

SKRIPSI

**ANALISIS METODE UMBRELLA GROUTING PADA
TEROWONGAN JALAN RAYA PROYEK JALAN TOL
CISUMDAWU**



**GREGORIUS VARIANT GIOVANN SETJADININGRAT
NPM: 2013410173**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)
BANDUNG
JUNI 2018**

SKRIPSI

**ANALISIS METODE UMBRELLA GROUTING PADA
TEROWONGAN JALAN RAYA PROYEK JALAN TOL
CISUMDAWU**



**GREGORIUS VARIANT GIOVANN SETJADININGRAT
NPM: 2013410173**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)
BANDUNG
JUNI 2018**

SKRIPSI

**ANALISIS METODE UMBRELLA GROUTING PADA
TEROWONGAN JALAN RAYA PROYEK JALAN TOL
CISUMDAWU**



**GREGORIUS VARIANT GIOVANN SETJADININGRAT
NPM: 2013410173**

BANDUNG, 12 JUNI 2018

PEMBIMBING



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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)**

**BANDUNG
JUNI 2018**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Gregorius Variant Giovann Setjadiningrat

NPM : 2013410173

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: Analisis Metode *Umbrella Grouting* pada Terowongan Jalan Raya Pada Proyek Jalan Tol Cisumdawu adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, Juni 2018



Gregorius Variant Giovann Setjadiningrat

2013410173

ANALISIS PENGARUH UMBRELLA GROUTING PADA TEROWONGAN JALAN RAYA PROYEK JALAN TOL CISUMDAWU

Gregorius Variant Giovann Setjadiningrat
NPM: 2013410173

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

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)
BANDUNG
JUNI 2018

ABSTRAK

Karya tulis ilmiah ini menyajikan analisis pengaruh stabilisasi konstruksi terowongan dengan metode *umbrella grouting*. Terowongan jalan raya pada Proyek Jalan Tol Cisumdawu terletak pada tanah lunak. Kondisi ini dapat menyebabkan keruntuhan tiba-tiba apabila dilakukan. Dengan adanya stabilisasi *umbrella grouting*, nilai kohesi dan sudut geser dalam pada tanah meningkat sehingga tanah tersebut dapat menahan beban tanah di sekitarnya. Analisis ini akan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak PLAXIS 2D. Hasil analisis ini menunjukkan pada terowongan yang dikonstruksi secara bertahap tanpa adanya stabilisasi ataupun pelindung akan terjadi keruntuhan tiba-tiba. Sementara itu, pada terowongan yang dikonstruksi secara bertahap dan dilakukan stabilisasi menggunakan *umbrella grouting*, terowongan dapat dikonstruksi dengan aman.

Kata kunci: terowongan, tanah lunak, *umbrella grouting*, stabilisasi, PLAXIS 2D

UMBRELLA GROUTING METHOD ANALYSIS ON CISUMDAWU TOLL ROAD TUNNEL

**Gregorius Variant Giovanni Setjadiningrat
NPM: 2013410173**

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

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT 4339/SK/BAN-PT/Akred/PT/XI/2017)
BANDUNG
JUNE 2018**

ABSTRACT

This paper present an analysis of the effect of tunnel stabilization with umbrella-grouting method. The Cisumdawu toll road tunnel lays in soft soil area. When excavating soils in this condition, this condition can cause a sudden collapse if the construction was done. The umbrella grouting stabilization increase cohesion and internal angle of friction value in the soil so the grouted soil can withstand the surrounding soil load. This analysis will be done with the help of PLAXIS 2D software. The result of this analysis show that the gradually constructed tunnels without any stabilization or shield giving a result of a direct failure. In the other hand, the gradually constructed tunnel with the umbrella grouting method, tunnel can be constructed safely.

Keywords: tunnel, soft soil, umbrella grouting, stabilization, PLAXIS 2D

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas dukungan dan penyertaan-Nya karya tulis ilmiah berjudul Analisis Pengaruh Metode *Umbrella Grouting* pada Terowongan Jalan Raya Pada Proyek Jalan Tol Cisumdawu dapat terselesaikan. Penulisan skripsi ini adalah syarat wajib menyelesaikan Program Sarjana.

