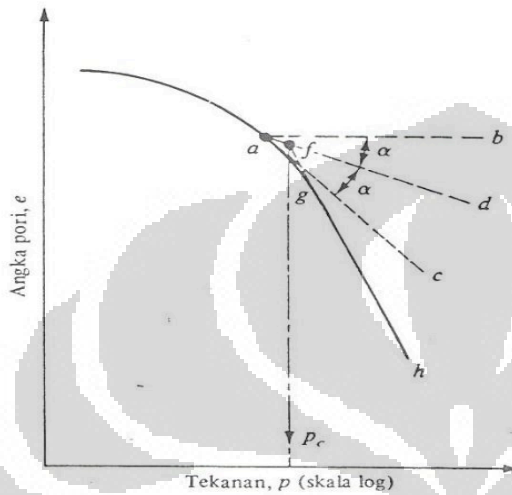
- Normally consolidated
- Overconsolidated
- Underconsolidated

Untuk menentukan apakah tanah dalam kondisi normal, over konsolidasi atau under konsolidasi, diperlukan analisa dari hasil konsolidasi.

Tekanan Pra Konsolidasi adalah tekanan maksimum yang pernah dialami tanah yang menunjukkan batas antara normal konsolidasi dan over konsolidasi.



Casagrande (1936) memberikan metoda untuk menentukan besarnya tekanan prakonsolidasi. Tekanan pra konsolidasi ( $P_c$ ) dari grafik  $e$  versus  $\log p$  digambarkan berdasarkan hasil percobaan konsolidasi di laboratorium.



Gambar 2.6 Prosedur penentuan tekanan prakonsolidasi dengan cara grafis

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- Lakukan pengamatan secara visual, tentukan titik  $a$  pada grafik dengan jari-jari kelengkungan minimum.
- Gambarkan garis datar  $ab$
- Gambarkan garis singgung  $ac$  pada titik  $a$
- Gambarkan garis  $ad$  yang merupakan garis bagi sudut  $bac$
- Perpanjang bagian grafik berupa garis lurus hingga memotong garis  $ad$  di titik  $f$ .
- Absis untuk titik  $f$  adalah besarnya tekanan prakonsolidasi.

Overconsolidation Ratio (OCR) suatu tanah dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$OCR = \frac{P_c}{p} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

$P_c$  = tekanan prakonsolidasi

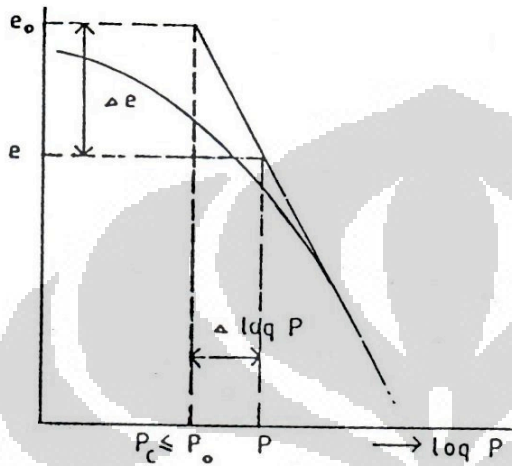
$P$  = tekanan vertical efektif pada saat tanah itu sendiri



**b. Indek Kompresi (Cc)**

Indek kompresi adalah nilai yang menunjukkan gradient penurunan angka pori akibat penambahan tekanan/beban yang bekerja pada tanah.

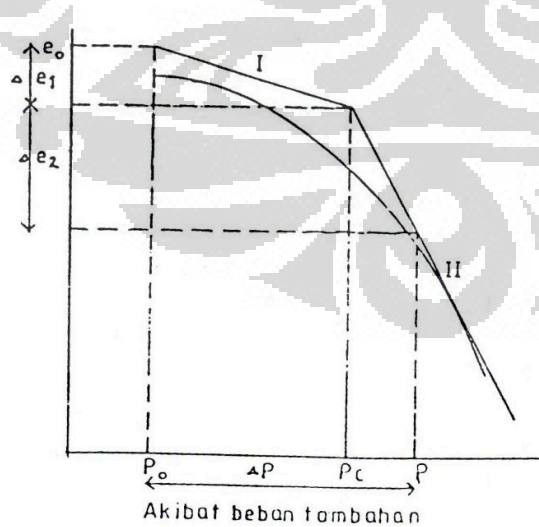
**b.1 Normal Konsolidasi ( $P_o \geq P_c$ )**



Gambar 2.7 Grafik konsolidasi dimana  $p_o \geq p_c$

$$C_c = \frac{e_0 - e}{\log P - \log P_c} = \frac{e_0 - e}{\log \frac{P}{P_c}} \dots (2.7)$$

**b.2 Over Konsolidasi ( $P_o < P_c$ )**



Gambar 2.8 Grafik konsolidasi dimana  $p_o < p_c$

Terdapat 2 (dua) kondisi, yaitu :

- Bila akibat beban tambahan dan beban awal masih lebih kecil dari tekanan prakonsolidasi ( $P_o < P < P_c$ ), maka nilai  $C_c$  mengikuti kemiringan garis I

$$C_c = \frac{e - e_1}{\log \frac{P}{P_o}} \dots\dots\dots(2.8)$$

- Bila akibat beban tambahan dan beban awal lebih besar dari tekanan pra konsolidasi, maka nilai  $C_c$  mengikuti garis I dan II.

~  $P_o < P < P_c$

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log \frac{P_c}{P_o}} \dots\dots\dots(2.9)$$

~  $P > P_o$

$$C_c = \frac{e_2 - e_3}{\log \frac{P}{P_o}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Apabila tidak tersedia data konsolidasi hasil percobaan di laboratorium, Terzaghi dan Peck (1967) memberikan persamaan empiris untuk menentukan indeks kompresi sebagai berikut :

- ~ Untuk lempung yang struktur tanahnya tidak terganggu (undisturbed)

$$C_c = 0,009(LL-10) \dots\dots\dots(2.11)$$

- ~ Untuk lempung yang terbentuk kembali (remolded)

$$C_c = 0,007(LL-10) \dots\dots\dots(2.12)$$

### c. Indeks Pemuaian (Swell Index, $C_s$ )

Nilai indeks pemuaian lebih kecil daripada indeks kompresi dan dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_s = \frac{1}{5} \text{ sampai } \frac{1}{10} C_c \dots\dots\dots(2.13)$$

#### d. Derajat Konsolidasi (U)

Derajat konsolidasi tanah adalah perbandingan penurunan tanah pada waktu tertentu dengan penurunan total tanah.

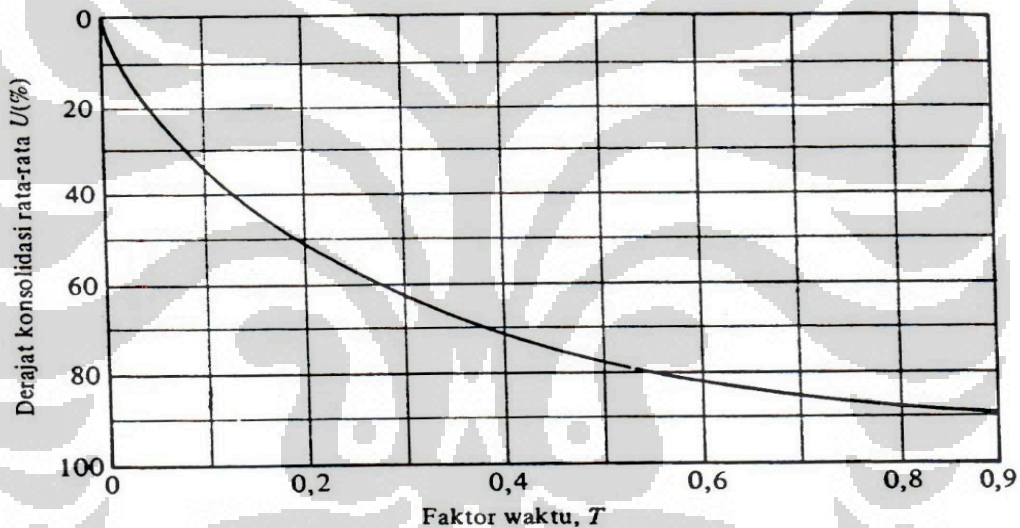
~ Untuk  $U \leq 60\%$ , maka :

$$T_v = \frac{U\%}{4} \frac{c_v}{100} \frac{t}{H^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

~ Untuk  $U > 60\%$ , maka :

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log (100 - U\%) \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk lebih jelasnya, variasi derajat konsolidasi terhadap faktor waktu dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.9 Grafik konsvariasi derajat konsolidasi terhadap faktor waktu

#### e. Waktu Konsolidasi

Kecepatan konsolidasi tergantung dari cepat atau lambatnya air keluar dari pori tanah, yang berarti bahwa kecepatannya tergantung dari :

- Koefisien permeabiliti tanah
- Panjang lintasan yang harus ditempuh air sampai keluar dari pori tanah
- Tegangan air pori

$$T_v = \frac{c_v t}{H^2_{dr}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan :

$T_v$  = faktor waktu

$c_v$  = koefisien konsolidasi

$H_{dr}$  = tinggi lapisan tanah (lempung)

### f. Koefisien Konsolidasi

Koefisien konsolidasi adalah kecepatan aliran air arah vertikal yang nilainya dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$c_v = \frac{k(1 - e)}{\gamma_w \cdot a_v} \quad \dots \dots \dots (2.17)$$

Keterangan :

$c_v$  = koefisien konsolidasi

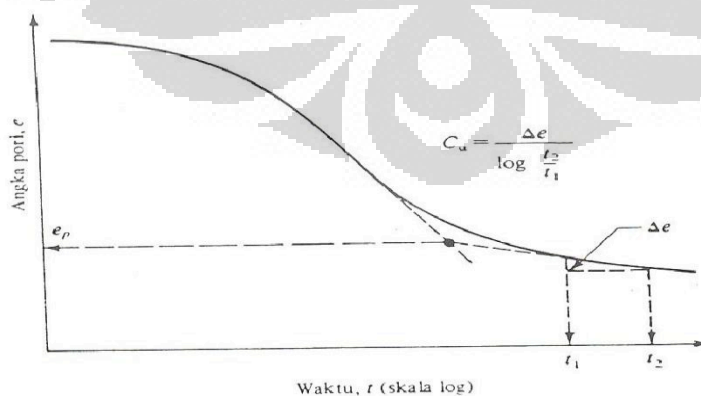
$k$  = koefisien permeability

$\gamma_w$  = berat isi air

### 2.2.3 Penurunan Konsolidasi Sekunder (secondary consolidation settlement)

Penurunan konsolidasi sekunder terjadi setelah proses penurunan konsolidasi primer selesai sempurna dimana seluruh tegangan yang bekerja dipikul oleh butiran tanah (tegangan air pori nol). Pemampatan ini disebabkan oleh penyesuaian yang bersifat plastis dari butiran tanah.

Variasi dari angka pori ( $e$ ) dan waktu untuk penambahan beban dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.10 Variasi  $e$  versus  $\log t$  untuk suatu penambahan beban, dan definisi indeks konsolidasi sekunder

Persamaan secondary settlement adalah sebagai berikut.

$$S_s = C'_s H \log(t_2/t_1) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$C'_s = \frac{e}{\log t_2} - \frac{e}{\log t_1} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$C'_s = \frac{C_s}{(1 - e_p)} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

$S_s$  = konsolidasi sekunder

$C_s$  = indek pemampatan sekunder

H = tebal lapisan tanah

$t_1, t_2$  = waktu

$e$  = perubahan angka pori

$e_p$  = angka pori pada akhir konsolidasi primer

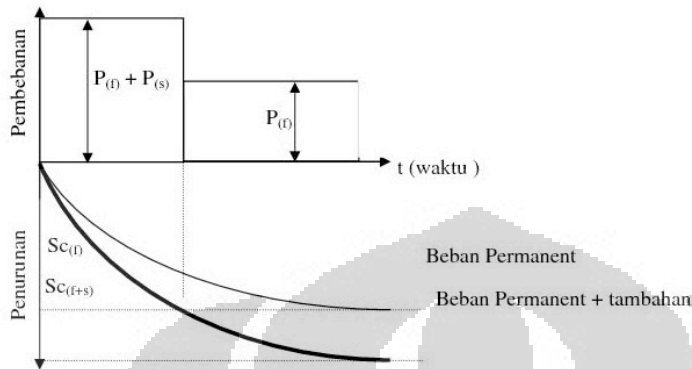
## 2.3 PRELOADING DAN VERTIKAL DRAIN

### 2.3.1 Pra Pembebanan (Preloading)

Preloading atau pra pembebanan adalah salah satu cara untuk mempercepat penurunan dan meningkatkan daya dukung tanah dengan memberikan beban tambahan pada tanah. Pemberian beban tambahan ini akan efektif bila beban total (beban awal ditambah beban tambahan) melebihi tekanan maksimum yang pernah dialami tanah (tekanan prakonsolidasi).

Preloading digunakan pada tanah lunak seperti tanah lempung atau lanau yang memiliki kompresibilitas tinggi. Didalam pelaksanaannya di lapangan, metode preloading ini biasanya dikombinasikan dengan vertikal drain yang dapat membantu mempercepat proses keluarnya air pori tanah sehingga waktu penurunan dapat lebih cepat.

Untuk menggambarkan pengaruh preloading terhadap penurunan dan percepatan waktu penurunan dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.11 Konsep mempercepat penurunan dengan cara preloading

Tinggi timbunan kritis beban preloading dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_{cr} = \frac{5.C_u}{\gamma_{timb}} \quad (2.21)$$

Keterangan :

$H_{cr}$  = tinggi timbunan kritis (m)

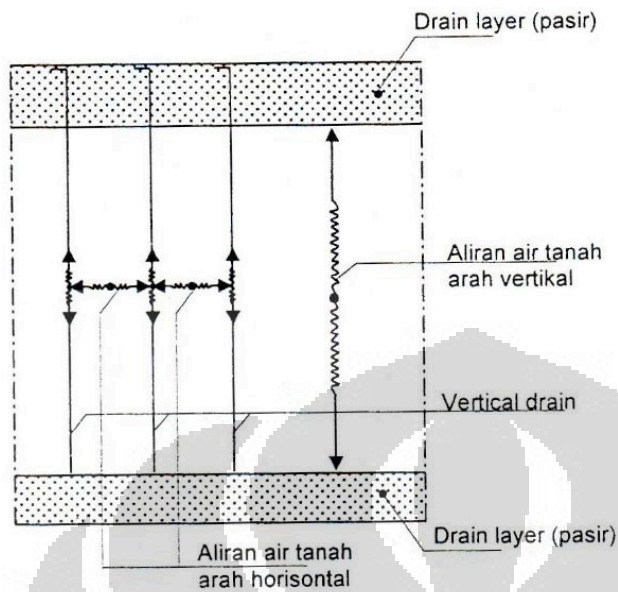
$C_u$  = kohesi tanah dasar ( $t/m^2$ )

$\gamma_{timb}$  = berat volume tanah timbunan ( $t/m^3$ )

Besaran beban preloading perlu diperhatikan apabila tinggi timbunan sebagai beban preloading lebih tinggi dari nilai  $H_{cr}$  sehingga pemberian beban dilakukan secara bertahap.

### 2.3.2 Vertikal Drain

Konsolidasi primer biasanya memakan waktu yang sangat lama mengingat tanah lunak/lempung memiliki permeabilitas yang rendah. Hal tersebut dapat diatasi dengan vertikal drain sehingga lintasa air pori tanah lebih pendek karena yang semula aliran air arah vertikal saja juga dengan vertikal drain ditambah arah horizontal. Hal tersebut dapat lebih jelas dilihat pada gambar dibawah ini.



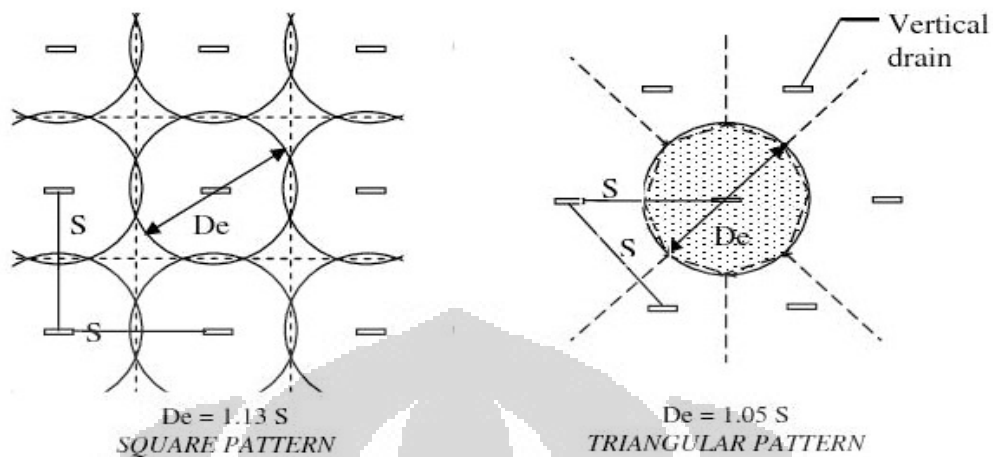
Gambar 2.12 Aliran air tanah dengan bantuan vertikal drain

Vertikal drain dalam pembahasan ini adalah suatu system drainase yang terdiri dari bahan yang mempunyai permeabilitas tinggi yang ditanam kedalam tanah lunak yang akan diperbaiki. Vertikal drain dapat berupa kolom pasir atau bahan dari pabrikan yang terdiri dari bahan pelindung sintesis yang menutupi lubang atau saluran plastic. Bahan pelindung sintesis ini terdiri dari bahan non-woven polypropylene geotextile atau kertas sintesis yang berfungsi sebagai pembatas tanah lunak agar tidak masuk kedalam saluran plastik sehingga dapat menyebabkan penyumbatan pengaliran air pori tanah; sedangkan lubang atau saluran plastik berfungsi sebagai lintasan aliran air.

Dalam perencanaan vertikal drain, perlu diperhatikan 2 (dua) hal berikut ini yaitu :

➤ Jarak vertikal drain

Jarak vertikal drain ini dapat mempengaruhi terhadap lintasan drainase air pori tanah secara horizontal. Semakin jauh jarak vertikal drain maka semakin jauh pula lintasan aliran air pori arah horizontal sehingga proses konsolidasi semakin lama. Berikut ini digambarkan pengaturan posisi vertikal drain dengan posisi segi empat dan segi tiga sama sisi.



