

**SKRIPSI GEOFISIKA**  
**KLASIFIKASI JENIS GEMPA DAN PENENTUAN HIPOSENTER**  
**GEMPA VT GUNUNG SINABUNG**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**SRI WAHYUNIA**

**H061171010**



**DEPARTEMEN GEOFISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2021**

**HALAMAN JUDUL**  
**KLASIFIKASI JENIS GEMPA DAN PENENTUAN HIPOSENTER**  
**GEMPA VT GUNUNG SINABUNG**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains*

*Pada Departemen Geofisika*

*Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*

*Universitas Hasanuddin*

**OLEH :**

**SRI WAHYUNIA**

**H061171010**

**DEPARTEMEN GEOFISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**KLASIFIKASI JENIS GEMPA DAN PENENTUAN HIPOSENTER**  
**GEMPA VT GUNUNG SINABUNG**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**SRI WAHYUNIA**

**H061171010**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Geofisika Fakultas  
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 26 November 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

**Menyetujui,**

**Pembimbing Utama**



**Dr. Muh. Hamzah, S.Si, MT**  
**NIP. 19691231199702002**

**Pembimbing Pendamping**



**Muh. Fawzy Ismullah M, S.Si, MT**  
**NIP. 199111092019031010**

**Ketua Departemen Geofisika**



**Dr. Muh. Almuhammad Hamzah, M.Eng**  
**NIP. 196709291993031003**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sri Wahyunia

NIM : H061171010

Program Studi : Geofisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **KLASIFIKASI JENIS GEMPA DAN PENENTUAN HIPOSENTER**

#### **GEMPA VT GUNUNG SINABUNG**

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

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

Makassar, 26 November 2021

Yang Menyatakan



**Sri Wahyunia**

## ABSTRAK

Gunung Sinabung merupakan gunungapi aktif yang terletak di Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara. Pada bulan September – November 2020 terjadi erupsi sebanyak 10 kali pada Gunung Sinabung. Aktivitas yang cukup tinggi pada Gunung Sinabung disebabkan karena pelepasan energi mengakibatkan terjadinya berbagai jenis gempa vulkanik. Gempa vulkanik dapat digunakan dalam menentukan hiposenter gempa, khususnya gempa vulkano-tektunik (VT). Gempa VT terbagi menjadi 2 yaitu gempa vulkanik dalam tipe A (VTA) dan gempa vulkanik dangkal tipe B (VTB). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hasil klasifikasi jenis gempa yang terekam di Gunung Sinabung pada bulan September – November 2020. Serta, untuk mengetahui hasil sebaran hiposenter gempa VT Gunung Sinabung dengan menggunakan *Geiger's method with Adaptive Damping* (GAD). Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis *waveform* dan spektral untuk klasifikasi jenis gempa. Serta, metode GAD untuk mengetahui sebaran hiposenter gempa VT Gunung Sinabung. Data yang digunakan berupa data *waveform* yang berisi waktu tiba gempa di stasiun pengamatan Gunung Sinabung. Hasil pengolahan data menunjukkan terdapat 6 jenis gempa yang terekam di Gunung Sinabung pada bulan September – November 2020 yang terdiri dari gempa VTA sebanyak 12 *event*, gempa VTB 5 *event*, gempa *low frequency* 5 *event*, gempa *hybrid* 5 *event*, gempa guguran 13 *event*, dan gempa hembusan 31 *event*. Ada pun Gempa VT yang teridentifikasi yaitu sebanyak 17 *event*, terdiri dari 12 *event* gempa VTA dan 5 *event* gempa VTB yang tersebar dibawah Gunung Sinabung hingga kedalaman (0,140 – 2,340) km. Distribusi hiposenter gempa VT teramati dari puncak Gunung Sinabung ke arah timur laut sampai ke arah Gunung Sibayak. Hasil penelitian ini diharapkan berguna dalam pemantauan aktivitas dan mitigasi bencana apabila Gunung Sinabung meletus.

**Kata Kunci** : Jenis Gempa, Hiposenter, Gunung Sinabung, Metode GAD

## ABSTRACT

Mount Sinabung is an active volcano located in Karo Regency, North Sumatra Province. In September - November 2020, Mount Sinabung erupted 10 times. The high activity on Mount Sinabung is caused by triggering various types of volcanic earthquakes. Volcanic earthquakes can be used to determine earthquake hypocenters, especially volcanic-tectonic (VT) earthquakes. The VT earthquake is divided into 2, namely volcanic earthquakes in type A (VTA) and shallow volcanic earthquakes in type B (VTB). The purpose of this study was to determine the classification results of earthquakes recorded at Mount Sinabung in September – November 2020. Also, to determine the distribution of the hypocenter of the VT Mount Sinabung earthquake using the Geiger method with Adaptive Damping (GAD). The method used in this research is waveform and spectral analysis for classification of earthquake types. Also, the GAD method is used to determine the distribution of the hypocenter of the VT Mount Sinabung earthquake. The data used in the form of waveform data containing the time of the earthquake in each observation of Mount Sinabung. The results of data processing showed that there were 6 types of earthquakes recorded at Mount Sinabung in September - November 2020 consisting of 12 VTA earthquakes, 5 VTB earthquakes, 5 low frequency earthquakes, 5 hybrid earthquakes, 13 avalanches, and earthquakes. blowing 31 events. The V Earthquake consists of 17 events, from 12 VTA earthquake events and 5 VTB earthquake events spread under Mount Sinabung to a depth of (0,140 – 2,340) km. The distribution of the hypocenter of the VT earthquake was observed from the peak of Mount Sinabung to the northeast of Mount Sibayak. The results of this study are expected to be useful in monitoring activities and disaster mitigation if Mount Sinabung erupts.

**Keywords :** Type of Earthquake, Hypocenter, Mount Sinabung, GAD Method

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh, Alhamdulillah Rabbil Alamin.*

Tiada kata yang layak penulis ucapkan selain kalimat puji dan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**Klasifikasi Jenis Gempa dan Penentuan Hiposenter Gempa VT Gunung Sinabung**”, yang merupakan tugas akhir untuk melengkapi persyaratan mencapai gelar Sarjana Sains di Departemen Geofisikas, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Tidak lupa pula shalwat serta salam yang selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, para sahabat, dan para umatnya yang Insya Allah senantiasa berusaha dalam menjalankan ajarannya.

Dalam skripsi ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, bantuan, serta motivasi kepada penulis. Pada kesempatan ini, izinkan penulis mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya serta syukur sebanyak – banyaknya terkhususnya kepada orang tua penulis, **Thamrin** dan **Sarnah**. Serta, adik penulis **Kiki Rezki Amalia** dan **seluruh keluarga** yang telah memberikan doa yang tak henti – hentinya. Selain itu, penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Bapak **Dr. Muhammad Hamzah, S.Si, M.T** selaku dosen pembimbing dan penasehat akademik penulis. Terima kasih atas ilmunya, waktu, saran, motivasi, serta nasehat yang telah diberikan kepada penulis, hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi seperti sekarang ini.

