

Deformasi Gunung Guntur berdasarkan data GPS

Cecep Sulaeman, Sri Hidayati, Agoes Loeqman
Yasa Suparman, dan Devy K. Shahbana

Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi
Jln. Diponegoro 57 Bandung 40122

SARI

Penelitian dengan metoda *Global Positioning System* (GPS) di Gunung Guntur secara berkala telah dilakukan sejak tahun 1996. Berdasarkan hasil penelitian Juni 1997 sampai dengan Juni 2009, secara umum arah pergeseran horisontal titik ukur GPS ke barat laut dengan besar pergeseran antara 0,7 cm sampai dengan 7,7 cm. Estimasi sumber deformasi menunjukkan bahwa penyebab terjadinya deformasi adalah sesar normal dan sesar *oblique* mengiri. Berdasarkan nilai dilatasi dan perubahan statik stres, Gunung Guntur merupakan daerah dengan nilai dilatasi negatif dan perubahan statik stres negatif.

Kata kunci: Deformasi, sesar

ABSTRACT

GPS survey on Guntur volcano has been done since 1996 periodically. Based on position data in the period of June 1997 until June 2009, horizontal displacement generally to the northwest direction about 0.7 cm – 7.7 cm. The result of deformation source estimation showed that the source of deformation are normal fault and sinistral oblique fault. Based on dilatation value and static stress changes, the Guntur volcano is a region with negative dilatation value and decreasing static stress change.

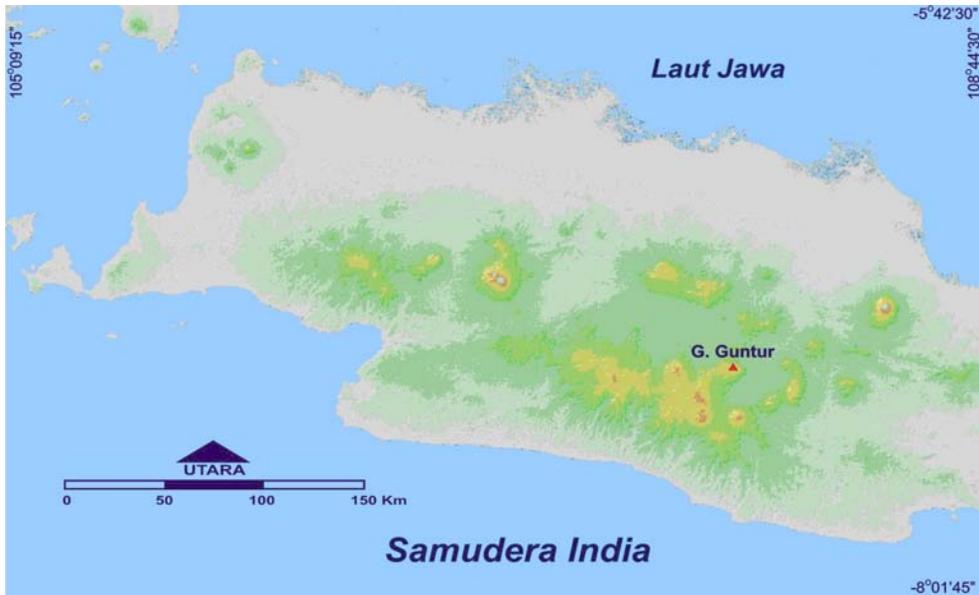
Keyword: Deformation, fault

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Gunung Guntur terletak di Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat pada posisi geografi 7°8'52,8" LS dan 107°50' 34,8" BT (Gambar 1). Sejak tahun 1600 gunung api aktif Tipe A ini tercatat sudah 22 kejadian erupsi dan telah mengakibatkan korban jiwa serta menghancurkan permukiman (Hendrasto, 2009). Erupsi terakhir tercatat pada tahun 1847, oleh karena itu sampai dengan tahun 2009, Gunung Guntur telah berada dalam fase istirahat (*dormant*) selama

162 tahun. Salah satu upaya mitigasi bencana erupsi Gunung Guntur yang dilakukan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi adalah melakukan pengamatan setiap hari dari Pos Pengamatan Gunung Api Guntur dengan metode visual dan seismik. Sedangkan penelitian dengan metode lainnya, diantaranya, geokimia dan deformasi dilakukan secara berkala. Penelitian deformasi mempergunakan beberapa metode antara lain; pengukuran beda tinggi (*leveling*), tilt, *Electronic Distance Measurement* (EDM), dan *Global Positioning System* (GPS).



Gambar 1. Lokasi Gunung Guntur di Jawa Barat.

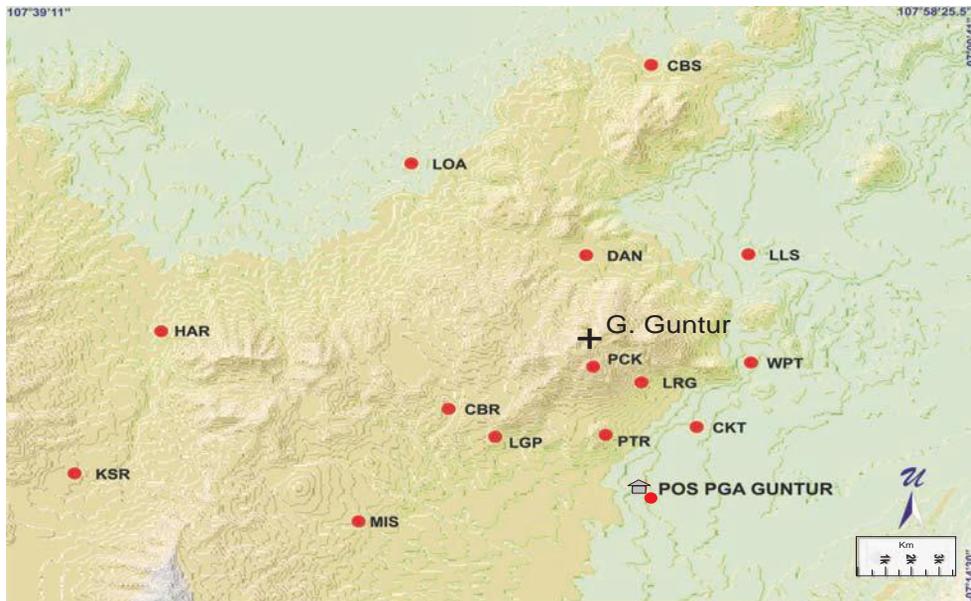
Makalah ini membahas penelitian deformasi di Gunung Guntur dengan metode GPS dengan tujuan mengungkap penyebab deformasi. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan beberapa tahapan. Tahap pertama adalah menentukan vektor pergeseran sebagai bahan estimasi sumber deformasi. Setelah sumber deformasi diperoleh dilakukan tahap kedua dengan menghitung vektor pergeseran, dilatasi dan perubahan nilai stres.

Motode Penelitian

Penelitian deformasi dengan metode GPS telah diterapkan di Gunung Guntur sejak tahun 1996 dengan pengukuran secara berkala. Dalam Juni 2009 telah dilakukan pengukuran di 15 titik ukur menggunakan *Receiver Leica System GX1220* tipe geodetic dua frekuensi. Lama pengamatan pada setiap titik ukur rata-rata 8 jam, dengan interval pengambilan

data setiap 15 detik. Sistem yang digunakan adalah survei statik dengan titik referensi yang digunakan adalah titik ukur POS. Hasil pengukuran yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Leica Geo Office (LGO)* versi 2.0.

Dalam penelitian ini data yang dianalisis adalah data dari 7 titik ukur GPS yaitu PCK, LRG, PTR, CKT, LGP, LLS, dan DAN. Sedangkan titik ukur GPS lainnya merupakan titik ukur baru yang belum dapat dianalisis deformasinya. Sejak Juni 1997 sampai dengan Juni 2009 telah dilakukan 12 kali pengukuran GPS, masing-masing pada Juni 1997, Maret 1998, Oktober 1998, September 1999, Februari 2000, Agustus 2002, Januari 2003, April 2003, Juni 2003, awal Februari 2006, akhir Februari 2006, dan Juni 2009 (gambar 2). Kecuali penelitian GPS yang dilakukan kali ini, penelitian GPS sebelumnya dilakukan bersama dengan Tim Teknik Geodesi ITB.



Gambar 2. Lokasi titik ukur GPS di Gunung Guntur dan sekitarnya.

Komponen vektor pergeseran u , v , dan w di masing-masing titik ukur diperoleh secara grafis. Komponen posisi (*easting*, *northing* dan tinggi elipsoid) di setiap titik ukur diplot terhadap periode pengukuran mulai Juni 1997 sampai dengan Juni 2009, sehingga nilai u , v , dan w diperoleh dari kemiringan grafik tersebut. Komponen vektor pergeseran u , v , dan w masing-masing adalah nilai perubahan komponen posisi.

Data vektor pergeseran horisontal selanjutnya dipakai untuk mengestimasi sumber deformasi. Model sumber deformasi yang dipakai adalah model segi empat (Okada, 1992). Model ini menerangkan hubungan antara pergeseran sistem sesar dengan pergeseran yang terjadi di permukaan dengan mengasumsikan kerak bumi isotropik dan elastik. Setelah diperoleh parameter sumber deformasi yang meliputi posisi, ukuran, arah, kemiringan dan

slip vektor selanjutnya dihitung pergeseran di permukaan, dilatasi, dan perubahan stres Coulomb. Semua proses estimasi tersebut memanfaatkan *software* Coulomb 3.1 (Toda drr., 2008). Dalam estimasi ini parameter input yang dipakai adalah perbandingan Poisson $\nu = 0,25$, Modulus Young $E = 800000$ bar, koefisien friksi $\mu = 0,4$.

Dilatasi merupakan perubahan ukuran yang nilainya dihitung dari penjumlahan nilai komponen strain normal ϵ_{xx} , ϵ_{yy} , dan ϵ_{zz} . Strain dapat didefinisikan sebagai gradien spasial dari vektor pergeseran. Untuk isotropik elastik padat, stres σ adalah fungsi linier dari strain ϵ , sesuai dengan hukum Hooke (Lisowski, dalam Dzurisin, 2007), yang dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{ij} = \lambda \epsilon_{aa} \delta_{ij} + 2G \epsilon_{ij} \quad (1)$$

dimana ϵ_{aa} = dilatasi, $\delta_{ij} = 1$ untuk $i = j$ atau nol bila tidak, dan $\sigma_{yx} = \sigma_{xy}$, $\sigma_{zx} = \sigma_{xz}$, $\sigma_{zy} = \sigma_{yz}$

Model stres coulomb menjelaskan hubungan antara kondisi batuan yang akan mengalami *failure* dengan besarnya stres normal dan stres geser. Dalam studi ini dihitung perubahan statistik stres coulomb di atas sesar dengan persamaan berikut (King dr., 1994):

$$\sigma_r^L = \tau_3^1 + \mu' \sigma_{33} \quad (2)$$

dengan τ_3^1 adalah perubahan stres geser, σ_{33} adalah perubahan stres normal, dan μ' adalah koefisien efektif friksi.

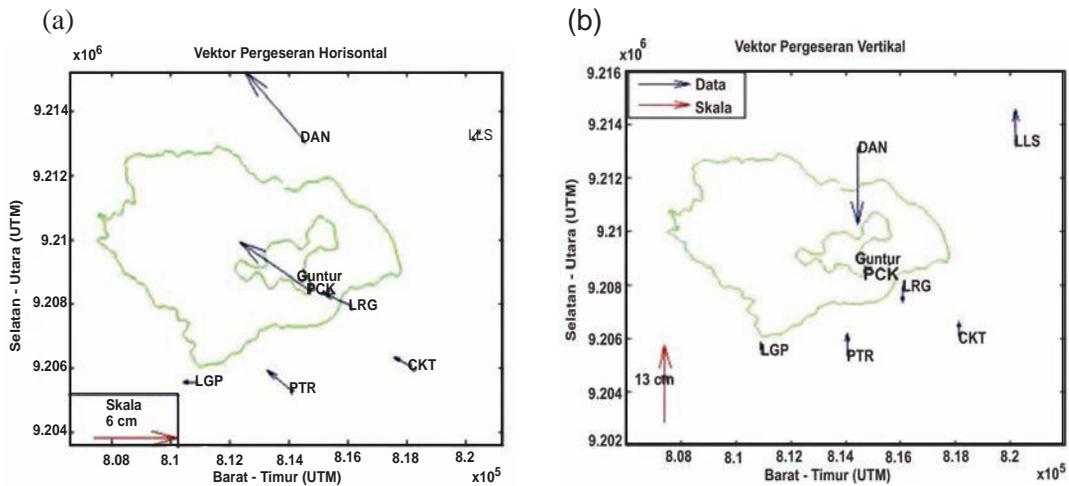
DEFORMASI GUNUNG GUNTUR

Secara umum arah pergeseran horisontal titik ukur GPS di Gunung Guntur ke baratlaut kecuali titik ukur LLS, arahnya ke timurlaut (Gambar 3). Nilai pergeseran terkecil di LLS sebesar 0,7 cm dan terbesar di DAN sebesar 7,7 cm. Secara vertikal titik ukur GPS umumnya naik, nilai terkecil tercatat di PCK sebesar 0,6 cm dan terbesar di LLS sebesar 6,0 cm. Sedangkan titik ukur yang turun terjadi di

DAN dan LRG masing-masing 13,0 cm dan 2,7 cm.

Hasil estimasi sumber deformasi menunjukkan, terdapat dua sumber yang mengakibatkan pergeseran di permukaan yang mirip dengan data yang berlokasi di Gunung Guntur dan di baratlaut puncak (Gambar 4). Parameter sumber deformasi diperlihatkan pada Tabel 1. Sumber 1 yang berlokasi di Gunung Guntur merupakan sesar normal dan Sumber 2 yang berlokasi di baratlaut Gunung Guntur merupakan sesar *oblique* mengiri.

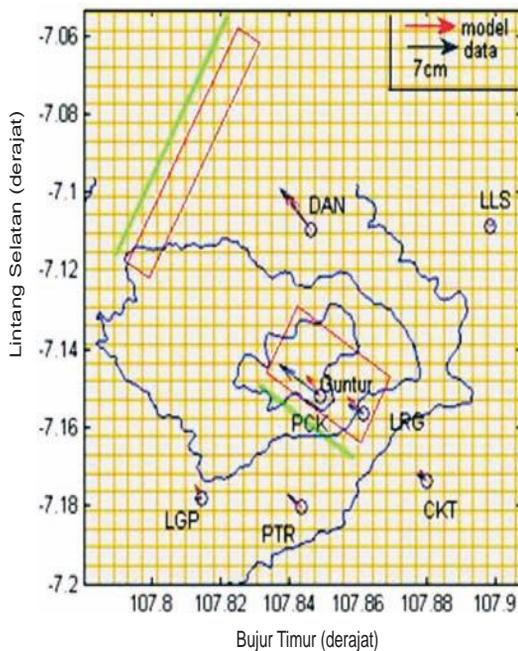
Hasil perhitungan vektor pergeseran horisontal dan vertikal yang diakibatkan oleh dua sumber tersebut pada tiap titik grid dengan jarak 500 m diperlihatkan pada Gambar 5. Arah pergeseran horisontal ke baratlaut kemudian belok ke timurlaut mengikuti arah Sumber 2. Di baratlaut, arah pergeseran menuju Sumber 2 kemudian berbelok ke arah baratdaya. Berdasarkan model ini, besar vektor perge-



Gambar 3. (a) Vektor Pergeseran horisontal, dan (b) pergeseran vertikal di Gunung Guntur Periode Juni 1997 – Juni 2009.

Tabel 1. Parameter Sumber Deformasi

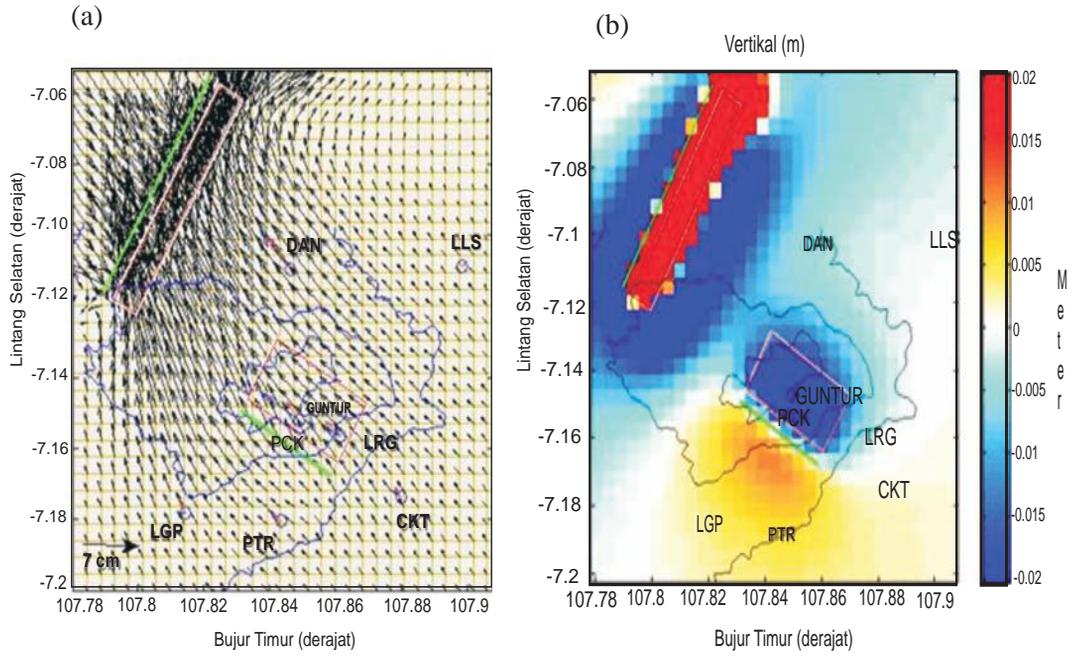
Parameter	Sumber 1 (Gunung Guntur)	Sumber 2 (Baratlaut Gunung Guntur)
Posisi	107.86 ⁰ – 107.83 ⁰ BT dan 7.16 ⁰ – 7.15 ⁰ LS	107.79 ⁰ – 107.83 ⁰ BT dan 7.12 ⁰ – 7.06 ⁰ LS
Kedalaman	0,85 – 4,59 km	0,40 – 1,14 km
Panjang	3,85 km	7,45 km
Lebar	4,28	1,15 km
Jurus	301 ⁰	31 ⁰
Kemiringan	61 ⁰	40 ⁰
Slip normal	0,09 m	-
Slip naik	-	1,10 m
Slip geser kiri	-	1,00 m



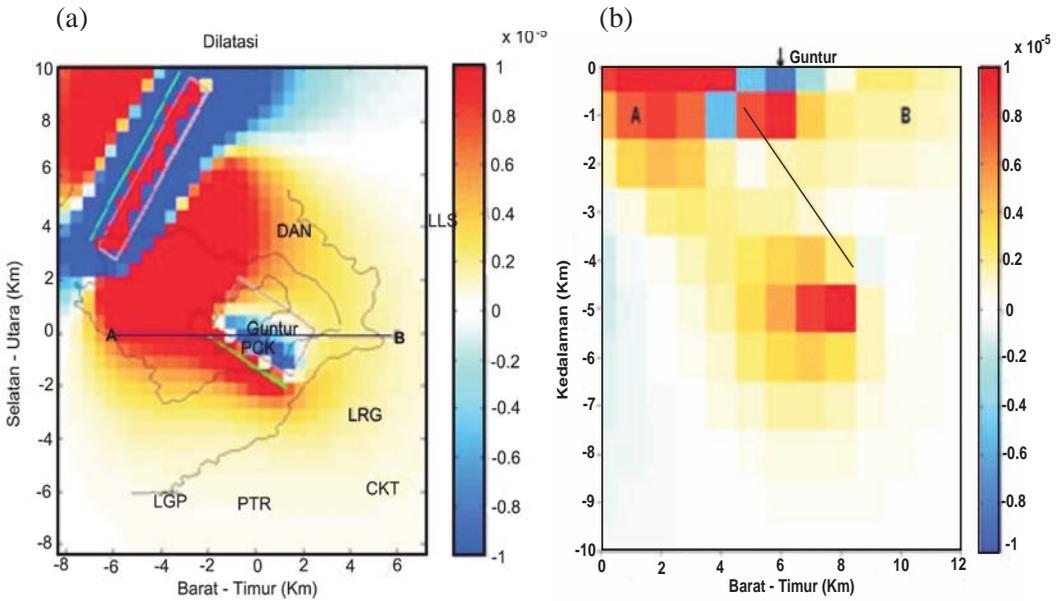
Gambar 4. Sumber deformasi dan pergeseran horizontal yang ditimbulkannya. Garis warna hijau adalah proyeksi posisi sumber di permukaan.

seran horizontal di Gunung Guntur tercatat 7 cm lebih kecil dibanding dengan di barat laut yang mencapai 9 cm. Secara vertikal, puncak Gunung Guntur dan sebelah timurlaut dari puncak merupakan daerah turun sedangkan di baratdaya dan selatan puncak merupakan daerah naik. Lokasi Sumber 2 merupakan daerah naik yang dikelilingi dengan daerah turun.

Secara horizontal, Puncak Guntur merupakan daerah dengan nilai dilatasi negatif (kompresi), sedangkan di sebelah barat puncak, sepanjang Sumber 2, dan di barat laut merupakan daerah dengan nilai dilatasi positif maksimum (ekstensi), seperti diperlihatkan pada Gambar 6a. Secara vertikal, di bagian bawah Puncak Guntur terdapat nilai dilatasi positif maksimum, yaitu pada kedalaman 1 km dan 5 km (Gambar 6b).

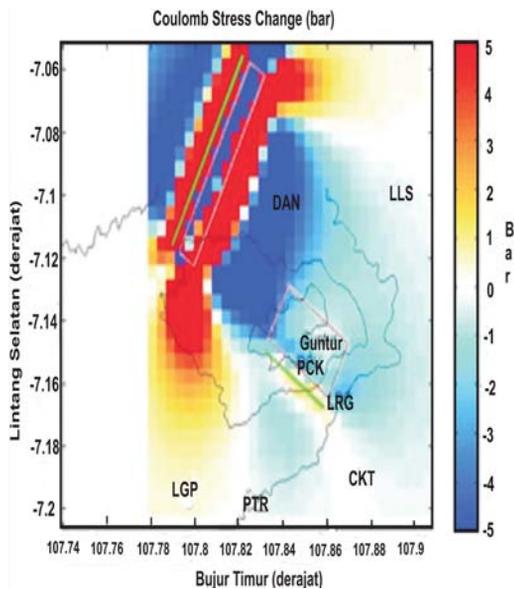


Gambar 5. (a) Vektor pergeseran horisontal, dan (b) Vektor pergeseran vertikal.



Gambar 6. (a) Dilatasi secara horisontal, dan (b) Penampang dilatasi.

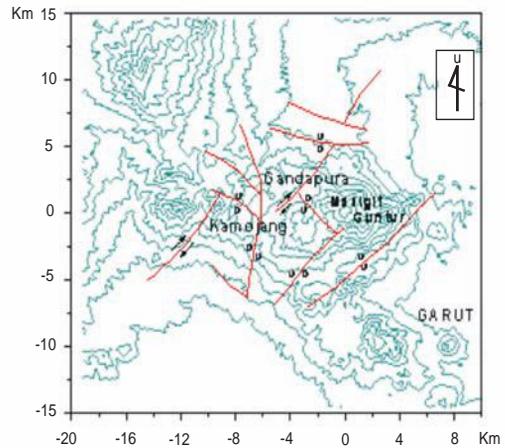
Perubahan statik stres Coulomb terlihat turun dengan nilai 0 – 1 bar diperoleh di Gunung Guntur, sedangkan daerah dengan nilai perubahan statik stres coulomb naik terlihat di pinggir sepanjang Sumber 2 (sesar oblique) dengan nilai mencapai 4 bar (gambar 7).



Gambar 7. Perubahan statik stres coulomb.

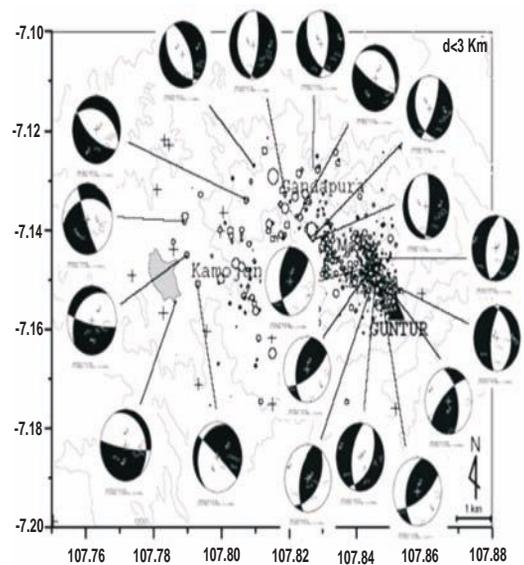
PEMBAHASAN

Berdasarkan pola pergeseran dan hasil estimasi sumber deformasi segi empat (Okada, 1992), deformasi yang terjadi di Gunung Guntur dan sekitarnya diduga disebabkan oleh aktifitas sesar. Pola pergeseran tidak memperlihatkan indikasi yang disebabkan oleh desakan magma seperti inflasi atau deflasi. Jenis dan arah sesar hasil estimasi tersebut sesuai dengan data geologi, yaitu sesar normal yang melintasi Gunung Guntur dan sesar geser di sebelah barat Gunung Guntur yang memanjang dari Kamojang sampai Gunung Malang, seperti diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur sesar di Gunung Guntur dan sekitarnya (Alzwar drr., 1992).

Begitu pula bila dibandingkan dengan data seismik, mekanisme fokus gempa *volcano-tectonic* pada kedalaman kurang dari 3 km di bawah Gunung Guntur dominan sesar normal (Sadikin drr., 2007), seperti diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Mekanisme fokus Gempa *volcano - tectonic* (Sadikin drr., 2007).

Berdasarkan keberadaan sesar tersebut, maka area sebelah barat laut Gunung Guntur, yaitu sepanjang sesar geser yang berarah barat-daya-timurlaut merupakan daerah yang lebih berbahaya dibanding dengan area melintasi puncak Gunung Guntur, karena area tersebut mengalami ekstensi dan perubahan tekanan yang tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil survei GPS sejak Juni 1997 sampai dengan Juni 2009 diperoleh besar deformasi di Gunung Guntur berkisar antara 0,7 – 7,7 cm arah horisontal, sedangkan arah vertikal sebesar 0,6 – 13,0 cm dengan pola arah vektor pergeseran horisontal ke barat laut.

Hasil estimasi dengan menggunakan model sumber deformasi segi empat (Okada, 1992), diperoleh kesimpulan bahwa penyebab deformasi adalah sesar normal di Gunung Guntur dan sesar *oblique* mengiri di sebelah barat laut Gunung Guntur.

Berdasarkan nilai dilatasi, Gunung Guntur merupakan daerah dengan nilai dilatasi negatif. Begitu juga perubahan statik stres coulomb di Gunung Guntur adalah turun (negatif). Perubahan statik stres yang naik terjadi di barat laut Gunung Guntur, yaitu di pinggir sepanjang sesar *oblique* mengiri.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pimpinan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Badan Geologi yang telah membiayai penelitian ini dan mengizinkan kami mempergunakan data dari penelitian sebelumnya yang dilaksanakan atas kerjasama antara Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi dan Kelompok Keilmuan Geodesi ITB. Pelaksanaan penelitian ini dibantu oleh Pengamat Gunung Api, Gunung Guntur. Untuk itu tidak lupa kami mengucapkan terima kasih.

ACUAN

- Alzwar M., Akbar, N., dan Bachri, S., 1992, Peta Geologi Lembar Garut dan Pameungpeuk, Jawa. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Hendrasto, M., 2009, Guntur, Jawa Barat. [Http://portal.vsi.esdm.go.id/joomla/index.php](http://portal.vsi.esdm.go.id/joomla/index.php).
- Lisowski, M., 2007, Analytical Volcano Deformation Source Models. Di dalam: Dzurisin D., Volcano Deformation. Springer-Verlag, Berlin, p. 279-304.
- Okada, Y., 1992, Internal Deformation Due to Shear and tensile Fault in a Half-Space, Bulletin of The Seismological Society of America, No.82, p. 1018 - 1040.
- Sadikin N.drr, 2007, Indonesian Journal of Physics, Vol. 18, No.1.
- Toda, S., Stein, R., dan Lin, J., 2008, Coulomb 3.1. [Http://quake.wr.usgs.gov/research/deformation/modeling/coulomb](http://quake.wr.usgs.gov/research/deformation/modeling/coulomb).