Gambar 2.13 Skematik pemempatan vertikal drain dengan pola bujur sangkar dan segitiga sama sisi

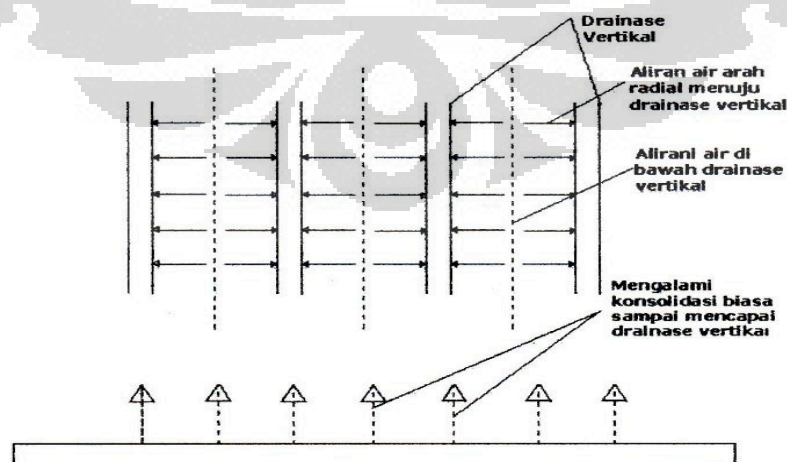
Keterangan :

De = diameter daerah pengaruh vertikal drain

S = jarak vertikal drain

#### ➤ Panjang drainase

Panjang drainase dalam hal ini vertikal drain perlu diperhatikan sehingga kedalamannya tidak kurang dari lapisan tanah lunak/lempung. Hal tersebut didasari bahwa vertikal drain hanya mampu memperpendek jarak aliran sepanjang vertikal drain sehingga untuk daerah dibawahnya tidak terlanyi (tanah dibawah vertikal drain akan terkonsolidasi biasa). Hal ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.14 Pola aliran air pada tanah lempung dengan instalasi vertikal drain



➤ Permeabilitas filter drainase

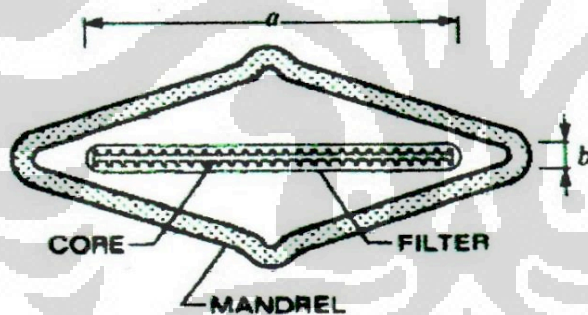
Nilai permeabilitas filter drainase harus lebih besar daripada permeabilitas tanah, yaitu :

$$k_f \approx 10k_s$$

Dimana  $k_f$  adalah permeabilitas filter vertikal drain dan  $k_s$  adalah permeabilitas tanah.

Vertical drain yang sering digunakan adalah prefabricated vertical drain (PVD) yang bentuknya berupa lembaran. Dalam pelaksanaan dilapangan, pemasangan vertikal drain dapat menimbulkan gangguan pada tanah sekelilingnya sehingga luas penampang mandrel diperkecil dengan tetap mempertahankan kekakuannya.

Installation vertikal drain dipasang didalam mandrel (selongsong baja dengan penampang turbular) dimana mandrel tersebut diangkat kembali setelah vertikal drain terpasang kedalam tanah.



Gambar 2.15 Tipikal mandrel dengan vertikal drain

Perhitungan diameter vertical drain dapat dihitung dengan persamaan Hansbo (1979) sebagai berikut :

$$d_{eq} = \frac{2ab}{a+b} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

$d_{eq}$  = diameter vertical drain equivalen

a = panjang vertical drain

b = tebal vertical drain

Menurut Rendulic (1935) dan Baron (1942), konsolidasi arah horizontal dapat diselesaikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$U_h = 1 - e^{-\frac{8T_h}{\alpha}} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$T_h = \frac{C_h \cdot t}{D^2} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\alpha = n^2 \ln \frac{n}{(n^2 - 1)} - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$n = \frac{D}{d} \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan :

$U_h$  = derajat konsolidasi arah radial

$T_h$  = factor waktu pada system drainase arah radial

$C_h$  = koefisien konsolidasi arah horizontal

$D$  = diameter daerah yang dipengaruhi oleh vertical drain

$d$  = diameter vertical drain

Persamaan derajat konsolidasi arah horizontal dan vertical menurut Carillo (1942) sebagai berikut :

$$U_{vh} = 1 - \{(1 - U_v)(1 - U_h)\} \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan :

$U_{vh}$  = derajat konsolidasi arah vertical dan radial

$U_v$  = derajat konsolidasi arah vertical

$U_h$  = derajat konsolidasi arah horizontal

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 PENDAHULUAN**

Dalam penelitian ini akan mencari hubungan antara settlement hasil perhitungan secara teoritis dengan settlement hasil pengamatan di lapangan dengan mengambil sample data “Proyek Pembangunan LPG Plant di Pondok Tengah – Kabupaten Bekasi milik PT. Pertamina Gas”.

Tingkat akurasi settlement antara teoritis dengan hasil pengamatan di lapangan sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor antara lain :

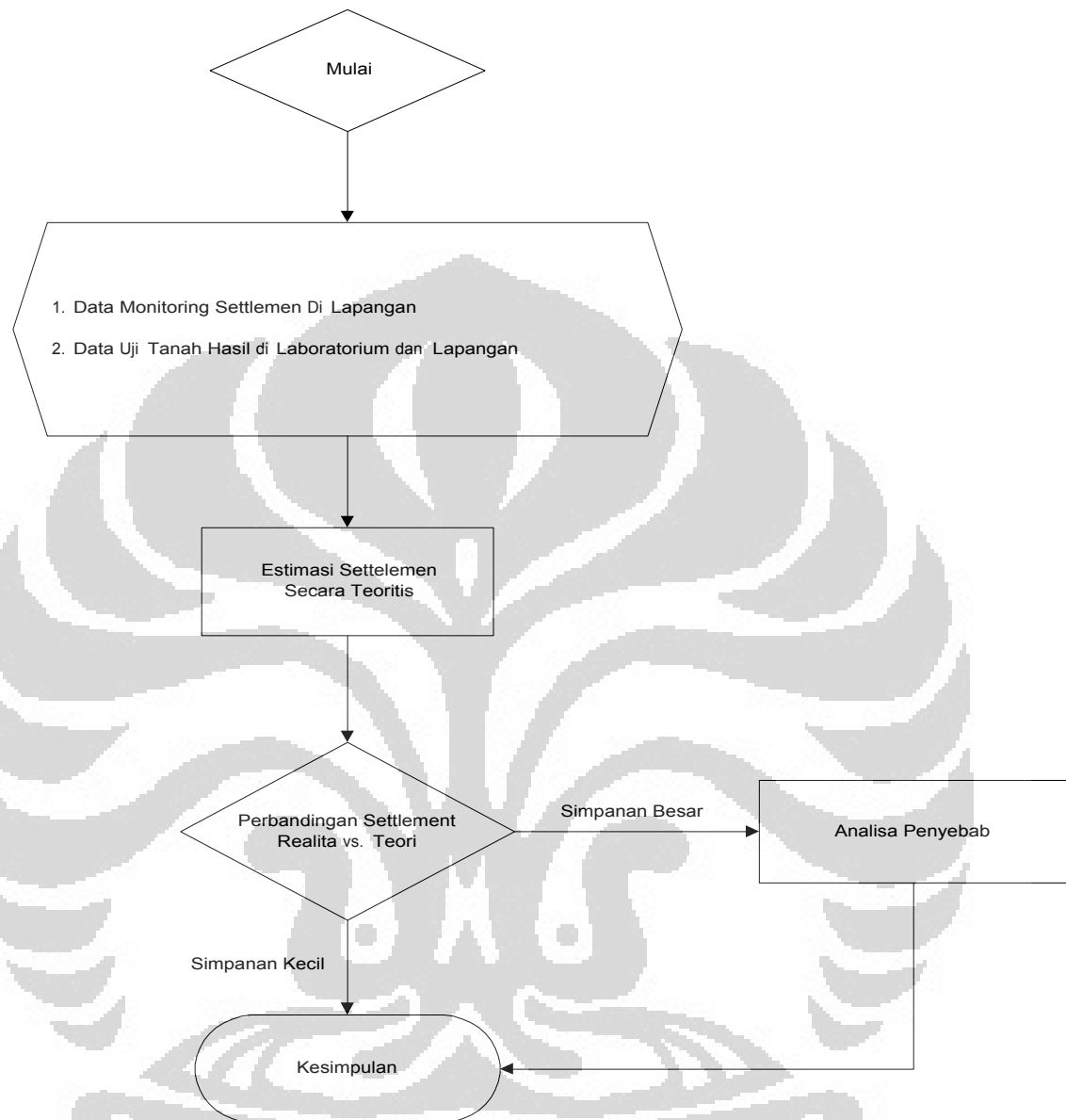
- Banyaknya data tanah yang diambil
- Pelaksanaan konstruksi di lapangan
- Operasional penggunaan lapangan
- dll

Dalam penelitian ini akan digunakan beberapa sumber data, yaitu :

1. Data monitoring settlement di lapangan
2. Data Uji tanah di laboratorium dan lapangan

Setelah dihitung settlement berdasarkan rumus dan parameter tanah (secara teori), kemudian dibandingkan dengan settlement yang terjadi berdasarkan pengamatan di lapangan. Simpangan hasil settlement berdasarkan teori dan pengamatan di lapangan dilanjutkan dengan analisa untuk diambil kesimpulan dari penelitian ini. Semua tahapan-tahapan proses penelitian ini dibuat *flow chart* seperti dibawah ini.

Penelitian dapat dijelaskan dengan *Flow Chart* dibawah ini :



Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian

### 3.2 PENGUMPULAN DATA SETTLEMENT LAPANGAN

Pada Proyek Pembangunan LPG Plant di Pondok Tengah – Kabupaten Bekasi milik PT. Pertamina Gas dilakukan monitoring settlement pada 5 titik pengamatan yang dilakukan setiap hari mulai tanggal 5 September 2009 sampai dengan 10 Maret 2010 atau selama 187 hari kalender.

### **3.3 DATA PENYELIDIKAN TANAH**

Dalam penelitian ini diambil data penyelidikan tanah berupa data-data karakteristik tanah yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan settlement secara teoritis. Adapun data tanah tersebut diambil dari sumber data sebagai berikut :

- Laporan Penyelidikan Tanah di Lapangan berupa Uji SPT dan Sondir
- Laporan Penyelidikan Tanah di Laboratorium berupa karakteristik tanah

### **3.4 PERHITUNGAN SETTLEMENT SECARA TEORITIS**

Berdasarkan data-data penyelidikan tanah yang ada secara teoritis besaran settlement dapat dihitung. Besaran settlement secara teoritis tersebut akan digunakan pada saat menganalisa besaran simpangan yang terjadi terhadap settlement hasil pengamatan di lapangan.

### **3.5 PERBANDINGAN SETTLEMENT HASIL TEORITIS DENGAN PENGAMATAN DI LAPANGAN**

Berdasarkan laporan monitoring settlement di lapangan dan perhitungan settlement secara teoritis akan diperoleh besaran simpangan yang terjadi. Besaran simpangan tersebut dianalisa penyebabnya sehingga akan diambil kesimpulan dan rekomendasi terhadap konstruksi yang ada.

## **BAB 4**

### **PERBANDINGAN SETTLEMENT ANTARA TEORI DAN HASIL PENGUKURAN DI LAPANGAN**

#### **4.1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan dijabarkan deviasi atau perbedaan settlement hasil analisis teori dan hasil pengukuran di lapangan dengan dua sumber data yaitu :

1. Data monitoring harian settlement
2. Uji laboratorium, Uji bor dalam dan Sondir

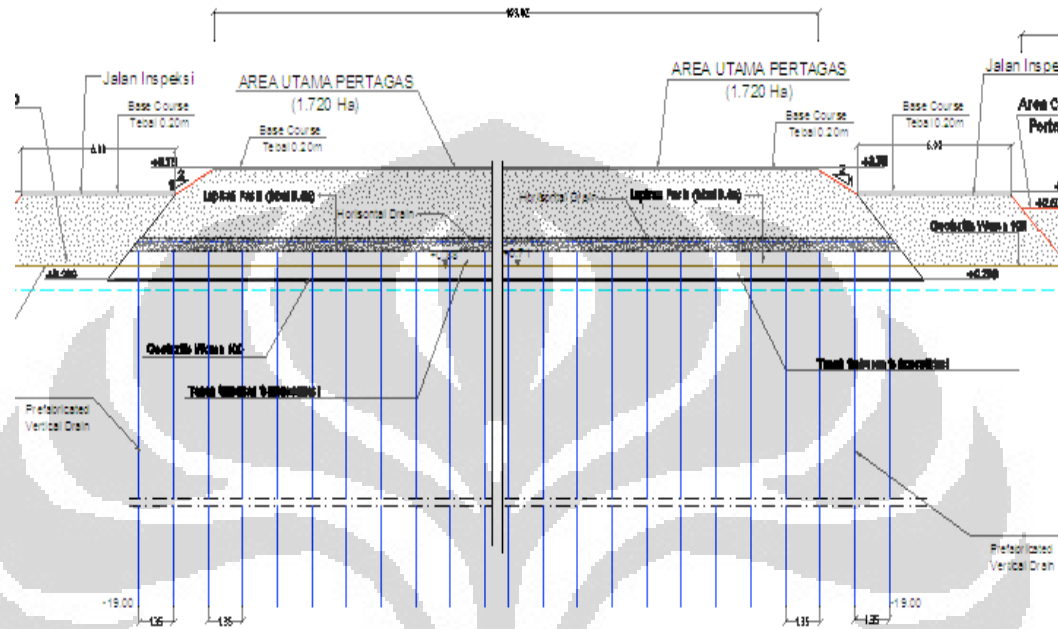
Data monitoring harian settlement merupakan pengamatan konsolidasi yang terjadi dimana timbunan tanah (preloading) dan drainase vertikal membantu mempercepat proses konsolidasi. Data-data uji laboratorium, uji bor dalam dan sondir digunakan untuk menghitung konsolidasi secara teori yang akan terjadi. Hasil konsolidasi antara teori dan pengamatan di lapangan tersebut akan dibandingkan. Simpangan antara konsolidasi hasil teori dan pengamatan di lapangan akan dianalisa dan diambil kesimpulan.

#### **4.2 DATA PROYEK**

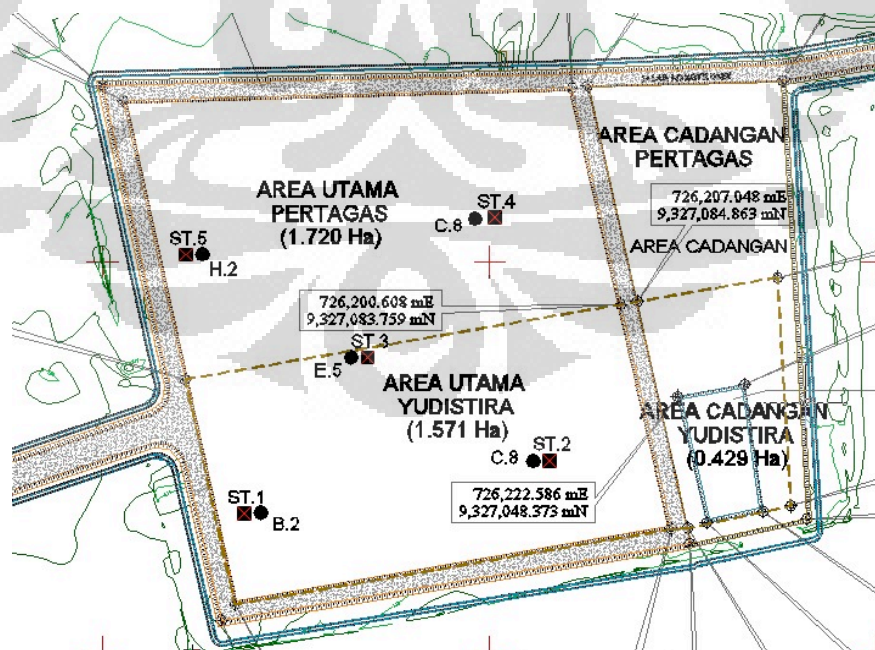
##### **4.2.1 Data Monitoring Settlement**

Studi ini dilakukan pada proyek LPG Plant Babelan berada di Kabupaten Bekasi Utara – Jawa Barat. Pada lokasi tersebut dilakukan timbunan tanah merah dengan tinggi rata-rata 5 m. Metode penimbunan dilakukan secara bertahap dengan ketebalan setiap tahapan berbeda-beda yang dilakukan selama 187 hari. Selain diberikan timbunan tanah, juga dipasang drainase vertikal dengan jarak masing-masing drainase vertikal 1,35 m sedalam 19 m dari permukaan tanah existing. Monitoring settlement dilakukan sebanyak 5 (lima) titik.

Adapun potongan timbunan tanah (preloading) + drainase vertikal dan denah pengamatan settlement pada lokasi proyek ditunjukkan pada gambar 4.1 dan 4.2 dibawah ini.



**Gambar 4.1 Potongan Timbunan Tanah (Preloading) dan Drainase Vertikal**



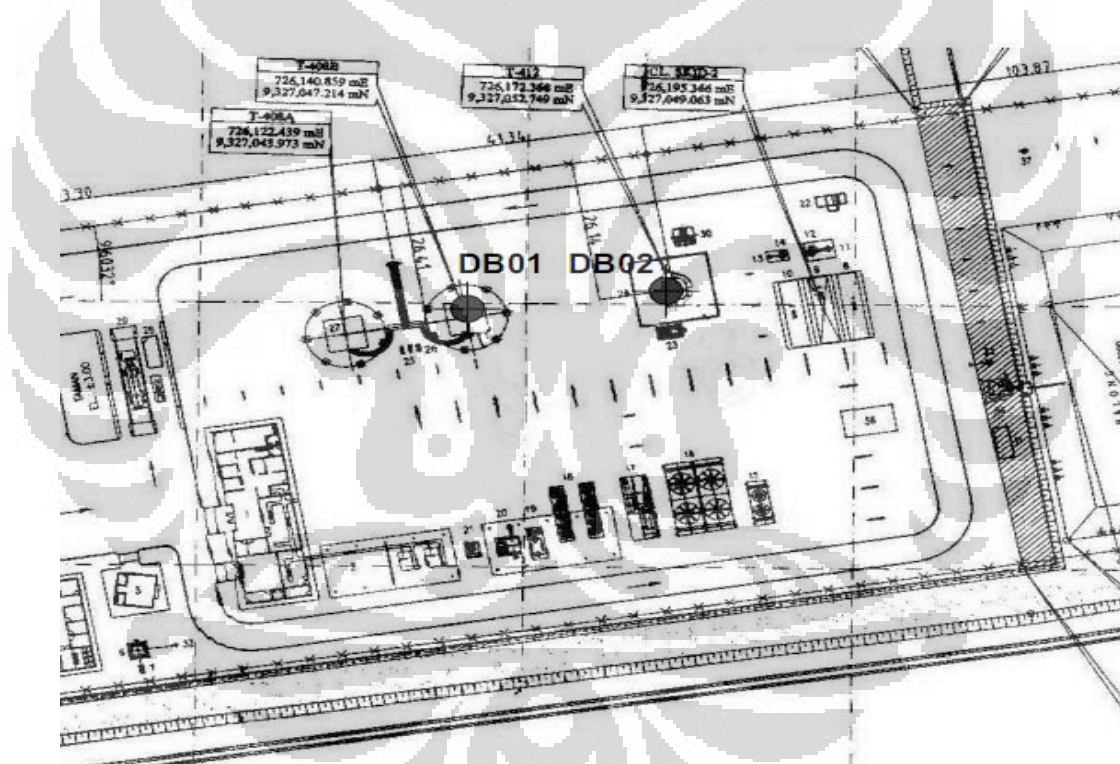
**Gambar 4.2 Denah Pengamatan Settlement**

Data monitoring settlement sebagaimana terlampir pada lampiran 4.1 terdiri dari:

- ① Pembacaan harian Piezometer dan tinggi timbunan
- ① Monitoring harian besaran konsolidasi
- ① Monitoring harian Fill Elevation
- ① Monitoring harian Original Ground Elevation

#### 4.2.2 Data Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah dilakukan meliputi penyelidikan lapangan dan penyelidikan laboratorium. Denah lokasi titik pengujian tanah sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.3 dibawah ini



**Gambar 4.3 Denah Lokasi Pengujian Tanah**

Pengujian di lapangan terdiri dari :

- a. Uji bor dalam dilakukan sampai kedalaman 40 m; pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik tanah secara visual mengenai warna, ukuran butiran dan jenis tanah



- b. Uji SPT (Standar Penetratioin Test); pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perlawanan penetrasi setiap kedalaman tanah dengan menggunakan *split spoon sampler* setiap kedalaman 2 m' pada lubang bor dengan menggunakan palu 623 N dengan ketinggian jatuh 0,76m.
- c. Uji Sondir; pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tahanan konus ( $q_c$ ) dan tahanan geser ( $f_s$ ) tanah pada kedalaman tertentu dimana pengujian dihentikan bila pembacaan tahanan konus mencapai 150 kg/cm<sup>2</sup>.

Pengujian di laboratorium terdiri dari :

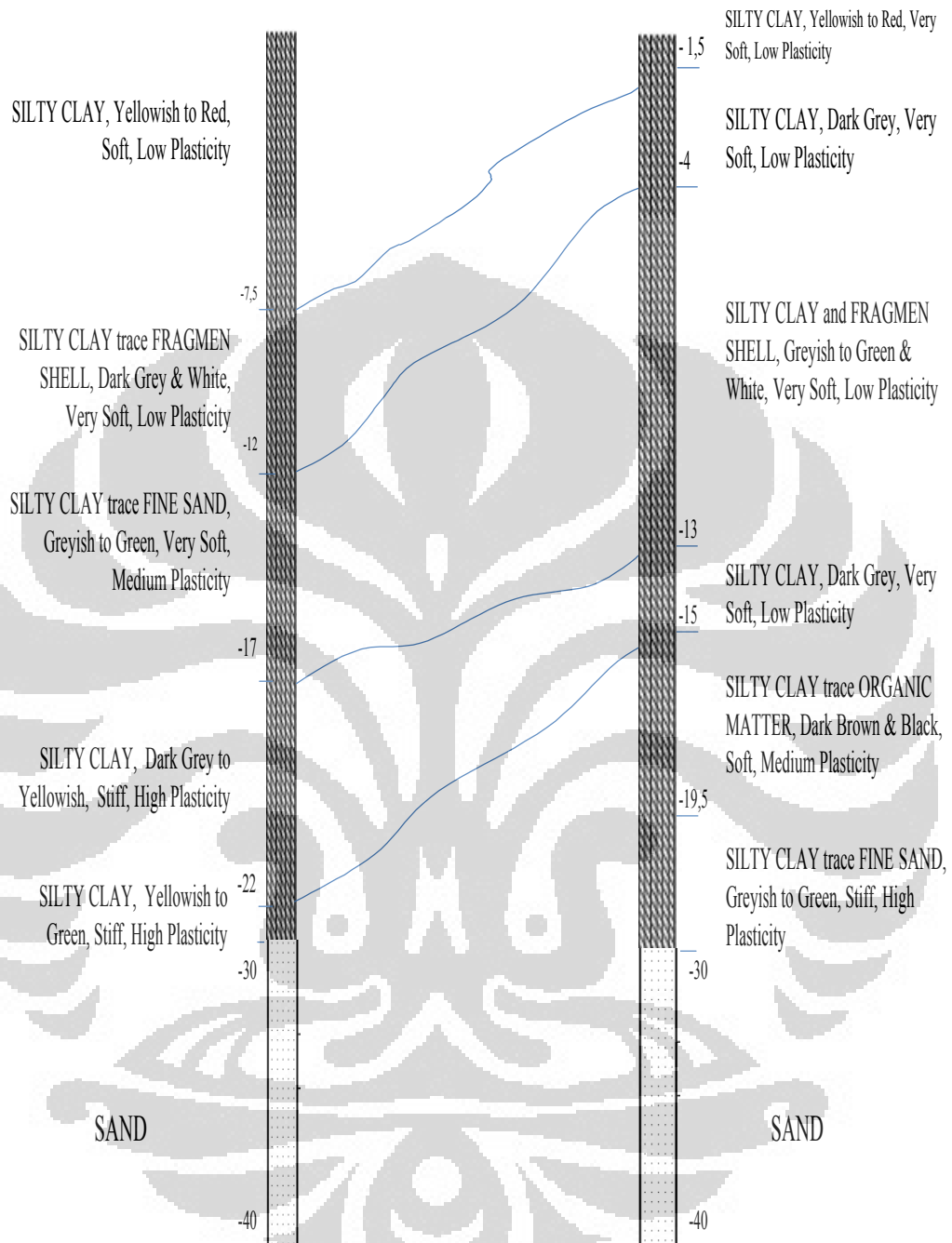
- a. Spesific gravity
- b. Kadar Air
- c. Analisa Distribusi Butiran Tanah
- d. Atterberg Limits
- e. Consolidation Testing
- f. Triaxial Testing

Hasil pengujian tanah di lapangan dan laboratorium dapat dilihat pada lampiran 4.2 dan 4.3

### 4.3 ANALISA SETTLEMENT

Untuk menyelesaikan studi kasus settlement antara teori dan pengamatan di lapangan, dilakukan penyederhanaan dan pendekatan yang dianggap mendekati kondisi ideal. Pengamatan konsolidasi di lapangan pada STA – 1 dilakukan pada titik yang paling dekat dengan pengambilan sample uji tanah pada DB-01. Dengan pendekatan dimaksud, data-data pengamatan dianggap mewakili keadaan yang real dan ideal.

Secara umum lapisan tanah di lokasi dari permukaan hingga kedalaman 30 m merupakan lempung kelanauan dengan konsistensi sampai kedalaman -16 m sangat lunak dan sampai kedalaman -30 m adalah kaku. Lapisan tanah berikutnya sampai akhir pengeboran di kedalaman sekitar -40 m berupa pasir. Lapisan tanah keras ( $NSPT \geq 40$ ) terdapat pada kedalaman sekitar -35 m. Kedalaman muka air tanah rata-rata -0.30 m. Gambaran perlapisan tanah di lokasi disajikan dalam Gambar 4.4 berikut.



**Gambar 4.4 Stratifikasi Tanah Di Lahan Rencana LPG Plant.**

Berdasarkan data tanah pada DB-1 untuk perhitungan adalah sebagai berikut :

### Data Boring DB1-S1

<b>Lapisan 1</b>	$\gamma_{wet} =$	1.599 t/m <sup>3</sup>	$C_c =$	0.690	$c =$	0.303 t/m <sup>2</sup>	6m	$z =$	0	
	$\gamma_{dry} =$	1.008 t/m <sup>3</sup>	$C_s =$	0.090	$G_s =$	2.690		MAT-0,3	$z =$	6
	LL =	94.020 %	$e_o =$	1.780	$w =$	58.570 %				
	PI =	38.230 %	$P_c =$	11.740 t/m <sup>2</sup>						
<b>Lapisan 2</b>	$\gamma_{wet} =$	1.544 t/m <sup>3</sup>	$C_c =$	1.120	$c =$	0.491 t/m <sup>2</sup>	6m	$z =$		
	$\gamma_{dry} =$	0.929 t/m <sup>3</sup>	$C_s =$	0.150	$G_s =$	2.690				
	LL =	104.870 %	$e_o =$	2.210	$w =$	66.200 %				
	PI =	41.400 %	$P_c =$	12.580 t/m <sup>2</sup>						
<b>Lapisan 3</b>	$\gamma_{wet} =$	1.416 t/m <sup>3</sup>	$C_c =$	1.500	$c =$	0.674 t/m <sup>2</sup>	18m	$z =$	30	
	$\gamma_{dry} =$	0.762 t/m <sup>3</sup>	$C_s =$	0.320	$G_s =$	2.680				
	LL =	97.350 %	$e_o =$	3.140	$w =$	85.890 %				
	PI =	35.770 %	$P_c =$	10.600 t/m <sup>2</sup>						
<b>Lapisan 4</b>					t/m <sup>2</sup>		10m	$z =$	40	
					%					
<b>PASIR</b>										

#### 4.3.1 Perencanaan Preloading Bertahap

Preloading atau pra pembebanan dan drainase vertikal adalah salah satu cara untuk mempercepat proses settlement sehingga penurunan yang besar dan ekstrim dimasa yang akan datang untuk jangka waktu yang cukup lama sudah teratasi.

Pada proyek ini dilakukan penimbunan tanah merah diatas tanah existing secara bertahap sebanyak 19 layer dan drainase vertikal di install dengan jarak 1,35m sampai kedalaman – 19m. Selama proses tersebut dilakukan pengamatan

settlement yang terjadi setiap hari selama 187 hari. Data tinggi timbunan setiap layer dapat dilihat pada tabel 4.1

Layer	Tanggal Penimbunan	Tinggi Penimbunan tiap Layer (m)
layer 1	11-Sep-09	0.05
layer 2	13-Sep-09	0.26
layer 3	2-Oct-09	0.24
layer 4	3-Oct-09	0.23
layer 5	4-Oct-09	0.27
pasir	3-Nov-09	0.36
layer6	20-Nov-09	0.22
layer 7	22-Nov-09	0.22
layer 8	25-Nov-09	0.25
layer 9	2-Dec-09	0.24
layer 10	3-Dec-09	0.29
layer 11	6-Dec-09	0.27
layer 12	7-Dec-09	0.28
layer 13	8-Dec-09	0.24
layer 14	9-Dec-09	0.25
layer 15	10-Dec-09	0.27
layer 16	11-Dec-09	0.26
layer 17	12-Dec-09	0.24
layer 18	13-Dec-09	0.28
layer 19	14-Dec-09	0.26
		4.98

**Tabel 4.1 Tabel tinggi timbunan untuk preloading**

Tinggi timbunan kritis ( $H_{cr}$ )

$$H_{cr} = \frac{5 \cdot C_u}{\gamma_{timb}} = \frac{5 \cdot 0,303 \text{ t/m}^2}{1,7 \text{ t/m}^3} = 0,891 \text{ m}$$

Untuk keamanan konstruksi, gunakan SF sebesar **1.2 – 1.7**, jika SF=1,7 (angka konservatif) maka tinggi timbunan kritis menjadi :

$$H_{fill} = \frac{H_c}{SF} = \frac{0,891}{1,7} = 0,524 \text{ m}$$

Berdasarkan tabel 4.1, tinggi timbunan tiap layer maksimum adalah  $0,36m < H_{cr}$  --  
 ---→OK

#### 4.3.2 Perhitungan Settlement

- Untuk tanah yang terkonsolidasi normal ( $P_c/P_0=1$ ) digunakan rumus :

$$S = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p_0 + \Delta p}{p_0}$$

- Untuk tanah yang terkonsolidasi (overkonsolidasi), terdapat 2 kondisi :

Jika  $(p_0 + \Delta p) < p_c$ , maka :

$$S = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p_0 + \Delta p}{p_0}$$

Jika  $(p_0 + \Delta p) > p_c$ , maka :

$$S = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p_c}{p_0} + \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p_0 + \Delta p}{p_0}$$

**Tabel 4.2 Perhitungan Over Burder Presure (Po)**

Lap	sat (t/m3)	' (t/m3)	H (m)	Po (t/m2)	Ket
1	1.599	-	0.300	0.480	diatas MAT
	1.599	0.599	5.700	3.894	dbwh MAT
2	1.544	0.544	6.000	7.158	dbwh MAT
3	1.416	0.416	3.000	8.406	dbwh MAT

**Tabel 4.3 Perhitungan Beban Tambahan ( $\Delta P$ )**

Lap	sat (t/m3)	H (m)	$\Delta P$ (t/m2)
1	1.7	0.05	0.085

**Tabel 4.4 Perhitungan Penurunan Akibat Beban Timbunan Tahap 1  
(h=0,05m)**

Lap	H tanah (m)	Po (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta P$ (t/m <sup>2</sup> )	Po + $\Delta P$	Pc	Cc	Cs	eo	St (m)
1	0.300	0.480	0.085	0.565	11.740	-	0.090	1.780	-0.0128
	5.700	3.894	0.085	3.979	11.740	-	0.009	1.780	-0.0087
2	6.000	7.158	0.085	7.243	12.580	-	0.150	2.210	-0.0672
3	3.000	8.406	0.085	8.491	10.600	1.500	0.320	3.140	-0.0814
$\Sigma$									-0.170

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan Penurunan untuk setiap penambahan timbunan (20 layer) dengan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4.5 Penurunan Akibat Beban Timbunan (19 Layer)**

Lap	Timbunan		St (m)
	H (m)	H tot (m)	
1	0.05	0.05	-0.170
2	0.26	0.31	-0.136
3	0.24	0.55	-0.106
4	0.23	0.78	-0.079
5	0.27	1.05	-0.050
Pasir	0.36	1.41	-0.011
6	0.22	1.63	0.010
7	0.22	1.85	0.031
8	0.25	2.10	0.054
9	0.24	2.34	0.075
10	0.29	2.63	0.100
11	0.27	2.90	0.122
12	0.28	3.18	0.144
13	0.24	3.42	0.256
14	0.25	3.67	0.299
15	0.27	3.94	0.345
16	0.26	4.20	0.388
17	0.24	4.44	0.426
18	0.28	4.72	0.611
19	0.26	4.98	0.681

### 4.3.3 Derajat Konsolidasi Vertikal

- Untuk menentukan derajat konsolidasi Vertikal  $U_v$  digunakan persamaan

$$U_v = \sqrt{\frac{4}{\pi} \sum_{i=1}^n \frac{C_v \cdot t}{H_{ekiv}^2}}$$

Untuk menyelesaikan perhitungan, nilai  $C_v$  yang bervariasi, dilakukan penyederhanaan sehingga menjadi  $C_v$  ekuivalen :

$$C_v = \frac{\sum_{i=1}^n h_i^2}{\sum_{i=1}^n C_{vi}}$$

**Tabel 4.6 Perhitungan  $C_v$  ekuivalen**

Lap	sat (t/m <sup>3</sup> )	' (t/m <sup>3</sup> )	H (m)	Po (t/m <sup>2</sup> )	Ket	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /min)	$\sum h_i$	$h_i/\sqrt{C_{vi}}$	$C_v$ eq (cm <sup>2</sup> /min)
1	1.599	-	0.3	0.4797	diatas MAT	0.1	0.3	0.9486833	0.1215
	1.599	0.599	5.7	3.894	dbwh MAT	0.1	5.7	18.0249827	
2	1.544	0.544	6	7.158	dbwh MAT	0.1	6	18.973666	
3	1.416	0.416	3	14.646	dbwh MAT	0.14	18	48.1070235	
						$\Sigma$	30	86.0543555	

**Tabel 4.7 Perhitungan H ekuivalen**

Lap	H (m)	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /min)	$\Sigma h$ eq (m)
1	0.300	0.100	0.3000
	5.700	0.100	5.7000
2	6.000	0.100	6.0000
3	3.000	0.140	1.5306
		$\Sigma$	13.5306

Untuk  $t=1$  hari = 1440 menit

$$U_v = \sqrt{\frac{4 C_v t}{H_{ekiv}^2}}$$

$$U_v = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1215 \cdot 1440}{2118,4^2}}$$

$$U_v = 4,964 \cdot 10^{-5}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan Derajat Konsolidasi untuk setiap penambahan waktu (187 hari).

#### 4.3.4 Derajat Konsolidasi Horizontal

- Untuk menentukan derajat konsolidasi Horizontal  $U_h$  digunakan persamaan

$$U_h = 1 - \exp\left(-\frac{8 t C_h}{D^2 \ln\left(\frac{3d}{4x}\right)}\right)$$

- Drainase vertikal dipasang sedalam -19m dengan jarak spasi 1,35 m pola segitiga dimana propertis sebagai berikut :

Properties	Test Method	Units	Value
<b>Core raw material</b>			<b>Polypropylene</b>
<b>Core + Filter</b>			
- Weight	ASDM D 3776	gr/ m	≥ 80
- Width		mm	100 ± 5.0
- Thickness	ASTM D 5199	mm	5 ± 0.5
- Grab tensile strength	ASTM D 4595	kN/ width	≥ 3.5
- Grab elongation at break	ASTM D 4595	%	20 ~ 80
- Discharge capacity			
- Delft method (lateral press 300kPa, hydraulic grad i=0.5, duration = 1 week)		cm3/sec	80 (straight)
		cm3/sec	50 (buckled)



- ASTM D 4716, hydraulic grad i=1.0	lateral press=10kPa	cm <sup>3</sup> /sec	180
	lateral press=300kPa	cm <sup>3</sup> /sec	160
<b>Filter</b>			
- Raw material	-	-	Polypropylene
- Color	-	-	White/ Grey
- Tensile strength	ASTM D 4632	N	320
- Grab elongation at break	ASTM D 4632	%	20 ~ 80
- Permeability	ASTM D 4491	cm/s	≥ 1.0 x 10 <sup>-2</sup>
- Apparent opening size (AOS) O95	ASTM D 4751	mm	< 80

Perhitungan diameter vertical drain dapat dihitung dengan persamaan Hansbo (1979) sebagai berikut :

$$d_{eq} = \frac{2ab}{a+b} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 0,5}{10 + 0,5} = 6,6879 \text{ cm} \approx 0,0669 \text{ m}$$

Drainase vertikal dipasang dengan pola segitiga sehingga;

$$D = 1,05 \times S = 1,05 \times 1,35 = 1,4175 \text{ m}$$

$$\text{Diasumsikan } C_h = 2 \times C_v = 2 \times 0,1215 = 0,243$$

Dengan nilai-nilai diatas masukan kedalam persamaan dibawah ini untuk setiap pertambahan waktu dengan interval 1 hari ( 1440 menit) :

$$U_h = 1 - \exp\left(-\frac{8t}{D^2} C_h\right)$$

#### 4.3.5 Derajat Konsolidasi Effektif

- Untuk menentukan derajat konsolidasi efektif digunakan persamaan

$$U_{eff} = 1 - \frac{U_1}{U_2} = 1 - \frac{U_h}{U_v}$$

**Tabel 4.8 Derajat Konsolidasi Vertikal vs Horizontal**

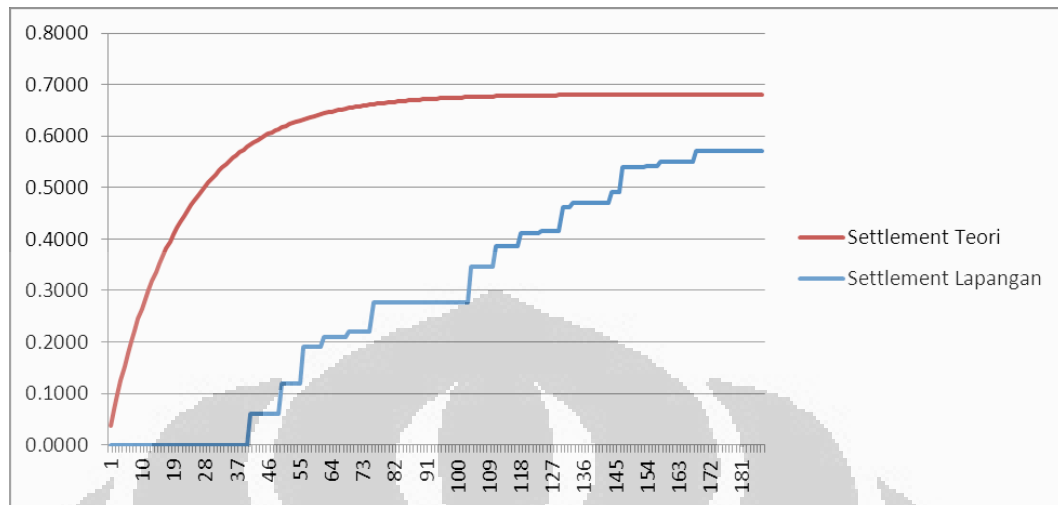
No	t (menit)	t kumulatif (menit)	U <sub>v</sub> (%)	U <sub>h</sub> (%)	U <sub>eff</sub> (%)	Settlement teori (m)	Settlement lap (m)
1	1440.00	1440.00	1.1034	4.4598	5.5139	0.0376	0.0000
2	1440.00	2880.00	1.5604	8.7207	10.1450	0.0691	0.0000
3	1440.00	4320.00	1.9111	12.7915	14.4581	0.0985	0.0000
4	1440.00	5760.00	2.2067	16.6808	18.5194	0.1261	0.0000
5	1440.00	7200.00	2.4672	20.3967	22.3606	0.1523	0.0000
6	1440.00	8640.00	2.7027	23.9468	26.0023	0.1771	0.0000
7	1440.00	10080.00	2.9192	27.3386	29.4597	0.2006	0.0000
8	1440.00	11520.00	3.1208	30.5791	32.7456	0.2230	0.0000
9	1440.00	12960.00	3.3101	33.6751	35.8706	0.2443	0.0000
10	1440.00	14400.00	3.4891	36.6331	38.8440	0.2646	0.0000
11	1440.00	15840.00	3.6594	39.4591	41.6746	0.2838	0.0000
12	1440.00	17280.00	3.8222	42.1591	44.3699	0.3022	0.0000
13	1440.00	18720.00	3.9782	44.7387	46.9371	0.3197	0.0000
14	1440.00	20160.00	4.1284	47.2032	49.3829	0.3363	0.0000
15	1440.00	21600.00	4.2733	49.5578	51.7134	0.3522	0.0000
16	1440.00	23040.00	4.4134	51.8074	53.9344	0.3673	0.0000
17	1440.00	24480.00	4.5493	53.9567	56.0513	0.3818	0.0000
18	1440.00	25920.00	4.6812	56.0101	58.0694	0.3955	0.0000
19	1440.00	27360.00	4.8094	57.9720	59.9933	0.4086	0.0000
20	1440.00	28800.00	4.9344	59.8463	61.8277	0.4211	0.0000
21	1440.00	30240.00	5.0562	61.6371	63.5768	0.4330	0.0000
22	1440.00	31680.00	5.1752	63.3480	65.2448	0.4444	0.0000
23	1440.00	33120.00	5.2915	64.9826	66.8356	0.4552	0.0000
24	1440.00	34560.00	5.4053	66.5443	68.3527	0.4655	0.0000
25	1440.00	36000.00	5.5168	68.0364	69.7997	0.4754	0.0000
26	1440.00	37440.00	5.6261	69.4619	71.1799	0.4848	0.0000
27	1440.00	38880.00	5.7332	70.8238	72.4965	0.4938	0.0000
28	1440.00	40320.00	5.8384	72.1250	73.7524	0.5023	0.0000
29	1440.00	41760.00	5.9418	73.3681	74.9506	0.5105	0.0000
30	1440.00	43200.00	6.0433	74.5559	76.0935	0.5183	0.0000
31	1440.00	44640.00	6.1432	75.6906	77.1840	0.5257	0.0000
32	1440.00	46080.00	6.2415	76.7748	78.2244	0.5328	0.0000
33	1440.00	47520.00	6.3383	77.8106	79.2170	0.5395	0.0000
34	1440.00	48960.00	6.4336	78.8002	80.1641	0.5460	0.0000
35	1440.00	50400.00	6.5276	79.7456	81.0677	0.5522	0.0000
36	1440.00	51840.00	6.6202	80.6489	81.9300	0.5580	0.0000
37	1440.00	53280.00	6.7115	81.5119	82.7528	0.5636	0.0000

No	t (menit)	t kumulatif (menit)	Uv (%)	Uh (%)	Ueff (%)	Settlement teori (m)	Settlement lap (m)
38	1440.00	54720.00	6.8016	82.3365	83.5379	0.5690	0.0000
39	1440.00	56160.00	6.8905	83.1242	84.2870	0.5741	0.0000
40	1440.00	57600.00	6.9783	83.8768	85.0020	0.5789	0.0000
41	1440.00	59040.00	7.0649	84.5959	85.6842	0.5836	0.0600
42	1440.00	60480.00	7.1506	85.2829	86.3352	0.5880	0.0600
43	1440.00	61920.00	7.2352	85.9392	86.9566	0.5923	0.0600
44	1440.00	63360.00	7.3189	86.5663	87.5495	0.5963	0.0600
45	1440.00	64800.00	7.4016	87.1654	88.1154	0.6002	0.0600
46	1440.00	66240.00	7.4833	87.7378	88.6554	0.6038	0.0600
47	1440.00	67680.00	7.5643	88.2847	89.1709	0.6073	0.0600
48	1440.00	69120.00	7.6443	88.8072	89.6628	0.6107	0.0600
49	1440.00	70560.00	7.7235	89.3063	90.1323	0.6139	0.0600
50	1440.00	72000.00	7.8019	89.7833	90.5804	0.6169	0.1200
51	1440.00	73440.00	7.8796	90.2389	91.0080	0.6199	0.1200
52	1440.00	74880.00	7.9564	90.6742	91.4162	0.6226	0.1200
53	1440.00	76320.00	8.0326	91.0901	91.8058	0.6253	0.1200
54	1440.00	77760.00	8.1080	91.4875	92.1777	0.6278	0.1200
55	1440.00	79200.00	8.1827	91.8671	92.5326	0.6302	0.1200
56	1440.00	80640.00	8.2568	92.2298	92.8714	0.6325	0.1900
57	1440.00	82080.00	8.3302	92.5764	93.1948	0.6347	0.1900
58	1440.00	83520.00	8.4029	92.9074	93.5034	0.6368	0.1900
59	1440.00	84960.00	8.4751	93.2238	93.7980	0.6389	0.1900
60	1440.00	86400.00	8.5466	93.5260	94.0793	0.6408	0.1900
61	1440.00	87840.00	8.6175	93.8147	94.3477	0.6426	0.1900
62	1440.00	89280.00	8.6879	94.0905	94.6039	0.6443	0.2100
63	1440.00	90720.00	8.7576	94.3541	94.8485	0.6460	0.2100
64	1440.00	92160.00	8.8269	94.6059	95.0820	0.6476	0.2100
65	1440.00	93600.00	8.8956	94.8464	95.3049	0.6491	0.2100
66	1440.00	95040.00	8.9637	95.0763	95.5176	0.6506	0.2100
67	1440.00	96480.00	9.0314	95.2959	95.7207	0.6520	0.2100
68	1440.00	97920.00	9.0985	95.5057	95.9146	0.6533	0.2100
69	1440.00	99360.00	9.1652	95.7061	96.0996	0.6545	0.2200
70	1440.00	100800.00	9.2314	95.8976	96.2763	0.6557	0.2200
71	1440.00	102240.00	9.2971	96.0806	96.4450	0.6569	0.2200
72	1440.00	103680.00	9.3623	96.2554	96.6059	0.6580	0.2200
73	1440.00	105120.00	9.4271	96.4224	96.7596	0.6590	0.2200
74	1440.00	106560.00	9.4915	96.5819	96.9063	0.6600	0.2200

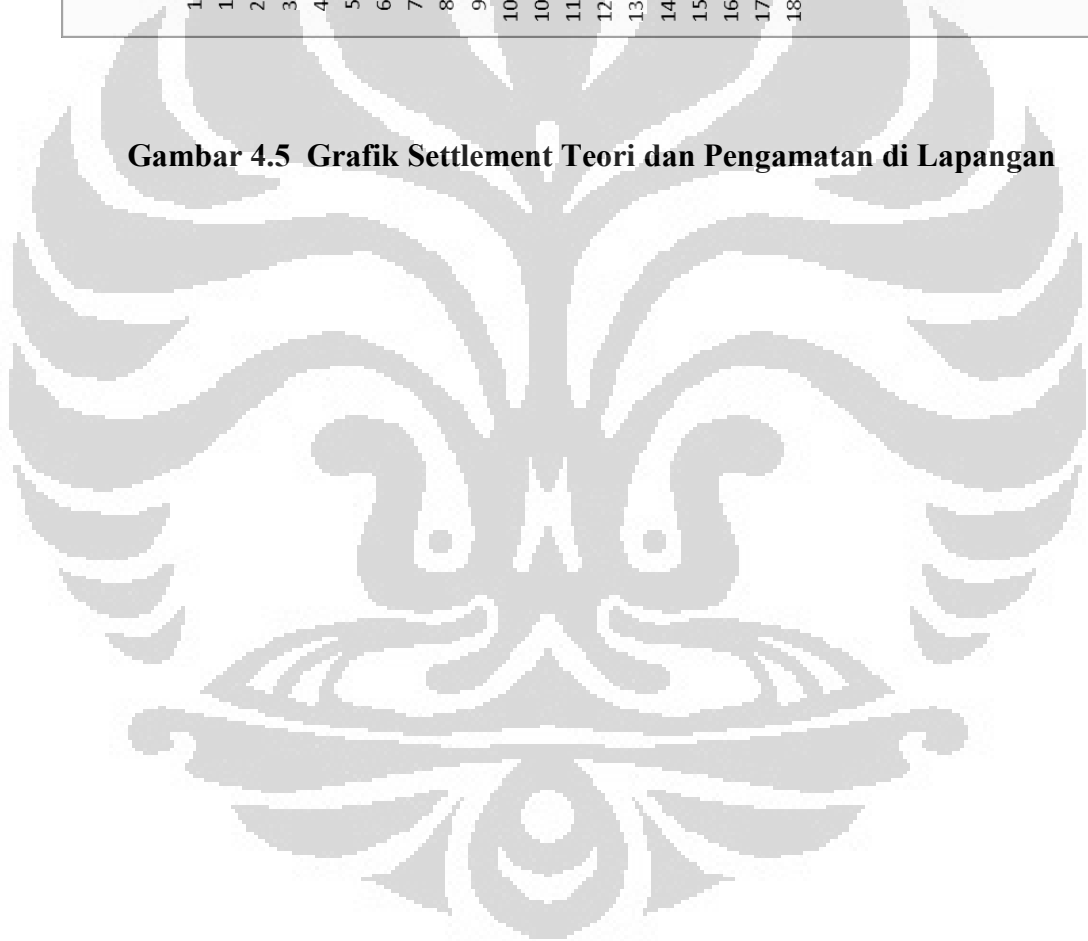
No	t (menit)	t kumulatif (menit)	Uv (%)	Uh (%)	Ueff (%)	Settlement teori (m)	Settlement lap (m)
75	1440.00	108000.00	9.5554	96.7344	97.0464	0.6610	0.2200
76	1440.00	109440.00	9.6189	96.8800	97.1801	0.6619	0.2760
77	1440.00	110880.00	9.6819	97.0191	97.3077	0.6628	0.2760
78	1440.00	112320.00	9.7446	97.1521	97.4296	0.6636	0.2760
79	1440.00	113760.00	9.8069	97.2791	97.5459	0.6644	0.2760
80	1440.00	115200.00	9.8687	97.4004	97.6570	0.6651	0.2760
81	1440.00	116640.00	9.9302	97.5164	97.7630	0.6659	0.2760
82	1440.00	118080.00	9.9913	97.6271	97.8642	0.6666	0.2760
83	1440.00	119520.00	10.0521	97.7330	97.9608	0.6672	0.2760
84	1440.00	120960.00	10.1125	97.8341	98.0531	0.6678	0.2760
85	1440.00	122400.00	10.1725	97.9307	98.1412	0.6684	0.2760
86	1440.00	123840.00	10.2321	98.0229	98.2252	0.6690	0.2760
87	1440.00	125280.00	10.2915	98.1111	98.3055	0.6696	0.2760
88	1440.00	126720.00	10.3504	98.1954	98.3821	0.6701	0.2760
89	1440.00	128160.00	10.4091	98.2758	98.4553	0.6706	0.2760
90	1440.00	129600.00	10.4674	98.3527	98.5252	0.6711	0.2760
91	1440.00	131040.00	10.5254	98.4262	98.5918	0.6715	0.2760
92	1440.00	132480.00	10.5831	98.4964	98.6555	0.6719	0.2760
93	1440.00	133920.00	10.6404	98.5634	98.7163	0.6724	0.2760
94	1440.00	135360.00	10.6975	98.6275	98.7743	0.6727	0.2760
95	1440.00	136800.00	10.7542	98.6887	98.8297	0.6731	0.2760
96	1440.00	138240.00	10.8107	98.7472	98.8826	0.6735	0.2760
97	1440.00	139680.00	10.8668	98.8031	98.9331	0.6738	0.2760
98	1440.00	141120.00	10.9227	98.8565	98.9814	0.6742	0.2760
99	1440.00	142560.00	10.9783	98.9075	99.0274	0.6745	0.2760
100	1440.00	144000.00	11.0336	98.9562	99.0714	0.6748	0.2760
101	1440.00	145440.00	11.0886	99.0027	99.1133	0.6751	0.2760
102	1440.00	146880.00	11.1434	99.0472	99.1534	0.6753	0.2760
103	1440.00	148320.00	11.1979	99.0897	99.1916	0.6756	0.2760
104	1440.00	149760.00	11.2521	99.1303	99.2282	0.6758	0.3460
105	1440.00	151200.00	11.3061	99.1691	99.2630	0.6761	0.3460
106	1440.00	152640.00	11.3598	99.2061	99.2963	0.6763	0.3460
107	1440.00	154080.00	11.4132	99.2415	99.3281	0.6765	0.3460
108	1440.00	155520.00	11.4665	99.2754	99.3585	0.6767	0.3460
109	1440.00	156960.00	11.5194	99.3077	99.3874	0.6769	0.3460
110	1440.00	158400.00	11.5721	99.3386	99.4151	0.6771	0.3460
111	1440.00	159840.00	11.6246	99.3681	99.4415	0.6773	0.3870

No	t (menit)	t kumulatif (menit)	Uv (%)	Uh (%)	Ueff (%)	Settlement teori (m)	Settlement lap (m)
112	1440.00	161280.00	7.4582	99.3962	99.4413	2.4383	0.3870
113	1440.00	162720.00	7.4914	99.4232	99.4664	2.4389	0.3870
114	1440.00	164160.00	7.5245	99.4489	99.4904	2.4395	0.3870
115	1440.00	165600.00	7.5575	99.4735	99.5133	2.4401	0.3870
116	1440.00	167040.00	7.5902	99.4970	99.5351	2.4406	0.3870
117	1440.00	168480.00	7.6229	99.5194	99.5560	2.4411	0.3870
118	1440.00	169920.00	7.6554	99.5408	99.5760	2.4416	0.4110
119	1440.00	171360.00	7.6878	99.5613	99.5950	2.4421	0.4110
120	1440.00	172800.00	7.7200	99.5809	99.6132	2.4425	0.4110
121	1440.00	174240.00	7.7521	99.5996	99.6306	2.4429	0.4110
122	1440.00	175680.00	7.7841	99.6174	99.6472	2.4433	0.4110
123	1440.00	177120.00	7.8159	99.6345	99.6631	2.4437	0.4110
124	1440.00	178560.00	7.8476	99.6508	99.6782	2.4441	0.4150
125	1440.00	180000.00	7.8792	99.6664	99.6926	2.4445	0.4150
126	1440.00	181440.00	7.9106	99.6812	99.7065	2.4448	0.4150
127	1440.00	182880.00	7.9420	99.6955	99.7196	2.4451	0.4150
128	1440.00	184320.00	7.9732	99.7090	99.7322	2.4454	0.4150
129	1440.00	185760.00	8.0043	99.7220	99.7443	2.4457	0.4150
130	1440.00	187200.00	8.0352	99.7344	99.7557	2.4460	0.4610
131	1440.00	188640.00	8.0661	99.7463	99.7667	2.4463	0.4610
132	1440.00	190080.00	8.0968	99.7576	99.7772	2.4465	0.4610
133	1440.00	191520.00	8.1274	99.7684	99.7872	2.4468	0.4710
134	1440.00	192960.00	8.1579	99.7787	99.7968	2.4470	0.4710
135	1440.00	194400.00	8.1883	99.7886	99.8059	2.4472	0.4710
136	1440.00	195840.00	8.2186	99.7980	99.8146	2.4475	0.4710
137	1440.00	197280.00	8.2487	99.8070	99.8229	2.4477	0.4710
138	1440.00	198720.00	8.2788	99.8156	99.8309	2.4479	0.4710
139	1440.00	200160.00	8.3087	99.8238	99.8385	2.4480	0.4710
140	1440.00	201600.00	8.3386	99.8317	99.8457	2.4482	0.4710
141	1440.00	203040.00	8.3683	99.8392	99.8527	2.4484	0.4710
142	1440.00	204480.00	8.3979	99.8464	99.8593	2.4485	0.4710
143	1440.00	205920.00	8.4274	99.8532	99.8656	2.4487	0.4710
144	1440.00	207360.00	8.4568	99.8598	99.8716	2.4489	0.4910
145	1440.00	208800.00	8.4861	99.8660	99.8774	2.4490	0.4910
146	1440.00	210240.00	8.5154	99.8720	99.8829	2.4491	0.4910
147	1440.00	211680.00	8.5445	99.8777	99.8882	2.4493	0.5390
148	1440.00	213120.00	8.5735	99.8832	99.8932	2.4494	0.5390

No	t (menit)	t kumulatif (menit)	Uv (%)	Uh (%)	Ueff (%)	Settlement teori (m)	Settlement lap (m)
149	1440.00	214560.00	11.6769	99.3962	99.4667	0.6775	0.3870
150	1440.00	216000.00	11.7289	99.4232	99.4908	0.6776	0.3870
151	1440.00	217440.00	11.7807	99.4489	99.5138	0.6778	0.3870
152	1440.00	218880.00	11.8322	99.4735	99.5358	0.6779	0.3870
153	1440.00	220320.00	11.8835	99.4970	99.5567	0.6781	0.3870
154	1440.00	221760.00	11.9347	99.5194	99.5768	0.6782	0.3870
155	1440.00	223200.00	11.9856	99.5408	99.5959	0.6783	0.4110
156	1440.00	224640.00	12.0362	99.5613	99.6141	0.6785	0.4110
157	1440.00	226080.00	12.0867	99.5809	99.6315	0.6786	0.4110
158	1440.00	227520.00	12.1370	99.5996	99.6482	0.6787	0.4110
159	1440.00	228960.00	12.1870	99.6174	99.6640	0.6788	0.4110
160	1440.00	230400.00	12.2369	99.6345	99.6792	0.6789	0.4110
161	1440.00	231840.00	12.2865	99.6508	99.6937	0.6790	0.4150
162	1440.00	233280.00	12.3359	99.6664	99.7075	0.6791	0.4150
163	1440.00	234720.00	12.3852	99.6812	99.7207	0.6792	0.4150
164	1440.00	236160.00	12.4342	99.6955	99.7333	0.6793	0.4150
165	1440.00	237600.00	12.4831	99.7090	99.7454	0.6794	0.4150
166	1440.00	239040.00	12.5318	99.7220	99.7568	0.6794	0.4150
167	1440.00	240480.00	12.5802	99.7344	99.7678	0.6795	0.4610
168	1440.00	241920.00	12.6285	99.7463	99.7783	0.6796	0.4610
169	1440.00	243360.00	12.6766	99.7576	99.7883	0.6797	0.4610
170	1440.00	244800.00	12.7246	99.7684	99.7979	0.6797	0.4710
171	1440.00	246240.00	12.7723	99.7787	99.8070	0.6798	0.4710
172	1440.00	247680.00	12.8199	99.7886	99.8157	0.6798	0.4710
173	1440.00	249120.00	12.8673	99.7980	99.8240	0.6799	0.4710
174	1440.00	250560.00	12.9145	99.8070	99.8319	0.6800	0.4710
175	1440.00	252000.00	12.9615	99.8156	99.8395	0.6800	0.4710
176	1440.00	253440.00	13.0084	99.8238	99.8468	0.6801	0.4710
177	1440.00	254880.00	13.0551	99.8317	99.8537	0.6801	0.4710
178	1440.00	256320.00	13.1017	99.8392	99.8603	0.6801	0.4710
179	1440.00	257760.00	13.1480	99.8464	99.8666	0.6802	0.4710
180	1440.00	259200.00	13.1943	99.8532	99.8726	0.6802	0.4710
181	1440.00	260640.00	13.2403	99.8598	99.8783	0.6803	0.4910
182	1440.00	262080.00	13.2862	99.8660	99.8838	0.6803	0.4910
183	1440.00	263520.00	13.3319	99.8720	99.8891	0.6803	0.4910
184	1440.00	264960.00	14.9667	99.9774	99.9808	0.6810	0.5710
185	1440.00	266400.00	15.0073	99.9784	99.9816	0.6810	0.5710
186	1440.00	267840.00	15.0478	99.9794	99.9825	0.6810	0.5710
187	1440.00	269280.00	15.0882	99.9803	99.9833	0.6810	0.5710



**Gambar 4.5 Grafik Settlement Teori dan Pengamatan di Lapangan**



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Proses Konsolidasi yang terjadi pada proyek proyek LPG Plant Babelan Bekasi berlangsung cukup lama sehingga diperlukan suatu cara untuk mempercepat terjadinya konsolidasi, yaitu dengan preloading dan drainase vertikal.
2. Timbunan tanah merah setinggi  $\pm 5$  m dilakukan secara bertahap ditambah drainase vertikal membantu proses konsolidasi sehingga diperoleh penurunan 57,1 cm dalam kurun waktu 187 hari.
3. Drainase vertikal digunakan dengan pola segitiga dengan jarak spasi antar drainase vertikal 1,35m pada kedalaman 19m; dimana jarak pemasangan drainase vertikal semakin rapat sangat optimum untuk mempercepat proses konsolidasi
4. Perbandingan antara konsolidasi teori dan pengamatan di lapangan menunjukkan hasil berbeda, dimana pada  $t=187$  hari secara teori tanah mengalami penurunan setinggi 68,1cm sedangkan berdasarkan pengamatan di lapangan menunjukkan penurunan setinggi 57,1 cm

Simpangan tersebut diindikasikan terjadi karena data tanah yang digunakan untuk perhitungan konsolidasi diambil pada bulan Juni 2010 dimana waktu tersebut adalah proses preloading + pvd selesai dilaksanakan sehingga data tanah sudah tidak asli (tidak akurat). Pengambilan sample tanah kurang rapat, pengambilan sample tanah dan pengamatan konsolidasi di lapangan memiliki rentang yang lebar juga memiliki kontribusi terhadap simpangan tersebut.



## 5.2 Saran

1. Untuk memperoleh hasil perhitungan settlement secara teori yang mendekati hasil pengamatan di lapangan, perlu didasarkan data tanah yang original (sebelum proses preloading + pvd) dengan pengambilan sample cukup mewakili kondisi di lapangan, sehingga penyelesaian perhitungan settlement lebih akurat.
2. Pada perbaikan tanah dengan preloading dan drainase vertikal perlu diperhatikan efisiensinya sehingga diperoleh waktu konsolidasi yang optimum dengan biaya yang efisien
3. Simpangan yang cukup signifikan antara konsolidasi hasil perhitungan (teori) dan pengamatan di lapangan menunjukkan minimnya data-data karakteristik tanah dan data pengamatan konsolidasi di lapangan, sehingga untuk mendapatkan kondisi yang mendekati keadaan sebenarnya diperlukan data yang lebih lengkap.
4. Metode perbaikan tanah dengan preloading dan drainase vertikal akan optimum apabila preloading yang dilakukan secara bertahap dilakukan secara maksimal dan optimasi drainase vertikal yang baik (jarak, material dan panjang).

**DAFTAR PUSTAKA**

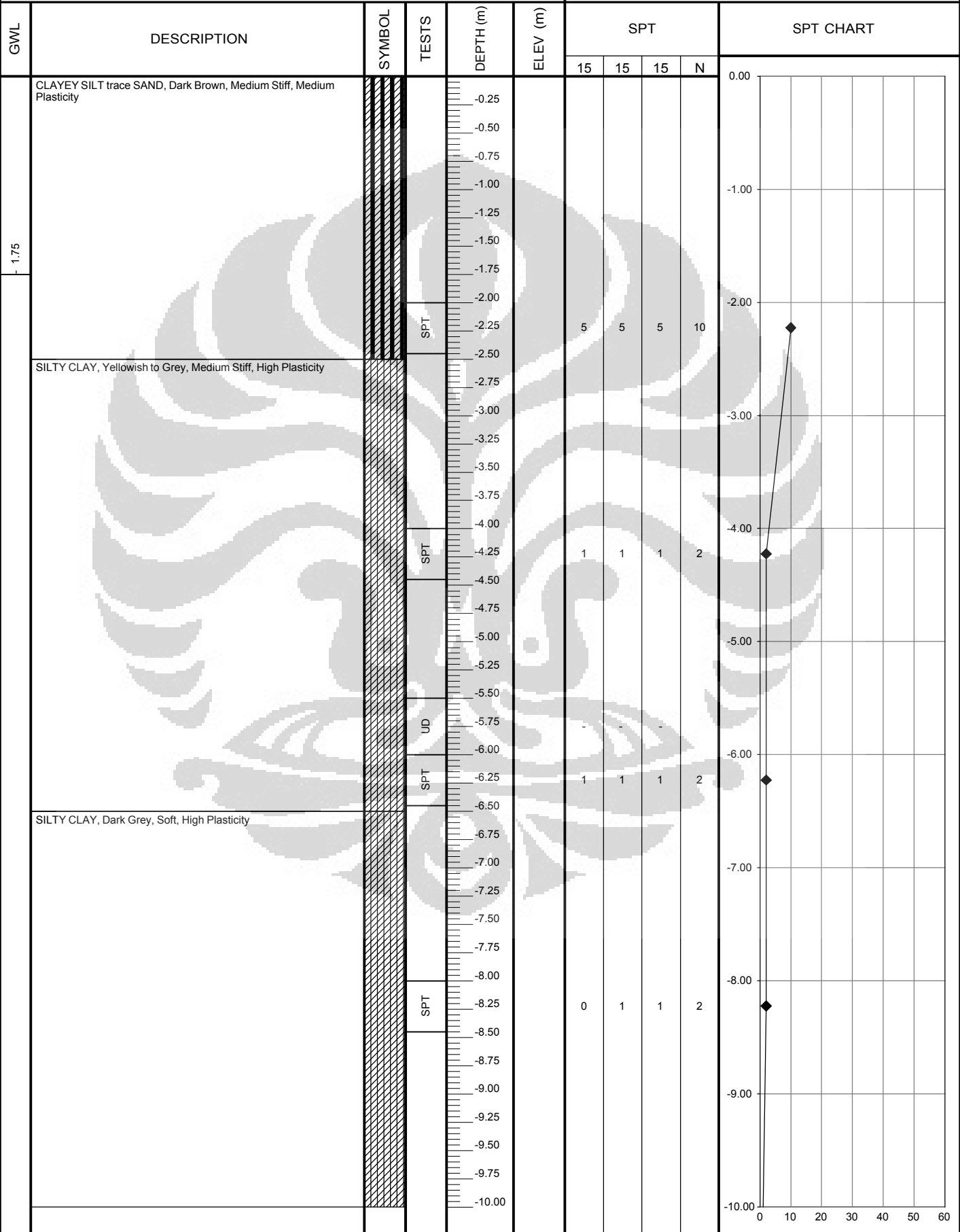
- Das, Braja M. 1984. *Principles of Foundation Engineering* (3<sup>rd</sup> ed.). Boston : PWS Publishing.
- Das, Braja M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. (Noor Endah & Indrasurya B. Mochtar, Penerjemah). Jakarta : Erlangga.
- Irsyam, Mashur. 2009. *Permasalahan Konstruksi di Atas Tanah Lunak*. Bandung : Program Studi Teknik Sipil ITB.
- J. E. Bowles. 1984. *Physical and Geotechnical Properties of Soil*. McGraw-Hill.
- K. Terzaghi, R. B. Peck dan G. Mesri. 1996. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Canada : John Wiley & Sons.
- Masyur, Irsyam. 2009. *Permasalahan konstruksi di Atas Tanah Lunak*. Bandung : Program Studi Teknik Sipil ITB
- Neville, A.M., *Properties of Concrete*, 4<sup>th</sup> Edition, (London: Longman Group Ltd, 1995).
- Wijemunige, Piyasena, & Moh, Z.,C. 1989. *Trial Embankment with Stage Loading and Vertical Drain*. Kuala Lumpur : International Symposium.





**BORELOG**

PROJECT LPG PLANT	ELEVATION (m) (from )
LOCATION BABELAN - JAWA BARAT	DATE 23/04/2010- 24/04/2010
BOREHOLE NO. DB01 - PAGE 1	TESTED BY Fahrurroji Cs

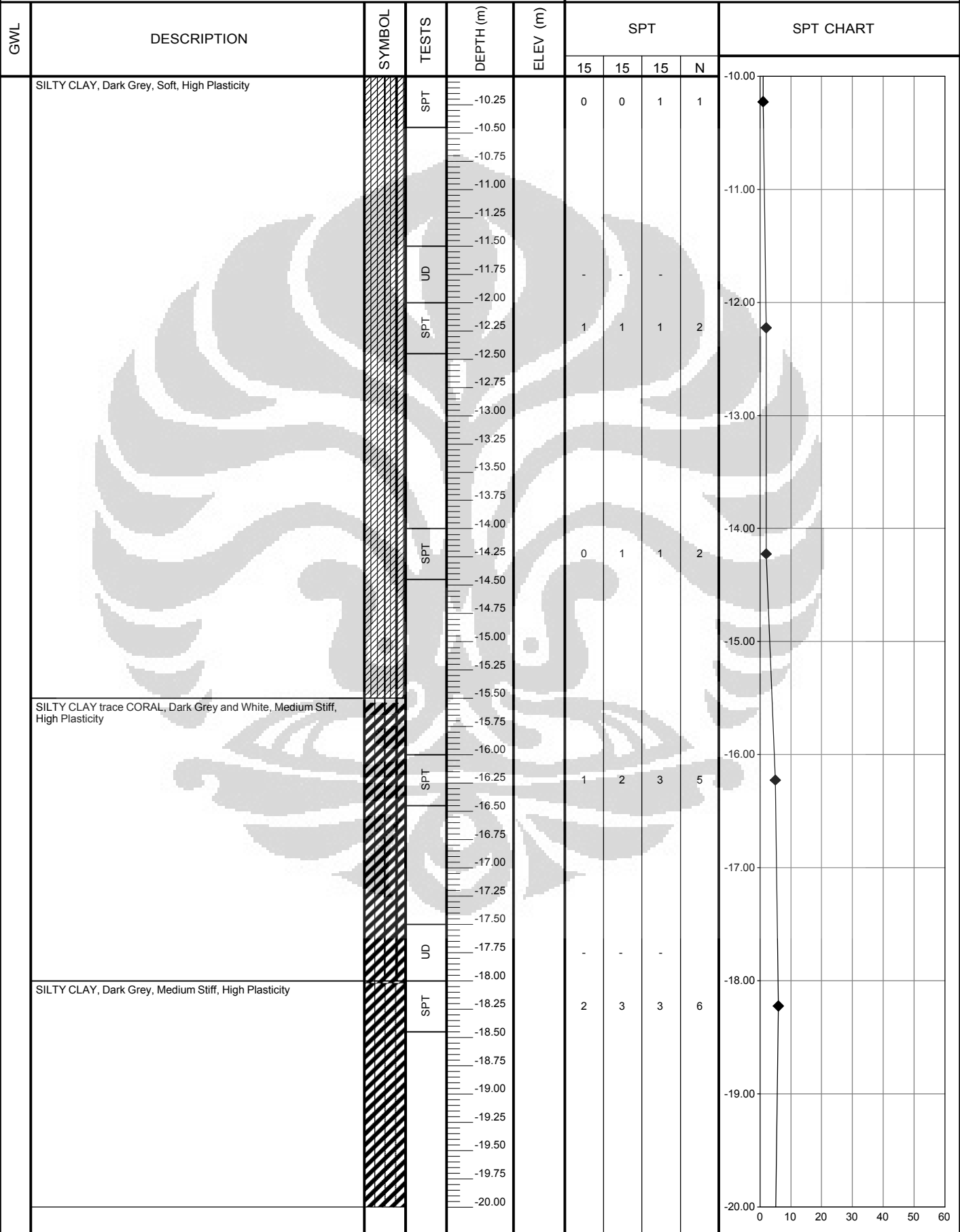


BORELOG LPG PLANT - BABELAN.GPJ UNIVERSITY OF INDONESIA.GDT 4/28/10



**BORELOG**

PROJECT LPG PLANT	ELEVATION (m) (from)
LOCATION BABELAN - JAWA BARAT	DATE 23/04/2010- 24/04/2010
BOREHOLE NO. DB01 - PAGE 2	TESTED BY Fahruroji Cs

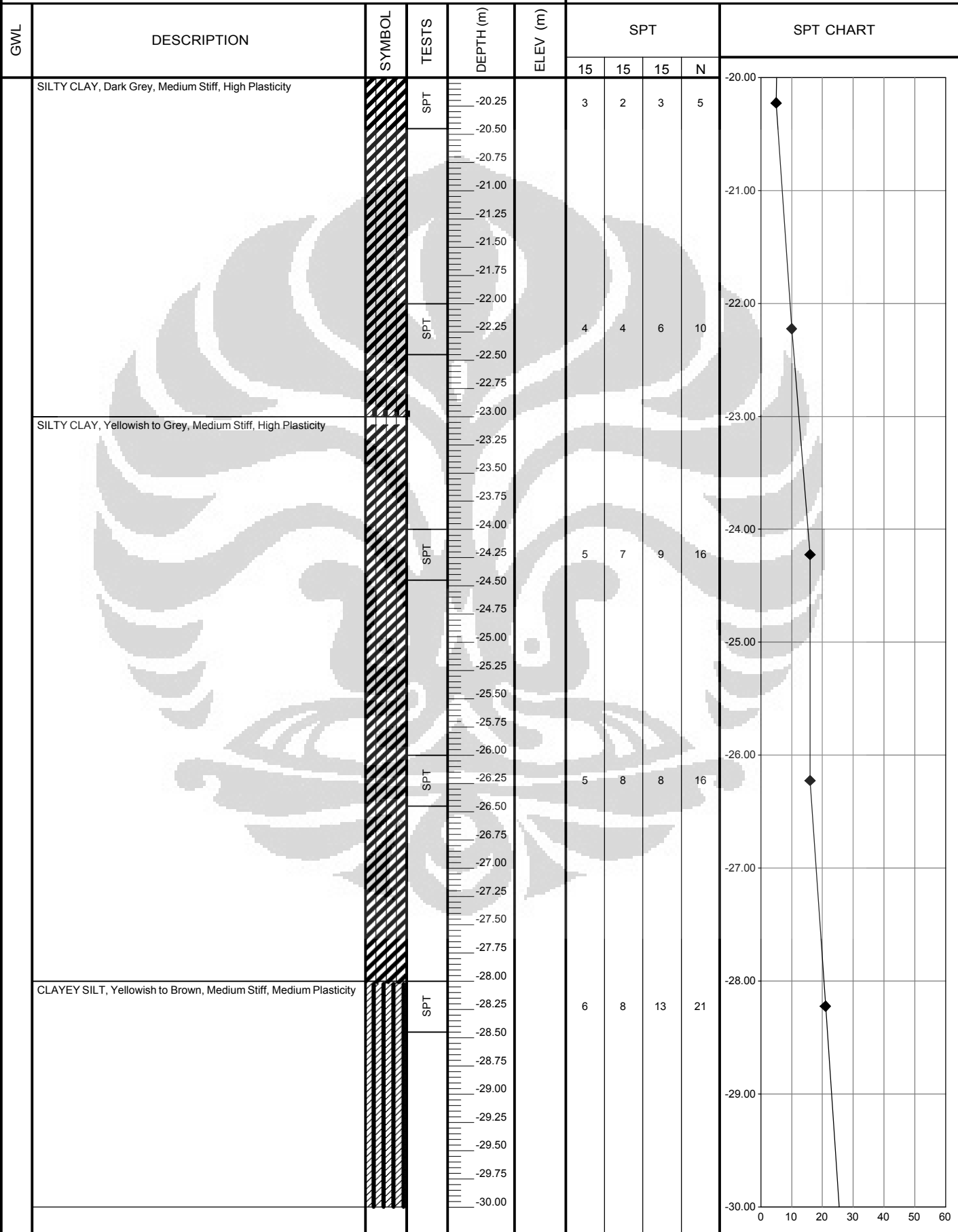


BORELOG LPG PLANT - BABELAN.GPJ UNIVERSITY OF INDONESIA.GDT 4/28/10



**BORELOG**

PROJECT LPG PLANT	ELEVATION (m) (from )
LOCATION BABELAN - JAWA BARAT	DATE 23/04/2010- 24/04/2010
BOREHOLE NO. DB01 - PAGE 3	TESTED BY Fahrurroji Cs



BORELOG LPG PLANT - BABELAN.GPJ UNIVERSITY OF INDONESIA.GDT 4/28/10



**BORELOG**

PROJECT LPG PLANT	ELEVATION (m) (from )
LOCATION BABELAN - JAWA BARAT	DATE 23/04/2010- 24/04/2010
BOREHOLE NO. DB01 - PAGE 4	TESTED BY Fahrurroji Cs

GWL	DESCRIPTION	SYMBOL	TESTS	DEPTH (m)	ELEV (m)	SPT				SPT CHART
						15	15	15	N	
	CLAYEY SILT, Yellowish to Brown, Medium Stiff, Medium Plasticity		SPT	-30.25		8	10	16	26	
	SILTY SAND, Yellowish to Black, Dense, Non Plasticity		SPT	-30.50						
				-30.75						
				-31.00						
				-31.25						
				-31.50						
				-31.75						
			SPT	-32.00						
				-32.25		14	15	16	31	
				-32.50						
	SILTY SAND, Yellowish to Brown, Very Dense, Non Plasticity			-32.75						
				-33.00						
				-33.25						
				-33.50						
				-33.75						
			SPT	-34.00						
				-34.25		19	23	30	53	
				-34.50						
				-34.75						
				-35.00						
	SANDSTONE, Black, Very Dense, Black, Non Plasticity			-35.25						
				-35.50						
				-35.75						
				-36.00						
			SPT	-36.25		23	36	24/8	R	
				-36.50						
				-36.75						
				-37.00						
				-37.25						
				-37.50						
				-37.75						
			SPT	-38.00						
				-38.25		25	39	21/7	R	
				-38.50						
				-38.75						
				-39.00						
				-39.25						
				-39.50						
				-39.75						
				-40.00						

BORELOG LPG PLANT - BABELAN.GPJ UNIVERSITY OF INDONESIA.GDT 4/28/10



**BORELOG**

PROJECT LPG PLANT	ELEVATION (m) (from )
LOCATION BABELAN - JAWA BARAT	DATE 23/04/2010- 24/04/2010
BOREHOLE NO. DB01 - PAGE 5	TESTED BY Fahrurroji Cs

GWL	DESCRIPTION	SYMBOL	TESTS	DEPTH (m)	ELEV (m)	SPT				SPT CHART
						15	15	15	N	
	SANDSTONE, Black, Very Dense, Black, Non Plasticity		SPT	-40.25		30	49	11/6	R	
				-40.50						
				-40.75						
				-41.00						
				-41.25						
				-41.50						
				-41.75						
				-42.00						
				-42.25						
				-42.50						
				-42.75						
				-43.00						
				-43.25						
				-43.50						
				-43.75						
				-44.00						
				-44.25						
				-44.50						
				-44.75						
				-45.00						
				-45.25						
				-45.50						
				-45.75						
				-46.00						
				-46.25						
				-46.50						
				-46.75						
				-47.00						
				-47.25						
				-47.50						
				-47.75						
				-48.00						
				-48.25						
				-48.50						
				-48.75						
				-49.00						
				-49.25						
				-49.50						
				-49.75						
				-50.00						

BORELOG LPG PLANT - BABELAN.GPJ UNIVERSITY OF INDONESIA.GDT 4/28/10



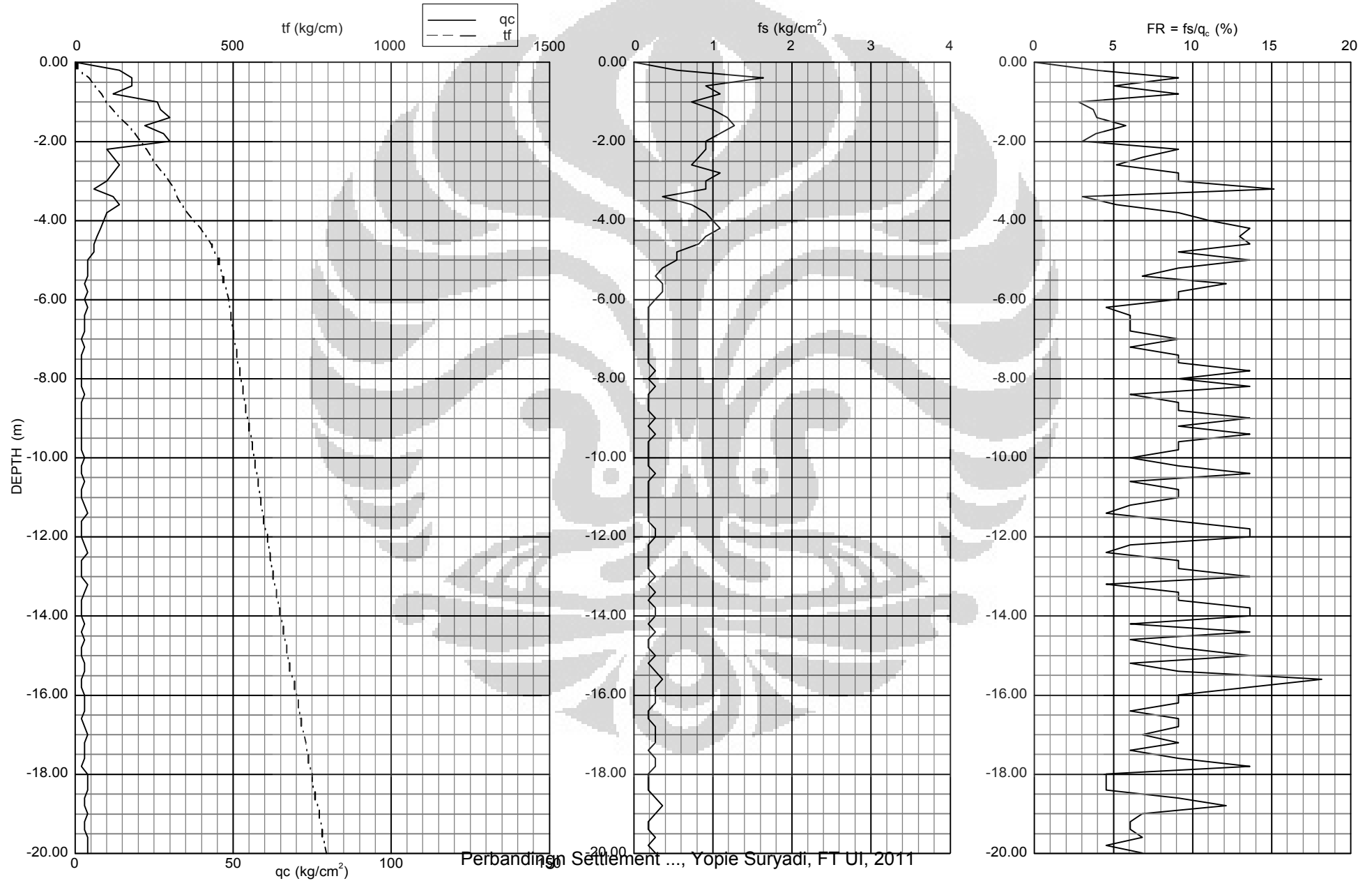


**Soil Mechanics Laboratory**  
**Civil Engineering Department, Faculty of Engineering University of Indonesia**  
16424, Telp. 78849102, Fax. 78849102

### CONE PENETRATION TEST

PROJECT : LPG PLANT  
LOCATION : BABELAN - BEKASI  
CPT NO. : S01

DATE : 03/07/2010  
G.W.L :  
ELEVATION :



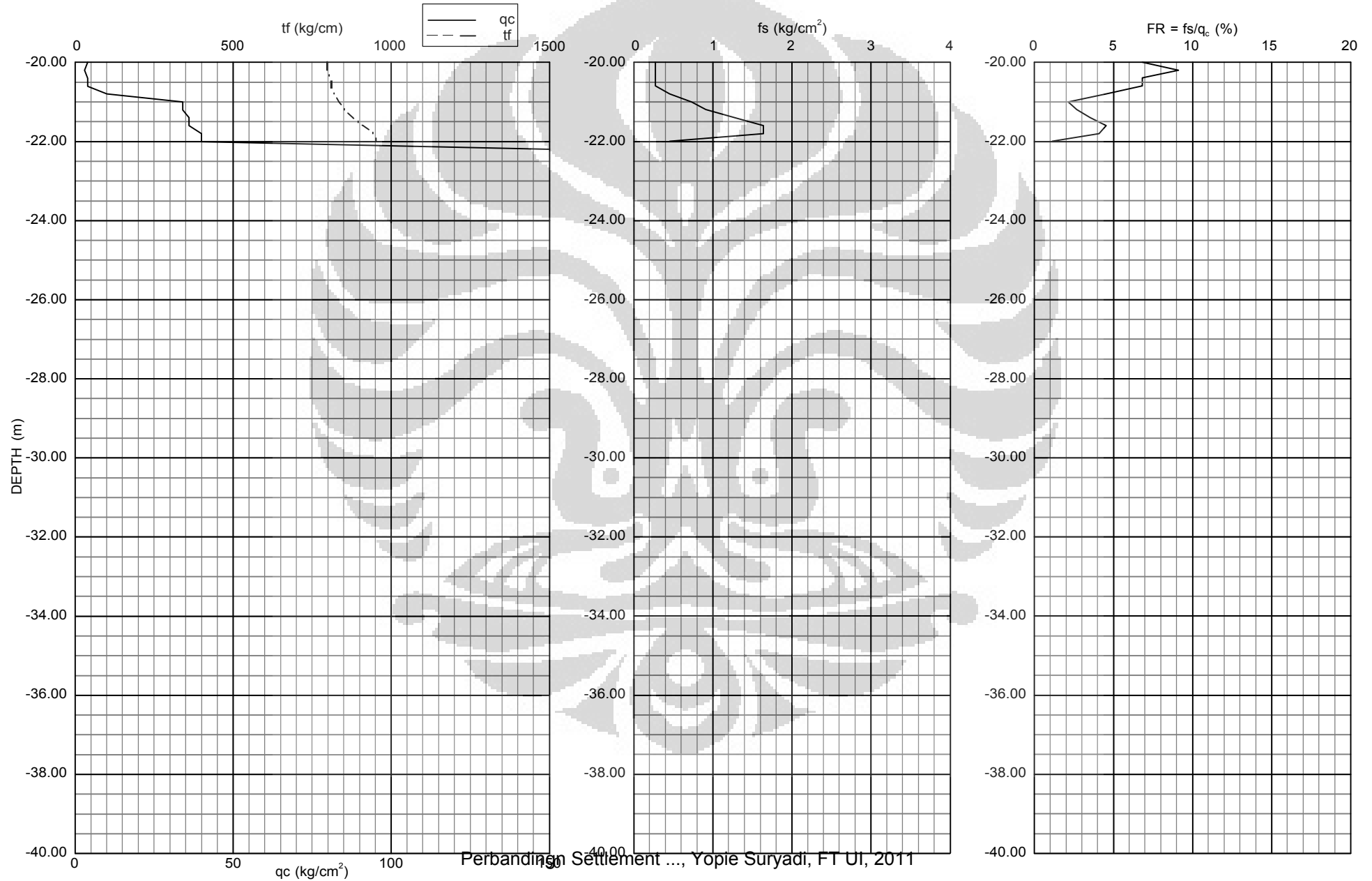


Soil Mechanics Laboratory  
Civil Engineering Department, Faculty of Engineering University of Indonesia  
16424, Telp. 78849102, Fax. 78849102

### CONE PENETRATION TEST

PROJECT : LPG PLANT  
LOCATION : BABELAN - BEKASI  
CPT NO. : S01

DATE : 03/07/2010  
G.W.L :  
ELEVATION :



Soil Properties	DB 1		
	5.50-6.00	11.50-12.00	17.50-18.00
Specific Gravity, $G_s$	2.69	2.69	2.68
Water Content, $w$ [%]	58.57	66.2	85.89
Atterberg Limits [%]			
LL	94.02	104.87	97.35
PL	55.79	63.47	61.58
PI	38.23	41.4	35.77
Grain Size Distribution [%]			
clay	29.5	19.5	27.5
silt	60.5	75.5	68
sand	10	19.5	4.5
Consolidation			
$P_0$ [ $\text{kN/m}^2$ ]	51.89	81.3	91.34
$P_c$ [ $\text{kN/m}^2$ ]	117.4	125.8	106
$C_c$	0.69	1.12	1.5
$C_r$	0.09	0.15	0.32
$e_0$	1.78	2.21	3.14
Triaxial UU			
Wet Density, $\gamma_{\text{wet}}$ [ $\text{kN/m}^3$ ]	15.99	15.44	14.16
Dry Density, $\gamma_{\text{dry}}$ [ $\text{kN/m}^3$ ]	10.08	9.29	7.62
Cohesion, $c$ [ $\text{kN/m}^2$ ]	3.03	4.91	6.74
Angle of friction, $\phi$ [°]	11.62	10.57	6.99

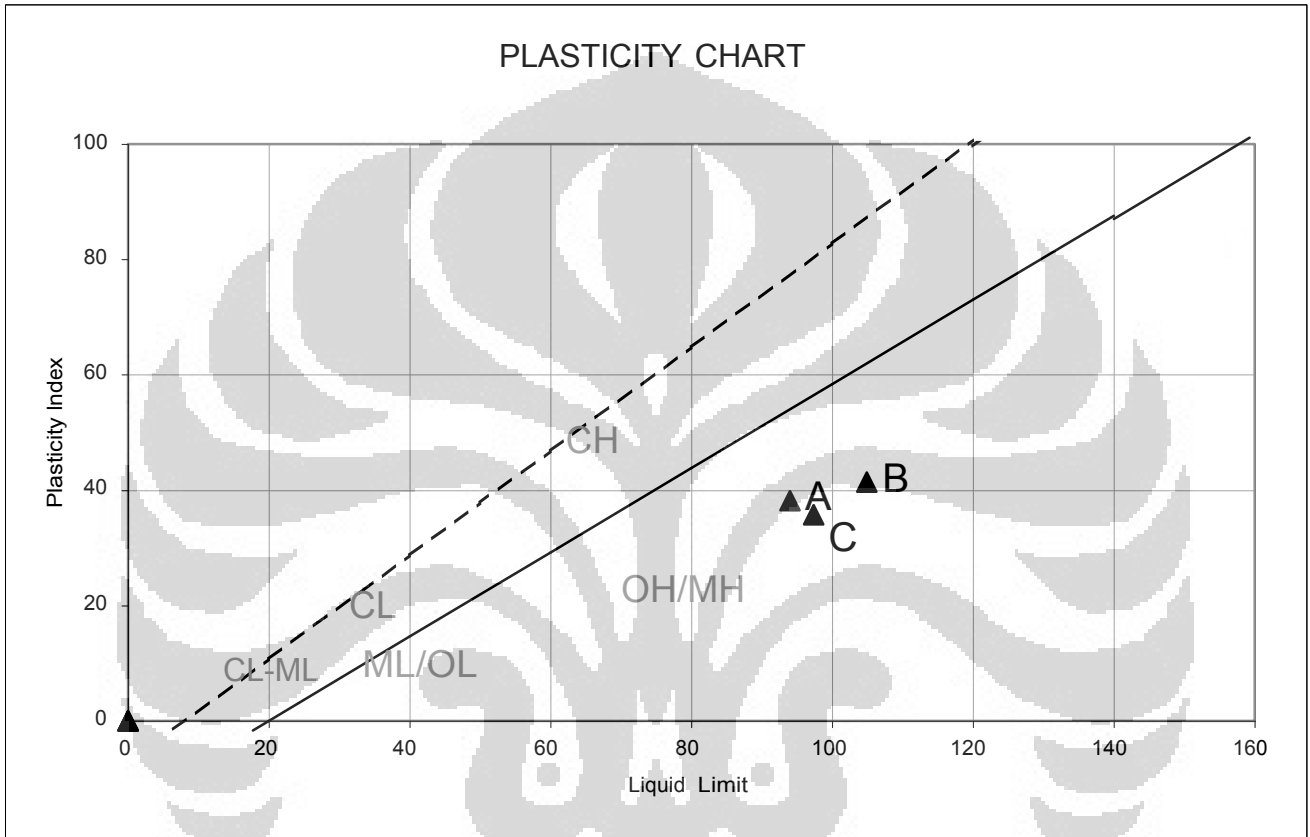


**ATTEBERG LIMIT**

PROJECT: LPG PLANT      DATE OF TESTING: 01/06/10 - 02/06/10

LOCATION: BABELAN      TESTED BY: SUNARTO

PROJECT NUMBER: 201004006\_PT YUDISTIRA



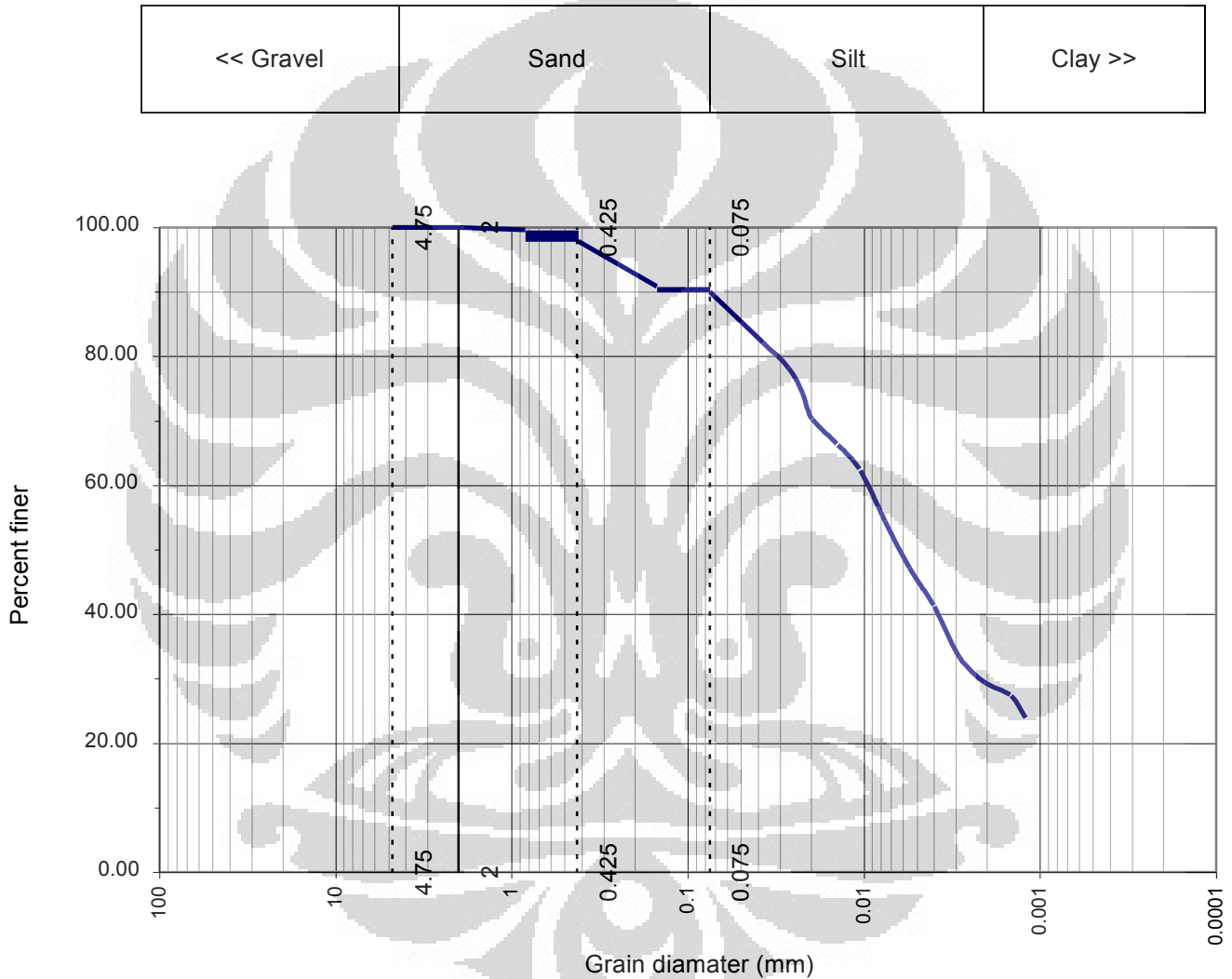
Borehole No.	Depth (m)	Symbol	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Unified Classification
DB 1	5.5 - 6.0	A	94.02	55.79	38.23	MH
DB 1	11.5 - 12.0	B	104.87	63.47	41.40	MH
DB 1	17.5 - 18.0	C	97.35	61.58	35.77	MH



**GRAIN SIZE DISTRIBUTION**

PROJECT LPG PLANT		DEPTH OF SAMPLE 5.50 - 6.00 m	
LOCATION BABELAN		DATE OF TESTING 24/05/10	
BOREHOLE NO. DB 1	SAMPLE NO. 1	TESTED BY SUNARTO	

PROJECT NUMBER: 201004006\_PT YUDISTIRA



Composition	
Sand	10 %
Silt	60.5 %
Clay	29.5 %

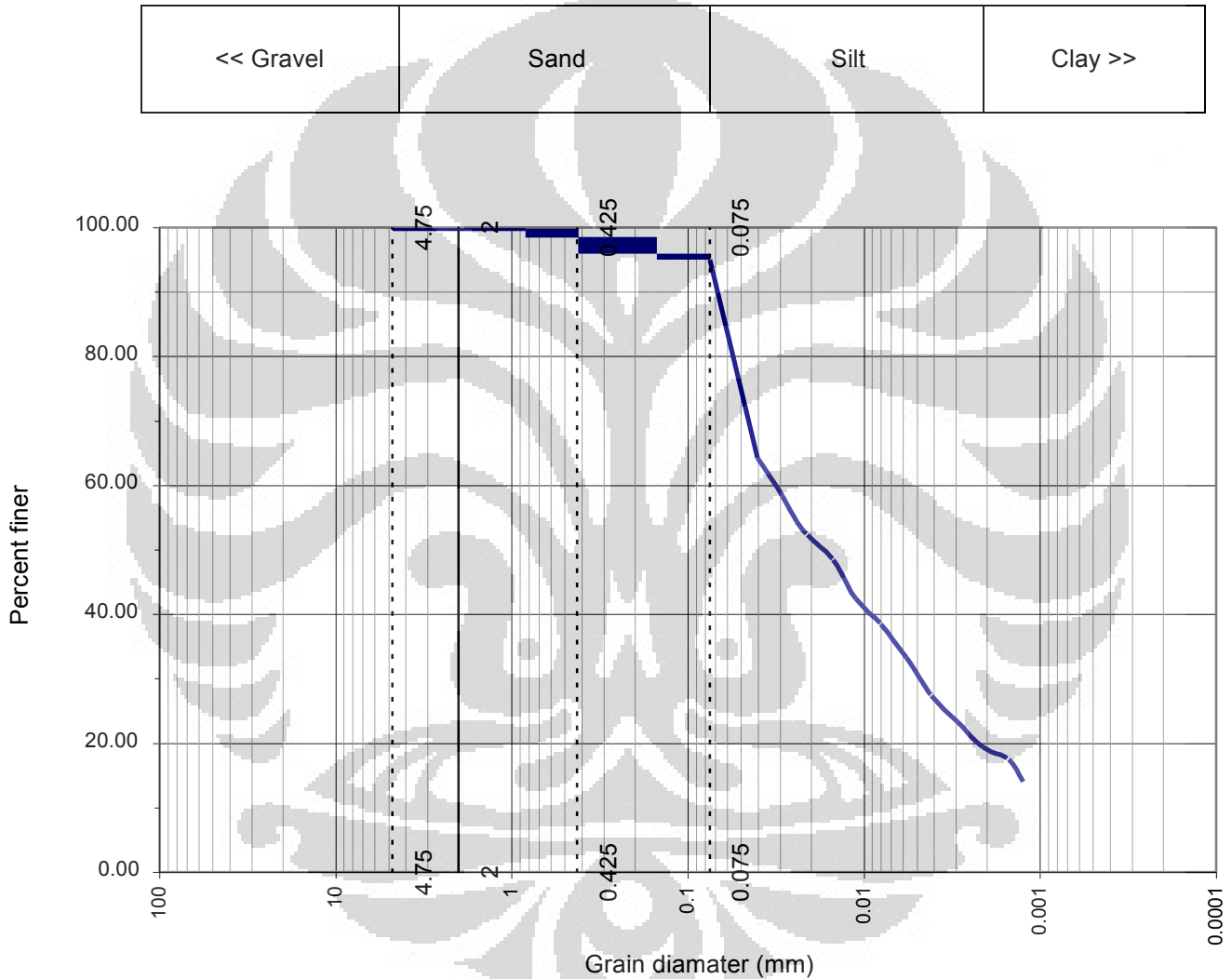
Visual Soil Description	CLAYEY SILT
Soil Classification	UNIFIED SOIL CLASSIFICATION



**GRAIN SIZE DISTRIBUTION**

PROJECT LPG PLANT		DEPTH OF SAMPLE 11.50 - 12.00 m	
LOCATION BABELAN		DATE OF TESTING 24/05/10	
BOREHOLE NO. DB 1	SAMPLE NO. 2	TESTED BY SUNARTO	

PROJECT NUMBER: 201004006\_PT YUDISTIRA



Composition	
Sand	5 %
Silt	75.5 %
Clay	19.5 %

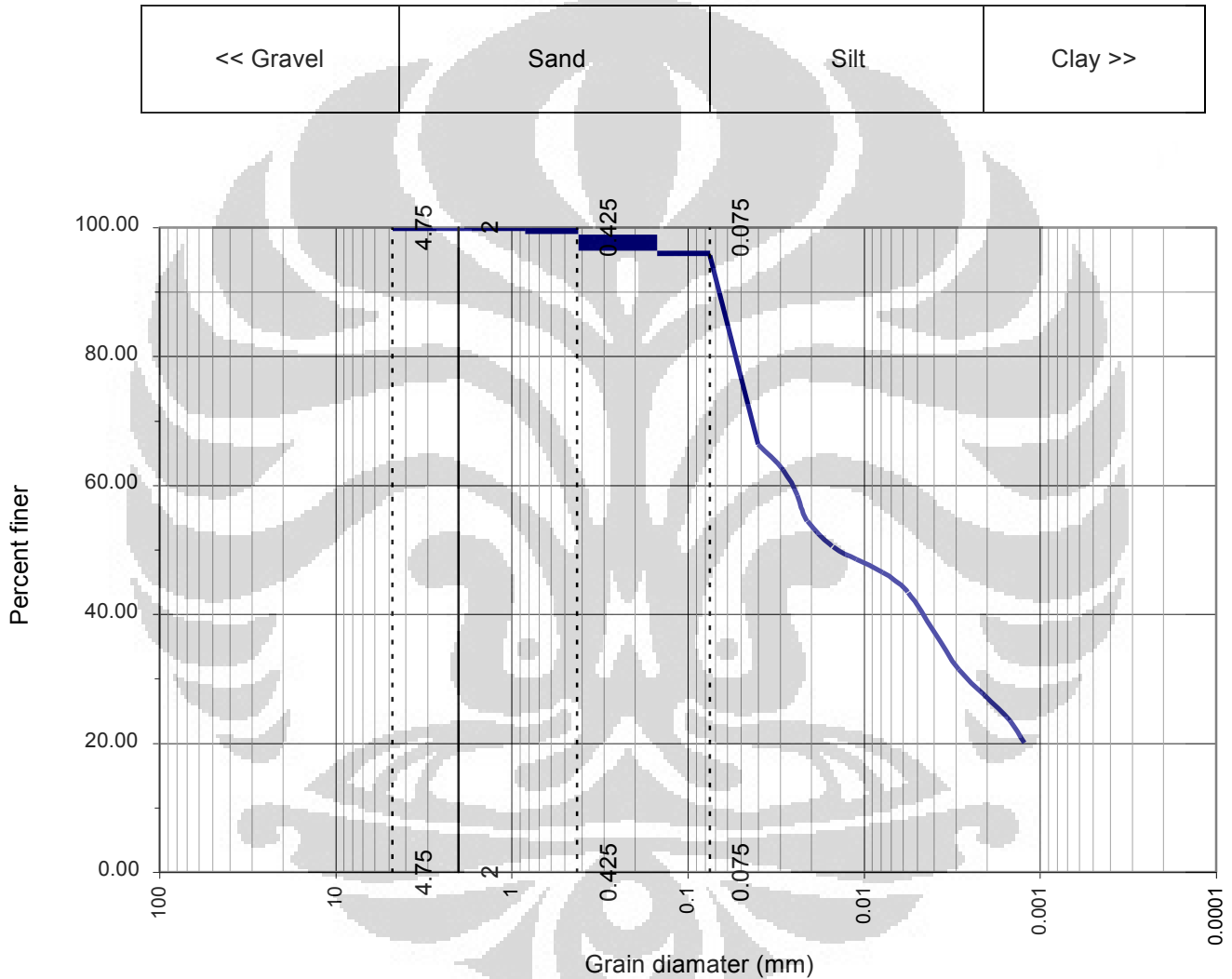
Visual Soil Description	CLAYEY SILT
Soil Classification	UNIFIED SOIL CLASSIFICATION



**GRAIN SIZE DISTRIBUTION**

PROJECT LPG PLANT		DEPTH OF SAMPLE 17.50 - 18.00 m	
LOCATION BABELAN		DATE OF TESTING 24/05/10	
BOREHOLE NO. DB 1	SAMPLE NO. 3	TESTED BY SUNARTO	

PROJECT NUMBER: 201004006\_PT YUDISTIRA



Composition	
Sand	4.5 %
Silt	68 %
Clay	27.5 %

Visual Soil Description	CLAYEY SILT
Soil Classification	UNIFIED SOIL CLASSIFICATION



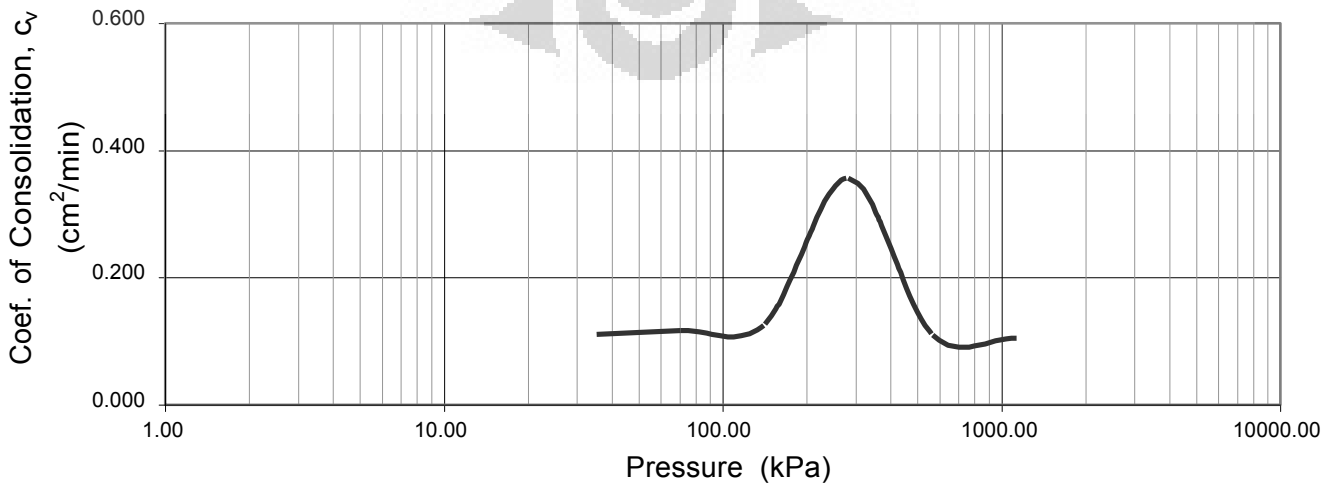
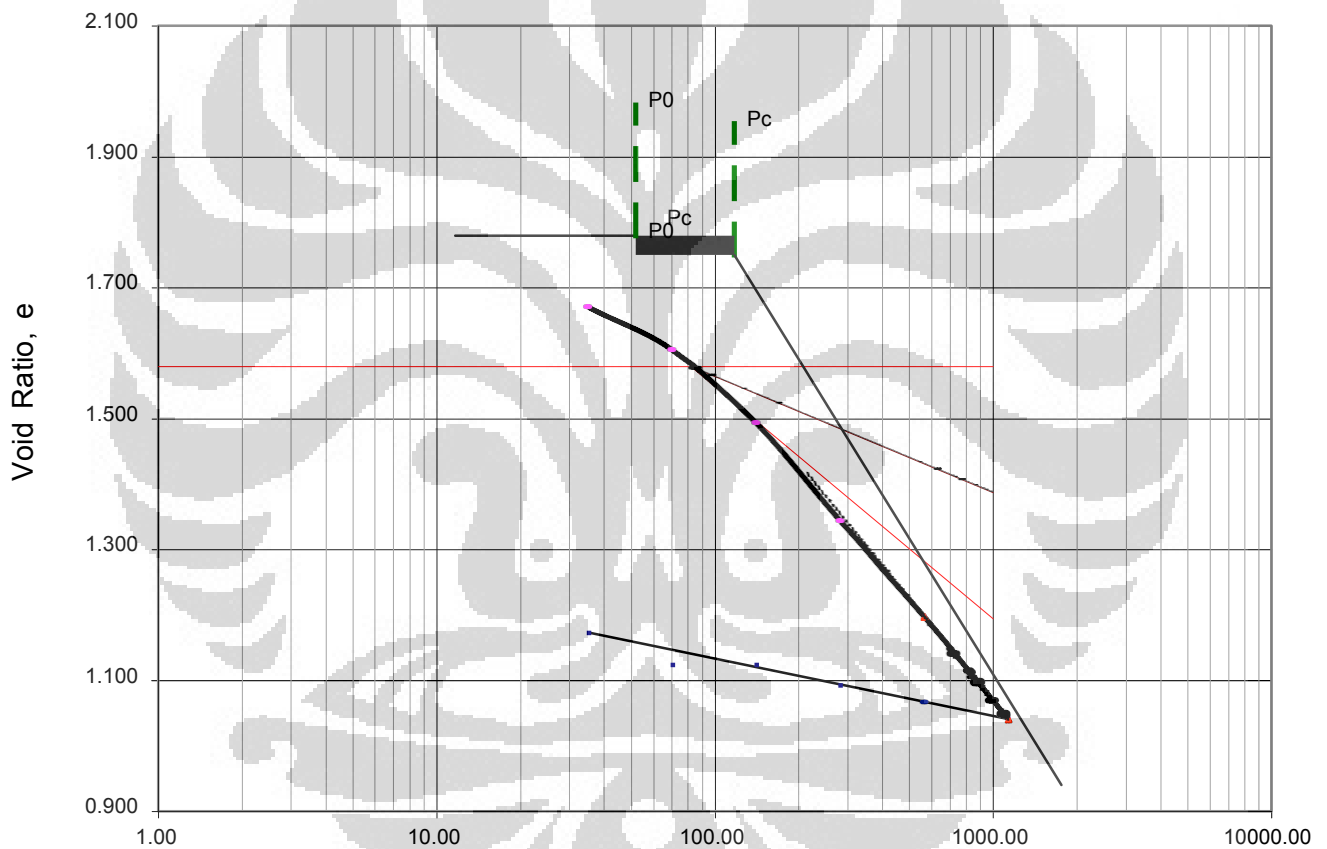
**CONSOLIDATION TEST**

PROJECT LPG PLANT	DEPTH OF SAMPLE 5.50 - 6.00 m	TESTED BY SUNARTO
LOCATION BABELAN	BOREHOLE NO. DB 1	
DATE OF TESTING 16/05/2010 - 02/06/10	DESCRIPTION 0	

PROJECT NUMBER: 201004006\_PT YUDISTIRA

Data

W : 58.57 %      Cr : 0.09       $P_0$  : 51.89 kPa  
 Gs : 2.69      Cc : 0.69       $P_c$  : 117.4 kPa  
 Sr : 0.99  
 $e_0$  : 1.78





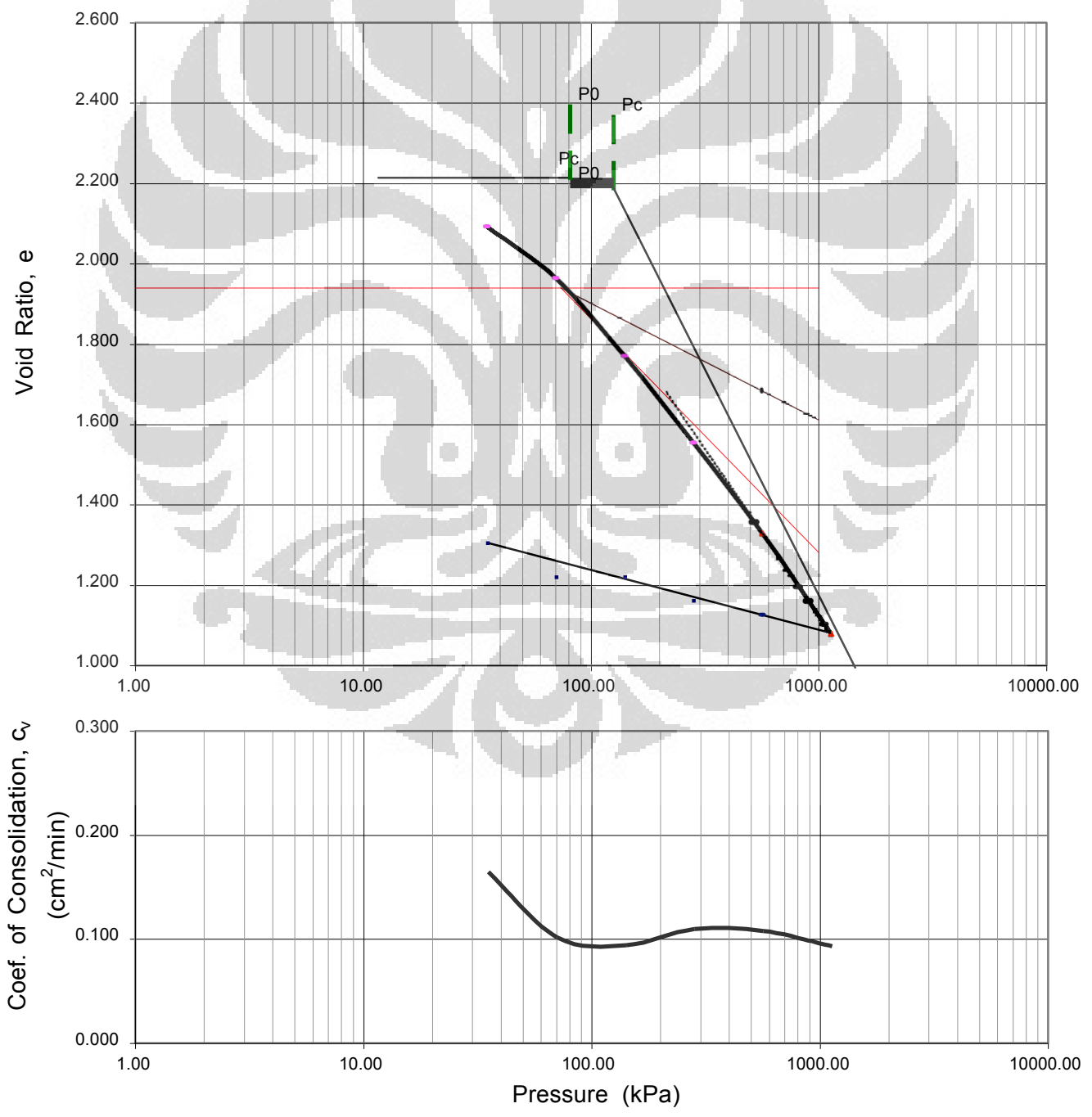


**CONSOLIDATION TEST**

PROJECT LPG PLANT	DEPTH OF SAMPLE 11.50 - 12.00 m	TESTED BY SUNARTO
LOCATION BABELAN	BOREHOLE NO. DB 1	
DATE OF TESTING 16/05/2010 - 02/06/10	DESCRIPTION 0	
PROJECT NUMBER: 201004006_PT YUDISTIRA		

Data

W : 66.2 %      Cr : 0.15      P<sub>0</sub> : 81.3 kPa  
 G<sub>s</sub> : 2.70      C<sub>c</sub> : 1.12      P<sub>c</sub> : 125.8 kPa  
 S<sub>r</sub> : 1.03  
 e<sub>0</sub> : 2.21





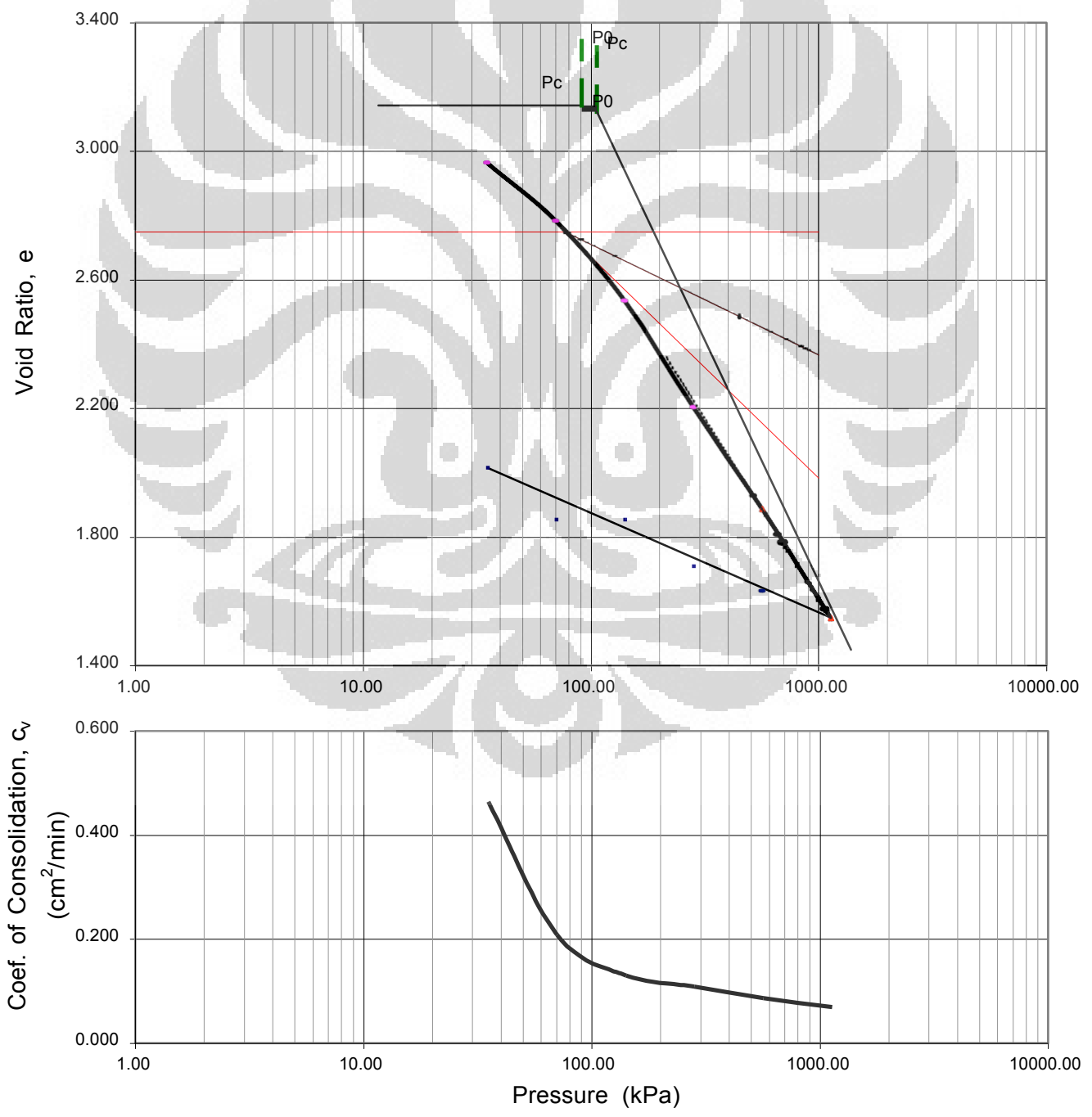
**CONSOLIDATION TEST**

PROJECT LPG PLANT	DEPTH OF SAMPLE 17.50 - 18.00 m	TESTED BY SUNARTO
LOCATION BABELAN	BOREHOLE NO. DB 1	
DATE OF TESTING 16/05/2010 - 02/06/10	DESCRIPTION 0	

PROJECT NUMBER: 201004006\_PT YUDISTIRA

Data

W	: 85.89 %	Cr	: 0.32	$P_0$	: 91.34 kPa
Gs	: 2.68	Cc	: 1.50	$P_c$	: 106 kPa
Sr	: 0.96				
$e_0$	: 3.14				





## SPECIFIC GRAVITY TEST

PROJECT LPG PLANT	DATE OF TESTING 24/5/2010
----------------------	------------------------------

LOCATION BABELAN	TESTED BY SUNARTO
---------------------	----------------------

PROJECT NUMBER: 201004006\_PT YUDISTIRA

	Soil Samples			
	A	B	C	D
Bor No.	DB1	DB1	DB1	
Sample No.	1	2	3	
Depth of Sample (m)	5.5 - 6.0	11.5 - 12.0	17.5 - 18.0	-
Wt. flask + water + soil = $W_{bus}$ (gram)	721.22	741.12	720.2	
Temperature ( $^{\circ}$ C)	29	29	29	
Wt. flask + water = $W_{bu}$ (gram)	658.2	678	657.3	
Evap. Dish No.	2	3	5	
Wt. evap. Dish + dry soil (gram)	120.04	120.07	120.03	
Wt. of evap. Dish (gram)	20	20	20	
Wt. of dry soil = $W_s$ (gram)	100.04	100.07	100.03	
$W_u = W_s + W_{bu} - W_{bus}$ (gram)	37.02	36.95	37.13	
$\alpha$	0.996	0.996	0.996	
$G_s = \alpha W_s / W_u$	2.691	2.697	2.683	



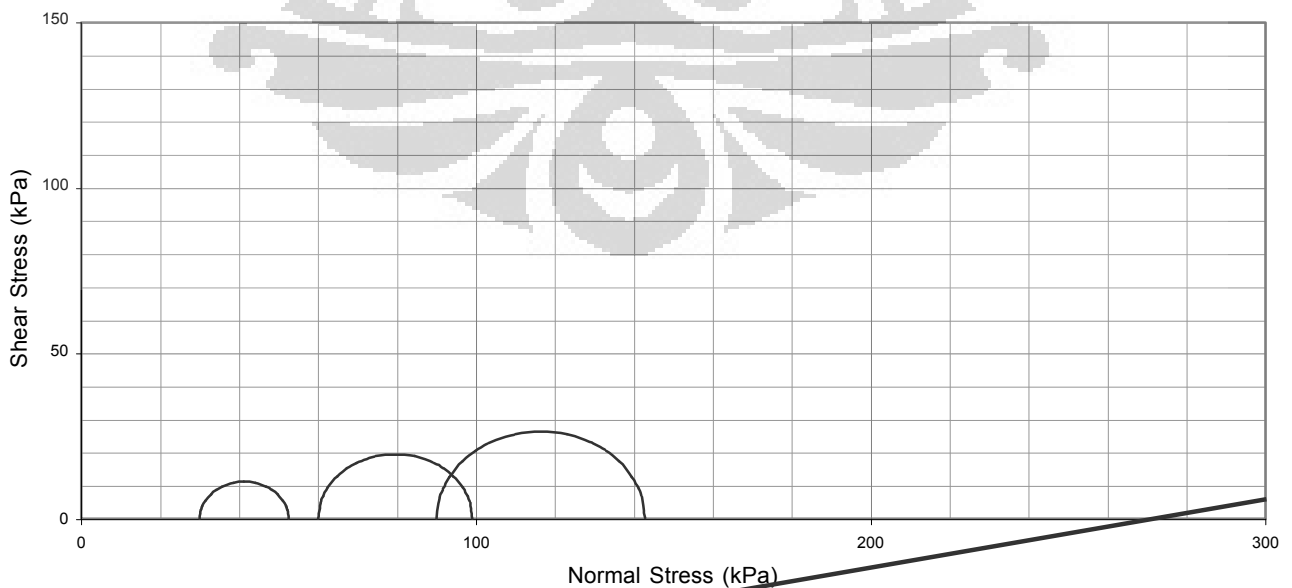
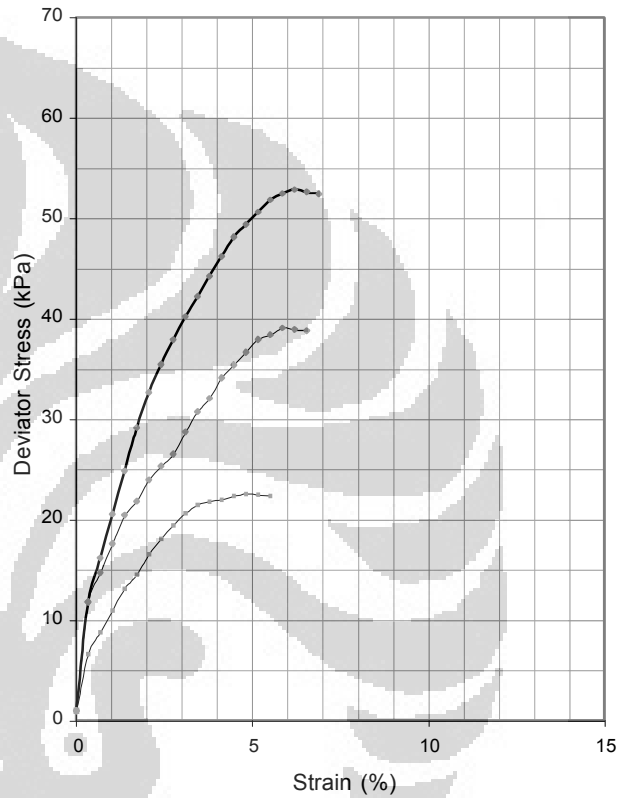
**TRIAXIAL UU TEST**

PROJECT LPG PLANT	DEPTH OF SAMPLE 5.50 - 6.00 m
LOCATION BABELAN	DATE 01/06/10
BOREHOLE NO. DB 1	TESTED BY SUNARTO
PROJECT NUMBER: 201004006_PT YUDISTIRA	

MACHINE, LRC	0.15 kg/div
SAMPLE DIAMATER	3.59 cm
SAMPLE HEIGHT	7.25 cm

	SPECIMEN			
	1	2	3	
$\sigma_3$	30.00	60.00	90.00	kPa
$\Delta\sigma$	22.58	39.08	52.84	
$\sigma_1$	52.58	99.08	142.84	

$\gamma_{wet}$	15.99 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{dry}$	10.08 kN/m <sup>3</sup>
w	58.57 %
c	3.03 kPa
$\phi$	11.62 °





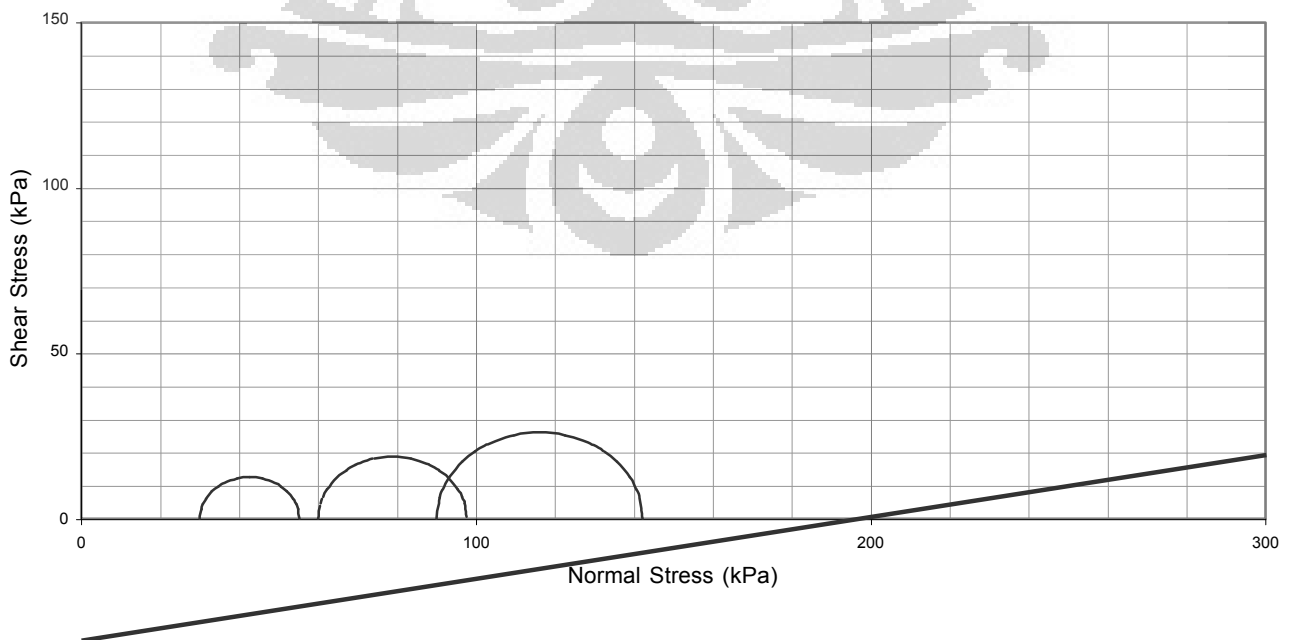
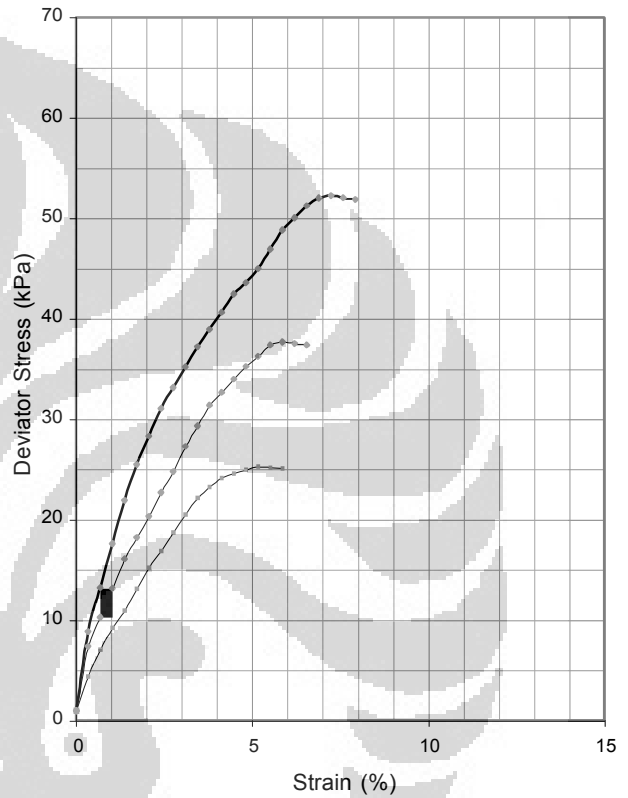
**TRIAXIAL UU TEST**

PROJECT LPG PLANT	DEPTH OF SAMPLE 11.50 - 12.00 m
LOCATION BABELAN	DATE 01/06/10
BOREHOLE NO. DB 1	TESTED BY SUNARTO
PROJECT NUMBER: 201004006_PT YUDISTIRA	

MACHINE, LRC	0.15 kg/div
SAMPLE DIAMATER	3.59 cm
SAMPLE HEIGHT	7.25 cm

	SPECIMEN			
	1	2	3	
$\sigma_3$	30.00	60.00	90.00	kPa
$\Delta\sigma$	25.31	37.68	52.26	
$\sigma_1$	55.31	97.68	142.26	

$\gamma_{wet}$	15.44 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{dry}$	9.29 kN/m <sup>3</sup>
w	66.20 %
c	4.91 kPa
$\phi$	10.57 °





**TRIAXIAL UU TEST**

PROJECT LPG PLANT	DEPTH OF SAMPLE 17.50 - 18.00 m
LOCATION BABELAN	DATE 01/06/10
BOREHOLE NO. DB 1	TESTED BY SUNARTO
PROJECT NUMBER: 201004006_PT YUDISTIRA	

MACHINE, LRC	0.15 kg/div
SAMPLE DIAMATER	3.59 cm
SAMPLE HEIGHT	7.25 cm

	SPECIMEN			kPa
	1	2	3	
$\sigma_3$	40.00	80.00	120.00	
$\Delta\sigma$	26.32	36.29	48.49	
$\sigma_1$	66.32	116.29	168.49	

$\gamma_{wet}$	14.16 kN/m <sup>3</sup>
$\gamma_{dry}$	7.62 kN/m <sup>3</sup>
w	85.98 %
c	6.74 kPa
$\phi$	6.99 °

