**TUGAS AKHIR – SF 184801**

# KARAKTERISTIK GUNUNG SEMERU BERDASARKAN ANALISIS SINYAL SEISMIK PADA PERIODE BULAN JANUARI-MARET 2018

**LINTANG KINASIH WIBAWANING UTOMO**
**NRP. 01111640000015**

**Dosen Pembimbing**
**Dr. rer. Nat. Eko Minarto M.Si**

**Departemen Fisika**
**Fakultas Sains dan Analitika Data**
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**
**Surabaya**
**2020**

**TUGAS AKHIR – SF 184801**

# KARAKTERISTIK GUNUNG SEMERU BERDASARKAN ANALISIS SINYAL SEISMIK PADA PERIODE BULAN JANUARI-MARET 2018

**LINTANG KINASIH WIBAWANING UTOMO**
**NRP. 01111640000015**

**Dosen Pembimbing**
**Dr. rer. Nat. Eko Minarto M.Si**

**Departemen Fisika**
**Fakultas Sains dan Analitika Data**
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**
**Surabaya**
**2020**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**FINAL PROJECT – SF 184801**

# CHARACTERISTICS OF SEMERU MOUNTAIN BASED ON ANALYSIS OF SEISMIC SIGNALS MONTHS JANUARY-MARCH 2018

**LINTANG KINASIH WIBAWANING UTOMO**
**NRP. 01111640000006**

**Advisor**
**Dr. rer. Nat. Eko Minarto M.Si**

**Departement of Physics**
**Faculty of Science and Data Analytics**
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**
**Surabaya**
**2020**

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## LEMBAR PENGESAHAN

# KARAKTERISTIK GUNUNG SEMERU BERDASARKAN ANALISIS SINYAL SEISMIK PADA PERIODE BULAN JANUARI-MARET 2018

## TUGAS AKHIR

Disusun untuk memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Tugas Akhir
Program Strata 1
Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Analitika Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Disusun Oleh:
**LINTANG KINASIH WIBAWANING UTOMO**
**01111640000015**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

**Dr. rer. Nat. Eko Minarto M.Si. (.....)**

Surabaya, 5 Agustus 2020

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS SAINS DAN ANALITIKA DATA
DEPARTEMEN FISIKA

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

# KARAKTERISTIK GUNUNG SEMERU BERDASARKAN ANALISIS SINYAL SEISMIK PADA PERIODE BULAN JANUARI-MARET 2018

**Nama** : **LINTANG KINASIH WIBAWANING UTOMO**
**NRP** : **01111640000015**
**Departemen** : **Fisika F. SAINS-ITS**
**Dosen Pembimbing** : **Dr. rer. Nat. Eko Minarto M.Si.**

## Abstrak

Aktivitas Gunung Semeru tedapat di Kawah Jonggring Seloko yang terletak di sebelah tenggara puncak Mahameru, dengan aktivitas gunung semeru yang aktif tentu saja mempunyai potensi bahaya terhadap penduduk disekitar. Oleh karena itu perlu dilakukan analisis terhadap aktivitas Gunung Semeru guna mengetahui serta memahami karakteristik dari Gunung Semeru yang dalam hal ini dapat meningkatkan upaya mitigasi bencana terhadap penduduk sekitar. Salah satu cara mengetahui yakni dengan metode pemantauan seismik yang diperoleh dari pos Pemantauan Gunungapi hal tersebut dilakukan dengan menganalisis parameter-parameter gempa menggunakan SWARM 2.8.2 yang menunjukkan aktivitas Gunung Semeru selama periode bulan Januari-Maret 2018. Hasil dari analisis menunjukkan banyaknya aktivitas gempa letusan, gempa hembusan dan sedikit gempa guguran di Gunung Semeru pada periode bulan Januari-Maret 2018. Frekuensi dominan letusan pada 1,1-2,1 Hz, hembusan pada 1-1,8 Hz, guguran pada 2-4 Hz sehingga Gunung Semeru memiliki karakteristik sistem yang terbuka.

**Kata kunci:** Gunung Semeru, karakteristik, *SWARM 2.8.2*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# CHARACTERISTICS OF SEMERU MOUNTAIN BASED ON ANALYSIS OF SEISMIC SIGNALS MONTHS JANUARY-MARCH 2018

**Name : LINTANG KINASIH WIBAWANING UTOMO**
**NRP : 01111640000015**
**Departement : Physics F. SAINS-ITS**
**Advisors : Dr. rer. Nat. Eko Minarto M.Si.**

## Abstract

*Mount Semeru activity is found in Jonggring Seloko Crater, which is located in the southeast of Mahameru peak, with active Semeru volcano activity certainly has a potential danger to the surrounding population. Therefore it is necessary to analyze the activities of Mount Semeru to find out and understand the characteristics of Mount Semeru which in this case can increase disaster mitigation efforts for the surrounding population. One way to find out is the seismic monitoring method obtained from the Volcano Monitoring post. It is done by analyzing earthquake parameters using SWARM 2.8.2 which shows the activity of Mount Semeru during the period January-March 2018. The results of the analysis show the number of earthquake activity eruptions, a gust earthquake, and a slight earthquake in Mount Semeru in the period January-March 2018. The dominant frequency of eruptions at 1.1-2.1 Hz, gusts at 1-1.8 Hz, avalanches at 2-4 Hz as the result Mount Semeru has an open system characteristic.*

*Key words: Mount Semeru, characteristics, SWARM 2.8.2*

# KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir sebagai syarat wajib untuk memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) di Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan judul: **"Karakteristik Gunung Semeru Berdasarkan Analisis Sinyal Seismik Pada Periode Bulan Januari-Maret 2018"**. Penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini tak lepas dari motivasi, dorongan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Bapak Dr.rer.nat. Eko Minarto, M.Si selaku dosen pemimbing.
2. Bapak Ir. Kristianto M.Si selaku pembimbing Tugas Akhir selama di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Bandung yang telah memberikan bimbingan serta masukan tehadap penulis
3. Bapak Dr. Gatut Yudhoyono, MT. selaku Ketua Departemen Fisika Fakultas Sains dan Analitika Data ITS, yang telah memberikan kemudahan sarana prasarana selama kuliah hingga terselesainya Laporan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Dr. Sungkono M.Si selaku dosen wali yang selalu memberikan masukan serta motivasi terhadap penulis selama perkuliahan secara akademik maupun non-akademik.
5. Keluarga Penulis (Bapak Teguh, Ibu Aisha, dan Sekar) yang selalu mendukung penulis hingga selesainya Tugas Akhir ini.
6. Teman seperjuangan tim Tugas Akhir selama di Bandung, Nurul Hidayah, dan Nandika Nanda yang telah membantu penulis memahami data penelitian.

7. Teman-teman SIRIUS 2016 (Axl, Erda, Umi, Lilid, Rosyi, May Shela) yang selalu mendukung dan memotivasi penulis selama perkuliahan di ITS serta memberikan pengalaman yang tak terlupakan.
8. Teman-teman Kosan Beriman (Yulinda, Septi, Venny, Diah) yang selalu menemani dan mendukung penulis di saat emosional selama 4 tahun perkuliahan di ITS.
9. Seluruh teman-teman Laboratorium Geofisika ITS yang telah banyak membantu penulis dan menjadi tempat berbagi ilmu saat perkuliahan di ITS.
10. Teman-teman seperjuangan SCI'14 yang selalu memberikan dukungan, motivasi serta pengalaman yang tak terlupakan.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penulisan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan Laporan Tugas Akhir ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis
Lintang Kinasih Wibawaning Utomo

## DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL** ..... **i**
**LEMBAR PENGESAHAN** ..... **v**
**Abstrak** ..... **vii**
**Abstract** ..... **ix**
**KATA PENGANTAR** ..... **x**
**DAFTAR ISI** ..... **xii**
**DAFTAR GAMBAR** ..... **xiv**
**DAFTAR TABEL** ..... **xvi**
**BAB I** ..... **1**
**PENDAHULUAN** ..... **1**
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 2
1.3 Tujuan Penelitian ..... 2
1.4 Batasan Masalah ..... 2
1.5 Manfaat Penelitian ..... 2
1.6 Sistematika Penulisan ..... 3
**BAB II** ..... **5**
**TINJAUAN PUSTAKA** ..... **5**
2.1 Gunung Semeru ..... 5
2.2 Sejarah Letusan Gunung Semeru ..... 6
2.3 Gunung Api ..... 7
2.4 Aktivitas Gunung Api ..... 11
2.5 Material Gunung Api ..... 13
2.6 Seismograf ..... 16
2.7 Gelombang Seismik ..... 17
2.8 Mekanisme Penjalaran Gelombang ..... 21
2.10 Fast Fourier Transform (FFT) ..... 24
**BAB III** ..... **27**
**METODOLOGI** ..... **27**
3.1 Data dan Peralatan ..... 27
3.1.1 Data ..... 27

3.2.2 Peralatan ..... 27
3.2 Tahapan Penelitian ..... 28
3.2.1 Identifikasi Masalah ..... 28
3.2.3 Pengolahan Data ..... 29
3.2.4 Analisa Hasil Pengolahan Data ..... 31
**BAB IV ..... 33**
**HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 33**
4.1 Analisa Data ..... 33
4.2 Hasil Pengolahan Data ..... 33
4.2.1 Event Gempa ..... 33
**BAB V ..... 44**
**KESIMPULAN DAN SARAN ..... 44**
5.1 Kesimpulan ..... 44
5.2 Saran ..... 44
**DAFTAR PUSTAKA ..... 46**
**BIODATA PENULIS ..... 50**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tipe Erupsi Gunungapi…….9
Gambar 2.2 Rekaman seismik vulkanik tipe A……11
Gambar 2.3 Rekaman seismik vulkanik tipe B……12
Gambar 2.4 Rekaman seismik gempa letusan……...12
Gambar 2.5 Rekaman seismik gempa tremor harmonik……...13
Gambar 2.6 Rekaman seismik gempa tremor spasmodik……13
Gambar 2.7 Foto kerikil, batu besar, dan abu vulkanik……...14
Gambar 2.8 Foto lava dan lahar……15
Gambar 2.9 Kawah Ciwidey, Kawah Candradimuka, awan panas Gunung Merapi dan uap air panas Cisolok……..15
Gambar 2.10 Gelombang Badan…… 18
Gambar 2.11 Gelombang Primer……..19
Gambar 2.12 Gelombang Sekunder……..19
Gambar 2.13 Gelombang Permukaan……...20
Gambar 2.14 Gelombang Love……20
Gambar 2.15 Gelombang Rayleigh……..21
Gambar 2.16 Pemantulan dan Pembiasan Gelombang……22
Gambar 2.17 Ilustrasi Prinsip Huygens……22
Gambar 2.18 Ilustrasi Prinsip Fermat Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Penelitian…….23
Gambar 3.1 Diagram Alir……28
Gambar 3.2 Stasiun yang Terdapat pada Rekaman Seismik Digital G.Semeru…….29
Gambar 3.3 *Wave View* pada *Software* SWARM 2.8.2……30
Gambar 3.4 *Spectral View* pada *Software* SWARM 2.8.2……31
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian……32
Gambar 4.1 Rekaman Sinyal Seismik Digital Guguran……34
Gambar 4.2 Grafik Gempa Guguran G. Semeru Januari-Maret 2018..35
Gambar 4.3 Grafik Frekuensi Gempa Guguran Bulan Januari-Maret 2018…….36
Gambar 4.4 Grafik Gempa Hembusan Bulan Januari-Maret 2018…..37
Gambar 4.5 Contoh Rekaman Sinyal Seismik Digital Hembusan……38
Gambar 4.6 Grafik Frekuensi Hembusan Bulan Januari-Maret 2018..39

Gambar 4.7 Grafik Gempa Letusan Bulan Januari-Maret 2018……...40
Gambar 4.8 Contoh Sinyal Seismik Digital Letusan…….41
Gambar 4.8 Frekuensi Letusan Bulan Januari-Maret 2018……...42
Gambar 4.9 Contoh Sinyal Seismik Digital Vulkanik……..43

# DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sejarah Letusan Gunungapi Semeru.....6
Tabel 4.1 Koordinat Stasiun Pengamatan Gunung Semeru.....33

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I

# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Gunung Semeru atau Gunung Meru merupakan gunung tertinggi di Pulau Jawa tepatnya di Jawa Timur, dengan puncaknya Mahameru, 3.676 meter dari permukaan laut (mdpl). Gunung Semeru juga merupakan gunung berapi tertinggi ketiga di Indonesia setelah Gunung Kerinci di Sumatra dan Gunung Rinjani di Nusa Tenggara Barat. Kawah di puncak Gunung Semeru dikenal dengan nama Jonggring Saloko. Gunung Semeru secara administratif termasuk dalam wilayah dua kabupaten, yakni Kabupaten Malang dan Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur. Gunung ini termasuk dalam kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Posisi geografis Semeru terletak antara 8°06' LS dan 112°55' BT. Daerah di sekitar Gunung Semeru merupakan daerah pertanian yang subur. Di lereng timur dan tenggara yang merupakan daerah rawan bencana, terletak tanah pertanian dan permukiman dengan kepadatan penduduk lebih dari 850jiwa/km2 *(www.esdm.go.id)*.

Aktivitas gunung Semeru tedapat di Kawah Jonggring Seloko yang terletak di sebelah tenggara puncak Mahameru, dengan aktivitas gunung semeru yang aktif tentu saja mempunyai potensi bahaya terhadap penduduk disekitar yang dapat berupa bahaya langsung seperti letusan awan panas, lontaran piroklastik, abu vulkanik, maupun bahaya yang tidak langsung seperti kabut abu yang berbahaya bagi manusia serta aliran lahar yang dapat merusak pemukiman penduduk dan lahan pertanian, sehingga upaya mitigasi gunung Semeru sangatlah penting yang dilakukan dengan pemantauan seismik. Metode pemantauan seismik diperoleh dari pos PGA (Pengamatan Gunungapi) berupa rekaman gelombang seismik secara kontinyu yang kemudian diolah untuk mendapatkan informasi mengenai parameter gunungapi. Parameter tersebut dapat digunakan dalam upaya monitoring gunungapi seperti aktivitas gunungapi, dan

menentukan status dari gunungapi yang diamati. Dengan demikian upaya dalam mitigasi dapat dilakukan secara efektif.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penlitian ini meliputi beberapa hal sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik Gunung Semeru berdasarkan aktivitas pada periode bulan Januari-Maret 2018
2. Bagaimana nilai frekuensi dari gempa hembusan, letusan, guguran, dan vulkanik berdasarkan rekaman seismik periode bulan Januari-Maret 2018

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis karakteristik Gunung Semeru berdasarkan pada periode bulan Januari-Maret 2018.
2. Menentukan nilai frekuensi dari gempa hembusan, letusan, guguran, dan vulkanik berdasarkan rekaman seismik periode bulan Januari-Maret 2018.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data rekaman seismik yang digunakan bulan Januari-Maret 2018.
2. Hanya menggunakan satu stasiun yakni Besuk Bang.
3. Gempa Hembusan, Gempa Letusan, Gempa Guguran, dan Gempa Vulkanik.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan wawasan mengenai karakteristik Gunung Semeru pada bulan Januari-Maret 2018.

2. Memberikan hasil analisa spektral dari aktivitas Gunung Semeru pada periode Januari-Maret 2018.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada tugas akhir ini, tersusun dalam lima bab yaitu:

**BAB I : Pendahuluan**

Pada bab Pendahuluan berisi tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Manfaat Penelitian dan Sistematika Penulisan.

**BAB II : Tinjauan Pustaka**

Bab Tinjauan Pustaka berisi teori dan konsep dasar sebagai penunjang Analisis Sinyal Seismik Gunung Semeru pada Periode Januari-Maret 2018 yang meliputi Kondisi Gunung Semeru, Sejarah Letusan Gunung Semeru, Aktivitas Gunungapi, Material Gunungapi, Klasifikasi Gunungapi, , Seismograf, Gelombang Seismik,

**BAB III : Metodologi Penelitian**

Pada bab Metodologi berisi mengenai metode yang digunakan dalam penelitian yang dilakukan saat pengelolaan data yang berisi data dan peralatana serta tahapan penelitian.

**BAB IV : Analisis Data dan Pembahasan**

Bab Analisa Data dan Pembahasan berisi mengenai hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan di bab metodologi dengan runtutan analisa data dan hasil pengolahan data.

**BAB V : Kesimpulan dan Saran**

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

# BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Gunung Semeru

Semeru sebagai salah satu gunungapi aktif di Jawa Timur juga menyimpan potensi lahar dingin yang besar. Banjir lahar dingin G. Semeru tercatat sejak tahun 1909 sampai berita yang terakhir ada pada tahun 2010 telah menenggelamkan sekitar 17 hektar sawah milik warga di Dusun Rowo Baung, Desa Pronojiwo, Kecamatan Pronojiwo, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur dan meninggalkan material vulkanik yang terdiri dari pasir dan batu dengan ketebalan sampai 8 meter (Hudijono, dkk., 2010). Gunung Semeru atau Gunung Meru merupakan gunung tertinggi di Pulau Jawa tepatnya di Jawa Timur, dengan puncaknya Mahameru, 3.676 meter dari permukaan laut (mdpl). Gunung Semeru juga merupakan gunung berapi tertinggi ketiga di Indonesia setelah Gunung Kerinci di Sumatra dan Gunung Rinjani di Nusa Tenggara Barat. Kawah di puncak Gunung Semeru dikenal dengan nama Jonggring Saloko. Gunung Semeru secara administratif termasuk dalam wilayah dua kabupaten, yakni Kabupaten Malang dan Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur. Gunung ini termasuk dalam kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Semeru mempunyai kawasan hutan Dipterokarp Bukit, hutan Dipterokarp Atas, hutan Montane, dan Hutan Ericaceous atau hutan gunung. Posisi geografis Semeru terletak antara 8°06' LS dan 112°55' BT. Daerah di sekitar Gunung Semeru merupakan daerah pertanian yang subur. Di lereng timur dan tenggara yang merupakan daerah rawan bencana, terletak tanah pertanian dan permukiman dengan kepadatan penduduk lebih dari 850jiwa/km2. Pada tahun 1913 dan 1946 Kawah Jonggring Saloka memiliki kubah dengan ketinggian 3.744,8 m

hingga akhir November 1973 *(esdm).*

## 2.2 Sejarah Letusan Gunung Semeru

Sejarah letusan G. Semeru tercatat mulai tahun 1818, urutan kegiatan di bawah ini dikutip dari Data Dasar Gunungapi Indonesia (www.esdm.go.id) dengan beberapa penambahan.

Tabel 2.1 Sejarah Letusan Gunungapi Semeru

| **TAHUN** | **KEJADIAN** |
|---|---|
| 1818 - 1960 | Terjadi Letusan, Leleran Lava, Awan Panas |
| 1961-1994 | Letusan tipe stromboli, letusan-letusan kecil, pertumbuhan kubah lava, guguran lava, awan panas guguran |
| 2002 | 11 Maret 2002 status G.api Semeru dinaikkan dari "**Normal**" menjadi "**Waspada**" sehubungan dengan adanya peningkatan jumlah gempa-gempa vulkanik dangkal<br>Terjadi peningkatan gempa tremor harmonis serie pertama di bulan Maret 2002 sampai dengan Juni 2002. Guguran lava pijar pun ikut meningkat secara tajam sejak April 2002 (610 kali) hingga Agustus 2002 (<br>30 November 2002 awan panas guguran berjarak 5000 meter memasuki bagian hulu Besuk Bang. |
| 2004 | 20 Januari 2004 terjadi Awan panas guguran yang masuk ke Besuk Bang sejauh 2500m kemudian pada tanggal 7 oktober kembali terjadi awan panas dengan jarak luncur 1000 m ke Besuk Bang. Awan panas terjadi dengan frekwensi lebih banyak pada bulan November dan desember dengan jarak luncur antara 1000–3000m menuju Besuk Bang. |
| 2005 | 29 Desember 2005 terjadi Awan panas guguran yang masuk ke Besuk Bang sejauh masing-masing 1000, 1500 dan 2500m. |

| TAHUN | KEJADIAN |
|---|---|
| 2007 | 15 Nopember 2007 terjadi awan panas guguran yang masuk ke Besuk Bang sejauh 1000m. |
| 2008 | 15 Mei 2008 terjadi guguran awan panas yang didahului oleh letusan asap dengan ketinggian ±600m. Arah awan panas ke Besuk Bang dengan jarak luncur 2500m.<br>17 Mei 2008 terjadi guguran awan panas yang didahului oleh letusan asap dengan ketinggian ±500m.<br>19 Mei 2008 terjadi guguran awan panas yang didahului oleh letusan asap. Arah awan panas ke Besuk Bang dengan jarak luncur 1500m.<br>21 Mei 2008 terjadi 6x guguran awan panas. Arah awan panas ke Besuk Bang, Besuk kembar dan Besuk Kobokan dengan jarak luncur 1000–3000 m.<br>22 Mei 2008 terjadi 4x guguran awan panas. Arah awan panas ke Besuk Kobokan dengan jarak luncur 2500m. |

## 2.3 Gunung Api

Gunungapi merupakan suatu lubang kepundan atau rekahan dalam kerak bumi tempat keluarnya cairan magma atau gas atau cairan lainnya ke permukaan bumi. Matrial yang dierupsikan kepermukaan bumi umumnya membentuk kerucut terpancung. Berdasarkan sumber erupsi pada gunungapi dapat diklasifikasikan menjadi empat, yaitu:

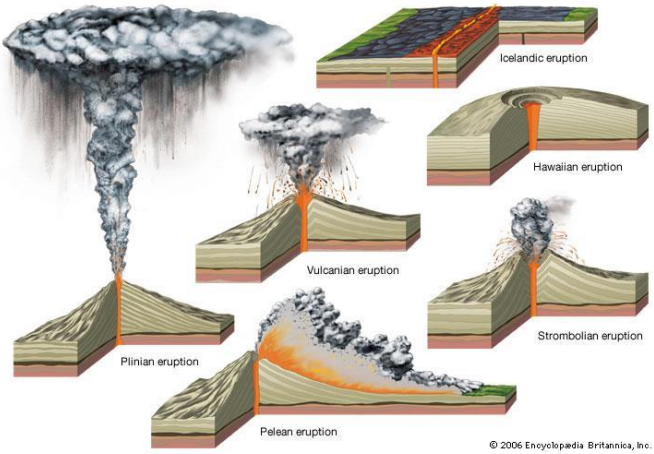
1. Erupsi Pusat yang merupakan erupsi keluar melalui kawah utama.
2. Erupsi Samping yang merupakan erupsi keluar dari lereng tubuhnya.

3. Erupsi Celah yang merupakan erupsi yang muncul pada retakan/sesar dapat memanjang sampai beberapa kilometer.
4. Erupsi Eksentrik yang merupkan erupsi samping tetapi magma yang keluar bukan dari kepundan pusat yang menyimpang ke samping melainkan langsung dari dapur magma melalui kepundan tersendiri.

Berdasarkan sifat kegiatan atau mekanisme keluarnya magma ke permukaan bumi, erupsi gunungapi juga dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu:

1. Erupsi lelehan (*effusive eruption*) adalah keluarnya magma secara meleleh atau meleler. Hasil kegiatan berupa batuan beku luar yang dapat membentuk aliran lava atau kubah lava. Bentuk bentang alam Gunungapi besar yang dihasilkan oleh erupsi lelehan adalah Gunungapi perisai.
2. Erupsi letusan (*explosive eruption*), adalah kelurnya magma secara meletus. Erupsi letusan ini menghasilkan bahan klastika (bahan fragmental, hamburan, pecaha, kepingan atau serpihan) gunungapi dengan ukuran butir beragam dari halus sampai kasar. Bahan klastika gunungapi berbutir halus (≤ 2 mm) disebut abu gunungapi, bahan klastika berbutir sedang (2-64 mm) disebut lapillus (tunggal) atau lapili (banyak lapillus), bahan klastika Gunungapi berbutir kasar (≥ 64 mm) disebut bom gunungapi atau blok gunungapi.
3. Kombinasi erupsi efusif dan eksplosif, adalah erupsi berselang-seling antara lelehan (efusif) dan letusan (eksplosif). Kegiatan itu biasanya diselingi oleh fase istirahat yang beragam mulai sangat singkat atau hanya dalam beberapa tahun sampai sangat lama dalam hitungan ratusan tahun atau bahkan bahkan puluhan ribu tahun.

Gunungapi memiliki karakteristik tertentu yang apabila dilihat pada tinggi rendahnya derajat fragmentasi dan luasnya, juga kuat lemahnya letusan serta tinggi tiang asap, maka menurut para ahli geologi membedakan gunungapi menjadi beberapa tipe erupsi yaitu (Direktorat Vulkanologi, 1992).




Gambar 2.1 Tipe Erupsi Gunungapi

1. **Tipe Hawaiian**

   Merupakan erupsi eksplosif dari magma basaltic atau mendekati basalt, umumnya berupa semburanlava pijar, dan sering diikuti leleran lava secara simultan, terjadi pada celah atau kepundan sederhana.

2. **Tipe Strombolian**

   Pada tipe strombolian ini erupsinya hampir sama dengan Hawaiian berupa semburan lava pijar dari magma yang dangkal, umumnya terjadi pada gunungapi sering aktif di tepi benua atau di tengah benua.

3. **Tipe Plinian**

Tipe plinian merupakan erupsi yang sangat ekslposif dari magma berviskositas tinggi atau magma asam, komposisi magma bersifat andesitik sampai riolitik. Material yang dierupsikan berupa batuapung dalam jumlah besar.

4. **Tipe Sub Plinian**

   Merupakan erupsi eksplosif dari magma asam/riolitik dari gunungapi strato, tahap erupsi efusifnya menghasilkankubah lava riolitik. Erupsi subplinian dapat menghasilkan pembentukan ignimbrit.

5. **TipeUltra Plinian**

   Tipe ultra plinian merupakan erupsi sangat eksplosif yang mana menghasilkan endapan batu apung lebih banyak dan luas dari Plinian biasa.

6. **Tipe Vulkanian**

   Merupakan erupsi magmatis berkomposisi andesit basaltic sampaidasit, umumnya melontarkan bom-bom vulkanik atau bongkahan di sekitar kawah dan seringdisertai bom kerak-roti atau permukaannya retak-retak. Material yang dierupsikan tidak melulu berasal dari magma tetapi bercampur dengan batuan samping berupa litik.

7. **Tipe Surtseyan dan Tipe Freatoplinian**

   Kedua tipe tersebut merupakan erupsi yang terjadi pada pulau gunungapi, gunungapi bawah laut atau gunungapi yang berdanau kawah. Surtseyan merupakan erupsi interaksi antara magma basaltic

dengan air permukaan atau bawah permukaan, letusannya disebut freatomagmatik. Freatoplinian kejadiannya sama dengan Surtseyan, tetapi magma yang berinteraksi dengan air berkomposisi riolitik.

www.esdm.go.id

## 2.4 Aktivitas Gunung Api

Klasifikasi gempa vulkanik dikelompokkan oleh T. Minakami berdasarkan bentuk rekaman gempa, perkiraan hiposenternya dan perkiraan proses yang terjadi di dalam tubuh gunungapi (Minakami 1974).

a. Gempa vulkanik dalam (tipe A/VA)

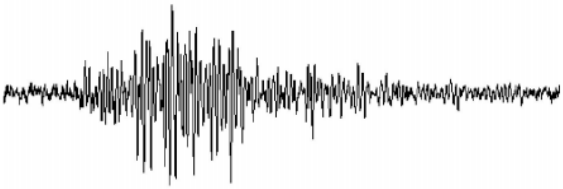
Sumber dari tipe gempa ini terletak di bawah gunungapi pada kedalaman 1 sampai 20 km, biasanya muncul pada gunungapi yang aktif. Gempa tipe A dapat disebabkan oleh adanya magma yang naik ke permukaan yang disertai rekahan-rekahan. Ciri utama dari gempa tipe A ini adalah selisih waktu tiba gelombang Primer (P) dan gelombang Sekunder (S) sampai 5 detik dan berdasarkan sifat fisisnya, gempa ini bentuknya mirip dengan gempa tektonik.

Gambar 2.2 Rekaman seismik vulkanik tipe A (Hidayati, 2010)

b. Gempa vulkanik dangkal (tipe B/VB)

Sumber gempa vulkanik tipe B diperkirakan kurang dari 1 km dari kawah gunungapi yang aktif. Gerakan

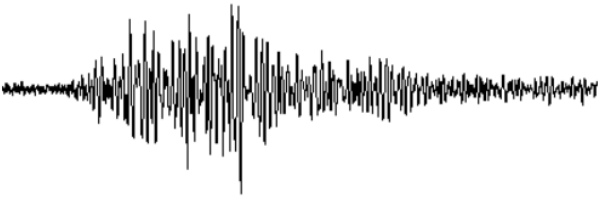
awalnya cukup jelas dengan waktu tiba gelombang S yang tidak jelas dan mempunyai nilai magnitudo yang kecil. Selisih waktu tiba gelombang p dan gelombang s kurang dari 1 detik. Dalam pelaksanaanya, untuk membedakan gempa vulkanik dangkal dan dalam dibedakan dari bisa dibacanya waktu tiba gelombang S. Bila waktu tiba gelombang S tidak dapat dibaca dikategorikan sebagai gempa vulkanik dangkal dan bila dapat dibaca (walau di bawah 1 s) dikategorikan ke dalam gempa vulkanik dalam.



Gambar 2.3 Rekaman seismik vulkanik tipe B. (Hidayati, 2010)

c. Gempa Letusan

Gempa letusan disebabkan oleh terjadinya letusan yang bersifat eksplosif. Berdasarkan hasil pengamatan seismik sampai saat ini dapat dikatakan bahwa gerakan pertama dari gempa letusan adalah push-up atau gerakan ke atas. Dengan kata lain, gempa letusan ditimbulkan oleh mekanisme sebuah sumber tunggal yang positif.



Gambar 2.4 Rekaman seismik gempa letusan. (Hidayati, 2010)

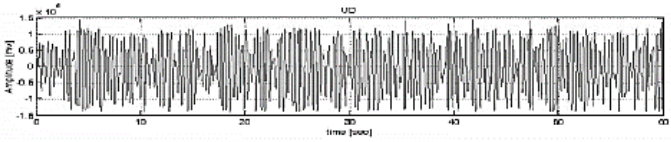
d. Gempa Tremor

Gempa tremor merupakan gempa yang menerus terjadi di sekitar gunungapi, jenis gempa ini dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu :

a. Tremor Harmonik, getaran yang menerus secara sinusoidal. Kedalaman sumber gempa diperkirakan antara 5 – 15 km dan

Gambar 2.5 Rekaman seismik gempa tremor harmonik. (Hidayati, 2010)

b. Tremor Spasmodik, getaran terus menerus tetapi tidak beraturan. Sumber gempabumi diperkirakan mempunyai kedalaman antara 45 - 60 km.



Gambar 2.6 Rekaman seismik gempa tremor spasmodik. (Hidayati, 2010)

Salah satu contoh dari tremor adalah (Digilib.unila.go.id) letusan tipe Hawaii yang selalu berulang tiap beberapa detik dan akan berakhir dalam waktu yang cukup lama. Tremor yang ditimbulkan oleh letusan-letusan tersebut selalu 24 berulang-ulang, sehingga dalam seismogram terlihat sebagai getaran yang menerus saling bertumpukan.

## 2.5 Material Gunung Api

Erupsi gunung api, akan mengeluarkan berbagai macam material baik yang berasal dari dalam dapur magma maupun material di sekitar kawah. Wujud material letusan gung apai mencakup 3 yaitu material berwujud padat/eflata, berwujud cair

dan dan berwujud gas.

1. Material padat / eflata

Gambar 2.7 Foto kerikil, batu besar, dan abu vulkanik (https://m-edukasi.kemdikbud.go.id).

Berupa material letusan gunung api berwujud padat. Ada dua macam yaitu eflata autogen dan eflata alogen. Eflata autogen berupa material padat yang berasal dari dapur magma yang terbawa bersama lava yang keluar saat letusan terjadi, sedangkan eflata alogen berupa material padat yang berasal dari material di sekitar kawah yang ikut terlontar saat letusan. Material padat hasil letusan meliputi:

a. **Bom**, merupakan metrial padat berupa bongkahan batu-batu yang besar. Material seperti ini sering di manfaat sebagai bahan bangunan sebgai pondasinya.
b. **Lapili**, merupakan material padat berupa batu-batu kerikil yang lebih kecil. Material ini juga bangyak di manfaatkan sebagai bahan bangunan.
c. **Tuff** atau sering di kenal dengan istilah *ash* atau abu vulkanik. Berwujud butiran halus yang banyak mengandung silika. Abu vulkanik berbahaya dapat menggangu pernafasan dan infeksi saluran pernafasan namun bagi pertania material ini sangat baik untuk menyuburkan lahan pertanian karena banyak mengandung unsur hara.

2. Material cair / efusifa

Gambar 2.8 Foto lava dan lahar (https://m-edukasi.kemdikbud.go.id)

Hasil letusan gunung api berupa material cair meliputi lava dan lahar, baik lahar dingin maupun lahar panas.

a. **Lava**, merupakan magma yang meleleh. Lava yang mengalami pendinginan dan mengeras akan menjadi batuan beku/basaltis.
b. **Lahar**, merupakan lava yang sudah bercampur dengan material lain yang ada disekitar kawah gunung api. Lahar panas terbentuk saat gunung sedang erupsi, sedangkan lahar dingin (lahar hujan) terjadi saat gunung sedang tidak erupsi yaitu berupa material hasil letusan yang berada di puncak atau sekitar kawah kemudian tererosi akibat hujan. Lahar dingin berbahaya.

3. Material gas / ekshalasi

Gambar 2.9 Kawah Ciwidey, Kawah Candradimuka, awan panas Gunung Merapi dan uap air panas Cisolok (https://m-edukasi.kemdikbud.go.id)

Merupakan hasil dari aktivitas gunungapi yang berupa material gas atau ekshalasi yang terdiri dari

a. **Mofet (CO2),** berbahaya bagi kehidupan karena bersifat racun. Gas CO2 atau karbondioksida yang dikeluarkan

kawah gunung api bersifat konsentrasi dengan permukaan bumi. Gas ini sangat dianjurkan untuk dihindari karena bisa mematikan. Kawah gunung api yang secara periodik mengeluarkan mofet seperti kawah sinila di dataran tinggi Dieng Jawa Tengah.

b. **Fumarol (H2O)**, berupa uap air yang panas
c. **Solfatar (H2S)**, merupakan gas belerang, berbahaya jika terlalu pekat karena dapat meninmbulkan keracunan
d. **Awan panas**, merupakan asap yang keluar saat gunung api meletus dengan temperatur yang tinggi dan daya luncur menuruni lereng hingga mencapai 200 km/jam

## 2.6 Seismograf

Seismograf adalah alat atau sensor yang berfungsi mengukur kekuatan gempa. Seismograf atau seismometer berasal dari bahasa Yunani kata seismos yang berarti gempa bumi dan metero yang berarti mengkur. Pada prinsipnya seismograf terdiri dari gantungan pemberat dan ujung lancip seperti pensil, yang kemudian dapat diketahui kekuatan dan arah gempa melalui gambaran gerakan bumi yang tercatat. seismograf memiliki instrumen sensitif yang berupa sensor yang dapat mendeteksi gelombang seismik dan hasil dari pencatat pada alat ini berbenruk grafik tulis gelomban disebut seismogram. seiring dengan perkembangan zaman, akurasi pada seismograf semakin baik. bila dulu hanya dapat mencatat gelombang seismik secara horizontal, sekarang dapat merekam gerakan vertikal dan lateral. Seismograf menggunakan dua gerakan mekanik dan elektromagnetik seismographer, kedua jenis gerakan tersebut dapat mendeteksi baik gerakan vertikal maupu gerakn horizontal tergantung pada pendular (pemberat) yang digunakan apakah vertikal atau horizontal. Seismograf modern menggunan elektromagnetik seismographer untuk memindahkan volatilitas sistem kawat tarik

ke suatu daerah magnetik. Untuk memperoleh data seismik, instrumentasi yang digunakan adalah seismograf, dan untuk saat ini hampir seluruh Pos Gunung api di Indonesia menggunakan seismograf yang bekerja dengan sistem RTS (Radio Telemetry System) baik digital maupun analog. Data ditransmisikan ke Pos pengamatan dengan teknik propogasi gelombang radio. Di pos data diterima receiver, didemodulasikan oleh diskriminator menjadi tegangan analog kembali, dan direkam ke seismogram dengan galavanometer, ini adalah prinsip RTS analog. Untuk RTS digital prinsipnya hampir sama, hanya pada transmiter, data yang dimodulasikan sudah berupa data-data digital. Tentunya dengan mengubah data analog seismometer menjadi digital menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter)* Berbeda dengan seismograf analog yang amplitudo rekaman gelombangnya dalam satuan milimeter(mm), amplitudo rekaman gelombang seismik digital tidak memiliki satuan. Namun untuk memperoleh satuan dari amplitudo rekaman seismik digital maka perlu dilakukan konversi terlebih dahulu. Konversi yang dilakukan bergantung spesifikasi alat yang digunakan (Mahmudi, Mustopa, and Hendrajaya 2015)

## 2.7 Gelombang Seismik

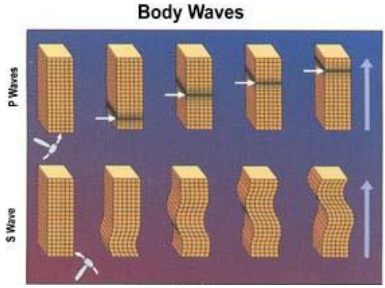
Gelombang adalah perambatan energi yang mampu memindahkan partikel ke tempat lain sesuai dengan arah perambatannya. Gelombang seismik merupakan gelombang mekanik yang merambat di dalam bumi. Sehingga pada penjalarannya gelombang seismik memerlukan medium untuk merambat (Young and Freedman 2007).

Gelombang seismik biasanya disebabkan karena adanya deformasi struktur di bawah bumi akibat adanya tekanan ataupun tarikan karena sifat keelastisan kerak bumi. Proses tersebut biasanya berupa aktivitas vulkanik, ledakan buatan maupun gempa bumi. Gelombang seismik disebut juga gelombang elastik yang

membawa energi kemudian menjalarkan ke segala arah di seluruh bagian bumi. Disebut gelombang elastik karena osilasi partikel-partikel medium terjadi akibat dari interaksi antara gradien stress melawan gaya-gaya elastik.

Gelombang ini membawa energi kemudian menjalarkan ke segala arah di seluruh bagian bumi dan mampu dicatat oleh seismograf. Gelombang seismik dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu gelombang pusat (*body wave*) dan gelombang permukaan *(surface wave)*. Gelombang pusat menjalar di dalam bumi sedangkan gelombang permukaan menjalar di permukaan bumi (Putri, 2012).

a. Gelombang Badan (body wave)




Gambar 2.10 Gelombang Badan
(https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/images/PSWAVES.JPG)

Gelombang badan adalah gelombang pusat menjalar di dalam bumi.

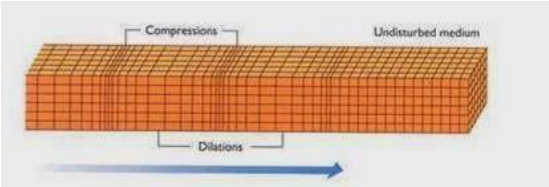
Gelombang badan meliputi:

1. Gelombang Primer (P)

Gelombang primer atau gelombang kompresi merupakan gelombang badan (*body wave*). Gelombang P sangat bermanfaat dalam penentuan secara cepat dan akurat pada peringatan dini gempa bumi maupun tsunami. Karena gelombang P memiliki kecepatan paling tinggi dari pada gelombang S yang mengakibatkan gelombang ini tercatat pertama kali pada alat seismograf. Kecepatan gelombang P (VP) adalah ± 5 - 7 km/s di kerak bumi, > 8 km/s di dalam mantel dan inti bumi, ± 1,5 km/s di dalam air, dan ± 0,3 km/s di udara.

Gelombang ini merupakan gelombang longitudinal

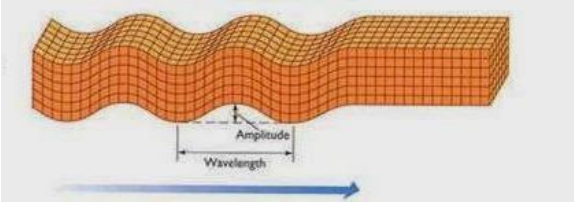
partikel yang arah gelombang sejajar dengan arah penjalarannya. Gelombang P dapat melewati semua medium dengan arah getarnya ke depan dan ke belakang sehingga materi yang dilaluinya mengalami tekanan dan peregangan seperti spiral.




Gambar 2.11 Gelombang Primer (Elnashai and Di Sarno 2008)

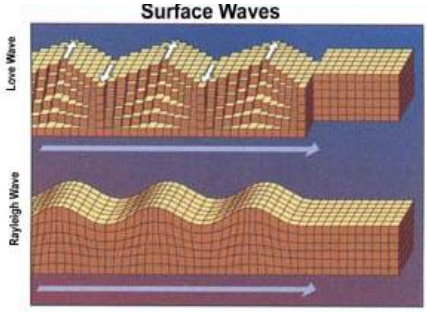
2. Gelombang Sekunder (S)

Gelombang S atau gelombang transversal (*shear wave*) adalah salah satu gelombang badan *(body wave*) yang memiliki gerak partikel tegak lurus terhadap arah rambatnya. Gelombang ini waktu tibanya setelah gelombang P sehingga anak tercatat setelah gelombang P pada seismograf. Gelombang ini tidak dapat merambat pada fluida sehingga pada inti bumi bagian luar tidak dapat terdeteksi sedangkan pada inti bumi bagian dalam mampu dilewati. Kecepatan gelombang S (VS) adalah ± 3 - 4 km/s di kerak bumi, > 4,5 km/s di dalam mantel bumi, dan 2,5 - 3,0 km/s di dalam inti bumi.




Gambar 2.12 Gelombang Sekunder (Elnashai and Di Sarno 2008)

b. Gelombang Permukaan (surface wave)

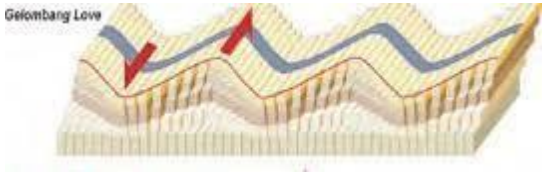



Gambar 2.13 Gelombang Permukaan
(https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/images/PSWAVES.JPG)

Gelombang permukan merambat di permukaan bumi, amplitudo gelombang ini akan semakin melemah jika semakin menjalar masuk ke dalam bumi

1. Gelombang *Love*

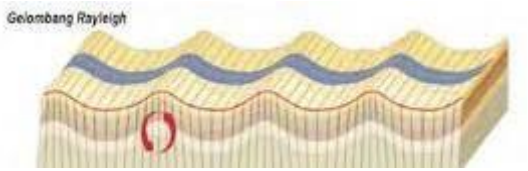
Gelombang ini merupakan gelombang yang arah rambat partikelnya bergetar melintang terhadap arah penjalarannya. Gelombang love merupakan gelombang transversal, kecepatan gelombang ini di permukaan bumi (VL) adalah ± 2,0 - 4,4 km/s.




Gambar 2.14 Gelombang Love (http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-17760-1109201718- presentationpdf.pdf)

2. Gelombang *Rayleigh*

Gelombang *Rayleigh* merupakan jenis gelombang permukaan yang memiliki kecepatan (VR) adalah ± 2,0 - 4,2 km/s di dalam bumi. Arah rambatnya bergerak tegak lurus terhadap arah rambat dan searah bidang datar.




Gambar 2.15 Gelombang Rayleigh (http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-17760-1109201718-presentationpdf.pdf)

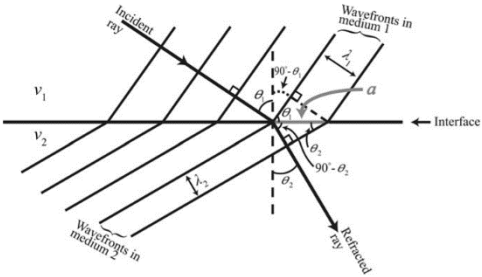
## 2.8 Mekanisme Penjalaran Gelombang

Mekanisme penjalaran gelombang seismik didasarkan pada hukum Snellius, Prinsip Huygens dan Prinsip Fermat. Penjelasan dari hukum Snellius, Prinsip Huygens dan Prinsip Fermat dijelaskan sebagai berikut:

a. Hukum Snellius

Ketika gelombang seismik melalui lapisan batuan dengan impedansi akustik yang berbeda dari lapisan batuan yang dilalui sebelumnya, maka gelombang akan terbagi. Gelombang tersebut sebagian terefleksikan kembali ke permukaan dan sebagian diteruskan merambat dibawah permukaan. Penjalaran gelombang seismik mengikuti Hukum *Snellius* yang dikembangkan dari Prinsip *Huygens,* menyatakan bahwa sudut pantul dan sudut bias merupakan fungsi dari sudut datang dan kecepatan gelombang.

Gelombang P yang datang akan mengenai permukaan bidang batas antara dua medium berbeda akan menimbulkan gelombang refraksi dan refleksi (Hutabarat, 2009).

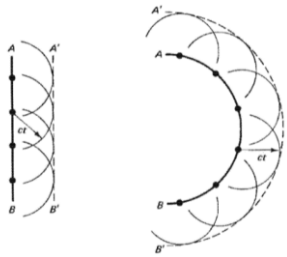



Gambar 2.16 Pemantulan dan Pembiasan Gelombang (Smith,2010)

Sebagian energi gelombang akan dipantulkan sebagai gelombang P dan gelombang S, dan sebagian lagi akan diteruskan sebagai gelombang P dan gelombang S (Hutabarat, 2009).

b. Prinsip Huygens

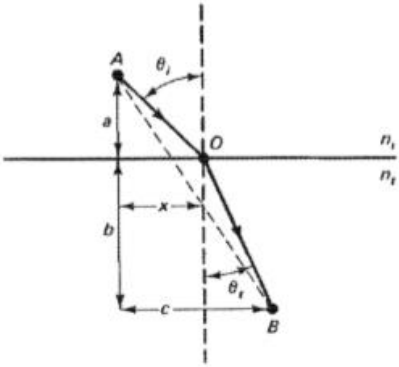
Prinsip Huygens menyatakan bahwa setiap titik pada muka gelombang merupakan sumber bagi gelombang baru. Posisi dari muka gelombang dalam dapat seketika ditemukan dengan membentuk garis singgung permukaan untuk semua *wavelet* sekunder. Prinsip *Huygens* mengungkapkan sebuah mekanisme dimana sebuah pulsa seismik akan kehilangan energi seiring dengan bertambahnya kedalaman (Asparini, 2011).




Gambar 2.17 Ilustrasi Prinsip Huygens (Pedrotti & Pedrotti, 1993)

c. Prinsip Fermat

Gelombang menjalar dari satu titik ke titik lain melalui jalan tersingkat waktu penjalarannya. Dengan demikian jika gelombang melewati sebuah medium yang memiliki variasi kecepatan gelombang seismik, maka gelombang tersebut akan cenderung melalui zona-zona kecepatan tinggi dan menghindari zona-zona kecepatan rendah (Jamady, 2011).




Gambar 2.18 Ilustrasi Prinsip Fermat (Pedrotti,1993)

Untuk memahami penjalaran gelombang seismik pada batuan bawah permukaan digunakan beberapa asumsi. Beberapa asumsi yang digunakan yaitu (Setiawan 2008):

1. Panjang gelombang seismik yang digunakan jauh lebih kecil dibandingkan ketebalan lapisan batuan. Dengan kondisi seperti ini memungkinkan setiap lapisan batuan akan terdeteksi.
2. Gelombang seismik dipandang sebagai sinar yang memenuhi hukum Snellius dan prinsip Huygens. Menurut *Snellius*, gelombang akan dipantulkan atau dibiaskan pada bidang batas antara dua medium yang berbeda sedangkan dalam prinsip

Huygens, titik yang dilewati gelombang akan menjadi gelombang baru.

3. Medium bumi dianggap berlapis-lapis dan tiap lapisan menjalarkan gelombang seismik dengan kecepatan yang berbeda.
4. Pada bidang batas antar lapisan (*interface*), gelombang seismik menjalar dengan kecepatan gelombang pada lapisan dibawahnya.
5. Makin bertambahnya kedalaman lapisan batuan maka semakin kompak batuannya sehingga kecepatan gelombang pun bertambah seiring bertambahnya kedalaman.

## 2.10 Fast Fourier Transform (FFT)

Transformasi *Fourier* adalah suatu model transformasi yang memindahkan domain spasial atau domain waktu menjadi domain frekuensi. Transformasi Fourier merupakan suatu proses yang banyak digunakan untuk memindahkan domain dari suatu fungsi atau obyek ke dalam domain frekuensi (Cooley, Lewis, & Welch, 1969).

Transformasi fourier diskrit atau disebut dengan *Discrete Fourier Transform* (DFT) menurut (Brigham & Morrow, 1967) adalah model transformasi fourier yang dikenakan pada fungsi diskrit, dan hasilnya juga diskrit. DFT didefinisikan dengan :

$$F(k) = \sum_{n=1}^{N} f(n).e^{-j2\pi knT/N} \quad \text{.....(1)}$$

Sedangkan FFT (*Fast Fourier Transform*) adalah teknik perhitungan cepat dari DFT. Untuk pembahasan FFT ini, terdapat FFT untuk 1D dan FFT untuk 2D. Dimana FFT 2D adalah pengembangan dari DFT 2D.

FFT adalah DFT dengan teknik perhitungan yang cepat dengan memanfaatkan sifat periodikal dari transformasi fourier. DFT didefinisikan sebagai :

$$F(k) = \sum_{n=1}^{N} f(n).e^{-j2\pi knT/N} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

Atau dapat dituliskan dengan

$$F(k) = \sum_{n=1}^{N} f(n)\cos(2\pi nkT/N) - j\sum_{n=1}^{N} f(n)\sin(2\pi nkT/N)$$

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB III

# METODOLOGI

## 3.1 Data dan Peralatan

3.1.1 Data

Pada penelitian untuk tugas akhir ini menggunakan data sekunder dari kantor PVMBG Badan Geologi yang berupa rekaman data seismik aktivitas Gunung Semeru pada bulan Januari hingga bulan Maret yang didapatkan dari Pemantauan Gunungapi Semeru. Rekaman data sekunder dari aktivitas Gunung Semeru ini merupakan jenis data *earthworms* dengan format SAC yang berisi aktivitas Gunung Semeru setiap jamnya, terdapat lima stasiun pemantauan aktivitas Gunung Semeru yakni stasiun Besuk Bang, Puncak Kepolo, Leker, dan Tretes.

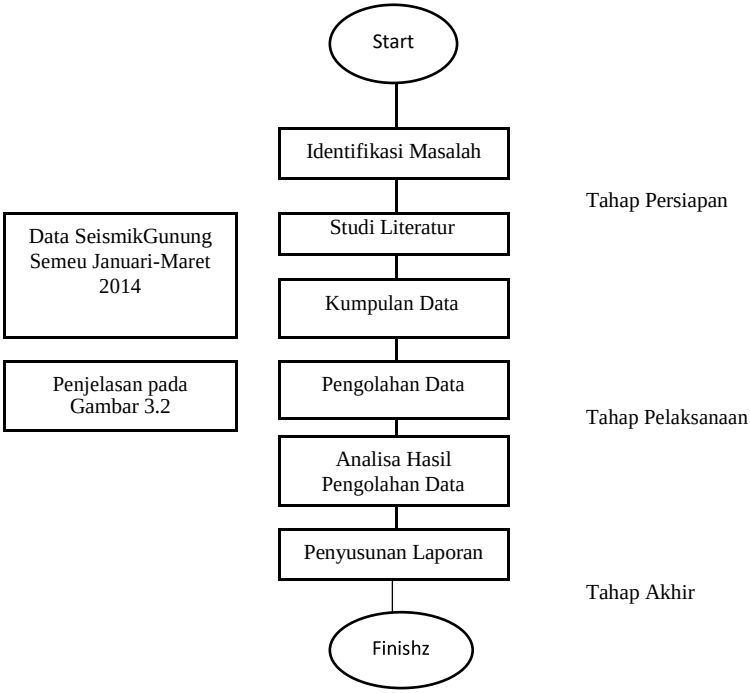
3.2.2 Peralatan

Pada penelitian tugas akhir ini menggunakan peralatan diantaranya laptop dan *software*. *Software* yang digunakan diantaranya:

1. *SWARM 2.8.2*, digunakan untuk membaca rekaman data seismik aktivitas Gunung Semeru dengan jenis data *earthworms*. Dapat menampilkan waveform dari rekaman, analisis FFT *(Fast Fourier Transform)* secara otomatis, dapat menampilkan spektogram serta dapat menunjukkan waktu, besarnya energi, frekuensi serta magnitudo dari rekaman sinyal seismik.
2. *Java*, yang digunakan untuk menjalankan *software SWARM 2.8.2*.
3. *Microsoft Excel*, digunakan untuk mencatat parameter-parameter yang didapatkan dari sofware *SWARM 2.8.2*

## 3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini tahapan penelitian dapat digambarkan melalui diagram alir berikut




Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Penelitian

### 3.2.1 Identifikasi Masalah

Permasalahan yang digunakan pada penelittian ini adalah bagaimana karakteristik gempa vulkanik, hembusan, letusan, dan guguran pada Gunung Semeru periode bulan Januari-Maret 2018 serta nilai frekuensi kumulatif dari gempa vulkanik, hembusan, letusan, dan guguran berdasarkan rekaman seismik periode bulan Januari-Maret 2018.

### 3.2.2 Pegumpulan Data

Data yang digunakan berasal dari rekaman gelombang seismik

digital Gunung Semeru jenis *earthworm* yang didapatkan dari pos pemantauan Gunung Semeru

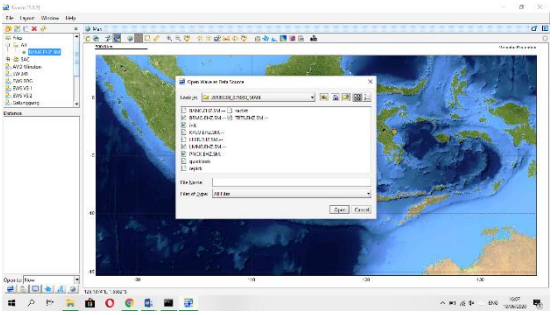
### 3.2.3 Pengolahan Data

Pengolahan data rekaman seismik menggunakan *software* SWARM 2.8.2 seperti yang digambarkan pada gambar 3.2. penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Data Rekaman Sinyal Gunung Semeru
   Pada penelitian ini menggunakan data sekunder yakni rekaman sinyal Gunung Semeru yang didapatkan dari pos pemantauan Gunung Semeru, data yang didapatkan yakni rekaman sinyal tahun 2018-2019.

2. Memilah Data yang digunakan
   Data rekaman sinyal Gunung Semeru yang didapatkan dari pos pemantauan yakni 12 bulan (Januari 2018- Desember 2019) kemudian data kegempaan Gunung Semeru yang didapatkan dari MAGMA diobservasi mengenai aktivitas letusan, vulkanik, hembusan, dan guguran untuk penggunaan data. Data yang digunakan yakni dari bulan Januari sampai dengan bulan Maret, hal ini karena pada bulan tersebut terdapat catatan untuk gempa vulkanik beberapa kali.

3. Mencari *Event*

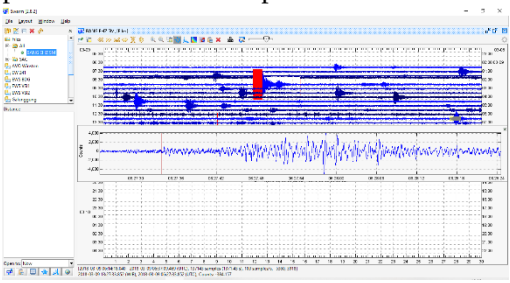


Gambar 3.2 Stasiun yang Terdapat pada Rekaman Seismik Digital G.Semeru

Data yang telah dipilah kemudian diinput ke dalam *software* SWARM 2.8.2, data tersebut memiliki format SAC dimana dapat terbaca oleh *software* tanpa perlu konversi ke format yang lainnya. *Input* data dilakukan secara manual satu persatu karena rekaman sinyal seismik setiap *folder* berisi aktivitas Gunung Semeru selama satu jam saja, dalam *folder* tersebut terdapat *file* untuk lima stasiun pengamatan namun yang digunakan hanyalah satu stasiun pengamatan yakni stasiun besuk bang (BANG) karena pada stasiun ini dapat terbaca dengan jelas sinyal yang diterima.

4. *Event*

   Setelah data diinput dapat dilakukan pencarian *event-event* kegempaan dengan cara klik *wave view* untuk menampilkan *wavefrom* dan *spectral view* untuk menampilkan dalam bentuk spektral.

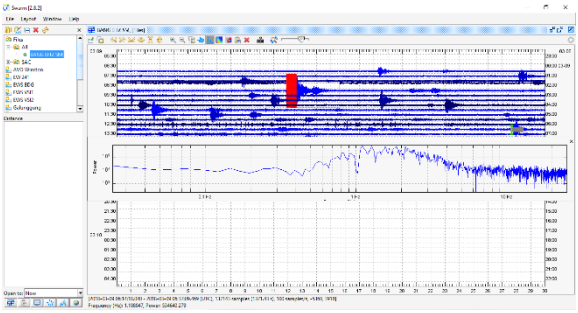


Gambar 3.3 *Wave View* pada *Software SWARM 2.8.2*

5. Frekuensi, Jenis Event, Waktu Kejadian, dan Energi

   Pembacaan sinyal seismik bertujuan untuk mengetahui aktivitas yang terjadi pada Gunung Semeru periode Januari hingga Maret, dapat terlihat pada bentuk sinyal, besarnya frekuensi, besar energi dan durasi pada saat terjadi gempa. Untuk mengetahui besarnya frekuensi menggunakan *spektral view* dimana cara kejanya menggunakan *fast*

*fourier transform (fft)* yakni domain waktu diubah menjadi domain frekuensi.

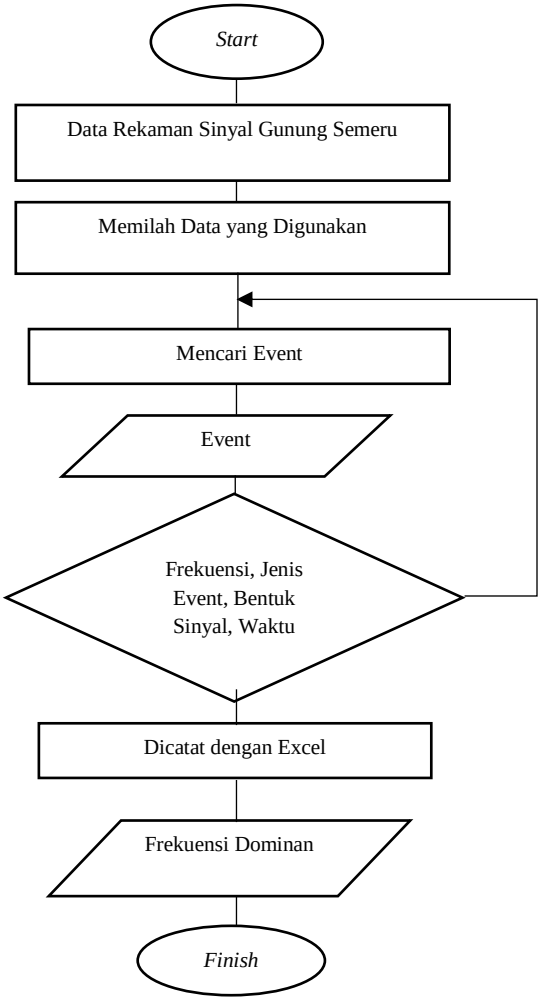


Gambar 3.4 *Spectral View* pada *Software SWARM 2.8.2*

6. Frekuensi Dominan
   Pencatatan frekuensi pada setiap event gempa letusan, guguran, hembusan, dan vulkanik untuk mengetahui seberapa besar frekuensi dominan aktivitas Gunung Semeru pada bulan Januari hingga Maret.

### 3.2.4 Analisa Hasil Pengolahan Data

Pengolahan data tesebut menghasilkan berupa nilai frekuensi dari setiap event gempa, durasi waktu saat event terjadi, waktu kejadian, dan jenis gempa yang terjadi, sehingga dapat dilakukan analisis terkait aktivitas yang terjadi di Gunung Semeru periode Januari sampai Maret 2018.




Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian

# BAB IV

# HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Analisa Data

Pada penelitian tugas akhir yang dilaksanakan di PVMBG (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi) ini dilakukan dengan menganalisis rekaman seismik Gunung Semeru pada bulan Januari-Maret tahun 2018. Terdapat 5 stasiun pengamat di Gunung Semeru yang ditampilkan dalam Tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1 Koordinat Stasiun Pengamatan Gunung Semeru

| Nama Stasiun | Koordinat | | Channel |
|---|---|---|---|
| | Latitude | Longitude | |
| Puncak (PNCK) | 8006’26.3’’S | 112055’26.7’’T | A000h |
| Kepolo (KPLO) | 8005’02.7’’S | 112055’13.0’’T | A001h |
| Leker (LEKR) | 8008’14.8’’S | 112059’09.4’’T | A002h |
| Tretes (TRTS) | 8006’54.5’’S | 112057’50.3’’T | A003h |
| Besuk Bang (BANG) | 8010’50.0’’S | 112057’09.2’’T | A004h |

Data seismik yang digunakan merupakan data sekunder seismik digital dari stasiun BANG saja. Menggunakan satu stasiun yakni Besuk Bang karena memiliki gambaran sinyal seismik yang cukup jelas dibandingkan dengan stasiun yang lainnya, selain itu pada analisis spektral dari suatu gelomang seismik dapat dilakukan menggunakan satu sumber stasiun saja. Event yang digunakan adalah gempa vulkanik, letusan, hembusan, dan guguran yang terekam selama bulan Januari hingga bulan Maret 2018 sebagai analisis karakter dari Gunung Semeru.

## 4.2 Hasil Pengolahan Data

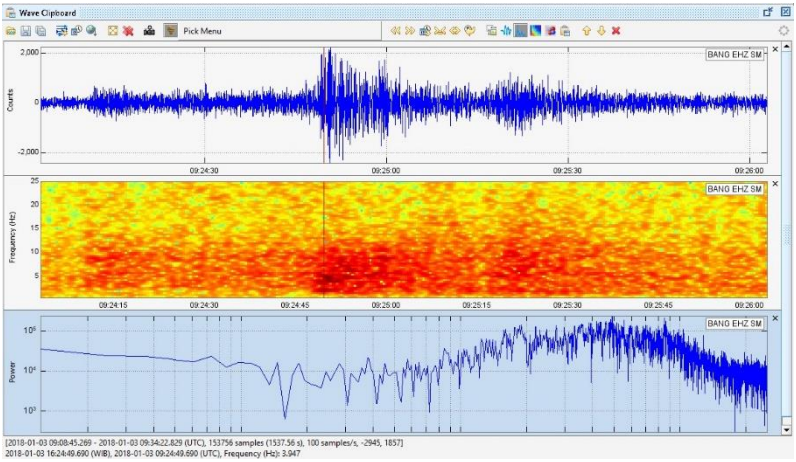
### 4.2.1 Event Gempa

Pada tahap pengelolahan data didapatkan hasil berupa event-event gempa vulkanik yang diantaranya adalah guguran,

hembusan, letusan dan juga vulkanik dalam maupun vulkanik dangkal. Gunungapi Semeru memiliki aktivitas yang cukup aktif terutama untuk jenis gempa letusan dan hembusan hal ini terbukti dalam aktivitas Gunungapi Semeru yang tercatat pada Magma (suatu website yang dikelola oleh PVMBG) tercatat aktivitas berupa letusan maupun hembusan dalam sehari dapat terjadi puluhan kali.

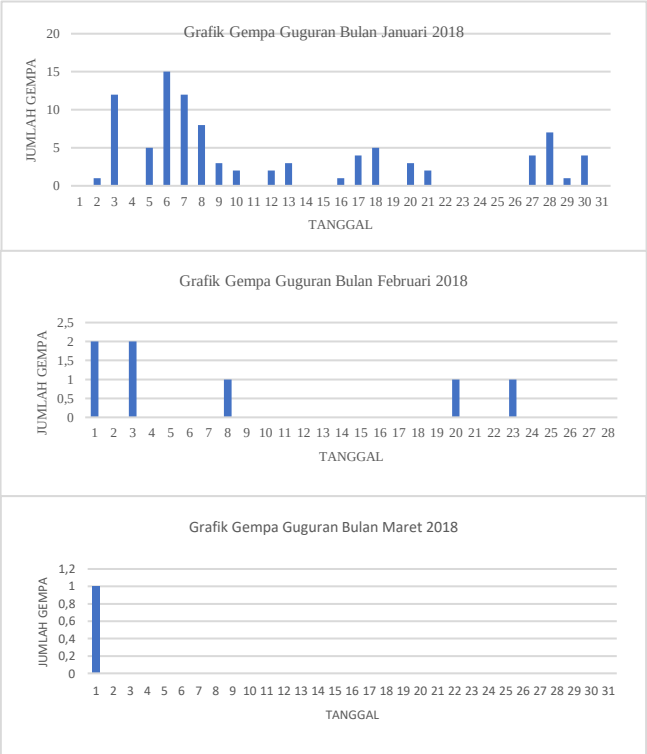
4.2.1.1 Guguran

Rekaman guguran yang terjadi selama bulan Januari hingga Maret tahun 2018 hanya terjadi beberapa kali saja gambar 4.1 berikut merupakan salah satu bentuk sinyal guguran yang terekam pada tanggal 3 Januari 2018 pukul 20:56:49 WIB. Pada event tersebut apabila di analisis spektral mendapatkan hasil berupa besarnya frekuensi yakni 3,8 Hz, Amplitudo 4,8 mm dan energi yang terekam sebesar 112150 eJ, biasanya guguran ini terjadi dalam rentang waktu yang agak panjang seperti pada event berikut yang berdurasi sekitar 78 detik. Guguran biasanya disebabkan oleh kesetimbangan dan efek gravitasi batuan lava pada ujung lidah lava maupun pada kubah lava. Aktivitas gempa guguran yang terjadi menandakan akan ketidakstabilan ujung aliran lava yang dapat berpotensi menjadi awan panas guguran.



Gambar 4.1 Rekaman Sinyal Seismik Digital Guguran

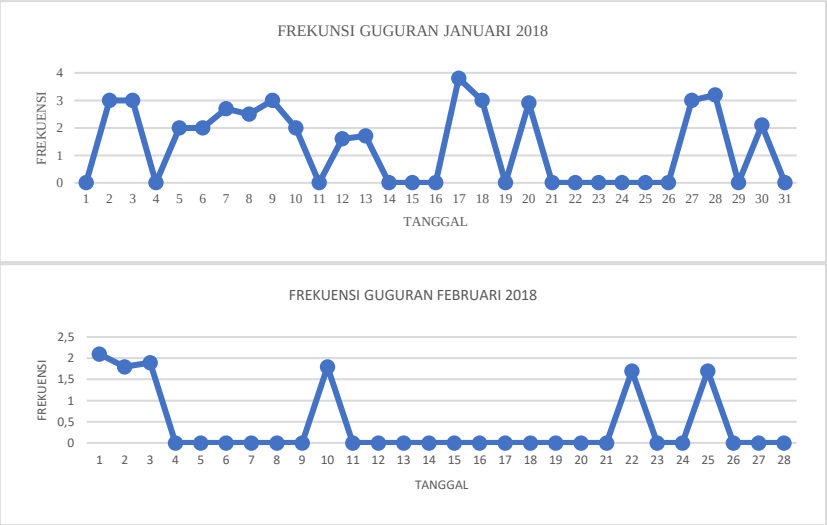
Aktivitas guguran pada bulan Januari sampai dengan Maret 2018 terjadi beberapa kali, berikut grafik terjadinya guguran selama tiga bulan tersebut




Gambar 4.2 Grafik Gempa Guguran G. Semeru Januari-Maret 2018

Pada grafik tersebut menunjukkan banyaknya kejadian gempa guguran dengan kejadian paling banyak pada bulan Januari yang hampir terjadi setiap hari dan aktivitas guguran tersebut menurun hingga bulan Maret yang hanya terjadi sekali saja. Berdasarkan data tersebut aktivitas gempa guguran pada Gunung Semeru

menjadi penurunan, kemudian dilakukan analisis terhadap parameter-parameter gempa guguran tersebut dengan menggunakan analisis spektral yakni analisis dari domain waktu yang kemudian ditampilkan dalam domain frekuensi. *Spektral view* pada pada suatu event gempa guguran dapat terlihat pada gambar 4.1 bagian bawah yang menghasilkan hasil berupa frekuensi, energi, dan amplitudo. Frekuensi dapat ditampilkan dalam grafik 4.3 berikut



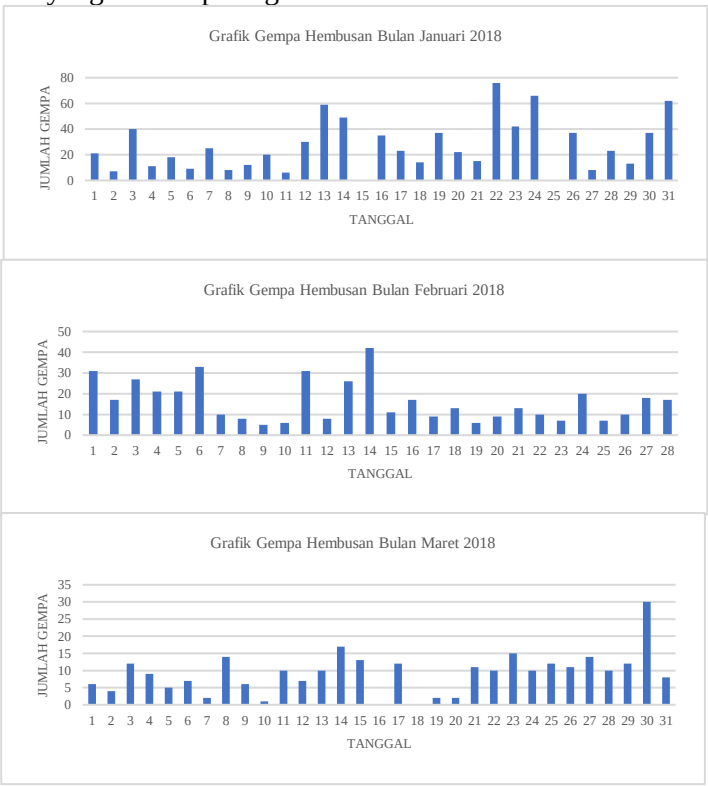

Gambar 4.3 Grafik Frekuensi Gempa Guguran Bulan Januari-Maret 2018

Grafik frekuensi tersebut menunjukan aktvitas gempa guguran yang terjadi selama bulan Januari-Maret 2018 terlihat memiliki frekuensi dominan berkisar antara 2 sampai dengan 4 Hz.

4.2.1.2 Hembusan

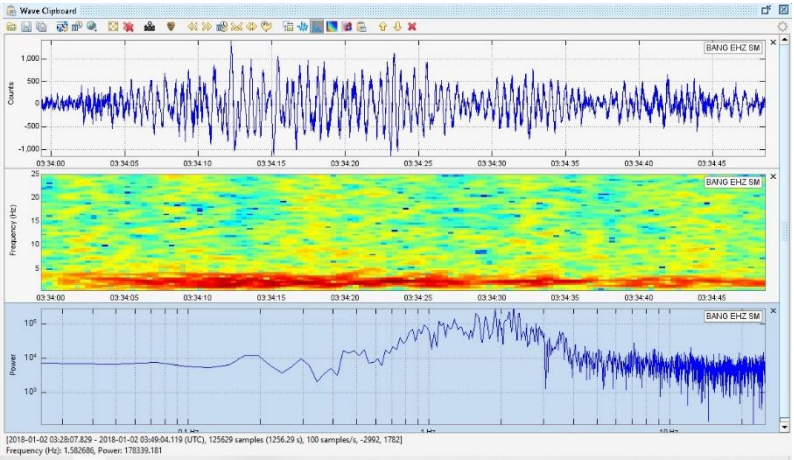
Hembusan merupakan suatu gempa dimana gunungapi dapat mengeluarkan material berupa abu, hembusan terjadi karena keluarnya material vulkanik ke permukaan. Pada Gunung Semeru memiliki aktivitas gempa hembusan yang cukup banyak terjadi

seperti yang terlihat pada gambar 4.4 berikut.



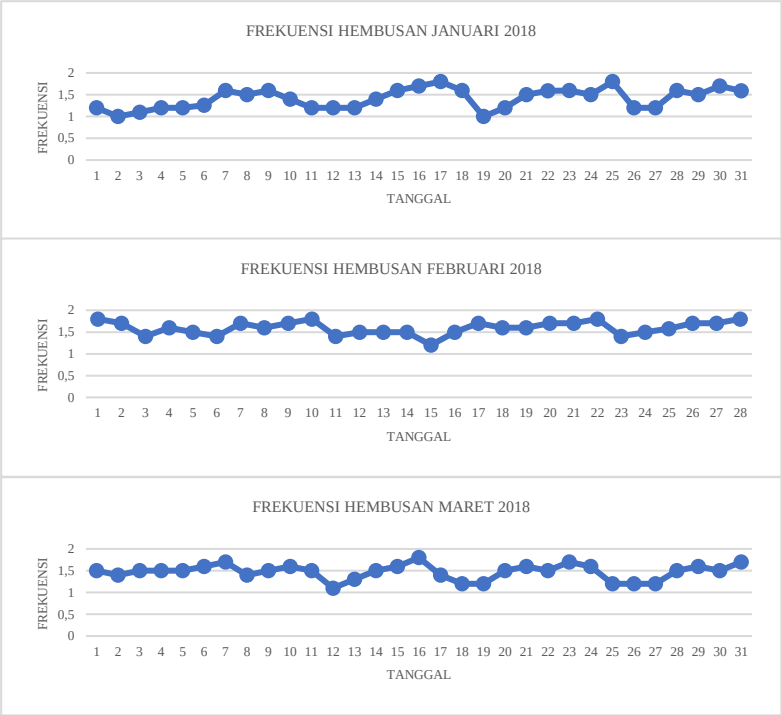

Gambar 4.4 Grafik Gempa Hembusan Bulan Januari-Maret 2018

Menurut MAGMA hembusan banyak terjadi di bulan Januari. Hembusan merupakan peristiwa mengeluarkan energi ke permukaan, dari analisa frekuensi pada analisis spektral diperoleh pada frekuensi yang cukup rendah.




Gambar 4.5 Contoh Rekaman Sinyal Seismik Digital Hembusan

Pada umumnya gempa yang memiliki frekuensi rendah merupakan suatu peristiwa yang berkaitan dengan aliran fluida yang disebabkan akan tingginya tekanan gas yang membentuk gelembung dan terjadi pada kedalaman yang dangkal (McNutt,2002). Adanya gempa hembusan pada Gunung Semeru yang ditunjukkan pada grafik harian Gunung Semeru setelah dilakukan analisis spektral memiliki frekuensi dominan antara 0,8 -1,8 Hz dan memiliki durasi waktu berkisar antara 20-60 setik seperti yang terlihat pada gambar 4.6 yang menunjukkan aktivitas gempa hembusan yang aktif serta adanya proses pelepasan berupa gas dari dalam kawah Gunung Semeru, biasanya secara visual dari jarak dekat maupun jauh ditunjukkan dengan tebalnya asap pada kawah.

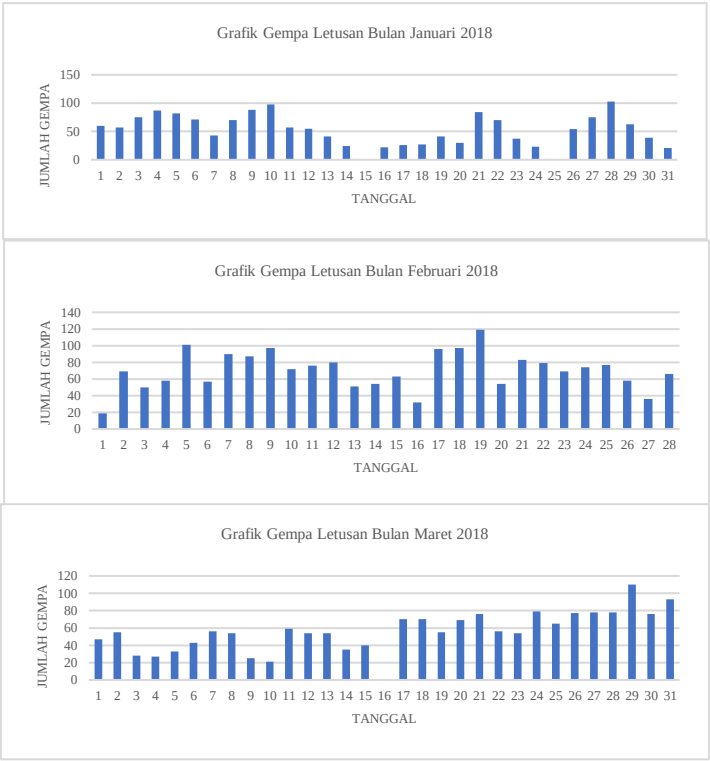



Gambar 4.6 Grafik Frekuensi Hembusan Bulan Januari-Maret 2018

### 4.2.1.3 Letusan

Sama halnya seperti dengan gempa hembusan, letusan merupakan gempa dari gunungapi yang dapat mengeluarkan material berupa abu maupun lontaran batu pijar. Mekanisme dari gempa letusan ini cukup sama dengan gempa hembusan yakni keluarnya energi ke permukaan, perbedaannya gempa letusan memiliki energi yang lebih besar serta memiliki durasi yang lebih panjang dari gempa hembusan. Menurut Kirbani dkk, (1992) keadaan pada saat terjadi letusan ditandai dengan puncak-puncak sinyal yang tidak teratur serta amplitudo yang lebih besar. Gempa letusan G. Semeru umumnya letusan abu bertipe vulkanian dan strombolian yang terjadi 3–4 kali

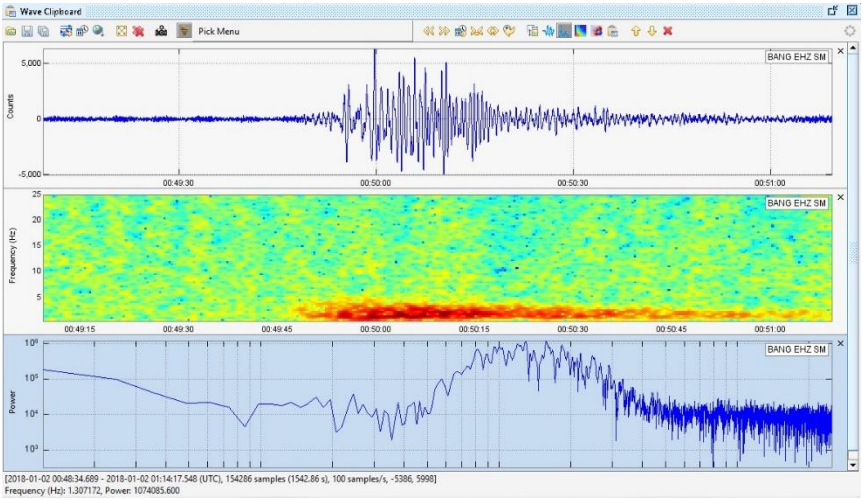
setiap jam. Letusan tipe vulkanian dicirikan dengan letusan eksplosif yang kadang-kadang menghancurkan kubah dan lidah lava yang telah terbentuk sebelumnya. Selanjutnya terjadi letusan bertipe strombolian yang biasanya diikuti dengan pembentukan kubah dan lidah lava baru. Pada Gunung Semeru memiliki aktivitas letusan yang aktif selama bulan Januari-Maret 2018 yang dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut.




Gambar 4.7 Grafik Gempa Letusan Bulan Januari-Maret 2018

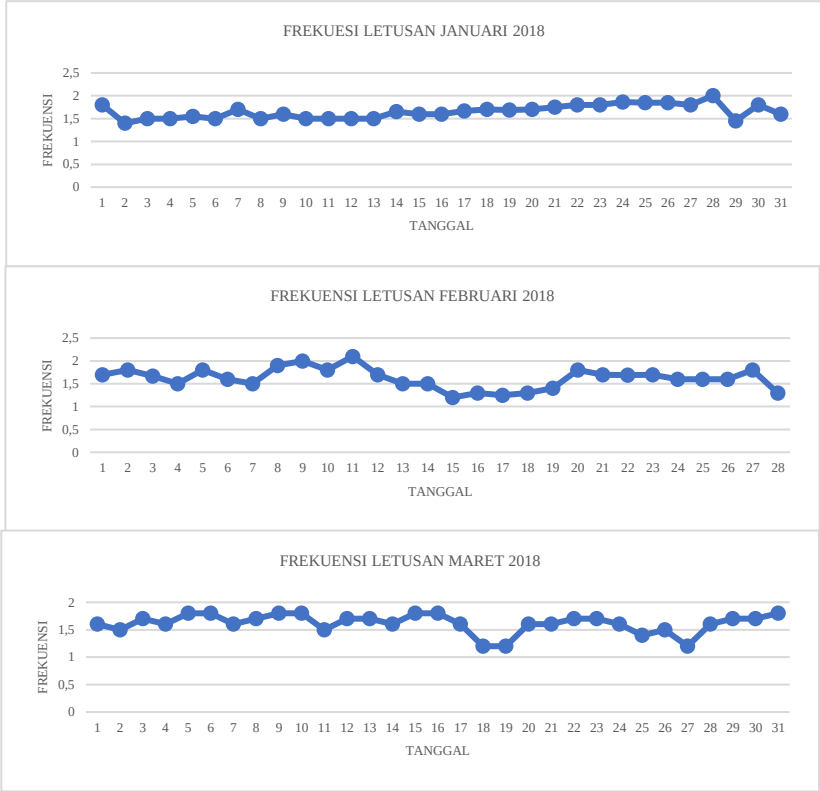
Dalam sehari Gunung Semeru dapat memiliki aktivitas gempa letusan berkisar antara 20-120 letusan sehingga menunjukkan aktivitas magma sudah mencapai bagian tubuh hingga permukaan

gunungapi untuk membuka serta mengeluarkan material dari dalam yang didorong oleh tekanan panas magma, berikut gambar 4.8 contoh sinyal seismik digital dari letusan Gunung Semeru.




Gambar 4.8 Contoh Sinyal Seismik Digital Letusan

Setelah dilakukan analisis spektral terhadap Gunung Semeru untuk mengetahui frekuensi daripada gempa letusan yang dapat dilihat pada gambar 4.8. Tercatat bahwasannya Gunung Semeru memiliki aktivitas gempa letusan dengan frekuensi antara 1,1-2,1 Hz, amplitudo puncak-puncak tidak teratur dengan durasi 30-60 detik dan secara visual dilihat dari jarak dekat maupun jauh gempa letusan ini biasanya memiliki ciri tebal asap pada kawah serta lontaran batu pijar.

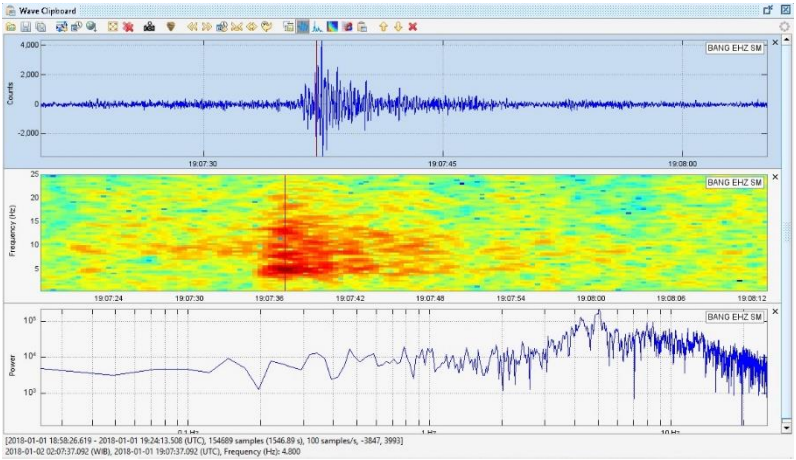



Gambar 4.8 Frekuensi Letusan Bulan Januari-Maret 2018

### 4.1.2.4 Vulkanik

Salah satu aktivitas gempa yang terekam pada Gunungapi Semeru adalah gempa vulkanik, gempa ini terjadi akibat adanya aktivitas pada magma yang biasanya terjadi sebelum gempa letusan, dimana gas dari magma naik ke permukaan sehinggga menimbulkan rekahan pada dindik disekitanya karena massa gas yang lebih kecil daripada material disekitarnya. Pada kasus Gunungapi Semeru tahun 2018 memiliki sistem yang terbuka, hal

ini ditunjukkan dengan sedikitnya gempa vulkanik yang terekam oleh seismograf. Gunungapi Semeru didominasi dengan aktivitas seperti gempa letusan dan gempa hembusan yang dapat terjadi puluhan kali dalam sehari. Gempa vulkanik pada Gunungapi Semeru dicirikan dengan energi yang besar dan durasi yang pendek sekitar 8-18 detik. Berikut (Gambar 4.9) merupakan contoh gempa vulkanik yang terekam oleh seismograf.




Gambar 4.9 Contoh Sinyal Seismik Digital Vulkanik

Pada gambar tampilan spektral tersebut terlihat frekuensi pada saat terjadi gempa vulkanik sebesar 1,57 Hz, amplitudo 7,8 mm dan energi sebesar 120175 eJ

# BAB V

# KESIMPULAN DAN SARAN

## 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan meliputi:

1. Gunungapi Semeru memiliki karakteristik sistem yang terbuka, hal ini ditunjukkan dengan akivitas gempa letusan dan hembusan dengan frekuensi cukup banyak yakni lebih dari 10 kali perhari serta gempa guguran beberapa kali dan ditemukan beberapa *event* gempa vulkanik selama periode bulan Januari-Maret 2018.
2. Frekuensi dominan berdasarkan analisis spektral yang telah dilakukan pada gempa letusan berkisar antara 1,1-2,1 hz, gempa hembusan berkisar antara 0,8-1,8 Hz, gempa guguran berkisar antara 2-4 Hz untuk periode Januari-Maret 2018
3. Amplitudo maksimum pada gempa letusan sebesar 9-20 mm dengan durasi 30-60 detik, pada gempa hembusan memiliki amplitudo maksimal 3-8 mm serta durasi berkisar antara 20-60 detik, dan pada gempa guguran memiliki amplitudo maksimal 4-12 mm dengan durasi gempa berkisar pada 40-110 untuk perriode Januari-Maret 2018.

## 5.2 Saran

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis ingin memberikan saran untuk penelitian di masa depan sebagai berikut:

1. Menggunakan lebih dari satu stasiun pengamatan gunung api.
2. Menjelaskan secara fisis aktivitas gempa bumi yang terjadi.

## DAFTAR PUSTAKA

Asparini Dewi., 2011, Penerapan Metode Stacking dalam Pemrosesan Sinyal Seismik Laut di Perairan Barat Aceh, Bogor, IPB

Brigham, E. O., & Morrow, R. E. (1967). The fast Fourier transform. *IEEE Spectrum*. https://doi.org/10.1109/MSPEC.1967.5217220

Cooley, J. W., Lewis, P. A. W., & Welch, P. D. (1969). The Fast Fourier Transform and its Applications. *IEEE Transactions on Education*. https://doi.org/10.1109/TE.1969.4320436

Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Propinsi Jawa Timur. 2010. G. Semeru. Surabaya: Pemerintah Propinsi Jawa Timur

D, Isya Nurrahmat.1995. Aktivitas Vulkanisme Gunung Semeru. Bandung: Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral,.

Elnashai, A. S., & Di Sarno, L. (2008). Earthquake Characteristics. In *Fundamentals of Earthquake Engineering*. https://doi.org/10.1002/9780470024867.ch1

Hutabarat, R.G., 2009, Integrasi Inversi Seismik dengan Amplitudo Seismik untuk Memetakan Distribusi Reservoar pada Lapangan Blaackfoot, Jakarta, Universitas Indonesia.

http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-17760- 1109201718-presentationpdf.pdf

https://m-edukasi.kemdikbud.go.id

https://earthquake.usgs.gov/learn/glossary/images/PSWAVES.JPG

https://vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/data-dasar-gunungapi/533-g-semeru

Jamady, Aris., 2011, Kuantifikasi Frekuensi dan Resolusi Menggunakan Seismik Refleksi di Perairan Maluku Utara, Bogor IPB.

Krafft, J. M. (1987). Contributors (–1989). *Pynchon Notes*. https://doi.org/10.16995/pn.345

MAGMA INDONESIA

Mahmudi, K., Mustopa, E. J., & Hendrajaya, L. (2015). Fisika Gunung Api : Mengapa Gunung Raung Meraung ? *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains*.

Minakami, T. (1974). Physical nature of source parameters of volcanic earthquakes. *Proceedings*.

Minarto,E. 2000. Analisis Spektral Gunung Slamet. Laboratorium Geofisika, Jurusan Fisika –FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya

Nugraha A.K. 2009. Karakteristik Tremor Harmonik Gunungapi Semeru, Jawa Timur Tahun 2008. Tugas Akhir, Universitas Brawijaya, Malang.

Pedrotti, F. L., & Pedrotti, L. S. (1993). Introduction to optics 2nd edition. *Introduction to Optics 2nd Edition by Frank L. Pedrotti, SJ, Leno S. Pedrotti New Jersey: Prentice Hall, 1993*.

PRATOMO, I. (2006). Klasifikasi gunung api aktif Indonesia, studi kasus dari beberapa letusan gunung api dalam sejarah. *Indonesian Journal on Geoscience*. https://doi.org/10.17014/ijog.vol1no4.20065

Smith, Walter Fox, 2010,"Waves and Oscillations A Prelude to Quantum Mechanics", Oxford University Press, New York.

Van Bemmelen, R. W. (1949). The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes. *Government Printing Office, The Hague*. https://doi.org/10.1109/VR.2018.8447558

Widodo, E., & Hastuti, H. (2019). Local Wisdom in Responding to Disaster of Merapi Eruption: Case Study of Wonolelo Village. *Geosfera Indonesia*. https://doi.org/10.19184/geosi.v4i3.14066

Young, H., & Freedman, R. (2007). University physics with modern physics. In *Recherche*. https://doi.org/10.1038/479008b

VSI. (Vulcanological Survey of Indonesia). Gunung Semeru [Online]. Diakses dari VSI ESDM Web site:http://www.vsi.esdm.go.id/index.php/gunungapi/datadas

ar-gunungapi/211-gsemeru?start=2.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Tulungagung pada tanggal 15 Juli 1999, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Anak dari pasangan Bapak Teguh dan Ibu Aisha. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis, yaitu MI Darussalam (2005-2011), SMPN 1 Krian (2011-2014), SMAN 1 Krian (2014-2016). Penulis diterima sebagai mahasiswa sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) melalui jalur SNMPTN pada tahun 2016. Di jurusan Fisika ITS, penulis terdaftar menjadi angkatan 2016 Fisika dengan NRP 01111640000015 dan mengambil bidang minat geofisika serta kegiatan non akademik yang penulis tidak ingin sebutkan. Apabila ada kritik dan saran dapat dikirim ke lintang.kinasih.w.u@gmail.com.