2. Bapak **Muhammad Fawzy Ismullah M, S.Si, M.T** selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas segala waktu, saran, serta bimbingan yang selalu bapak berikan kepada penulis, hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu **Dra. Maria, M.Si** dan Bapak **Ir. Bambang Harimei, M.Si** selaku dosen penguji. Terima kasih atas saran dan koreksi, serta ilmu yang diberikan kepada penulis yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu **Novianti Indrastuti, S.Si, M.Si** selaku pembimbing eksternal dari PVMBG (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi). Terima kasih atas segala waktu, ilmu, nasehat dan segala hal yang diberikan untuk penulis, hingga akhirnya penulis mampu menyelesaikan skripsi seperti sekarang ini.
5. **Dosen – dosen Departemen Geofisika** yang telah memberikan ilmu dan motivasi yang sangat berguna kepada penulis selama masa perkuliahan. Serta, **Staf Departemen Geofisika** yang telah banyak membantu penulis.
6. Penghuni grup **Assalamualaikum Ukhti** atau dengan kata lain penghuni Pondok Annisa **Daya, Janna, Eka, Uni Dm,** dan **Icha** yang telah menemani kehabutan, keisengan, kekonyolan dari penulis. Terima kasih juga karena selalu memberikan saran, motivasi dan semangat kepada penulis.
7. Penghuni grup **Ijo Lumut** yaitu **Daya, Aya, Rina** dan **Danty** yang menjadi teman penulis selama awal perkuliahan sampai sekarang. Terima kasih atas semua pengalaman dan juga dukungan yang selalu diberikan kepada penulis.
8. Kepada **Seismik Sq.** yaitu **Aulia Puji, Jefri** dan **Farid** yang telah membantu dalam menyelesaikan semua mata kuliah Seismik, dan terima kasih juga karena telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.



9. Kepada **Ano, Daya, Reza** dan **Jefri** yang merupakan teman dalam menyelesaikan setiap tugas selama awal perkuliahan. Terima kasih karena selalu menerima dan memaklumi sikap penulis yang kadang rajin dan kadang pemalas.
10. Kepada **Mirna, Andi Nursuasri, Yusrin, Titien, Karmila, Hikmah, Syakira, Ghufa** dan **Illa** yang telah memberikan semangat, bantuan, dan selalu membantu penulis apabila mengalami kebingungan.
11. Kepada **Eka** dan **Daya** yang senantiasa selalu menjadi sosok kakak yang selalu memberikan dukungan, masukan, dan selalu ada saat penulis membutuhkan bantuan. Terima kasih juga karena selalu menjadi tempat kejahilan dan kegabutan penulis yang sangat tidak tertebak.
12. Kepada **Alam, Vina,** dan **Kak Yemima** yang selalu menjadi sosok teman sekaligus kakak yang selalu menemani penulis mengerjakan tugas. Terima kasih atas pengalaman, nasehat dan kebersamaan yang akan selalu penulis ingat.
13. Kepada **Herdina, Primus Prayogi,** dan **Andra** yang selalu menemani penulis selama mengerjakan skripsi. Terima kasih karena telah memahami dan memaklumi sifat penulis yang selalu berubah - ubah, serta terima kasih juga karena selalu menyempatkan waktu untuk menghubungi, memberikan dukungan dan menasehati penulis.
14. Kepada teman – teman **Geofisika 2017** yang telah memberikan banyak pengalaman, kebersamaan selama masa perkuliahan ini. Terima kasih juga karena selalu sabar dalam menghadapi semua tingkah laku penulis.

15. Kepada **Himafi 2017** khususnya **Riri** (Ate) yang menjadi tempat bercerita dan keluh kesah penulis. Terima kasih atas dukungan dan nasehat yang selalu diberikan kepada penulis, hingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan.
16. Kepada **Kak Mustahira** dan **Kak Mufli** yang memberikan ilmu, nasehat dan saran kepada penulis, hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
17. Seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini sangat banyak kekurangan dan jauh akan kata sempurna. Namun, penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penulis. Penulis juga sangat mengharapkan berbagai kritik dan saran yang bersifat membangun demi kebaikan penulis dan skripsi ini.

Makassar, 26 November 2021



Sri Wahyunia

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Ruang Lingkup .....	3
I.4 Tujuan Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
II.1 Gunung Sinabung .....	5
II.1.1 Sejarah Aktivitas Gunung Sinabung .....	5
II.1.2 Geologi Regional Gunung Sinabung .....	8
II.2 Gelombang Seismik .....	9
II.2.1 Gelombang Badan .....	10
II.2.2 Gelombang Permukaan .....	11
II.3 Gempa Vulkanik .....	12

II.3.1 Klasifikasi Gempa Vulkanik .....	13
II.4 Hiposenter .....	17
II.4.1 Metode Geiger's Method with Adaptive Damping (GAD) .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
III.1 Lokasi Penelitian .....	20
III.2 Alat dan Bahan .....	20
III.2.1 Alat .....	20
III.2.2 Bahan.....	21
III.3 Tahapan Penelitian .....	22
III.3.1 Tahap Pengumpulan Data .....	22
III.3.2 Tahap Pengolahan Data .....	22
III.4 Bagan Alir .....	24
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
IV.1 Klasifikasi Jenis Gempa Gunung Sinabung .....	25
IV.1.1 Gempa Vulkanik Dalam Tipe A (VTA) .....	26
IV.1.2 Gempa Vulkanik Dangkal Tipe B (VTB) .....	27
IV.1.3 Gempa <i>Low Frequency</i> .....	27
IV.1.4 Gempa <i>Hybrid</i> .....	28
IV.1.5 Gempa Guguran .....	29
IV.1.6 Gempa Hembusan .....	30
IV.2 Sebaran Hiposenter Gempa VT Gunung Sinabung .....	31
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>35</b>
V.1 Kesimpulan .....	35

V.2 Saran .....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>37</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Segmen Sumatera di sekitar Gunung Sinabung .....	9
<b>Gambar 2.2</b> Gerakan Partikel untuk Gelombang Primer .....	10
<b>Gambar 2.3</b> Gerakan Partikel untuk Gelombang Sekunder .....	11
<b>Gambar 2.4</b> Gerakan Partikel untuk Gelombang <i>Love</i> .....	11
<b>Gambar 2.5</b> Gerakan Partikel untuk Gelombang <i>Rayleigh</i> .....	12
<b>Gambar 2.6</b> Rekaman Seismik Gempa Vulkanik Dalam .....	13
<b>Gambar 2.7</b> Rekaman Seismik Gempa Vulkanik Dangkal .....	14
<b>Gambar 2.8</b> Rekaman Seismik Gempa <i>Low Frequency</i> .....	14
<b>Gambar 2.9</b> Rekaman Seismik Gempa <i>Hybrid</i> .....	14
<b>Gambar 2.10</b> Rekaman Seismik Gempa <i>Multi-phases</i> .....	15
<b>Gambar 2.11</b> Rekaman Seismik Gempa Hembusan.....	15
<b>Gambar 2.12</b> Rekaman Seismik Gempa Guguran .....	16
<b>Gambar 2.13</b> Rekaman Seismik Gempa Letusan .....	16
<b>Gambar 2.14</b> Rekaman Seismik Gempa Tremor .....	17
<b>Gambar 2.15</b> Jarak Antara Hiposenter Gempa Bumi ke Stasiun .....	18
<b>Gambar 3.1</b> Peta Lokasi Penelitian .....	20
<b>Gambar 3.2</b> Posisi Stasiun Pengamatan Gunung Sinabung .....	22
<b>Gambar 3.3</b> Model Awal Struktur Kecepatan Gunung Sinabung .....	23
<b>Gambar 3.4</b> Bagan Alir .....	24
<b>Gambar 4.1</b> Contoh Gempa Vulkanik Dalam Tipe A (VTA), (i) <i>waveform</i> , (ii) kandungan frekuensi (spektral), (iii) spektogram .....	26

<b>Gambar 4.2</b> Contoh Gempa Vulkanik Dangkal Tipe B (VTB), (i) <i>waveform</i> , (ii) kandungan frekuensi (spektral), (iii) spektrogram .....	27
<b>Gambar 4.3</b> Contoh Gempa <i>Low Frequency</i> , (i) <i>waveform</i> , (ii) kandungan frekuensi (spektral), (iii) spektrogram .....	28
<b>Gambar 4.4</b> Contoh Gempa <i>Hybrid</i> , (i) <i>waveform</i> , (ii) kandungan frekuensi (spektral), (iii) spektrogram .....	29
<b>Gambar 4.5</b> Contoh Gempa Guguran, (i) <i>waveform</i> , (ii) kandungan frekuensi (spektral), (iii) spektrogram.....	30
<b>Gambar 4.6</b> Contoh Gempa Hembusan, (i) <i>waveform</i> , (ii) kandungan frekuensi (spektral), (iii) spektrogram.....	31
<b>Gambar 4.7</b> Distribusi Hiposenter Gempa VT Gunung Sinabung pada Bulan September – November 2020 .....	34

## **DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 3.1</b> Stasiun Pengamatan Gunung Sinabung .....	21
<b>Tabel 4.1</b> Lokasi Hiposenter Gempa VT Gunung Sinabung .....	32



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Indonesia memiliki 13% dari keseluruhan jumlah gunungapi dunia. Terdapat 129 gunungapi aktif, serta 500 gunungapi tidak aktif (Gosal et al., 2018). Salah satu gunungapi yang aktif akhir – akhir ini yaitu Gunung Sinabung. Gunung Sinabung merupakan gunungapi aktif yang terletak di Dataran Tinggi Karo, Kabupaten Karo, Sumatera Utara, Indonesia. Puncak Gunung Sinabung berkisar 2460 mdpl dengan koordinat 3° 10' LU dan 98° 23,5' BT (Sinaga et al., 2019).

Gunung Sinabung atau Deleng Sinabung terakhir kali meletus pada 1600 tahun lalu. Akan tetapi, Gunung Sinabung kembali aktif pada tahun 2010, letusan dari Gunung Sinabung terakhir kali terjadi sejak 2013 dan terus mengalami erupsi hingga saat ini (Febriaty, 2015). Hembusan material abu vulkanik dari Gunung Sinabung dapat mencapai ketinggian sekitar 7 sampai 8 km. Abu vulkanik tersebut dapat menyebar jauh dan mencapai Kota Medan dengan jarak kira – kira 80 km dari Gunung Sinabung (Ismail et al., 2019).

Gunung Sinabung memiliki aktivitas yang cukup tinggi. Aktivitas yang selalu meningkat ini disebabkan karena adanya pelepasan energi dari gunungapi. Akibat pelepasan energi tersebut, terjadilah gempa vulkanik (Bulo et al., 2020). Terdapat berbagai jenis gempa vulkanik, contohnya seperti gempa vulkanik dalam (gempa tipe A), gempa vulkanik dangkal (gempa tipe B), gempa letusan, gempa tremor dan lain – lain (Minakami, 1974).

Gempa vulkanik dapat digunakan untuk menentukan hiposenter gempa gunungapi. Gempa yang digunakan berupa gempa Vulkano-Tektonik (VT) yaitu gempa VT tipe A (VTA) dan gempa VT tipe B (VTB). Hiposenter sendiri merupakan fokus gempa atau pusat gempa yang berada di dalam bumi, hiposenter dapat di cari melalui gelombang seismik yang didapatkan dari gempa vulkanik (Bulo et al., 2020). Salah satu metode yang dapat digunakan dalam menentukan hiposenter yaitu *Geiger's method with Adaptive Damping* (GAD) (Nishi, 2005). Penentuan hiposenter menggunakan *software* GAD dilakukan dengan memasukkan koordinat XYZ (*station.dat*), *event* gempa (*arrival.dat*), dan data kecepatan gelombang seismik di bawah permukaan (*velocity.dat*) (Wuryani et al., 2014). Terdapat beberapa penelitian yang sebelumnya telah mengkaji tentang hiposenter gempa gunungapi dengan menggunakan metode GAD. Salah satunya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Syahra (2014) tentang analisis spektral dan distribusi hiposenter gempa vulkanik A dan vulkanik B Gunungapi Ijen Jawa Timur yang menghasilkan sebaran hiposenter gempa pada kedalaman 2.000 – 3.000 m dengan frekuensi 3,99 – 9,75 Hz untuk gempa vulkanik tipe A (VTA). Sedangkan untuk gempa vulkanik tipe B (VTB) dihasilkan sebaran hiposenter pada kedalaman 70 – 3.000 m dengan frekuensi 1,97 – 11,37 Hz (Syahra et al., 2014).

Berdasarkan ulasan di atas, penulis ingin melakukan penelitian tentang klasifikasi jenis gempa dan hiposenter gempa VT Gunung Sinabung dengan memanfaatkan metode GAD. Penelitian ini akan dikembangkan dan dituangkan dalam bentuk skripsi yang berjudul **“KLASIFIKASI JENIS GEMPA DAN PENENTUAN**

**HIPOSENTER GEMPA VT GUNUNG SINABUNG”**. Diharapkan nantinya skripsi ini dapat berguna dalam melakukan pemantauan aktivitas seismik dari Gunung Sinabung yang nantinya bermanfaat untuk mitigasi bencana apabila Gunung Sinabung meletus.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana hasil klasifikasi jenis gempa yang terekam di Gunung Sinabung pada bulan September - November 2020?
2. Bagaimana sebaran hiposenter gempa VT Gunung Sinabung menggunakan metode GAD?

## **I.3 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada jenis gempa dan sebaran hiposenter gempa VT Gunung Sinabung. Gunung Sinabung sendiri terletak pada koordinat  $3^{\circ} 10'$  LU dan  $98^{\circ} 23,5'$  BT. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder (data gempa Gunung Sinabung periode September - November 2020). Hasil yang diperoleh berupa sebaran hiposenter gempa vulkanik dengan menggunakan metode GAD (Nishi, 2005).

## **I.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui hasil klasifikasi jenis gempa yang terekam di Gunung Sinabung pada bulan September – November 2020.

2. Mengetahui hasil sebaran hiposenter gempa VT Gunung Sinabung dengan menggunakan metode GAD.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Gunung Sinabung**

Gunung Sinabung merupakan gunungapi jenis stratovulkano. Jenis gunungapi ini harus di waspadai karena gunungapi stratovulkano berbentuk mengerucut dan tinggi, serta terbentuk oleh banyaknya lapisan (strata) yang berasal dari lava mengeras, tefra, batu apung dan abu vulkanik (Julian & Suharno, 2013). Sedangkan, tipe letusan Gunung Sinabung dari tahun 2013 sampai sekarang adalah tipe freatik sampai magmatik. Tipe freatik merupakan tipe letusan yang terjadi karena adanya dorongan magma dari dapur magma dangkal yang diikuti dengan munculnya gempa vulkanik. Tipe letusan freatik sendiri menghasilkan gas yang disertai material abu dan piroklastik lainnya. Sedangkan, letusan magmatik merupakan letusan gunungapi yang berupa magma basaltik atau yang disebut dengan lava (Muzani et al., 2020).

##### **II.1.1 Sejarah Aktivitas Gunung Sinabung**

Aktivitas Gunung Sinabung dari tahun 1600 tidak memperlihatkan adanya aktivitas letusan. Namun, erupsi Gunung Sinabung mulai terjadi kembali pada bulan Agustus 2010. Akibat adanya aktivitas yang terjadi, tipe Gunung Sinabung yang awalnya tipe B berubah menjadi tipe A (Nurwihastuti et al., 2019). Peristiwa itu terjadi tepatnya pada 29 Agustus 2010, status Gunung Sinabung dinaikkan menjadi level tertinggi (awas) akibat aktivitas Gunung Sinabung yang mengeluarkan lava. Sebanyak 12.000 warga dievakuasi ke 8 lokasi. Namun,

Gunung Sinabung kembali meletus pada 7 September 2010 dengan menyemburkan debu vulkanik dengan ketinggian 5.000 m di udara. Suara letusan Gunung Sinabung terdengar hingga 8 km jauhnya (Muzani et al., 2020).

Selanjutnya, Gunung Sinabung kembali meletus hingga 18 September 2013, tercatat sebanyak 4 kali letusan telah terjadi. Letusan tersebut melepaskan awan panas dan abu vulkanik. Akibat peristiwa ini Gunung Sinabung dinaikkan menjadi level III (siaga). Pada tanggal 29 September 2013 status Gunung Sinabung diturunkan menjadi level II. Setelah memasuki bulan November, aktivitas Gunung Sinabung semakin meningkat, hal ini ditandai dengan adanya letusan – letusan yang semakin kuat. Terbentuk pula kolom abu vulkanik setinggi 8.000 m diatas puncak Gunung Sinabung. Hal tersebut menyebabkan status Gunung Sinabung dinaikkan menjadi level IV (awas), sehingga penduduk dari 21 desa dan 2 dusun harus dievakuasi (Hafni & Lubis, 2016).

Status level IV (awas) Gunung Sinabung bertahan hingga memasuki tahun 2014. Pada tanggal 3 Januari 2014, guguran lava pijar dan semburan awan panas masih terus terjadi. Rentetan kegempaan, letusan dan luncuran awan panas terus menerus terjadi, hal ini membuat lebih dari 20.000 penduduk mengungsi (Febriaty, 2015). Selama tahun 2014, Gunung Sinabung mengalami letusan – letusan kecil ataupun sedang. Namun tiba – tiba, pada tanggal 24 Juli 2015 terlihat kabut dan asap putih tebal setinggi 100 meter, terlihat juga guguran lava pijar dari puncak Gunung Sinabung sejauh 500 – 1.000 m ke arah tenggara – timur. Selanjutnya, pada tanggal 25 Juli 2015 tercatat sekitar 1.111 jiwa masih ditempatkan di 10 lokasi evakuasi. Terakhir, pada tanggal 27 Desember 2015

sedikitnya di Gunung Sinabung telah terjadi 19 kali guguran kecil dan status Gunung Sinabung masih berada pada level IV (awas), serta 9.319 jiwa masih mengungsi di posko penampungan yang telah disediakan (Hafni & Lubis, 2016).

Pada tahun 2016, Gunung Sinabung kembali meletus. Hal ini ditandai dengan adanya semburan awan panas yang menyelimuti Desa Gamber yang hanya beradius 4 km dari Gunung Sinabung. Korban dari peristiwa ini tercatat sebanyak 9 jiwa. Pada tahun 2017, aktivitas Gunung Sinabung masih terus terjadi dan mengeluarkan awan panas, karena hal tersebut ribuan warga masih harus hidup di pengungsian. Pada bulan Mei 2017, status Gunung Sinabung kembali naik menjadi “awas” yang ditandai dengan erupsi dan luncuran awan panas. Material yang keluar dari letusan ini mencapai 4 km. Setelahnya, pada bulan Agustus 2017, letusan Gunung Sinabung kembali terjadi dengan tinggi kolom 4.200 m, serta luncuran awan panas guguran sejauh 4.500 m ke arah tenggara – timur. Akibat erupsi yang terus – menerus terjadi, tercatat sebanyak 7.214 jiwa mengungsi pada 8 pos pengamatan. Dipenghujung akhir tahun, Gunung Sinabung kembali meletus dengan menyemburkan awan panas sejauh 4,6 km (Muzani et al., 2020).

Pada tahun 2018, Gunung Sinabung mengalami erupsi eksplosif dengan tinggi kolom yang mencapai 5.000 m dari atas puncak Gunung Sinabung. Selain itu, terjadi pula awan panas letusan yang disertai rentetan awan panas guguran yang terjadi sebanyak 10 kejadian dengan jarak mencapai 4,9 km ke arah selatan – tenggara dan 3,5 km arah timur tenggara. Dampak dari awan panas ini masih berada pada kawasan yang direkomendasikan oleh PVMBG untuk dikosongkan. Adapun sebaran abu vulkanik dari Gunung Sinabung ke arah selatan – barat daya

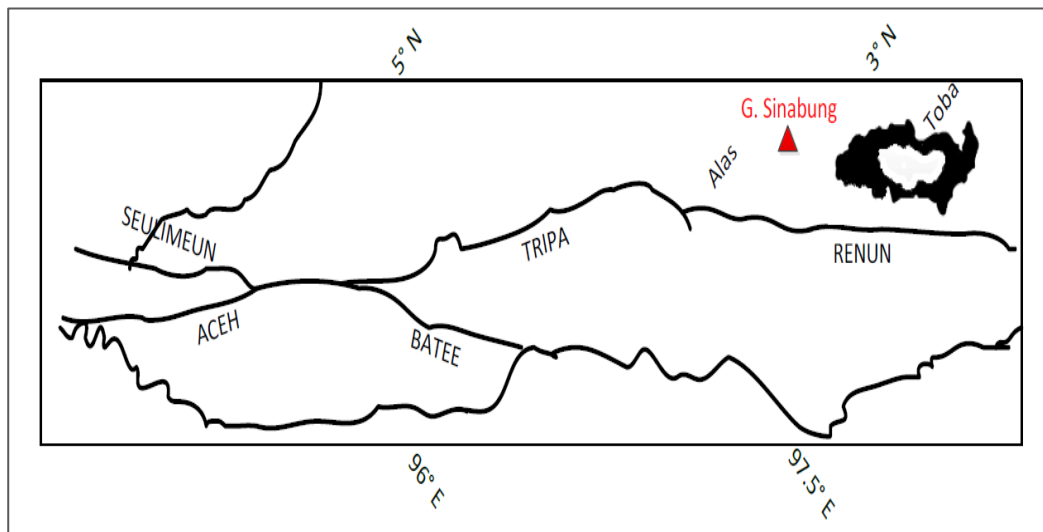
(PEMDA KARO, 2018). Sedangkan, pada tahun 2019, tingkat aktivitas Gunung Sinabung diturunkan menjadi level III (siaga). Erupsi terakhir Gunung Sinabung terjadi pada bulan 9 Juni 2019 (PVMBG, 2019).