Dalam proses penyusunan karya tulis ilmiah ini penulis melalui berbagai kesulitan dan hambatan. Namun, dengan semangat kerja keras dan ketekunan, serta bantuan dari berbagai pihak, akhirnya penulisan karya tulis ilmiah ini dapat terselesaikan. Penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph. D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis sepanjang penulisan skripsi ini.
2. Mama, Papa dan Heinrich yang telah memberikan dukungan doa dan moral kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Aswin Lim, Ph. D., Ibu Dr. Rinda Karlinasari, Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., dan Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis.
4. Alm. Mak Rety dan Alm. Mak Ida yang telah senantiasa mendoakan penulis untuk dapat menyelesaikan studi dengan lancar.
5. Stefanus Diaz, S.T. yang telah mengajarkan penggunaan perangkat lunak PLAXIS.
6. Dennis Buddy Saputra yang telah membantu penulis dalam berbagai hal yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
7. Teman-teman seperjuangan: Alexander Dion, Dennis Buddy Saputra, Findlay Adelwin yang telah bersama-sama berusaha dan saling membantu dalam menyelesaikan Program Sarjana.
8. Sahabat-sahabat di Serpong: Clemens Jason, Nickho Budiharto, Novandry Edwin dan Wisely Tandi yang telah memberikan dukungan

dan semangat dalam berbagai hal kepada penulis untuk menyelesaikan studi.

9. Seluruh mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan Angkatan 2013 yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
10. Pihak-pihak lain yang belum disebutkan yang telah memberikan berbagai bantuan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa ada banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penelitian ini. Maka dari itu diharapkan saran dan kritik sangat diharapkan untuk perbaikan bagi penulis ke depannya.

Bandung, Juni 2018



Gregorius Variant Giovanni Setjadinigrat

2013410173

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Lingkup Bahasan	1-2
1.5 Metode Penelitian	1-2
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-3
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 Definisi Terowongan dan Klasifikasinya Terowongan	2-1
2.1.1 Klasifikasi Terowongan Berdasarkan Kegunaannya	2-1
2.1.2 Klasifikasi Terowongan Berdasarkan Cara Pembuatannya	2-2
2.2 Perencanaan	2-4
2.2.1 Kondisi Geologi Tanah	2-4
2.2.2 Penyelidikan Geoteknik	2-5
2.2.3 Terowongan pada Tanah Lunak	2-9
2.3 Permasalahan dalam Pelaksanaan	2-13
2.3.1 Masalah Penyusutan pada Lubang Terowongan	2-13
2.3.2 Air Tanah	2-14
2.3.3 Gempa	2-14
2.4 Konstruksi Lining	2-14
2.5 Efek Konstruksi Terowongan pada <i>Settlement</i> di Permukaan Tanah	2-15
2.6 Metode Konstruksi Terowongan	2-17
2.6.1 Metode <i>Umbrella Grouting</i>	2-17
2.6.2 Metode Penggalan Manual	2-19

BAB 3 METODE PENELITIAN	3-1
3.1 Teknik Pengumpulan Data	3-1
3.1.1 Latar Belakang Proyek	3-1
3.1.2 Lokasi Proyek	3-2
3.1.3 Pemilihan Data	3-2
3.2 Teknik Pengolahan Data	3-4
3.2.1 Latar Belakang Perangkat Lunak PLAXIS	3-4
3.2.2 Pemodelan pada PLAXIS 2D	3-4
BAB 4 ANALISIS DATA	4-1
4.1 Parameter untuk Analisis	4-1
4.1.1 Parameter Material	4-1
4.1.2 Spesifikasi Terowongan	4-2
4.2 Analisis Menggunakan PLAXIS	4-3
4.2.1 Pemodelan Tanpa Adanya <i>Umbrella Grouting</i>	4-3
4.2.2 Pemodelan Dengan Adanya <i>Umbrella Grouting</i>	4-3
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran	5-1
DAFTAR PUSTAKA	xix
LAMPIRAN 1 DATA PROYEK	L1-1
LAMPIRAN 2 DATA <i>BORING LOG</i>	L2-1
LAMPIRAN 3 DATA <i>PERMEABILITY TEST</i>	L3-1
LAMPIRAN 4 DATA HASIL UJI LABORATORIUM	L4-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

B	= lebar bukaan
C_u	= kuat geser tanah tak teralir
D	= diameter luar terowongan
I	= jarak horizontal dari sumbu terowongan (<i>point of inflection</i>)
K	= parameter empiris
P_z	= tegangan total pada kedalaman Z
S	= lendutan permukaan pada titik tertentu
S_{max}	= lendutan permukaan maksimum (di atas as terowongan)
V_S	= volume galian terowongan
V_L	= <i>volume loss</i>
y	= jarak horizontal arah tegak lurus terowongan dari titik pusat terowongan
Z_0	= kedalaman dari permukaan tanah ke sumbu terowongan
NATM	= New Austrian Tunneling Method
SPT	= standard penetration test

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-4
Gambar 2.1 Kelompok Pemboran yang Dapat Memberikan Interpretasi yang Tidak Akurat	2-9
Gambar 2.2 Layout Pemboran yang Baik dan Dapat Memberikan Informasi yang Lengkap Tentang Pelapisan Tanah dan Batuan	2-9
Gambar 2.3 Kondisi yang Menyebabkan Penyusutan Lubang Terowongan	2-14
Gambar 2.4 Skema Potongan Melintang dan Longitudinal dari Model Sederhana Umbrella Grouting Sumber:.....	2-17
Gambar 2.5 Kesesuaian tanah untuk jenis <i>grout</i>	2-18
Gambar 2.6 Cara Penggalian Konvensional	2-19
Gambar 3.1 Citra Satelit Lokasi Terowongan Proyek Jalan Tol Cisumdawu	3-2
Gambar 3.2 Potongan Memanjang Terowongan	3-3
Gambar 3.3 Grafik Data SPT pada STA 12+250.....	3-3
Gambar 3.4 Halaman Antar Muka PLAXIS 2D	3-4
Gambar 3.5 Halaman Pengaturan Material.....	3-6
Gambar 3.6 Halaman Perancangan Terowongan.....	3-7
Gambar 3.7 Pemodelan Lengkap pada PLAXIS.....	3-7
Gambar 3.8 Urutan Penggalian Pada Terowongan	3-8
Gambar 3.9 Halaman Pemasukan Tahapan-Tahapan Konstruksi dan Menghitung Analisis.....	3-9
Gambar 4.1 Gambar Potongan Melintang dari Terowongan	4-2
Gambar 4.2 Hasil <i>Output Deformed Mesh</i> Menunjukkan Keruntuhan Tiba-Tiba Pada Pemodelan Pertama	4-3
Gambar 4.3 Hasil <i>Output Deformed Mesh</i> Pemodelan Ke-2.....	4-4
Gambar 4.4 Hasil <i>Output Total Displacements</i> Pemodelan Ke-2.....	4-4
Gambar 4.5 Hasil <i>Output Bending Moments</i> Pemodelan Ke-2.....	4-4
Gambar 4.6 Hasil <i>Output Total Horizontal Displacement</i> Pada Terowongan Pemodelan Ke-2	4-5
Gambar 4.7 Hasil <i>Output Total Vertical Displacement</i> Pada Terowongan Pemodelan Ke-2	4-5

Gambar 4.8 Lokasi Titik A.....	4-6
Gambar 4.9 Lokasi Titik B, C dan D Pada Terowongan 1 (Bagian Kiri)	4-6
Gambar 4.10 Lokasi Titik E, F dan G Pada Terowongan 2 (Bagian Kanan)	4-6
Gambar 4.11 Grafik Perpindahan Total Setiap Titik Untuk Setiap Tahap Konstruksi.....	4-7

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah untuk Terowongan	2-11
Tabel 3.1 Densitas pada Tanah Butir Kasar	3-5
Tabel 3.2 Konsistensi pada Tanah Butir Halus	3-6
Tabel 4.1 Properti Umum Lapisan Tanah	4-1
Tabel 4.2 Parameter Lapisan Tanah	4-1
Tabel 4.3 Properti Umum dan Parameter <i>Grouted Soil</i> dan Beton	4-2
Tabel 4.4 Rangkuman Hasil Analisis	4-7

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DATA PROYEK.....	L1-1
LAMPIRAN 2 DATA <i>BORING LOG</i>	L2-1
LAMPIRAN 3 DATA <i>PERMEABILITY TEST</i>	L3-1
LAMPIRAN 4 DATA HASIL UJI LABORATORIUM.....	L4-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Terowongan adalah sebuah struktur tembusan di bawah permukaan tanah atau gunung yang mana digali melewati tanah dan batuan sekitarnya. Terowongan biasanya tertutup di seluruh sisinya kecuali di kedua ujung terowongan tersebut. Terowongan dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti lalu lintas kendaraan (mobil dan kereta api), untuk keperluan pejalan kaki dan pesepeda, atau dapat digunakan untuk saluran air.

Pembangunan terowongan merupakan pekerjaan yang tidak mudah karena bentuk asli dari lapisan tanah di dalamnya tidak diketahui secara pasti sehingga perlu diperkirakan melalui hasil dari pengujian dan investigasi tanah. Pembangunan terowongan memiliki risiko yang besar mulai dari terjadi kebocoran air hingga terowongan dapat runtuh secara tiba – tiba. Oleh sebab itu, pembangunan terowongan perlu di analisis agar dapat menghindari risiko – risiko yang mungkin dapat terjadi.

Pada kasus terowongan di jalan tol Cisumdawu, diperlukan tembusan jalan melalui bukit. Posisi terowongan berada lebih dari 50 meter dibawah puncak bukit tersebut. Galian pada terowongan tersebut akan dilakukan secara manual sehingga perlu dilakukan proteksi pada langit – langit terowongan agar tidak runtuh saat akan dibangun. Stabilisasi yang akan dilakukan adalah dengan menggunakan metode “*Umbrella Grouting*” sehingga diperlukan analisis yang dapat membuktikan bahwa metode tersebut dapat meningkatkan nilai kohesi tanah yang dapat menahan keruntuhan.

1.2 Inti Permasalahan

Pembangunan terowongan merupakan konstruksi yang tidak mudah. Banyak risiko mulai dari kecelakaan hingga keruntuhan yang dapat terjadi. Oleh karena itu, perencana perlu mengetahui perilaku tanah terhadap galian pada terowongan kemudian melakukan analisis untuk menentukan apakah stabilisasi dengan metode *umbrella grouting* dapat mengurangi risiko keruntuhan pada area terowongan sehingga lokasi konstruksi aman dari keruntuhan ketika akan digali.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian skripsi ini antara lain:

1. Melakukan kajian literatur tentang teknik terowongan.
2. Mempelajari geologi tanah pada lokasi.
3. Melakukan kajian literatur tentang metode "*Umbrella Grouting*".
4. Mengetahui efek dari metode "*Umbrella Grouting*" terhadap stabilisasi terowongan.
5. Melakukan kajian literatur tentang elemen hingga.
6. Melakukan analisis menggunakan elemen hingga.
7. Melakukan analisis hasil perhitungan mengenai perilaku tanah terhadap galian.
8. Melakukan analisis hasil perhitungan mengenai stabilitas terowongan.

1.4 Lingkup Bahasan

Analisis ini difokuskan pada perilaku tanah terhadap galian terowongan beserta efek dari metode "*Umbrella Grouting*" terhadap stabilisasi terowongan pada Proyek Jalan Tol Cisumdawu.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan melalui tahapan – tahapan berikut yaitu:

1. Mengumpulkan literatur mengenai teknik terowongan dan stabilisasi tanah pada terowongan.
2. Mengumpulkan data laporan pengujian dan investigasi tanah, profil geologi tanah dan spesifikasi terowongan.
3. Mempelajari kaitan antara kohesi tanah dengan perilaku tanah terhadap galian terowongan.

4. Mempelajari stabilisasi terowongan menggunakan metode “*Umbrella Grouting*”.
5. Melakukan analisis terowongan menggunakan perangkat lunak elemen hingga.
6. Melakukan pembahasan terhadap hasil analisis.
7. Memberikan kesimpulan dan saran terhadap hasil pembahasan dan analisis.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan karya tulis ilmiah ini melalui beberapa tahap, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang permasalahan, inti permasalahan, maksud dan tujuan penelitian, lingkup bahasan, metode penelitian, sistematika penulisan dan diagram alir penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tinjauan terhadap teori dari teknik terowongan, perilaku tanah terhadap galian dan metode “*Umbrella Grouting*”.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas metode penelitian yang dilakukan untuk melakukan analisis perilaku tanah dan kestabilan tanah di terowongan pada proyek jalan tol Cisumdawu.

BAB 4 ANALISIS DATA

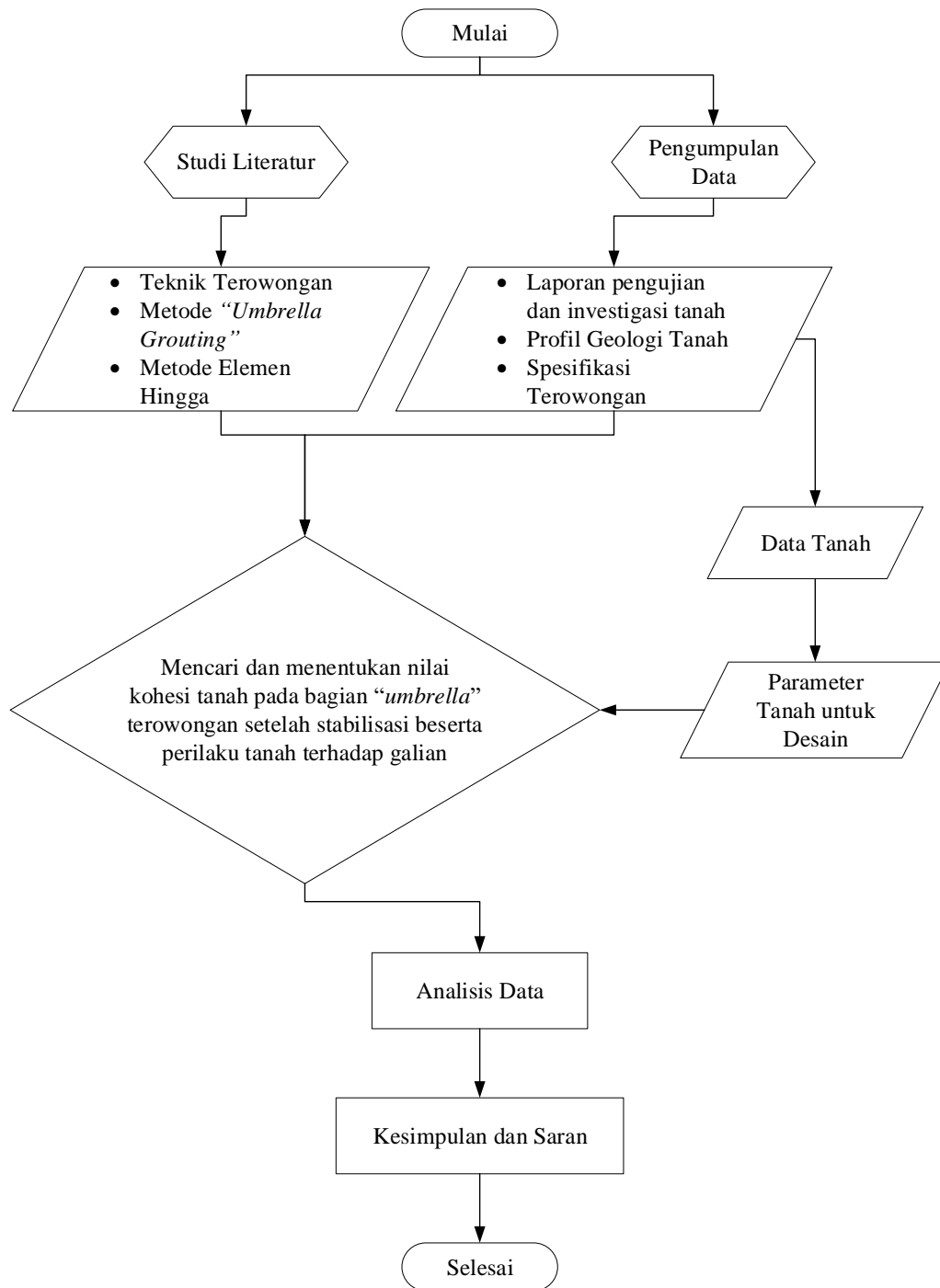
Bab ini membahas analisis data yang diperoleh dari pekerjaan terowongan pada proyek jalan tol Cisumdawu menggunakan perangkat lunak elemen hingga.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas kesimpulan dan saran terhadap hasil analisis dan pembahasan yang diperoleh.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Untuk menunjukkan proses penelitian yang akan dilakukan dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini maka dibuatlah diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.1**.



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian