

## **Analisis Deformasi Gunung Api Papandayan Berdasarkan Data Pengamatan GPS Tahun 2002 – 2011**

**Ilham Jamel, Irwan Meilano, Irwan Gumilar, Dina Anggreni Sarsito, Hasanuddin Z. Abidin**

*Program Studi Teknik Geodesi Dan Geomatika Fakultas Ilmu Dan Teknologi Kebumihan, ITB*

**Abstrak.** Gunung api Papandayan adalah gunung api yang terletak di Kabupaten Garut, Jawa Barat. Gunung api dengan ketinggian 2665 meter di atas permukaan laut itu terletak sekitar 70 km sebelah tenggara Kota Bandung. Gunung api Papandayan merupakan salah satu gunung api aktif di Indonesia. Salah satu metoda pemantaun aktivitas vulkanik gunung api adalah dengan metoda deformasi. Dalam melakukan penelitian deformasi yang terjadi, digunakan data pengamatan survei GPS (Global Positioning System). Pada dasarnya survei ini dilakukan untuk mengetahui pola dan kecepatan deformasi yang terjadi pada Gunung api Papandayan. Dari analisis unsur deformasi ini, dapat diketahui karakteristik deformasi yang terjadi pada gunung api tersebut. Pada Gunung api Papandayan deformasi yang terjadi dipengaruhi oleh tekanan magma dari dalam gunung. Dari analisis yang dilakukan, sumber magma dalam dan sumber magma dangkal mempengaruhi aktivitas gunung. Pada tahun 2003-2005 terdapat dua sumber magma dimana di sana terjadi proses inflasi. Pada tahun 2005-2008 hanya satu sumber yang mempengaruhi dimana di sana terjadi proses deflasi. Pada tahun 2008-Juli 2011 terdapat dua sumber magma yang mempengaruhi dimana di sana terjadi proses deflasi dan inflasi. Pada Juli 2011-Agustus 2011 terdapat satu sumber magma dimana di sana terjadi proses inflasi. Pada tahun 2003-Agustus 2011 terdapat dua sumber magma dimana di sana terjadi proses deflasi dan inflasi.

**Kata Kunci :** *Survei GPS, deformasi, model Mogi*

Corresponding Author: [irwan@gd.itb.ac.id](mailto:irwan@gd.itb.ac.id)

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan Negara yang banyak dilalui oleh jalur pegunungan berapi yang membentang dari Sumatera hingga hingga laut Banda (*Witton dan Elliot, 2003*), hingga ke perairan Maluku dan kawasan Sulawesi Utara (*Yunazwardi, 2010*). Gunung api Papandayan adalah gunungapi yang terletak di Kabupaten Garut, Jawa Barat tepatnya di Kecamatan Cisurupan. Gunung api dengan ketinggian 2665 meter di atas permukaan laut itu terletak sekitar 70 km sebelah tenggara Kota Bandung. Gunung api Papandayan tercatat beberapa kali erupsi. Di antaranya pada 1773, 1923, 1942, 1993, dan 2003. Dari data aktifitas gunung api Papandayan tersebut menunjukkan peningkatan aktifitas vulkanik. Salah satu metode pemantauan aktifitas gunung api adalah menggunakan metode deformasi. Pada Tugas Akhir ini, metoda deformasi yang digunakan adalah pengamatan episodik Global Positioning System (GPS) yaitu pengamatan data yang dilakukan pada kala-kala tertentu. Pengamatan Gunung api Papandayan dilakukan 6 kala yaitu November 2002, Juni 2003, Agustus 2005, November 2008, Juli 2011, dan Agustus 2011.

## 2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah untuk mengolah data pengukuran GPS tahun 2011 di Gunung api Papandayan. Sedangkan tujuan pembuatan laporan Tugas Akhir ini , yaitu:

1. Menentukan kecepatan pergeseran titik-titik Gunung api Papandayan.
2. Memprediksi letak sumber tekanan magma Gunung api Papandayan.
3. Pemberian informasi mengenai pergeseran titik-titik pengamatan.

## 3. Metodologi

Berikut adalah metodologi penelitian pada laporan Tugas Akhir ini:

1. Studi literatur ilmiah mengenai semua informasi yang berhubungan dengan topik penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Pengumpulan data pengamatan GPS Gunung api Papandayan November 2002, Juni 2003, Agustus 2005, November 2008, Juli 2011 dari Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Bandung.
3. Pengambilan data pengamatan data GPS Gunung api Papandayan Agustus 2011 di Kabupaten Garut, Jawa Barat.
4. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak Bernese 5.0 untuk memperoleh koordinat geosentrik beserta standar deviasinya dan koordinat geodetik titik pengamatan GPS.

5. Melakukan transformasi koordinat beserta standar deviasi dari sistem koordinat geosentrik ke sistem koordinat toposentrik dengan menggunakan program pada perangkat lunak Matlab 8.0.
6. Menentukan nilai estimasi pergeseran dari data pengamatan GPS episodik dua kala, kemudian menentukan resultan pergeseran titik pengamatannya.
7. Menentukan perkiraan posisi magma menggunakan model mogi berdasarkan data pergeseran.
8. Melakukan *plotting* vektor pergeseran titik-titik pengamatan pada perangkat lunak *General Mapping Tools* (GMT).
9. Kesimpulan dan saran.

## **4. Isi**

### **4.1 Gunung api**

Istilah gunung api terbentuk dari kata gunung dan api. Morfologi daratan yang memiliki relief membumbung biasa disebut gunung, dan peristilahan api yaitu dari material pijar yang keluar dari dalam inti bumi. Menurut definisi gunung api yaitu tempat dimana magma keluar permukaan bumi (*Andreas, 2001*). Secara harfiah istilah gunung api menurut Koesoemadinata adalah lubang atau saluran yang menghubungkan suatu wadah berisi bahan yang disebut magma (*Mulyo, 2004 dikutip dari Yunazwardi, 2010*). Secara umum gunung api aktif adalah gunung yang masih aktif melakukan aktivitas vulkaniknya seperti letusan atau erupsi. Aktivitas vulkanik didefinisikan sebagai proses naiknya magma yang terkandung di dalam gunung tersebut ke permukaan bumi.

### **4.2 Deformasi**

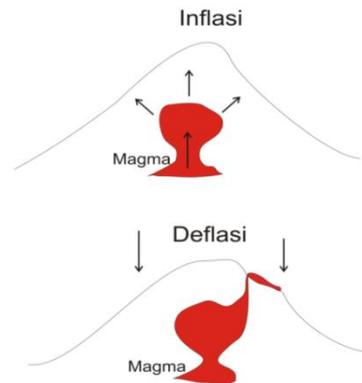
Deformasi adalah perubahan kedudukan, pergerakan secara absolute atau relative dari posisi suatu materi atau perubahan kedudukan dalam dimensi yang linear (*Andreas, 2001*). Deformasi erat kaitannya dengan perubahan posisi, dimensi dan kedudukan suatu materi atau objek.

#### **4.2.1 Deformasi pada Gunung api**

Deformasi pada gunung api terjadi karena aktivitas vulkanik berupa pergerakan magma di bawah permukaan yang berpengaruh pada perubahan tekanan pada kantong magma. Akibatnya volume permukaan juga berubah sehingga menyebabkan tubuh gunung api berubah. Umumnya adanya pergerakan magma di bawah permukaan merupakan indikasi awal akan terjadi erupsi dan kenaikan tekanan akan menghasilkan deformasi di permukaan (*ground deformation*).

Secara garis besar gejala deformasi dapat berupa inflasi dan deflasi, yaitu:

1. Inflasi



2. Deflasi

**Gambar 1.** Gejala Deformasi pada gunung api aktif

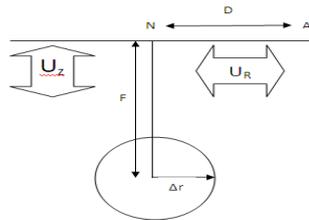
#### 4.2.2 Survei Deformasi Gunung api dengan GPS

Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai pemantauan deformasi gunung api dengan menggunakan GPS (Global Positioning System). Pemantauan deformasi gunung api dapat dilakukan secara kontinu yaitu koordinat titik-titik GPS yang dipasang di gunung api ditentukan secara berkala dalam selang waktu tertentu. Pada pengamatan deformasi gunung api Papandayan ini terdapat beberapa titik GPS yang diamati secara kontinu dalam selang waktu tertentu dimana pengamatannya dilakukan pada tahun 1998, 1999, 2001, 2002, 2003, 2005, 2008, dan 2011. Dengan menganalisis perbedaan koordinat pada setiap periode, maka karakteristik deformasi gunung api dapat ditentukan dan dianalisis.

#### 4.3 Penentuan Sumber Tekanan Magma

Aktivitas magmatik pada sumber tekanan reservoir magma merupakan penyebab adanya deformasi pada gunung api. Deformasi pada gunung api berupa inflasi dan deflasi dapat terlihat dari pola vektor pergeseran. Berdasarkan vektor pergeseran tersebut dapat ditentukan keberadaan sumber magma, bentuk dan lokasi sumber magma tersebut. Salah satu cara untuk menentukan sumber tekanan tersebut adalah dengan menggunakan model Mogi. Metoda penentuan sumber tekanan ini ditemukan oleh Kiyoo Mogi pada tahun 1958. Model Mogi merupakan solusi statis untuk menentukan medan pergeseran pada sumber tekanan *spherical* yang berada di dalam perut gunung yang merupakan bagian kerak bumi yang diasumsikan elastik. Model intrusi magma ini secara luas digunakan

