

SKRIPSI

**STUDI MITIGASI STABILITAS TANGGUL LUMPUR
SIDOARJO DENGAN MENINGKATKAN KUAT
GESER LUMPUR YANG DIMAMPATKAN**



**DARLLEEN DAVINA ABELIA
NPM : 2013410123**

PEMBIMBING:

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2017**

SKRIPSI

**STUDI MITIGASI STABILITAS TANGGUL LUMPUR
SIDOARJO DENGAN MENINGKATKAN KUAT GESER
LUMPUR YANG DIMAMPATKAN**



**DARLLEEN DAVINA ABELIA
NPM : 2013410123**

PEMBIMBING:



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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2017**

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini,

Nama Lengkap : Darleen Davina Abelia

NPM : 2013410123

dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Studi Mitigasi Stabilitas Tanggul Lumpur Sidoarjo dengan Meningkatkan Kuat Geser Lumpur yang Dimampatkan” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 16 Juni 2017



Darleen Davina Abelia

2013410123

STUDI MITIGASI STABILITAS TANGGUL LUMPUR SIDOARJO DENGAN MENINGKATKAN KUAT GESER LUMPUR YANG DIMAMPATKAN

**Darleen Davina Abelia
NPM: 2013410123**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
(Akreditasi oleh SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNI 2017**

ABSTRAK

Erupsi lumpur terjadi di Porong, Sidoarjo pada Mei 2006, kejadian tersebut merupakan sebuah bencana yang merugikan bagi masyarakat dan lingkungan disekitarnya. Genangan lumpur semakin membesar semenjak erupsi terjadi. Berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah melalui Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo, salah satunya dengan membangun tanggul dan mengalirkan lumpur ke Sungai Porong. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui karakteristik dari Lumpur Sidoarjo jika dilakukan pemampatan, menganalisis stabilitas tanggul yang ada pada saat ini, dan menganalisis penerapan tanggul baru kelak. Pengujian laboratorium dilakukan untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam sebelum dan setelah dilakukan pemampatan. Hasil yang didapat melalui pengujian laboratorium kemudian di analisis dengan program komputer PLAXIS untuk mengetahui besar faktor keamanan yang dihasilkan. Diketahui jika pemampatan meningkatkan kekuatan geser dari Lumpur Sidoarjo, peningkatan tersebut berdampak pula pada faktor keamanan dari tanggul. Besar faktor keamanan tanggul setelah 10 tahun berdiri $FK = 0.992$, namun setelah dilakukan pemampatan terhadap Lumpur Sidoarjo, faktor keamanan daripada tanggul meningkat menjadi $FK = 1.387$.

Kata Kunci : Lumpur Sidoarjo, kohesi, sudut geser dalam, tanggul, faktor keamanan

MITIGATION STUDY OF SIDOARJO MUD DYKE'S STABILTY BY INCREASING THE SHEAR STRENGTH THROUGH MUD'S COMPRESSION

**Darleen Davina Abelia
NPM: 2013410123**

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

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JUNE 2017**

ABSTRACT

Mud eruption happened in Porong, Sidoarjo in Mei 2006, the it was a disaster to the people and enviroment around there. The land is covered with mud and it's getting bigger since its first eruption. Many efforts have been done by the government through Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo, such as by build an embankment and also discharge the mud to the Porong River. The purpose of this study is to know the characteristic of Sidoarjo Mud after the compression, to analyze the stability of the existing dyke, and to analyze the stability of the future dyke. Laboratory study is needed to know the cohesion and friction angle of Mud before and after compression. Result of the laboratory study after that being analyzed using computer programme PLAXIS to get the safety factor of the dyke. It is known that after the compression the shear strength of the mud is increasing, and it makes safety factor increasing also. After 10 years of the eruption the safety factor of the dyke is $SF = 0.992$, but after compression of the Sidoarjo Mud, the safety factor increases, now $SF = 1.387$.

Keywords : Sidoarjo Mud, cohesion, friction angle, embankment, safety factor

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas cinta dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Mitigasi Stabilitas Tanggul Lumpur Sidoarjo dengan Meningkatkan Kuat Geser Lumpur yang Dimampatkan”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan. Penulis menyadari dalam menyusun skripsi ini telah terkendala banyak masalah. Namun berkat kritik, saran, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, maka akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah mencurahkan perhatian, waktu, tenaga, dan membagikan ilmu pengetahuan yang berguna bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D., Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., MT., Ibu Siska Rustiani, Ir., MT., dan Ibu Dr. Rinda Karlinasari, Ir., MT, selaku dosen geoteknik yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan lebih baik.
3. Pak Andra dan Pak Yudi yang telah memberikan bimbingan dan bantuan kepada penulis.
4. Orangtua dan adik-adik penulis yang telah memberikan doa dan semangat yang tak henti-henti.
5. Sahabat-sahabat yang telah mengisi kehidupan suka dan duka penulis.
6. Tiara, Dhaning, Mitzi, Bimo, Suci, Kenny, Ichsan sebagai teman-teman seperjuangan.
7. Teman-teman SIPIL 2013 yang menjadi teman pertama di masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Penulis sangat berterimakasih apabila ada saran dan kritik yang dapat membuat skripsi ini akan

menjadi lebih baik lagi. Dibalik kekurangan tersebut, penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi teman-teman dan semua orang yang membacanya.

Bandung, 4 Juni 2017



Darleen Davina Abelia

2013410123

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	1-3
1.4 Lingkup Pembahasan.....	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-4
1.7 Diagram Alir	1-4
BAB 2 DASAR TEORI.....	2-1
2.1 Lumpur Sidoarjo	2-1
2.2 Analisis Kestabilan Tanggul.....	2-4
2.2.1 Kekuatan Geser Tanah.....	2-5
2.2.2 Faktor Keamanan.....	2-6
2.3 Pemampatan.....	2-7

2.4	Vacuum Consolidation.....	2-10
2.4.1	Jenis Metode Vakum.....	2-11
2.4.2	Kelebihan dan Kekurangan Metode Vakum	2-12
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN.....	3-1
3.1	Pengujian Laboratorium.....	3-1
3.1.1	Uji Berat Jenis	3-1
3.1.2	Uji Berat Isi dan Kadar Air	3-1
3.1.3	Uji Triaxial UU	3-1
3.1.4	Uji Pemampatan	3-2
3.2	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	3-2
3.3	Program Plaxis	3-3
3.3.1	Input	3-3
3.3.1.1	Geometri.....	3-3
3.3.1.2	<i>Standard Fixities</i>	3-4
3.3.1.3	<i>Input Material</i>	3-4
3.3.1.4	<i>Mesh Generation</i>	3-7
3.3.1.5	<i>Initial Condition</i>	3-7
3.3.2	Perhitungan	3-8
3.3.3	Hasil	3-9
3.4	Metode Penerapan Pemampatan Lumpur Sidoarjo.....	3-9
BAB 4	HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA.....	4-1
4.1	Sampel Tanah.....	4-1
4.2	Lokasi Tinjauan.....	4-1

4.3	Pengumpulan Data.....	4-2
4.3.1	Data Pengujian Laboratorium.....	4-2
4.3.2	Data Tanggul	4-3
4.4	Analisis Pemodelan	4-7
4.4.1	Tahapan Pemodelan Konstruksi Tanggul Saat Ini.....	4-7
4.4.2	Tahapan Pemodelan Konstruksi Penerapan Metode Vakum.....	4-10
4.4.3	Faktor Keamanan dan <i>Total Displacement</i>	4-11
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1	Kesimpulan	5-1
5.2	Saran	5-1
	DAFTAR PUSTAKA.....	xvii
	LAMPIRAN.....	xviii

DAFTAR NOTASI

cm	= centimeter
m	= meter
t	= ton
kg	= kilogram
g	= gram
T	= Gaya ketahanan geser (t/m)
S	= Gaya dorong geser (t/m)
c	= kohesi (t/m ²)
L	= Panjang segmen bidang gelincir (m)
W	= Bobot massa di atas segmen L (t/m')
V	= Beban luar (t/m')
μ	= Tekanan air pori ($\gamma_{air} \times h \times L$)
h	= Panjang garis ekuipotensial ke titik berat L (m)
α	= Sudut yang dibentuk oleh bidang gelincir (°)
ϕ	= Sudut geser dalam (°)
w	= kadar air
γ	= berat isi tanah
E	= modulus elastisitas
FK	= faktor keamanan
SPT	= Standard Penetration Test
°	= derajat

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Genangan Erupsi Lumpur Sidoarjo (metrotvnews, 2016).....	1-1
Gambar 1.2 Penyebaran Erupsi Lumpur Sidoarjo (CRISP)	1-2
Gambar 1.3 Diagram Alir	1-5
Gambar 2.1 Kondisi genangan Lumpur Sidoarjo (Google Earth, 2017).....	2-1
Gambar 2.2 Titik Pusat Erupsi Lumpur Sidoarjo (BLPS, 2007).....	2-2
Gambar 2.3 Tekstur dari Lumpur Sidoarjo (BLPS, 2007)	2-2
Gambar 2.4 Infrastruktur yang terendam genangan lumpur (BLPS, 2007).....	2-3
Gambar 2.5 Rumah yang terendam genangan lumpur (Wikipedia, 2006)	2-3
Gambar 2.6 Pembuangan Lusi ke Sungai Porong (BLPS, 2007)	2-4
Gambar 2.7 Kegagalan Tanggul (Posmedia, 2006).....	2-4
Gambar 2.8 Hukum keruntuhan dari Mohr-Coulomb	2-6
Gambar 2.9 Hubungan deformasi dan waktu	2-9
Gambar 2.10 <i>Air-Tight Sheet Method</i>	2-11
Gambar 2.11 <i>Vacuum-drain method</i>	2-12
Gambar 3.1 Uji Pemampatan.....	3-2
Gambar 3.2 <i>Material Sets</i>	3-4
Gambar 3.3 <i>General Input Material</i>	3-5
Gambar 3.4 Parameter Input Material	3-6
Gambar 3.5 Interfaces Input Material.....	3-7
Gambar 3.6 Perhitungan pada Plaxis.....	3-9
Gambar 3.7 Pembuatan Tanggul Baru.....	3-10
Gambar 3.8 Pemasangan horizontal drain	3-11
Gambar 3.9 Pindahkan lumpur dari dalam tanggul existing ke tanggul baru	3-11
Gambar 3.10 Pemasangan membran kedap udara pada lumpur yang sudah dipindahkan.....	3-12
Gambar 3.11 Lumpur dalam tanggul baru dilakukan pemampatan dengan metode vakum	3-12

Gambar 3.12 Air hasil pemompaan dibuang ke Sungai Porong, ketinggian lumpur pada tanggul baru mengalami penurunan, terjadi peningkatan kekuatan geser pada lumpur.....	3-13
Gambar 4.1 Lumpur Sidoarjo	4-1
Gambar 4.2 Lokasi Tinjauan Tanggul 10D (Agustawijaya, 2012).....	4-2
Gambar 4.3 Penampang Melintang Profil Lapisan Tanah (Agustawijaya, 2012).....	4-4
Gambar 4.4 Pemodelan Tanggul P10D (Agustawijaya, 2012)	4-5
Gambar 4.5 Kondisi awal.....	4-7
Gambar 4.6 Bronjong + Timbunan 1	4-7
Gambar 4.7 Bronjong + Timbunan 1 + Lumpur 1	4-8
Gambar 4.8 Bronjong + Timbunan 2	4-8
Gambar 4.9 Bronjong + Timbunan 2 + Lumpur 2	4-8
Gambar 4.10 Bronjong + Timbunan 3	4-9
Gambar 4.11 Bronjong + Timbunan 3 + Lumpur 3	4-9
Gambar 4.12 Bronjong + Timbunan 4	4-9
Gambar 4.13 Bronjong + Timbunan 4 + Lumpur 4	4-10
Gambar 4.14 Bronjong 2 + Timbunan 5 + Lumpur 4	4-10
Gambar 4.15 Tanggul Lama + Timbunan Baru	4-10
Gambar 4.16 Tanggul Lama + Timbunan Baru + Lumpur	4-11
Gambar 4.17 Tanggul Lama + Timbunan Baru + Lumpur yang dimampatkan	4-11

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Karakteristik Lumpur Sidoarjo	4-2
Tabel 4.2 Parameter Sebelum Pemampatan	4-3
Tabel 4.3 Parameter Setelah Pemampatan.....	4-3
Tabel 4.4 Data Parameter Tanah, Tanggul, dan Lumpur Sidoarjo.....	4-6
Tabel 4.5 Faktor Keamanan dan Total Displacement Tanggul Lama.....	4-12
Tabel 4.6 Faktor Keamanan dan Total Displacement Lumpur Setelah Dimampatkan.....	4-12

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 – DATA HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Erupsi lumpur panas terjadi sejak Mei 2006 di Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia. Lokasi erupsi berada pada pusat area industrial, sehingga dengan terjadinya peristiwa ini sangat mempengaruhi aktivitas ekonomi di wilayah Jawa Timur. Peristiwa tersebut mengakibatkan kerugian besar pada perindustrian, pertanian, permukiman warga setempat. Kondisi pada saat ini masih tergolong rawan, meskipun erupsi pertama kali terjadi 11 tahun lalu. Pada saat ini besarnya erupsi sudah berkurang drastis, awalnya 150–180 ribu m³/hari menjadi 5000–10000 m³/hari. Walaupun demikian penyebaran lumpur masih terus berlanjut dan semakin meluas.



Gambar 1.1 Genangan Erupsi Lumpur Sidoarjo (metrovtnews, 2016)

Upaya untuk menanggulangi erupsi lumpur dilakukan oleh Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (BPLS) dengan membuat tanggul untuk membendung genangan lumpur. Pembuatan tanggul tidak langsung menyelesaikan masalah lumpur Sidoarjo, karena tanggul berulang kali mengalami

kegagalan. Tanggul yang dibangun memiliki kapasitas sebesar 50 juta m³ sedangkan kondisi saat ini lumpur sudah mencapai 61 juta m³, sehingga keadaan tanggul saat ini sudah melebihi kapasitasnya. Pembuangan lumpur ke Sungai Porong dilakukan untuk mengurangi kapasitas daripada tanggul, namun hal tersebut memberikan dampak negatif dan mengakibatkan gangguan terhadap lingkungan di sepanjang sungai tersebut.



Gambar 1.2 Penyebaran Erupsi Lumpur Sidoarjo (CRISP)

Di sekitar lokasi erupsi Lumpur Sidoarjo terdapat jalan raya nasional sebagai jalur lintas kendaraan umum serta jalan rel. Kegagalan tanggul meningkatkan resiko bahaya pada wilayah tersebut karena menyebabkan tertutupnya sarana transportasi dan kemungkinan terburuk ialah memakan korban jiwa. Salah satu upaya untuk mengurangi kemungkinan bencana yang terjadi yaitu dengan memampatkan lumpur. Pemampatan terhadap lumpur yang menggenang dapat dilakukan untuk mencegah kegagalan tanggul. Tanggul akan mampu menampung volume lumpur berlebih, karena lumpur yang telah lebih dahulu mengendap akan mengalami pemampatan, sehingga tanggul akan memiliki ruang tampung kembali.

1.2 Inti Permasalahan

Mencegah terjadinya kegagalan tanggul akibat dari penyebaran lumpur yang terus berlangsung dan menyebar semakin luas dengan cara memampatkan genangan lumpur pada suatu lokasi secara berangsur-angsur.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dilakukannya penelitian antara lain untuk:

1. Mengetahui karakteristik material Lumpur Sidoarjo
2. Menganalisis kondisi tanggul yang ada pada saat ini
3. Menganalisis kondisi tanggul setelah dilakukan pemampatan

Tujuan dilakukannya penelitian untuk mengetahui efektivitas peningkatan kuat geser Lumpur Sidoarjo yang telah mengalami pemampatan.

1.4 Lingkup Pembahasan

Lingkup pembahasan pada penelitian ini difokuskan untuk melihat karakteristik material Lumpur Sidoarjo melalui pengujian laboratorium serta menganalisis kondisi tanggul dengan menggunakan program Plaxis.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian antara lain:

1. Studi literatur, dilakukan untuk dapat memahami dan memecahkan permasalahan yang dibahas dengan menjelaskan dan menjabarkan materi-materi yang diperoleh dari buku, jurnal, artikel baik media cetak maupun media elektronik.
2. Pengumpulan data, dilakukan dengan pengujian penyelidikan tanah di laboratorium serta pengumpulan data sekunder berupa hasil penelitian yang telah dilakukan pada lokasi yang ditinjau.
3. Analisis data, dilakukan dengan menganalisis hasil pengujian laboratorium serta analisis yang dilakukan dengan menggunakan program Plaxis terhadap kondisi sebelum dan sesudah lumpur mengalami pemampatan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian akan dibagi dalam lima bab, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup pembahasan, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Menjabarkan teori-teori yang digunakan dalam penelitian.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjabarkan cara memperoleh data parameter tanah dari material Lumpur Sidoarjo serta pengaplikasian plaxis.

BAB 4 HASIL UJI DAN ANALISIS DATA

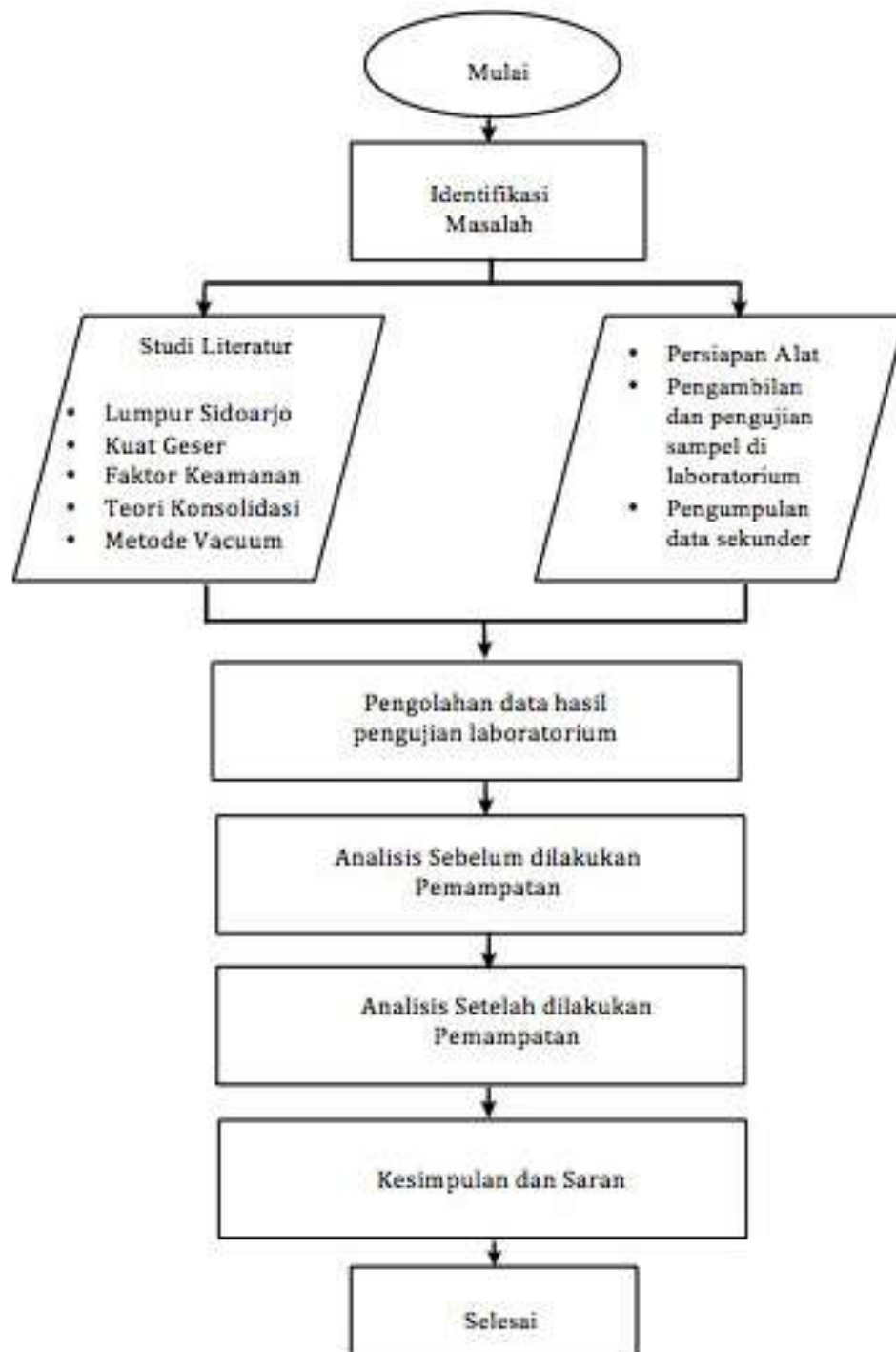
Memaparkan data dari hasil pengujian laboratorium material Lumpur Sidoarjo beserta dengan analisis plaxis.

BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dan saran dari hasil penelitian Lumpur Sidoarjo.

1.7 Diagram Alir

Penelitian dimulai dengan mengidentifikasi masalah yang akan dibahas. Studi literatur digunakan untuk memberikan dasar ilmu guna menunjang kebutuhan dalam melakukan persiapan alat, pengambilan dan pengujian sampel di laboratorium, menganalisis data yang telah diperoleh. Hasil yang didapat dari uji laboratorium kemudian dianalisis berdasarkan sebelum dan sesudah dilakukan pemampatan terhadap sampel tanah. Analisis yang dilakukan menggunakan program Plaxis untuk mengetahui besar penurunan dan faktor keamanan yang dihasilkan dari tanggul Lumpur Sidoarjo. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka selanjutnya akan ditarik kesimpulan dan saran. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Diagram Alir

