

SKRIPSI

**ANALISIS GALIAN STASIUN MRT JAKARTA DI
MONAS TERHADAP MUSEUM NASIONAL DAN
GEDUNG KEMENTERIAN PERTAHANAN
INDONESIA**



**MIKAEL RAFAEL
NPM : 2017410103**

**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 GALIAN STASIUN MRT JAKARTA DI MONAS TERHADAP MUSEUM NASIONAL DAN GEDUNG KEMENTERIAN PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA



NAMA: MIKAEL RAFAEL

NPM: 2017410103

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 No.1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
AGUSTUS 2021

PERNYATAAN

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

Nama : Mikael Rafael

NPM : 2017410103

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi dengan judul:

Analisis Galian Stasiun MRT Jakarta di Monas terhadap Museum Nasional dan Gedung Kementerian Pertahanan Republik Indonesia

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: 10 Agustus 2021



Mikael Rafael

2017410103

ANALISIS GALIAN STASIUN MRT JAKARTA DI MONAS TERHADAP MUSEUM NASIONAL DAN GEDUNG KEMENTERIAN PERTAHANAN INDONESIA

Mikael Rafael
NPM: 2017410103

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

Moda Raya Terpadu Jakarta (MRT Jakarta) merupakan sebuah sistem transportasi angkutan umum cepat berbasis rel yang beroperasi di Jakarta. Salah satu lokasi pembangunan Stasiun MRT Jakarta terletak di Kota Jakarta Pusat, tepatnya di area sekitar Monumen Nasional (Monas). Lokasi pembangunan Stasiun MRT Jakarta di Monas berbatasan langsung dengan bangunan-bangunan cagar budaya (*heritage*), yaitu Museum Nasional dan Gedung Kementerian Pertahanan Republik Indonesia, dengan jarak sekitar 55 m dari tepi galian. Pembangunan Stasiun MRT Jakarta di Monas dilakukan dengan sistem galian *top-down construction*, dimana proses galian dapat berdampak pada penurunan tanah di sekitar lokasi galian. Apabila perencanaan galian dalam tidak dilakukan secara komprehensif maka dapat berdampak pada penurunan tanah di sekitar area galian. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar penurunan tanah di sekitar area galian akibat konstruksi galian dalam, terutama pada jarak 55 m dari tepi galian yaitu pada lokasi bangunan *heritage* yaitu Museum Nasional dan Gedung Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. Tanah di lokasi didominasi oleh tanah lempung lunak dengan beberapa sisipan pasir. Analisis dilakukan dengan Metode Elemen Hingga menggunakan bantuan Program PLAXIS 2D. Deformasi tanah, defleksi dan gaya dalam struktur dari stasiun MRT Jakarta merupakan komponen yang dianalisis dalam penelitian ini. Dari hasil analisis, diperoleh bahwa potensi penurunan tanah maksimum akibat proses galian adalah sebesar 1,5 mm, dimana syarat penurunan ijin untuk bangunan *heritage* adalah sebesar 10 mm.

Kata Kunci: Stasiun MRT Jakarta, Galian Dalam, *Cut-and-Cover Tunnel*, Penurunan Tanah Bangunan *Heritage*, Metode Elemen Hingga

THE EFFECT OF EXCAVATION FOR MRT JAKARTA STATION AT MONAS ON NATIONAL MUSEUM AND THE BUILDING OF THE MINISTRY OF DEFENSE OF THE REPUBLIC OF INDONESIA

Mikael Rafael
NPM: 2017410103

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

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING

(Accredited by SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

BANDUNG
AUGUST 2021

ABSTRACT

Moda Raya Terpadu Jakarta (MRT Jakarta) is a Mass Rapid Transport operates in Jakarta. The location of the MRT Jakarta on this research is located in Monas Area (National Monument of Indonesia) Central Jakarta. The location for the construction of the MRT Jakarta Station at Monas is directly across cultural heritage buildings, such as the National Museum and the Building of the Ministry of Defense of the Republic of Indonesia, with a distance around 55 m from the edge of the excavation. The construction of the MRT Jakarta Station at Monas was carried out by top-down construction method, which the excavation process could have an impact on the building settlement adjacent the excavation area. If the design of deep excavation is not carried out comprehensively, it may have an impact on the adjacent the excavation area. This research is conducted to determine the vertical displacement adjacent the excavation area due to deep excavation construction, especially 55 m from the edge of the excavation which heritage buildings (National Museum and Building of Ministry of Defense of the Republic of Indonesia) are located. The soil condition is dominated by soft clay with sand lenses. The analysis was carried out by the Finite Element Method using PLAXIS 2D software. Soil deformation, deflection and internal forces of the structure of the station are analyzed in this study. Based on the analysis, the potential of the settlement of the heritage buildings is about 1,5 mm, which the allowable settlement for heritage buildings is about 10 mm.

Keywords: MRT Jakarta Station, Deep Excavation, Cut-and-Cover Tunnel, Settlement of Heritage Buildings, Finite Element Method

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat rahmat dan bimbingan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Galian Stasiun MRT Jakarta di Monas Terhadap Museum Nasional Dan Gedung Kementerian Pertahanan Indonesia”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat lulus program sarjana di program studi teknik sipil, fakultas teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penulisan skripsi ini, tentunya terdapat banyak hambatan yang penulis alami baik secara fisik maupun emosional. Namun, penulis sangat bersyukur atas kehadiran orang-orang yang selalu memberikan semangat, dorongan, dan masukan bagi penulis untuk mengatasi segala hambatan tersebut. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih secara khusus kepada orang-orang tersebut, yaitu:

1. Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dalam segala situasi dan kondisi.
2. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D., selaku dosen pembimbing dan Bapak Stefanus Diaz Alvi, S.T., M.T., selaku ko-pembimbing yang dengan sabar mengajar, mendidik, membimbing, dan mendampingi penulis dalam segala proses penulisan skripsi, dimulai dari bimbingan, diskusi, hingga penyempurnaan penulisan skripsi.
3. Seluruh dosen dan staff pengajar Komunitas Bidang Ilmu Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan segala kritik, masukan, dan saran untuk menyempurnakan penulisan skripsi.
4. Aditya Purnama, Tan Jason, dan Fernando yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan penulisan skripsi.
5. Dicky Prasetyo, Jeff, Kevin Lie, Edwin Jordan, Michael Joshua, Aristo Tjandra, Carlos Indra, Revy Marcelio, Stephanus Michael, Zefanya Handika, Stephan Victor, Evan Joshua, dan Erica Souw selaku teman perkuliahan yang selalu memberikan dukungan.
6. Bryan Jonathan, Verdi Suryadi, Justinus Surya, dan Nicholas Gabriel yang selalu menghadirkan canda tawa bagi penulis.

