

**PERILAKU PERGERAKAN *MUDFLOW* LUMPUR SIDOARJO
BERDASARKAN TOPOGRAFI LERENG DENGAN
PROGRAM FLO-2D DAN HEC-RAS**

TESIS



Oleh:

Abdurahman Hafizudin

8102101026

Pembimbing:

Budijanto Widjaja, Ph.D.

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
JULI 2024**

HALAMAN PENGESAHAN

**PERILAKU PERGERAKAN *MUDFLOW* LUMPUR SIDOARJO
BERDASARKAN TOPOGRAFI LERENG DENGAN PROGRAM FLO-2D
DAN HEC-RAS**



Oleh :

Abdurahman Hafizudin

8102101026

Disetujui Untuk Diajukan Ujian Sidang pada Hari/Tanggal:

Jumat, 26 Juli 2024

Pembimbing Tunggal:



Budijanto Widjaja, Ph. D.

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
JULI 2024**

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

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

Nama : Abdurahman Hafizudin

NPM : 8102101026

Program Studi : Magister Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa tesis dengan judul:

PERILAKU PERGERAKAN *MUDFLOW* LUMPUR SIDOARJO
BERDASARKAN TOPOGRAFI LERENG DENGAN PROGRAM FLO-2D DAN
HEC-RAS

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: 26 Juli 2024



Abdurahman Hafizudin

**PERILAKU PERGERAKAN *MUDFLOW* LUMPUR SIDOARJO
BERDASARKAN TOPOGRAFI LERENG DENGAN PROGRAM FLO-2D
DAN HEC-RAS**

Abdurahman Hafizudin (NPM: 8102101026)

Pembimbing Tunggal: Budijanto Widjaja, Ph.D.

Magister Teknik Sipil

Bandung

Juli 2024

ABSTRAK

Lumpur Sidoarjo atau juga dikenal dengan lumpur lapindo adalah peristiwa menyemburan lumpur panas di lokasi pengeboran milik Lapindo Brantas Inc. yang terjadi sejak tahun 2006 silam, sebagai upaya menahan dan menampung semburan lumpur panas hasil erupsi atau mud volcano maka dikonstruksi tanggul penahan keliling. Tanggul penahan keliling dikonstruksi dalam waktu singkat dan sedikit mempertimbangkan kelayakan teknis sehingga dapat dikatakan tanggul merupakan *non-engineered embankment* yang sangat berisiko terjadi kegagalan, umumnya disebut dengan *dam-break*. Salah satunya yang berpotensi *dam-break* adalah pada tanggul sisi timur laut atau titik P.75 yang sangat dekat dengan pemukiman dusun Kalitengah Selatan, Desa Gempolsari, Kecamatan Tanggulangin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memprediksi arah pergerakan lumpur (*mudflow*) dan area yang terkena dampak apabila titik tanggul mengalami kegagalan yaitu pada area timur laut tanggul. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan simulasi pergerakan lumpur dengan menggunakan program FLO-2D dan HEC-RAS. Dilakukan 5 skenario yang berbeda yaitu dengan nilai LI (*Liquidity index*) yang berbeda-beda. Hasil akhir kedua program menunjukkan bahwa semakin besar nilai LI dampak area deposisi semakin luas dan hingga ke area pemukiman. Selain itu, juga dikembangkan peta zona resiko bahaya dan upaya mitigasinya.

Kata Kunci: *Mudflow*, Kegagalan Tanggul, Lumpur Sidoarjo, FLO-2D, HEC-RAS

**SIDOARJO MUDFLOW BEHAVIOR BASED ON TOPOGRAPHY SLOPE
USING FLO-2D AND HEC-RAS PROGRAMS**

Abdurahman Hafizudin (NPM: 8102101026)

Adviser: Budijanto Widjaja, Ph.D.

Master of Civil Engineering

Bandung

July 2024

ABSTRACT

The Sidoarjo Mudflow, also known as the Lapindo Mud, is an event of hot mud eruption at the drilling site owned by Lapindo Brantas Inc., which has been ongoing since 2006. Perimeter embankments were constructed to contain and hold the hot mud eruptions or mud volcanoes. These perimeter embankments were built quickly with little consideration of technical feasibility. Thus, they are considered non-engineered embankments at high risk of failure, commonly called dam breaks. One potential dam-break location is at the northeast embankment or point P.75, which is very close to the residential area of Kalitengah Selatan Hamlet, Gempolsari Village, Tanggulangin District. This research aims to predict the direction of mudflow movement and the affected areas in the event of embankment failure in the northeast region. Mudflow movement simulations were conducted using the FLO-2D and HEC-RAS programs to achieve this goal. Five different scenarios were performed with varying Liquidity Index (LI) values. The final results from both programs indicate that the larger the LI value, the wider the impact area of deposition, reaching into residential areas. Additionally, a hazard risk zone map and mitigation efforts were developed.

Keywords : Mudflow, Dam Break, Sidoarjo Mud , FLO-2D, HEC-RAS

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Perilaku Pergerakan *Mudflow* Lumpur Sidoarjo Berdasarkan Topografi Lereng dengan Program FLO-2D dan HEC-RAS”.

Pada tesis ini penulis menjabarkan mengenai proses sampai dengan hasil dalam melakukan penelitian secara sistematis dan terorganisir, mulai dari mengidentifikasi pokok masalah, melakukan kajian teoritis, metodologi penelitian dan menyimpulkan temuan akhir.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, mohon maaf apabila dalam penyelesaian draft proposal tesis ini terdapat banyak kesalahan, saran dan masukan sangat berarti untuk kesempurnaan penyusunan karya tulis ini.

Bandung, Juli 2024

Penulis,

Abdurahman Hafizudin

NPM: 8102101026

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN TESIS	
PERNYATAAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	3
1.3 Maksud Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Hipotesis	3
1.6 Metode Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
1.8 Diagram Alir Penelitian	6
BAB 2 DASAR TEORI	7
2.1 Aliran Lumpur (<i>Mudflow</i>)	7
2.1.1 Definisi <i>Mudflow</i>	7
2.1.2 Karakteristik <i>Mudflow</i>	8
2.1.3 Contoh Kasus <i>Mudflow</i>	8
2.2 Rheologi <i>Mudflow</i>	9
2.2.1 Yield Stress	10

2.2.2	Viskositas	10
2.3	Model Plastis Bingham	11
2.4	Dam Break	13
2.4.2	Contoh Dam Break	14
2.5	Mud volcano	14
2.5.1	Mekanisme Terjadinya Mud Volcano	17
2.5.2	Contoh Kasus Mud Volcano	18
2.6	Pemetaan Risiko	19
BAB 3 METODE PENELITIAN		22
3.1	Studi Literatur	22
3.2	Pengumpulan Data dan Referensi	22
3.3	Topografi Lereng	22
3.4	Penentuan Parameter Tanah	23
3.4.1	Pengujian Kadar Air Natural	23
3.4.2	Pengujian Berat Isi Tanah	23
3.4.3	Pengujian Berat Jenis Tanah	24
3.4.4	Uji Batas-Batas <i>Atterberg</i>	25
3.4.5	Penentuan Nilai C_v	27
3.4.6	Uji Fall Cone Penetrometer	28
3.4.7	Flow Box Test	30
3.5	Simulasi Program FLO-2D	32
3.6	Simulasi Program HEC-RAS	34
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Kondisi Geologi pada Lokasi Mud Volcano Lumpur Sidoarjo	36
4.2	Lokasi Pengambilan Sampel	37

4.3	Material Properties dan Parameter Rheologi Lumpur Sidoarjo	37
4.4	Penentuan Titik Tanggul <i>Dam Break</i>	38
4.5	Kondisi Topografi Lereng Tanggul Timur Laut	39
4.6	Hidrograf Lumpur	40
4.7	Kondisi Tutupan Lahan	41
4.8	Perbandingan Model Simulasi Program HEC-RAS dan FLO-2D	42
4.9	Simulasi Model Numerik Menggunakan Program HEC-RAS	44
4.10	Simulasi Model Numerik Menggunakan Program FLO-2D	59
4.11	Perbandingan Hasil Simulasi HEC-RAS dan FLO-2D	64
4.12	Analisis Sensitivitas	70
4.13	Perbandingan Hasil Simulasi dengan Kejadian <i>Mudflow</i> yang Telah Terjadi	72
4.14	Peta Zona Risiko Bahaya	77
4.15	Upaya Mitigasi Kegagalan Tanggul	78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA		82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Lumpur Sidoarjo	1
Gambar 1.2	Foto Citra Satelit di Lokasi Lumpur Sidoarjo (Google Earth, 2018)	2
Gambar 1.3	Diagram Alir Langkah Penelitian	6
Gambar 2.1	Kondisi Montecito, Santa Barbara dari Atas (Priscilla, 2019)	9
Gambar 2.2	Kondisi Kawasan Banjir Lumpur di California Selatan (Priscilla, 2019)	9
Gambar 2.3	Penggambaran Model Bingham (Kezdi, 1974)	11
Gambar 2.4	Perilaku material riil dan model Bingham	12
Gambar 2.5	Lumpur Beracun yang Meracuni Sungai Rio Doce (Loureiro, 2015)	14
Gambar 2.6	Fenomena penyemburan lumpur vulkanik di Porong Sidoarjo (Istadi B. Et al, 2009)	18
Gambar 2.7	Mud Volcano di <i>Azerbaijan</i> (O’Hare, 2018)	18
Gambar 2.8	<i>Mud Volcano</i> di Bledug Kuwu (Sanjaya, 2017)	19
Gambar 2.9	Fungsi Intensitas Banjir dengan Probabilitas pada Peta Risiko (FLO-2D, 2007)	21
Gambar 3.1	Alat Uji Flow Box (Widjaja dan Lee, 2013)	30
Gambar 3.2	Diagram Alir Penggunaan Program FLO-2D (Widjaja B. et al., 2010)	32
Gambar 3.3	Diagram Alir Penggunaan Program HEC-RAS (Agrawal, R. et al., 2016)	35
Gambar 4.1	Peta Geologi Regional pada Lokasi Lumpur Sidoarjo	36
Gambar 4.2	Lokasi Pengambilan Sampel	37

Gambar 4.3	Kondisi Tanggul pada Sisi Timur Laut	39
Gambar 4.4	Kondisi Topografi Lereng	40
Gambar 4.5	Hidrograf <i>Inflow</i> Lumpur	41
Gambar 4.6	Kondisi Tutupan Lahan di sekitar Tanggul	41
Gambar 4.7	Simulasi HEC-RAS LI 0.80 Menit ke-30	45
Gambar 4.8	Simulasi HEC-RAS LI 0.80 Menit ke-60	45
Gambar 4.9	Simulasi HEC-RAS LI 0.80 Menit ke-90	45
Gambar 4.10	Simulasi HEC-RAS LI 0.80 Menit ke-120	46
Gambar 4.11	Simulasi HEC-RAS LI 0.80 Menit ke-150	46
Gambar 4.12	Simulasi HEC-RAS LI 0.80 Menit ke-180	46
Gambar 4.13	Simulasi HEC-RAS LI 0.90 Menit ke-30	47
Gambar 4.14	Simulasi HEC-RAS LI 0.90 Menit ke-60	47
Gambar 4.15	Simulasi HEC-RAS LI 0.90 Menit ke-90	48
Gambar 4.16	Simulasi HEC-RAS LI 0.90 Menit ke-120	48
Gambar 4.17	Simulasi HEC-RAS LI 0.90 Menit ke-150	48
Gambar 4.18	Simulasi HEC-RAS LI 0.90 Menit ke-180	49
Gambar 4.19	Simulasi HEC-RAS LI 1.0 Menit ke-30	49
Gambar 4.20	Simulasi HEC-RAS LI 1.0 Menit ke-60	50
Gambar 4.21	Simulasi HEC-RAS LI 1.0 Menit ke-90	50
Gambar 4.22	Simulasi HEC-RAS LI 1.0 Menit ke-120	50
Gambar 4.23	Simulasi HEC-RAS LI 1.0 Menit ke-150	51
Gambar 4.24	Simulasi HEC-RAS LI 1.0 Menit ke-180	51
Gambar 4.25	Simulasi HEC-RAS LI 1.10 Menit ke-30	52
Gambar 4.26	Simulasi HEC-RAS LI 1.10 Menit ke-60	52
Gambar 4.27	Simulasi HEC-RAS LI 1.10 Menit ke-90	52

Gambar 4.28	Simulasi HEC-RAS LI 1.10 Menit ke-120	53
Gambar 4.29	Simulasi HEC-RAS LI 1.10 Menit ke-150	53
Gambar 4.30	Simulasi HEC-RAS LI 1.10 Menit ke-180	53
Gambar 4.31	Simulasi HEC-RAS LI 1.15 Menit ke-30	54
Gambar 4.32	Simulasi HEC-RAS LI 1.15 Menit ke-60	54
Gambar 4.33	Simulasi HEC-RAS LI 1.15 Menit ke-90	55
Gambar 4.34	Simulasi HEC-RAS LI 1.15 Menit ke-120	55
Gambar 4.35	Simulasi HEC-RAS LI 1.15 Menit ke-150	55
Gambar 4.36	Simulasi HEC-RAS LI 1.15 Menit ke-180	56
Gambar 4.37	Hubungan antara LI dengan Panjang Aliran menggunakan HEC-RAS	57
Gambar 4.38	Hubungan antara LI dengan Lebar Aliran menggunakan HEC-RAS	57
Gambar 4.39	Hubungan antara LI dengan Luas Deposisi menggunakan HEC-RAS	58
Gambar 4.40	Hubungan antara LI dengan Kedalaman Maksimum Aliran menggunakan HEC-RAS	58
Gambar 4.41	Hubungan antara LI dengan Waktu Deposisi menggunakan HEC-RAS	59
Gambar 4.42	Simulasi FLO-2D dengan LI 0.80	59
Gambar 4.43	Simulasi FLO-2D dengan LI 0.90	60
Gambar 4.44	Simulasi FLO-2D LI dengan LI 1.0	60
Gambar 4.45	Simulasi FLO-2D dengan LI 1.10	61
Gambar 4.46	Simulasi FLO-2D dengan LI 1.15	61
Gambar 4.47	Hubungan antara LI dengan Panjang Aliran menggunakan FLO-2D	62

Gambar 4.48	Hubungan antara LI dengan Lebar Aliran menggunakan FLO-2D	63
Gambar 4.49	Hubungan antara LI dengan Luas Deposisi menggunakan FLO-2D	63
Gambar 4.50	Hubungan antara LI dengan Kedalaman Maksimum Aliran menggunakan FLO-2D	63
Gambar 4.51	Hubungan antara LI dengan Waktu Deposisi menggunakan FLO-2D	64
Gambar 4.52	Kurva Perbandingan Hubungan antara LI dan Panjang Aliran pada HEC-RAS dan FLO-2D	65
Gambar 4.53	Kurva Perbandingan Hubungan antara LI dan Lebar Aliran pada HEC-RAS dan FLO-2D	65
Gambar 4.54	Kurva Perbandingan Hubungan antara LI dan Luas Deposisi pada HEC-RAS dan FLO-2D	66
Gambar 4.55	Kurva Perbandingan Hubungan antara LI dan Waktu Deposisi pada HEC-RAS dan FLO-2D	66
Gambar 4.56	Kurva Perbandingan Hubungan antara LI dan Kedalaman Aliran pada HEC-RAS dan FLO-2D	67
Gambar 4.57	Perbandingan Profil Aliran Lumpur pada LI 0.80	67
Gambar 4.58	Perbandingan Profil Aliran Lumpur pada LI 0.90	68
Gambar 4.59	Perbandingan Profil Aliran Lumpur pada LI 1.0	68
Gambar 4.60	Perbandingan Profil Aliran Lumpur pada LI 1.10	69
Gambar 4.61	Perbandingan Profil Aliran Lumpur pada LI 1.15	69
Gambar 4.62	Kurva Hubungan LI dengan Viskositas	73
Gambar 4.63	Kurva Hubungan LI dengan Yield Stress	74
Gambar 4.64	Hubungan antara LI dengan Panjang Aliran	74
Gambar 4.65	Hubungan antara LI dengan Lebar Aliran	75

Gambar 4.66	Hubungan Antara Kedalaman Aliran dengan LI	75
Gambar 4.67	Kurva Hubungan antara Waktu Deposisi dengan LI	76
Gambar 4.68	Perbandingan Kemiringan Lereng Topografi Lumpur Sidoarjo dan Kejadian <i>Mudflow</i> yang Telah Terjadi	77
Gambar 4.69	Peta Zona Bahaya	78
Gambar 4.70	Zona Rencana Pengembangan Kawasan Tanggul Lumpur Sidoarjo oleh PPLS tahun 2020	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tipe Keruntuhan Bendungan/Tanggul (HEC, 2014)	13
Tabel 2.2	Keterangan Warna Tingkat Risiko Banjir pada Peta Risiko (FLO-2D, 2007)	21
Tabel 3.1	Karakteristik Aliran Sebagai Fungsi Konsentrasi Sedimen (FLO-2D, 2007)	28
Tabel 3.2	Nilai Parameter Tahanan (FLO-2D, 2007)	33
Tabel 3.3	Nilai Koefisien <i>Manning</i> (FLO-2D, 2007)	33
Tabel 4.1	Parameter Karakteristik Lumpur Sidoarjo	38
Tabel 4.2	Parameter Rheologi Lumpur Sidoarjo	38
Tabel 4.3	Koefisien Manning's disekitar tanggul lumpur Sidoarjo	42
Tabel 4.4	Perbandingan Model Teoritis HEC-RAS dan FLO-2D	42
Tabel 4.5	Perbandingan Input, Proses dan Output Data HEC-RAS dan FLO-2D	43
Tabel 4.6	Resume Hasil Simulasi dengan HEC-RAS	56
Tabel 4.7	Resume Hasil Simulasi dengan FLO-2D	62
Tabel 4.8	Hasil Analisis Sensitifitas dengan Mengubah Koefisien <i>Manning's</i>	70
Tabel 4.9	Hasil Analisis Sensitivitas dengan Mengubah Koefisien <i>Strickler</i> (1)	71
Tabel 4.10	Hasil Analisis Sensitivitas dengan Mengubah Koefisien <i>Strickler</i> (2)	71
Tabel 4.11	Hasil Analisis Sensitivitas dengan Mengubah Volume Inflow	72
Tabel 4.12	Kumpulan Resume Data Kejadian Mudlfow yang Telah Terjadi (Widjaja et al., 2022)	72

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lumpur Sidoarjo atau juga dikenal dengan lumpur lapindo adalah peristiwa penyemburan lumpur panas di lokasi pengeboran milik Lapindo Brantas Inc. yang terjadi sejak tahun 2006 silam, kejadian ini merupakan salah satu fenomena geologi dan geoteknik yang menarik untuk diteliti. Semburan lumpur ini setidaknya sudah menenggelamkan setidaknya 16 desa di tiga kecamatan, bila semburan lumpur terjadi secara terus menerus maka tidak menutup kemungkinan akan semakin banyak lahan baru yang akan tergenang lumpur.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Lumpur Sidoarjo



Gambar 1.2 Foto Citra Satelit di Lokasi Lumpur Sidoarjo (Google Earth, 2018)

Sejumlah upaya telah dilakukan untuk menanggulangi luapan lumpur salah satunya dengan membangun tanggul, namun seiring berjalannya waktu volume tampungan cadangan yang dibuat oleh tanggul akan berkurang dan semakin besar massa lumpur yang harus ditahan oleh tanggul, hal ini berpotensi menyebabkan kegagalan tanggul sehingga lumpur mengalir keluar tanggul, aliran lumpur yang mengalir sejatinya tergantung dengan kondisi topografi daerah setempat dan dikhawatirkan aliran lumpur mengarah ke pemukiman penduduk, kejadian ini sangat berbahaya bila benar-benar terjadi karena mungkin penduduk sekitar tanggul tidak akan siap untuk melakukan evakuasi.

Oleh karena itu, perlu dilakukan studi untuk mengetahui perilaku pergerakan lumpur sidoarjo sehingga hasil keluarannya dapat memberikan gambaran perilaku pergerakan aliran lumpur dan peta deposisi sebaran lumpur.

Dalam studi ini digunakan bantuan perangkat lunak berbasis *Flood Routing Model* FLO-2D dan HEC-RAS.

1.2 Inti Permasalahan

Permasalahan yang dikaji dalam studi ini adalah perilaku pergerakan lumpur sidoarjo berdasarkan topografi lereng.

1.3 Maksud Penelitian

Maksud dari studi ini diantaranya adalah;

1. Melakukan prediksi arah aliran lumpur berdasarkan kondisi lereng topografi sekitar tanggul lumpur.
2. Melakukan pemetaan deposisi area *mudflow* pada wilayah yang terkena dampak.
3. Melakukan pengembangan peta risiko bahaya sebagai upaya mitigasi bila terjadi aliran lumpur keluar tanggul.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perilaku pergerakan *mudflow* lumpur sidoarjo berdasarkan topografi lereng dengan program FLO-2D dan HEC-RAS.

1.5 Hipotesis

Material lumpur memiliki karakteristik yang cukup unik dimana material tersebut merupakan Non-Newtonian karena memiliki dua parameter reologi yaitu *yield stress* dan viskositas (Widjaja B. et al., 2017). *Yield stress* merupakan parameter yang menentukan suatu aliran dapat terjadi, sedangkan viskositas merupakan parameter yang menentukan kecepatan suatu aliran (Widjaja B., 2019).

Lumpur dengan material utama berupa lempung memiliki kadar air diatas batas cairnya, oleh karenanya, nilai *yield stress* dapat mencapai 2 kPa. (Widjaja B. et al.,

2010), sementara itu viskositas merupakan sifat dasar dari semua cairan. Jika nilai viskositas rendah maka kecepatan aliran akan lebih cepat dibandingkan nilai viskositas yang tinggi. Maka dari itu dari kedua parameter tersebut dapat diketahui perilaku pergerakan dari lumpur sidoarjo.

Sementara untuk arah pergerakan dan sebaran lumpur yang terjadi dapat diketahui berdasarkan kondisi topografi wilayah, sehingga hasil akhirnya dapat menggambarkan perilaku pergerakan lumpur sidoarjo berdasarkan topografi lereng.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, studi kasus, pengumpulan data dan analisis data beserta simulasi. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari buku, artikel, jurnal dan referensi terkait dengan studi yang dilakukan. Studi kasus dan pengumpulan data berupa data hasil pengukuran topografi dan data karakteristik lumpur dari hasil uji di laboratorium. Parameter karakteristik yang didapat dari hasil uji di laboratorium akan digunakan untuk melakukan analisis data dan simulasi menggunakan program FLO-2D dan HEC-RAS untuk mengetahui perilaku pergerakan lumpur.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan ini yaitu menjelaskan mengenai gambaran umum tentang isi dari setiap bab yang akan disusun. Adapun bab yang akan disusun pada laporan diantaranya adalah;

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, inti permasalahan, maksud penelitian, tujuan penelitian, hipotesis, metode penelitian, sistematika penulisan dan diagram alir penelitian.

2. BAB 2 DASAR TEORI

Pada bab ini dijelaskan mengenai dasar teori yang berhubungan dengan bahasan penelitian seperti karakteristik lumpur, *yield stress*, viskositas, program FLO-2D.

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai metode dan cara pengambilan data yang akan digunakan untuk melakukan analisis beserta juga langkah-langkah dalam melakukan simulasi sehingga mendapatkan hasil yang sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian.

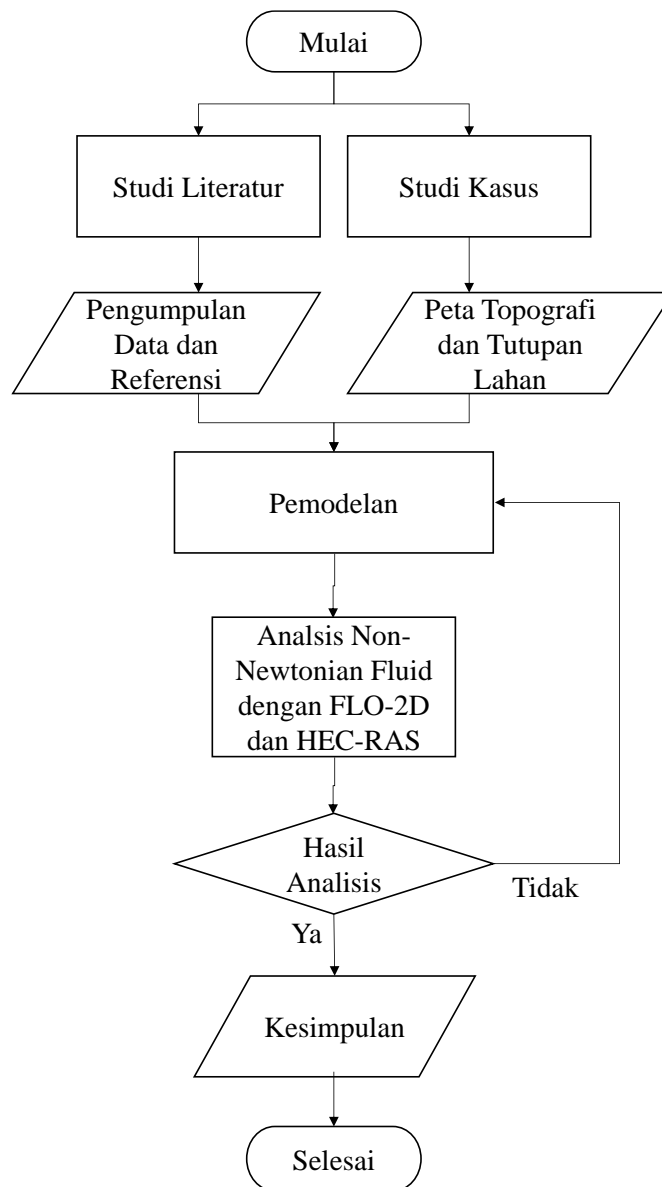
4. BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan mencakup kondisi topografi, tutupan lahan, hidrograf *inflow*, hasil simulasi menggunakan program FLO-2D dan HEC-RAS, peta zona risiko bahaya dan upaya mitigasi kegagalan tanggul.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

1.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1.3 Diagram Alir Langkah Penelitian