

SKRIPSI

**KRONOLOGI EVEN DAN SIMULASI NUMERIK ALIRAN
PIROKLASTIK GUNUNGAPI SINABUNG PERIODE 2014-2016
MENGUNAKAN APLIKASI TITAN2D**

Disusun dan diajukan oleh

**YOUNDREE RUDY MANGALUK
D061171507**



**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

SKRIPSI

**KRONOLOGI EVEN DAN SIMULASI NUMERIK ALIRAN
PIROKLASTIK GUNUNGAPI SINABUNG PERIODE 2014-2016
MENGUNAKAN APLIKASI TITAN2D**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata
satu (S-1) pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin*

**YOUNDREE RUDY MANGALUK
D061171507**

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**KRONOLOGI EVEN DAN SIMULASI NUMERIK ALIRAN
PIROKLASTIK GUNUNGAPI SINABUNG PERIODE 2014-2016
MENGUNAKAN APLIKASI TITAN2D**

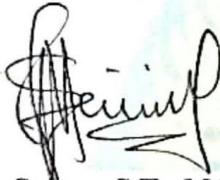
Disusun dan diajukan oleh

**YOUNDREE RUDY MANGALUK
D061171507**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Sultan, S.T., M.T
NIP. 19700705 199702 1 002

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Asri Jaya, HS, S.T., M.T
NIP. 19591008 19873 1 001

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Asri Jaya H.S., ST., MT
NIP. 19591008 19873 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Youndree Rudy Mangaluk
NIM : D061171507
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul
**Kronologi Even dan Simulasi Numerik Aliran Piroklastik Gunungapi
Sinabung Periode 2014-2016 Menggunakan Aplikasi Titan2D**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 25 Januari 2022

Yang Menyatakan



Youndree Rudy Mangaluk

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Kronologi Even dan Simulasi Numerik Aliran Piroklastik Gunungapi Sinabung Periode 2014-2016 Menggunakan Aplikasi Titan2D”**.

Pada kesempatan ini penulis tidak lupa ingin menyampaikan ucapan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan dan membantu penulis dalam menyusun laporan ini, antara lain :

1. Bapak Dr. Sultan S.T., M.T sebagai Dosen Pembimbing Utama
2. Bapak Dr. Eng. Asri Jaya HS., S.T., MT sebagai Dosen Pembimbing Pendamping dan sekaligus sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan arahan dan ilmu.
4. Bapak Dr. Ir. M. Fauzi Arifin, M.Si sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan arahan dan ilmu.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil sebagai Penasehat Akademik.
6. Bapak dan Ibu dosen pada Departement Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bimbingannya.
7. Bapak dan ibu staf Departement Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.

8. Bapak Willfridus F.S Banggur, S.T selaku pembimbing di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) yang telah meluangkan waktunya serta memberikan ilmu baru kepada saya.
9. Rekan-rekan mahasiswa Geologi angkatan 2017 Raptor atas dukungan dan bantuannya.
10. Orang tua saya yang telah memberikan segala dukungan materil dan moril.
11. Tije, Mahe, Sarah dan Sate atas bantuannya dalam pembuatan laporan dan pembuatan peta

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karenanya saran dan masukan yang bersifat membangun dari pembaca sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan pemetaan ini.

Akhir kata, semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, khususnya bagi penulis. Amin.

Gowa, 10 Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Maksud dan Tujuan	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Letak, Luas, dan Kesampaian Daerah	3
1.5 Alat dan Bahan	4
1.6 Peneliti Terdahulu	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Geologi Regional.....	6
2.1.1 Geomorfologi Daerah Penelitian.....	7
2.1.2 Stratigrafi Regional	7
2.1.3 Struktur Regional	10
2.2 Gunungapi Sinabung	10
2.2.1 Tipe dan Bentuk Gunungapi Sinabung	12
2.2.2 Material Gunungapi Sinabung.....	13
2.2.3 Sejarah Letusan Gunungapi Sinabung	14
2.3 Peta Kawasan Rawan Bencana.....	15
2.4 Pemodelan Aliran Piroklastik.....	17
2.5 <i>Digital Elevation Model (DEM)</i>	19

BAB III METODE DAN TAHAPAN PENELITIAN	20
3.1 Metode Penelitian.....	20
3.2 Tahapan Penelitian	20
3.2.1 Tahap Persiapan dan Studi Literatur	20
3.2.2 Tahap Pengumpulan Data	21
3.2.3 Tahap Pengolahan Data	21
3.2.4 Tahap Interpretasi dan Hasil Simulasi	22
3.2.5 Penyusunan Laporan	22
3.3 Diagram Alir.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Aktivitas Letusan Gunungapi Sinabung.....	27
4.2 Pengaruh Perubahan Morfologi Kubah Lava terhadap Arah letusan.....	28
4.3 Simulasi Aliran Piroklastik menggunakan aplikasi Titan2D	32
4.3.1 Volume Kubah Lava pada Pusat Kawah	34
4.3.1.1 Hasil Volume Kubah Lava 500 ribu m ³	34
4.3.1.2 Hasil Volume Kubah Lava 1 juta m ³	36
4.3.1.3 Hasil Volume Kubah Lava 2 juta m ³	38
4.3.1.4 Hasil Volume Kubah Lava 3 juta m ³	40
4.3.2 Volume Kubah Lava pada Sisi Tenggara.....	42
4.3.2.1 Hasil Volume Kubah Lava 500 ribu m ³	42
4.3.2.2 Hasil Volume Kubah Lava 2 juta m ³	44
4.3.2.3 Hasil Volume Kubah Lava 3 juta m ³	46
4.4 <i>Overlay</i> Hasil Simulasi dengan Peta Kawasan Rawan Bencana.....	51
4.4.1 Jangkauan Hasil Simulasi Volume 500 ribu m ³ pada Pusat Kawah	51
4.4.2 Jangkauan Hasil Simulasi Volume 1 juta m ³ pada Pusat Kawah.....	53
4.4.3 Jangkauan Hasil Simulasi Volume 2 juta m ³ pada Pusat Kawah.....	54
4.4.4 Jangkauan Hasil Simulasi Volume 3 juta m ³ pada Pusat Kawah.....	56
4.4.5 Jangkauan Hasil Simulasi Volume 500 ribu m ³ pada Sisi Tenggara	57
4.4.6 Jangkauan Hasil Simulasi Volume 2 juta m ³ pada Sisi Tenggara.....	59
4.4.7 Jangkauan Hasil Simulasi Volume 3 juta m ³ pada Sisi Tenggara.....	60
BAB V PENUTUP	67
7.1 Kesimpulan.....	67
7.1 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69

LAMPIRAN

- Peta Area Terdampak Letusan Gunungapi Sinabung

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi	4
Gambar 2.1 Sebagian peta geologi Lembar Medan yang menunjukkan lokasi daerah penelitian (Cameroon, 1982)	6
Gambar 2.2 Peta geologi Gunungapi Sinabung (Prambada, 2010)	9
Gambar 2.3 Gunungapi Sinabung pada pos pengamatan gunungapi 1 daerah Sigarang-garang	11
Gambar 2.4 Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Sinabung (Mulyana, 2010)	17
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian Tugas Akhir	23
Gambar 4.1 Perubahan morfologi Gunungapi Sinabung dilihat dari citra satelit	29
Gambar 4.2 Grafik kegempaan Gunungapi Sinabung 1 Januari 2014 – 31 Desember 2016.....	30
Gambar 4.3 Diagram rose arah letusan Gunungapi Sinabung Periode Oktober 2014 – Desember 2016.....	31
Gambar 4.4 Hasil <i>overlay</i> pusat kawah simulasi 500 ribu m ³ pada <i>google earth</i>	34
Gambar 4.5 Hasil simulasi aliran piroklastik pusat kawah selama 120 detik Dengan rentang waktu 20 detik pada volume 500 ribu m ³	35
Gambar 4.6 Hasil <i>overlay</i> pusat kawah simulasi 1 juta m ³ pada <i>google earth</i> . 36	
Gambar 4.7 Hasil simulasi aliran piroklastik pusat kawah selama 220 detik Dengan rentang waktu 20 detik pada volume 1 juta m ³	37
Gambar 4.8 Hasil <i>overlay</i> pusat kawah simulasi 2 juta m ³ pada <i>google earth</i> . 38	

Gambar 4.9	Hasil simulasi aliran piroklastik pusat kawah selama 220 detik Dengan rentang waktu 20 detik pada volume 2 juta m ³	39
Gambar 4.10	Hasil <i>overlay</i> pusat kawah simulasi 3 juta m ³ pada <i>google eart</i> .	40
Gambar 4.11	Hasil simulasi aliran piroklastik pusat kawah selama 220 detik Dengan rentang waktu 20 detik pada volume 3 juta m ³	41
Gambar 4.12	Hasil <i>overlay</i> sisi tenggara simulasi 500 ribu m ³ pada <i>google earth</i>	42
Gambar 4.13	Hasil simulasi aliran piroklastik sisi tenggara selama 60 detik Dengan rentang waktu 30 detik pada volume 500 ribu m ³	43
Gambar 4.14	Hasil <i>overlay</i> sisi tenggara simulasi 2 juta m ³ pada <i>google earth</i>	44
Gambar 4.15	Hasil simulasi aliran piroklastik sisi tenggara selama 240 detik Dengan rentang waktu 25 detik pada volume 2 juta m ³	45
Gambar 4.16	Hasil <i>overlay</i> sisi tenggara simulasi 3 juta m ³ pada <i>google earth</i>	46
Gambar 4.17	Hasil simulasi aliran piroklastik sisi tenggara selama 220 detik Dengan rentang waktu 20 detik pada volume 3 juta m ³	47
Gambar 4.18	Komparasi hasil simulasi aliran piroklastik pusat kawah pada volume 500 ribu m ³ , 1 juta m ³ , 2 juta m ³ , 3 juta m ³	49
Gambar 4.19	Komparasi hasil simulasi aliran piroklastik sisi tenggara pada volume 500 ribu m ³ , 2 juta m ³ , dan 3 juta m ³	50
Gambar 4.20	<i>Overlay</i> hasil simulasi aliran piroklastik di pusat kawah dengan KRB skenario volume kubah lava 500 ribu m ³ di <i>google earth</i>	51
Gambar 4.21	<i>Overlay</i> hasil simulasi aliran piroklastik di pusat kawah dengan KRB skenario volume kubah lava 1 juta m ³ di <i>google earth</i>	53
Gambar 4.22	<i>Overlay</i> hasil simulasi aliran piroklastik di pusat kawah dengan KRB skenario volume kubah lava 2 juta m ³ di <i>google earth</i>	54
Gambar 4.23	<i>Overlay</i> hasil simulasi aliran piroklastik di pusat kawah dengan KRB skenario volume kubah lava 3 juta m ³ di <i>google earth</i>	56
Gambar 4.24	<i>Overlay</i> hasil simulasi aliran piroklastik di sisi tenggara dengan KRB skenario volume kubah lava 500 ribu m ³ di <i>google earth</i>	57

- Gambar 4.25** *Overlay* hasil simulasi aliran piroklastik di sisi tenggara dengan KRB skenario volume kubah lava 2 juta m³ di *google earth*..... 59
- Gambar 4.26** *Overlay* hasil simulasi aliran piroklastik di sisi tenggara dengan KRB skenario volume kubah lava 3 juta m³ di *google earth*..... 60
- Gambar 4.27** Peta area terdampak aliran piroklastik Gunungapi Sinabung 2014-2016 simulasi pada pusat kawah..... 64
- Gambar 4.28** Peta area terdampak aliran piroklastik Gunungapi Sinabung 2014-2016 simulasi pada sisi tenggara..... 65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Data volume kubah lava 500 ribu m ³ pada pusat kawah.....	34
Tabel 4.2 Data volume kubah lava 1 juta m ³ pada pusat kawah	36
Tabel 4.3 Data volume kubah lava 2 juta m ³ pada pusat kawah	38
Tabel 4.4 Data volume kubah lava 3 juta m ³ pada pusat kawah	40
Tabel 4.5 Data volume kubah lava 500 ribu m ³ pada sisi tenggara.....	42
Tabel 4.6 Data volume kubah lava 2 juta m ³ pada sisi tenggara	44
Tabel 4.7 Data volume kubah lava 3 juta m ³ pada sisi tenggara	46
Tabel 4.8 Hasil <i>output</i> simulasi pada pusat kawah dan sisi tenggara Gunungapi Sinabung	48
Tabel 4.9 Jangkauan hasil simulasi aliran piroklastik Gunungapi Sinabung pada pusat kawah dengan skenario volume kubah lava 500 ribu m ³ . 52	52
Tabel 4.10 Jangkauan hasil simulasi aliran piroklastik Gunungapi Sinabung pada pusat kawah dengan skenario volume kubah lava 1 juta m ³ .. 54	54
Tabel 4.11 Jangkauan hasil simulasi aliran piroklastik Gunungapi Sinabung pada pusat kawah dengan skenario volume kubah lava 2 juta m ³ 55	55
Tabel 4.12 Jangkauan hasil simulasi aliran piroklastik Gunungapi Sinabung pada pusat kawah dengan skenario volume kubah lava 3 juta m ³ 57	57
Tabel 4.13 Jangkauan hasil simulasi aliran piroklastik Gunungapi Sinabung pada sisi tenggara dengan skenario volume kubah lava 500 ribu m ³ 58	58
Tabel 4.14 Jangkauan hasil simulasi aliran piroklastik Gunungapi Sinabung pada sisi tenggara dengan skenario volume kubah lava 2 juta m ³ ... 60	60
Tabel 4.15 Jangkauan hasil simulasi aliran piroklastik Gunungapi Sinabung pada sisi tenggara dengan skenario volume kubah lava 3 juta m ³ ... 61	61
Tabel 4.16 Data hasil simulasi aliran piroklastik Gunungapi Sinabung tahun 2014-2016.....	62

ABSTRAK

Gunungapi Sinabung merupakan salah satu gunungapi aktif yang berada di Indonesia khususnya pulau Sumatera. Bahaya yang dihasilkan gunungapi ini adalah bahaya letusan atau kegiatan gunung berupa material yang berbentuk padat, cair dan gas serta diantaranya yang dapat mengancam dan menimbulkan korban jiwa. Gunungapi Sinabung berdasarkan letak geografis berada pada $03^{\circ} 10' 12''$ Lintang Utara dan $98^{\circ} 23' 31''$ Bujur Timur.

Penelitian dengan judul "Kronologi Even dan Simulasi Numerik Aliran Piroklastik Gunungapi Sinabung Periode 2014-2016 menggunakan Aplikasi Titan2D" dimaksudkan untuk mengetahui zonasi rawan bencana aliran piroklastik Gunungapi Sinabung yang meliputi aspek arah, jangkauan dan luasan aliran piroklastik. Metode yang digunakan yaitu dengan metode komputasi yang dinamis untuk mensimulasikan berbagai aliran massa geofisika di aplikasi Titan2d dengan input data DEM (*Digitalized Elevation Model*) yang merepresentasikan bentuk morfologi Gunungapi Sinabung dengan resolusi 8m, memanfaatkan aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). Output yang dihasilkan berupa representasi dinamis dari kecepatan aliran piroklastik, jarak, jangkauan dan luasan daerah yang terdampak. Tipe aliran piroklastik yang disimulasikan adalah tipe guguran yang berasal dari runtuhnya kubah lava Gunungapi Sinabung pada pusat kawah dan sisi tenggara dengan skenario 500 ribu m^3 , 1 juta m^3 , 2 juta m^3 , dan 3 juta m^3 dimana sudut internal friksi sebesar 25° dengan sudut basal friksi sebesar 8° . Hasil simulasi memperlihatkan aliran piroklastik mengalir ke arah timur-tenggara Gunungapi Sinabung dengan kecepatan rata-rata 19,82 m/s dengan jarak jangkauan 3 – 5 km dari pusat kawah yang masuk ke dalam Kawasan Rawan Bencana 2 Gunungapi Sinabung.

Kata Kunci : Titan2D, Gunung Sinabung, Aliran Piroklastik, Volume.

ABSTRACT

Mount Sinabung which is on mounth volcano from indonesia and the island of Sumatra. The danger produced by this volcano is the danger of eruptions or mountain activities in the form of solid, liquid and gaseous materials and among them that can threaten and cause fatalities. Sinabung Volcano based on geographical location is at 03° 10' 12" North Latitude and 98° 23' 31" East Longitude.

The study with the title "Chronology of Even and Numerical Simulation of Pyroclastic Flow of Mount Sinabung Period 2014-2016 using Titan2D Application" is intended to determine the disaster-prone zoning of the pyroclastic flow of Mount Sinabung which covers aspects of the direction, range and extent of pyroclastic flows. The method used is with dynamic computational methods to simulate various geophysical mass flows in Titan2d applications with DEM (Digitalized Elevation Model) data input that represents the morphological shape of Mount Sinabung with a resolution of 8m, utilizing geographic information system (GIS) applications. The resulting output is a dynamic representation of pyroclastic flow speed, distance, length and extent of the affected area. The simulated pyroclastic flow type is a type of fall derived from the collapse of the lava dome of Mount Sinabung at the center of the crater and the southeast side with a scenario of 500 thousand m³, 1 million m³, 2 million m³, and 3 million m³ where the internal angle of friction is 25 ° with a friction basalt angle of 8 °. The simulation results showed pyroclastic flows flowing in the east-southeast direction of Mount Sinabung at an average speed of 19.82 m / s with a range of 3- 5 km from the center of the crater that entered the Disaster Prone Area 2 Gunungapi Sinabung.

Keywords: Titan2D, Mount Sinabung, Pyroclastic Flow, Volume.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tatanan geologi Indonesia yang terletak di zona pertemuan 3 lempeng utama; Indo-Australia, Eurasia dan lempeng Pasifik (Katili, 1980) menyebabkan Indonesia kaya akan gunungapi. 127 gunungapi aktif tersebar mulai dari Pulau Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Maluku, hingga Sulawesi, dan berdasarkan sejarah erupsinya, 67 gunungapi di antaranya merupakan gunungapi berbahaya. Salah satu bahaya erupsi gunungapi yang akan menjadi tema dalam penelitian ini adalah aliran piroklastik, produk erupsi gunungapi yang sampai saat ini paling banyak menyebabkan jatuhnya korban jiwa. Indonesia mempunyai banyak gunungapi aktif yang tersebar pada jalur cincin api (ring of fire), salah satunya adalah Gunungapi Sinabung yang berada di pulau sumatera. Gunungapi Sinabung pertama kali mengalami peningkatan dan meletus pada tahun 2010 dengan jenis letusan freatik.

Bahaya yang dihasilkan gunungapi ini adalah bahaya letusan atau kegiatan gunung berupa material yang berbentuk padat, cair dan gas serta diantaranya yang dapat mengancam dan menimbulkan korban jiwa. Jenis endapan piroklastik yang dihasilkan yaitu endapan *pyroclastic fall* dan endapan *pyroclastic flow*. Dampak setelah erupsi berakhir berupa lahar dingin, kerusakan lahan pertanian, berbagai macam penyakit akibat pencemaran. Bahaya yang disebabkan lava encer akan meleleh jauh dari sumbernya yang membentuk aliran menuju sungai melalui lembah dan membeku menjadi batuan. Erupsi gunungapi merupakan proses alam dan bersifat intrinsik, yang artinya sampai saat ini belum dapat dicegah dan

dihindari letusannya sehingga untuk menekan terjadinya korban dan kerugian harta benda perlu diadakan upaya penanggulangan bencana dan kuantifikasi risiko bencana.

Upaya penanggulangan bencana letusan gunungapi dapat dilakukan dengan cara membuat peta rawan bencana letusan gunungapi dengan membagi ke beberapa zona daerah yang rawan terdampak material letusan gunungapi. Dalam kajian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai cara pencegahan letusan gunungapi yang bersumber dari peta daerah rawan bencana, sehingga tujuan utama penelitian ini adalah melakukan pemetaan atau zonasi daerah bahaya aliran piroklastik Gunungapi Sinabung dan sekitarnya melalui simulasi menggunakan aplikasi Titan2D.

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui zonasi rawan bencana aliran piroklastik Gunungapi Sinabung pada Daerah Karo, Provinsi Sumatera Utara, dengan menggunakan metode data DEM dan penggunaan aplikasi Titan2D. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mensimulasikan aliran piroklastik hasil erupsi Gunungapi Sinabung berdasarkan suatu skenario tertentu berdasarkan metode numerik.
2. Mengetahui arah, jangkauan dan luasan sebaran aliran piroklastik berdasarkan model yang dibuat.
3. Menentukan kawasan zona rawan ancaman letusan di sekitar Gunungapi Sinabung yang berpotensi terkena dampak aliran piroklastik yang terjadi pada saat letusan..

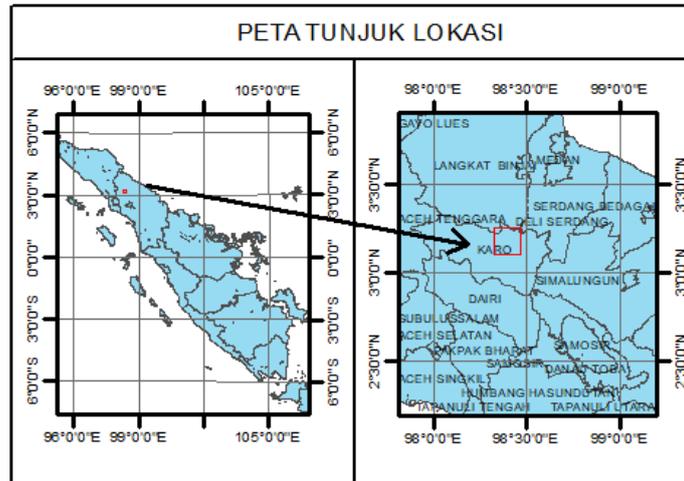
1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada pembahasan mengenai kawasan rawan aliran piroklastik bencana letusan Gunungapi Sinabung Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara, dengan parameter yang digunakan meliputi arah mata angin, arah material lahar dingin, volume material letusan, volume kubah, dan data jumlah periode letusan..

1.4 Letak, Waktu, dan Kesampaian Daerah

Gunungapi Sinabung berdasarkan letak geografis pada pusat kawah berada pada $03^{\circ} 10' 12''$ Lintang Utara dan $98^{\circ} 23' 31''$ Bujur Timur dengan ketinggian 2.460 meter di atas permukaan laut. Letak geografis luas daerah penelitian berada pada $03^{\circ} 5' 0'' - 03^{\circ} 14' 00''$ LU dan $98^{\circ} 19' 30'' - 98^{\circ} 27' 00''$ Bujur Timur. Gunungapi Sinabung, secara administratif masuk dalam 4 wilayah Kecamatan Naman Teran, Kecamatan Tigan Derket, Kecamatan Payung, Kecamatan Simpang Empat, dan Kecamatan Merdeka di Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara.

Jarak yang ditempuh dari kota Medan ke Gunungapi Sinabung berjarak 89 km dengan waktu yang ditempuh selama 3 jam menggunakan mobil.



Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi

1.5 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung yaitu sebagai berikut:

1. Laptop
2. *Operating System* Linux
3. Titan2D 4.0
4. GRASS GIS
5. ArcGIS
6. Google Earth
7. Data DEM (*Digital Elevation Model*) dari DEMNAS BIG
8. Peta Rupa Bumi Indonesia
9. Peta Kawasan Rawan Bencana
10. Data *sudut internal friksi* dan *sudut basal friksi* Gunungapi Sinabung
11. Data letusan Gunungapi Sinabung
12. Data pendukung berupa paper dan peneliti terdahulu.

1.6 Peneliti Terdahulu

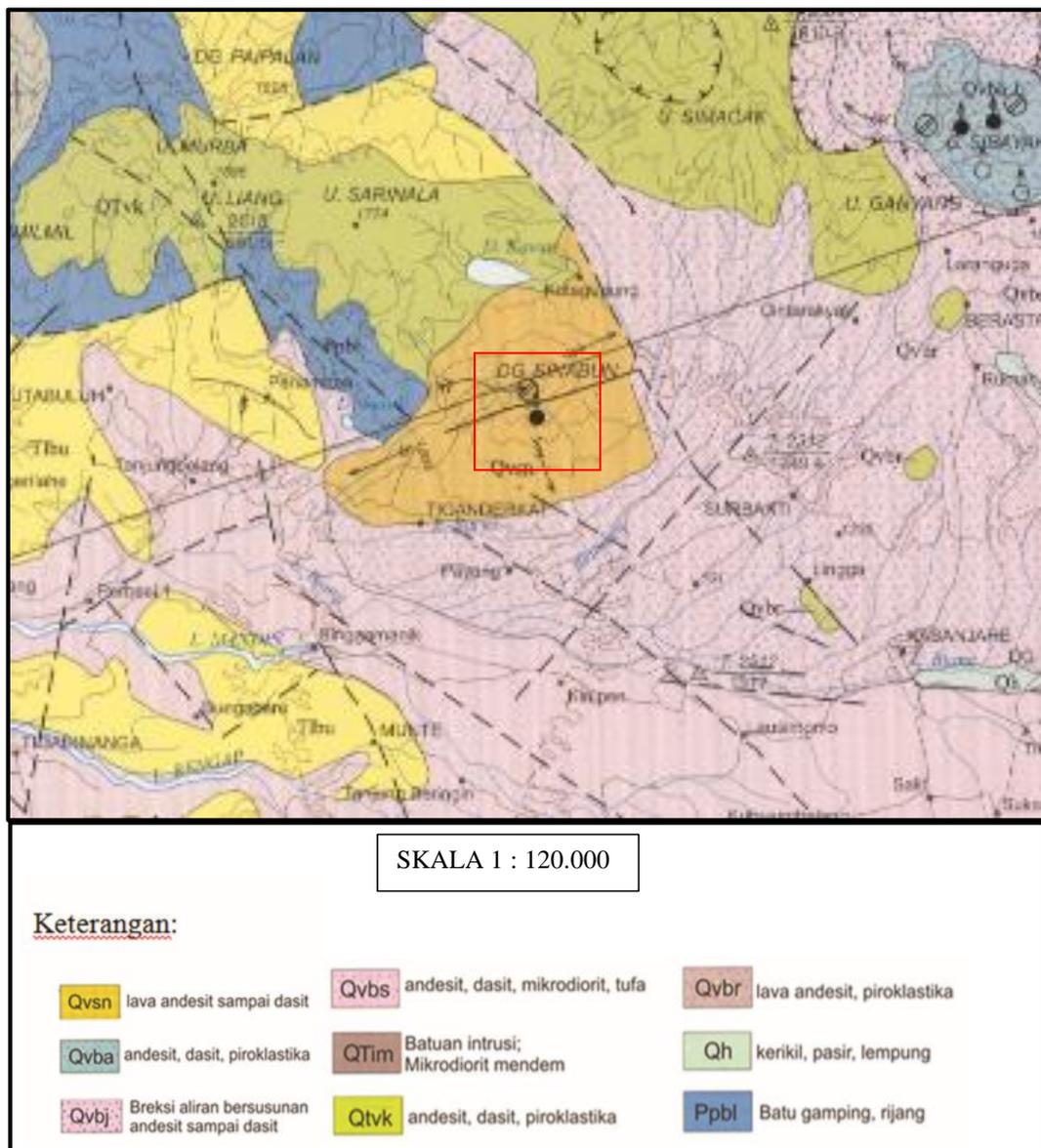
Penelitian terdahulu dapat dijadikan sebagai salah satu sumber data untuk melengkapi data-data lain yang telah diperoleh. Adapun penelitian yang telah dilakukan di daerah ini adalah sebagai berikut.

1. Polin Mouna, dkk pada tahun 2016 yang berjudul “Pemetaan Potensi Bencana Aliran Lava Gunung Sinabung menggunakan Citra ASTER GDEM”.
2. Agoes loeqman, dkk pada tahun 2017 yang berjudul “Pemodelan Aliran Awan Panas (Aliran Piroklastik) sebagai Data Pendukung Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi (Studi Kasus Gunungapi Sinabung Provinsi Sumatera Utara)”
3. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) pada tahun 2020 yang berjudul tentang “gunungapi indonesia dan karakteristik bahayanya”.
4. Brett B car, dkk pada tahun 2018 yang berjudul “*Mechanisms of lava flow emplacement during an effusive eruption of sinabung volcano (Sumatra, Indonesia)*”
5. Brett B car, dkk pada tahun 2018 yang berjudul “*The implacement of the active lava flow at sinabung volcano, Sumatra, Indonesia, documented by structure-from-motion-photogrammetry*”.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Gunungapi Sinabung yang berlokasi di Kabupaten Karo Provinsi Sumatera Utara termasuk ke dalam geologi regional Lembar Medan dengan penjelasan sebagai berikut.



Gambar 2.1 Sebagian Peta Geologi Lembar Medan yang menunjukkan lokasi daerah penelitian (Cameron, 1982).

2.1.1 Geomorfologi Regional

Berdasarkan morfografi dan morfogenesis pada klasifikasi ITC 1986 dan klasifikasi Van Zuidam 1983. Morfografi daerah penelitian berdasarkan perbedaan beda tinggi dan Morfogenesis daerah penelitian berdasarkan proses pembentukan yang terjadi. Geomorfologi gunung sinabung dibagi menjadi 3 satuan morfologi yaitu:

1. Pedataran Fluvial
2. Perbukitan Vulkanik
3. Pegunungan Vulkanik

2.1.2 Stratigrafi Regional

Gunungapi sinabung mempunyai satu khuluk yang terdiri atas 5 satuan batuan erupsi primer dari kawah pusat dan 1 endapan batuan gunung api sekunder. Endapan pra sinabung di daerah ini berupa satuan endapan batugamping dan endapan aliran piroklastik toba (Prambada, 2010).

Kajian foto radar dan sebaran pola morfologi yang di tunjang dengan penyelidikan langsung di lapangan terutama mengenai kontak antara satu satuan batuan dengan satuan batuan lain nya yang berumur lebih muda atau lebih tua ,

Endapan alluvium (Qa) daerah penelitian terdiri dari lempung, lanau dan pasir dan material hasil lapukan batuan gunungapi sinabung yang berumur holosen.

Formasi Gunung Api Sinabung (Qvsn) terdiri dari aliran piroklastik yang terdiri dari andesit, dasit , tuff dan breksi vulkanik yang dijumpai pada lereng gunung sinabung yang berumur holosen.

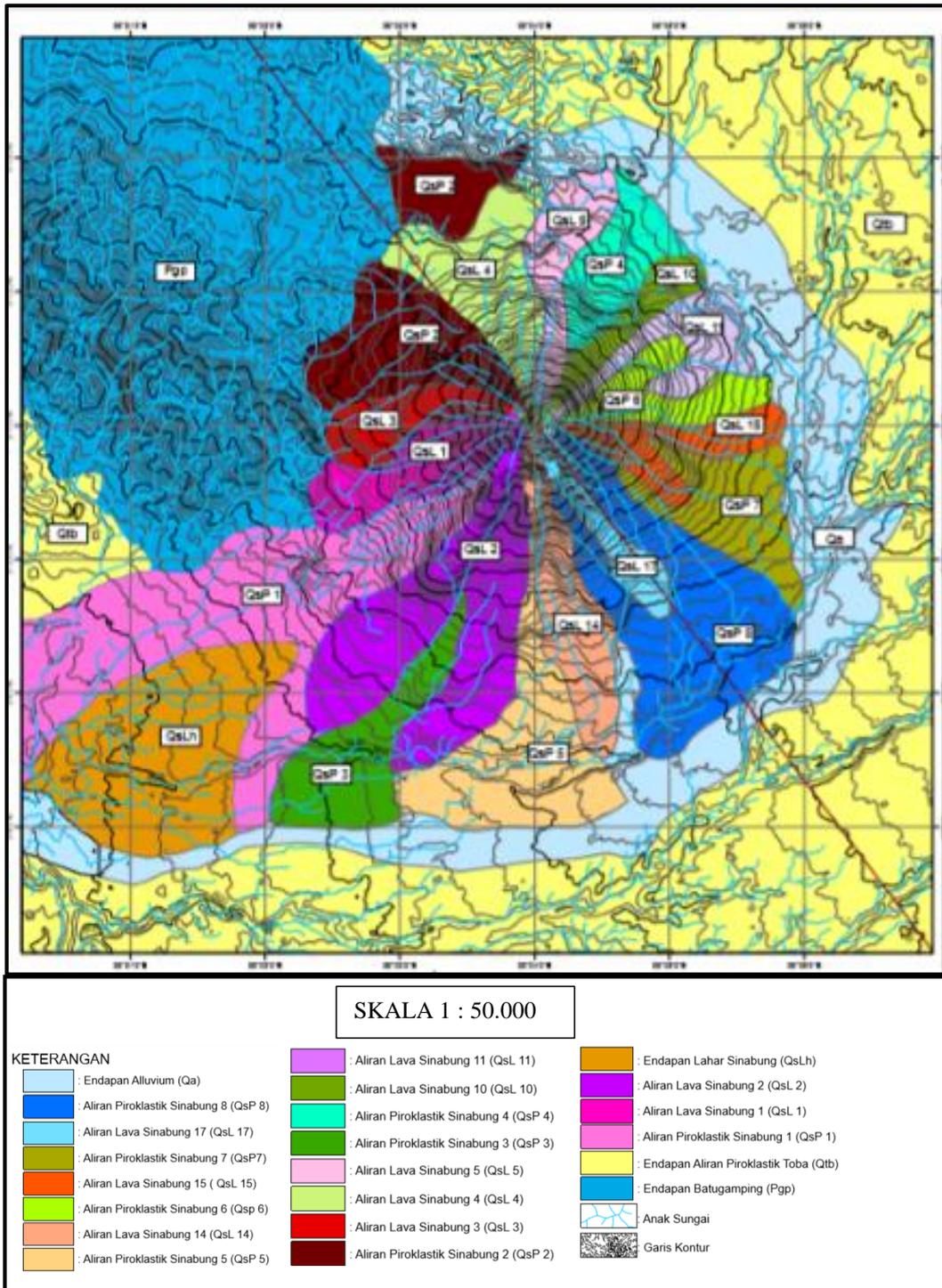
Formasi Tufa Toba (Qvt) terdiri dari tufa dan breksi vulkanik yang berumur plistosen.

Formasi Butar (Tlbu) terdiri dari batupasir, serpih dan berselang-seling antara batu pasir dan serpih yang berumur oligosen dan miosen.

Formasi Batugamping Batumilmil (Ppbl) terdiri dari batugamping dan rijang yang berumur permian awal hingga trias awal.

Berdasarkan listostratigrafi, maka stratigrafi gunungapi daerah penelitian berturut-turut dari tua ke muda sebagai berikut :

1. Endapan Batugamping (Pgp) pada Formasi Batugamping Batumilmil (Ppbl)
2. Satuan Batupasir (QsB) pada Formasi Butar (Tlbu)
3. Endapan Aliran Tufa dan breksi vulkanik Toba (Qtb) pada Formasi Tufa Toba (Qvt)
4. Aliran Lava (QsL) pada Formasi Gunungapi Sinabung (Qvsn)
5. Aliran Tufa dan Breksi Vulkanik (QsP) pada Formasi Gunungapi Sinabung (Qvsn)
6. Endapan Alluvium (Qa)



Gambar 2.2 Peta Geologi Gunungapi Sinabung (Prambada, 2010)

2.1.3 Struktur Regional

Gunung Sinabung terbentuk pada tepian barat laut patahan cekungan toba tua. Garis patahan strike slip mengiri sepanjang batas bagian barat toba, yang bagian atasnya terbentuk gunungapi sinabung menerus ke timur laut hingga gunung api sibayak merupakan sesar orde kedua.

Struktur sesar normal dijumpai di daerah danau kawah. Sesar normal kawah ini merupakan sesar orde ketiga. Sesar tersebut kehilangan tekanan dan mengalami penurunan dibagian selatan yang merupakan hanging wall nya. Sesar ini dicirikan oleh morfologi triangular facet yang menjadi salah satu penciri sesar normal.

Selain struktur sesar, struktur lain nya seperti struktur kelurusan topografi yang pada umumnya menunjukkan orientasi baratdaya-timurlaut serta struktur kawah juga di temukan pada bagian puncak gunung api dengan orientasi barat laut-tenggara (Prambada, 2010).

2.2 Gunungapi Sinabung

Gunung Sinabung berdasarkan pemetaan geologi adalah gunung api stratovolcano seperti banyak gunung api lainnya di Indonesia, stratovolcano adalah gunung api yang memiliki bentuk kerucut yang tersusun oleh perlapisan antara lava dan tuf (abu vulkanik). Penyusun utama gunung ini adalah lava dan abu vulkanik andesitik dan dasitik berumur Plistosen-Holosen yang berarti sebelum 1,8 juta tahun yang lalu gunung ini belum terbentuk.



Gambar 2.3 Gunungapi Sinabung pada Pos pengamatan Gunungapi 1 daerah sigarang-garang.

Gunung Sinabung tumbuh di dataran tinggi bernama Plato Karo, secara administratif ia juga masuk ke Kabupaten Karo, Sumatra Utara. Sinabung terletak sekitar 40 km di utara barat laut Danau Toba. Danau Toba sendiri sesungguhnya adalah sebuah kawah gunungapi purba yang meletus begitu hebatnya pada 74.000 tahun yang lalu.

Di puncak Sinabung ditemukan empat kawah yang membentuk kelurusan hampir utara-selatan, saling tumpang tindih. Tiga kawah bagian utara sudah mati, satu kawah paling selatan masih aktif. Kelurusan kawah hampir utara-selatan yang terletak pada kawah-kawah Toba juga saling tumpang-tindih, hanya umur kawah berbeda-beda, dan kawah terakhir yang membentuk Danau Toba sekarang menelan kawah-kawah tua yang lain. Dapat disimpulkan bahwa kelurusan utara-selatan ini merupakan sesar atau patahan cabang (*splay fault* atau *synthetic*) yang secara regional terhubung ke Sesar Sumatra. Di gunung-gunung api Sumatra, magma hasil peleburan mantel dan air dari kerak samudera di zona subduksi naik ke permukaan

melalui celah besar Sesar Sumatra, sehingga gunung-gunung api di Sumatra terbentuk tidak jauh dari Sesar Sumatra yang membelah bagian barat Sumatra dari ujung utara ke ujung selatan sepanjang sekitar 1700 km.

Banyak aliran lava purba mengalir di lereng Sinabung. *Carbon dating* yang pernah dilakukan pada satu arang fragmen pohon yang diterjang lava menghasilkan umur sekitar 1200 tahun yang lalu (Bronto, 1999).

2.2.1 Tipe dan Bentuk Gunungapi Sinabung

Gunung Sinabung memiliki bentuk atau tipe gunungapi berupa strato. Gunungapi strato adalah gunungapi yang berbentuk seperti kerucut. Gunung semacam ini makin lama akan makin bertambah tinggi. Tipe erupsinya akan muncul dengan karakter letusan mengeluarkan abu vulkanik. Gunungapi yang berkawah dan memiliki lapangan solfatara atau fumarola ketika meletus (erupsi) memiliki tipe erupsi berupa tipe eksplosif.

Gunung sinabung terbentuk oleh muntahan material gunungapi berupa piroklastik yang berselingan dengan lava. Gunung sinabung bertipe strato dengan komposisi intermedier, terdapat kawah atau kubah lava dengan ketinggian antara 2000-3000 m diatas permukaan laut. Penyusun utama gunung ini adalah lava dan abu volkanik andesitik – dasitik berumur Plistosen-Holosen (artinya sebelum 1,8 juta tahun yang lalu gunung ini tidak ada).

Karakteristik letusan gunung Sinabung semakin membahayakan dan mirip dengan gunung Merapi. Potensi erupsi susulan yang terjadi juga masih tinggi. Jenis letusan gunungapi ini bersifat eksplosif (letusan sangat kuat akibat tekanan gas magma dan menyemburkan bahan-bahan vulkanik yang padat dan cair). Lava yang

mengalir dari strato volcano biasanya dingin dan mengeras sebelum menyebar jauh karena viskositas yang tinggi. Magma yang membentuk lava dan bersifat asam mengandung silica tingkat menengah hingga tinggi (Bronto, 1999).

2.2.2 Material Gunung Api Sinabung

Meletusnya gunung Sinabung diakibatkan karena terjadinya endapan magma di dalam perut bumi yang didorong keluar oleh gas yang bertekanan tinggi (Bronto, 1999). Material-material yang dikeluarkan ketika gunung ini meletus adalah sebagai berikut :

1. Magma

Cairan pijar yang terdapat di dalam lapisan bumi dengan suhu yang sangat tinggi, yakni diperkirakan lebih dari 1.000 °C.

2. Lava dan Aliran Pasir serta Batuan Panas

Lava adalah cairan magma dengan suhu tinggi yang mengalir dari dalam Bumi ke permukaan melalui kawah. Lava encer akan mengalir mengikuti aliran sungai sedangkan lava kental akan membeku dekat dengan sumbernya. Lava yang membeku akan membentuk bermacam-macam batuan. Suhu lava yang dikeluarkan bisa mencapai 700-1.200 °C. Letusan gunung berapi yang membawa batu dan abu dapat menyembur sampai sejauh radius 18 km atau lebih, sedangkan lavanya bisa membanjiri sampai sejauh radius 90 km.

3. Gas Vulkanik

Gas yang dikeluarkan gunungapi pada saat meletus. Gas tersebut antara lain Karbon monoksida (CO), Karbon dioksida (CO₂), Hidrogen Sulfida (H₂S), Sulfur dioksida (SO₂), dan Nitrogen (NO₂) yang dapat membahayakan nyawa manusia.

4. Lahar

Lahar adalah lava yang telah bercampur dengan batuan, air, dan material lainnya. Lahar sangat berbahaya bagi penduduk di lereng gunungapi.

5. Hujan Abu

Yakni material yang sangat halus yang disemburkan ke udara saat terjadi letusan. Karena sangat halus, abu letusan dapat terbawa angin dan dapat dirasakan sampai ratusan kilometerjauhnya. Abu letusan ini bisa mengganggu pernapasan.

6. Awan Panas

Yakni hasil letusan yang mengalir bergulung seperti awan. Di dalam gulungan ini terdapat batuan pijar yang panas dan material vulkanik padat dengan suhu lebih besar dari 600 °C (Bronto, 1999).

2.2.3 Sejarah Letusan Gunungapi Sinabung

Gunungapi Sinabung merupakan gunungapi tipe B. Sejarah kegiatan gunungapi ini, khususnya yang berupa letusan tidak banyak diketahui dan tidak terdapat dalam catatan sejarah dan literatur. Kegiatan vulkanik yang tercatat adalah sebagai berikut:

- a. Sebelum 1600 tahun tercatat aktivitas terakhir yang ditimbulkan oleh gunungapi ini berupa muntahan batuan piroklastik serta aliran lahar yang mengalir ke arah selatan.
- b. Pada tahun 1912 aktivitas solfatara terlihat di puncak dan lereng atas.
- c. Pada tahun 2010 aktivitas yang terjadi beberapa kali letusan yang di antaranya merupakan letusan freatik. Status Gunungapi Sinabung berubah dari tipe B menjadi tipe A (Prambada, 2010).

2.3 Peta Kawasan Rawan Bencana

Kawasan rawan bencana gunungapi adalah kawasan yang pernah terlanda atau diidentifikasi berpotensi terancam bahaya letusan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi adalah peta petunjuk tingkat kerawanan bencana suatu daerah apabila terjadi erupsi atau kegiatan gunungapi (BAPPENAS dan BNPB, 2013). Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Sinabung mencakup jenis dan sifat bahaya gunungapi, daerah rawan bencana, arah jalur penyelamatan diri, lokasi pengungsian dan pos-pos penanggulangan bencana.

Berdasarkan sifat erupsi dan keadaan Gunungapi Sinabung saat ini, maka potensi bahaya erupsi yang mungkin terjadi, adalah berupa: aliran piroklastik (awan panas), jatuhan piroklastik (lontaran batu pijar dan hujan abu), aliran lava serta lahar. Berdasarkan potensi bahaya yang mungkin terjadi, kawasan rawan bencana Gunungapi Sinabung dapat dibagi menjadi tiga tingkat kerawanan dari rendah ke tinggi, yaitu: Kawasan Rawan Bencana I, Kawasan Rawan Bencana II dan Kawasan Rawan Bencana III (Mulyana, 2010).

1. Kawasan Rawan Bencana III (KRB-III).

Kawasan rawan bencana III (KRB III), adalah kawasan yang sangat berpotensi terlanda awan panas, aliran dan guguran lava, lontaran batu (pijar), hujan abu lebat dan gas beracun. Kawasan rawan bencana III (KRB III) Gunungapi Sinabung terdiri atas dua bagian, yaitu:

a. Kawasan rawan bencana terhadap aliran massa (awan panas, aliran dan guguran lava), dan gas beracun.

b. Kawasan rawan bencana terhadap material lontaran batu (pijar) dan jatuhnya hujan abu lebat.

2. Kawasan Rawan Bencana II (KRB-II)

Kawasan rawan bencana II (KRB II), adalah kawasan yang berpotensi terlanda awan panas, aliran lava, guguran lava, lontaran batu (pijar) dan hujan abu lebat.

Kawasan ini dibedakan menjadi dua bagian:

a. Kawasan rawan bencana terhadap aliran massa (awan panas, aliran dan guguran lava).

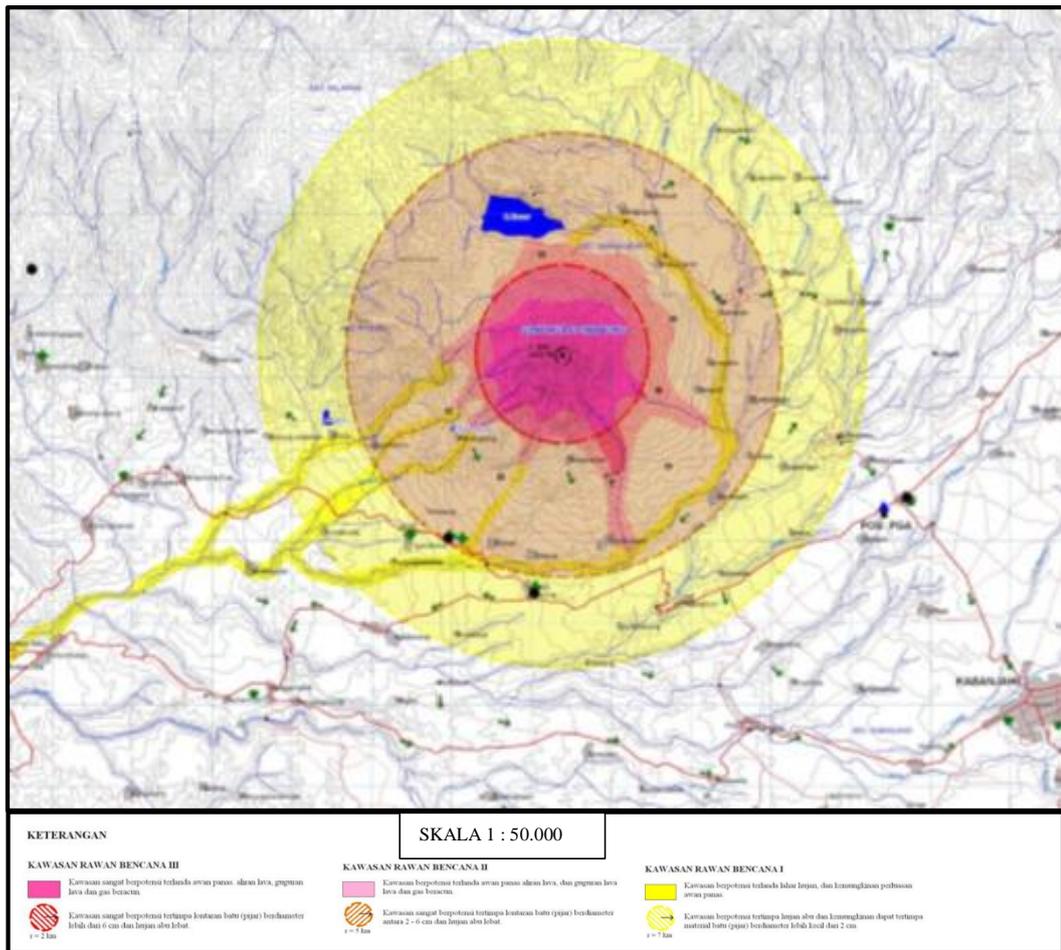
b. Kawasan rawan bencana terhadap material lontaran batu (pijar) dan hujan abu lebat.

3. Kawasan Rawan Bencana I (KRB-I)

Kawasan rawan bencana I (KRB I) adalah kawasan yang berpotensi terlanda lahar dan tertimpa hujan abu. Apabila letusannya membesar, maka kawasan ini kemungkinan berpotensi tertimpa lontaran batu (pijar) berdiameter lebih kecil dari 2 cm. Kawasan rawan bencana I (KRB I) ini dibedakan menjadi dua bagian, yakni:

a) Kawasan rawan bencana terhadap aliran massa (lahar).

b) Kawasan rawan bencana terhadap material jatuhnya (hujan abu dan lontaran batu (pijar)).



Gambar 2.4 Peta Kawasan Rawan Bencana Gunungapi Sinabung (Mulyana, 2010)

2.4 Pemodelan Aliran Piroklastik

Pemodelan diartikan sebagai proses untuk membuat sebuah model dari sistem. Model adalah representasi dari sebuah bentuk nyata, sedangkan sistem adalah integrasi antar elemen yang membangun sebuah kesatuan.

Dalam bidang kebencanaan gunungapi, pemodelan seringkali dilakukan untuk mensimulasikan sebuah aktivitas erupsi gunungapi berdasarkan skenario tertentu. Masing-masing skenario akan memberikan gambaran kemungkinan variasi aliran piroklastik baik dari segi arah, jangkauan distribusi, dan luasan daerah yang terdampak. Untuk melakukan simulasi aliran piroklastik dari runtuhannya

lava, dilakukan perhitungan volume kubah lava puncak Gunungapi Sinabung. Perhitungan volume kubah lava dilakukan dengan pendekatan bentuk kubah lava dianggap menyerupai bentuk tembereng bola. Pengukuran volume kubah lava dapat dilakukan dengan perhitungan dengan menggunakan rumus volume tembereng bola ($V_t = \frac{1}{3} \pi R^2 (3R - t)$).

Hingga saat ini, banyak pendekatan yang dilakukan untuk dapat mengukur pergerakan aliran piroklastik. Persamaan numerik aliran piroklastik (Huppert and Simpson 1980) telah melakukan pendekatan untuk dapat menjelaskan fenomena aliran piroklastik. Keduanya berpendapat bahwa aliran piroklastik merupakan aliran massa yang bergerak secara turbulen dengan densitas konstan sepanjang aliran yang menyebar secara radial dari sumber dengan volume konstan ataupun dari fluks yang konstan, dituangkan dalam persamaan $U = Fr \left(\frac{\rho}{\rho_c} - \frac{\rho_c}{\rho} \right) h$ dimana Fr adalah bilangan Froude, ρ adalah densitas aliran tereduksi, ρ_c adalah konsentrasi kritis, h merupakan ketebalan aliran, dan U adalah kecepatan aliran. Untuk fluks yang konstan, konstanta fluks (q) diperoleh dari persamaan $q = 2 \pi r h U$ dimana $U = \omega r$ dengan ω merupakan kecepatan partikel.

Salah satu metode pemodelan aliran piroklastik, salah satunya dengan pendekatan numerik atau matematis melalui bantuan perangkat lunak, misalnya Titan2D, dengan data dasar berupa citra spasial seperti DEM (*Digital Elevation Model*).

2.5 *Digital Elevation Model (DEM)*

Digital Elevation Model (DEM) adalah representasi digital dari elevasi permukaan tanah sehubungan dengan datum referensi manapun. DEM sering digunakan untuk merujuk pada representasi digital dari permukaan topografi. DEM adalah bentuk representasi digital topografi yang paling sederhana. DEM digunakan untuk menentukan atribut medan seperti titik ketinggian, kemiringan dan aspek manapun. Saat ini aplikasi GIS (*Geographic Information System*) bergantung pada DEM.

Dalam pemodelan atau simulasi aliran piroklastik, DEM digunakan untuk mengetahui informasi ketinggian disetiap pixelnya dan menjadi dasar arahan serta akumulasi aliran yang dapat merumuskan besar-kecilnya aliran piroklastik. Ketelitian DEM secara vertikal dan horizontal menjadi penentu utama kualitas hasil dari model, hal ini dikarenakan aliran akan mengikuti besarnya piksel, dari piksel bernilai besar menuju ke piksel bernilai rendah.