

**KAJIAN *PERFORMANCE VACUUM PRELOADING*
PADA TANAH LUNAK ENDAPAN DANAU
(LACUSTRINE) DI BANDUNG**

TESIS



Oleh:

**Didik Yulianto
2014831030**

**Pembimbing Utama:
Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D**

**Ko-Pembimbing:
Dr. Rinda Karlinasari**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
JANUARI 2018**

HALAMAN PENGESAHAN

**KAJIAN *PERFORMANCE VACUUM PRELOADING* PADA TANAH
LUNAK ENDAPAN DANAU (LACUSTRINE) DI BANDUNG**



Oleh:

**Didik Yulianto
2014831030**

**Disetujui Untuk Diajukan Ujian Sidang Pada Hari/Tanggal:
Selasa, 16 Januari 2018**

Pembimbing Utama:

Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D

Ko-Pembimbing:

Dr. Rinda Karlinasari

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
JANUARI 2018**

Pernyataan

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut :

Nama : Didik Yulianto
Nomor Pokok Mahasiswa : 2014831030
Program Studi : Magister Teknik Sipil
Sekolah Pascasarjana
Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa Tesis dengan judul :

Kajian Performance Vacuum Preloading Pada Tanah Lunak Endapan Danau (Lacustrine) Di Bandung

Adalah benar-benar karya saya sendiri dibawah bimbingan Pembimbing dan Ko-Pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan : di Bandung

Tanggal : 09 Januari 2018



Didik Yulianto

KAJIAN *PERFORMANCE VACUUM PRELOADING* PADA TANAH LUNAK ENDAPAN DANAU (LACUSTRINE) DI BANDUNG

Didik Yulianto (NPM : 2014831030)
Pembimbing Utama : Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D
Ko-Pembimbing : Dr. Rinda Karlinasari
Magister Teknik Sipil
Bandung
Januari 2018

ABSTRAK

Endapan danau di Bandung menurut Dam et al. (1994) menunjukkan adanya urutan stratigrafi pengisi cekungan Bandung yang didominasi oleh endapan-endapan danau berupa lumpur organik. kawasan Gedebage termasuk wilayah cekungan Bandung yang memiliki konsistensi bertanah lunak akibat endapan danau purba. Menurut Rahardjo (2014), tanah Gedebage menunjukkan lapisan tanah lunak mencapai kedalaman 30.0 m. Kandungan air yang sangat tinggi mencapai lebih dari 200%. Nilai Angka pori (e) lebih besar dari 4 hal ini kondisi tanah memiliki rongga yang besar sehingga tanah cenderung bersifat sangat kompresibel.

Untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah yang berada di lokasi studi maka dilakukan penyelidikan geoteknik yaitu dengan uji SPT, laboratorium, uji CPTu dan dilakukan monitoring pemasangan instrumentasi dengan *settlement plate*. Untuk mengetahui klasifikasi jenis tanah berdasarkan data CPTu digunakan grafik Robertson (1986). Dalam penentuan OCR berdasarkan Uji CPTu digunakan metode Schmertmann (1978), penentuan nilai OCR vs Bq digunakan metode yang telah dipublikasikan oleh Nurindahsih (2013) dan Rahardjo (2015), untuk menentukan parameter Bq* digunakan metode Rahardjo (2015). Hasil uji CPTu sebelum *vacuum* dilaksanakan diperoleh derajat konsolidasi sebesar 58.30% dan setelah *vacuum* selesai dilaksanakan diperoleh derajat konsolidasi sebesar 88.36%. *Back analysis* dari hasil monitoring *settlement plate* dalam menghitung derajat konsolidasi dan penurunan digunakan metode hiperbolik, 1/t dan Asaoka maka diperoleh range derajat konsolidasi berkisar antara 61.70% - 71.10% dan diperoleh penurunan dengan range berkisar antara 180 cm – 247 cm. Salah satu alternatif yang digunakan untuk mempercepat proses konsolidasi adalah dengan metode *vacuum preloading*. Pemodelan simulasi *vacuum preloading* menggunakan program Plaxis.

Kata Kunci: Endapan danau, tanah lunak, *vacuum preloading*, derajat konsolidasi, CPTu, *settlement plate*.

STUDY OF VACUUM PRELOADING PERFORMANCE IN SOFT SOIL ON LAKE SEDIMENTS (LACUSTRINE) IN BANDUNG

Didik Yulianto (NPM : 2014831030)

Advisor : Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D

Co-Advisor : Dr. Rinda Karlinasari

Master of Civil Engineering

Bandung

January 2018

ABSTRACT

Lake sediments in Bandung according to Dam et al. (1994) shows the Bandung basin filling stratigraphy sequence dominated by organic mud lake sediments. Gedebage area including Bandung basin area which has soft land consistency due to sediment of ancient lake. According Rahardjo (2014), the soil Gedebage shows soft soil layer reaches a depth of 30.0 m. Very high water content reaches more than 200%. The pore value (e) is greater than 4 the soil condition has a large cavity so the soil tends to be very compressible.

To know the type and characteristics of the soil in the study location, geotechnical investigation is done by SPT test, laboratory, CPTu test and monitoring instrument installation with settlement plate. To know the classification of soil type based on CPTu data used Robertson graph (1986). In the determination of OCR based on CPTu Test, Schmertmann method (1978) was used, the determination of OCR vs Bq value was used by Nurindahsih (2013) and Rahardjo (2015), to determine parameter Bq* Rahardjo method (2015). The result of CPTu test before vacuum was implemented in the consolidation degree of 58.30% and after the vacuum was completed the degree of consolidation was 88.36%. Back analysis from settlement plate monitoring result in calculation of degree of consolidation and decrease is used hyperbolic, $1/t$ and Asaoka method hence obtained range of degree of consolidation ranged between 61.70% - 71.10% and obtained decrease with range from 180 cm - 247 cm. One of the alternatives used to speed up the consolidation process is the vacuum preloading method. Modeling of vacuum preloading simulation using Plaxis program.

Keywords: lake sediments, soft soil, vacuum preloading, degree of consolidation, CPTu, settlement plate

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena atas karunia dan rahmat-Nya serta berkat usaha, kerja cerdas dan berdo'a sehingga tesis dengan judul "*Kajian Performance Vacuum Preloading Pada Tanah Lunak Endapan Danau (Lacustrine) Di Bandung*", dapat diselesaikan dengan baik. Tesis ini merupakan syarat akademik untuk menyelesaikan studi Magister Teknik Sipil, Konsentrasi Geoteknik, Program Pascasarjana Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penulisan tesis ini saya mendapatkan banyak bantuan, saran, kritik dan juga dorongan semangat dari banyak pihak sehingga kendala dapat teratasi dan tesis ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D, sebagai dosen pembimbing yang telah berkenan menjadi pembimbing yang memberikan ide, saran, masukan dan juga bantuan selama proses pengerjaan tesis ini
2. Ibu Dr. Rinda Karlinsari, sebagai dosen ko-pembimbing yang telah berkenan menjadi ko-pembimbing yang membantu dalam memberikan saran, masukan selama proses pengerjaan tesis ini.
3. Ibu Dr. Asriwiyanti Desiani dan Ibu Dr. Nurindahsih Setionegoro, selaku dosen penguji yang telah rela untuk meluangkan waktunya untuk memberikan masukan-masukkan yang sangat berguna dalam tesis ini.
4. Seluruh dosen Magister Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis selama masa studi di Universitas Katolik Parahyangan.

5. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang tak pernah lelah memberikan dorongan, motivasi, dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
6. Teman-teman Magister Teknik Sipil Unpar - Geoteknik (Pak Satriyadi, Hendri, Joko, Jimy, Tovan, Ko Chin Hok, Pak Vio, Riven, Rifki, Budi, Audo) yang telah menjadi teman seperjuangan selama masa perkuliahan.
7. Bapak Cindarto yang telah memberikan tempat tinggal untuk kami teman-teman Geoteknik Unpar selama studi, terima kasih atas kebaikannya.
8. Rekan-rekan PT. GEC yang telah memberikan bantuan (Susan, Kirana dan Ricky) untuk bantuan dalam pengumpulan data, berbagi pengetahuan yang mendukung dalam membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima saran dan masukan yang membangun dari pembaca. Semoga tesis ini dapat berguna bagi pembaca dan menambah wawasan dalam keilmuan.

Bandung, 09 Januari 2018

Didik Yulianto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Lingkup Penelitian	3
1.4 Metode Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
1.6 Diagram Alir Penelitian.....	6
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	7
2.1 Tanah Lunak	7
2.1.1 Lempung Lunak	7
2.1.2 Gambut dan Lempung Organik	8
2.2 Konsolidasi	8
2.2.1 Teori Konsolidasi 1 Dimensi	11
2.2.1 Lempung NC dan OC	16
2.2.3 Derajat Konsolidasi	18
2.2.4 Penurunan konsolidasi	23

2.2.5 Koefisien Konsolidasi (C_v)	24
2.2.6 Indeks Pemampatan	25
2.2.7 Indeks Pemuaian	25
2.3 Pre-fabricated vertical drain (PVD)	25
2.4 <i>Vacuum Preloading</i>	29
2.5 Standard Penetration Test (SPT)	34
2.6 Cone Penetration Test (CPT)	40
2.6.1 Konfigurasi Alat Uji CPTu	45
2.6.2 Prosedur Pengujian CPTu	46
2.7 Instrumentasi	53
2.7.1 <i>Settlement Plate</i>	54
2.8 Metode Elemen Hingga	55
2.9 Model Tanah Lunak (Soft Soil Creep Model)	56
BAB 3 METODE PENELITIAN	61
3.1 Endapan Danau (<i>Lacustrine</i>)	61
3.2 Interpretasi Hasil Uji CPTu	61
3.2.1 Klasifikasi Tanah	61
3.2.2 Interpretasi CPTu pada tanah lempung	63
3.2.3 Penentuan OCR berdasarkan Uji CPTu	66
3.2.4 Penentuan Nilai OCR berdasarkan Nilai B_q	67
3.2.5 Hubungan Parameter B_q dan B_q^*	68
3.2.6 koefisien konsolidasi dan permeabilitas arah radial (C_h dan K_h)	69
3.3 Interpretasi Berdasarkan data <i>settlement plate</i>	70
3.3.1 Metode hiperbolik	70
3.3.2 Metode $1/t$ vs <i>settlement</i>	71
3.3.3 Metode Asaoka	72
3.4 Program Plaxis	73
3.4.1 Input Data	76
3.4.2 Sifat Material	80
3.4.3 Penyusunan Jaring Elemen	83
3.4.4 Mendefinisikan Tahapan Perhitungan	84

BAB 4 DATA DAN ANALISIS.....	87
4.1 Geologi Endapan Danau Bandung	87
4.1.1 Geologi Cekungan Bandung.....	88
4.1.2 Geomorfologi.....	91
4.1.3 Stratigrafi dan Sedimentasi.....	94
4.1.4 Geologi Kawasan Gedebage.....	96
4.2 Lokasi Penelitian.....	98
4.3 Penyelidikan Geoteknik.....	100
4.3.1 Hasil Driling (Bor Dalam).....	102
4.3.2 Hasil Uji Laboratorium.....	103
4.3.3 Hasil Uji CPTu.....	110
4.4 Interpretasi data CPTu.....	111
4.4.1 Kondisi Sebelum Vacuum.....	112
4.4.2 Kondisi Setelah Vacuum	117
4.5 Evaluasi Penurunan Berdasarkan Data Settlement Plate	123
4.5.1 Settlement Plate SP-01	123
4.5.2 Settlement Plate SP-02	126
4.5.3 Settlement Plate SP-03.....	129
4.5.4 Settlement Plate SP-04	132
4.5.5 Resume derajat konsolidasi berdasarkan data <i>settlement plate</i>	135
4.6 Analisa Vacuum Dengan Metode Elemen Hingga	136
4.6.1 Pemodelan PLAXIS.....	136
4.6.2 Kondisi dengan analisis Vacuum.....	139
4.6.3 Kondisi dengan analisis preloading	144
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	149
5.1 Kesimpulan	149
5.2 Saran.....	151
DAFTAR PUSTAKA.....	153

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a_v	= koefisien kompresibilitas
Bq	= <i>Pore Water Pressure Ratio</i>
Cc	= indeks kompresi
CPT	= <i>Cone Penetration Test</i>
CPTu	= <i>Cone Penetration Test with pore water pressure</i>
Cs	= indeks <i>swelling</i>
Cv	= koefisien konsolidasi
e_0	= angka pori awal
f_s	= gesekan selimut
k	= permeabilitas
m_v	= koefisien kompresibilitas volume
NC Clay	= Normally Consolidated Clay
OC Clay	= Over Consolidated Clay
OCR	= Over Consolidation Ratio
qc	= tahanan ujung konus
q_T	= tahanan ujung konus terkoreksi
R_f	= rasio friksi
Sc	= penurunan konsolidasi
S_t	= indeks sensitivitas
s_u	= kuat geser undrained
U	= derajat konsolidasi
UC Clay	= Under Consolidated Clay

u_0	= tekanan hidrostatik
Δu	= tekanan air pori eksese
$\Delta \sigma / \Delta p$	= beban / tegangan tambahan
σ_c / P_c	= Tegangan Prakonsolidasi
e	= angka pori
γ'	= berat volume efektif (kN/m^3)
γ_b	= berat volume basah (kN/m^3)
γ_d	= berat volume kering (kN/m^3)
γ_{sat}	= berat volume <i>saturated</i> , dalam program Plaxis (kN/m^3)
γ_{unsat}	= berat volume tanah, dalam program Plaxis (kN/m^3)
S	= derajat kejenuhan
E_s	= Modulus Elastisitas (MPa)
τ	= kuat geser tanah (kN/m^2)
c	= kohesi tanah (kN/m^2)
\emptyset	= sudut gesek dalam ($^\circ$)
σ	= tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m^2)
u	= tekanan air pori
\emptyset'	= sudut gesek dalam tanah efektif ($^\circ$)
F	= faktor aman
Ψ	= Sudut dilatasi [$^\circ$]
κ^*	= Indeks muai termodifikasi
λ^*	= Indeks kompresi termodifikasi
μ^*	= Indeks rangkai termodifikasi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan Alir/ <i>Flowchart</i> Penelitian.....	6
Gambar 2.1 Model Konsolidasi Dengan Bejana Pegas Menurut Terzaghi	9
Gambar 2.2 Grafik Tegangan Tanah dan Tekanan Air Pori	10
Gambar 2.3 Uji Konsolidasi.....	12
Gambar 2.4 Tipikal Grafik E-Log P dari Uji Konsolidasi	13
Gambar 2.5 Penentuan Tegangan Prakonsolidasi	14
Gambar 2.6 Grafik Waktu Pemampatan Selama Konsolidasi	15
Gambar 2.7 Variasi Angka Pori Terhadap Tekanan.....	17
Gambar 2.8 Grafik E Versus Log P	17
Gambar 2.9 Lapisan Lempung yang Mengalami Konsolidasi	18
Gambar 2.10 Variasi U_z Terhadap T_z Dan Z/H_{dr} (Braja M. Das, 1985).....	21
Gambar 2.11 Variasi Nilai Derajat Konsolidasi Rata-Rata Terhadap Faktor	22
Gambar 2.12 Konsolidasi arah vertikal dan horisontal.....	26
Gambar 2.13 Pola PVD(kiri pola persegi, kanan pola segitiga).....	28
Gambar 2.14 Perbandingan PVD biasa dengan Vacuum.....	29
Gambar 2.15 Analogi Pegas untuk <i>Vacuum</i> Konsolidasi	31
Gambar 2.16 Proses konsolidasi	33
Gambar 2.17 Prinsip <i>Vacuum Preloading</i>	34
Gambar 2.18 Mekanisme Pengujian NSPT.....	35
Gambar 2.19 Contoh Laporan Hasil Uji SPT (Laporan Gedebage, GEC, 2015)..	36
Gambar 2.20 Korelasi NSPT dengan Kekuatan Geser Tak terdrainase	37
Gambar 2.21 Korelasi NSPT dengan Kekuatan Geser Terdrainase	37

Gambar 2.22 Bikonus Begemann (from Sanglerat, 1972).....	41
Gambar 2.23 CPT Elektrik Fugro (after de Ruitter, 1971)	43
Gambar 2.24 Piezocone (after Zuidberg, 1988).....	43
Gambar 2.25 Beberapa Jenis Piezocone	44
Gambar 2.26 Variasi Lokasi Filter Pada CPTu.....	46
Gambar 2.27 Efek Dari Vertikalitas Konus Terhadap Kedalaman yang Terukur	48
Gambar 2.28 Efek Dari Interval Pembacaan Terhadap Data.....	49
Gambar 2.29 Prosedur Pemasangan Batu Pori (Larsson, 1992)	50
Gambar 2.30 Tipikal Hasil Uji Disipasi	52
Gambar 2.31 Pengaruh Stress History Pada Kurva Disipasi	53
Gambar 2.32 Tipikal Konstruksi <i>Settlement Plate</i>	54
Gambar 2.33 Lembar-tab Parameter untuk Model <i>Soft Soil Creep</i>	59
Gambar 3.1 Klasifikasi Tanah dengan CPTu menurut Jones & Rust, 1982.....	61
Gambar 3.2 Klasifikasi Tanah dengan CPTu (Senneset & Janbu, 1984)	62
Gambar 3.3 Klasifikasi Jenis Perilaku Tanah dengan CPTu	63
Gambar 3.4 (a) Variasi harga N_k terhadap plastisitas (b) Variasi harga N_k	64
Gambar 3.5 Korelasi Tahanan Ujung Sondir dengan Indeks Kompresi.....	66
Gambar 3.6 Ekstrapolasi q_c untuk evaluasi nilai OCR tanah lempung.....	67
Gambar 3.7 Korelasi B_q vs OCR (Setionegoro, 2013)	67
Gambar 3.8 Simplifikasi hubungan B_q dan OCR (Rahardjo et al, 2015).....	68
Gambar 3.9 (a) koefisien Konsolidasi Arah Radial (C_h) Permeabilitas	70
Gambar 3.10 Plot t vs t/s untuk Model Hiperbolik	71
Gambar 3.11 Plot $1/t$ vs Settlement	72
Gambar 3.12 Prediksi Penurunan Akhir, Metode Asaoka (1978).....	73

Gambar 3.13 Perbedaan Model Plane Strain dan Axi Simetri	74
Gambar 3.14 Perbedaan 6 Titik Nodal dengan 15 Titik Nodal	76
Gambar 4.1 Danau Purba (Bachtiar, 2005)	89
Gambar 4.2 Peta Geologi Cekungan Bandung	90
Gambar 4.3 Peta Kemiringan Lereng Cekungan Bandung (Bakosurtanal)	91
Gambar 4.4 Peta Morfologi Cekungan Bandung (Dam, 1994)	94
Gambar 4.5 Endapan Geologi Gedebage (Desiani, 2017)	98
Gambar 4.6 Lokasi Area <i>Vacuum</i> Gedebage	99
Gambar 4.7 Proses <i>Vacuum</i> (Dokumentasi di Lapangan: 2017)	99
Gambar 4.8 Penampungan Saluran Air Saat Proses <i>Vacuum</i>	100
Gambar 4.9 Lokasi Titik Uji SPT dan CPTu (PT. GEC, 2017)	100
Gambar 4.10 Titik Pengujian CPTu-03 di Samping <i>Vacuum</i>	101
Gambar 4.11 Titik Pengujian <i>Settlement Plate</i> di Dalam Area <i>Vacuum</i>	101
Gambar 4.12 Hasil Bor BH-01, BH-02 dan BH-03	103
Gambar 4.13 a,b,c Hasil Uji Indeks Properties	105
Gambar 4.14 a,b Hasil Uji Kuat Geser Tanah TX UU	107
Gambar 4.15 a,b Hasil Uji Kuat Geser Tanah TX CU	108
Gambar 4.16 a,b Hasil Uji Konsolidasi Rebond indeks dan $C\alpha$	109
Gambar 4.17 Superimpose CPTu01 dan CPTu 03	110
Gambar 4.18 Hasil CPTu-01 (PT. GEC, 2014)	112
Gambar 4.19 <i>Soil behavior type</i> dan analisis OCR	113
Gambar 4.20 Nilai Kuat Geser Tanah CPTu-01	114
Gambar 4.21 Hasil pengujian Disipasi pada kedalaman 18.0 m.	115
Gambar 4.22 Parameter B_q vs B_q^* , $\Delta u/\sigma_v'$ dan u_2/q_c	116

Gambar 4.23 Hasil CPTu-03 (PT. GEC, 2017).....	117
Gambar 4.24 <i>Soil behavior type</i> dan Analisis OCR	118
Gambar 4.25 Nilai Kuat Geser Tanah CPTu-03	119
Gambar 4.26 Hasil pengujian Disipasi pada kedalaman 17.86m.....	120
Gambar 4.27 Kurva untuk Menentukan Ch dan kh.....	121
Gambar 4.28 Parameter Bq vs Bq*, $\Delta u/\sigma_v'$ dan u^2/q_c	122
Gambar 4.29 Data Monitoring <i>Settlement Plate</i> SP-01	125
Gambar 4.30 Data Monitoring <i>Settlement Plate</i> SP-02.....	128
Gambar 4.31 Data Monitoring <i>Settlement Plate</i> SP-03	131
Gambar 4.32 Data Monitoring <i>Settlement Plate</i> SP-04.....	134
Gambar 4.33 Potongan Geoteknik dari Gambar 4.9 Potongan A-A	136
Gambar 4.34 (a) Pemodelan dengan PVD dan (b) dengan Cluster Ekivalen	138
Gambar 4.35 (a) Pemodelan kurva dengan PVD dan (b) Cluster Ekivalen.....	138
Gambar 4.36 Penggambaran Kurva dengan PVD dan Cluster Ekivalen.....	139
Gambar 4.37 Model yang Digunakan dalam Analisis.....	141
Gambar 4.38 <i>Total Displacement</i>	141
Gambar 4.39 <i>Total Excess Pore Pressure</i>	142
Gambar 4.40 Titik Poin Kedalaman	143
Gambar 4.41 Kedalaman, <i>Pore Pressure</i> vs Waktu.....	143
Gambar 4.42 <i>Settlement</i> vs Waktu	144
Gambar 4.43 Model yang Digunakan dalam Analisis.....	145
Gambar 4.44 <i>Total Displacement</i>	145
Gambar 4.45 <i>Total Excess Pore Pressure</i>	146
Gambar 4.46 Kondisi <i>Collapse</i> pada Timbunan	147

Gambar 4.47 <i>Settlement</i> vs Time.....	147
Gambar 4.48 Waktu vs Penurunan dari Hasil Analisis dan Monitoring.....	148