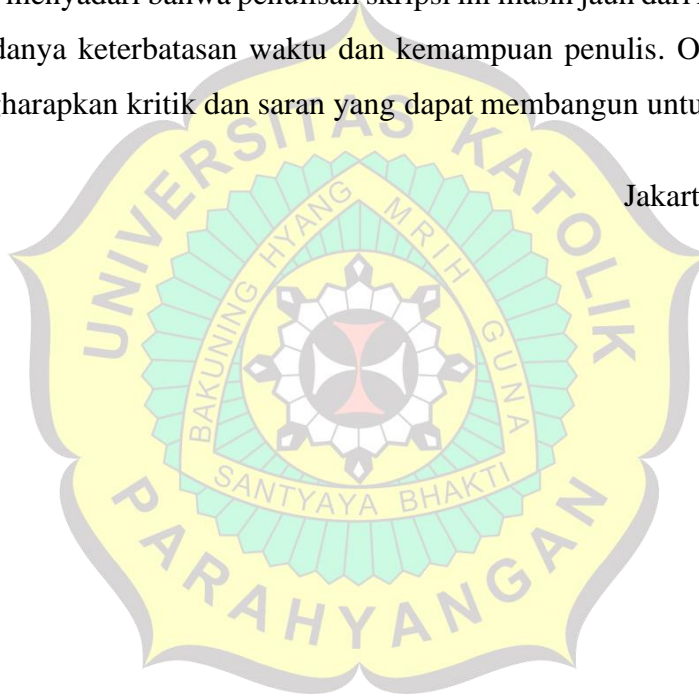
7. Evan Justine, Charles Maxwelliem, Richo Brian, Delaneira, Deta Noveren, Kres Arjunaningrum, dan Averina Alifa selaku teman satu pembimbing yang berjuang bersama dan saling mendukung dalam proses penulisan skripsi.
8. Caroline Jilbert yang selalu memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman Teknik Sipil UNPAR Angkatan 2017 yang telah memberikan banyak pengalaman berharga dan dukungan.
10. Seluruh civitas akademika Universitas Katolik Parahyangan, khususnya program studi teknik sipil.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, mengingat adanya keterbatasan waktu dan kemampuan penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun untuk kedepannya.

Jakarta, 16 Juli 2021



Mikael Rafael
2017410103



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
1 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 Penelitian	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-5
2 BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 Pemodelan Tanah	2-1
2.1.1 Model Elastoplastik (<i>Mohr-Coulomb Model</i>)	2-1
2.1.2 Model Hiperbolik (<i>Hardening Soil Model</i>)	2-2
2.2 Penentuan Parameter Tanah melalui Uji In-Situ	2-7
2.2.1 <i>Standard Penetration Test</i> (SPT)	2-7
2.2.2 <i>Cone Penetration Test</i> (CPT dan CPTu)	2-12
2.3 Uji Laboratorium	2-19

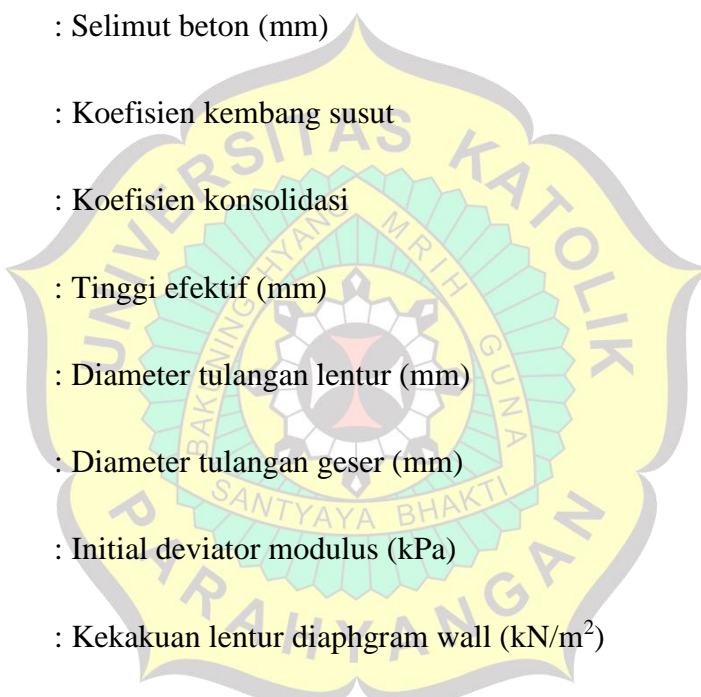
2.3.1	<i>Index Properties</i> dan <i>Atterberg Limits</i>	2-19
2.3.2	Kuat Geser Tanah (<i>Soil Shear Strength</i>).....	2-22
2.4	Penggalian Tanah.....	2-23
2.4.1	<i>Full Open Cut Methods</i>	2-23
2.4.2	<i>Braced Excavation Methods</i>	2-24
2.4.3	<i>Anchored Excavation Methods</i>	2-24
2.4.4	Island Excavation Methods	2-25
2.4.5	Top-Down Construction Methods	2-26
2.4.6	Zoned Excavation Methods.....	2-26
2.4.7	Cut-and-cover Construction Methods.....	2-27
2.5	Sistem Proteksi Dinding Galian (<i>Shoring Systems</i>).....	2-28
2.5.1	<i>Sheet Piles</i> dengan <i>Walings</i> dan <i>Struts</i> atau <i>Ground Anchors</i>	2-29
2.5.2	<i>Soldier</i> atau <i>Kingpost</i> dan <i>Horizontal Poling Boards</i>	2-29
2.5.3	Dinding Diafragma (<i>Diaphragm Wall</i>).....	2-30
2.5.4	Large Diameter Bored Piles, Contiguous atau Overlapping ('secant' Piles) 2-33	
2.6	Deformasi pada Galian Dalam	2-34
2.7	Analisis Stabilitas Galian	2-37
2.7.1	Faktor Keamanan.....	2-38
2.7.2	Kegagalan Galian Akibat Gaya Geser	2-39
2.7.3	Free Earth Support Method dan Fixed Earth Support Method	2-40
2.8	Pengaruh Galian terhadap Tanah Sekitar	2-41
2.8.1	Penurunan Akibat Berat Bangunan Sendiri	2-43
2.8.2	Penurunan Akibat Galian yang Berdekatan	2-46
2.9	Dewatering	2-48
3	BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	3-1

3.1	Program PLAXIS 2D v.8.6	3-1
3.2	Teori Metode Elemen Hingga	3-1
3.3	Analisis Menggunakan Program PLAXIS 2D v.8.6.....	3-2
3.3.1	Plaxis Input.....	3-2
3.3.2	Plaxis Calculation	3-10
3.3.3	Plaxis Output	3-14
4	BAB 4 ANALISIS DATA.....	4-1
4.1	Deskripsi Proyek.....	4-1
4.2	Kondisi Geologi.....	4-1
4.3	Penentuan Parameter Tanah Desain	4-2
4.4	Penentuan Parameter Elemen Struktur	4-12
4.4.1	Dinding Diafragma	4-12
4.4.2	<i>Roof Slab</i>	4-13
4.4.3	Concourse Slab.....	4-13
4.4.4	<i>Base Slab</i>	4-14
4.4.5	<i>Kingpost</i>	4-14
4.4.6	Kolom	4-15
4.4.7	Borepile.....	4-15
4.5	Pemodelan Konstruksi Terowongan dan Galian Dalam	4-16
4.5.1	Tahapan Konstruksi	4-18
4.5.2	Hasil Analisis Besar Deformasi Tanah akibat Konstruksi Galian Menggunakan Program PLAXIS 2D v.8.6.....	4-25
4.5.3	Hasil Analisis Besar Penurunan Tanah pada Lokasi Bangunan <i>Heritage</i>	4-30
4.5.4	Hasil Analisis Besar Defleksi pada <i>Diaphragm Wall</i> Menggunakan Program PLAXIS 2D v.8.6.....	4-32

4.5.5	Hasil Analisis Besar Gaya Dalam pada <i>Diaphragm Wall</i> menggunakan Program PLAXIS 2D v.8.6	4-35
4.5.6	Desain Tulangan <i>Diaphragm Wall</i>	4-39
4.5.7	Hasil Analisis Besar Defleksi pada <i>Roof Slab</i> , <i>Concourse Slab</i> , dan <i>Base Slab</i> Menggunakan Program PLAXIS 2D v.8.6	4-45
4.5.8	Hasil Analisis Besar Gaya Dalam pada <i>Roof Slab</i> , <i>Concourse Slab</i> , dan <i>Base Slab</i> Menggunakan Program PLAXIS 2D v.8.6	4-50
4.5.9	Analisis Kapasitas Kompresibilitas <i>Roof Slab</i> , <i>Concourse Slab</i> , dan <i>Base Slab</i>	4-60
4.5.10	Analisis Gaya Uplift pada Dasar Galian	4-62
5	BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-3
	DAFTAR PUSTAKA	xxii
	LAMPIRAN	L1-1



DAFTAR NOTASI



A_s	: Luas area tulangan longitudinal (mm^2)
c	: Kohesi (kPa)
c'	: kohesi efektif (kPa)
C_c	: koefisien kompresi
C_{ov}	: Selimut beton (mm)
C_s	: Koefisien kembang susut
C_v	: Koefisien konsolidasi
d	: Tinggi efektif (mm)
D_b	: Diameter tulangan lentur (mm)
D_s	: Diameter tulangan geser (mm)
E_{50}	: Initial deviator modulus (kPa)
E_I	: Kekakuan lentur diaphragm wall (kN/m^2)
E_{oed}	: <i>Primary compression modulus</i> (kPa)
E_{ur}	: <i>Unloading/reloading modulus</i> (kPa)
f_y	: Kuat leleh beton (MPa)
H_{bound}	: Kedalaman boundari dari dasar galian (m)
H_{exc}	: Kedalaman galian (m)
IP	: Indeks plastisitas

L_{bound} : Lebar boundari dari tepi galian (m)

L_{exc} : Lebar galian (m)

LI : Indeks cair

LL : Batas cair

n_b : Jumlah tulangan

ϕ : Sudut geser dalam ($^{\circ}$)

ϕ' : Sudut geser dalam efektif ($^{\circ}$)

PL : Batas plastis (%)

S : Jarak antar tulangan (mm)

S_u : *Undrained shear strength* (kPa)

γ_{unsat} : Berat isi tanah *unsaturated* (kN/m³)

γ_{sat} : Berat isi tanah *saturated* (kN/m³)

γ_w : Berat isi air (kN/m³)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-5
Gambar 2.1 Model Linier Elastoplastik (Mohr-Coulomb Model)	2-1
Gambar 2.2 Penentuan Parameter Kuat Geser Tanah.....	2-2
Gambar 2.3 Penentuan Modulus Elastisitas pada Model Hiperbolik	2-3
Gambar 2.4 <i>Loading Modulus</i> dan <i>Unloading Modulus</i> pada Model Hiperbolik	2-3
Gambar 2.5 Hubungan Tegangan dan Regangan pada Model Hiperbolik	2-4
Gambar 2.6 Nilai a dan b	2-4
Gambar 2.7 Tegangan Deviator Ultimit dan Tegangan Deviator Runtuh dari Grafik Hiperbola.....	2-5
Gambar 2.8 Nilai k dan n	2-6
Gambar 2.9 Nilai k_b dan m.....	2-7
Gambar 2.10 Metode Uji Penetrasi Standar (FHWA-NHI-16-064).....	2-8
Gambar 2.11 Jenis-Jenis Hammer (Coduto, 1994).....	2-10
Gambar 2.12 Hubungan nilai N_{SPT} terhadap S_u (Terzaghi & Peck, 1967; Sowers, 1979)	2-11
Gambar 2.13 Korelasi antara ϕ dengan N_{SPT} untuk pasir (Peck et. al., 1953) ...	2-11
Gambar 2.14 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Hasil Uji Sondir Mekanis (Schmertmann, 1978).....	2-14
Gambar 2.15 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Hasil CPTu (Robertson, 1986)...	2-15
Gambar 2.16 Korelasi Sudut Geser dalam Terhadap Tahanan Konus yang Dinormalisasi (Kulhawy dan Mayne, 1990)	2-16
Gambar 2.17 Variasi Nilai N_k terhadap Indeks Plastisitas (Lunne et. al., 1976)...	2-17
Gambar 2.18 Interpretasi untuk Lempung Terkonsolidasi (Jefferies et. al., 1985)	2-18
Gambar 2.19 Interpretasi nilai OCR dengan Rasio Kuat Geser (Ladd, 1977)...	2-19
Gambar 2.20 Hubungan Volume-Berat	2-20
Gambar 2.21 Contoh Desain Pembebanan Struktur untuk Jangka Waktu Pendek dan Jangka Waktu Panjang pada Sebuah Struktur Kotak Beton (Kuesel dan King, 1996)	2-28

Gambar 2.22 Sistem Dinding Penahan Tanah Sheet Piles (Kuesel dan King, 1996)	2-29
Gambar 2.23 Susunan Umum Sistem Dinding Penahan Tanah King Pile dan Poling Board (Megaw dan Bartlett, 1982)	2-30
Gambar 2.24 Proses Konstruksi In-Situ Dinding Diafragma	2-31
Gambar 2.25 Metode Konstruksi Dinding Diafragma Metode <i>Connection Pipe</i> (Ou, 2006)	2-32
Gambar 2.26 Metode Konstruksi Dinding Diafragma Metode <i>End-Plate</i> (Ou, 2006)	2-32
Gambar 2.27 Konfigurasi Sistem Dinding Penahan Tanah Tiang Bor, a) Konfigurasi Tiang Menerus, b) Konfigurasi Tiang Bertindihan (Woodward, 2005), c) Konfigurasi Tiang Bor Off-Set (Kuesel dan King, 1996)	2-34
Gambar 2.28 Pola Pergerakan Tanah Akibat Galian	2-35
Gambar 2.29 Hubungan Antara Pergerakan Maksimum Dinding, Kekakuan <i>Strut</i> , dan Faktor Keamanan <i>Basal Heave</i> (Clough & O'Rourke, 1990)	2-36
Gambar 2.30 Hubungan Antara Pergerakan Lateral Maksimum Dinding terhadap Kedalaman Galian (Ou & Shiau, 1993)	2-36
Gambar 2.31 Hubungan Antara Kedalaman Penetrasi Dinding dengan Pergerakan Lateral Dinding (Ou, 2006)	2-37
Gambar 2.32 Kegagalan Push-In (Ou, 2006)	2-39
Gambar 2.33 Kegagalan Basal Heave (Ou, 2006)	2-40
Gambar 2.34 Free Earth Support Method: (a) Deformasi pada Dinding Penahan Tanah dan (b) Distribusi Tekanan Tanah pada Dinding Penahan Tanah (Ou, 2006)	2-40
Gambar 2.35 Fixed Earth Support Method: (a) Deformasi pada Dinding Penahan Tanah dan (b) Distribusi Tekanan Tanah pada Dinding Penahan Tanah (Ou, 2006)	2-41
Gambar 2.36 Grafik Hubungan antara Penurunan Tanah akibat Galian terhadap Jarak dari Galian (Peck, 1969)	2-42
Gambar 2.37 Parameter Penurunan dari Bangunan: (a) Penurunan Tanpa Rotasi yang Rigid dan (b) Penurunan dengan Rotasi yang Rigid (Wahls, 1981)	2-43

Gambar 2.38 Pola Kegagalan pada dinding <i>Unreinforced Load Bearing Walls</i> : (a) <i>Sagging</i> dan (b) <i>Hogging</i>	2-45
Gambar 3.1 (a) <i>Plane Strain</i> ; (b) <i>Axisymmetry</i> (Brinkgreve R. et. al., 2019).....	3-1
Gambar 3.2 Jendela <i>Create/Open Project</i>	3-2
Gambar 3.3 Tampilan Awal Program Plaxis Input	3-3
Gambar 3.4 <i>Main Menu, Toolbar (General), dan Toolbar (Geometry)</i> pada Program (1) Plaxis Input	3-3
Gambar 3.5 Jendela <i>Material Sets – Soil & Interfaces</i>	3-4
Gambar 3.6 Jendela untuk Memasukkan Parameter Material.....	3-5
Gambar 3.7 (a) Jendela <i>Material Sets</i> dengan <i>Set Type Plates</i> ; (b) Jendela <i>Plate Properties</i>	3-6
Gambar 3.8 Tampilan Model Geometri pada <i>Generate Water Pressure</i>	3-7
Gambar 3.9 Jendela <i>View Pore Pressure</i>	3-8
Gambar 3.10 Jendela <i>Initial Condition</i> dari Model Geometri.....	3-9
Gambar 3.11 Jendela <i>View Initial Soil Stresses</i>	3-10
Gambar 3.12 Tampilan Awal Program (2) Plaxis Calculation	3-11
Gambar 3.13 Pembuatan Tahapan Konstruksi pada Program (2) Plaxis Calculation	3-11
Gambar 3.14 <i>Calculation Type</i> pada Program Plaxis Calculation	3-12
Gambar 3.15 Jendela <i>Parameters</i> pada Program Plaxis Calculation	3-12
Gambar 3.16 Jendela <i>Multipliers</i> pada Program Plaxis Calculation	3-13
Gambar 3.17 Jendela <i>Preview</i> pada Program (2) Plaxis Calculation	3-14
Gambar 3.18 Tampilan Awal pada Program Plaxis Output.....	3-15
Gambar 3.19 (a) Menu <i>Deformations</i> pada Program Plaxis Output; (b) Menu <i>Stresses</i> pada Program Plaxis Output	3-16
Gambar 3.20 Tampilan Dinding Diafragma dalam Model pada Program Plaxis Output.....	3-17
Gambar 3.21 (a) Menu <i>Deformations</i> untuk Komponen Struktur pada Program Plaxis Output; (b) Menu <i>Forces</i> untuk Komponen Struktur pada Program Plaxis Output.....	3-18
Gambar 4.1 Kondisi Geologi Stasiun MRT Jakarta di Monas dan di Thamrin ...	4-2
Gambar 4.2 Data Pengeboran Teknis dan SPT	4-3

Gambar 4.3 Data Index Properties dan Batas Atterberg	4-4
Gambar 4.4 Klasifikasi Tanah Menggunakan <i>Plasticity Chart</i>	4-4
Gambar 4.5 Nilai Kuat Geser Tanah dari Uji Triaxial.....	4-5
Gambar 4.6 Korelasi Penentuan Permeabilitas (Das & Sivakugan, 2010)	4-8
Gambar 4.7 Korelasi Nilai <i>Undrained Shear Strength</i> dengan N_{SPT} (Terzaghi dan Peck (1967), Sowers (1979)).....	4-9
Gambar 4.8 Grafik Korelasi Kohesi Tanah Teralir untuk Tanah <i>Overconsolidated</i> (c'_{oc}) dan Nilai Kohesi Tanah Tak Teralir (c_u) (Sorrensen dan Okkels, 2013)	4-9
Gambar 4.9 Grafik Korelasi Nilai Sudut Geser Dalam Tanah (ϕ') dengan Indeks Plastisitas Tanah (PI) (Gibson (1953), Bjerum et. al. (1960))	4-10
Gambar 4.10 Korelasi <i>Undrained Modulus</i> (E_u) / <i>Undrained Shear Strength</i> (s_u) terhadap Overconsolidation Ratio (OCR) (Duncan dan Buchignani, 1976).....	4-11
Gambar 4.11 Potongan Melintang Pemodelan Galian pada Program PLAXIS 2D	4-18
Gambar 4.12 <i>Initial Condition</i>	4-18
Gambar 4.13 Pemasangan Dinding Diafragma dan <i>Kingpost</i>	4-19
Gambar 4.14 Aktivasi Beban Konstruksi.....	4-20
Gambar 4.15 Galian Pertama Sampai Elevasi <i>Roof Slab</i>	4-20
Gambar 4.16 <i>Dewatering</i> Pertama (<i>Flow Condition Mode</i>).....	4-20
Gambar 4.17 Pemasangan <i>Roof Slab</i>	4-21
Gambar 4.18 Galian Kedua Sampai Elevasi <i>Concourse Slab</i>	4-21
Gambar 4.19 <i>Dewatering</i> Kedua (<i>Flow Condition Mode</i>).....	4-22
Gambar 4.20 Pemasangan <i>Concourse Slab</i>	4-22
Gambar 4.21 Galian Ketiga Sampai Elevasi <i>Base Slab</i>	4-23
Gambar 4.22 <i>Dewatering</i> Ketiga (<i>Flow Condition Mode</i>).....	4-23
Gambar 4.23 Pemasangan <i>Base Slab</i>	4-23
Gambar 4.24 Penggantian <i>Kingpost</i> menjadi Kolom	4-24
Gambar 4.25 Penimbunan Kembali (<i>Backfill</i>)	4-24
Gambar 4.26 Deformasi Tanah pada Tahapan Galian Sampai Elevasi <i>Roof Slab</i> .4-	26
Gambar 4.27 Deformasi Tanah pada Tahapan Galian Sampai Elevasi <i>Concourse Slab</i>	4-27

Gambar 4.28 Deformasi Tanah pada Tahapan Galian Sampai Elevasi <i>Base Slab</i> .	4-28
Gambar 4.29 Deformasi Tanah pada Kondisi Layan (<i>Service Condition</i>)	4-29
Gambar 4.30 Hubungan antara Besar Penurunan Terhadap Jarak Galian	4-31
Gambar 4.31 Hubungan Defleksi Lateral Maksimum Dinding Diafragma dengan Tahapan Galian	4-33
Gambar 4.32 Defleksi Lateral Dinding Diafragma setiap Tahapan Galian	4-34
Gambar 4.33 Hubungan Antara Besar Momen Lentur pada Dinding Diafragma dengan Tahapan Galian	4-36
Gambar 4.34 Hubungan Antara Besar Gaya Geser pada Dinding Diafragma dengan Tahapan Galian	4-36
Gambar 4.35 Bidang Momen Lentur pada Dinding Diafragma untuk Setiap Tahapan	4-37
Gambar 4.36 Bidang Gaya Geser pada Dinding Diafragma untuk Setiap Tahapan	4-38
Gambar 4.37 Desain Tulangan pada Dinding Diafragma	4-39
Gambar 4.38 Momen Lentur <i>Envelope</i> pada Dinding Diafragma Sebelah Kiri dengan Momen Kapasitas Rencana	4-43
Gambar 4.39 Momen Lentur <i>Envelope</i> pada Dinding Diafragma Sebelah Kanan dengan Momen Kapasitas Rencana	4-44
Gambar 4.40 Hubungan Antara Defleksi Vertikal Maksimum pada <i>Roof Slab</i> dengan Tahapan Galian	4-46
Gambar 4.41 Grafik Defleksi Vertikal pada <i>Roof Slab</i> untuk Setiap Tahapan	4-47
Gambar 4.42 Hubungan Antara Defleksi Vertikal Maksimum pada <i>Concourse Slab</i> dengan Tahapan Galian	4-48
Gambar 4.43 Grafik Defleksi Vertikal pada <i>Concourse Slab</i> untuk Setiap Tahapan	4-49
Gambar 4.44 Grafik Defleksi Vertikal pada <i>Base Slab</i> untuk Kondisi Layan	4-50
Gambar 4.45 Hubungan Antara Gaya Normal pada <i>Roof Slab</i> dengan Tahapan Galian	4-51
Gambar 4.46 Hubungan Antara Gaya Geser pada <i>Roof Slab</i> dengan Tahapan Galian	4-52

Gambar 4.47 Hubungan Antara Besar Momen Lentur pada <i>Roof Slab</i> dengan Tahapan Galian.....	4-52
Gambar 4.48 Grafik Gaya Normal pada <i>Roof Slab</i> untuk Setiap Tahapan.....	4-53
Gambar 4.49 Grafik Gaya Geser pada <i>Roof Slab</i> untuk Setiap Tahapan	4-53
Gambar 4.50 Grafik Momen Lentur pada <i>Roof Slab</i> untuk Setiap Tahapan	4-54
Gambar 4.51 Hubungan Antara Gaya Normal pada <i>Concourse Slab</i> dengan Tahapan Galian.....	4-55
Gambar 4.52 Hubungan Antara Gaya Geser pada <i>Concourse Slab</i> dengan Tahapan Galian	4-56
Gambar 4.53 Hubungan Antara Momen Lentur pada <i>Concourse Slab</i> dengan Tahapan Galian.....	4-56
Gambar 4.54 Grafik Gaya Normal pada <i>Concourse Slab</i> untuk Setiap Tahapan ..	4-57
Gambar 4.55 Grafik Gaya Geser pada <i>Concourse Slab</i> untuk Setiap Tahapan ..	4-57
Gambar 4.56 Grafik Momen Lentur pada <i>Concourse Slab</i> untuk Setiap Tahapan ..	4-58
Gambar 4.57 Grafik Gaya Normal pada <i>Base Slab</i> pada Kondisi Layan	4-59
Gambar 4.58 Grafik Gaya Geser pada <i>Base Slab</i> pada Kondisi Layan.....	4-59
Gambar 4.59 Grafik Momen Lentur pada <i>Base Slab</i> pada Kondisi Layan.....	4-60
Gambar 4.60 Ilustrasi Gaya Uplift Pada Dasar Galian	4-62
Gambar L1.1 Data Pengeboran Teknis dan SPT	L1-1
Gambar L1.2 Data Pengeboran Teknis dan SPT	L1-2

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efisiensi untuk Berbagai Hammer (FHWA-NHI-16-064)	2-9
Tabel 2.2 Rekomendasi Nilai Modulus (Briaud, 1992)	2-12
Tabel 2.3 Estimasi Modulus Terkekang, M dari Uji Sondir (Mitchell dan Gardner, 1975)	2-18
Tabel 2.4 Nilai Korelasi antara Sudut Distorsi dengan Kerusakan pada Bangunan	2-44
Tabel 2.5 Sudut Distorsi yang Dijinkan untuk Bangunan <i>RC Framed</i> atau dengan Bata yang Diperkuat	2-44
Tabel 2.6 Rasio Defleksi yang Dijinkan untuk Bangunan Bata yang Tidak Diperkuat	2-45
Tabel 2.7 Batas Ijin Penurunan Bangunan Beton Bertulang (RC Structures) (Yen dan Chang, 1991)	2-46
Tabel 2.8 Batas Ijin Penurunan Bangunan menurut TRTS	2-47
Tabel 4.1 Parameter Tanah Desain (Berat isi, Permeabilitas, dan <i>Shear Strength</i>)	4-6
Tabel 4.2 Parameter Tanah Desain (<i>Modulus</i>)	4-7
Tabel 4.3 Parameter Tanah <i>Backfill</i> (Berat Isi, Permeabilitas, dan <i>Shear Strength</i>)	4-7
Tabel 4.4 Parameter Tanah <i>Backfill</i> (<i>Modulus</i>)	4-8
Tabel 4.5 Nilai Berat Isi Tanah berdasarkan Jenis Tanah (Muni Budhu, 2010). .	4-8
Tabel 4.6 Rekomendasi Nilai Modulus (Briaud, 1992)	4-11
Tabel 4.7 Nilai R_{inter} (Brinkgreve dan Shen, 2011)	4-12
Tabel 4.8 Parameter Desain Dinding Diafragma	4-12
Tabel 4.9 Parameter Desain <i>Roof Slab</i>	4-13
Tabel 4.10 Parameter Desain <i>Concourse Slab</i>	4-14
Tabel 4.11 Parameter Desain <i>Base Slab</i>	4-14
Tabel 4.12 Parameter Desain <i>Kingpost</i>	4-15
Tabel 4.13 Parameter Desain Kolom	4-15
Tabel 4.14 Parameter Desain <i>Borepile</i>	4-16

Tabel 4.15 Tahapan konstruksi pada galian pada program PLAXIS	4-17
Tabel 4.16 Besar Penurunan Tanah pada Lokasi Bangunan <i>Heritage</i> per Tahapan Galian	4-31
Tabel 4.17 Besar Defleksi Lateral Maksimum Dinding Diafragma pada Setiap Tahapan Galian.....	4-32
Tabel 4.18 Besar Gaya Dalam Maksimum Dinding Diafragma pada Setiap Tahapan Galian	4-35
Tabel 4.19 Besar Defleksi Vertikal Maksimum <i>Roof Slab</i> Pada Setiap Tahapan Galian	4-46
Tabel 4.20 Besar Defleksi Vertikal Maksimum <i>Concourse Slab</i> Pada Setiap Tahapan Galian.....	4-47
Tabel 4.21 Besar Defleksi Vertikal Maksimum <i>Base Slab</i> Pada Kondisi Layan.....	4-49
Tabel 4.22 Besar Gaya Dalam Maksimum <i>Roof Slab</i> Pada Setiap Tahapan Galian	4-51
Tabel 4.23 Besar Gaya Dalam Maksimum <i>Concourse Slab</i> Pada Setiap Tahapan Galian	4-54
Tabel 4.24 Besar Gaya Dalam Maksimum <i>Base Slab</i> Pada Kondisi Layan	4-58
Tabel 4.25 Tabel Perhitungan Gaya Gesekan Elemen Struktur dengan Tanah .	4-63

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DATA PENGEBORAN TEKNIS DAN SPT UJI IN SITU LOKASI
MONAS



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Moda Raya Terpadu Jakarta (MRT Jakarta) merupakan sebuah sistem transportasi angkutan umum cepat berbasis rel yang beroperasi di Jakarta. Pembangunan MRT Jakarta dimulai pada tahun 2013, dan pada tanggal 24 Maret 2019 jalur pertama layanan MRT Jakarta (MRT Jakarta Fase 1) dari stasiun Lebak Bulus sampai stasiun Bundaran HI sudah beroperasi. MRT Jakarta Fase 2 dengan Jalur Utara-Selatan memiliki jalur dari stasiun Bundaran HI sampai stasiun Kampung Bandan, melewati stasiun Sarinah, stasiun Monas, stasiun Harmoni, stasiun Sawah Besar, stasiun Mangga Besar, stasiun Glodok, dan stasiun Kota. Pembangunan Stasiun MRT Jakarta di Monumen Nasional (Monas) menggunakan metode konstruksi galian dalam berupa *cut and cover tunnel*. Menurut Peck et. al. (1977), suatu galian dikategorikan sebagai galian dalam apabila kedalaman galian lebih dari 6 m.

Konstruksi galian akan mengakibatkan perubahan tegangan dan regangan sehingga menimbulkan deformasi/pergerakan tanah baik secara vertikal maupun lateral. Pergerakan tanah ini dapat menimbulkan potensi kerusakan pada bangunan sekitar galian, sehingga diperlukan investigasi yang komprehensif pada proses desain dan *monitoring* selama proses galian. Deformasi yang terjadi dapat juga disebabkan oleh penurunan muka air tanah akibat proses *dewatering*. Dengan berkurangnya tegangan air pori pada tanah akibat proses penggalian dalam jangka waktu panjang, maka tegangan total pada tanah juga akan berkurang dan menyebabkan daya dukung tanah untuk menahan beban akan berkurang juga. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis terhadap deformasi tanah agar tidak terjadi keruntuhan berlebih baik pada galian maupun pada struktur yang berada di sekitar galian.

Pembangunan stasiun MRT Jakarta di Monumen Nasional (Monas) berada di Jalan Museum dan Jalan Medan Merdeka Barat, berdekatan dengan bangunan-bangunan seperti Museum Nasional, Gedung Kementerian Pertahanan Republik

Indonesia, Gedung Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, Masjid Nurul Aman, dan Gedung Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Bangunan cagar budaya merupakan bangunan yang sangat sensitif terhadap deformasi yang terjadi dikarenakan bangunan tersebut umumnya tidak memiliki kekuatan struktural yang memadai. Konstruksi stasiun MRT Jakarta dengan metode galian dalam pada tanah lunak berpotensi menyebabkan penurunan pada bangunan sekitar, sehingga perlu dilakukan analisis untuk mengetahui potensi besar penurunan pada bangunan cagar budaya seperti Museum Nasional dan Gedung Kementerian Pertahanan RI.

1.2 Inti Permasalahan

Pembangunan stasiun MRT Jakarta berada pada sisi barat Monumen Nasional yang berdekatan dengan bangunan cagar budaya yaitu Museum Nasional dan Gedung Kementerian Pertahanan Republik Indonesia. Pembangunan Stasiun Monas menggunakan metode galian dalam, yang berpotensi menyebabkan penurunan pada tanah dan bangunan di sekitarnya. Oleh karena itu, diperlukan kajian pengaruh deformasi struktur proteksi galian Stasiun Monas terhadap bangunan cagar budaya di sekitarnya yang sensitif terhadap penurunan.

1.3 Maksud dan Tujuan

Berikut adalah maksud dari penelitian ini.

1. Menentukan pelapisan tanah dan melakukan interpretasi hasil penyelidikan tanah untuk memperoleh parameter-parameter tanah.
2. Menentukan deformasi dan gaya dalam yang bekerja pada dinding galian.
3. Menentukan gaya-gaya yang bekerja pada *roof slab*, *concourse slab*, dan *base slab*.
4. Menentukan besar penurunan yang terjadi pada bangunan sekitar Stasiun MRT Monas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak galian Stasiun MRT Monas terhadap bangunan cagar budaya dan bangunan penting di sekitarnya yang sensitif terhadap penurunan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Berikut beberapa hal yang menjadi ruang lingkup dalam penelitian ini.

1. Lokasi penelitian dilakukan di Stasiun MRT Monas, Jakarta Pusat.
2. Data penyelidikan tanah yang digunakan berupa data pengeboran teknis, uji penetrasi standar (SPT), uji CPTu, uji *pressuremeter*, dan uji laboratorium.
3. Analisis dilakukan dengan Metode Elemen Hingga menggunakan bantuan Program Komputer 2D PLAXIS.
4. Metode konstruksi galian pada Stasiun MRT Monas menggunakan metode *cut and cover tunnel*.
5. Bangunan di dekat Stasiun MRT yang ditinjau merupakan bangunan cagar budaya (*Heritage Building*) yang sensitif terhadap penurunan.

1.5 Metode Penelitian

Berikut adalah metode penelitian yang digunakan.

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan melalui media buku referensi, jurnal, dan artikel lainnya.

2. Pengumpulan data sekunder

Data sekunder akan digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis. Data sekunder yang digunakan adalah data penyelidikan tanah (uji lapangan dan uji laboratorium) dan data dimensi galian.

3. Analisis Data

Analisis dilakukan dengan menggunakan bantuan Program Komputer 2D PLAXIS. Output yang diperoleh berupa gaya-gaya yang bekerja pada *roof slab*, *concourse slab*, dan *base slab*, serta besaran deformasi yang terjadi.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun sebagai berikut.

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, inti permasalahan, maksud dan tujuan, ruang lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.

2. BAB II STUDI PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai literatur tentang Pemodelan Tanah, Penentuan Parameter Tanah melalui Uji In-Situ, Uji Laboratorium, Penggalan Tanah, Sistem Proteksi Dinding Galian, Deformasi pada Galian Dalam, Analisis Stabilitas Galian, Pengaruh Galian terhadap Tanah Sekitar, dan *Dewatering*.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang mengenai prosedur penelitian yang dilakukan.

4. BAB IV DATA DAN ANALISIS

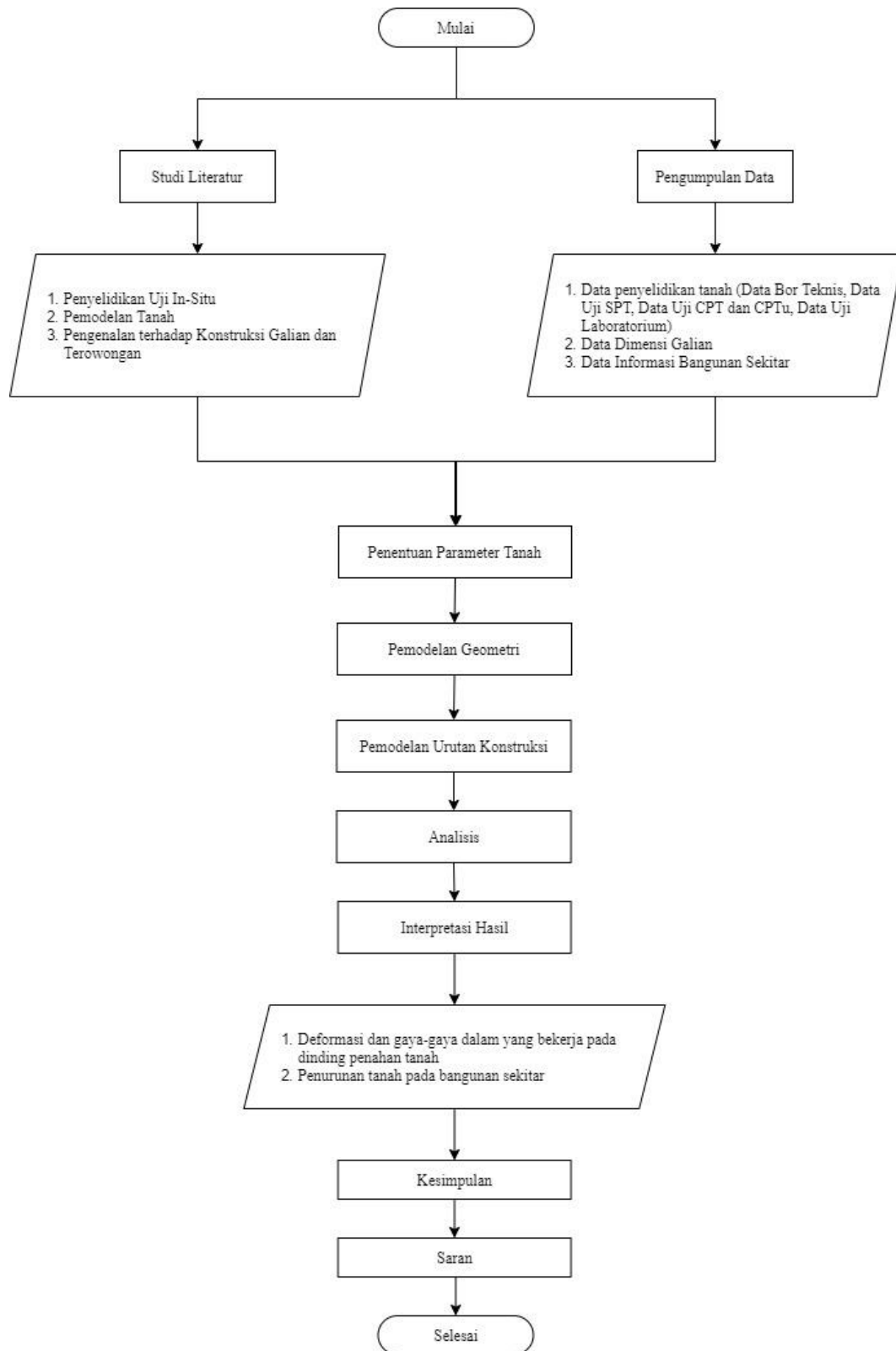
Bab ini menguraikan data-data hasil pemodelan dan analisis dari hasil pemodelan tersebut.

5. BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.



1.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian