

# Pendugaan Struktur Bawah Permukaan 2½ Dimensi di Kawasan Gunungapi Kelud Berdasarkan Survei Gravitasi

M. Rahman<sup>1)\*</sup>, Sunaryo<sup>2)</sup>, Adi Susilo<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Magister Ilmu Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

<sup>2)</sup> Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Brawijaya, Malang.

Diterima 17 Januari 2014, direvisi 01 April 2014

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai struktur bawah permukaan di kawasan Gunungapi Kelud berdasarkan survei gravitasi. Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2012 - Mei 2013 di kawasan Gunungapi Kelud yang meliputi Blitar, Kediri, Wlingi, dan Ngantang. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur bawah permukaan Gunungapi Kelud dan komposisi batuan penyusunnya. Pada penelitian ini alat yang digunakan adalah Gravimeter *LaCoste & Romberg* tipe G-1053. Analisis data dilakukan dengan melakukan: perhitungan koreksi anomali Bouguer, reduksi bidang datar serta pemisahan anomali regional dan anomali sisa dengan metode *polynomial fitting*. Interpretasi dilakukan pada tiga penampang, yaitu AB, CD, dan EF. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa pada penampang AB nilai  $\rho$  untuk batuan andesit, lava, basalt dan pasir adalah 2,61 gr/cm<sup>3</sup>, 3,1 gr/cm<sup>3</sup>, 2,99 gr/cm<sup>3</sup> dan 1,61 gr/cm<sup>3</sup>. Pada penampang CD nilai  $\rho$  untuk batuan andesit dan sedimen adalah 2,5 gr/cm<sup>3</sup> dan 2,38 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan pada penampang EF nilai  $\rho$  untuk batuan basalt, pasir, dan sedimen adalah 2,85 gr/cm<sup>3</sup>, 1,6 gr/cm<sup>3</sup>, dan 2,4 gr/cm<sup>3</sup>. Dari hasil pemodelan terlihat bahwa batuan basalt dan andesit merupakan batuan dominan di kawasan Gunungapi Kelud.

**Kata kunci :** Gunungapi Kelud, struktur bawah permukaan, densitas, gravitasi, anomali.

## ABSTRACT

The research in the area around Kelud Volcano based on gravity survey has been conducted in order to determine subsurface structure and constituent composition. The research was done in July 2012 - May 2013 in the area around Kelud Volcano covered Blitar, Kediri, Wlingi, and Ngantang. In this research the equipment that been used is gravimeter Lacoste & Romberg type G-105. Analysis of data from field measurements performed with the followed step: calculated the correction of Bouguer anomaly, projected to the flat plane and separated regional anomaly and residual anomaly with polynomial fitting method. Interpretation was performed on three cross sections: section AB, CD, and EF. For results of cross-section AB, the values of  $\rho$  for andesite, lava, basalt and sandstone are 2,61 gr/cm<sup>3</sup>, 3,1 gr/cm<sup>3</sup>, 2,99 gr/cm<sup>3</sup> and 1,61 gr/cm<sup>3</sup> respectively. For cross-section CD, the values of  $\rho$  for andesite and sediment are 2,5 gr/cm<sup>3</sup> and 2,38 gr/cm<sup>3</sup>. For cross-section EF, the values of  $\rho$  for basalt, sandstone, and sediment are 2,85 gr/cm<sup>3</sup>, 1,6 gr/cm<sup>3</sup>, and 2,4 gr/cm<sup>3</sup>. From the results of models shows that basalt and andesite rocks is dominant in the region of Kelud Volcano.

**Keywords :** Kelud volcano, subsurface structure, density, gravity, anomaly.

## PENDAHULUAN

Gunungapi Kelud merupakan salah satu gunungapi yang terletak di Pulau Jawa. Secara

administratif Gunungapi Kelud terletak di Kabupaten Kediri, Blitar, dan Malang, Provinsi Jawa Timur, sedangkan secara geografis terletak pada 7° 56' LS dan 112° 18' 30" BT dengan ketinggian puncak 1731 m di atas permukaan laut. Gunungapi ini berbentuk strato yang diklasifikasikan sebagai gunungapi aktif tipe A bersifat freato-magmatik sampai

-----  
\*Corresponding author :  
E-mail: rahmanrahman2213@gmail.com

magmatik [1].

Secara morfologis, Gunungapi Kelud ditandai oleh keberadaan bekas kawah. Hal ini mencirikan bahwa telah terjadi erupsi secara berulang dan bersifat eksplosif serta telah teridentifikasi sebuah danau kawah pada ketinggian  $\pm 1200$  m yang terbuka ke arah Barat, dan diyakini sebagai bekas kaldera letusan yang telah terisi air, serta teramati masih menunjukkan aktivitas vulkanisme [1].

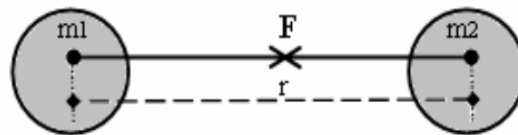
Kegiatan Gunungapi Kelud yang tercatat dalam sejarah sejak tahun 1000 sebagian besar berupa letusan bersifat eksplosif yang berpusat di danau kawah. Ketika terjadi peningkatan kegiatan kegempaan yang sangat kuat pada akhir 2007, diduga bahwa letusan yang akan terjadi merupakan letusan besar yang eksplosif sebagaimana yang terjadi pada tahun 1990. Namun, peningkatan kegempaan dalam kurun waktu yang relatif lama ini tidak berakhir dengan letusan eksplosif, tetapi efusif dengan pembentukan kubah lava di danau kawah. Ini adalah fenomena baru bagi Gunungapi Kelud [2].

Berbagai penelitian telah dilakukan di Gunungapi Kelud dengan berbagai metode. Salah satu metode yang pernah dilakukan di Gunungapi Kelud adalah menggunakan metode gravitasi yang dilakukan oleh Koesuma pada tahun 2001. Hasil yang didapat dalam penelitian ini adalah terdapatnya batuan andesit dengan densitas  $2,8 \text{ gr/cm}^3$  pada kedalaman 1100 meter dibawah spheroid acuan (*reference spheroid*) sampai 800 meter diatas spheroid acuan dan diatas batuan ini terdapat batuan sedimen dengan densitas  $2,1 \text{ gr/cm}^3$  [3].

Metode *gravity* adalah suatu metode penyelidikan geofisika yang berdasarkan pada perbedaan medan *gravity* akibat perbedaan rapat massa batuan penyusun bawah permukaan bumi. Besaran fisis yang diukur dalam metode *gravity* adalah percepatan gravitasi bumi. Data percepatan *gravity* yang didapat selama pengukuran diolah menjadi anomali percepatan gravitasi bumi. Dari hasil pengolahan data tersebut dapat diketahui perbedaan rapat massa batuan, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk menentukan struktur geologi bawah.

Teori gaya berat (*gravity*) didasarkan pada hukum Newton tentang gaya berat. Hukum gaya berat Newton yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik antara dua buah benda

adalah sebanding dengan massa kedua benda tersebut dan berbanding terbalik dengan jarak kuadrat antara pusat massa kedua benda tersebut. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 1 [4].



Gambar 1. Gaya tarik menarik antara dua buah benda.

Hukum umum gaya berat Newton menyatakan bahwa:

$$F = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2} \quad (1)$$

Dimana, konstanta gaya berat ( $G$ )  $6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$ . Sedangkan hukum Newton lainnya mengenai gerak menyatakan bahwa gaya ( $F$ ) merupakan perkalian antara massa dengan percepatan. Hukum kedua Newton mengenai gerak, yaitu

$$F = m \times a \quad (2)$$

Dari persamaan (1) dan (2) maka didapatkan:

$$g = G \frac{M}{R^2} \quad (3)$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa besarnya percepatan gravitasi yang disebabkan oleh gaya berat di bumi ( $g$ ) adalah berbanding lurus dengan massa bumi ( $M$ ) dan berbanding terbalik dengan kuadrat jari-jari ( $R$ ) bumi. Dalam teori, nilai gaya berat bumi besarnya sama diseluruh permukaan bumi. Dalam kenyataannya nilai gaya berat bervariasi disetiap tempat karena bentuk bumi pepat, akibat rotasi bumi, bentuk topografi permukaan bumi yang tidak teratur serta distribusi massa yang bervariasi terutama didekat permukaan.

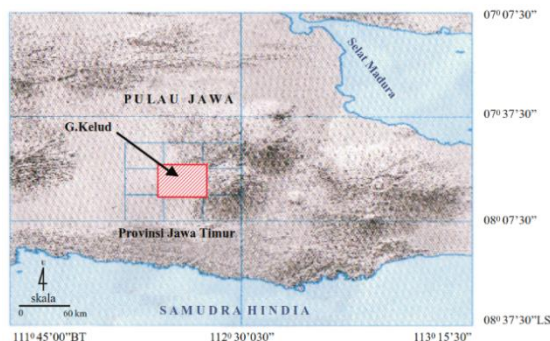
Selain itu, rapat massa merupakan hal yang sangat penting dalam pengukuran nilai gaya berat (*gravity*). Apabila dicari hubungan antara besar percepatan gravitasi dengan rapat massa, maka didapat rumusan sebagai berikut,

$$g \approx \frac{\rho v}{R^2} \quad (4)$$

Dari persamaan (4) diatas terlihat nilai medan gaya berat berbanding lurus dengan rapat massa. Oleh karenanya sangat penting mengetahui nilai rapat massa pada batuan di sekitar titik observasi.

## METODE PENELITIAN

Pengambilan data gaya berat dilakukan pada tanggal 1 Juli 2012 di daerah Blitar-Puncak Kelud, tanggal 11 Agustus 2012 di pos pengamatan Gunungapi Kelud dan mengarah ke daerah Kediri, tanggal 12 Agustus 2012 di pos pengamatan Gunungapi Kelud dan mengarah ke daerah Blitar, tanggal 13 Agustus 2012 di daerah Ngantang dan tanggal 10 Mei 2013 di daerah Wlingi. Jumlah titik pengambilan data sebanyak 203 titik. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

Sebelum dilakukan pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan *survey* lapangan, hal ini untuk memudahkan saat pengambilan data, yaitu dengan menentukan titik-titik pengukuran. Tahap selanjutnya adalah pengambilan data berupa letak lintang dan bujur, ketinggian, pembacaan alat dan waktu pengambilan data. Sebelum pengambilan data ditentukan dahulu lokasi titik acuan (*base station*). Lokasi titik acuan harus berupa titik atau tempat yang stabil atau mudah dijangkau. Penentuan titik acuan sangat penting, karena pengambilan data lapangan harus dilakukan secara *looping*, yaitu dimulai dari titik acuan yang telah ditentukan, dan berakhir pada titik tersebut. Tujuan dari sistem *looping* ini untuk menentukan nilai koreksi apungan (*drift*) sebagai koreksi dimana terjadi penyimpangan pembacaan nilai gravitasi. Titik acuan perlu diikatkan terlebih dahulu pada titik ikat yang sudah diketahui nilai mutlakannya. Data yang didapatkan belum dalam satuan gaya berat (mGal) dan dipengaruhi oleh efek luar, sehingga dilakukan beberapa koreksi terhadapnya. Kemudian dibuat kontur anomali

dari data gaya berat yang telah terkoreksi. Setelah itu dilakukan interpretasi.

Tahapan selanjutnya setelah data anomali Bouguer lengkap didapatkan adalah reduksi ke bidang datar dengan metode dampney. Hal ini dilakukan karena data penelitian masih terpapar pada topografi, yaitu terletak pada titik-titik yang tidak teratur dengan ketinggian yang bervariasi. Hal ini dapat menimbulkan kesulitan dalam interpretasi. Agar bisa diinterpretasi lebih lanjut secara kuantitatif, maka anomali tersebut perlu diproyeksikan ke bidang datar [5].

Tahapan selanjutnya setelah data diproyeksikan ke bidang datar adalah pemisahan anomali regional dan sisa. Metode yang digunakan untuk memisahkan anomali regional dan sisa adalah *polynomial fitting*.

Tujuan dilakukannya metode *polynomial fitting* adalah untuk mendapatkan anomali residu yang terdapat pada nilai gravitasi area sasaran dimana anomali ini tidak begitu menonjol pada peta anomali Bouguernya. Penurunan matematisnya dilakukan oleh Abdelrahman [6] dimana metode ini telah berhasil diujikan pada data anomali Bouguer lengkap kubah garam Abu Roash yang terletak di sebelah Barat Kairo, Mesir [7].

Setelah didapatkan anomali sisa dilakukan interpretasi kualitatif dan kuantitatif. Pemodelan 2½ dimensi didasarkan pada interpretasi kuantitatif dan didukung oleh peta geologi, peta topografi, stratigrafi daerah penelitian dan pendukung lainnya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

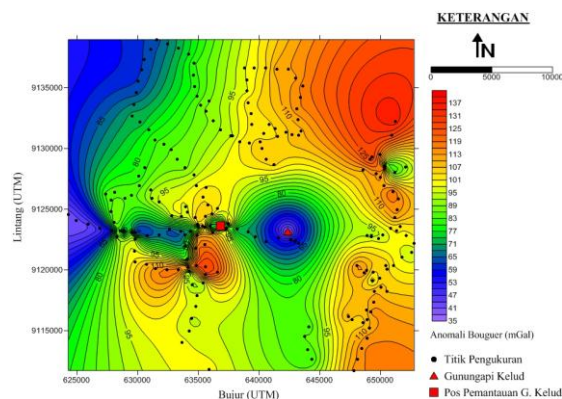
Dari hasil pengolahan data *gravity* di daerah Gunungapi Kelud diperoleh hasil penggambaran pola anomali Bouguer lengkap. Dalam perhitungannya nilai anomali Bouguer dipengaruhi oleh nilai gaya berat observasi, nilai gaya berat normal, koreksi udara bebas, koreksi terrain dan koreksi Bouguer. Anomali Bouguer dihitung dengan persamaan (5) berikut [8]

$$g_B = g_{obs} - g_t + (\Delta g_L + \Delta g_{FA} - \Delta g_B + \Delta g_T) \quad (5)$$

Kemudian nilai anomali Bouguer lengkap dipetakan kedalam kontur dengan *software* Surfer 11 (Gambar 3).

Gambar 3 menunjukkan anomali Bouguer

lengkap daerah penelitian dengan sebaran anomali berkisar antara 35 sampai 137 mGal. Jumlah titik pengukuran sebanyak 203 titik dengan interval jarak antara dua titik ukur 1 kilometer. Pada daerah Gunungapi Kelud terdapat anomali yang sangat rendah yaitu berkisar antara 35 sampai 41 mGal hal ini dikarenakan batuan penyusun di bawah permukaan merupakan batuan yang memiliki densitas kecil.



Gambar 3. Kontur anomali Bouguer lengkap

**Reduksi bidang datar.** Data anomali Bouguer lengkap (Gambar 3) masih terpapar pada topografi, yaitu terletak pada titik-titik yang tidak teratur dengan ketinggian yang bervariasi. Hal ini dapat menimbulkan kesulitan dalam interpretasi. Agar bisa diinterpretasi lebih lanjut secara kuantitatif, peta anomali tersebut perlu diproyeksikan ke bidang datar dengan kedalaman tertentu. Dalam penelitian ini digunakan metode *Dampney*.

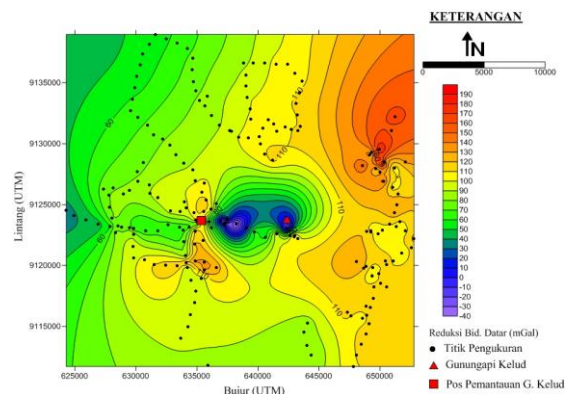
Penentuan kedalaman massa ekuivalen dalam penelitian ini didasarkan pada kesimpulan dari percobaan yang dilakukan oleh *Dampney* tentang kedalaman optimum dari massa ekuivalen. Dalam kesimpulannya *Dampney* [9] menyatakan bahwa kedalaman optimum dari massa ekuivalen harus memenuhi persamaan (6).

$$g_z(x, y, z) = G \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\rho(\alpha, \beta, h)(h-z) d\alpha d\beta}{\{(x-\alpha)^2 + (y-\beta)^2 + (z-h)^2\}^{3/2}} \quad (6)$$

Persamaan tersebut dijadikan algoritma pemrograman yang dijalankan dengan perangkat lunak Matlab.

Pada penelitian ini didapatkan kedalaman sumber titik massa ekuivalen adalah 1200 meter di bawah sferioda acuan dan dihitung responnya pada ketinggian 480 meter di atas sferioda acuan. kontur anomali Bouguer lengkap yang

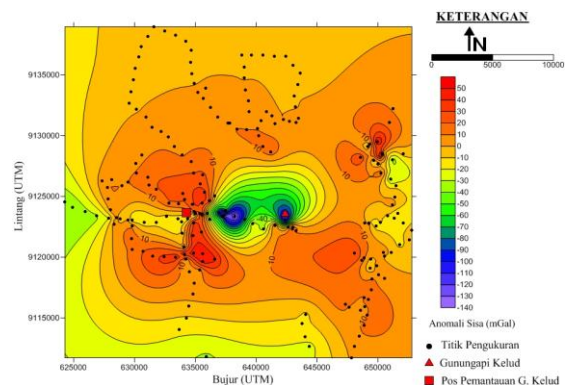
telah direduksi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kontur anomali Bouguer lengkap setelah direduksi

### Pemisahan Anomali Regional dan Sisa.

Sebelum dilakukan tahapan yang lebih lanjut yaitu pemodelan maka perlu dilakukan pemisahan anomali regional dan sisa. Anomali Bouguer lengkap hasil reduksi bidang datar di atas merupakan campuran antara anomali sisa dan regional. Tujuan dilakukannya pemisahan adalah untuk mendapatkan anomali residu yang terdapat pada nilai gravitasi area sasaran dimana anomali ini tidak begitu menonjol pada peta anomali Bouguernya.

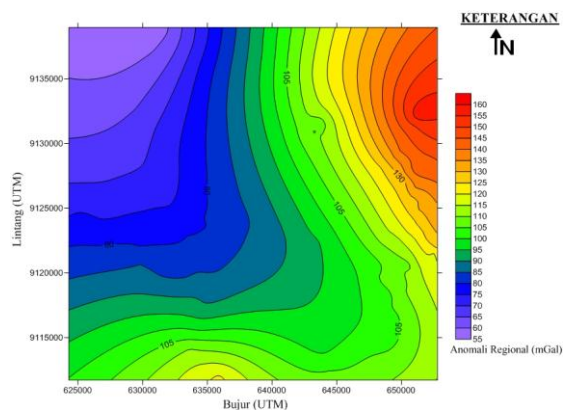


Gambar 5. Kontur anomali sisa orde dua.

Metode yang digunakan untuk memisahkan anomali regional dan sisa dalam penelitian ini adalah *polynomial fitting* orde 2 menggunakan program komputasi Matlab [10]. Dengan metode pencocokan *polynomial fitting* orde 2 didapatkan kontur anomali sisa dan regional seperti yang terlihat pada Gambar 5 dan Gambar 6 dimana anomali sisa didapat dari hasil pengurangan data anomali regional terhadap data anomali reduksi ke bidang datar.

### Interpretasi kuantitatif. Interpretasi

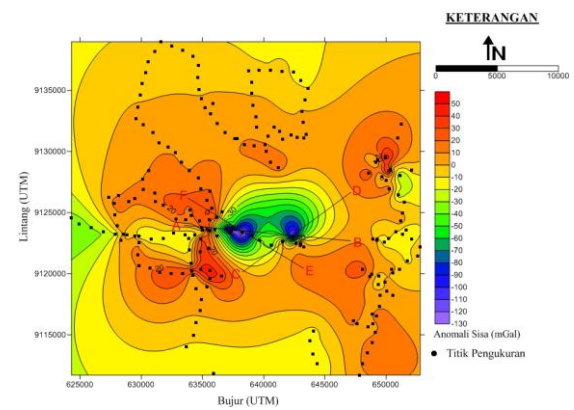
kuantitatif dengan menerapkan metode langsung (*forward method*) untuk menentukan model dengan memperkirakan distribusi massa yang dianggap berhubungan dengan struktur sederhana penyebab anomali dan parameter-parameter struktur diatur sedemikian hingga anomali terhitung atau model sesuai dengan anomali terukur. Dengan metode ini ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan, yaitu pengaturan bentuk tubuh sumber, perhitungan anomali dan perbandingan nilai anomali model dan anomali terukur sehingga diperoleh ralat terkecil [11].



Gambar 6. Kontur anomali regional orde dua

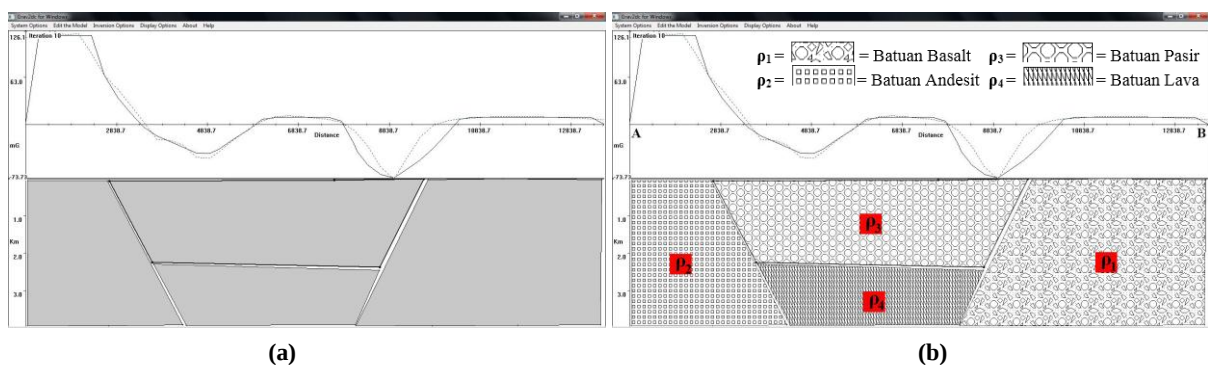
Data masukan program *Grav2D* berupa nilai jarak lintasan (dalam meter) dan nilai anomali pengamatan. Bentuk model tersebut tergambar sebagai anomali pengamatan, sedangkan penampang hasil pemodelan geologi digambarkan sebagai anomali perhitungan. Pada penelitian ini dibuat tiga penampang yaitu penampang AB, penampang CD, dan penampang EF. Penampang AB, CD, dan EF dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.

Interpretasi kuantitatif dilakukan berdasarkan hasil penafsiran kualitatif sehingga dapat menentukan bagian-bagian penampang anomali yang menarik untuk diperkirakan struktur geologi bawah permukaannya. Namun dalam interpretasi kuantitatif ini terdapat ambiguitas karena beragam model yang dapat dihasilkan, disebabkan oleh adanya parameter rapat massa, geometri dan kedalaman yang tidak pasti. Sehingga diperlukan data pendukung berupa data geologi daerah penelitian, data bor, data rapat massa batuan dan data geofisika lainnya.

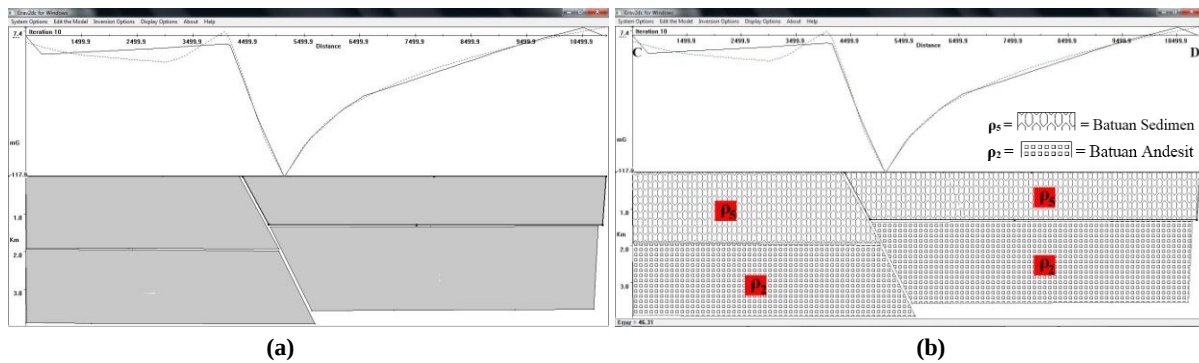


Gambar 7. Penampang AB, CD, dan EF

**Interpretasi kuantitatif anomali sisa penampang AB.** Penampang kuantitatif anomali sisa lintasan AB diambil berdasarkan hasil penafsiran kualitatif pola kontur anomali, dimana pada penampang AB memotong beberapa tinggian dan rendahan anomali dengan nilai tertinggi 22,954 mGal dan yang terendah yaitu -120,573 mGal serta memotong daerah Gunungapi Kelud. Model dan penampang batuan sayatan AB dapat dilihat pada Gambar 8a dan Gambar 8b.



Gambar 8. Pemodelan sayatan AB (a) dan Penampang lapisan batuan AB (b)



**Gambar 9.** Pemodelan sayatan CD (a) dan Penampang batuan CD (b)

Berdasarkan Gambar 8b dapat diketahui bahwa nilai  $\rho_1 = 2,80 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan basalt. Nilai  $\rho_2 = 2,61 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan andesit. Nilai  $\rho_3 = 1,61 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan pasir (rombakan produk gunungapi). Nilai  $\rho_4 = 3,10 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan lava.

Hasil pemodelan di atas menunjukkan sebaran jenis batuan yang ada di daerah penelitian, terlihat beberapa jenis batuan tersebar merata didaerah penelitian dengan batuan lava berada di bagian tengah daerah penelitian. Batuan lava ini diduga merupakan suplai lava dari Gunung Lirang ke kawah Gunungapi Kelud [12]. Batuan lava ini masih tertutup oleh batuan pasir yang begitu tebal dimana batuan pasir ini mempunyai kedalaman 2 km. Di bagian kanan dan kiri daerah penelitian terdapat batuan basalt dan andesit dengan densitas masing-masing yaitu  $2,80 \text{ gr/cm}^3$  dan  $2,61 \text{ gr/cm}^3$ . Hal ini sesuai dengan penelitian [12] yang menyatakan bahwa geologi Gunungapi Kelud didominasi oleh batuan basalt dan andesit.

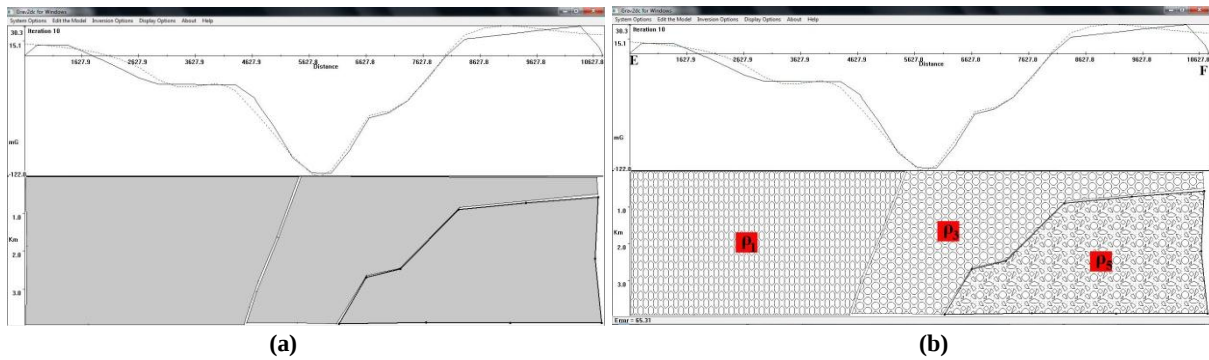
**Interpretasi kuantitatif anomali sisa penampang CD.** Penampang kuantitatif anomali sisa lintasan CD diambil berdasarkan hasil penafsiran kualitatif pola kontur anomali, dimana pada penampang CD memotong beberapa tinggian dan rendahan anomali dengan nilai tertinggi yaitu  $7,870 \text{ mGal}$  dan nilai anomali terendah yaitu  $-117,957 \text{ mGal}$  serta memotong daerah Gunungapi Kelud. Model dan penampang batuan sayatan CD dapat dilihat pada Gambar 9a dan Gambar 9b dibawah ini.

Berdasarkan Gambar 9b diatas dapat diketahui bahwa nilai  $\rho_5 = 2,38 \text{ gr/cm}^3$

diinterpretasikan sebagai batuan sedimen. Nilai  $\rho_2 = 2,50 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan andesit.

Hasil pemodelan di atas menunjukkan sebaran jenis batuan yang ada di daerah penelitian. Pada daerah CD ini hanya terdapat 2 jenis batuan yaitu batuan sedimen dan andesit. Pada daerah ini juga terdapat patahan. Secara umum ada beberapa kemungkinan yang terjadi berkaitan dengan pergerakan patahan yaitu (a) blok sebelah timur tetap dan blok sebelah barat turun, (b) blok sebelah timur naik dan blok sebelah barat tetap, (c) blok sebelah timur naik dan blok sebelah barat turun, (d) kedua blok sama-sama turun tetapi blok sebelah barat turun lebih jauh, (e) kedua blok sama-sama naik tetapi blok sebelah timur naik lebih jauh, atau (f) selain daripada yang disebutkan. Karena dalam kebanyakan kasus, tidak ada bukti langsung yang menjelaskan perpindahan mutlak dari patahan, maka digunakan perpindahan relatif. Kalau dikorelasikan dengan peta geologi daerah survei, pada daerah CD terdapat patahan dan juga intrusi batuan, dimana berdasarkan symbol yang digunakan pada peta geologi menunjukkan adanya *gravity fault* yang bersesuaian dengan pemodelan yang telah dibuat.

**Interpretasi kuantitatif anomali sisa penampang EF.** Penampang kuantitatif anomali sisa lintasan EF diambil berdasarkan hasil penafsiran kualitatif pola kontur anomali, dimana pada penampang EF memotong beberapa tinggian dan rendahan anomali dengan nilai tertinggi yaitu  $30,297 \text{ mGal}$  dan nilai anomali terendah yaitu  $-122,092 \text{ mGal}$ . Model dan penampang batuan sayatan AB dapat dilihat pada Gambar 10a dan Gambar 10b dibawah ini.



**Gambar 10.** Pemodelan sayatan EF (a) dan penampang batuan EF (b)

Berdasarkan Gambar 10b diatas dapat diketahui bahwa nilai  $\rho_1 = 2,85 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan basalt. Nilai  $\rho_3 = 1,60 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan pasir. Nilai  $\rho_5 = 2,40 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan sedimen.

Hasil pemodelan diatas menunjukkan sebaran jenis batuan yang ada di daerah penelitian. Pada daerah penelitian ini terdapat batuan pasir yang begitu tebal. Hal ini sesuai dengan penyelidikan [13] bahwa terdapat produk letusan gunungapi dengan ukuran kecil seperti pasir halus, pasir kasar, lapili dan pecahan batuan yang terdapat di Gunungapi Kelud. Pada daerah ini juga terdapat batuan sedimen. Apabila direkonstruksi asal batuan sedimen saat ini adalah berasal dari endapan-endapan piroklastik hasil dari letusan Gunungapi Kelud selama kurang lebih satu abad [14]. Setelah itu batuan tersebut mengendap lapis demi lapis dan membatu dan tertimbun lagi di dalam permukaan bumi.

## KESIMPULAN

Pada penampang AB nilai  $\rho_1 = 2,80 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan basalt. Nilai  $\rho_2 = 2,61 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan andesit. Nilai  $\rho_3 = 1,61 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan pasir. Nilai  $\rho_4 = 3,10 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan lava. Pada penampang CD nilai  $\rho_5 = 2,38 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan sedimen. Nilai  $\rho_2 = 2,50 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan andesit. Sedangkan pada penampang EF nilai  $\rho_1 = 2,85 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan basalt. Nilai  $\rho_3 = 1,60 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan pasir. Nilai  $\rho_5 = 2,40 \text{ gr/cm}^3$  diinterpretasikan sebagai batuan

sedimen. Berdasarkan hasil penelitian ini terlihat bahwa batuan yang mendominasi Gunungapi Kelud adalah batuan andesit dan basalt.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Dr. Eng. Didik Rahadi Santoso yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian di Gunungapi Kelud dan memberikan bimbingan serta arahan dari awal penelitian sampai penelitian ini selesai, terima kasih kepada Laboratorium Geofisika UB yang telah mengizinkan peminjaman alat gravitimeter. Peneliti juga ingin mengucapkan terima kasih kepada kepala pos pengamatan Gunungapi Kelud yang telah memberikan ijin melakukan penelitian dan menginap di pos pemantauan Gunungapi Kelud.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kadarsetia, Eka., Primulyana, Sofyan., Sitinjak, Pretina. (2006). Karakteristik Kimiawi Air Danau Kawah Gunungapi Kelud, Jawa Timur Pasca Letusan Tahun 1990. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(4) Desember 2006: 185-192.
- [2] Haerani, N., Hendrasto, M., Abidin, H, Z. (2010). Deformasi Gunung Kelud Pasca Pembentukan Kubah Lava November 2007. *Jurnal Geologi Indonesia*, 5(1) Maret 2010: 13-30
- [3] Koesuma, Sorja. (2001). *Analisis Struktur Bawah Permukaan Gunung Kelud Menggunakan Metode Gravitasi*. Tesis S2. UGM, Yogyakarta.

- [4] Kirbani S.B.P., (2001). *Panduan Workshop Eksplorasi Geofisika (Teori dan Aplikasi)*. Laboratorium Geofisika Fakultas MIPA UGM. Yogyakarta.
- [5] Hidayat, Nurul., Basid, Abdul. (2011). Analisis Anomali Gravitasi Sebagai Acuan Dalam Penentuan Struktur Geologi Bawah Permukaan Dan Potensi Geothermal, *Jurnal Neutrino*, **4**(1), Oktober 2011.
- [6] Abdelrahman, E.M., Riad, S., Amin, Y., Refai, E. (1985). On The Least Square Residual Anomaly Determination. *Geophysics*, **50**(3), p473-480.
- [7] Avisena, Novi. (2002). *Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Jalur Ampelgading-Tirtoyudo Kawasan Malang Selatan Berdasarkan Survei Gravitasi*. Skripsi, Jurusan Fisika. Universitas Brawijaya. Malang.
- [8] Telford, W. M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., (1990). *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. USA
- [9] Dampney, C.N.G. (1969). The Equivalent Source Technique, *Geophysics* **34**(1).
- [10] Sembri, Juwita Nur., (2009). *Penentuan Anomali Residu Dengan Metode Pencocokan Permukaan Daerah Pandeglang Banten*. Laporan Kerja. Geofisika. Akademi Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- [11] Blakely, R.J., (1995). *Potential Theory In Gravity And Magnetic Application*. Cambridge University Press, USA.
- [12] Musafak, Zainul. (2009). *Interpretasi Metode Magnetik Untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan Di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri*. Program Pasca Sarjana Fisika, ITS Surabaya.
- [13] Sunaryo. (2001). *Pendugaan Struktur Kantong Magma Gunungapi Kelud Berdasarkan Survey Magnetik*. Tesis S2. UGM, Yogyakarta.
- [14] Pardyanto, L. (1990). *Berita Berkala Vulkanologi*. Edisi Khusus No. 122. Direktorat Vulkanologi.