untuk memprediksi pengamatan deformasi dari gunung api. Model Mogi mensimulasikan sumber tekanan yang berupa bola/ bulatan kecil yang terpancang sebuah ruang dalam gunung api yang homogen, isotropis (sifat mekanik seragam pada setiap arah) dan mempunyai faktor rasio Poisson (*Haerani, 2009*). Konsep penggunaan Mogi secara umum dapat dilihat pada gambar di bawah :



$$U_r = K \frac{D}{(F^2 + D^2)^{3/2}}$$

$$U_z = K \frac{F}{(F^2 + D^2)^{3/2}}$$

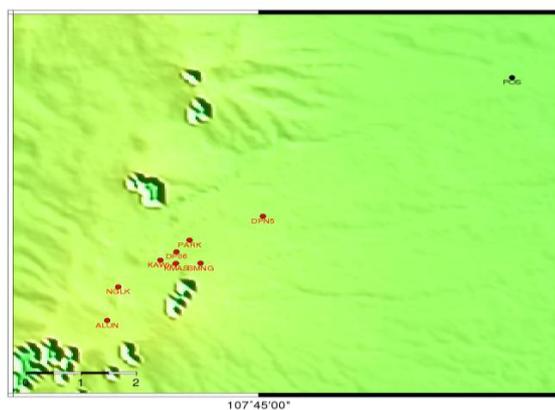
$$K = \frac{3\Delta r^3 \Delta P}{4\mu}$$

Notasi pada gambar dapat dijelaskan sebagai berikut:

- A : Lokasi titik-titik pengamatan
- N : Lokasi sumber magma
- D : Jarak lokasi sumber magma dengan titik pengamatan (meter)
- F : Kedalaman sumber magma (meter)
- $\Delta r$  : Perubahan jari-jari bola (meter)
- $U_r$  : Pergeseran horizontal (meter)
- $U_z$  : Pergeseran Vertikal (meter)
- $\mu$  : Konstanta Lamé
- $\Delta P$  : Perubahan tekanan hidrostatik pada bola magma

#### 4.4 Karakteristik data GPS Gunung api Papandayan

Gunung api Papandayan terletak di sebelah selatan kota Garut, sekitar 70 km dari kota Bandung, Jawa Barat, pada posisi geografis  $7^{\circ} 19'$  LS dan  $107^{\circ} 44'$  BT, dengan ketinggian 2.662 meter di atas permukaan laut. Pada tugas akhir ini, data GPS yang digunakan adalah data pengamatan dengan menggunakan GPS *Leica Geosystem 1200 series*, *GPS Leica Geosystem 1220 series*, *GPS Trimble 4000SSI* dan *GPS Topcon*. Terdapat 8 titik pengamatan GPS yang akan diolah yaitu BMNG, KAWH, KMAS, ALUN, PARK, DPN5, DP06, NGLK. Titik POS adalah titik yang dianggap stabil dan menjadi referensi pengukuran titik pengamatan lainnya. Untuk persebaran titik pengamatan dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 2.** Persebaran titik-titik pengamatan pada Gunung api Papandayan

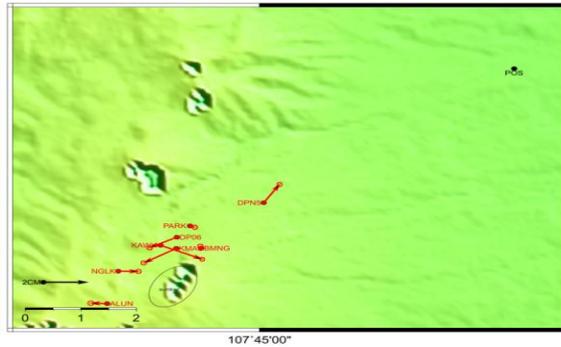
Pengamatan yang dilakukan secara periodik sebanyak 6 kala, yaitu pada bulan November 2002, Juni 2003, Agustus 2005, November 2008, Juli 2011, dan Agustus 2011.

#### 4.5 Pengolahan Data GPS Gunung api Papandayan

Pengolahan data GPS gunung api Papandayan ini menggunakan *software* Bernese 5.0. *Software* ini digunakan karena *software* ini menghasilkan koordinat geosentrik dan geodetik secara teliti beserta standar deviasinya. *Software* ini digunakan karena kemampuannya dalam mengestimasi dan mereduksi kesalahan dan bias.

**5. Analisis**

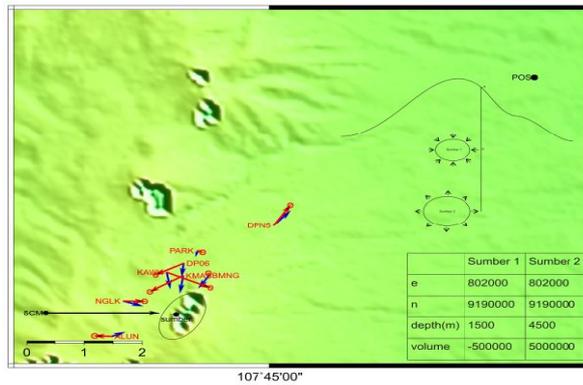
Berikut salah satu hasil vektor pergeseran titik pengamatan tahun 2003-2011



**Gambar 1.** Vektor pergeseran titik pengamatan tahun 2003-2011

Pada gambar di atas vektor pergeseran titik-titik pengamatan tidak memperlihatkan pola yang jelas. Semua titik terlihat acak arah pergeserannya. Vektor titik pengamatan tersebut membentuk arah yang berlawanan yang mengindikasikan ada dua sumber yang mempengaruhi pergeseran.

Sedangkan gambar dibawah adalah model mogi yang menerangkan sumber tekanan magma:



**Gambar 2.** Perkiraan posisi sumber magma menggunakan model mogi pengamatan 2003 – Juli 2011

Pada gambar di atas sumber tekanan berada pada posisi  $107.7354^{\circ}$  BT ,  $-7.320313^{\circ}$  LU dimana sumber tekanan pertama berada pada kedalaman 1500 m dengan volume 500000 sedangkan sumber tekanan kedua berada pada kedalaman 4500 m dengan volume 5000000. Pada sumber tekanan pertama terjadi proses deflasi dan proses inflasi terjadi pada sumber tekanan kedua.

## 6. Kesimpulan

Dari keseluruhan penelitian dan pembuatan laporan Tugas Akhir ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kecepatan pergeseran titik-titik pengamatan GPS pada Gunung api Papandayan per tahun dari tahun 2003 – 2011 berkisar dari rentang 1,3 mm/tahun – 2 cm/tahun.
2. Pada tahun 2003-2005, terdapat dua sumber magma yaitu sumber dalam dan sumber dangkal dimana di sana terjadi proses inflasi
3. Pada tahun 2005-2008 hanya satu sumber yang mempengaruhi dimana di sana terjadi proses deflasi.
4. Pada tahun 2008-Juli 2011 terdapat dua sumber magma yang mempengaruhi dimana di sana terjadi proses deflasi dan inflasi.
5. Pada Juli 2011-Agustus 2011 terdapat satu sumber magma dimana di sana terjadi proses inflasi.
6. Pada tahun 2003-Agustus 2011 terdapat dua sumber magma dimana di sana terjadi proses deflasi dan inflasi.

## 7. Saran

1. Dilakukan pengamatan GPS lebih lanjut agar titik-titik pengamatan diamati lebih dari satu kala untuk menghitung pergeseran.
2. Pembuatan dan pemeliharaan titik-titik pengamatan harus lebih ditingkatkan kualitasnya, agar memudahkan pemantauan untuk kala-kala selanjutnya.
3. Penambahan titik-titik pengamatan karena titik pengamatan yang ada sekarang belum tersebar merata.
4. Dalam pengambilan data tiap tahun, sebaiknya dilakukan oleh pihak-pihak tertentu yang konsisten agar data yang didapatkan lebih bagus.

## 8. Referensi

Abidin, Hasanuddin.Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

Andreas, Heri. 2001. *Analisis deformasi Gunung api Papandayan Memanfaatkan Parameter Baseline Hasil Survei GPS*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika.

Haerani, Nia. 2009. *Deformasi Gunung api Kelud Pasca Pembentukan Kubah Lava November 2007*. Tesis Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika.

Kusnandar, Arif. 2004. *Studi Karakteristik Deformasi Gunung api Papandayan Sebelum Letusan dan Setelah Letusan November 2002*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika.

Nugroho, Hari. 2000. *Prediksi Aliran Lahar Gunung api Menggunakan Pemodelan Spasial Dinamis Studi Kasus Letusan Gunung Galunggung Tahun 1982*. Tesis Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika.

Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. 2007. *Determinasi sumber tekanan dan analisis regangan utama di Gunung api Papandayan untuk mengetahui korelasi dengan kegempaan*. Jurnal Geologi Indonesia.

Tjetjep, Wimpy S. 2002. *Dari Gunung api Hingga Otonomi Daerah*. Yayasan Media Bhakti Tambang .

Witton, Patrick dan Mark Elliot. 2003. *Indonesia*. Lonely Planet Publications, Ltd.

Yunazwardi, Mutiara. 2010. *Analisis Deformasi Gunung api talang Berdasarkan Data Pengamatan GPS tahun 2005-2009*. Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika.