

**PEMODELAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN  
VACUUM PRELOADING MENGGUNAKAN BEBAN  
SUCTION DAN BEBAN HIPOTETIS**

**TESIS**



**Oleh  
Fioliza Ariyandi  
2014 831 006**

**Pembimbing Utama  
Prof. Paulus P. Rahardjo, Ph.D**

**Ko-Pembimbing  
DR. Ir. Rinda Karlinasari, MT**

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

No. Kode	: TES-PMTS ARI P/18
Tanggal	: 25 November 2019
No. Ind.	: kes 1956
Divisi	:
Hadiah / Dili	:
Dari	: Fakultas Teknik

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PEMODELAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN  
VACUUM PRELOADING MENGGUNAKAN BEBAN SUCTION  
DAN BEBAN HIPOTETIS**



**Oleh  
Fioliza Ariyandi  
2014 831 006**

**Persetujuan Untuk Ujian Sidang Tesis pada Hari/ Tanggal:  
Kamis 7 Juni 2018**

**Pembimbing Utama**

**Prof. Paulus P. Rahardjo, Ph.D**

**Ko-Pembimbing**

**DR. Ir. Rinda Karlinasari, MT**

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

## PERNYATAAN

Yang bertandatangan dibawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Fioliza Ariyandi  
Nomor Pokok Mahasiswa : 2014 831 006  
Program Studi : Teknik Sipil / Geoteknik  
Sekolah Pascasarjana  
Universitas Katolik Parahyangan



Menyatakan bahwa Tesis dengan judul : “PEMODELAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN VACUUM PRELOADING MENGGUNAKAN BEBAN SUCTION DAN BEBAN HIPOTETIS” adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan Pembimbing, dan 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 ini, 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 : 24 Maret 2018



Fioliza Ariyandi



**PEMODELAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN  
VACUUM PRELOADING MENGGUNAKAN BEBAN SUCTION  
DAN BEBAN HIPOTETIS**

**Fioliza Ariyandi (NPM : 2014 831 006)  
Pembimbing 1 : Prof. Paulus P. Rahardjo, Ph.D  
Ko. Pembimbing : DR. Ir. Rinda Karlinasari, MT  
Magister Teknik Sipil  
Bandung  
Juni 2018**

**ABSTRAK**

Metode perbaikan tanah menggunakan *vacuum preloading* masih jarang digunakan sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan tanah lunak di Indonesia. Kajian mengenai metode *vacuum preloading* pun masih cukup jarang, sehingga bagaimana mengontrol dan mengukur penurunan tanah yang terjadi dilapangan agar sesuai dengan perencanaan yang diinginkan menjadi permasalahan tersendiri. Agar dapat membantu memprediksi penurunan tanah yang terjadi, maka dilakukan pemodelan numerik menggunakan metode elemen hingga menggunakan bantuan program geostudio dengan material model *elastic-plastic* dan menggunakan program plaxis dengan material model *soft soil*.

Penerapan beban *vacuum* pada pemodelan dibagi menjadi 2 kategori, kategori pertama pemodelan dilakukan dengan menggunakan beban *suction* sedangkan kategori kedua dilakukan dengan menggunakan beban hipotetis. Penggunaan beban *suction* pada pemodelan dilakukan dengan menggunakan program geostudio, sedangkan beban hipotetis akan dilakukan dengan menggunakan program plaxis. Parameter tanah yang digunakan dalam pemodelan ditentukan berdasarkan data-data hasil pengujian dilapangan, laboratorium dan korelasi empirik.

Selain penurunan tanah, tekanan air pori eksese dan peningkatan tegangan efektif akibat penerapan *vacuum preloading* akan ditampilkan.

Kata Kunci : *vacuum preloading*, penurunan tanah, geostudio, plaxis, beban suction, beban hipotetis, tekanan air pori eksese, tegangan efektif



**MODELING SOFT GROUND IMPROVEMENT WITH  
VACUUM PRELOADING USING SUCTION LOAD  
AND HYPOTHETIC LOADS**

**Fioliza Ariyandi (NPM : 2014 831 006)  
Advisor : Prof. Paulus P. Rahardjo, Ph.D  
Co. Advisor : DR. Ir. Rinda Karlinasari, MT  
Master of Civil Engineering  
Bandung  
June 2018**

**ABSTRACT**

Method of soil improvement using vacuum preloading is still rarely used as a solution to solve soft soil problems in Indonesia. The study of vacuum preloading method is still quite rare, so how to control and measure land subsidence occurred in the field to match the desired planning becomes problematic. In order to help predict land subsidence occurs, then the numerical modeling using finite element method using the assistance program geostudio with elastic-plastic material models and using plaxis with soft soil material models.

The application of vacuum load on the modeling is divided into 2 categories, the first category of modeling is done by using suction load while the second category is done by using hypothetical load. Use of the suction load on modeling done using geostudio program, while the hypothetical load will be carried out by using plaxis. The soil parameters used in the modeling are determined based on the results of field test data, laboratory and empirical correlation.

In addition to land subsidence, excess pore water pressure and effective stress increase due to the application of vacuum preloading will be displayed

**Keywords :** vacuum preloading, land subsidence, geostudio, plaxis, suction load, hypothetical load, excess pore water pressure, effective stress



## KATA PENGANTAR



Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Pemodelan Perbaikan Tanah Lunak Dengan Vacuum Preloading Menggunakan Beban Suction dan Beban Hipotetis”** yang dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Magister Teknik Sipil, Konsentrasi Geoteknik, Program Pascasarjana Universitas Katolik Parahyangan. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak selama penyelesaian tesis ini, tesis ini tidak dapat penulis selesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan tesis ini dan arahan selama masa studi pada jurusan Geoteknik Program Magister.
2. Ibu Dr. Ir. Rinda Karlinasari, MT, selaku dosen ko. pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan tesis ini.
3. Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D dan Ibu Dr. Nurindahsih Setionegoro selaku dosen penguji yang telah berkenan meluangkan waktu menguji tesis ini dan membantu memberikan saran yang berguna dalam pengerjaan tesis ini.
4. Seluruh dosen Magister Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya kepada penulis selama masa studi.
5. Bapak Marcello Djunaidy (PT. Geotekindo, Indonesia) yang telah memberikan bantuan untuk menyediakan data agar tesis ini dapat terlaksana.
6. Orang tua penulis atas doa, kepercayaan serta dukungannya.



7. Istri tercinta Nelly Sulvina atas doa, dukungan, pengertian dan kesabaran yang diberikan selama penulis menuntut ilmu di Program Magister Teknik Sipil Konsentrasi Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan.
8. Anakku Ahza dan Nayra, terima kasih karena telah menjadi penyemangat.
9. Kak Finda beserta keluarga dan Kak Fitri beserta keluarga, terima kasih telah mendoakan dan memberikan dukungan selama ini.
10. Teman-teman seperjuangan Program Magister Teknik Sipil Konsentrasi Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan.
11. Rekan-rekan PT. Bima Sakti Geotama, terutama pak Riza atas motivasi dan dukungannya sehingga membuka wawasan penulis untuk melanjutkan studi ke jenjang magister.
12. Karyawan Tata Usaha Magister Teknik Sipil Unpar yang telah membantu penulis dalam hal administratif selama masa studi.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$a_v$	= koefisien kompresibilitas
$c'$	= kohesi tegangan efektif
$C_c$	= indeks kompresibilitas
$C_h$	= koefisien konsolidasi arah horizontal
CPT	= <i>Cone Penetration Test</i>
CPTu	= <i>Piezocone Penetrometer</i>
$C_r$	= koefisien konsolidasi arah radial
$C_s$	= Indeks Swelling
$c_u$	= kohesi tak terdrainase
$C_h$	= koefisien konsolidasi arah horizontal
$C_v$	= koefisien konsolidasi arah vertikal
E	= modulus elastisitas
$e_o$	= angka pori awal
$k_h$	= koefisien permeabilitas tanah arah horizontal
$k_v$	= koefisien permeabilitas tanah arah vertikal
$m_v$	= koefisien kompresibilitas volume
$N_c$	= <i>normally consolidated</i>
OC	= <i>overly consolidated</i>
OCR	= <i>over consolidation ratio</i>
$p_c$	= tegangan prakonsolidasi
$p_o$	= tekanan overburden
S	= penurunan
SPT	= <i>Standart Penetration Test</i>
SWCC	= <i>Soil Water Characteristic Curve</i>
$T_v$	= faktor waktu
$\gamma_{sat}$	= berat isi jenuh
$\gamma_{dry}$	= berat isi kering
$\gamma_w$	= berat isi air pori





$\phi$	= sudut geser total
$\phi'$	= sudut geser efektif
$\Delta\sigma$	= tegangan akibat beban tambahan
$\Delta u$	= tekanan air pori eksess

# DAFTAR ISI



<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Lingkup Penelitian .....	2
1.4 Metodologi Penelitian .....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB 2 STUDI LITERATUR .....</b>	<b>7</b>
3.1 Perbaikan Tanah.....	7
3.2 Teknik Preloading .....	7
3.2.1 Preloading Konvensional .....	8
3.2.2 Vacuum Preloading.....	12
3.3 Vertical Drain.....	22
3.3.1 Umum .....	22
3.3.2 Tipe Vertical Drain .....	24
3.3.3 Faktor Yang Mempengaruhi Efisiensi Pengaliran .....	27
2.3.3.1 Diameter Ekuivalen Pengaliran .....	28
2.3.3.2 Discharge Capacity (Kapasitas Pengaliran).....	29
2.3.3.3 Smear Effect.....	30
2.3.3.4 Drained Boundary Condition.....	34
3.3.4 Area Yang Terpengaruh Oleh Vertical Drain.....	35

3.4	Tanah Lunak.....	38
3.4.1	Deskripsi Tanah Lunak .....	38
3.4.2	Karakteristik Tanah Lunak .....	39
3.4.3	Masalah Yang Timbul Pada Tanah Lunak.....	41
3.5	Konsolidasi Tanah.....	42
3.5.1	Pengertian Konsolidasi .....	42
3.5.2	Analogi Penurunan Satu Dimensi.....	43
3.5.3	Pengujian Konsolidasi .....	43
3.5.4	Koefisien Pemampatan ( <i>Coefficient of Compression, <math>a_v</math></i> ).....	47
3.5.5	Koefisien Perubahan Volume ( <i>Coefficient of Volume Change, <math>m_v</math></i> ).....	47
3.5.6	Indeks Pemampatan ( <i>Compression index, <math>C_c</math></i> ) .....	47
3.5.7	Indeks Pemampatan Kembali ( <i>Recompression Index, <math>C_r</math></i> ) .....	48
3.5.8	Tekanan Prakonsolidasi ( <i>Preconsolidation Pressure, <math>P_c'</math></i> ) .....	48
3.5.9	Koefisien Konsolidasi ( <i>Coefficient of Consolidation, <math>C_v</math></i> ).....	49
3.5.10	Penurunan Konsolidasi .....	50
2.5.10.1	Penurunan Konsolidasi Primer .....	50
2.5.10.2	Penurunan Konsolidasi Sekunder .....	54
3.5.11	Konsolidasi Radial.....	54
3.5.12	Derajat Konsolidasi.....	56
3.6	Cone Penetration Test Dengan Pore Pressure Measurement (CPTu) .....	57
3.6.1	Klasifikasi Tanah Berdasarkan CPTu.....	58
3.6.2	Interpretasi CPTu Terhadap Karakteristik Su.....	58
3.6.3	Uji Disipasi CPTu.....	59
3.7	Metode Elemen Hingga.....	61
3.7.1	Umum .....	61
3.7.2	Plaxis 2D.....	61
2.7.2.1	Analisa Drained dan Undrained.....	64
3.7.3	GeoStudio 2012 (SEEP/W dan SIGMA/W).....	67
2.7.3.1	SEEP/W Program.....	67
2.7.3.2	SIGMA/W Program.....	68



<b>BAB 3 METODE ANALISIS.....</b>	<b>71</b>
6.1 Analisis Numerik Menggunakan Metode Elemen Hingga .....	71
6.1.1 Tahap Pra-proses.....	71
6.1.2 Tahap Solusi.....	71
6.1.3 Tahap Pasca-Proses.....	72
6.2 Pemodelan Vacuum Preloading Menggunakan Program Komputer .....	72
6.2.1 Pemodelan Vacuum Preloading Menggunakan Geostudio.....	72
3.2.1.1 Pendahuluan.....	72
3.2.1.2 Tahapan Pemodelan <i>Vacuum Preloading</i> Menggunakan Geostudio .....	73
6.2.2 Pemodelan <i>Vacuum Preloading</i> Menggunakan Plaxis .....	88
3.2.2.1 Pendahuluan.....	88
3.2.2.2 Tahapan Pemodelan Vacuum Preloading Menggunakan Plaxis ...	88
<b>BAB 4 STUDI KASUS.....</b>	<b>101</b>
4.1 Deskripsi Permasalahan.....	101
4.2 Geologi Regional Daerah Studi.....	101
4.3 Stratifikasi Tanah Dan Parameter Untuk Pemodelan .....	102
4.3.1 Stratifikasi Tanah .....	102
4.3.2 Parameter Tanah Untuk Pemodelan.....	103
4.3.2.1 Penentuan Parameter Tanah.....	104
4.4 Pemodelan Menggunakan Metode Elemen Hingga .....	118
4.4.1 Konfigurasi Prefabricated Vertical Drain (PVD) .....	118
4.4.2 Pemodelan Vacuum Preloading Menggunakan Beban Suction.....	119
4.4.2.1 Hasil Pemodelan <i>Vacuum Preloading</i> Menggunakan Beban <i>Suction</i> .....	120
4.4.3 Pemodelan Vacuum Preloading Menggunakan Beban Hipotetis ..	124
4.4.3.1 Pemodelan Vacuum Preloading Menggunakan Beban Hipotetis Pemodelan 1 .....	124
4.4.3.2 Pemodelan Vacuum Preloading Menggunakan Beban Hipotetis Pemodelan 2.....	129
4.4.4 Perbandingan Hasil Analisis .....	134

<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>137</b>
5.1 Kesimpulan.....	137
5.2 Saran.....	137



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lokasi studi (zona 1) .....	3
Gambar 1.2	Bagan alir penelitian.....	4
Gambar 2.1	Preloading lapisan tanah.....	8
Gambar 2.2	Hasil pemampatan tanah yang disebabkan oleh preloading.....	9
Gambar 2.3	Deformasi lateral pada tanah dasar (Chai dkk, 2005) .....	10
Gambar 2.4	Gambaran keadaan tekanan dan pola deformasi irisan tanah di bawah vakum konsolidasi (a) lokasi irisan tanah (b) diatas kedalaman retakan (c) dibawah kedalaman retakan.....	10
Gambar 2.5	Skema metode vacuum preloading (Shang dkk, 1998).....	14
Gambar 2.6	Sistem vacuum preloading (Masse dkk, 2001) .....	15
Gambar 2.7	Analogi Pegas untuk <i>Vacuum</i> Konsolidasi, kiri oleh timbunan, kanan oleh beban <i>vacuum</i> (Chu dan Yan, 2005).....	16
Gambar 2.8	Proses konsolidasi, kiri sistem preloading biasa, kanan sistem vacuum preloading (Indraratna et al, 2005) .....	18
Gambar 2.9	Sistem <i>vacuum</i> tanpa membrane pada 1 drain (Seah, 2006).....	19
Gambar 2.10	Perbedaan sistem <i>vacuum</i> dengan membrane dan tanpa membrane (Indraratna et al, 2005) .....	19
Gambar 2.11	Skema pekerjaan <i>vacuum+surchage</i> , <i>vacuum</i> , dan <i>surchage</i> .....	21
Gambar 2.12	Pola distribusi tekanan <i>vacuum</i> (Indraratna et al, 2005) .....	21
Gambar 2.13	Preloading dengan vertical drains .....	23
Gambar 2.14	Tipikal <i>mandrel</i> dan bentuk saluran prefabrikasi ( <i>Mebradrain</i> )....	26
Gambar 2.15	Saluran, mandrel dan pelat jangkar ( <i>Cramer, undated</i> ) .....	27
Gambar 2.16	Lebar dan Ketebalan PVD (Holtz et al, 1991) .....	28
Gambar 2.17	Lipatan PVD yang mungkin terjadi bersamaan dengan pemampatan tanah. ....	30
Gambar 2.18	Efek Smear (Hansbo, 1994) .....	31
Gambar 2.19	Zona terganggu disekitar mandrel (Bergado dkk, 1996).....	32



Gambar 2.20	Skema overlapping dari zona smear (Walker dan Indraratna, 2007)	33
Gambar 2.21	Permeabilitas horisontal (kiri (a)); Permeabilitas vertikal (kiri (b)) ; rasio $k_h/k_v$ sepanjang jarak radial dari pusat aliran (Indraratna dan Redana, 1998).	34
Gambar 2.22	Zona smear pada kondisi (a) ratio permeability dan (b) kadar air	34
Gambar 2.23	Pola pemasangan PVD dan daerah yang terpengaruh oleh pemasangan PVD	35
Gambar 2.24	PVD dikaitkan ke plat baja	37
Gambar 2.25	Tahapan pemasangan PVD	38
Gambar 2.26	Analogi konsolidasi dengan bejana pegas menurut Terzaghi	43
Gambar 2.27	Skematik alat konsolidasi /oedometer	44
Gambar 2.28	Sifat khusus grafik hubungan $\Delta H$ terhadap waktu	45
Gambar 2.29	Sifat khusus grafik hubungan $e$ terhadap waktu	46
Gambar 2.30	Grafik hubungan $e - \log p'$	46
Gambar 2.31	Penentuan tegangan prakonsolidasi	49
Gambar 2.32	Kurva hubungan $e - p'$ bila diasumsikan linear	56
Gambar 2.33	Sistem klasifikasi tanah dari data CPTu (Robertson. Et al., 1986)	58
Gambar 2.34	Contoh disipasi pada tanah	59
Gambar 2.35	Parameter koefisien konsolidasi ( $C_h$ )	60
Gambar 2.36	Parameter Permeabilitas ( $k_h$ )	61
Gambar 2.37	Perbedaan Model <i>Plane strain</i> dan axi simetri	63
Gambar 2.38	Perbedaan 6 titik nodal dengan 15 titik nodal (atas <i>stress points</i> , bawah nodes)	63
Gambar 3.1	Tipe analisis pada kondisi awal (geostudio)	73
Gambar 3.2	Set page	74
Gambar 3.3	Set unit and Scale	74
Gambar 3.4	Grid	75
Gambar 3.5	Axes	75
Gambar 3.6	Pemodelan area (geostudio)	76

Gambar 3.7	KeyIn material <i>sigma/w</i> (geostudio)	77
Gambar 3.8	KeyIn material <i>seep/w</i> (geostudio)	77
Gambar 3.9	<i>Volumetric Water Content</i> function (geostudio)	78
Gambar 3.10	<i>Hydraulic Conductivity</i> function (geostudio)	78
Gambar 3.11	<i>Air Conductivity</i> function (geostudio)	78
Gambar 3.12	Input draw material (geostudio)	79
Gambar 3.13	Input data elevasi muka air tanah (geostudio)	80
Gambar 3.14	Input draw initial water table (geostudio)	80
Gambar 3.15	Meshing area dengan ukuran element 1.0 m (geostudio)	80
Gambar 3.16	Penerapan kondisi batas (geostudio)	81
Gambar 3.17	Waktu pelaksanaan <i>Vacuum</i> (geostudio)	81
Gambar 3.18	Tipe analisis pada saat di <i>Vacuum</i> (geostudio)	82
Gambar 3.19	Kondisi batas tekanan udara negatif sebesar -80 kPa (geostudio)	82
Gambar 3.20	Kondisi batas tekanan air negatif sebesar -80 kPa (geostudio)	83
Gambar 3.21	Solve manager	84
Gambar 3.22	Tipe analisis untuk menggambarkan deformasi akibat <i>vacuum preloading</i> (geostudio)	84
Gambar 3.23	Contoh output kontur perpindahan arah sumbu Y	85
Gambar 3.24	Contoh output kontur tekanan air pori	85
Gambar 3.25	Contoh output kontur tekanan air pori ekses	85
Gambar 3.26	Contoh output kontur tegangan efektif	85
Gambar 3.27	Pilihan tombol <i>Graph</i>	86
Gambar 3.28	<i>Add</i> dan <i>Set Location</i> pada menu <i>Graph</i>	86
Gambar 3.29	Pilihan <i>Geometry Items</i> dan <i>Show Graph</i>	86
Gambar 3.30	<i>Draw Geometri Items</i>	87
Gambar 3.31	Option untuk menampilkan grafik yang diinginkan	87
Gambar 3.32	<i>General Setting (Project)</i>	89
Gambar 3.33	<i>General Setting (Dimension)</i>	89
Gambar 3.34	Pemodelan area (plaxis)	90
Gambar 3.35	Set material (plaxis)	92

Gambar 3.36	Input general material pada lapisan tanah dengan soft soil model (plaxis).....	92
Gambar 3.37	Input parameter tanah soft soil model (plaxis).....	93
Gambar 3.38	Input interface (plaxis) .....	94
Gambar 3.39	Input draw material dan kondisi batas (plaxis) .....	94
Gambar 3.40	Meshing area (plaxis).....	95
Gambar 3.41	Penerapan tekanan <i>vacuum</i> menggunakan plaxis (pemodelan 1) ..	97
Gambar 3.42	Penerapan beban <i>vacuum</i> menggunakan plaxis (pemodelan 2).....	97
Gambar 3.43	Jendela perhitungan (Pemodelan 1) .....	98
Gambar 3.44	Jendela perhitungan (Pemodelan 2) .....	98
Gambar 3.45	Pilihan tombol Output dan Deformasi .....	99
Gambar 3.46	<i>Go To Curve Program</i> .....	99
Gambar 3.47	New chart pada menu <i>Create/Open project</i> .....	99
Gambar 3.48	Pilih nama pemodelan pada menu <i>Select project to import curve from</i> .....	100
Gambar 3.49	<i>Time, Displacement and Point</i> pada menu <i>Curve Generation</i> .....	100
Gambar 4.1	Kondisi geologi regional lokasi studi.....	102
Gambar 4.2	Stratifikasi tanah disekitar area studi BH-01 – BH-03.....	102
Gambar 4.3	Lapisan tanah untuk pemodelan .....	104
Gambar 4.4	Parameter berat isi tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) dan berat isi tanah tak jenuh ( $\gamma_{unsat}$ ).....	105
Gambar 4.5	Parameter angka pori ( $e_0$ ) dan kompresibilitas tanah ( $C_c$ ).....	106
Gambar 4.6	Parameter koefisien konsolidasi arah vertikal ( $C_v$ ) .....	107
Gambar 4.7	Koefisien konsolidasi arah horizontal ( $ch$ ) kedalaman 3.41 m dan 6.24 m.....	108
Gambar 4.8	Koefisien konsolidasi arah horizontal ( $ch$ ) kedalaman 10.00 m dan 13.90 m.....	108
Gambar 4.9	Parameter koefisien konsolidasi arah horisontal ( $Ch$ ).....	109
Gambar 4.10	Tekanan pra-konsolidasi ( $P_c$ ).....	110



Gambar 4.11	Parameter koefisien kemampatan volume ( $m_v$ ).....	110
Gambar 4.12	$t_{50}$ vs $k$ kedalaman 3.41 m dan 6.24 m .....	111
Gambar 4.13	$t_{50}$ vs $k$ kedalaman 10.00 m dan 13.90 m .....	112
Gambar 4.14	Parameter koefisien permeabilitas ( $k$ ).....	112
Gambar 4.15	Parameter undrained cohesion ( $c_u$ ) dan effective cohesion ( $c'$ ) ..	113
Gambar 4.16	Korelasi empirik antara $\phi'$ dan indeks plastisitas (IP) .....	114
Gambar 4.17	Parameter total friction angle ( $\phi$ ) dan Parameter effective friction angle ( $\phi'$ ) .....	115
Gambar 4.18	Kurva SWCC butir halus kedalaman 0.0 - 5.0 m.....	116
Gambar 4.19	Kurva SWCC butir halus kedalaman 0.5 - 7.0 m.....	116
Gambar 4.20	Kurva SWCC butir halus kedalaman 7.0 - 13.0 m.....	117
Gambar 4.21	Kurva SWCC butir halus kedalaman 17.0 - End .....	117
Gambar 4.22	Perbandingan spacing PVD kenyataan dan software .....	118
Gambar 4.23	Ilustrasi tekanan air pori negatif.....	119
Gambar 4.24	Output kontur deformasi arah sumbu Y .....	120
Gambar 4.25	Grafik deformasi arah sumbu Y vs Waktu.....	120
Gambar 4.26	Output kontur tekanan air pori .....	121
Gambar 4.27	Output kontur tekanan air pori ekses.....	121
Gambar 4.28	Output grafik tekanan air pori vs waktu.....	122
Gambar 4.29	Output grafik tekanan air pori ekses vs waktu .....	122
Gambar 4.30	Output kontur tegangan efektif .....	123
Gambar 4.31	Output grafik tegangan efektif vs waktu .....	123
Gambar 4.32	Output kontur deformasi (Pemodelan 1).....	125
Gambar 4.33	Output grafik deformasi (Pemodelan 1).....	125
Gambar 4.34	Output kontur tekanan air pori (Pemodelan 1).....	126
Gambar 4.35	Output kontur tekanan air pori ekses (Pemodelan 1) .....	126
Gambar 4.36	Kurva tekanan air pori vs time (Pemodelan 1).....	127
Gambar 4.37	Output grafik tekanan air pori ekses vs waktu (Pemodelan 1).....	127
Gambar 4.38	Ouput tegangan efektif menggunakan beban hipotetis (pemodelan 1).....	128
Gambar 4.39	Output grafik tegangan efektif vs waktu (Pemodelan 1).....	128

Gambar 4.40	Output kontur deformasi (Pemodelan 2).....	130
Gambar 4.41	Output grafik deformasi (Pemodelan 2).....	130
Gambar 4.42	Output kontur tekanan air pori (Pemodelan 2).....	131
Gambar 4.43	Output kontur tekanan air pori ekses (Pemodelan 2).....	131
Gambar 4.44	Output grafik tekanan air pori vs waktu (Pemodelan 2).....	132
Gambar 4.45	Output grafik tekanan air pori ekses vs waktu (Pemodelan 2).....	132
Gambar 4.46	Output tegangan efektif menggunakan beban hipotetis (Pemodelan 2).....	133
Gambar 4.47	Output grafik tegangan efektif vs waktu (Pemodelan 2).....	133
Gambar 4.48	Kurva Penurunan vs Waktu .....	134
Gambar 4.49	Kurva Tegangan Efektif vs Waktu .....	135

## DAFTAR TABEL



Tabel 2.1	Tipe vertical drains dengan masing-masing metode instalasinya ..24
Tabel 2.2	Hubungan antara konsistensi dengan tekanan konus pada tanah lempung (begeman, 1965).....40
Tabel 2.3	Korelasi empiris antara nilai N-SPT dengan <i>unconfined compressive strength</i> dan berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) untuk tanah kohesif (Lambe & Whitman, from Terzaghi & Peck, 1948) .....41
Tabel 3.1	Satuan dimensi dalam plaxis .....90
Tabel 4.1	Parameter tanah untuk analisis .....118





## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1** PROFIL LAPISAN TANAH BH-01 SAMPAI BH-04..... L1  
**LAMPIRAN 2** DATA LAPANGAN DAN DATA LABORATORIUM ..... L2  
**LAMPIRAN 3** PARAMETER TANAH UNTUK PEMODELAN ..... L3



# BAB 1

## PENDAHULUAN



### 1.1 Latar Belakang

Untuk pengembangan prasarana wilayah di Indonesia, tidak menutup kemungkinan bahwa infrastruktur harus dibangun pada daerah-daerah yang kondisi lapisan tanah dasarnya berupa tanah lunak. Sifat tanah lunak memiliki daya dukung yang rendah serta penurunan yang besar karena konsolidasi, yang menyebabkan tanah tidak dapat memikul beban konstruksi di atasnya. Konsolidasi adalah proses terjadinya pengaliran air keluar dari pori-pori butiran tanah akibat penambahan beban dalam suatu periode waktu tertentu. Akibat dari pengaliran air keluar dari pori-pori tanah adalah berkurangnya volume partikel tanah. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya penurunan lapisan tanah pada area tinjauan. Jika penurunan yang terjadi terlalu besar, maka akan mengakibatkan kerusakan pada struktur yang berdiri di atasnya. Mengingat permasalahan pada tanah lunak yang cukup berpengaruh pada keberhasilan pembangunan infrastruktur maka harus dilakukan perbaikan tanah agar infrastruktur tersebut tidak rusak sebelum umur yang direncanakan.

Salah satu metode perbaikan tanah yang dapat digunakan adalah *vacuum consolidation*, yang di perkenalkan oleh Kjellman (1952) yaitu suatu metode pengganti beban awal (prabeban) dengan cara meletakkan lembaran material kedap air di permukaan tanah untuk menyedot air dan udara di sisi dalam lembaran kedap air dengan menggunakan pompa *vacuum* untuk mempercepat proses konsolidasi. Prinsip metode *vacuum consolidation* adalah memberikan tekanan negatif kedalam lapisan tanah melalui drainase vertikal untuk mempercepat proses konsolidasi, proses *vacuum consolidation* juga dapat dikombinasikan dengan *preloading*.

Di Indonesia metode *vacuum preloading* masih jarang digunakan sebagai solusi untuk mengatasi permasalahan pada tanah lunak. Kajian mengenai metode *vacuum preloading* pun masih cukup jarang, sehingga bagaimana mengontrol dan mengukur penurunan yang terjadi dilapangan agar sesuai dengan perencanaan yang diinginkan menjadi permasalahan tersendiri. Berdasarkan hal tersebut diperlukan suatu kajian analisis yang dapat membantu memprediksi penurunan tanah yang terjadi dengan penerapan tekanan *vacuum preloading* dalam kurun waktu tertentu.

### **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemodelan numerik yang dapat menggambarkan metode *vacuum preloading* dalam memprediksi besarnya penurunan tanah terhadap waktu tertentu, dimana beban yang digunakan dalam pemodelan menggunakan beban *suction* dan beban hipotetis. Hasil dari pemodelan numerik nantinya akan dibandingkan dengan hasil terukur dilapangan.

### **1.3 Lingkup Penelitian**

Untuk mempertajam analisis maka ruang lingkup penelitian dibatasi pada beberapa hal, yaitu :

1. Pemodelan perbaikan tanah dilakukan menggunakan metode *vacuum preloading*.
2. Informasi dan dokumen yang digunakan berasal dari proyek pekerjaan jalan tol Indralaya - Palembang (zona 1).

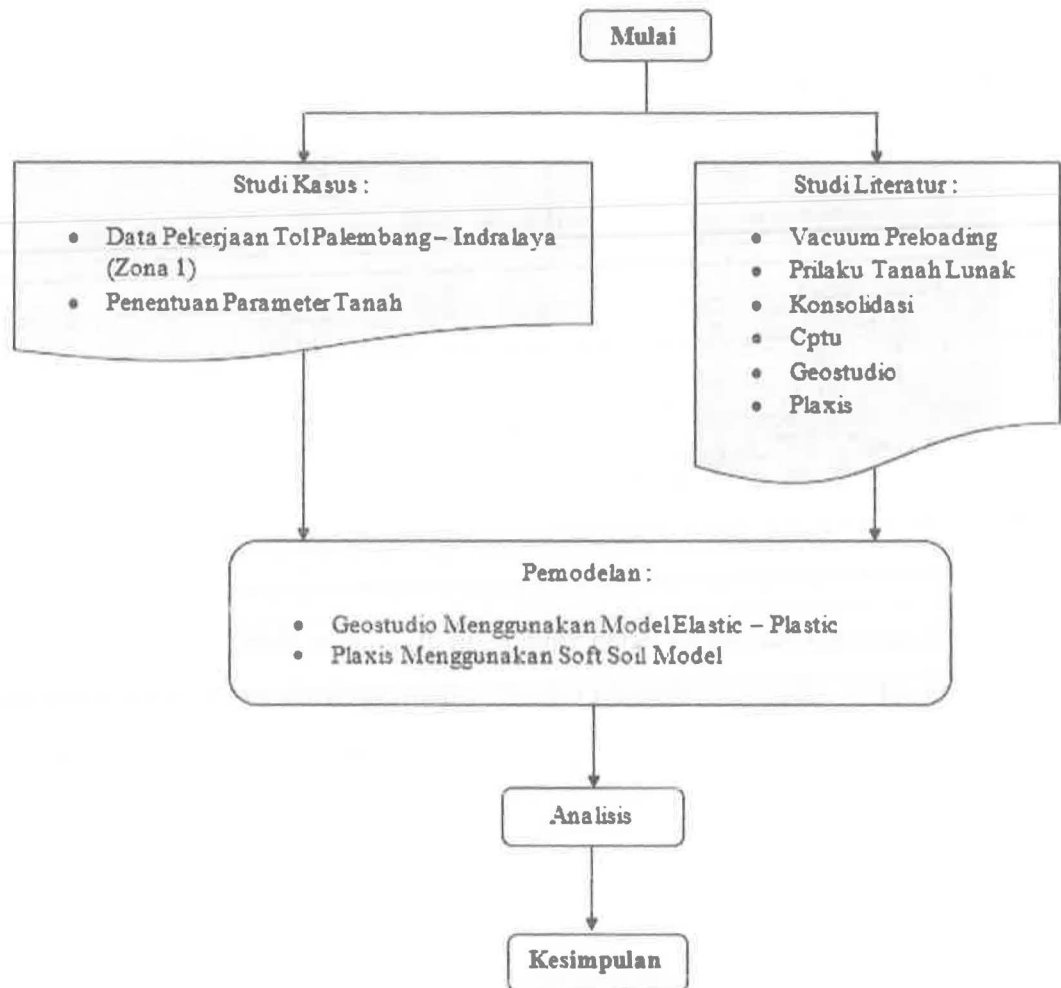




Gambar 1. 1 Lokasi studi (zona 1)

3. Penentuan parameter tanah yang akan digunakan dalam melakukan analisis.
4. Analisis dilakukan dengan menggunakan program geostudio dengan material model *elastic-plastic* dan menggunakan program plaxis dengan material model *soft soil*.

## 1.4 Metodologi Penelitian



Gambar 1. 2 Bagan alir penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 1.2. Untuk lebih jelasnya metodologi penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

### Tahap 1 : Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini berisi tentang teori-teori yang berkaitan dengan *vacuum preloading*, perilaku tanah, konsolidasi, penggunaan program geostudio dan program plaxis. Dari literatur yang telah dikumpulkan nantinya akan digunakan sebagai landasan untuk melakukan kajian analisis.

## Tahap 2 : Studi Kasus

Studi kasus penelitian ini menggunakan data dari pekerjaan proyek jalan tol Palembang - Indralaya (zona 1), dimana pada lokasi tersebut perbaikan tanah dilakukan dengan menggunakan metode *vacuum preloading*. Dari data-data yang ada dapat ditindak lanjuti dengan menentukan parameter tanah yang akan digunakan dalam analisis.

## Tahap 3 : Pemodelan

Pemodelan adalah suatu bentuk penyederhanaan dari sebuah elemen dan komponen yang sangat kompleks untuk memudahkan pemahaman dari informasi yang dibutuhkan dalam melakukan suatu analisis. Pada studi ini pemodelan dilakukan dengan bantuan program geostudio dengan material model *elastic-plastic* dan program plaxis dengan material model *soft soil*.

## Tahap 4 : Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mendapatkan perkiraan besarnya penurunan yang terjadi, tekanan air pori eksese dan peningkatan tegangan efektif akibat pengaruh penerapan *vacuum preloading* berdasarkan pemodelan yang telah dibuat. Dimana dari keempat tahapan tersebut dapat diambil kesimpulan.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan akan dibagi dalam lima bab besar. Dalam tiap bab terdapat sub-sub yang aman penyajiannya dibuat sistematis sehingga dapat dibaca dan dipahami dengan lebih mudah. Bab-bab yang diusulkan tersebut adalah sebagai berikut :

### Bab 1 Pendahuluan

Berisi uraian mengenai latar belakang, inti permasalahan, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan tesis.

**Bab 2 Studi Literatur**

Berisi uraian mengenai metode perbaikan tanah, teknik preloading dan drainase vertikal, perilaku tanah lunak, konsolidasi tanah, Cptu dan menjabarkan prinsip dasar metode elemen hingga.

**Bab 3 Metode Analisis**

Berisi uraian mengenai tahapan pemodelan yang akan dilakukan dalam melakukan analisis.

**Bab 4 Studi Kasus**

Berisi uraian mengenai deskripsi masalah, kondisi tanah dan parameter untuk analisis, melakukan pemodelan *vacuum preloading* dengan menggunakan program komputer geostudio dan program komputer plaxis, sehingga diperoleh hasil dan membandingkannya terhadap hasil aktual di lapangan.

**Bab 5 Kesimpulan dan Saran**

Berisi kesimpulan dan pembahasan bab-bab sebelumnya termasuk hasil analisis serta saran-saran untuk penelitian lebih lanjut.