Terakhir, pada bulan Agustus 2020, Gunung Sinabung mengalami erupsi freatik yang menghasilkan kolom erupsi yang berwarna kelabu hingga coklat dengan tinggi sekitar 2000 m dari atas puncak serta intensitas yang berkisar sedang hingga tebal. Kolom erupsi yang terjadi cenderung ke arah timur (PVMBG, 2020b). Aktivitas Erupsi tetap berlanjut pada tahun 2020 mengakibatkan status Gunung Sinabung berada pada level III (siaga). Oleh karena itu, masyarakat dan pengunjung diharapkan untuk tidak melakukan aktivitas di desa – desa yang sudah direlokasi, masyarakat juga diharapkan tetap memakai masker bila keluar rumah agar menghindari dampak dari abu vulkanik, serta masyarakat diharapkan tetap waspada terhadap bahaya lahar (PEMDA KARO, 2020).

### **II.1.2 Geologi Regional Gunung Sinabung**

Gunungapi yang ada di Pulau Sumatera terbentuk karena adanya proses subduksi Lempeng Eurasia dan Indo-Australia. Pertemuan kedua lempeng tersebut mengakibatkan terbentuknya sesar yang lebih dikenal dengan nama Sesar Sumatera (Arifa et al., 2018). Sesar Sumatera terbentang dari Selat Sunda yang berada di selatan hingga ke Aceh yang berada di utara dengan jarak sekitar 1900 km. Sesar Sumatera terbagi menjadi beberapa segmen seperti yang ditampilkan dalam gambar 2.1. Segmen Renun yang membentang sejauh 225 km dari barat Kaldera Danau Toba hingga barat daya lembah Alas Graben merupakan segmen terdekat dengan Gunung Sinabung (Indrastuti, 2014).





**Gambar 2.1** Segmen Sumatera di sekitar Gunung Sinabung ( Indrastuti, 2014)

Selain itu, ditemukan juga sesar normal yang berada di daerah Danau Kawar. Serta terdapat juga struktur geologi berupa kelurusan topografi yang umumnya berorientasi dari barat daya – timur laut dan ada pula struktur kawah yang ditemukan berada pada bagian puncak Gunung Sinabung dengan arah orientasi dari barat laut – tenggara (Arifa et al., 2018).

## II.2 Gelombang Seismik

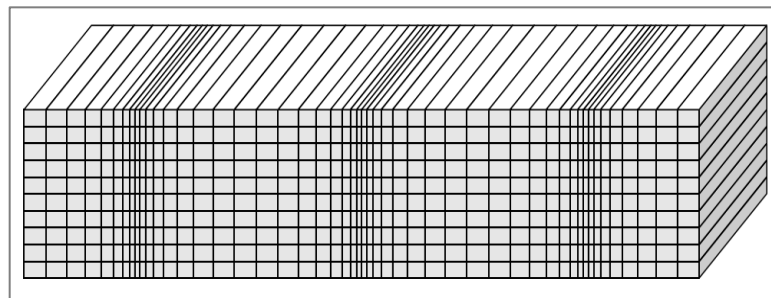
Gelombang seismik merupakan gelombang yang merambat atau menjalar melalui bumi (Linda et al., 2019). Bumi merupakan medium dari suatu gelombang yang terdiri dari beberapa lapisan batuan, lapisan – lapisan batuan tersebut mempunyai sifat fisis yang berbeda - beda (Hudha et al., 2014). Perambatan dari gelombang seismik bergantung pada sifat elastisitas dari lapisan (batuan) yang akan dilewatinya (Linda et al., 2019). Ketidak-kontinuan sifat medium menyebabkan gelombang seismik mengalami fenomena refraksi, refleksi dan transmisi ke medium di bawahnya. Gelombang seismik sendiri dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu gelombang badan dan gelombang permukaan (Hudha et al., 2014).

## II.2.1 Gelombang Badan

Gelombang badan merupakan gelombang yang dapat menjalar ke segala arah melalui bagian dalam bumi, serta disebut juga sebagai *free wave*. Gelombang badan terbagi menjadi dua berdasarkan dari cara gelombangnya merambat yaitu gelombang primer dan gelombang sekunder (Roemaf, 2013).

### 1. Gelombang primer

Gelombang primer merupakan gelombang longitudinal yang merambat lebih cepat dan datang pertama kali dengan frekuensi lebih tinggi (Haerudin et al., 2019). Gambar 2.2 menunjukkan gerakan dari partikel pada gelombang primer, kecepatan gelombang primer yaitu 7 km/s pada lapisan kerak bumi, dalam mantel dan inti bumi  $>8$  km/s,  $\pm 1,5$  km/s di dalam air,  $\pm 0,3$  km/s di udara (Wahyuni et al., 2017).

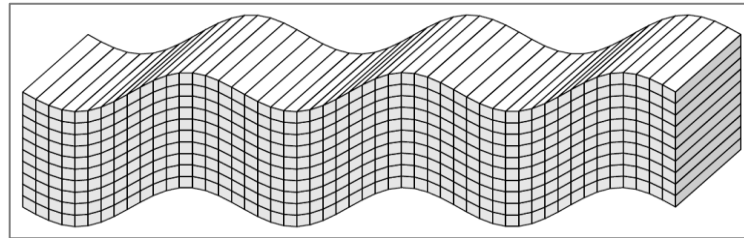


**Gambar 2.2** Gerakan Partikel untuk Gelombang Primer (Shearer, 2009)

### 2. Gelombang Sekunder

Gelombang sekunder merupakan gelombang transversal yang merambat atau datang setelah gelombang primer, gelombang sekunder memiliki amplitudo yang lebih besar dibandingkan dengan gelombang primer, serta memiliki frekuensi lebih rendah (Haerudin et al., 2019). Gambar 2.3 sendiri merupakan gambaran gerakan partikel pada gelombang sekunder. Kecepatan gelombang sekunder yaitu

3 – 4 km/s pada lapisan kerak bumi, >4,5 km/s lapisan mantel bumi, 2,5 – 3 km/s pada lapisan inti bumi (Wahyuni et al., 2017).



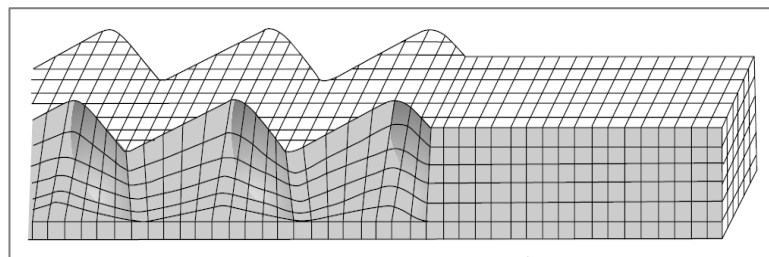
**Gambar 2.3** Gerakan Partikel untuk Gelombang Sekunder (Shearer, 2009)

## II.2.2 Gelombang Permukaan

Gelombang Permukaan merupakan gelombang yang menjalar di permukaan bumi. Selain itu, gelombang permukaan merupakan gelombang yang dapat menyebabkan kerusakan di permukaan bumi apabila terjadi gempa bumi. Gelombang permukaan terbagi menjadi gelombang *love* dan gelombang *reyleigh* (Roemaf, 2013).

### 1. Gelombang *Love*

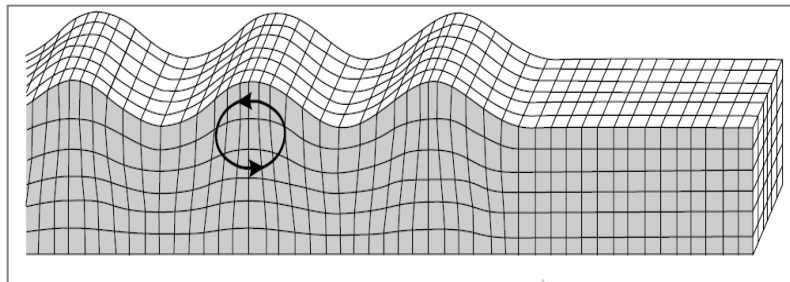
Gelombang *Love* merupakan gelombang yang menjalar di permukaan bumi dengan pergerakan yang menyerupai gelombang sekunder. Gambar 2.4 menunjukkan pergerakan partikel pada gelombang *love*. Perambatan gelombang *love* terjadi di permukaan bumi dengan arah getaran mendatar (Municha et al., 2016).



**Gambar 2.4** Gerakan Partikel untuk Gelombang *Love* (Fowler, 2005)

## 2. Gelombang *Rayleigh*

Gelombang *Rayleigh* merupakan gelombang yang merambat pada permukaan material dengan arah pergerakan partikelnya berbentuk *elips*, seperti yang ditampilkan pada gambar 2.5. Penetrasi gelombang *rayleigh* hanya sampai kedalaman satu gelombang (Wanandi et al., 2018).



**Gambar 2.5** Gerakan Partikel untuk Gelombang *Rayleigh* (Fowler, 2005)

## II.3 Gempa Vulkanik

Gempa bumi merupakan guncangan dahsyat yang menjalar ke permukaan bumi karena adanya gangguan yang terjadi di dalam kulit bumi (litosfer) (Mustafa, 2010). Gempa bumi sering terjadi di wilayah Indonesia karena secara geografis Indonesia terletak diantara pertemuan tiga lempeng tektonik aktif yang mengakibatkan terbentuknya jalur – jalur gempa dan jalur vulkanisme yang berdampak besar terhadap distribusi penyebaran gempa di Indonesia (Hidayat & Santoso, 1997).

Gempa yang terbentuk pada jalur vulkanisme atau terjadi karena adanya aktivitas gunungapi (vulkanik) yang disebut sebagai gempa vulkanik. Gempa vulkanik muncul karena adanya aktivitas magma yang ada di bawah gunungapi yang mendapatkan tekanan, sehingga dapat melepaskan energi secara tiba – tiba yang akhirnya akan menimbulkan getaran tanah (gempa bumi). Selain itu, pelepasan

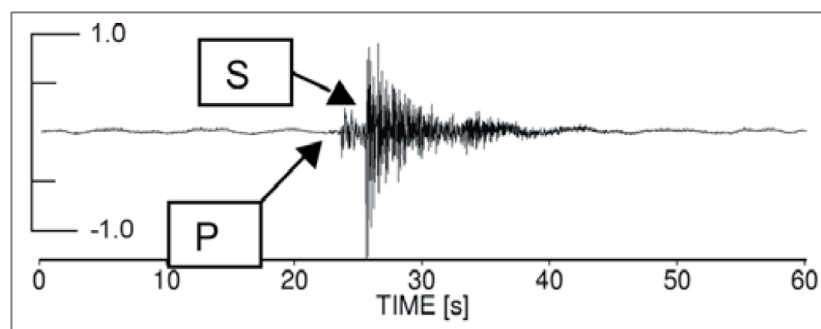
dari energi tersebut juga akan menyebabkan adanya pergerakan magma yang terjadi secara perlahan (Sunarjo et al., 2012).

### II.3.1 Klasifikasi Gempa Vulkanik

Adapun klasifikasi dari gempa vulkanik yaitu sebagai berikut ini :

#### 1. Gempa Vulkanik Dalam (Tipe A atau VTA)

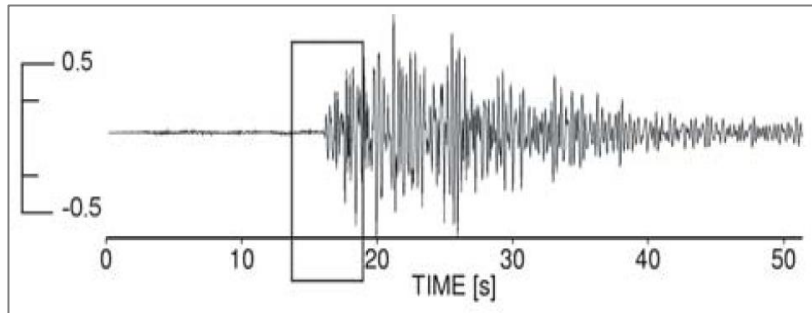
Gempa vulkanik dalam (Tipe A atau VTA) merupakan gempa bumi yang terjadi pada kedalaman 1 - 20 km atau disebut gempa bumi yang berasal dari dasar gunung berapi (Zobin, 2012). Gempa vulkanik dalam memiliki frekuensi di atas 5 Hz dan gelombang primer (P) dan gelombang sekunder (S) dapat dibedakan dengan jelas, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 (Wassermann, 2002).



**Gambar 2.6** Rekaman Seismik Gempa Vulkanik Dalam (Wassermann, 2002)

#### 2. Gempa Vulkanik Dangkal (Tipe B atau VTB)

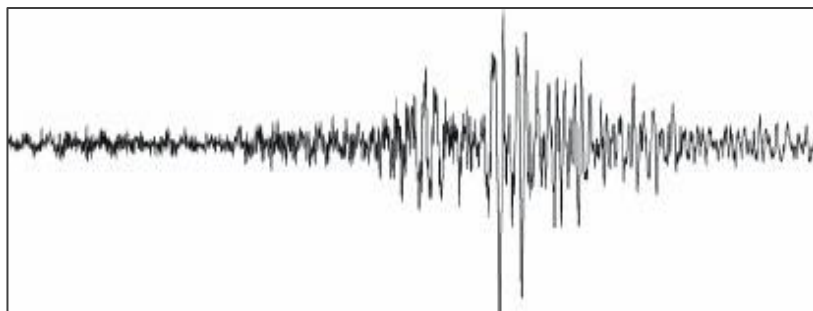
Gempa Vulkanik Dangkal (Tipe B atau VTB) merupakan gempa vulkanik yang hiposenter gempanya dibatasi pada radius kedalaman sekitar 1 km. Hiposenter dari gempa vulkanik tipe B lebih dangkal dibandingkan dengan gempa vulkanik tipe A (Zobin, 2012). Gempa vulkanik dangkal memiliki frekuensi 1 – 5 Hz. Gelombang P dan gelombang S pada gempa vulkanik dangkal lebih susah untuk ditentukan, hal tersebut dapat dilihat pada gambar 2.7 (Wassermann, 2002).



**Gambar 2.7** Rekaman Seismik Gempa Vulkanik Dangkal (Wassermann, 2002)

### 3. Gempa *Low Frequency*

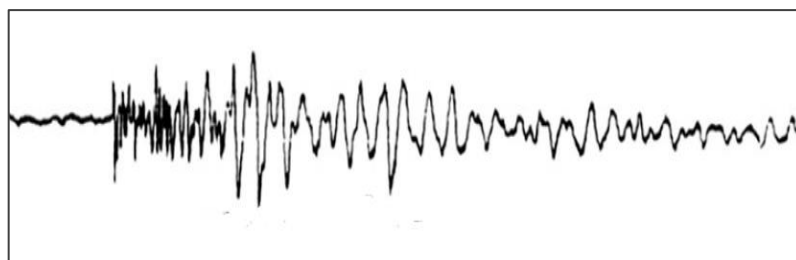
Gempa *low frequency* merupakan gempa yang ditandai dengan tidak adanya gelombang S, seperti yang terlihat pada gambar 2.8. Umumnya gempa *low frequency* memiliki frekuensi sekitar 1 – 3 Hz (Indrastuti, 2014).



**Gambar 2.8** Rekaman Seismik Gempa *Low Frequency* (Wassermann, 2002)

### 4. Gempa *Hybrid*

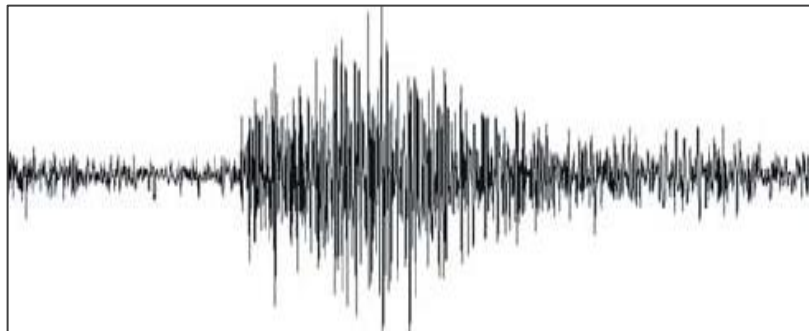
Gempa *hybrid* merupakan gabungan antara gempa vulkanik dan gempa *low frequency* (Indrastuti, 2014). Gambar 2.9 menunjukkan bahwa gempa *hybrid* memiliki frekuensi yang tinggi pada awal sinyalnya.



**Gambar 2.9** Rekaman Seismik Gempa *Hybrid* (Wassermann, 2002)

### 5. Gempa *Multi-phases*

Gempa *Multi-phases* adalah gempa yang memiliki frekuensi yang rendah sekitar 3,5 Hz. Gambar 2.10 menunjukkan bentuk rekaman seismik dari gempa *Multi-phases*. Gempa *Multi-phases* memiliki kedalaman yang sangat dangkal serta muncul setelah terjadinya letusan (Utari, 2019).



**Gambar 2.10** Rekaman Seismik Gempa *Multi-phases* (Wassermann, 2002)

### 6. Gempa Hembusan

Gempa hembusan merupakan gempa yang memiliki frekuensi tinggi, serta ditandai dengan adanya hembusan dari kawah gunungapi (Indrastuti, 2014).

Gambar 2.11 menunjukkan bentuk rekaman seismik gempa hembusan.

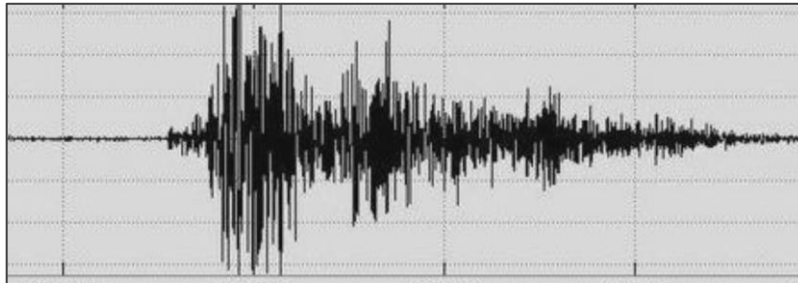


**Gambar 2.11** Rekaman Seismik Gempa Hembusan (Indrastuti, 2014)

### 7. Gempa Guguran

Gempa guguran merupakan gempa yang terjadi karena adanya guguran dari sebagian kubah lava, memiliki frekuensi yang tinggi sekitar 6 – 8 Hz, serta durasi

kejadiannya terjadi dalam beberapa menit (Utari, 2019). Gambar 2.12 merupakan gambaran bentuk rekaman seismik dari gempa guguran.



**Gambar 2.12** Rekaman Seismik Gempa Guguran (Indrastuti, 2014)

#### 8. Gempa Letusan

Gempa letusan merupakan gempa yang terjadi karena letusan yang bersifat eksplosif. Amplitudo gempa letusan terkait dengan besarnya letusan eksplosif. Gambar 2.13 menunjukkan bentuk rekaman seismik gempa letusan. Pada seismogram dari gempa letusan sering dijumpai adanya gangguan akibat guncangan udara (Zobin, 2012).

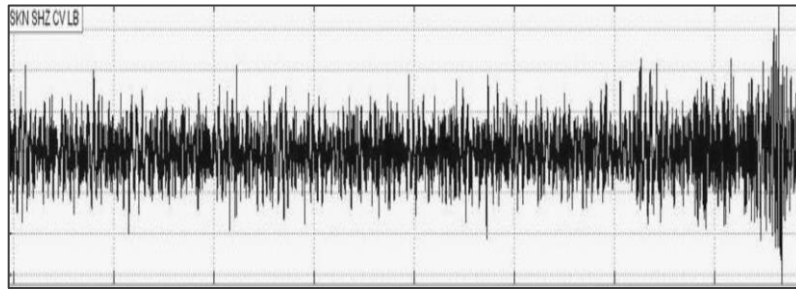


**Gambar 2.13** Rekaman Seismik Gempa Letusan (Minakami, 1974)

#### 9. Gempa Tremor

Gempa tremor merupakan gempa yang terekam menjelang terjadinya letusan dan setelah letusan dengan rentang waktu dari menit hingga hari, dan kadang akan terekam amplitudo yang *overscale* (Indrastuti, 2014). Gambar 2.14 menunjukkan bentuk rekaman seismik dari gempa tremor.



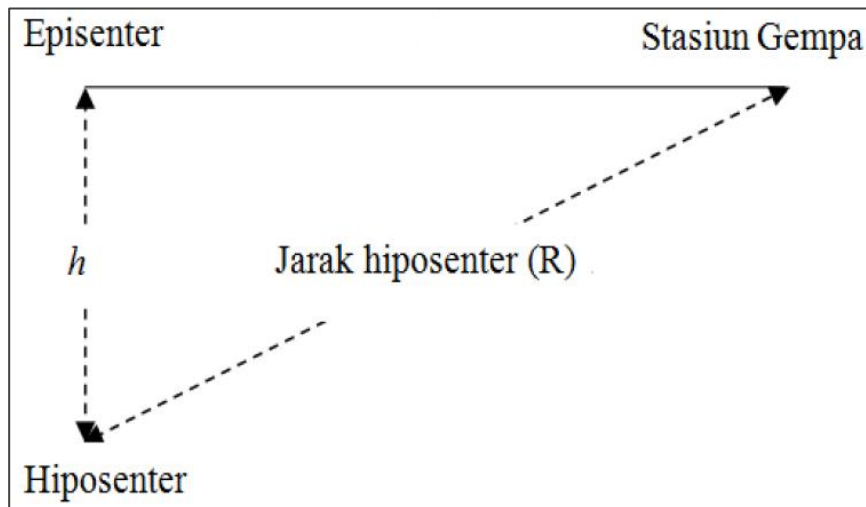


**Gambar 2.14** Rekaman Seismik Gempa Tremor (Indrastuti, 2014)

## II.4 Hiposenter

Hiposenter merupakan fokus gempa atau pusat gempa yang berada didalam bumi. Hiposenter dapat dicari dengan menggunakan gelombang seismik (gelombang primer dan gelombang sekunder). Hiposenter dapat dihasilkan karena adanya tekanan yang berasal dari dalam bumi yang membuat lapisan bumi mengalami pergetaran (Bulo et al., 2020). Penentuan hiposenter merupakan salah satu parameter gempa bumi yang penting (Kurniawan & Saputri, 2019). Dalam melakukan penentuan parameter gempa bumi, maka diperlukan ketelitian sehingga dapat menentukan kualitas data yang baik serta memberikan informasi yang akurat kepada masyarakat. Salah satu cara yang digunakan yaitu dengan menentukan hiposenter gempa (Shohaya et al., 2014).

Dalam menentukan hiposenter gempa terdapat berbagai metode yang dapat digunakan, seperti metode Geiger (Nishi, 2005). Selain itu, terdapat parameter hiposenter gempa bumi yang terbagi menjadi parameter lokasi dan peristiwa gempa bumi yang terdiri dari *longitude*, *latitude*, kedalaman, dan waktu kejadian gempa (Ramdhan et al., 2020). Gambar 2.15 menunjukkan jarak dari hiposenter gempa ke titik koordinat terpasangnya seismograf (lokasi stasiun gempa) (Saputri & Pujiastuti, 2020)



**Gambar 2.15** Jarak Antara Hiposenter Gempa Bumi ke Stasiun (Saputri & Pujiastuti, 2020)

#### II.4.1 Metode Geiger's Method with Adaptive Damping (GAD)

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan hiposenter gempa yaitu metode Geiger dengan menggunakan *software Geiger's Method with Adaptive Damping (GAD)* (Nishi, 2005). Metode Geiger pertama kali dikembangkan oleh Geiger tahun 1910 yang bertujuan untuk menentukan letak hiposenter gempa dengan mempertimbangkan parameter model awalnya (Arimuko et al., 2019).

Prinsip yang digunakan metode Geiger yaitu dengan menghitung residual antara waktu pengamatan (*observed*) dan waktu perhitungan (*calculated*). Persamaan perhitungan residual tersebut adalah sebagai berikut (Madrinovella et al., 2012) :

$$r_i = r_{obs}^i - r_{cal}^i \quad (2.1)$$

Keterangan :

$r_i$  : Selisih antara waktu observasi dan waktu perhitungan pada stasiun ke-i

$r_{obs}^i$  : Waktu tempuh gelombang seismik pada stasiun ke-i dari hiposenter gempa.

$r_{cal}^i$  : Waktu tempuh yang dihitung berdasarkan model kecepatan bawah permukaan.

Selain itu, dasar perhitungan yang digunakan dalam metode Geiger terdiri dari mencari nilai residual terkecil yang merupakan hasil dari turunan parsial antara waktu terhadap posisi dari setiap sumbu koordinat kartesian, serta perbandingan antara waktu tempuh observasi dengan waktu tempuh perhitungan. Berikut merupakan persamaan yang menunjukkan turunan parsial dari komponen – komponen tersebut (Arimuko et al., 2019) :

$$r_i = \frac{\partial T}{\partial x_i} \Delta x + \frac{\partial T}{\partial y_i} \Delta y + \frac{\partial T}{\partial z_i} \Delta z + \Delta t \quad (2.2)$$

Maka, didapatkan solusi matriks yaitu matriks r

$$r = G \cdot X \quad (2.3)$$

Sehingga,

$$X = (G^T * G)^{-1} G^T r \quad (2.4)$$

Keterangan :

r : matriks data

G : matriks karnel

X : matriks model

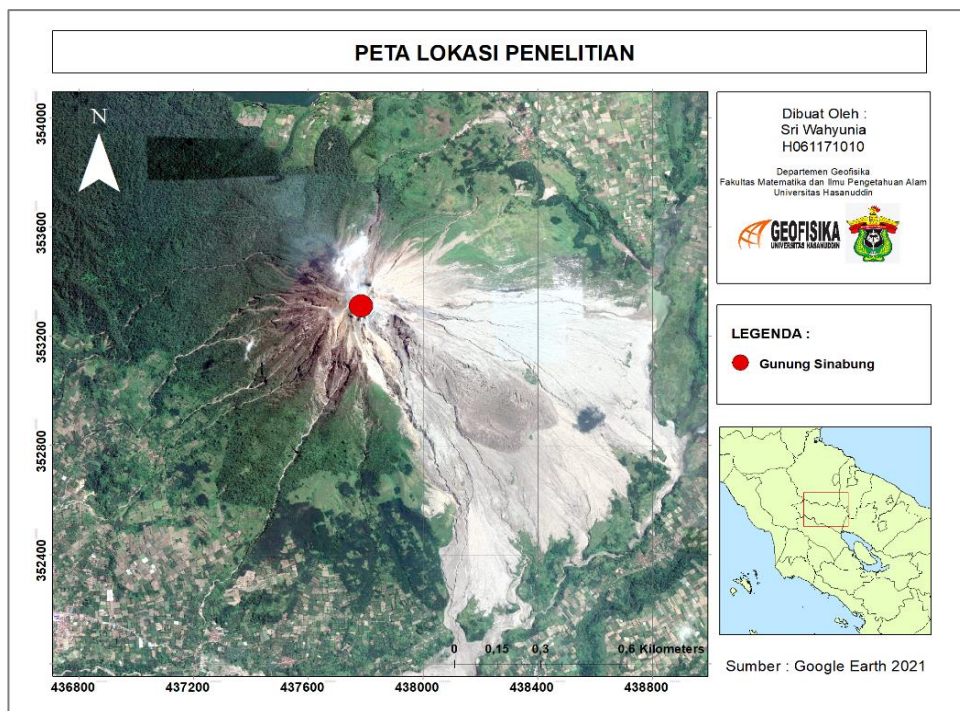
Karakteristik dari metode Geiger itu sendiri yaitu dapat diaplikasikan pada waktu tiba gelombang primer dan gelombang sekunder untuk mendapatkan *focal* elemennya. Penggunaan metode Geiger sangat sederhana, dapat digunakan maksimal enam media lapisan horizontal, serta jumlah data yang digunakan minimal dari 3 stasiun (Nishi, 2005).

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### III.1 Lokasi Penelitian

Gunung Sinabung merupakan gunungapi yang terletak di Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara. Ketinggian Gunung Sinabung berkisar 2460 mdpl dan terbentuk pada tepian barat laut dari patahan cekungan Toba Tua (Lubis et al., 2019). Secara geografis Gunung Sinabung terletak pada  $3^{\circ} 10'$  Lintang Utara dan  $98^{\circ} 23,5'$  Bujur Timur (Togatorop et al., 2016).



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

#### III.2 Alat dan Bahan

##### III.2.1 Alat

Berikut ini merupakan alat yang digunakan dalam penelitian ini :

1. *Swarm* 3.2.0