

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH TANAH LUNAK YANG
MASIH BERKONSOLIDASI PADA GALIAN STASIUN
MRT THAMRIN (MRT JAKARTA FASE 2)**



**Evan Justine Buana
NPM : 2017410168**

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

KO-PEMBIMBING: Stefanus Diaz Alvi, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021**

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH TANAH LUNAK YANG MASIH BERKONSOLIDASI PADA GALIAN STASIUN MRT THAMRIN (MRT JAKARTA FASE 2)



Evan Justine Buana
NPM : 2017410168

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

**KO-
PEMBIMBING:** Stefanus Diaz Alvi, S.T., M.T.

PENGUJI 1: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

PENGUJI 2: Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021

PERNYATAAN

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

Nama : Evan Justine Buana
NPM : 2017410168
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi¹⁾ dengan judul:

ANALISIS PENGARUH TANAH LUNAK YANG MASIH BERKONSOLIDASI PADA GALIAN STASIUN MRT THAMRIN (MRT JAKARTA FASE 2)

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: 27 Juli 2021



Evan Justine Buana

2017410168

ANALISIS PENGARUH TANAH LUNAK YANG MASIH BERKONSOLIDASI PADA GALIAN STASIUN MRT THAMRIN (MRT JAKARTA FASE 2)

Evan Justine Buana
NPM: 2017410168

Pembimbing: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir. MSCE., Ph.D.
Ko-Pembimbing: Stefanus Diaz Alvi, S.T., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021

ABSTRAK

Stasiun MRT Thamrin merupakan Stasiun MRT terpanjang di Jakarta dan menjadi penghubung antara jalur utara-selatan dan timur-barat yang dibangun dengan metode konstruksi *cut-and-cover tunnel*. Kondisi tanah di wilayah Jakarta Pusat khususnya Kawasan Thamrin didominasi oleh tanah lunak yang tebal. Hasil penyelidikan tanah menunjukkan bahwa tanah lunak di lokasi tersebut masih berkonsolidasi (*underconsolidating soils*). Pada tanah lunak yang masih berkonsolidasi masih terdapat tekanan air pori eksese yang tersisa. Besar tekanan air pori eksese dapat diperoleh menggunakan CPTu. Tekanan air pori eksese memberikan gaya tambahan yang bekerja pada struktur galian pada Stasiun MRT Thamrin. Dengan mengetahui pengaruh tekanan air pori eksese yang bekerja pada dinding galian, potensi kegagalan yang diakibatkan oleh tekanan air pori eksese akibat tanah masih berkonsolidasi dapat dihindari. Perbaikan tanah dilakukan pada dasar galian dengan menggunakan Jet Grouting. Pada penelitian ini, terdapat tiga skenario, yaitu kondisi tanpa *jet grouting* dan tanpa tekanan air pori eksese (skenario 1), kondisi dengan *jet grouting* dan tanpa tekanan air pori eksese (skenario 2), serta kondisi dengan *jet grouting* dan tekanan air pori eksese (skenario 3). Dari hasil analisis terhadap empat data uji CPTu di lokasi penelitian, diperoleh nilai derajat konsolidasi sebesar 46% – 75% dengan besar tekanan air pori eksese sebesar 20 kPa – 40 kPa. Dengan hasil simulasi menggunakan Metode Elemen Hingga dengan bantuan Program PLAXIS, diperoleh bahwa penggunaan jet grouting dapat mengurangi deformasi dinding diafragma dari 20,8 cm menjadi 10 cm dan mengurangi *bending moment* yang bekerja pada dinding diafragma dari 5631 kN.m menjadi 1797 kN.m. Dengan besar tekanan air pori eksese yang masih bekerja pada dinding galian sebesar 30 kPa, diperoleh deformasi dinding diafragma meningkat dari 10 cm menjadi 11,3 cm dan *bending moment* yang bekerja pada dinding diafragma meningkat dari 1961 kN.m menjadi 2166 kN.m.

Kata kunci: Stasiun MRT Thamrin, *jet grouting*, tekanan air pori eksese, tanah berkonsolidasi, *cut-and-cover tunnel*.

ANALYSIS OF CONSOLIDATING SOFT SOIL EFFECT IN THAMRIN MRT STATION EXCAVATION (MRT JAKARTA SECOND PHASE)

Evan Justine Buana
NPM: 2017410168

Advisor: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.
Co-Advisor: Stefanus Diaz Alvi, S.T., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AUGUST 2021

ABSTRACT

Thamrin MRT Station is the longest MRT station in Jakarta and serves as a link between the north-south line and the east-west line which were built using the cut-and-cover tunnel construction method. The soil condition in the Central Jakarta area, especially the Thamrin area, are dominated by thick very soft clay. The soil investigation results shows that the soft soil is still consolidating (underconsolidating soils). In under consolidating soils, there is excess pore water pressure. The pressure can be predicted using CPTu. The excess pore water pressure acting on the retaining structure as the additional force. By knowing the effect of excess pore water pressure acting on the retaining wall, the potential failure caused by the excess pore water pressure due to the underconsolidation soils can be avoided. Soil improvement is carried out at the lower part of the final excavation level using Jet Grouting. There are three (3) scenarios in this research, condition without jet grouting and without excess pore water pressure (scenario 1), condition with jet grouting and without excess pore water pressure (scenario 2), and condition with jet grouting and excess pore water pressure (scenario 3). There are four (4) CPTu data in this location. The data shows that the degree of consolidation is obtained about 46% - 75% and the excess pore pressure is about 20 kPa - 40 kPa. With the simulation results by Finite Element Method using PLAXIS Program, it is found that the use of jet grouting can reduce the deformation of the diaphragm wall from 20.8 cm to 10 cm and reduce the bending moment on the diaphragm wall from 5631 kN.m to 1797 kN.m. For this analysis, the excess pore water pressure acting on the diaphragm wall is about 30 kPa. When the excess pore water pressure acting on the diaphragm wall the diaphragm wall deformation increased from 10 cm to 11.3 cm and the bending moment acting on the diaphragm wall increased from 1961 kN.m to 2166 kN.m.

Keywords: MRT Thamin Station, jet grouting, excess pore pressure, underconsolidating soils, cut-and-cover tunnel.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih dan penyertaan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Tanah Lunak Yang Masih Berkonsolidasi Pada Galian Stasiun MRT Thamrin (MRT Jakarta Fase 2)”. 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 mengajarkan ilmu pengetahuan serta nasihat bagi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Stefanus Diaz Alvi, S.T., M.T., selaku dosen ko-pembimbing, mentor, yang dengan sabar membimbing, meluangkan waktu untuk membagikan ilmu pengetahuan dan pelajaran kehidupan sehingga penulis dapat belajar banyak hal 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. Papa Fredi, Mama Junita, dan Eriel yang senantiasa mengasihi, mendidik, mendoakan, dan mendukung penulis sehingga penulis dapat termotivasi untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
5. Om Indarto, Tante Erna, Tulang Harlin, Bang Kevin dan seluruh keluarga besar penulis yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan dan semangat kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Kak Katherine, Kak Lucky, seluruh teman-teman kelompok PA dan KGC Bandung yang mendoakan dan mendukung penulis dalam segala keadaan yang penulis alami.

7. Teman-teman satu bimbingan skripsi yang berjuang bersama penulis selama satu semester.
8. Teman-teman angkatan 2017 yang menemani penulis selama masa perkuliahan.
9. Seluruh civitas akademik Universitas Katolik Parahyangan khususnya Fakultas Teknik yang memberikan bantuan dan jasanya selama penulis menjalankan pendidikan di Universitas Katolik Parahyangan.
10. Semua pihak yang memberikan dukungan dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

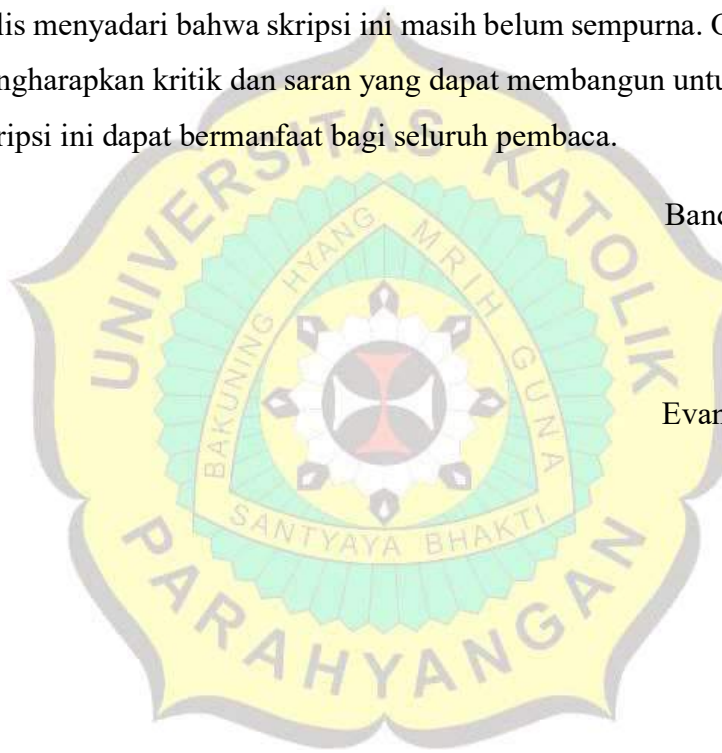
Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun untuk kedepannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Bandung, Juli 2021



Evan Justine Buana

2017410168



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	1-2
1.4 Ruang Lingkup.....	1-2
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	2-1
2.1 Galian Dalam	2-1
2.2 Metode Konstruksi Galian	2-1
2.2.1 Full Open Cut Method	2-1
2.2.2 Braced Excavation Method.....	2-2
2.2.3 Anchored Excavation Method.....	2-3
2.2.4 Island Excavation Method.....	2-4
2.2.5 Top-Down Construction Method.....	2-5

2.2.6	Zoned Excavation Method.....	2-6
2.2.7	Cut-and-Cover Construction Method.....	2-6
2.3	Dinding Penahan Tanah	2-8
2.3.1	Soldier Pile	2-8
2.3.2	Sheet Pile	2-8
2.3.3	Contiguous Bored Pile.....	2-9
2.3.4	Secant Pile	2-9
2.3.5	Diaphragm Wall / D-Wall	2-10
2.4	Pemodelan Tanah	2-11
2.4.1	Model Linier Elastoplastik (Mohr-Coulomb Model)	2-12
2.4.2	Model Hiperbolik (Hardening Soil Model).....	2-13
2.5	Tekanan Air Pori (u).....	2-18
2.5.1	Tekanan Air Pori Hidrostatik (u_0)	2-19
2.5.2	Tekanan Air Pori Ekses (Δu).....	2-19
2.6	Penentuan Parameter Tanah dari Uji In-Situ.....	2-19
2.6.1	Standard Penetration Test (SPT)	2-20
2.6.2	Cone Penetration Test (CPT & CPTu).....	2-24
2.7	Penentuan Parameter Tanah dari Uji Laboratorium.....	2-33
2.7.1	Index Properties dan Batas-Batas Atterberg.....	2-33
2.7.2	Uji Kuat Geser.....	2-35
2.8	Perbaikan Tanah Menggunakan Jet Grouting	2-38
2.8.1	Pelaksanaan Jet Grouting.....	2-38
2.8.2	Sistem Injeksi Grouting.....	2-39
2.8.3	Formasi Jet Grouting	2-41
2.8.4	Aplikasi Jet Grouting.....	2-41
BAB 3 METODE PENELITIAN		3-1

3.1	Pengumpulan Data Sekunder.....	3-1
3.2	Penentuan Parameter Tanah dan Interpretasi Derajat Konsolidasi.....	3-1
3.2.1	Penentuan Model Analisis.....	3-1
3.2.2	Interpretasi Derajat Konsolidasi.....	3-1
3.2.3	Penentuan Parameter Tanah.....	3-2
3.3	Penentuan Skenario Analisis.....	3-2
3.4	Metode Analisis	3-2
BAB 4 ANALISIS DATA		4-1
4.1	Deskripsi Proyek.....	4-1
4.2	Kondisi Geologi.....	4-1
4.3	Potongan Geoteknik dan Penentuan Jenis Lapisan Tanah.....	4-2
4.4	Interpretasi Derajat Konsolidasi dan Tekanan Air Pori Ekses Tanah.....	4-4
4.5	Stratifikasi dan Penentuan Parameter Tanah	4-9
4.5.1	Hasil Uji Laboratorium	4-11
4.5.2	Penentuan Berat Isi Tanah	4-13
4.5.3	Penentuan Parameter Kuat Geser Tanah.....	4-15
4.5.4	Penentuan Parameter Modulus.....	4-15
4.5.5	Penentuan Parameter Permeabilitas Tanah	4-15
4.6	Penentuan Parameter Elemen Struktur	4-16
4.6.1	Diaphragm Wall.....	4-16
4.6.2	Kingpost	4-17
4.6.3	Kolom (<i>Column</i>)	4-17
4.6.4	Bored Pile.....	4-18
4.6.5	Roof Slab.....	4-18
4.6.6	Concourse Slab.....	4-19
4.6.7	Base Slab.....	4-19

4.7 Tahapan Konstruksi Galian Stasiun	4-20
4.7.1 Tahapan Konstruksi Kondisi 1	4-21
4.7.2 Tahapan Konstruksi Kondisi 2	4-29
4.7.3 Tahapan Konstruksi Kondisi 3	4-38
4.8 Hasil Perhitungan Menggunakan Program PLAXIS 8.6.....	4-47
4.8.1 Tahap Galian 1.....	4-47
4.8.2 Tahap Galian 2.....	4-49
4.8.3 Tahap Galian 3.....	4-51
4.8.4 Tahap Backfill	4-53
4.9 Perbandingan Hasil Ketiga Kondisi	4-55
4.9.1 Pengaruh Perbaikan Tanah Menggunakan Jet Grouting	4-55
4.9.2 Pengaruh Tekanan Air Pori Ekses	4-70
4.10 Analisis Gaya Uplift pada Dasar Galian	4-85
4.10.1 Gaya Tekan Air	4-86
4.10.2 Gaya Akibat Beban Tanah.....	4-86
4.10.3 Gaya Akibat Beban Struktur.....	4-87
4.10.4 Gaya Akibat Tahanan Gesek Struktur.....	4-88
4.10.5 Faktor Keamanan Terhadap Gaya Uplift.....	4-91
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran.....	5-2
DAFTAR PUSTAKA	xxiii

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi:

- A : Luas penampang
- A_s : Luas area tulangan lentur
- A_v : Luas area tulangan geser
- b : Lebar penampang
- B_q : Rasio tekanan air pori
- c : Kohesi
- C_d : Faktor pembesaran defleksi
- cov : Selimut beton
- d : Tinggi efektif beton
- D_b : Diameter tulangan baja
- E : Modulus Young
- $E'_{50}{}^{ref}$: *Initial deviator modulus* efektif
- $E'_{oed}{}^{ref}$: *Primary compression modulus* efektif
- $E'_{ur}{}^{ref}$: *Unloading modulus* efektif
- EA : Kekuatan aksial struktur
- EI : Kekuatan lentur struktur
- f_c' : Kuat tekan beton / *compressive strength of concrete*
- f_s : Gesekan selimut / *sleeve resistance*
- f_y : Kuat leleh baja
- h : Tinggi penampang
- H : Tebal dinding diafragma
- I : Momen inersia
- L : Panjang segmen dinding diafragma yang ditinjau
- LF : Faktor beban / *load factor*
- M_{max} : Momen lentur terbesar
- M_n : Momen kapasitas
- n_b : Jumlah tulangan baja
- Q_{max} : Gaya geser terbesar
- s : Spasi

xii

- u : Tekanan air pori
 $U\%$: Derajat konsolidasi
 u_0 : Tekanan air hidrostatik
 V_c : Kuat geser beton
 V_s : Kuat geser tulangan
 γ_w : Berat jenis air
 γ_{sat} : Berat isi tanah jenuh
 γ_{unsat} : Berat isi tanah tak jenuh
 Δu : Tekanan air pori eksese
 ν : *Poisson ratio*
 ϕ : Sudut geser dalam tanah
 Φ : Faktor reduksi tulangan



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-5
Gambar 2.1 Metode <i>Slope Full Open Cut Method</i> (Ou, 2006).....	2-2
Gambar 2.2 Metode <i>Cantilever Method</i> (Ou, 2006).....	2-2
Gambar 2.3 Metode <i>Braced Excavation Method</i> (Ou, 2006)	2-3
Gambar 2.4 Metode <i>Anchored Excavation Method</i> (Ou, 2006)	2-4
Gambar 2.5 Metode <i>Island Excavation Method</i> (Ou, 2006).....	2-5
Gambar 2.6 Metode <i>Top-Down Construction Method</i> (Ou, 2006).....	2-6
Gambar 2.7 <i>Zoned Excavation Method</i> (Ou, 2006).....	2-6
Gambar 2.8 (a) Tampak Atas <i>Soldier Pile</i> ; (b) Tampak Samping <i>Soldier Pile</i> (Ou, 2006)	2-8
Gambar 2.9 (a) Tampak Atas <i>Sheet Pile</i> ; (b) Tampak Samping <i>Sheet Pile</i> (Ou, 2006).....	2-9
Gambar 2.10 Tampak Atas <i>Contiguous Bored Pile</i> (www.burras.com).....	2-9
Gambar 2.11 <i>Secant Pile</i> (Mistra, 2012)	2-10
Gambar 2.12 Penggunaan <i>Diaphragm Wall</i> (designingbuildings, 2021)	2-11
Gambar 2.13 Model Linier Elastoplastik (Mohr-Coulumb Model).....	2-12
Gambar 2.14 Penentuan Parameter Kuat Geser Tanah.....	2-13
Gambar 2.15 Penentuan Modulus Elastisitas pada Model Hiperbolik	2-14
Gambar 2.16 <i>Loading Modulus</i> dan <i>Unloading Modulus</i> pada Model Hiperbolik2-14	
Gambar 2.17 Hubungan Tegangan dan Regangan pada Model Hiperbolik	2-15
Gambar 2.18 Nilai a dan b	2-16
Gambar 2.19 Tegangan Deviator Ultimit dan Tegangan Deviator Runtuh dari Grafik Hiperbola	2-16
Gambar 2.20 Nilai k dan n	2-17
Gambar 2.21 Nilai k_b dan m.....	2-18
Gambar 2.22 Metode Uji Penetrasi Standar (FHWA-NHI-16-064)	2-20
Gambar 2.23 Jenis-Jenis Hammer (Coduto, 1994).....	2-22
Gambar 2.24 Hubungan Nilai N_{SPT} Terhadap Su (Terzaghi & Peck, 1967 ; Sowers, 1979).....	2-23

Gambar 2.25 Korelasi Antara ϕ dengan N_{SPT} Untuk Pasir (Peck et. al., 1953)..	2-23
Gambar 2.26 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Hasil Uji Sondir Mekanis (Schmertmann, 1978)	2-26
Gambar 2.27 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Hasil CPTu (Robertson, 1986) ...	2-26
Gambar 2.28 Berat Isi Tanah dan R_f (%) oleh Robertson and Cabal (2010) (garis putus-putus) dan oleh Lengkeek et al. (2018) (garis tegas).....	2-28
Gambar 2.29 Korelasi Sudut Geser Dalam Terhadap Tahanan Konus yang Dinormalisasi (Kulhawy dan Mayne, 1990).....	2-28
Gambar 2.30 Variasi Nilai N_k terhadap Indeks Plastisitas (Lunne et al., 1976)	2-29
Gambar 2.31 Interpretasi untuk Lempung Terkonsolidasi (Jefferies et. al., 1985)	2-31
Gambar 2.32 Interpretasi Nilai OCR dengan Rasio Kuat Geser (Ladd, 1977) ..	2-31
Gambar 2.33 Interpretasi Nilai OCR dan $U\%$ Berdasarkan Nilai B_q pada CPTu (Setionegoro, 2013 dan Rahardjo et. al., 2014)	2-32
Gambar 2.34 Parameter yang Dibutuhkan Untuk Mendapatkan Index Properties	2-34
Gambar 2.35 Alat Uji Geser Langsung (geotechdata.info, diakses 2021)	2-36
Gambar 2.36 Keruntuhan Total Stress Menggunakan Lingkaran Mohr (Das, 2010)	2-36
Gambar 2.37 Skema Pelaksanaan Jet Grouting (storciperforazioni.com, diakses 2021).....	2-39
Gambar 3.1 Konsep Metode Elemen Hingga (sumber www.infometrik.com)....	3-3
Gambar 4.1 Peta Geologi Kota Jakarta (Sumber: Superimpos Antara Peta Geologi Lembar Kota Jakarta dan Google Earth)	4-2
Gambar 4.2 Lokasi Pengujian <i>In-Situ</i>	4-2
Gambar 4.3 Potongan Denah.....	4-3
Gambar 4.4 Interpretasi Derajat Konsolidasi dan Tekanan Air Pori Ekses CPTu-02	4-5
Gambar 4.5 Interpretasi Derajat Konsolidasi dan Tekanan Air Pori Ekses CPTu-03	4-6
Gambar 4.6 Interpretasi Derajat Konsolidasi dan Tekanan Air Pori Ekses CPTu-04	4-7

Gambar 4.7 Interpretasi Derajat Konsolidasi dan Tekanan Air Pori Ekses CPTu-05	4-8
Gambar 4.8 Stratifikasi Tanah Potongan C-C'	4-10
Gambar 4.9 Index Properties dan Batas-Batas Atterberg Wilayah Stasiun Thamrin	4-11
Gambar 4.10 Klasifikasi Stasiun Thamrin Menggunakan Grafik Plastisitas.....	4-12
Gambar 4.11 Kuat Geser Tanah Kohesif Stasiun Thamrin.....	4-12
Gambar 4.12 Interpretasi nilai f_s dan N_{SPT}	4-13
Gambar 4.13 Korelasi Penentuan Permeabilitas (Das & Sivakugan, 2010)	4-16
Gambar 4.14 Tahapan Awal (<i>Initial Condition</i>) Ketiga Skenario	4-20
Gambar 4.15 Tahap 1 Kondisi 1	4-21
Gambar 4.16 Keterangan Elemen Struktur Tahap 1 Kondisi 1	4-22
Gambar 4.17 Tahap 2 Kondisi 1	4-22
Gambar 4.18 Tahap 3 Kondisi 1 (<i>Geometry Configuration</i>)	4-23
Gambar 4.19 Tahap 3 Kondisi 1 (<i>Water Pressures</i>)	4-24
Gambar 4.20 Tahap 4 Kondisi 1 (Pemasangan <i>Roof Slab</i>)	4-24
Gambar 4.21 Tahap 5 Kondisi 1 (<i>Geometry Configuration</i>)	4-25
Gambar 4.22 Tahap 5 Kondisi 1 (<i>Water Pressures</i>)	4-25
Gambar 4.23 Tahap 6 Kondisi 1 (Pemasangan <i>Concourse Slab</i>)	4-26
Gambar 4.24 Tahap 7 Kondisi 1 (<i>Geometry Configuration</i>)	4-27
Gambar 4.25 Tahap 7 Kondisi 1 (<i>Water Pressures</i>)	4-27
Gambar 4.26 Tahap 8 Kondisi 1 (Pemasangan <i>Base Slab</i>)	4-28
Gambar 4.27 Tahap 9 Kondisi 1 (<i>Geometry Configuration</i>)	4-29
Gambar 4.28 Tahap 9 Kondisi 1 (<i>Water Pressures</i>)	4-29
Gambar 4.29 Tahap 1 Kondisi 2	4-30
Gambar 4.30 Tahap 2 Kondisi 2	4-30
Gambar 4.31 Keterangan Elemen Struktur Tahap 2 Kondisi 2	4-31
Gambar 4.32 Tahap 3 Kondisi 2	4-31
Gambar 4.33 Tahap 4 Kondisi 2 (<i>Geometry Configuration</i>)	4-32
Gambar 4.34 Tahap 4 Kondisi 2 (<i>Water Pressures</i>)	4-32
Gambar 4.35 Tahap 5 Kondisi 2 (Pemasangan <i>Roof Slab</i>)	4-33
Gambar 4.36 Tahap 6 Kondisi 2 (<i>Geometry Configuration</i>)	4-33

Gambar 4.37 Tahap 6 Kondisi 2 (<i>Water Pressures</i>)	4-34
Gambar 4.38 Tahap 7 Kondisi 2 (<i>Pemasangan Concourse Slab</i>).....	4-34
Gambar 4.39 Tahap 8 Kondisi 2 (<i>Geometry Configuration</i>).....	4-35
Gambar 4.40 Tahap 8 Kondisi 2 (<i>Water Pressures</i>)	4-35
Gambar 4.41 Tahap 9 Kondisi 2 (<i>Pemasangan Base Slab</i>)	4-36
Gambar 4.42 Tahap 10 Kondisi 2 (<i>Geometry Configuration</i>).....	4-36
Gambar 4.43 Tahap 10 Kondisi 2 (<i>Water Pressures</i>)	4-37
Gambar 4.44 Tahap 1 Kondisi 3 (<i>Water Pressures</i>)	4-39
Gambar 4.45 Tahap 2 Kondisi 3.....	4-39
Gambar 4.46 Tahap 3 Kondisi 3.....	4-40
Gambar 4.47 Keterangan Elemen Struktur Tahap 3 Kondisi 3	4-40
Gambar 4.48 Tahap 4 Kondisi 3.....	4-41
Gambar 4.49 Tahap 5 Kondisi 3 (<i>Geometry Configuration</i>).....	4-41
Gambar 4.50 Tahap 5 Kondisi 3 (<i>Water Pressures</i>)	4-42
Gambar 4.51 Tahap 6 Kondisi 3 (<i>Pemasangan Roof Slab</i>)	4-42
Gambar 4.52 Tahap 7 Kondisi 3 (<i>Geometry Configuration</i>).....	4-43
Gambar 4.53 Tahap 7 Kondisi 3 (<i>Water Pressures</i>)	4-43
Gambar 4.54 Tahap 8 Kondisi 3 (<i>Pemasangan Concourse Slab</i>).....	4-44
Gambar 4.55 Tahap 9 Kondisi 3 (<i>Geometry Configuration</i>).....	4-44
Gambar 4.56 Tahap 9 Kondisi 3 (<i>Water Pressures</i>)	4-45
Gambar 4.57 Tahap 10 Kondisi 3 (<i>Pemasangan Base Slab</i>)	4-45
Gambar 4.58 Tahap 11 Kondisi 3 (<i>Geometry Configuration</i>).....	4-46
Gambar 4.59 Tahap 11 Kondisi 3 (<i>Water Pressures</i>)	4-46
Gambar 4.60 Perbandingan Deformasi D-Wall Akibat Galian 1	4-56
Gambar 4.61 Perbandingan Deformasi D-Wall Akibat Galian 2.....	4-56
Gambar 4.62 Perbandingan Deformasi D-Wall Akibat Galian 3	4-57
Gambar 4.63 Perbandingan Deformasi D-Wall Tahap <i>Backfill</i>	4-57
Gambar 4.64 Perbandingan Gaya Geser D-Wall Akibat Galian 1	4-58
Gambar 4.65 Perbandingan Gaya Geser D-Wall Akibat Galian 2	4-59
Gambar 4.66 Perbandingan Gaya Geser D-Wall Akibat Galian 3	4-59
Gambar 4.67 Perbandingan Gaya Geser D-Wall Tahap <i>Backfill</i>	4-60
Gambar 4.68 Perbandingan Momen Lentur D-Wall Akibat Galian 1.....	4-61

Gambar 4.69 Perbandingan Momen Lentur D-Wall Akibat Galian 2	4-61
Gambar 4.70 Perbandingan Momen Lentur D-Wall Akibat Galian 3	4-62
Gambar 4.71 Perbandingan Momen Lentur D-Wall Tahap <i>Backfill</i>	4-62
Gambar 4.72 Perbandingan Deformasi <i>Roof Slab</i> Akibat Galian 2.....	4-64
Gambar 4.73 Perbandingan Deformasi <i>Concourse Slab</i> Akibat Galian 3	4-65
Gambar 4.74 Perbandingan Deformasi <i>Base Slab</i> Tahap <i>Backfill</i>	4-65
Gambar 4.75 Perbandingan Gaya Geser <i>Roof Slab</i> Akibat Galian 2.....	4-66
Gambar 4.76 Perbandingan Gaya Geser <i>Concourse Slab</i> Akibat Galian 3	4-66
Gambar 4.77 Perbandingan Gaya Geser <i>Base Slab</i> Tahap <i>Backfill</i>	4-67
Gambar 4.78 Perbandingan Momen Lentur <i>Roof Slab</i> Akibat Galian 2.....	4-67
Gambar 4.79 Perbandingan Momen Lentur <i>Concourse Slab</i> Akibat Galian 3..	4-68
Gambar 4.80 Perbandingan Momen Lentur <i>Base Slab</i> Tahap <i>Backfill</i>	4-68
Gambar 4.81 Perbandingan Deformasi D-Wall Akibat Galian 1	4-71
Gambar 4.82 Perbandingan Deformasi D-Wall Akibat Galian 2	4-71
Gambar 4.83 Perbandingan Deformasi D-Wall Akibat Galian 3	4-72
Gambar 4.84 Perbandingan Deformasi D-Wall Tahap <i>Backfill</i>	4-72
Gambar 4.85 Perbandingan Gaya Geser D-Wall Akibat Galian 1.....	4-73
Gambar 4.86 Perbandingan Gaya Geser D-Wall Akibat Galian 2.....	4-74
Gambar 4.87 Perbandingan Gaya Geser D-Wall Akibat Galian 3.....	4-74
Gambar 4.88 Perbandingan Gaya Geser D-Wall Tahap <i>Backfill</i>	4-75
Gambar 4.89 Perbandingan Momen Lentur D-Wall Akibat Galian 1	4-76
Gambar 4.90 Perbandingan Momen Lentur D-Wall Akibat Galian 2	4-76
Gambar 4.91 Perbandingan Momen Lentur D-Wall Akibat Galian 3	4-77
Gambar 4.92 Perbandingan Momen Lentur D-Wall Tahap <i>Backfill</i>	4-77
Gambar 4.93 Perbandingan Deformasi <i>Roof Slab</i> Akibat Galian 2.....	4-79
Gambar 4.94 Perbandingan Deformasi <i>Concourse Slab</i> Akibat Galian 3	4-80
Gambar 4.95 Perbandingan Deformasi <i>Base Slab</i> Tahap <i>Backfill</i>	4-80
Gambar 4.96 Perbandingan Gaya Geser <i>Roof Slab</i> Akibat Galian 2.....	4-81
Gambar 4.97 Perbandingan Gaya Geser <i>Concourse Slab</i> Akibat Galian 3	4-81
Gambar 4.98 Perbandingan Gaya Geser <i>Base Slab</i> Tahap <i>Backfill</i>	4-82
Gambar 4.99 Perbandingan Momen Lentur <i>Roof Slab</i> Akibat Galian 2.....	4-82
Gambar 4.100 Perbandingan Momen Lentur <i>Concourse Slab</i> Akibat Galian 3	4-83

Gambar 4.101 Perbandingan Momen Lentur *Base Slab* Tahap *Backfill*.....4-83
Gambar 4.102 Sketsa Analisis Perhitungan Gaya *Uplift*.....4-85



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efisiensi untuk Berbagai Hammer (FHWA-NHI-16-064).....	2-22
Tabel 2.2 Rekomendasi Nilai Modulus (Briaud, 1992)	2-24
Tabel 2.3 Korelasi Berat Isi Tanah dan Parameter-Parameter CPT (Eslami, 2019)	2-27
Tabel 2.4 Estimasi modulus Terkekang, M dari Uji Sondir (Mitchell dan Gardner, 1975)	2-30
Tabel 3.1 Skenario Analisis	3-2
Tabel 3.2 Rentang Nilai R_{inter} (Brinkgreve and Shen, 2011).....	3-4
Tabel 4.1 Interpretasi Derajat Konsolidasi dan Tekanan Air Pori Ekses.....	4-4
Tabel 4.2 Parameter Tanah	4-9
Tabel 4.3 Korelasi Berat Jenis Tanah (γ) (Soil Mechanics, Lambe & Whitman, 1962)	4-14
Tabel 4.4 Korelasi Berat Jenis Tanah Jenuh (γ_{sat}) Untuk Tanah Non Kohesif (Soil Mechanics, Whilliam, Whitman & Robert, 1962)	4-14
Tabel 4.5 Korelasi Berat Jenis Tanah Jenuh (γ_{sat}) Untuk Tanah Kohesif (Soil Mechanics, Lambe & Whitman, from Terzaghi and Peck 1948, International Edition 1969).....	4-14
Tabel 4.6 Korelasi Terhadap Parameter <i>Shear Strength</i>	4-15
Tabel 4.7 Korelasi Terhadap Penentuan Modulus	4-15
Tabel 4.8 Parameter <i>Diaphragm Wall</i>	4-16
Tabel 4.9 Parameter <i>Kingpost</i>	4-17
Tabel 4.10 Parameter Kolom	4-17
Tabel 4.11 Parameter <i>Bored Pile</i>	4-18
Tabel 4.12 Parameter <i>Roof Slab</i>	4-18
Tabel 4.13 Parameter <i>Concourse Slab</i>	4-19
Tabel 4.14 Parameter <i>Base Slab</i>	4-19
Tabel 4.15 Tahapan Konstruksi Ketiga Skenario	4-20
Tabel 4.16 Parameter Input 'User Defined Distribution' (<i>Cluster Pore Pressure Distribution</i>) PLAXIS 8.6.....	4-39
Tabel 4.17 Deformasi Akibat Galian Pertama	4-47

Tabel 4.18 Momen Lentur Akibat Galian Pertama	4-48
Tabel 4.19 Gaya Geser Akibat Galian Pertama.....	4-48
Tabel 4.20 Gaya Aksial Akibat Galian Pertama.....	4-48
Tabel 4.21 Deformasi Akibat Galian Kedua	4-49
Tabel 4.22 Momen Lentur Akibat Galian Kedua	4-49
Tabel 4.23 Gaya Geser Akibat Galian Kedua	4-50
Tabel 4.24 Gaya Aksial Akibat Galian Kedua	4-50
Tabel 4.25 Deformasi Akibat Galian Ketiga	4-51
Tabel 4.26 Momen Lentur Akibat Galian Ketiga.....	4-51
Tabel 4.27 Gaya Geser Akibat Galian Ketiga	4-52
Tabel 4.28 Gaya Aksial Akibat Galian Ketiga.....	4-52
Tabel 4.29 Deformasi Akibat Penimbunan Kembali.....	4-53
Tabel 4.30 Momen Lentur Akibat Penimbunan Kembali	4-53
Tabel 4.31 Gaya Geser Akibat Penimbunan Kembali.....	4-54
Tabel 4.32 Gaya Aksial Akibat Penimbunan Kembali.....	4-54
Tabel 4.33 Perbandingan Deformasi Maksimum pada D-Wall	4-63
Tabel 4.34 Perbandingan Gaya Geser Maksimum pada D-Wall.....	4-63
Tabel 4.35 Perbandingan Momen Lentur Maksimum pada D-Wall	4-63
Tabel 4.36 Perbandingan Deformasi dan <i>Compression</i> Maksimum pada <i>Slab</i> ...	4-69
Tabel 4.37 Perbandingan Gaya Geser Maksimum pada <i>Slab</i>	4-69
Tabel 4.38 Perbandingan Momen Lentur Maksimum pada <i>Slab</i>	4-69
Tabel 4.39 Perbandingan Deformasi Maksimum pada D-Wall	4-78
Tabel 4.40 Perbandingan Gaya Geser Maksimum pada D-Wall.....	4-78
Tabel 4.41 Perbandingan Momen Lentur Maksimum pada D-Wall	4-78
Tabel 4.42 Perbandingan Deformasi dan <i>Compression</i> Maksimum pada <i>Slab</i> .	4-84
Tabel 4.43 Perbandingan Gaya Geser Maksimum pada <i>Slab</i>	4-84
Tabel 4.44 Perbandingan Momen Lentur Maksimum pada <i>Slab</i>	4-84
Tabel 4.45 Perhitungan Gaya Akibat Beban Tanah Masa Konstruksi	4-86
Tabel 4.46 Perhitungan Gaya Akibat Beban Tanah	4-87
Tabel 4.47 Gaya Akibat Beban Struktur	4-87
Tabel 4.48 Perhitungan Gaya Gesek D-Wall Bagian Dalam Galian.....	4-89

Tabel 4.49 Perhitungan Gaya Geser Bored Pile dan D-Wall Bagian Luar Galian 4-90



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 POTONGAN MELINTANG A-A' DAN B-B' UJI IN SITU
LOKASI THAMRIN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jakarta Mass Rapid Transit atau lebih dikenal sebagai MRT Jakarta merupakan salah satu upaya yang dilakukan dalam mendukung perkembangan teknologi transportasi di tanah air, khususnya kota Jakarta. Dalam proyek konstruksi MRT, setiap stasiun merupakan komponen penting yang menjadi titik hubung dari setiap manusia yang berpindah menggunakan MRT. Berkenaan dalam hal tersebut, perlu dilakukan segala upaya pekerjaan untuk dapat memperoleh desain stasiun yang sesuai, salah satunya adalah dengan melakukan pekerjaan galian.

Galian merupakan pekerjaan yang umum dikerjakan dalam proses konstruksi dengan kegunaan utama untuk mendapatkan elevasi dan dimensi yang sesuai dengan perencanaan. Galian dapat dilakukan dalam berbagai jenis tanah, salah satunya pada tanah lunak yang apabila tidak dikenali dan diselidiki dengan berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang dapat berpotensi mengalami kegagalan struktur. Pada tanah lunak yang masih berkonsolidasi (*underconsolidating soil*) hal yang juga perlu diperhatikan yakni terdapat tekanan air pori eksese ada tanah. Apabila sistem galian yang dibangun pada tanah yang masih berkonsolidasi, terdapat tekanan tambahan yang akan bekerja mendorong dinding-dinding galian dan apabila tidak diperhitungkan dapat berpotensi mengalami kegagalan pada wilayah galian.

Pada perencanaannya, Stasiun Thamrin MRT Jakarta akan melakukan galian pada tanah lunak yang masih berkonsolidasi. Stasiun Thamrin merupakan stasiun bawah tanah yang terletak di bawah persimpangan antara Jalan MH Thamrin dan Jalan Kebon Sirih, Jakarta Pusat. Stasiun ini memiliki panjang sekitar 455 m dan akan menghubungkan dua stasiun yakni Stasiun Monas dan Stasiun Bundaran HI. Apabila terjadi kegagalan pada pelaksanaan struktur tersebut, potensi kerugian skala besar bukan hanya pada hal materi namun juga keselamatan manusia di sekitar.

1.2 Inti Permasalahan

Kondisi tanah di wilayah Jakarta Pusat, khususnya pada kawasan Thamrin didominasi oleh tanah lunak yang tebal (lebih dari 10 m). Stasiun Thamrin sebagai akses masuk ke terowongan MRT direncanakan memiliki kedalaman galian sedalam 19 m. Hasil penyelidikan tanah setempat menunjukkan bahwa tanah lunak di lokasi tersebut masih berkonsolidasi (*underconsolidating soil*). Pada tanah yang masih berkonsolidasi, masih terdapat tekanan air pori eksese yang tersisa. Konstruksi galian pada tanah yang masih berkonsolidasi memerlukan perhatian khusus karena adanya tekanan tambahan berupa tekanan eksese yang bekerja pada dinding galian. Apabila tekanan eksese tersebut tidak diperhitungkan dalam analisis, maka terdapat potensi kegagalan pada dinding galian stasiun MRT.

1.3 Maksud dan Tujuan

Skripsi ini memiliki maksud sebagai berikut:

- 1) Memperoleh pelapisan tanah dan melakukan interpretasi hasil penyelidikan tanah untuk memperoleh parameter-parameter tanah.
- 2) Memperoleh karakteristik tanah lunak dan melakukan interpretasi derajat konsolidasi berdasarkan hasil uji CPTu.
- 3) Memperoleh besar tekanan eksese yang bekerja pada dinding basement.
- 4) Memperoleh deformasi dan gaya dalam yang bekerja pada dinding galian pada kondisi tanpa dan dengan memperhitungkan tekanan eksese pada dinding galian.
- 5) Memperoleh gaya-gaya yang bekerja pada *roof slab*, *concourse slab*, dan *base slab* pada kondisi tanpa dan dengan memperhitungkan tekanan eksese pada dinding galian.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh tekanan eksese terhadap galian pada tanah yang masih berkonsolidasi.

1.4 Ruang Lingkup

Berikut merupakan ruang lingkup yang terdapat dalam pembuatan skripsi ini:

- 1) Lokasi penelitian dilakukan di Stasiun MRT Thamrin, Jakarta Pusat.

- 2) Data penyelidikan tanah yang digunakan berupa data pengeboran teknis, uji penetrasi standar (SPT), uji CPTu, uji pressuremeter, dan uji laboratorium.
- 3) Kondisi tanah lunak di lokasi tinjauan masih berkonsolidasi.
- 4) Analisis dilakukan dengan Metode Elemen Hingga menggunakan bantuan program komputer PLAXIS 8.6.
- 5) Metode konstruksi galian pada Stasiun MRT Thamrin menggunakan metode *cut and cover tunnel*.

1.5 Metode Penelitian

Berikut merupakan metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan skripsi:

- 1) Studi literatur dilakukan melalui media buku referensi, jurnal, dan artikel lainnya.
- 2) Pengumpulan data sekunder
- 3) Data sekunder akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis galian tanah yang masih berkonsolidasi. Data sekunder yang digunakan adalah data penyelidikan tanah (uji lapangan dan uji laboratorium) dan data dimensi galian.
- 4) Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan program komputer PLAXIS 8.6. Hasil yang diperoleh berupa gaya-gaya yang bekerja pada *roof slab*, *concourse slab*, dan *base slab* pada kondisi tanpa dan dengan memperhitungkan tekanan air pori eksese pada dinding galian

1.6 Sistematika Penulisan

Berikut merupakan sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan skripsi:

- 1) BAB 1: Pendahuluan
Bab ini akan membahas mengenai latar belakang masalah, inti permasalahan, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian yang akan digunakan.
- 2) BAB 2: Tinjauan Pustaka
Bab ini akan membahas mengenai dasar teori yang digunakan untuk menunjang pembuatan skripsi.

3) BAB 3: Metodologi Penelitian

Bab ini akan membahas mengenai metode penelitian yang digunakan untuk melakukan analisis pengaruh galian pada tanah yang masih berkonsolidasi.

4) BAB 4: Data dan Hasil Analisis

Bab ini akan membahas mengenai data sekunder yang digunakan dan hasil analisis pengaruh galian pada tanah yang masih berkonsolidasi.

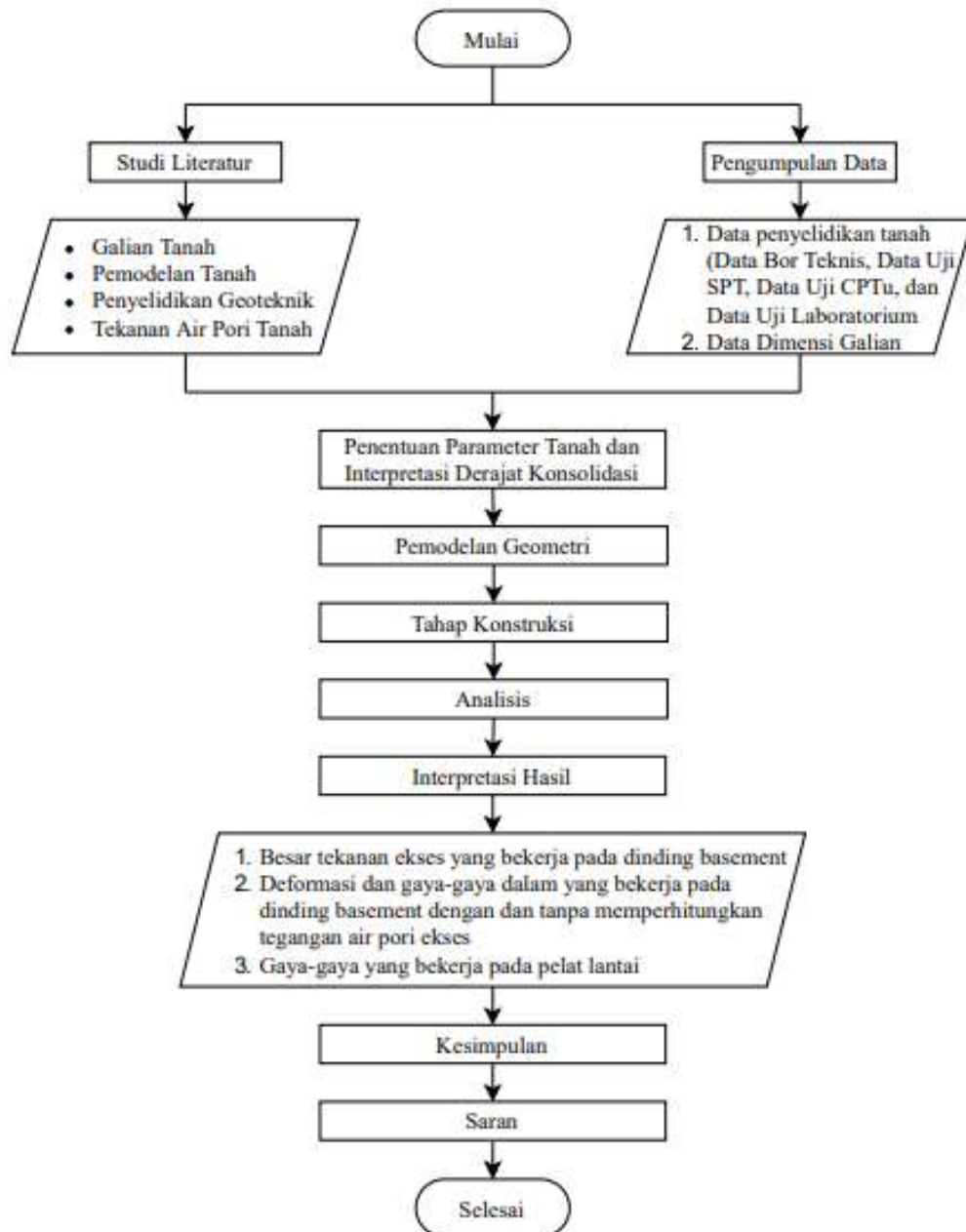
5) BAB 5: Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan membahas mengenai data sekunder yang digunakan dan hasil analisis pengaruh galian pada tanah yang masih berkonsolidasi.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Proses penyelesaian skripsi ditunjukkan melalui diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.





Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian