

## **Karakteristik Gempa Letusan Gunung Semeru, Jawa Timur Tahun 2009**

**Cholisina Anik Perwita<sup>1)\*</sup>, Sukir Maryanto<sup>2)</sup>, Agus Budianto<sup>3)</sup>**

<sup>1)</sup> Program Magister Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang

<sup>2)</sup> Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang

<sup>3)</sup> Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG), Bandung

Diterima tanggal 7 Maret 2012, direvisi tanggal 10 April 2012

### **ABSTRAK**

Tipe letusan yang terjadi selama tahun 2009 dapat diklasifikasikan menjadi tiga tipe. Tipe I adalah letusan yang dimanifestasikan dengan visual letusan membawa material abu vulkanik. Tipe II adalah letusan yang dengan hembusan asap. Tipe III adalah letusan yang terjadi pada saat pertumbuhan kubah lava. Dilakukan analisis spektral dan hiposenter dari sinyal seismik yang berasal dari 4 stasiun yaitu Stasiun Kepolo (KPL), Leker (LEK), Tretes (TRS) dan Besuk Bang (BES).

Dari analisis spektral diperoleh bahwa korelasi antara visual letusan dengan nilai frekuensi menunjukkan bahwa gempa letusan tipe I mempunyai kandungan frekuensi 0,87-3,8Hz, gempa letusan tipe II mempunyai kandungan frekuensi 0,87-2,64 Hz, sedangkan gempa letusan tipe III mempunyai kandungan frekuensi gempa letusan 1,06-2,73 Hz. Hasil penelitian menunjukkan hiposenter gempa letusan terletak pada kedalaman 0,90-1,47 km di bawah kawah. Hiposenter ini ditafsirkan sebagai kantong magma dangkal. Berdasarkan seismisitas tahun 2009, kegiatan letusan diakibatkan oleh perubahan tekanan pada kantong magma dalam dan dangkal. Adapun proses letusan lebih dikontrol kenaikan tekanan pada kantong magma dangkal.

Kata kunci: gempa letusan, Gunung Semeru, frekuensi, hiposenter

### **ABSTRACT**

Type of eruption during the year 2009 can be classified into three types. Type I is a visual explosion that manifested by the eruption of contain volcanic material. Type II is the eruption of the manifested by fog. Type III is the eruption that occurred during lava dome growth. Spectral and hypocentre analysis has been done used four seismic stations Kepolo (KPL), Leker (LEK), Tretes (TRS) and Besuk Bang (BES).

From the analysis found that the correlation between visual eruption and frequency indicates that the seismic eruptions have type I has a frequency 0.87 to 3.8 Hz frequency, seismic eruption of type II has a frequency 0.87 to 2.64 Hz frequency, while the seismic eruptions type III has a frequency 1.06 to 2.73 Hz. Result of study shows hypocenter is located at a depth of 0.90-1.47 km below the crater, interpreted as shallow magma pockets. Described based on the seismicity of 2009. Activities eruption caused by changes of pressure in deep and shallow magma pockets. The eruption process is more controlled by increase of pressure in the shallow magma pockets

Key word: explotion earthquake, Semeru volcano, frequency, hypocenter

---

-----  
\*Corresponding author :  
email : cholisina@gmail.com

## PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai 127 gunungapi yang terjadi akibat pertemuan dari empat lempeng dunia. Salah satu gunungapi dengan kegiatan paling aktif di Jawa Timur adalah gunungapi Semeru (G. Semeru) dengan ketinggian 3676 meter di atas permukaan laut (m dpl).

Penelitian mengenai G. Semeru pernah dilakukan oleh Maryanto[1] menerangkan tentang kandungan frekuensi letusan berkisar antara 0,8-3,8 Hz. Siswowardjojo, dkk[2] menerangkan bahwa daerah aseismik yang diduga merupakan lokasi dari akumulasi magma terdapat pada kedalaman 5-20 km. Dari analisis frekuensi yang diperoleh bahwa gempa-gempa vulkanik maupun tremor yang tercatat mempunyai frekuensi yang hampir sama, yakni berkisar antara 0,9-1,3 Hz. Hal ini mengindikasikan mekanisme sumber yang kedalamannya tetap. Kirbani, dkk [3] berhasil mencatat 2 buah kegiatan seismik yang memperlihatkan 3 fase keadaan yaitu sebelum terjadi letusan, setelah terjadi letusan dan pada saat terjadi letusan. Keadaan dimana pada saat terjadi letusan ditandai dengan puncak-puncak sinyal yang tidak teratur dan amplitudonya besar.

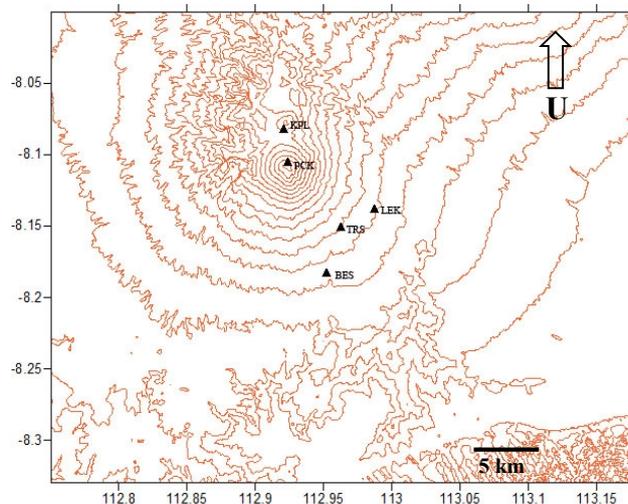
Letusan G. Semeru pada tahun 2009 mempunyai kegiatan yang berbeda dari aktifitas biasanya. Dalam keadaan status waspada, erupsi G. Semeru terjadi di kawah Jonggring Saloko ditandai dengan lontaran bom dan abu yang mempunyai interval 10 menit sekali. Pada tahun 2009 yaitu sejak akhir bulan Januari, erupsi explosif skala kecil dengan ketinggian kolom asap 100m-1000m yang sudah menjadi ciri khas tersebut mengalami penurunan jumlah kejadian. Pada bulan Maret 2009, aktifitas G. Semeru mengalami masa tenang dengan terekamnya sangat sedikit gempa letusan. Kemudian pada bulan Agustus-Desember 2009, aktifitas kegempaan G. Semeru memperlihatkan jumlah gempa-gempa dangkal yang dikenal sebagai gempa letusan. Gempa-gempa ini tidak memperlihatkan jumlah letusan yang sama dengan letusan di awal tahun namun terdapat perbedaan pada kenampakan visualnya. Asap letusan yang terjadi tidak mengandung

material abu vulkanik. Pada bulan November tahun 2009, teramatinya api diam di puncak gunung Semeru yang menandakan sedang terjadi pertumbuhan kubah lava.

Kejadian aktifitas letusan di tahun 2009 ini belum banyak dikemukakan oleh peneliti lain, sehingga mendorong penulis untuk mengangkatnya dalam penelitian ini. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat melengkapi penelitian-penelitian sebelumnya sehingga menambah pemahaman mengenai perilaku G. Semeru.

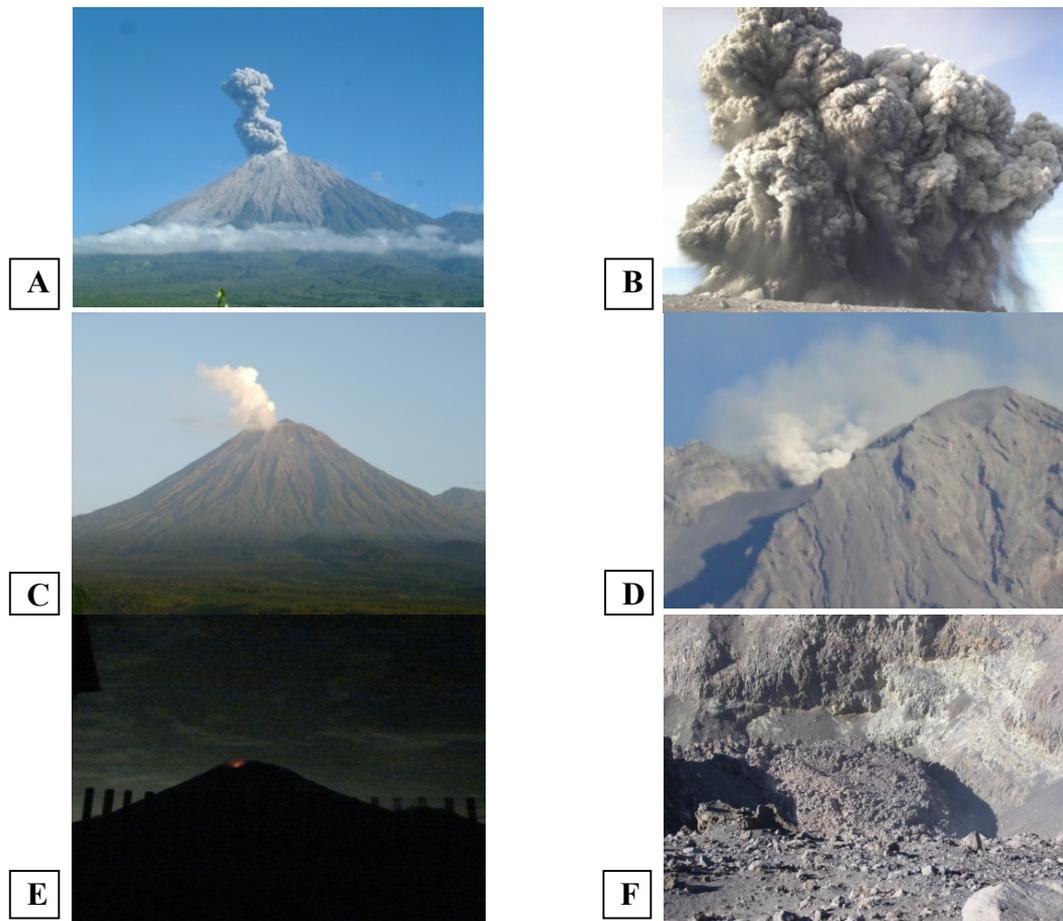
## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah hasil rekaman jaringan yang ada di gunung Semeru. Lokasi peletakan seismogram untuk pemantauan gunung Semeru dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Jaringan pemantauan seismik di Gunung Semeru

Jenis seismometer yang digunakan adalah seismometer 1 komponen tipe L-4C serta menggunakan seismograf tipe PS-2. Pemantauan seismik G. Semeru di PPGA Sawur merekam data gempa secara analog dan digital. Dengan menggunakan jaringan satelit semua data rekaman gempa digital dikirim via VSAT (*Very Small Aperture Terminal*) ke kantor pusat PVMBG, Bandung.



**Gambar 2** (A) dan (B) visual letusan yang membawa material abu vulkanik pada tanggal 9 Januari 2009, (C) dan (D) visual letusan dengan manifestasi hembusan asap pada tanggal 29 Maret 2009 (E) Kemunculan kubah lava, (F) api diam di puncak gunung pada tanggal 5 November 2009 yang menandai kemunculan kubah lava.

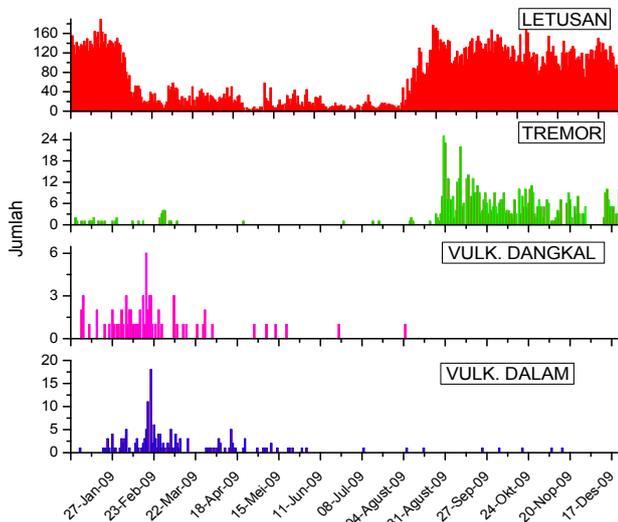
Penyeleksian data dari rekaman seismik digital dilakukan untuk mendapatkan sinyal gempa letusan dengan amplitudo yang jelas, sinyal event tidak terpotong dan terekam minimal di stasiun. Analisa spektral dengan FFT dilakukan untuk mendapatkan kandungan frekwensi dari sinyal yang diolah. Adapun frekuensi yang ditampilkan dalam studi ini adalah frekuensi puncak atau disebut juga frekuensi dominan. Penentuan hiposenter dilakukan dengan menggunakan metode analisis beda waktu tiba gelombang. Beberapa parameter digunakan sebagai asumsi dan dasar pengambilan keputusan dari perangkat lunak tersebut. Lapisan dalam tubuh gunung api diasumsikan terdapat 2 lapisan, dimana lapisan pertama sejauh 4 km dari posisi puncak dengan kecepatan gelombang P 2,7 km /detik dan

kecepatan gelombang S 1,624 km/detik, sedangkan lapisan selanjutnya kecepatan gelombang P ( $V_p$ ) 3,3 km/detik dan kecepatan gelombang S ( $V_s$ ) 2,29 km/detik. Hasil pengolahan hiposenter merupakan koordinat dalam sumbu x, y dan z.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gempa letusan secara langsung berhubungan dengan manifestasi dari kondisi permukaan atau bawah permukaan dari aktifitas gunungapi. Dengan demikian letusan merupakan gambaran dari proses yang terjadi selama produk-produk erupsi sampai ke permukaan. Aktifitas letusan akan menghasilkan gempa yang diindikasikan

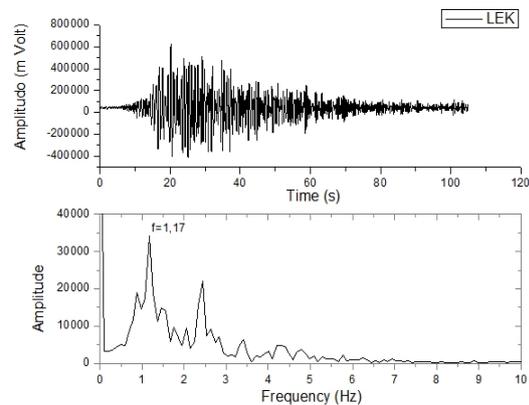
dengan adanya rekaman sinyal seismogram, yang biasanya diikuti oleh rekaman sinyal akustik (infrasonik).



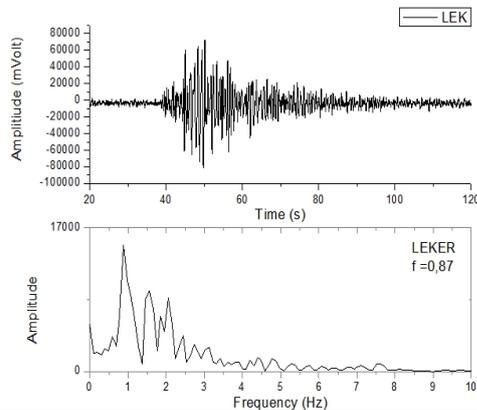
**Gambar 3.** Seismisitas kegempaan gunung Semeru tahun 2009

Terdapat 3 fase keadaan aktivitas gunungapi Semeru yang akan dirunut melalui pengamatan visual. Pertama aktifitas letusan dengan manifestasi permukaan yang didominasi oleh letusan dengan membawa material abu vulkanik (tipe I), aktivitas hembusan asap (tipe II) dan keadaan letusan dimana telah muncul kubah lava (III) seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.

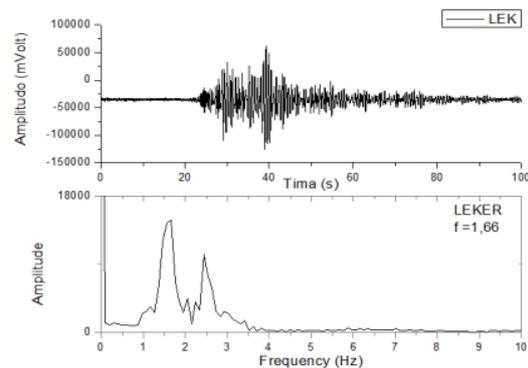
Berdasarkan seismisitasnya, kegiatan G. Semeru didominasi oleh gempa-gempa letusan (Gambar 3). Kejadian kegempaan selama bulan Januari 2009 menunjukkan kejadian rata-rata per hari gempa letusan diatas angka 90 kejadian. Pada saat letusan tipe I, seismisitas didominasi oleh gempa letusan, selain itu muncul juga gempa vulkanik dangkal (VA) dan gempa vulkanik dalam (VB) hal ini mengindikasikan adanya suplai magma dari reservoir dalam, menuju reservoir dangkal. Magma hasil migrasi dari kantong magma dalam bercampur dengan dengan magma yang ada pada kantong magma dangkal. Percampuran 2 fluida ini berusaha membentuk kesetimbangan dengan melepaskan gas-gas yang terbentuk. Dengan penjelasan ini maka dapat dimengerti minimnya jumlah letusan di



**Gambar 4.** Seismogram gempa letusan dan spektral pada stasiun Leker pada 9 Januari 2009 yang berasosiasi dengan letusan abu putih kelabu



**Gambar 5** Seismogram gempa letusan dan spektral pada stasiun Leker pada 8 Maret 2009 yang berasosiasi dengan letusan putih tipis



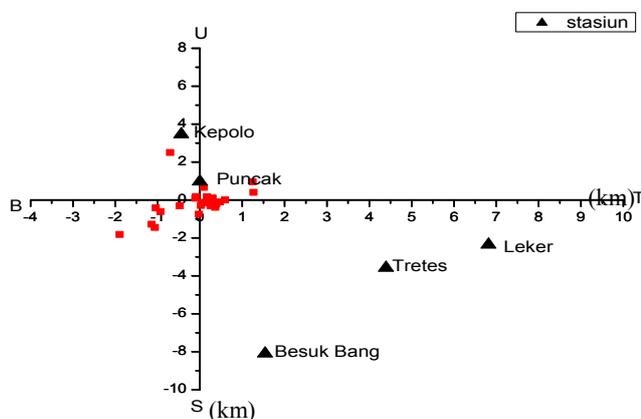
**Gambar 6** Seismogram gempa letusan dan spektral pada stasiun Leker pada 5 November 2009 yang berasosiasi dengan pertumbuhan kubah lava

bulan April-Agustus karena dalam bulan-bulan tersebut proses kesetimbangan masih terjadi. Setelah kesetimbangan terjadi di kedua

reservoir, maka letusan harian G. Semeru kembali seperti semula dengan dengan interval letusan diatas jumlah 90 kejadian per hari.

Namun selain itu juga munculnya banyak gempa tremor di akhir tahun, yang juga diiringi dengan munculnya kubah lava. Gempa tremor merupakan getaran terus-menerus, yang merupakan pertanda ada aktifitas magma yang terjadi di lubang kepundan. Hasil akhir yang memperlihatkan munculnya kubah lava, dapat merupakan dugaan kuat bahwa kejadian tremor tersebut menandakan magma yang dengan konstan mendorong penutup sumbat magma.

Analisis spektral dilakukan untuk mengetahui kandungan frekuensi dominan dari sinyal yang berasosiasi dengan letusan dalam kurun waktu sebelum dan saat pertumbuhan kubah lava. Untuk mengetahui hubungan antara frekuensi dominan gempa letusan dengan parameter visualnya dilakukan dengan menganalisis hasil spektral frekuensi di stasiun Leker, Tretes dan Besuk Bang. Stasiun ini dipilih karena terbukti secara kontinyu dapat mencatat relatif paling lengkap sinyal gempa letusan yang terjadi.



**Gambar 6** Episentris gempa letusan

Hasil analisa frekuensi dari kedua stasiun tersebut menunjukkan bahwa gempa letusan yang dimanifestasikan dengan visual letusan membawa material vulkanik (tipe I) mempunyai kandungan frekuensi dominan 0,87-3,8Hz, gempa letusan manifestasi visualnya didominasi oleh hembusan asap (tipe II) mempunyai kandungan frekuensi dominan 0,87-2,64 Hz, kejadian letusan dimana mulai teramati pertumbuhan kubah lava (tipe III)

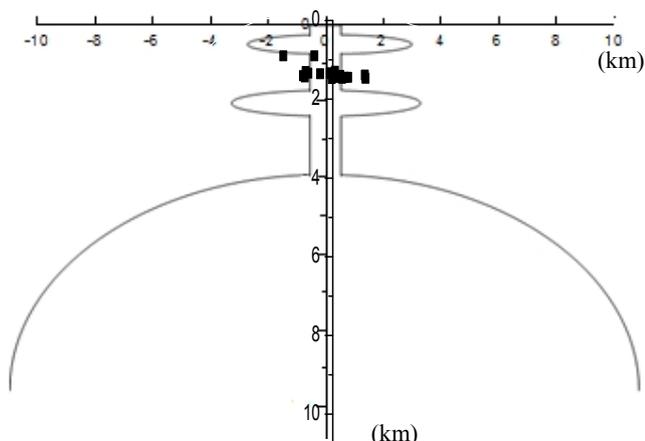
mempunyai kandungan frekuensi dominan 1,06-2,73Hz [4]. Contoh analisa frekwensi pada event yang berasosiasi dengan visual letusan ditunjukkan pada Gambar 4-6.

Dari perbandingan rentang frekuensi dominan gempa letusan antara tipe I, tipe II dan tipe III ditunjukkan bahwa rentang frekuensi gempa letusan semakin mengecil dari visual letusan yang dengan material abu vulkanik sampai kejadian munculnya kubah lava. Perubahan rentang nilai ini dimungkinkan disebabkan oleh perubahan dimensi dari kolom saluran magma akibat terbentuknya kubah lava. Kolom saluran pada awalnya dapat dipandang sebagai suatu sistem tertutup dengan panjang tertentu. Kubah lava yang terjadi di kawah menyebabkan panjang saluran magma menjadi lebih pendek.

Hasil pengolahan hiposenter, disajikan dalam irisan penampang atas yang mencerminkan episenter (Gambar 7). Pada penampang episenter, episenter ditunjukkan dengan simbol kotak merah, sedangkan simbol segitiga menunjukkan posisi stasiun pencatat yang ada di G. Semeru. Kedalaman hiposenter gempa letusan terletak di kedalaman 0,90-1,47 km di bawah kawah aktif.

Diketahui bahwa penyebaran hiposenter terdapat di sekitar kawah aktif Jonggring Saloko dengan bidang Timur Laut-Barat Daya. Kompilasi hiposenter hasil penelitian ini dengan hiposenter gempa vulkanik penelitian sebelumnya yang ditunjukkan Gambar 7. Simbol kotak hitam merupakan hasil yang hiposenter yang diperoleh dari penelitian ini. Saluran-saluran magma tersebut dihubungkan oleh pipa kepundan yang menuju ke atas.

Jika dibandingkan dengan penelitian Iguchi dkk tahun 2007 [5], yang mana hiposenter gempa letusan G. Semeru tergolong dangkal yakni kurang dari 100m maka di tahun 2009 ini hiposenter gempa letusan mengalami pendalaman, hal ini bisa jadi disebabkan karena pembentukan kubah lava yang mulai menyumbat mulut kawah, sehingga desakan yang mengakibatkan letusan bergeser menjadi agak ke dalam.



Gambar 7. Model kantong magma yang terdapat di G. Semeru (dalam Susilo, 1999) [6]

## KESIMPULAN

Tuliskan teks kesimpulan Kegiatan letusan yang G. Semeru tahun 2009 dari pantauan visual dan kegempaan terdapat adanya perubahan yang mendasar. Pemantauan visual memperlihatkan adanya perubahan warna kolom letusan dari keabu-abuan menjadi putih. Seismisitas kegempaan menunjukkan perubahan jumlah letusan yang menurun pada bulan April-Agustus.

Korelasi antara visual letusan dengan nilai frekuensi menunjukkan bahwa gempa letusan tipe I mempunyai kandungan frekuensi 0,87-3,8Hz, gempa letusan tipe II mempunyai kandungan frekuensi frekuensi 0,87-2,64 Hz dan gempa letusan tipe III mempunyai kandungan frekuensi 1,06-2,73Hz.

Sebaran hiposenter gempa letusan yang didapatkan berkisar pada kedalaman 0,90-1,47 km. Mekanisme letusan dijelaskan berdasarkan seismisitas tahun 2009. Kegiatan letusan diakibatkan oleh perubahan tekanan pada kantong magma dalam dan dangkal. Adapun proses letusan lebih dikontrol kenaikan tekanan pada kantong magma dangkal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Badan Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG) Bandung atas izin untuk menggunakan data

pengamatan Semeru, kepada Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya tempat penulis mendapatkan ilmu dan bimbingan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maryanto, S. (1999), *Analysis of Seismic Signal of Mt Semeru (East Java, March 1<sup>st</sup>-21<sup>st</sup>, 1988) In Order to Determine It's Source and Eruption Mechanism*, Tesis, Universitas Gajahmada, Yogyakarta.
- [2] Siswawidjoyo, S. Djoko Santoso, Untung Sudarsono, Suro (1995), Laporan Final Riset Unggulan Terpadu I 1993/1994 dan 1994/1995, *Penelitian Mekanisme Letusan G. Semeru di Jawa Timur dan Evaluasi Daerah Bahayanya*, Dewan Riset Nasional dan Proyek Pusat Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Bandung.
- [3] Kirbani, S.B., Fadeli, A. Wahyudi, Imam, S. Ari, S. (1992), *Laporan Penelitian, Studi Pendahuluan Seismisitas Gunung Semeru, Jawa Timur*, FMIPA, UGM, Yogyakarta, Indonesia.
- [4] Perwita, Cholisina A. (2011), *Analisis Sinyal Seismik Gempa Letusan Gunung Semeru, Jawa Timur Tahun 2009*, Skripsi Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Tidak Diterbitkan.
- [5] Iguchi, M. Hendrasto. M, Hirabayashi Jun-ichi (2007), *Eruption mechanism of explotion at Semeru Volcano, East java, Indonesia*.
- [6] Susilo, A. (1997), *Analisis Sinyal Seismik Gunungapi Semeru (Jawa Timur, Desember 1993 – Februari 1994) dengan Dekonvolusi Homomorfik untuk Menentukan Mekanisme Sumbernya*, S-2 Tesis, Program Studi Fisika, Jurusan Ilmu-ilmu Matematika dan Pengetahuan Alam, Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.