

# IDENTIFIKASI SESAR DI DAERAH PONGKOR BOGOR JAWA BARAT DENGAN MENGGUNAKAN METODE GAYABERAT

Ibnu Fajar Sidik<sup>1</sup>, Adi Susilo<sup>2</sup> dan Ganjar Sulastomo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya

<sup>3</sup>Geophysics PT. Antam Unit Geomin

[Ibnufajar\\_sidik@yahoo.com](mailto:Ibnufajar_sidik@yahoo.com)

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang identifikasi sesar di daerah pertambangan Pongkor kabupaten Bogor provinsi Jawa Barat menggunakan metode gayaberat. Metode gayaberat dapat diaplikasikan untuk memetakan daerah yang mengalami deformasi struktural berupa sesar. Metode ini juga dapat digunakan untuk melihat daerah kemungkinan terjadinya mineralisasi berdasarkan keberadaan struktur tersebut. Pada penelitian ini, data anomali gayaberat yang didapatkan dari hasil pengukuran data sebanyak 175 stasiun pengukuran. Indikasi adanya sesar di daerah penelitian ini didapatkan berdasarkan hasil pemodelan keadaan bawah permukaan. Pemodelan ini terdiri dari tiga lintasan (lintasan 1, 2 dan 3) dan di-overlay dengan data topografi lintasan untuk mengetahui keberadaan sesar pada daerah tersebut. Dari pemodelan ketiga lintasan didapatkan variasi desitas batuan Untuk lintasan 1, lintasan 2 dan lintasan 3 berturut-turut memiliki variasi nilai densitas antara 2.0 g/cm<sup>3</sup> s.d 3.5 2.0 g/cm<sup>3</sup>, 2.2 g/cm<sup>3</sup> s.d 3.4 g/cm<sup>3</sup> dan 2.2 g/cm<sup>3</sup> s.d 3.1 g/cm<sup>3</sup>. Serta dapat diidentifikasi adanya 3 (tiga) sesar pada daerah tersebut.

**Kata kunci.** Deformasi Struktural, mineralisasi, Sesar, gayaberat dan densitas batuan.

## Abstract

*Research of fault identification at maining area Pongkor, Bogor West Java have been done by using gravity method. Gravity method is applied to describe the area that have fault systems and also to recognize areas with possible mineralization based on the existing fault. In this research, gravity anomaly data are obtained from 175 gravity stations. Indication of the faults in this area are obtained from modelling result of subsurface condition. Those modellings have three cross sections and combined with topography data from those cross sections. Therefore have been gotten density variations from those cross sections 2.0 - 3.5 2.0 g/cm<sup>3</sup> for line 1, 2.2 - 3.4 g/cm<sup>3</sup> for line 2 and 2.2 - 3.1 g/cm<sup>3</sup> for line 3. And can be identified 3 faults of this area from those modellings.*

**Key word.** fault systems, mineralization, gravity method and density

## Pendahuluan

Pongkor terletak di dalam wilayah kecamatan Nanggung, Leuwiliang dan Cigudeg, Kabupaten Bogor, provinsi Jawa Barat. Pongkor merupakan salah satu kecamatan yang termasuk dalam Wilayah Kerja Pertambangan (WKP) milik PT Antam Tbk. Wilayah ini memiliki potensi kandungan endapan emas *hydrothermal* tipe *epithermal low sulphidation* yang cukup tinggi [1].

Berbicara masalah mineralisasi emas tipe *epithermal low sulphidation* erat kaitannya dengan keberadaan struktur geologi di bawah permukaan baik berupa sesar ataupun rekahan. Untuk mengetahui adanya struktur geologi dapat dilakukan metode-metode geofisika untuk menggambarkan keadaan dibawah permukaan bumi.

Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan di daerah Pongkor adalah metode gayaberat. Metode gayaberat adalah suatu usaha untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan berdasarkan pada variasi medan gravitasi bumi yang diakibatkan oleh perbedaan densitas batuan bawah permukaan. Parameter yang diselidiki adalah perbedaan medan gravitasi dari suatu titik observasi terhadap titik observasi lainnya. Identifikasi adanya struktur di bawah permukaan

didapatkan dari variasi nilai densitas batuan di bawah permukaan [2].

Metode gayaberat didasarkan pada hukum Newton tentang gravitasi yaitu gaya tarik menarik antara benda satu dengan benda lainnya yang diakibatkan oleh pengaruh massa benda serta jarak antara keduanya. Besarnya nilai gaya gravitasi (F) antara dua benda bermassa ( $m_1$ ,  $m_2$ ) sebanding dengan massa kedua benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya ( $r$ ) [3].

Hukum gravitasi Newton :

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}_2 \quad (1)$$

G = konstanta gayaberat ( $6.67 \times 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$ )

Metode gayaberat merupakan salah satu metode geofisika yang memiliki tingkat ambiguitas yang tinggi. Hal ini dikarenakan nilai yang didapatkan ketika pengukuran dipengaruhi oleh beberapa faktor, sehingga perlu dilakukan koreksi untuk menghilangkan faktor-faktor tersebut. Koreksi-koreksi pada metode geofisika antara lain:

1. koreksi tidal koreksi yang dipengaruhi oleh adanya benda-benda langit di sekitar bumi yang mengakibatkan adanya gaya tarik dengan bumi (matahari dan bulan). Pengaruh ini yang disebut efek pasang-surut (*tidal effect*) [4].
2. koreksi drift merupakan koreksi yang disebabkan oleh kejenuhan alat akibat

pengukuran data. Efek ini akan memberikan nilai pembacaan yang berbeda di titik base pada waktu yang berbeda [5].

3. koreksi lintang dilakukan karena pengukuran di tempat yang memiliki posisi lintang yang berbeda akan memiliki nilai yang beda pula. Hal ini disebabkan jarak titik pengukuran terhadap inti bumi yang berbeda di tiap lintang yang berbeda [6].
4. koreksi udara bebas dilakukan karena perbedaan ketinggian titik pengukuran, sehingga koreksi ini membuat titik pengukuran seolah-olah di ketinggian  $h=0$  meter di atas permukaan laut [7].
5. koreksi bouger dilakukan karena terdapat massa yang dihilangkan pada koreksi udara bebas [2].
6. koreksi terrain disebabkan titik pengukuran memiliki perbedaan ketinggian terhadap daerah sekitarnya. Perbedaan ketinggian ini akan mempengaruhi besarnya nilai yang diukur [2].

Dari koreksi-koreksi ini akan didapatkan nilai percepatan gravitasi bumi yang diakibatkan oleh variasi densitas batuan di bawah permukaan yang disebut complete bouguer anomaly (CBA).

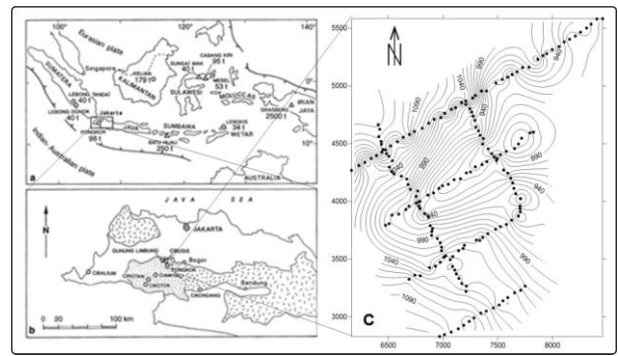
*Upward continuation* adalah langkah pengubahan data medan potensial yang diukur pada suatu level permukaan menjadi data yang seolah-olah diukur pada level permukaan yang lain. Nilai yang dihasilkan merepresentasikan nilai anomali regional [7]. Anomali residual didapatkan dari pengurangan CBA dengan anomali regional. Persamaan yang digunakan dalam kontinuitas adalah [2]:

$$U_{(x,y,z_0-\Delta z)} = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U_{(x',y',z_0)}}{[(x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2]^{3/2}} dx' dy' \quad (2)$$

$U_{(x,y,z_0-\Delta z)}$  merupakan medan gravitasi di titik P ( $x',y',\Delta z$ ) yang berada di atas permukaan dengan medan  $U_{(x',y',z_0)}$  yang telah diketahui. Persamaan 2 di atas menunjukkan bagaimana menghitung nilai medan gravitasi di atas permukaan yang telah diketahui nilai medan gravitasinya.

## Metode

Penelitian ini dilakukan di daerah IUP (Izin Usaha Pertambangan) PT. Antam Tbk Pongkor (gambar 1) [9]. Alat yang digunakan dalam metode gaya berat ini *gravitimeter scintrex autograv CG-5*, GPS Garmin 62s dan beberapa alat tulis yang dibutuhkan (gambar 2).



**Gambar 1** Daerah Penelitian



(a) (b)

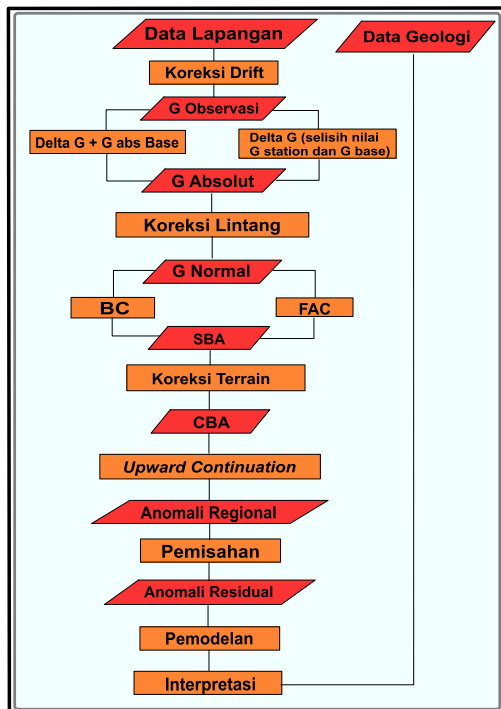
**Gambar 2** (a) Gravitimeter Scintrex Autograv CG-5. (b) GPS Garmin 62s

Sebelum melakukan akuisisi data, ada beberapa hal yang harus dilakukan dan diperhatikan. Diantaranya perlakuan terhadap alat gravitimeter, pembuatan titik base, pembuatan titik pengukuran dan persiapan melakukan akuisisi.

Sebelum melakukan pengambilan data, alat harus dijaga dalam keadaan baik (baterai di atas 50%), diletakkan pada tempat yang stabil dan dilakukan kalibrasi setiap sebulan sekali.

Pembuatan titik pengukuran didasarkan pada target yang diinginkan. Hal ini berkaitan dengan penggunaan jarak lintasan, spasi antara titik dan posisi lintasan tersebut. Target yang diinginkan pada penelitian ini pada jangkauan kedalaman rendah. Sehingga spasi antar titik yang digunakan relatif pendek (50 meter).

Data yang diperoleh dari lapangan berupa nilai percepatan gravitasi, ketinggian, posisi (lintang dan bujur), waktu dan beda ketinggian titik pengukuran terhadap daerah sekitarnya. Dari data-data tersebut dilakukan pengolahan dengan melakukan koreksi sehingga didapatkan nilai CBA (seperti pada bagan pengolahan berikut ini). Berikut ini diagram alir pengolahan data gayaberat.



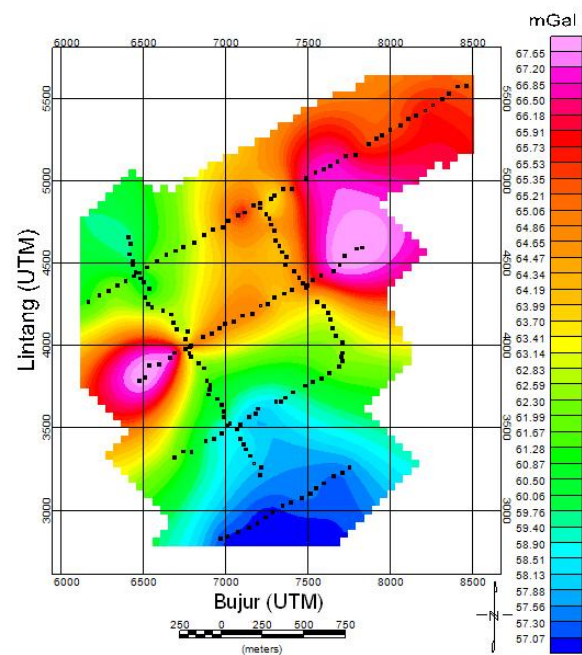
**Gambar 3** Diagram Alir Pengolahan Data

Setelah mendapatkan nilai CBA, selanjutnya dilakukan penentuan anomali regional dengan menggunakan *upward continuation*. Penentuan anomali regional menggunakan metode *upward continuation* dengan variasi jarak kontinuitas 100m, 200m, 300m, 400m 500m dan 600m. Dan dipilih jarak kontinuitas maksimum adalah 500m. Jarak ini dipilih berdasarkan trend perubahan yang ditunjukkan sudah tidak terlalu signifikan.

Dari CBA dan anomali regional dapat ditentukan anomali residualnya dengan mengurangi CBA dengan hasil anomali regional pada jarak 500m.

### Hasil dan Pembahasan

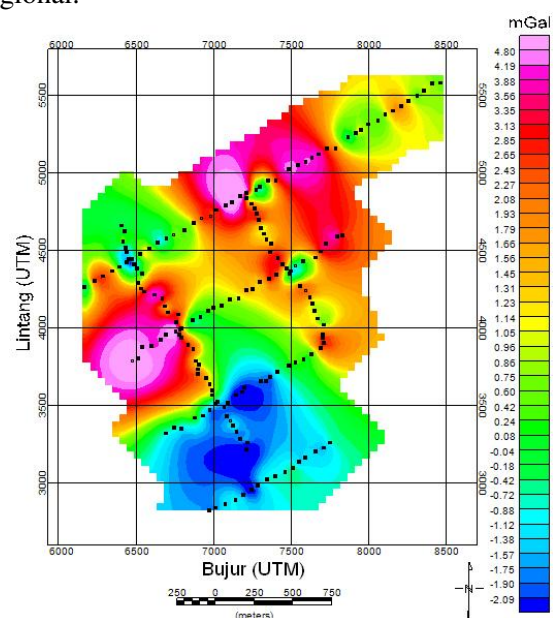
Complete bouguer anomaly merupakan anomali yang disebabkan oleh variasi densitas batuan dari permukaan hingga kedalaman tertentu (relatif terhadap basement). Perbedaan warna pada gambar 4 menunjukkan perbedaan percepatan gravitasi diatas permukaan. Nilai CBA yang didapatkan antara 57.26 mGal s.d 69.43 mGal. Nilai ini menunjukkan variasi perbedaan percepatan gravitasi yang disebabkan oleh densitas dan posisi dari batuan di bawah permukaan.



**Gambar 4** Complete Bouguer Anomaly

Anomali regional yang didapatkan dari *upward continuation* pada jarak kontinuitas 500m dianggap sebagai jarak optimum kontinuitas. Sesuai dengan prinsip kerja dari *upward continuation* yaitu meloloskan frekuensi rendah dan melemahkan frekuensi tinggi, sehingga hasil yang didapat merefleksikan anomali regional.

Dari kedua anomali ini, didapatkan anomali residual dengan mengurangi CBA dengan anomali regional.



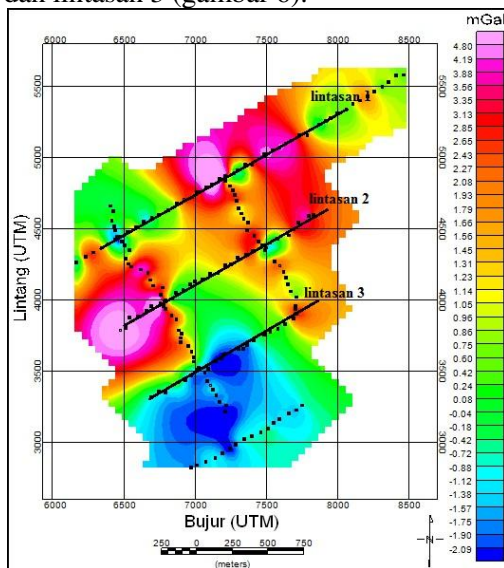
**Gambar 5** Anomali Residual

Anomali residual merupakan nilai percepatan gravitasi bumi di permukaan yang disebabkan oleh batuan yang dekat dengan permukaan. Dikarenakan densitas batuan yang mempengaruhi nilai percepatan gravitasi ini dekat dengan permukaan maka perbedaan nilainya merefleksikan perbedaan densitas batuan. Nilai anomali yang



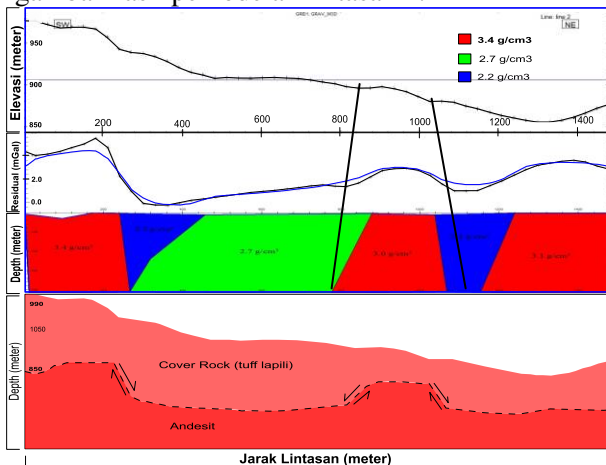
didapatkan dari anomali residual ini antara -2.09 mGal s.d 4.80 mGal

Untuk memperkuat interpretasi tentang adanya struktur, dilakukan pemodelan bawah permukaan. Pemodelan ini terdiri dari 3 lintasan yaitu lintasan 1, 2 dan lintasan 3 (gambar 6).



**Gambar 6** Lintasan Pemodelan pada Anomali Residual

Hasil dari pemodelan untuk 3 lintasan ini menunjukkan variasi nilai densitas batuan dibawah permukaan. Gambar 7 di bawah ini menunjukkan gambar hasil pemodelan lintasan 2.



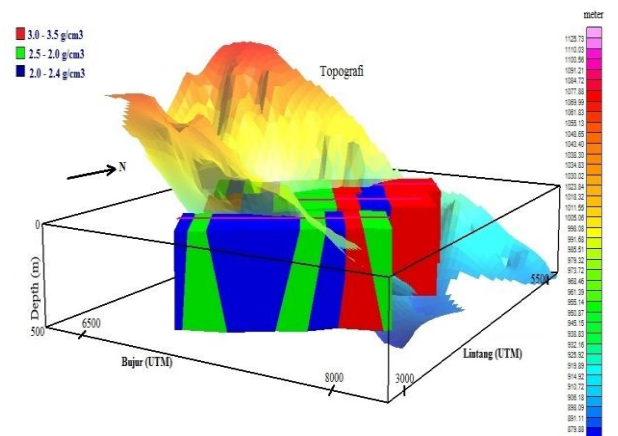
**Gambar 7** Lintasan 2

Densitas batuan hasil pemodelan yang didapat bernilai 2.0 g/cm<sup>3</sup> s.d 3.4 g/cm<sup>3</sup>. Perbedaan densitas yang besar dan adanya kenampakan topografi diindikasikan merupakan sesar yang terbentuk pada daerah tersebut. Blok batuan yang berwarna biru sebelah kanan gambar menunjukkan daerah hancuran. Daerah ini terbentuk akibat adanya sesar yang terbentuk pada lapisan batuan. Daerah hancuran ini memiliki nilai densitas yang rendah dikarenakan kepadatan dan struktur batuan yang hancur akibat adanya sesar. Sehingga nilai densitas yang didapatkan menunjukkan nilai yang rendah.

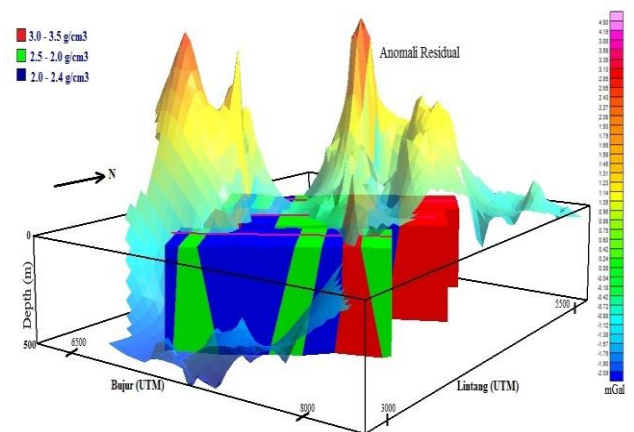
Begitu pula dengan batuan yang berwarna biru sebelah kanan gambar. Menurut data geologi, daerah tersebut merupakan daerah pertemuan sesar dari beberapa sesar yang terbentuk. Daerah tersebut juga merupakan daerah batas litologi antara batuan tuff lapili dan batuan tuff breksi. Litologi ini dibatasi oleh aliran sungai Cihanjavar. Berikut ini adalah gambar geologi daerah permukaan.

Berikut ini gambar hubungan densitas dengan topografi dan residual. Topografi memiliki keterkaitan dengan hasil anomali yang didapat. Semakin tinggi topografinya maka nilai anomali yang didapat semakin rendah. Begitu pula sebaliknya.

Sedangkan besarnya anomali tergantung pada variasi densitas bawah permukaan. Semakin tinggi nilai residual maka semakin tinggi pula nilai densitas batuan. Dan begitu pula sebaliknya.



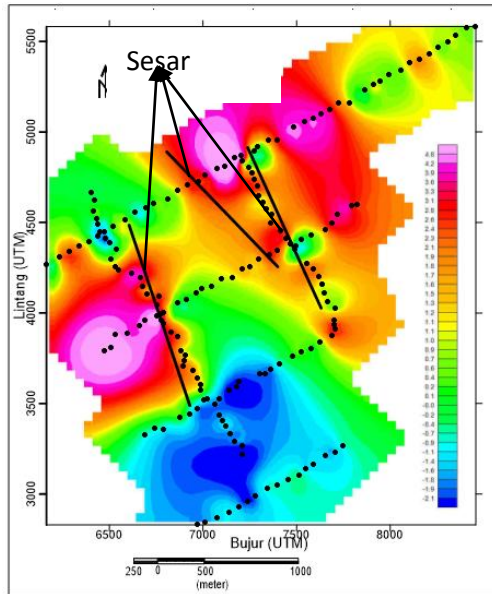
**Gambar 8** Hubungan Densitas Hasil Pemodelan Dengan Topografi Daerah Pengukuran



**Gambar 9** Hubungan Densitas Hasil Pemodelan Dengan residual Daerah Pengukuran

Identifikasi sesar didapatkan dari analisis terhadap hasil pemodelan dan dibandingkan dengan data topografi dan data geologi. Dengan memperhatikan pola sebaran densitas dari ketiga lintasan maka akan didapatkan pola tarikan sesar. berikut ini adalah gambar identifikasi sesar yang didapatkan. Adanya struktur dapat diidentifikasi

dengan melihat pola-pola densitas batuan dan data topografi.



**Gambar 10** Identifikasi Sesar

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa mineralisasi emas dapat terjadi dalam beberapa proses pengendapan. Salah satu dari proses mineralisasi emas adalah endapan emas tipe *epithermal low sulphydation* (seperti endapan mineral emas di daerah Pongkor) [9]. Dalam sistem ini pengaruh adanya struktur pada batuan menjadi faktor yang paling penting sebagai jalur transportasi larutan *hydrothermal* yang membawa mineral-mineral yang berasal dari magma menuju permukaan. Karena proses mineralisasi dapat terjadi pada saat proses transportasi, maka di dalam struktur dimungkinkan terdapat endapan mineral emas. Keberadaan struktur ini dianggap sebagai indikasi awal adanya mineralisasi. Dibutuhkan beberapa data pendukung untuk menguatkan dan

mengidentifikasi keberadaan daerah yang memiliki prospek adanya mineralisasi

## Simpulan

Dari pemodelan keadaan bawah permukaan yang dilakukan pada peta kontur residual, didapatkan variasi nilai densitas batuan untuk tiap-tiap lintasan. Lintasan ini terdiri dari 3 lintasan. Untuk lintasan 1, lintasan 2 dan lintasan 3 berturut-turut memiliki variasi nilai densitas antara 2.0 g/cm<sup>3</sup> s.d 3.5 2.0 g/cm<sup>3</sup>, 2.2 g/cm<sup>3</sup> s.d 3.4 g/cm<sup>3</sup> dan 2.2 g/cm<sup>3</sup> s.d 3.1 g/cm<sup>3</sup>. Variasi nilai densitas batuan ini mempengaruhi nilai percepatan gravitasi di atas permukaan.

Identifikasi adanya struktur sesar dilakukan dengan melakukan analisis pada hasil pemodelan dan dibandingkan dengan data topografi lintasan. Pada lintasan 1 terdapat 2 sesar yang didapatkan, dan lintasan 2 didapatkan 3 sesar serta pada lintasan 3 tidak didapatkan adanya sesar. Sehingga dari ketiga lintasan tersebut didapatkan 3 sesar. Sesar-sesar lain dimungkinkan masih ada, hal ini disebabkan keterbatasan data yang didapat sehingga sesar lain tidak dapat diidentifikasi.

Penggunaan metode gayaberat dalam dunia pertambangan emas hanya dapat mengidentifikasi daerah yang dianggap memiliki potensi adanya mineralisasi emas. Pendugaan daerah prospek emas ini didekati oleh adanya struktur geologi (sesar ataupun rekahan). Hal ini dikarenakan adanya sesar menjadi indikasi awal kemungkinan mineralisasi emas. Sesar digunakan sebagai jalur transportasi mineral dari magma menuju permukaan.

## Daftar Pustaka

- [1] Warmada, I Wayan, Bernd Lehmann and Marolop Simandjuntak. 2003. *Polymetallic Sulfides And Sulfosalts Of The Pongkor Epithermal Gold-Silver Deposit, West Java, Indonesia*. The Canadian Mineralogist Vol. 41, pp. 185-200. Pongkor (west Java, Indonesia)
- [2] Telford, W. M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. USA.
- [3] Lillie, R. J., 1999. *Whole Earth Geophysics*. Prentice-hall, Inc. USA.
- [4] Untung, M., 2001. *Dasar-Dasar Magnet dan Gayaberat Serta Beberapa Penerapannya (Seri Geofisika)*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.
- [5] Hadipandoyo, S., 2004. *In House Training Gravity*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Pusdiklat Migas Cepu. Blora.
- [6] Sleep, N.H. and Fujita, K., 1997. *Principles of Geophysics*. Blackwell Science, Inc. USA.
- [7] Blakely, Ricard. J. 1996. *Potensial Theory In Gravity And Magnetic Application*. Cambridge: University Press.
- [8] Hearst, R. B. and W. A. Morris. 2001. *Case History Regional gravity setting of the Sudbury Structure*. Canada: Geophysics, Vol. 66, NO. 6
- [9] Milesi, J.P., Marcoux, E., Sitorus, T., Simandjuntak, M., Leroy, J., Bailly, L., 1999, Pongkor (west Java, Indonesia): A Pliocene supergene-enriched epithermal Au-Ag-(Mn) deposit. *Mineralium Deposita* 34, hal. 131-149.