

**SKRIPSI**

**PENENTUAN TEGANGAN PRAKONSOLIDASI  
LEMPUNG TEGUH DI JAKARTA BERDASARKAN  
UJI *PRESSUREMETER* DENGAN APLIKASI UNTUK  
ANALISIS PENURUNAN GEDUNG TINGGI**



**Kevin Jonathan  
NPM: 6101801077**

**PEMBIMBING: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE.,  
Ph.D.**

**KO-PEMBIMBING: Aflizal Arafianto, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARI 2022**

## SKRIPSI

# PENENTUAN TEGANGAN PRAKONSOLIDASI LEMPUNG TEGUH DI JAKARTA BERDASARKAN UJI *PRESSUREMETER* DENGAN APLIKASI UNTUK ANALISIS PENURUNAN GEDUNG TINGGI



**Kevin Jonathan**  
**NPM: 6101801077**

**PEMBIMBING**

**: Prof. Paulus Pramono**  
**Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**KO-PEMBIMBING**

**: Aflizal Arafianto, S.T., M.T.**

**PENGUJI 1**

**: Siska Rustiani, Ir., M.T.**

**PENGUJI 2**

**: Dr. Rinda Karlinasari, Ir., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
**BANDUNG**  
**JANUARI 2022**

**SKRIPSI**

**PENENTUAN TEGANGAN PRAKONSOLIDASI  
LEMPUNG TEGUH DI JAKARTA BERDASARKAN  
UJI *PRESSUREMETER* DENGAN APLIKASI UNTUK  
ANALISIS PENURUNAN GEDUNG TINGGI**



**Kevin Jonathan  
NPM: 6101801077**

**BANDUNG, 14 Januari 2022**

**PEMBIMBING**

**Prof. Paulus Pramono  
Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**KO-PEMBIMBING**

**Aflizal Arafianto, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARI 2022**

# PERNYATAAN

## PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Kevin Jonathan

NPM : 6101801077

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi dengan judul:

Penentuan Tegangan Prakonsolidasi Lempung Teguh di Jakarta berdasarkan Uji Pressuremeter  
dengan Aplikasi untuk Analisis Penurunan Gedung Tinggi

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen 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 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: 11 Januari 2022



Kevin Jonathan  
NPM- 6101801077

# **PENENTUAN TEGANGAN PRAKONSOLIDASI LEMPUNG TEGUH DI JAKARTA BERDASARKAN UJI PRESSUREMETER DENGAN APLIKASI UNTUK ANALISIS PENURUNAN GEDUNG TINGGI**

**Kevin Jonathan**  
**NPM: 6101801077**

**Pembimbing: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**  
**Ko-Pembimbing: Aflizal Arafianto, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)**  
**BANDUNG**  
**JANUARI 2022**

## **ABSTRAK**

Jakarta merupakan kota metropolitan dengan tanah lempung teguh yang tersebar di seluruh wilayahnya. Maka dari itu, dibutuhkan data penyelidikan tanah lempung teguh tersebut pada tahap pra-konstruksi gedung tinggi di Jakarta. Uji *pressuremeter* merupakan salah satu uji in-situ yang dikenal sangat bermanfaat karena memiliki jangkauan luas terhadap parameter tanah. Pada intinya, proses pengujian akan berupa nilai tekanan yang diberikan secara radial kepada membran dan nilai radius atau volume membran yang berkembang saat diberikan tekanan tertentu. Kemudian kedua nilai tersebut dapat diolah menjadi beberapa parameter tanah krusial seperti tekanan leleh, tekanan batas, dan parameter lainnya yang dapat diturunkan juga menjadi parameter geoteknik lainnya seperti tegangan prakonsolidasi, koefisien tekanan tanah *at rest*, modulus geser, dan parameter lainnya. Untuk selanjutnya, nilai tegangan prakonsolidasi dan modulus *pressuremeter* dapat diaplikasikan dalam menghitung besarnya penurunan gedung-gedung di Jakarta, yang dimana pada penelitian ini diaplikasikan nilai modulus *pressuremeter* tersebut pada sebuah pondasi *raft* dengan metode *equivalent raft*. Pada penelitian ini, ditentukan korelasi empiris antar parameter hasil uji *pressuremeter* dengan uji laboratorium seperti uji konsolidasi dan uji *Atterberg limits*. Hasil menunjukkan bahwa nilai tegangan prakonsolidasi yang diperoleh dari *oedometer* sebesar 0,85 dari nilai tekanan leleh sebagai hasil pengolahan data *pressuremeter*. Lalu nilai sudut geser dalam yang diturunkan dari parameter uji *pressuremeter* juga mengklasifikasikan tanah lempung teguh di Jakarta sebagai '*low to high plasticity clays*' melalui korelasi empiris dengan indeks plastisitas pada grafik Sorensen & Okkels (2013). Selain itu, korelasi empiris juga ditentukan antara nilai seluruh parameter tanah yang diperoleh uji *pressuremeter* dengan nilai N-SPT dari uji bor. Sehingga dari nilai N-SPT, karakteristik tanah lempung teguh di Jakarta dapat ditentukan. Dari hasil analisis, tanah lempung teguh di Jakarta pada kedalaman 27 hingga 72,5 m merupakan tanah *overconsolidated* yang memiliki nilai tegangan prakonsolidasi sebesar 3,98 hingga 57,5 kg/cm<sup>2</sup>. Selain itu juga dapat disimpulkan bahwa nilai N-SPT turut meningkat seiring bertambah besarnya nilai seluruh parameter utama yang dianalisis dari data hasil uji *pressuremeter*.