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kuat Geser Lempung Lunak.....	7
Tabel 2.2 Indikator Kuat Geser Tak Terdrainase Tanah Lempung Lunak	7
Tabel 2.3 Klasifikasi Berdasarkan Kadar Organik.....	8
Tabel 2.4 Variasi Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi	22
Tabel 2.5 Jarak Drainase Vertikal (Fellenius, 2006)	28
Tabel 2.6 Korelasi NSPT dengan Kekerasans Tanah Lempung	35
Tabel 2.7 Korelasi NSPT dengan Kekerasan Tanah Pasir.....	35
Tabel 2.8 Korelasi SPT dengan Konsistensi Lempung (Das, 2007)	36
Tabel 2.9 Korelasi NSPT terhadap Berat Jenis Tanah (Bowles, 1991).....	38
Tabel 2.10 Korelasi NSPT dengan Berat Jenis Tanah Jenuh.....	38
Tabel 2.11 Korelasi NSPT dengan Berat Jenis Tanah Non Kohesif.....	38
Tabel 2.12 Hubungan Antara Konsistensi dengan Tekanan Konus	40
Tabel 2.13 Hubungan antara Kepadatan, <i>Relative Density</i> , Nilai N, qc dan ϕ	40
Tabel 3.1 Korelasi hasil uji sondir dengan kompresibilitas tanah	65
Tabel 4.1 Sejarah Geologi Danau Bandung Purba.....	89
Tabel 4.2 Kolom Stratigrafi Daerah Bandung dan Sekitarnya.....	96
Tabel 4.3 Hasil Uji disipasi.....	121
Tabel 4.4 Interpretasi Derajat Konsolidasi SP- 01	125
Tabel 4.5 Interpretasi Derajat Konsolidasi SP-01	126
Tabel 4.6 Interpretasi Derajat Konsolidasi SP-02	128
Tabel 4.7 Interpretasi Derajat Konsolidasi SP-02	129
Tabel 4.8 Interpretasi Derajat Konsolidasi SP-03	131

Tabel 4.9 Interpretasi Derajat Konsolidasi SP-03	132
Tabel 4.10 Interpretasi Derajat Konsolidasi SP-04	134
Tabel 4.11 Interpretasi Derajat Konsolidasi SP-04	135
Tabel 4.12 Resume Derajat Konsolidasi	135
Tabel 4.13 Parameter Tanah untuk Pemodelan	140
Tabel 4.14 Pembebanan Vacuum	140
Tabel 4.15 Hasil Penurunan berdasarkan monitoring dan analisis.....	142
Tabel 4.16 Hasil Penurunan Berdasarkan Monitoring dan Analisis.....	146

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : BORLOG DAN LABORATORIUM.....	L1
LAMPIRAN 2 : HASIL UJI CPTU, KOEFISIEN KONSOLIDASI (CH) DAN PERMEABILITAS (KH).....	L2

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Wilayah Bandung dan sekitarnya adalah suatu kawasan yang dikelilingi oleh pegunungan, oleh karena itu dapat dikatakan kawasan Bandung seperti mangkuk yang terbentuk oleh alam terjadi sekitar ratusan ribu tahun yang lalu, atau biasa disebut cekungan Bandung. Dataran cekungan Bandung memiliki ketinggian berkisar 620-750 mdpl, sedangkan pegunungan yang mengelilingi kawasan Bandung berkisar diatas 2000 mdpl. Berikut beberapa Gunung yang mengelilingi cekungan Bandung yaitu, disebelah Utara kompleks Tangkupanperahu, sebelah Selatan kompleks Patuha-Malabar, sebelah Timur Gunung Manglayang dan disebelah Barat dibatasi oleh lipatan dari lapisan gamping tersier. Sedangkan pada tengah-tengah terdapat aliran sungai Citarum sebagai sungai yang membelah cekungan Bandung.

Penelitian dari pusat survei Geologi, Sutikno dan Udi Hartono (2006) bahwa pengendapan cekungan Bandung dimulai 126.000 tahun yang lalu yang berupa batuan gunung api dan sedimentasi danau. Diantara tanah purba dan sedimen paling bawah pada cekungan Bandung banyak terdapat lapisan abu gunung Api sebagai penanda terjadinya aktifitas gunung api sebagai awal proses pembentukan danau Bandung. Penelitian dari Geoteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Eko Yulianto, mengatakan, danau yang merendam kota Bandung melalui beberapa tahapan dan terakhir terbentuk sekitar 20.000

tahun. Pendangkalan yang terjadi pada cekungan Bandung dikarenakan adanya material yang terbawa ke danau purba dan mengalami pengendapan. Pengendapan danau purba inilah salah satu yang menyebabkan kawasan cekungan Bandung bertanah lunak.

Kawasan Gedebage adalah termasuk wilayah cekungan Bandung yang memiliki konsistensi bertanah lunak akibat endapan danau purba. Berdasarkan penelitian Rahardjo (2014) pada tanah Gedebage menunjukkan lapisan tanah lunak mencapai kedalaman 30 m. kandungan air yang sangat tinggi mencapai lebih dari 200%. Untuk nilai indeks kompresibilitas berkisar antara 2 sampai 4. Angka pori (e) menunjukkan nilai lebih besar dari 4 hal ini bahwa kondisi tanah memiliki rongga yang besar sehingga tanah cenderung bersifat sangat kompresibel.

Lokasi Summarecon Bandung berada di Kecamatan Gedebage dan direncanakan pembangunan selain tidak hanya perumahan melainkan pusat bisnis, industri kreatif atau *creative center* dan properti-properti komersial lainnya seperti pusat belanja dan perkantoran. Lokasi penelitian yang akan dilakukan berada di area Cluster D Summarecon Gedebage Bandung. Dalam proses pematangan lahan salah satu yang perlu ditinjau adalah kondisi tanah agar saat konstruksi telah selesai dilaksanakan tidak menimbulkan permasalahan dikemudian hari. Salah satu permasalahan pembangunan yang dilakukan pada tanah lunak (*soft soil*) adalah dapat menimbulkan berbagai persoalan geoteknik seperti gaya gesernya kecil, kemampatannya besar, penurunan jangka panjang yang relatif besar, serta adanya potensi gesekan selimut negatif pada pondasi tiang akibat tanah lunak yang terkompresi dan mempunyai daya dukung rendah.

Daerah Gedebage adalah salah satu area yang memiliki lapisan tanah lunak yang cukup dalam, untuk mencegah kerusakan konstruksi di atas tanah lunak dalam jangka panjang, umumnya dilakukanlah suatu proses perbaikan tanah. Metode perbaikan tanah yang sering digunakan untuk mempercepat terjadinya penurunan adalah dengan metode *vacuum preloading* dan metode perbaikan dengan timbunan *preloading* dikombinasikan dengan *prefabricated vertical drain (PVD)*, Oleh sebab itu diperlukan suatu studi mengenai perilaku tanah, derajat konsolidasi yang terjadi berdasarkan hasil uji CPTu, *settlement plat* dan dilakukan *back analysis* penurunan dari hasil data monitoring di lapangan dan melakukan pemodelan simulasi *vacuum consolidation*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Melakukan studi karakteristik tanah endapan danau (*lacustrine*) di Bandung
2. Melakukan interpretasi derajat konsolidasi dari hasil data uji CPTu, *settlement plat* dan melakukan *back analysis* penurunan dari hasil data monitoring di lapangan
3. Mempelajari mekanisme dengan metode *vacuum preloading* dan melakukan pemodelan simulasi *vacuum consolidation*

1.3 Lingkup Penelitian

Dalam analisis ini, lingkup penelitian meliputi:

1. Data yang digunakan dalam penelitian adalah:
 - a. Memperbanyak Referensi berbagai sumber tentang endapan danau di Bandung meliputi, kajian pustaka, makalah dan jurnal.

- b. Lokasi penelitian di area Cluster D Summarecon Gedebage Bandung.
 - c. Data endapan danau di Bandung menggunakan data penelitian terdahulu dan untuk data hasil uji meliputi: hasil pengeboran sampel tanah, *Standard Penetration Test* (SPT), pengujian laboratorium, pengujian *Piezcone* (CPTu) dan monitoring *settlement plate*
2. Melakukan *back analysis* interpretasi penurunan dengan metode hiperbolik, $1/t$ dan metode Asaoka
 3. Dalam melakukan pemodelan dan analisis *vacuum preloading* menggunakan program komputer Plaxis dengan parameter *soft soil creep model*.

1.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan tesis ini adalah:

1. Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan dengan mengumpulkan literatur, baik yang bersumber dari buku, makalah, jurnal dan internet yang relevan sebagai acuan dalam proses penelitian ini.

2. Metode Analisis

Melakukan studi karakteristik tanah endapan danau di Bandung, mempelajari mekanisme *preloading* dengan metode *vacuum*, melakukan pemodelan *vacuum preloading*, melakukan interpretasi derajat konsolidasi dari hasil uji CPTu, *settlement plate*, melakukan *back analysis* untuk menentukan parameter *soft soil creep* dan melakukan interpretasi penurunan dengan metode hiperbolik, $1/t$ dan metode Asaoka.

1.5 Sistematika Penulisan

Tesis ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan secara garis besar yang akan dibahas dalam tesis, mencakup latar belakang masalah, tujuan penelitian, lingkup masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan

BAB 2 STUDI LITERATUR

Bab ini berisikan tinjauan literatur tentang tanah lunak, konsolidasi, *pre-fabricated vertical drain* (PVD), *vacuum preloading*, *standar penetration test* (SPT), perkembangan *cone penetration test* (CPT) seperti CPTu, instrumentasi seperti *settlement plate*, metode elemen hingga dan model tanah lunak (*soft soil creep mode*)

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metode penelitian yang digunakan dalam analisis meliputi kajian endapan danau, interpretasi hasil uji CPTu, interpretasi berdasarkan data *settlement plate* dan program Plaxis

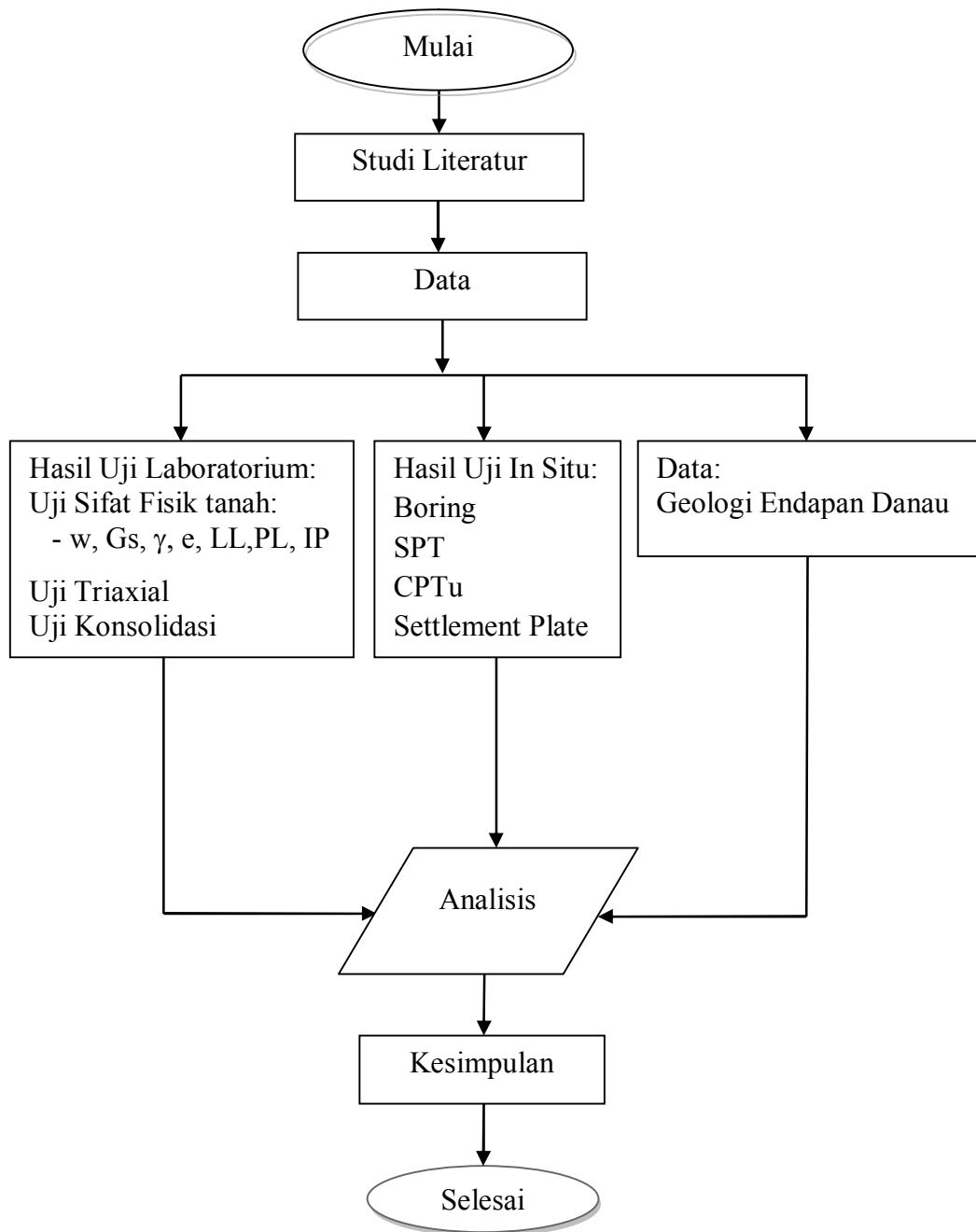
BAB 4 DATA DAN ANALISIS

Bab ini menyajikan hasil kajian endapan danau di Bandung, interpretasi data SPT, laboratorium, interpretasi hasil data CPTu, interpretasi derajat konsolidasi, *settlement* dari hasil data *settlement plate* dan analisis *vacuum* dengan metode elemen hingga.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan serta saran atas hasil pengolahan dan analisis data yang telah dilakukan pada BAB IV.

1.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.1 Bagan Alir/ *Flowchart* Penelitian