Kata Kunci: Tegangan Prakonsolidasi, Lempung Teguh, Uji Pressuremeter, Aplikasi Penurunan



# **DETERMINATION OF THE PRECONSOLIDATED STRESS OF STIFF CLAY IN JAKARTA BASED ON PRESSUREMETER TEST WITH APPLICATION FOR HIGH BUILDING SETTLEMENT ANALYSIS**

**Kevin Jonathan  
NPM: 6101801077**

**Advisor: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.  
Co-Advisor: Aflizal Arafianto, S.T., M.T.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
(Accredited Based On SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARY 2022**

## **ABSTRACT**

Jakarta is a metropolitan city with stiff clay scattered throughout its territory. Therefore, the investigation data of the stiff clay is needed at the pre-construction stage of high-rise buildings in Jakarta. The pressuremeter test is known as one of very useful in-situ testing because it has a wide range of soil parameters. In essence, the test process will be in the form of a pressure value that is applied radially to the membrane and a value of the radius or volume of the membrane that expands when a certain pressure is applied. Then these two values can be processed into several crucial soil parameters such as yield pressure, limit pressure, and other parameters that can be derived as well as other geotechnical parameters such as preconsolidation stress, coefficient of soil pressure at rest, shear modulus, and other parameters. Henceforth, the value of preconsolidation stress and pressuremeter modulus can be applied in calculating the amount of settlement of buildings in Jakarta, which in this study applied the pressuremeter modulus value to a raft foundation using the equivalent raft method. In this study, empirical correlations were determined between the parameters of the pressuremeter test results with laboratory tests such as the consolidation test and the Atterberg limits test. The results show that the preconsolidation stress value obtained from the oedometer is 0.85 of the yield pressure value as a data result of pressuremeter test. Then the internal shear angle value derived from the pressuremeter test parameter also classifies the stiff clays in Jakarta as 'low to high plasticity clays' through empirical correlation with the plasticity index on the Sorensen & Okkels (2013) graph. In addition, an empirical correlation was also determined between the values of all soil parameters obtained by the pressuremeter test and the N-SPT value from the drill test. From the N-SPT value, the characteristics of the stiff clay in Jakarta can be determined. From the analysis, the stiff clay in Jakarta at a depth of 27 to 72.5 m is an overconsolidated soil which has a preconsolidation stress value of 3.98 hingga 57.5 kg/cm<sup>2</sup>. In addition, it is concluded that the value of N-SPT also increases along with the increase in the value of all the main parameters analyzed from the data of pressuremeter test.

**Keywords: Preconsolidation Stress, Stiff Clay, Pressuremeter Test, Settlement Applications**

## PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penentuan Tegangan Prakonsolidasi Lempung Teguh di Jakarta Berdasarkan Uji *Pressuremeter* dengan Aplikasi untuk Analisis Penurunan Gedung Tinggi”. Adapun, skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memenuhi syarat kelulusan program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penyusunan skripsi ini, terdapat banyak hambatan dan tantangan yang dihadapi baik secara fisik maupun emosional yang dialami penulis. Namun berkat motivasi, dukungan, kritik, dan saran dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing, meluangkan waktu, dan memberikan banyak pengetahuan baru serta nasihat bagi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Aflizal Arafianto, S.T., M.T., selaku dosen ko-pembimbing, mentor, yang telah meluangkan waktu untuk membagikan pengetahuan dan pelajaran kehidupan, khususnya terkait bidang geoteknik sehingga penulis dapat belajar banyak hal untuk memecahkan permasalahan dan skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Seluruh dosen dan staf pengajar Komunitas Bidang Ilmu Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan segala kritik, masukan, dan saran untuk menyempurnakan penulisan skripsi.
4. Papi, Mami, dan Adik selaku keluarga inti penulis yang selalu memberi dukungan kepada penulis selama proses pembuatan skripsi ini.
5. Zaneta Nathaniela yang selalu hadir untuk menyemangati dan mendukung penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Irfan Wiranatha dan James Wiriadi selaku teman diskusi penulis yang telah membantu banyak dalam perjalanan skripsi ini.
7. Rekan-rekan satu bimbingan skripsi Pak Paulus yang berjuang bersama penulis selama satu semester.

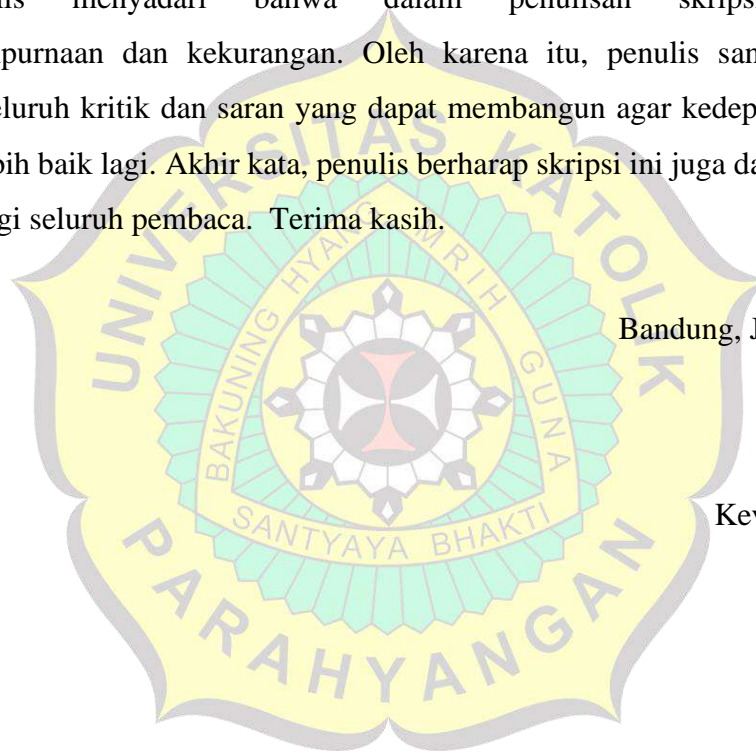
8. Rekan-rekan Badan Pemeriksa Universitas Katolik Parahyangan Periode 2021 yang mendukung proses penulisan skripsi selama satu semester dan khususnya satu periode.
9. Teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2018 serta seluruh civitas akademika Universitas Katolik Parahyangan yang menyertai penulis selama menjalankan pendidikan di Universitas Katolik Parahyangan.
10. Seluruh pihak lainnya yang memberikan dukungan dan tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi terdapat ketidaksempurnaan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap seluruh kritik dan saran yang dapat membangun agar kedepannya dapat menjadi lebih baik lagi. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini juga dapat menjadi manfaat bagi seluruh pembaca. Terima kasih.

Bandung, Januari 2022



Kevin Jonathan





# DAFTAR ISI

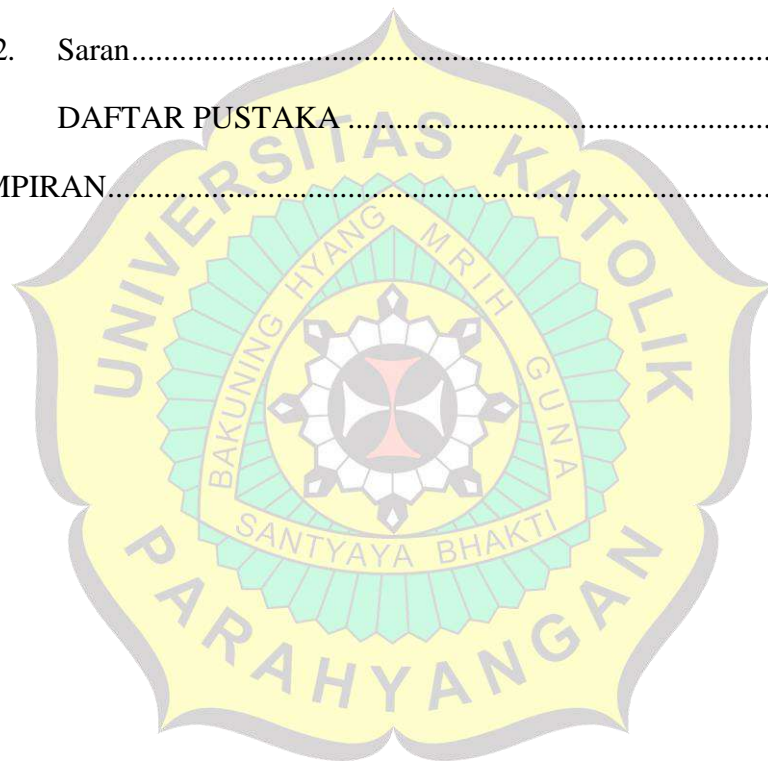
PERNYATAAN .....	vii
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
1. BAB 1.....	1-1
PENDAHULUAN .....	1-1
1.1. Latar Belakang .....	1-1
1.2. Inti Permasalahan .....	1-2
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	1-3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	1-3
1.5. Metode Penelitian.....	1-4
<b>1.5.1 Studi Literatur.....</b>	<b>1-4</b>
<b>1.5.2 Pengumpulan Data .....</b>	<b>1-4</b>
<b>1.5.3 Analisis Data .....</b>	<b>1-4</b>
<b>1.5.4 Aplikasi.....</b>	<b>1-4</b>
1.6. Sistematika Penulisan.....	1-4
1.7. Diagram Alir .....	1-6
2. BAB 2.....	2-1
TINJAUAN PUSTAKA .....	2-1

2.1.	Tanah Lempung Teguh .....	2-1
2.2.	Konsolidasi.....	2-2
2.3.	Pressuremeter Test .....	2-6
2.4.	Teori Pengembangan Rongga .....	2-6
2.5.	Jenis Pressuremeter .....	2-8
2.5.1	<i>Prebored Pressuremeter (PPMT)</i> .....	2-8
2.5.2	<i>Self-Boring Pressuremeter (SBPMT)</i> .....	2-9
2.5.3	<i>Full Displacement Pressuremeter (FDPMT)</i> .....	2-10
2.5.4	<i>Push-in Pressuremeter (PIPMT)</i> .....	2-10
2.6.	Konfigurasi Prebored Pressuremeter.....	2-11
2.6.1	<i>Probe</i> .....	2-11
2.6.2	<i>Lines</i> .....	2-13
2.6.3	<i>Readout Device</i> .....	2-14
2.6.4	<i>Slotted Tube</i> .....	2-14
2.7.	Langkah Kerja Uji Prebored Pressuremeter.....	2-14
2.7.1	<i>Merencanakan Lubang Bor</i> .....	2-14
2.7.2	<i>Kalibrasi Pressuremeter</i> .....	2-16
2.7.3	<i>Memasukkan Probe PMT ke dalam Lubang Bor</i> .....	2-19
2.7.4	<i>Menerapkan Tekanan pada Probe</i> .....	2-20
2.8.	Hasil Uji Prebored Pressuremeter .....	2-21
2.8.1	<i>Tekanan Awal, <math>P_o</math></i> .....	2-21
2.8.2	<i>Tekanan Leleh (Rangkak), <math>P_y</math></i> .....	2-22
2.8.3	<i>Kurva Rangkak (Creep Curve)</i> .....	2-22
2.8.4	<i>Tekanan Batas, <math>P_L</math></i> .....	2-23
2.8.5	<i>Tekanan Batas Netto, <math>P_L^*</math></i> .....	2-24
2.8.6	<i>Pressuremeter Modulus, <math>E_M</math></i> .....	2-24
2.8.7	<i>Modulus Unload-Reload dan Modulus Deformasi, <math>E_{UR}</math> dan <math>E_0</math></i> .....	2-25

2.9.	Korelasi Parameter Pressuremeter .....	2-26
2.8.8	<i>Modulus Geser</i> .....	2-26
2.8.9	<i>Kuat Geser Undrained</i> .....	2-27
2.8.10	<i>Tekanan Air Pori</i> .....	2-27
2.8.11	<i>Tegangan Prakonsolidasi</i> .....	2-28
2.8.12	<i>Tekanan At-Rest</i> .....	2-28
2.8.13	<i>Tekanan Horizontal dan Kuat Geser Undrained</i> .....	2-28
2.8.14	<i>Tekanan Batas dan Kuat Geser Undrained</i> .....	2-29
2.8.15	<i>Tekanan Leleh dan N-SPT</i> .....	2-30
2.8.16	<i>Tekanan Batas dan N-SPT</i> .....	2-30
2.8.17	<i>Tekanan Batas Netto dan Daya Dukung Pondasi Dangkal</i> .....	2-31
2.8.18	<i>Modulus Pressuremeter dan N-SPT</i> .....	2-31
2.8.19	<i>Tekanan Batas dan Tahanan Konus</i> .....	2-32
2.8.20	<i>PL dan <math>\phi'</math> Tanah Non-Kohesif</i> .....	2-33
3.	BAB 3.....	3-1
	METODOLOGI PENELITIAN .....	3-1
3.1.	Memperoleh Data Sekunder.....	3-1
3.1.1	<i>Data Standard Penetration Test (SPT)</i> .....	3-2
3.1.2	<i>Data Pressuremeter Test (PMT)</i> .....	3-2
3.1.3	<i>Data Uji Laboratorium</i> .....	3-2
3.2.	Menentukan Parameter Tanah.....	3-2
3.3.	Menurunkan Parameter Hasil Uji Pressuremeter .....	3-3
3.4.	Interpretasi Hasil Uji Pressuremeter .....	3-4
3.5.	Analisis Korelasi Empiris Hasil Uji Pressuremeter .....	3-4
3.6.	Aplikasi Perhitungan Penurunan Gedung Tinggi Jakarta .....	3-5
4.	BAB 4.....	4-1
	DATA DAN HASIL ANALISIS.....	4-1

4.1.	Stratifikasi Tanah .....	4-1
4.2.	Penentuan Parameter Tanah .....	4-2
4.3.	Pengolahan Data Uji Pressuremeter .....	4-3
4.4.	Penurunan Parameter Uji Pressuremeter .....	4-5
4.4.1	<i>Tekanan Horizontal At-Rest, <math>P_o</math></i> .....	4-6
4.4.2	<i>Tekanan Leleh, <math>P_y</math></i> .....	4-6
4.4.3	<i>Tekanan Unloading-Reloading</i> .....	4-6
4.4.4	<i>Koefisien Reaksi Horizontal Tanah, <math>K_m</math></i> .....	4-6
4.4.5	<i>Koefisien Reaksi Horizontal Tanah Unloading-Reloading, <math>K_{m\_Ur}</math></i> ....	4-7
4.4.6	<i>Modulus Pressuremeter, <math>E_M</math></i> .....	4-7
4.4.7	<i>Modulus Pressuremeter Unloading-Reloading, <math>E_{M\_Ur}</math></i> .....	4-7
4.4.8	<i>Tekanan Batas, <math>P_L</math></i> .....	4-7
4.4.9	<i>Tekanan Batas Netto, <math>P_L^*</math></i> .....	4-8
4.5.	Interpretasi Hasil Uji Pressuremeter .....	4-10
4.5.1	<i>Modulus Geser, <math>G</math> dan Modulus Young, <math>G_M</math></i> .....	4-10
4.5.2	<i>Koefisien Tekanan Lateral At-Rest, <math>K_0</math></i> .....	4-11
4.5.3	<i>Sudut Geser Dalam, <math>\phi'</math></i> .....	4-11
4.5.4	<i>Kuat Geser Undrained, <math>C_u</math></i> .....	4-11
4.5.5	<i>Tegangan Prakonsolidasi, <math>P_c'</math></i> .....	4-13
4.5.6	<i>Overconsolidation Ratio, OCR</i> .....	4-13
4.6.	Analisis Korelasi Empiris Uji Pressuremeter .....	4-15
4.6.1	<i>Tekanan Leleh dan N-SPT</i> .....	4-15
4.6.2	<i>Tekanan Tanah Horizontal dan N-SPT</i> .....	4-15
4.6.3	<i>Tekanan Leleh dan Tekanan Tanah Horizontal</i> .....	4-16
4.6.4	<i>Tegangan Prakonsolidasi dan Tekanan Leleh</i> .....	4-16
4.6.5	<i>Tegangan Prakonsolidasi dan Tekanan Tanah Horizontal Efektif.</i>	4-18
4.6.6	<i>Modulus Pressuremeter dan N-SPT</i> .....	4-19

4.6.7	<i>Modulus Pressuremeter Unloading dan Loading</i> .....	4-19
4.6.8	<i>Tekanan Batas dan N-SPT</i> .....	4-19
4.6.9	<i>Indeks Plastisitas dan Sudut Geser Dalam Efektif</i> .....	4-20
4.7.	Profil Tegangan Prakonsolidasi .....	4-21
4.8.	Aplikasi Perhitungan Penurunan Gedung .....	4-22
5.	BAB 5.....	5-1
	KESIMPULAN DAN SARAN .....	5-1
5.1.	Kesimpulan .....	5-1
5.2.	Saran.....	5-2
6.	DAFTAR PUSTAKA .....	6-1
	LAMPIRAN.....	6-2





## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

PMT = *Pressuremeter Test*

$P_c'$  = Tegangan Prakonsolidasi

$P_y$  = *Yield Pressure*

$P_o$  = Tekanan Tanah Horizontal

$P_L$  = *Limit Pressure*

$P_L^*$  = *Net Limit Pressure*

$E_M$  = *Modulus Pressuremeter*

$E_{ur}$  = *Modulus Unload-Reload*

$G$  = *Modulus Geser*

OCR = *Overconsolidation Ratio*

$\nu$  = *Poisson's Ratio*

$\gamma$  = *Berat Jenis Tanah*

$K_o$  = *Koefisien Tekanan Tanah at Rest*

$\phi$  = *Sudut Geser Dalam*

$C_u$  = *Kuat Geser Undrained*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alat Pressuremeter (Sumber: Clarke, 1995) .....	1-2
Gambar 1.2 Diagram Alir Penelitian .....	1-6
Gambar 2.1 Peta Geologi Jakarta (Fachri dkk, 2002).....	2-1
Gambar 2.2 Ilustrasi Distribusi Tegangan pada Konsolidasi.....	2-5
Gambar 2.3 Prinsip Dasar Uji Pressuremeter (Lutenegger, 2021).....	2-6
Gambar 2.4 Prinsip Dasar <i>Cavity Expansion</i> (Clarke, 1995).....	2-7
Gambar 2.5 Analisis <i>Cavity Expansion</i> pada Rongga Silindris (Clarke, 1995).....	2-7
Gambar 2.6 Skema PMT Tiga Sel (Lutenegger, 2021) .....	2-9
Gambar 2.7 Skema PMT Sel Tunggal (Lutenegger, 2021) .....	2-9
Gambar 2.8 (a) Prebored, (b) self-boring, (c) full displacement, and (d) push-in (Lutenegger, 2021).....	2-11
Gambar 2.9 Fitur Utama Alat <i>Pressuremeter</i> (Clarke, 1995).....	2-12
Gambar 2.10 Detail Probe (Clarke, 1995) .....	2-13
Gambar 2.11 Kurva Perlawanan Membran (Gouw, 2017) .....	2-17
Gambar 2.12 Kurva Kalibrasi Volume (ASTM D4719-07) .....	2-18
Gambar 2.13 Prinsip Casing PMT (Gouw, 2017).....	2-20
Gambar 2.14 Kurva Tekanan Terhadap Volume (Lutenegger, 2021) .....	2-21
Gambar 2.15 Kurva Rangkak (Lutenegger, 2021).....	2-23
Gambar 2.16 Kurva Ekstrapolasi $P_L$ (Lutenegger, 2021) .....	2-24
Gambar 2.17 Kurva Penentuan $E_o$ dan $E_r$ (Briaud, 2013).....	2-26
Gambar 3.1 Lokasi Proyek <i>The Veranda Apartment</i> (Sumber: Google Earth) .....	3-1
Gambar 3.2 Lokasi Proyek <i>Astra TB Simatupang</i> (Sumber: Google Earth).....	3-1
Gambar 3.3 Lokasi Proyek <i>Green Bay</i> (Sumber: Google Earth).....	3-2
Gambar 3.4 Korelasi $\phi'_{oc}$ dan $I_p$ Tanah Lempung OC (Sorensen & Okkels, 2013).....	3-5
Gambar 4.1 Stratifikasi Tanah BH-01 .....	4-1
Gambar 4.2 Perbandingan Kurva Uji PMT dan Rangkak (Creep) .....	4-4
Gambar 4.3 Analisis Parameter Loading Kurva Uji PMT dan Rangkak (Creep).....	4-5
Gambar 4.4 Analisis Parameter Unloading-Reloading Kurva Uji PMT.....	4-5
Gambar 4.5 Analisis Kurva Uji PMT dan Rangkak (Creep) .....	4-8
Gambar 4.6 Parameter PMT terhadap Kedalaman .....	4-10

Gambar 4.7 Korelasi Perilaku Lempung Ladd and Foott (1974).....	4-12
Gambar 4.8 Interpretasi Parameter PMT terhadap Kedalaman .....	4-14
Gambar 4.9 Korelasi Tekanan Leleh terhadap N-SPT.....	4-15
Gambar 4.10 Korelasi Tekanan Tanah Horizontal terhadap N-SPT.....	4-15
Gambar 4.11 Korelasi Tekanan Leleh terhadap Tekanan Tanah Horizontal .....	4-16
Gambar 4.12 Contoh Interpretasi Tegangan Prakonsolidasi dari Oedometer.....	4-16
Gambar 4.13 Korelasi Tegangan Prakonsolidasi terhadap Tekanan Leleh .....	4-17
Gambar 4.14 Penelitian Tegangan Prakonsolidasi terhadap Tekanan Leleh.....	4-18
Gambar 4.15 Penelitian Tegangan Prakonsolidasi terhadap Tekanan Leleh .....	4-18
Gambar 4.16 Korelasi Modulus <i>Pressuremeter</i> terhadap N-SPT .....	4-19
Gambar 4.17 Korelasi Modulus <i>Pressuremeter Loading</i> terhadap <i>Unloading</i> .....	4-19
Gambar 4.18 Korelasi Tekanan Batas terhadap N-SPT.....	4-20
Gambar 4.19 Korelasi Tekanan Batas Netto terhadap N-SPT.....	4-20
Gambar 4.20 Korelasi $\phi'_{oc}$ dan $I_p$ Tanah Lempung OC (Sorensen & Ockels, 2013).....	4-21
Gambar 4.21 Profil Tegangan Prakonsolidasi Lempung Teguh Jakarta.....	4-22

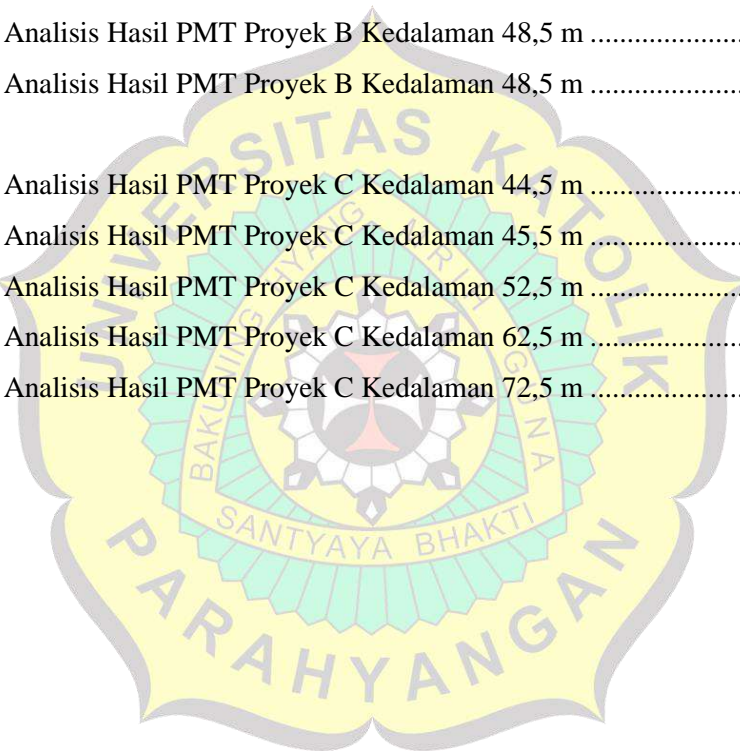


## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Struktur Tanah Lempung (Das, 1993) .....	2-2
Tabel 2.2 Dimensi Tipikal Probe dan Borehole (ASTM D4719-07).....	2-12
Tabel 2.3 Kriteria Metode Pengeboran SBPMT (Clarke, 1995).....	2-14
Tabel 2.4 Korelasi Tegangan Prakonsolidasi (Mair dan Wood, 1987).....	2-28
Tabel 2.5 Nilai $N_{pm}$ Tanah Lempung Beragam (Lutenegger, 2021).....	2-29
Tabel 2.6 Korelasi $P_L$ dan $S_u$ (Lutenegger, 2021) .....	2-30
Tabel 2.7 Korelasi $P_y$ dan N-SPT (Lutenegger, 2021).....	2-30
Tabel 2.8 Korelasi $P_L$ dan N-SPT (Lutenegger, 2021).....	2-30
Tabel 2.9 Korelasi $E_M$ dan N-SPT (Lutenegger, 2021).....	2-32
Tabel 3.1 Korelasi Parameter Tanah (Whilliam T., Whitman, Robet V, 1962) .....	3-3
Tabel 4.1 Korelasi Parameter Tanah.....	4-2
Tabel 4.2 Data Uji <i>Pressuremeter</i> BH-01.....	4-3
Tabel 4.3 Data Perhitungan Tekanan Batas .....	4-7
Tabel 4.4 Resume Pengolahan Parameter <i>Loading Pressuremeter</i> .....	4-8
Tabel 4.5 Resume Pengolahan Parameter <i>Unloading Pressuremeter</i> .....	4-9
Tabel 4.6 Resume Korelasi Lempung Ladd and Foott (1974).....	4-12
Tabel 4.7 Resume Interpretasi Hasil Uji <i>Pressuremeter</i> .....	4-13
Tabel 4.8 Resume Interpretasi Hasil Uji Konsolidasi .....	4-17
Tabel 4.9 Resume Interpretasi Hasil Uji Konsolidasi.....	4-21
Tabel 4.10 Perhitungan Penurunan Jangka Pendek Pondasi.....	4-23
Tabel 4.11 Perhitungan Penurunan Jangka Panjang Pondasi.....	4-25

## DAFTAR LAMPIRAN

Gambar L1.1 Analisis Hasil PMT Proyek A Kedalaman 27 m .....	6-2
Gambar L1.2 Analisis Hasil PMT Proyek A Kedalaman 36,5 m .....	6-3
Gambar L1.3 Analisis Hasil PMT Proyek A Kedalaman 41 m .....	6-4
Gambar L1.4 Analisis Hasil PMT Proyek A Kedalaman 51 m .....	6-5
Gambar L2.1 Analisis Hasil PMT Proyek B Kedalaman 34,5 m .....	6-6
Gambar L2.2 Analisis Hasil PMT Proyek B Kedalaman 36,5 m .....	6-7
Gambar L2.3 Analisis Hasil PMT Proyek B Kedalaman 44,5 m .....	6-8
Gambar L2.4 Analisis Hasil PMT Proyek B Kedalaman 48,5 m .....	6-9
Gambar L2.5 Analisis Hasil PMT Proyek B Kedalaman 48,5 m .....	6-10
Gambar L3.1 Analisis Hasil PMT Proyek C Kedalaman 44,5 m .....	6-11
Gambar L3.2 Analisis Hasil PMT Proyek C Kedalaman 45,5 m .....	6-11
Gambar L3.3 Analisis Hasil PMT Proyek C Kedalaman 52,5 m .....	6-12
Gambar L3.4 Analisis Hasil PMT Proyek C Kedalaman 62,5 m .....	6-13
Gambar L3.5 Analisis Hasil PMT Proyek C Kedalaman 72,5 m .....	6-14





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

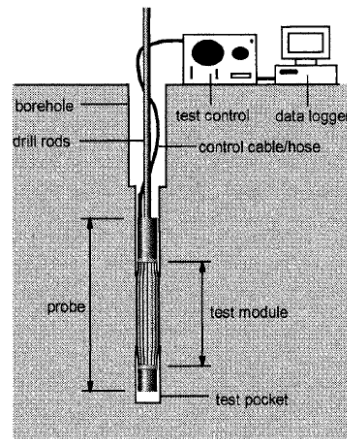
Tanah sebagai material alami memiliki peran krusial sebagai penopang dari seluruh bangunan yang terletak di atasnya. Indonesia memiliki berbagai jenis tanah yang beragam karakteristiknya pada lokasi yang berbeda-beda. Pada umumnya, lapisan tanah di Jakarta terdiri atas tanah lunak sebagai lapisan permukaan tanah, dilanjutkan dengan lapisan tanah pasir padat tersementasi dan tanah lempung teguh (Gouw, 2017).

Tanah lempung teguh merupakan tanah kohesif yang memiliki permeabilitas rendah, modulus yang tinggi ( $E > 10000$  kPa), serta kuat geser yang tinggi ( $C > 100$  kPa). Rendahnya permeabilitas tanah lempung tentunya akan memperlambat proses terjadinya konsolidasi yang diaktifkan oleh beban di atasnya. Konsolidasi adalah ketika terdapat beban pada lapisan tanah jenuh air seperti tanah lempung meningkat, lalu lapisan tersebut terkompresi, dan kelebihan air mengalir keluar dari pori-pori tanah (Terzaghi, Peck, Mesri, 1996).

Oleh karena itu, sangatlah penting peran seorang insinyur geoteknik dalam teknik sipil untuk memastikan apakah karakteristik dari sebuah tanah dapat menopang seluruh beban yang berada di atasnya tanpa mengakibatkan konsolidasi yang berlebihan. Untuk mendapatkan data karakteristik mekanis serta fisis dari tanah, dapat dilakukan penyelidikan atau pengujian tanah yang bertujuan untuk mendapatkan parameter tanah. Pengujian tanah dapat dilakukan secara langsung di lapangan (in-situ) maupun di laboratorium. Pada umumnya, pengujian in-situ menghasilkan data yang lebih tepat sasaran karena pengujian dilakukan secara langsung pada lokasi pengujian yang ditentukan, sehingga properti tanah yang diuji merupakan dalam kondisi alami.

Terdapat berbagai jenis pengujian tanah in-situ, diantaranya adalah *pressuremeter test* (untuk selanjutnya disingkat "PMT"). PMT dapat mengukur modulus geser tanah dan perpindahan tekanan dari perilaku tanah untuk menentukan beberapa sifat krusial tanah seperti kuat geser tak terdrainase, daya

dukung, dan tegangan prakonsolidasi (Schnaid, 2009). Tegangan prakonsolidasi (untuk selanjutnya disingkat “ $P_c$ ”) merupakan tegangan efektif maksimum yang dimuat oleh tanah, sehingga parameter ini dapat menentukan tingkat keamanan penurunan tanah (Solanki, Desai, 2008). Prinsip dasar uji PMT adalah untuk menerapkan tekanan lateral dengan memasukkan perangkat silinder karet panjang ke dalam lubang bor yang tersedia. Di Indonesia, uji PMT dengan jenis PMT Pra-Bor juga sudah mulai banyak digunakan (Gouw, 2017).



**Gambar 1.1** Alat Pressuremeter (Sumber: Clarke, 1995)

## 1.2. Inti Permasalahan

Memperoleh contoh tanah tak terganggu dari tanah lempung teguh di Jakarta merupakan hal yang sulit dilakukan. Pernyataan tersebut didukung oleh nilai N-SPT tanah lempung teguh Jakarta yang berkisar antara 18 hingga 25 pukulan/30 cm dengan sifatnya yang cukup getas dan sering dilaporkan tersementasi pada kedalaman 30 hingga lebih dari 150 m (Gouw, 2017). Saat dilakukan pengambilan contoh tanah untuk diuji dalam laboratorium, seringkali contoh tanah tersementasi tersebut mengalami keretakan dan kehilangan tegangan riil akibat adanya *disturbance*. Hal ini menyebabkan data parameter tanah lempung teguh yang diperoleh di laboratorium tidak handal karena tidak sesuai dengan kondisi alami tanah di lapangan. Dengan begitu, nilai OCR pun tidak akan terkuantifikasi dengan baik karena nilai  $P_c'$  yang diperoleh dari pengujian tidak akurat.

Banyaknya gedung tinggi di Jakarta beserta beban yang besar mengakibatkan tanah lempung teguh Jakarta lebih mudah untuk mengalami

kompresi. Tidak tepatnya nilai OCR akibat nilai  $P_c'$  yang tidak akurat dan cenderung kecil dapat menyebabkan kegagalan penurunan bangunan yang berlebih sehingga kebutuhan desain struktur bangunan ternilai boros. Oleh karena itu, dibutuhkan uji PMT sebagai satu-satunya uji in-situ yang dapat menghasilkan data tegangan serta regangan tanah pada kondisi alami untuk menganalisis  $P_c'$ .

### 1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Mengolah data uji PMT pada tanah lempung teguh di Jakarta.
2. Mencari korelasi  $P_c'$  dari uji konsolidasi dan  $P_y$  dari uji PMT.
3. Mencari korelasi data hasil uji PMT dengan parameter geoteknik lainnya.
4. Membuat profil  $P_c'$  terhadap kedalaman tanah lempung teguh di Jakarta.
5. Melakukan perhitungan penurunan tanah akibat gedung tinggi di Jakarta.

Sedangkan tujuan penelitian ini antara lain adalah untuk mendapatkan nilai  $P_c'$  yang diperoleh dari uji PMT.

### 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup untuk mencapai tujuan penelitian ini adalah:

1. Pengujian PMT dan pengeboran dilakukan pada beberapa proyek di Jakarta, yaitu *The Veranda Apartment*, *Astra TB Simatupang*, dan *Green Bay Apartment* pada kedalaman tanah yang bervariasi.
2. Menggambarkan kurva uji PMT dan menentukan parameter tanah berdasarkan uji PMT, meliputi  $P_o$ ,  $P_L$ ,  $P_y$ ,  $P_L^*$ ,  $E_M$ .
3. Menghitung nilai  $P_c'$ ,  $G$ ,  $K_0$ , OCR,  $C_u$ , dan  $\phi'$  dari data hasil pengujian PMT.
4. Mengkorelasikan seluruh parameter hasil uji PMT dengan parameter geoteknik lainnya.
5. Menerapkan nilai  $P_c'$  dan  $E_M$  yang diperoleh ke perhitungan penurunan gedung tinggi dengan menggunakan metode *equivalent raft*.

## 1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam skripsi adalah sebagai berikut:

### 1.5.1 Studi Literatur

Studi literatur terkait tanah lempung teguh, tegangan prakonsolidasi, metode pengujian *pressuremeter*, dan penurunan tanah melalui jurnal, referensi penelitian, dan sumber lainnya.

### 1.5.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data sekunder sebagai data hasil pengujian PMT dan data bor lapangan sebagai dasar analisis tegangan prakonsolidasi.

### 1.5.3 Analisis Data

Mengolah data hasil pengujian PMT dan data bor untuk menentukan parameter tanah lempung teguh Jakarta seperti tegangan prakonsolidasi ( $P_c'$ ), tekanan horizontal tanah ( $P_o$ ), tekanan batas ( $P_L$ ), tekanan leleh ( $P_y$ ), tekanan batas netto ( $P_L^*$ ), dan modulus *pressuremeter* ( $E_M$ ), dan korelasinya.

### 1.5.4 Aplikasi

Melakukan perhitungan penurunan tanah akibat beban yang bekerja pada pondasi dengan menggunakan metode *equivalent raft*.

## 1.6. Sistematika Penulisan

**BAB 1 PENDAHULUAN** : Bab pertama ini membahas terkait latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir dari penulisan skripsi.

**BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA** : Bab kedua ini membahas mengenai tanah lempung teguh, tegangan prakonsolidasi, metode pengujian *pressuremeter*, dan aplikasi tegangan prakonsolidasi pada penurunan tanah sebagai dasar teori yang digunakan sebagai pedoman penulisan skripsi.

**BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN** : Bab ketiga ini membahas terkait metode yang digunakan penulis untuk melakukan penelitian, diantaranya adalah mengolah parameter hasil uji PMT, memperoleh tegangan prakonsolidasi,

mencari korelasi empiris tegangan prakonsolidasi, serta menghitung nilai penurunan gedung tinggi Jakarta sebagai aplikasinya.

**BAB 4 DATA DAN HASIL ANALISIS :** Bab keempat ini membahas terkait data sekunder yang digunakan serta hasil analisis aplikasi tegangan prakonsolidasi.

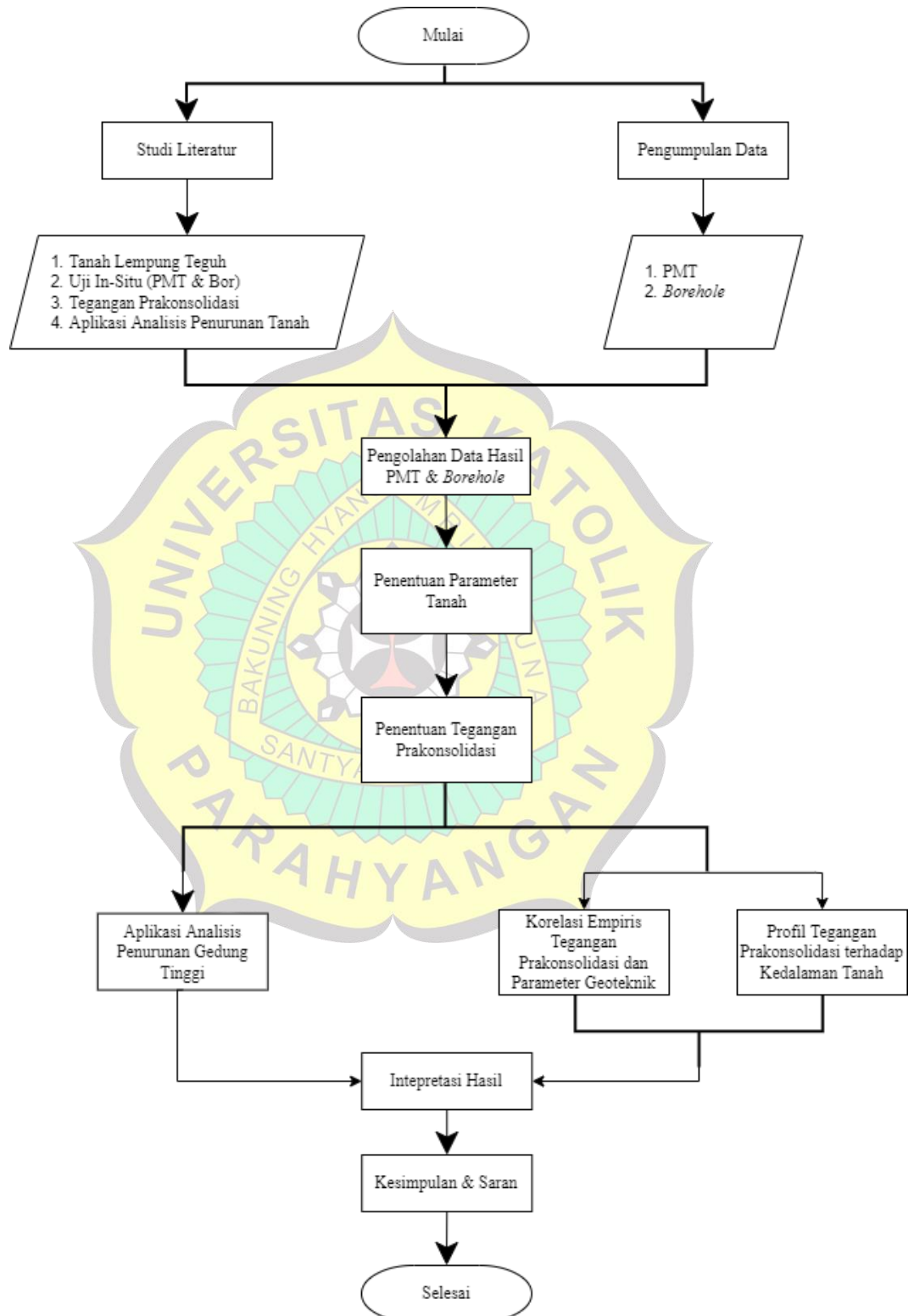
**BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN :** Bab kelima ini menyimpulkan hasil analisis yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya.





### 1.7. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir penelitian yang ditempuh oleh penulis:



**Gambar 1.2** Diagram Alir Penelitian