



## STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN SEKARAN DAN SEKITARNYA BERDASARKAN DATA GAYA BERAT

S. Imam<sup>✉</sup>, Supriyadi

Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia, 50229

### Info Artikel

*Sejarah Artikel:*

Diterima Mei 2014

Disetujui Mei 2014

Dipublikasikan Juni 2014

*Keywords:*

*Method of Gravity, Gravity, Density*

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian metode gayaberat di wilayah Kelurahan Sekaran dan sekitarnya pada koordinat 110,37<sup>0</sup>-110,44<sup>0</sup> BT dan -7,032<sup>0</sup>-7,067<sup>0</sup> LS dengan tujuan mengetahui struktur bawah permukaan. Metode gravitasi digunakan untuk mengetahui variasi densitas batuan di dalam bumi. Gayaberat juga di pengaruhi perubahan topografi dan rotasi bumi. Pengukuran gayaberat pada penelitian ini dilakukan pada tanggal 20-25 Mei 2013 dengan Gravimeter Scintrex Autograv CG-5 dan dengan metode *looping*. Tahapan interpretasi untuk mengetahui kenampakan gejala geologi digunakan *software Surfer 10* dan mencari estimasi densitas rata-rata dengan metode Nettleton diperoleh sebesar 2,5 gr/cm<sup>3</sup> dan menggunakan *software Grav2DC* mendapatkan struktur bawah permukaan. Dari penelitian yang dilakukan disimpulkan bahwa di Kelurahan Sekaran dan sekitarnya terdiri atas batuan soil dengan densitas 1,3 gr/cm<sup>3</sup>, batuan lempung (*clay*) densitas 2,2 gr/cm<sup>3</sup>, batuan pasir (*sand*) densitas 2,0 gr/cm<sup>3</sup>, batuan andesit (*andesite*) densitas 2,8 gr/cm<sup>3</sup> dan batuan basal (*basalt*) densitas 3,3 gr/cm<sup>3</sup>.

### Abstract

The research has conducted in the microgravity method Sekaran Village and surrounding area at coordinates - 7,032-7,067 LS and 110,370 to 110,440 BT in order to know the structure of the subsurface. Gravity method is used to determine the density variations in the earth's rocks. Gravity also influenced changes in topography and Earth's rotation. Gravity measurements in this study conducted from 20-25 May 2013 with gravimeter Autograv Scintrex CG-5 and method of looping. The stages interpretation to determine the appearance of the symptoms of geological used software Surfer 10 and look for the average density estimated by the method of Nettleton obtained by 2,5 gr/cm<sup>3</sup> and using software Grav2DC obtain subsurface structure. From the research conducted in the Sekaran Village and surrounding have concluded that consists of rocks and soil density of 1,3 gr/cm<sup>3</sup>, clay density of 2,2 gr/cm<sup>3</sup>, sand (sand) 2,0 gr/cm<sup>3</sup>, andesite 2,8 gr/cm<sup>3</sup> and basalt 3,3 gr/cm<sup>3</sup>.

© 2014 Universitas Negeri Semarang

<sup>✉</sup> Alamat korespondensi:

Gedung D7 lantai 2 Kampus UNNES, Semarang, 50229

E-mail: [syaifulklaten@gmail.com](mailto:syaifulklaten@gmail.com)

## PENDAHULUAN

Keberadaan kampus Universitas Negeri Semarang merupakan pusat pengembangan pendidikan dengan masyarakat yang heterogen. Seiring dengan hal itu akan terjadi peningkatan pembangunan. Adanya kegiatan ini perlu diberikan informasi atau gambaran mengenai batuan penyusun bawah permukaan daerah Sekaran dan sekitarnya. Di antara sifat fisis batuan yang mampu membedakan antara satu macam batuan dengan batuan lainnya adalah massa jenis batuan. Distribusi massa jenis yang tidak *homogen* pada batuan penyusun kulit bumi akan memberikan variasi medan gravitasi di permukaan bumi.

Metode geofisika yang mampu memperkirakan kondisi bawah permukaan dengan melakukan pengukuran di lapangan. Diantara sekian banyak metode geofisika yang cocok untuk keperluan tersebut adalah menggunakan metode gayaberat dengan alasan sensitivitas respon, murah secara ekonomi, dan mudah untuk membawanya dan hanya membutuhkan waktu sekitar 10 menit untuk satu kali pengukuran (Sarkowi, 2008). Menurut Yusuf (2011) Metode gayaberat atau *gravity* merupakan salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk menggambarkan bentuk struktur geologi bawah permukaan. Pada metode ini dasar dan tujuannya agar dapat dilakukan interpretasi terhadap nilai anomali gravitasi yang disebabkan karena adanya perbedaan harga densitas ataupun kedalaman tubuh massa batuan di bawah permukaan.

Metode ini sangat tepat digunakan untuk pendugaan struktur bawah permukaan karena metode ini mampu mendeteksi kontras densitas tubuh batuan. Perbedaan kontras densitas yang beragam mengindikasikan bahwa struktur bawah permukaan yang beragam jenisnya. Dengan demikian penggunaan metode gayaberat pada penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan informasi atau memberi gambaran mengenai struktur bawah permukaan untuk daerah Sekaran dan sekitarnya.

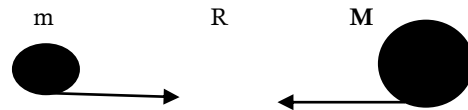
### Konsep Dasar Gravitasi Newton

Dasar teori dari metode gayaberat adalah hukum gravitasi Newton (Telford, *et al.*, 1990).

$$F = \frac{Gm_1m_2}{R^2} \quad (1)$$

Hukum Newton tentang gerak menyatakan bahwa gaya adalah besarnya perkalian dari massa dan percepatannya.

$$F = mg \quad (2)$$



Gambar 1. Sketsa Gaya Tarik Dua Benda Berjarak R.

Maka besarnya nilai medan gayaberat:

$$g = \frac{F}{m} = G \frac{M}{r^2} \quad (3)$$

Nilai gayaberat yang di peroleh perlu beberapa koreksi data sebelum melakukan interpretasikan secara geologi. Hal ini dikarenakan dalam penelitian metode gayaberat ditunjukkan perbedaan nilai gayaberat dari suatu tempat ke tempat lainnya. Adanya perbedaan pembacaan nilai gayaberat dalam suatu titik di permukaan bumi dipengaruhi beberapa faktor diantaranya variasi topografi, variasi ketinggian, pasang surut, guncangan pada pegas alat, lintang, dan variasi densitas bawah permukaan. Dalam metode gayaberat dikenal beberapa koreksi meliputi pasang surut bumi (*tide*), apungan (*drift*), garis lintang (*latitude*), koreksi udara (*free air*), koreksi Bouguer, topografi (*terrain*).

### Geologi Daerah Penelitian

Desa Sekaran dan sekitarnya mempunyai susunan bawah permukaan mengandung satuan breksi vulkanik Formasi Kaligetas. Batuannya terdiri dari breksi dan lahar dengan sisipan lava dan tuf halus sampai kasar, setempat dibagian bawah ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufaan, breksi, dengan komponen berupa andesit, basal, batu apung, dengan masa dasar tufa (Thanden, *et al.*, 1996).

### METODE PENELITIAN

Pemetaan anomali residual digunakan dalam memodelkan penampang peta anomali untuk mengetahui penyebaran rapat massa batuan yang menggambarkan konfigurasi struktur bawah permukaan. Untuk memperkuat analisis dan interpretasi, penelitian ini mengambil referensi data-data geologi dan penelitian terkait atau penelitian di sekitar lokasi penelitian.

Adapun langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Koreksi pasang-surut, drift, Bouguer dan udara bebas.
1. Memisahkan anomali regional dan
2. residual menggunakan perata-rataan bergerak.
3. Memodelkan bawah permukaan 2D dengan software Grav2DC.
4. Interpretasi berdasarkan model forward 2D.

## Pengolahan Data

Konsep anomaly gayaberat menekankan pada aspek perbedaan gayaberat terukur dengan nilai gayaberat acuan untuk model teoritis bumi (*spheroid*). Perbedaan tersebut merefleksikan variasi rapat massa yang terdapat pada suatu daerah dengan sekitarnya baik horisontal atau vertikal. Besar kecilnya kedalaman, arah anomaly rapat massa didapatkan dengan menghitung, merekonstruksi dan interpretasi model gayaberat terukur. Harga gayaberat terukur merupakan total gaya percepatan yang diderita oleh suatu titik akibat berbagai sumber. Beberapa sumber yang mempengaruhi pengukuran adalah:

- Posisi bumi dalam pergerakan tata surya (tide effect)
- Perbedaan lintang dipermukaan bumi
- Perbedaan ketinggian permukaan bumi (elevasi)
- Efek topografi
- Perubahan rapat massa disuatu tempat

Untuk menghindari efek gayaberat dari komponen yang tidak dikehendaki, maka dilakukan koreksi dan reduksi. Tahapan pengolahan data sebagai berikut:

- 1) Menghitung nilai gobservasi merupakan harga gayaberat pengukuran yang telah dikoreksi dengan koreksi pasang surut dan koreksi drift (apungan) alat. Dengan persamaan berikut :

$$drift = \frac{g_{akh} - g_0}{t_{akh} - t_0} (t_n - t_0) \quad (4)$$

- 2) Menghitung nilai glinting  
Berdasarkan hasil Internasional Association of Geodesy (IAG) maka persamaan yang di gunkana sebagai berikut :

$$g(\lambda) = g_e (1 + \alpha \sin^2 \lambda + \beta \sin^2 \lambda) \quad (5)$$

- 3) Penentuan Rapat Massa  
Pada penelitian ini rapat masa estimasi dengan menggunakan metode Nettleton. Estimasi rapat massa terbaik pada metoda ini didapat dari korelasi silang terkecil (mendekati nol) antara perubahan elevasi terhadap anomaly gayaberat (Era, 2005). Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^N (\delta g_i + \delta h_i)}{\sum_{i=1}^N (h_i)^2} \quad (6)$$

Penampang yang digunakan untuk mendapatkan nilai rapat massa ini dipilih pada stasiun dengan daerah topografi kasar.

- 4) Menghitung Anomali Bouguer Lengkap  
Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

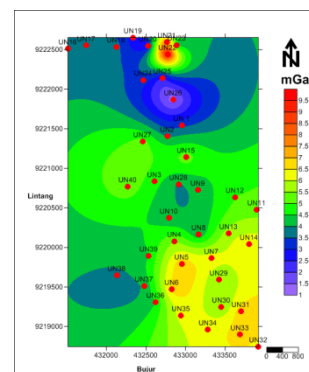
$$CBA = g_{obs} - g(\lambda) + 0,308765 h - 0,0419 \cdot \rho \cdot h + TC \quad (7)$$

## Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Pada dasarnya anomaly gayaberat yang terukur di permukaan merupakan gabungan (superposisi) dari berbagai macam sumber dan kedalaman anomaly yang ada di bawah permukaan dimana salah satunya merupakan target even untuk dipisahkan, baik yang berada di zona yang dangkal (residual) atau zona yang dalam (regional). Pemisahan anomaly regional dengan anomaly residual dilakukan dengan metoda perata-rataan bergerak (Moving Average) yang menghasilkan keluaran berupa anomaly regional. Anomali residual diperoleh dari selisih anomaly Bouguer dengan anomaly regional. Pemisahan anomaly menggunakan perata-rataan bergerak bersifat menapis anomaly gelombang frekuensi tinggi (low pass filter).

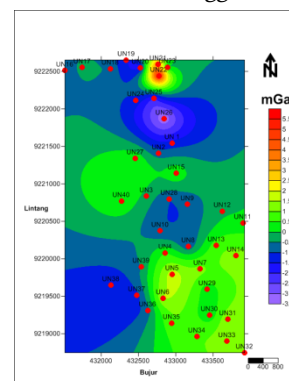
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisa Anomaly Bouguer



Gambar 2. Peta anomaly Bouguer Lengkap

Terlihat bahwa terdapat daerah yang memiliki kontur anomaly yang cukup rapat di sekitar stasiun UN 22, cenderung memiliki pola semakin meningkat dari arah barat laut ke arah tenggara.

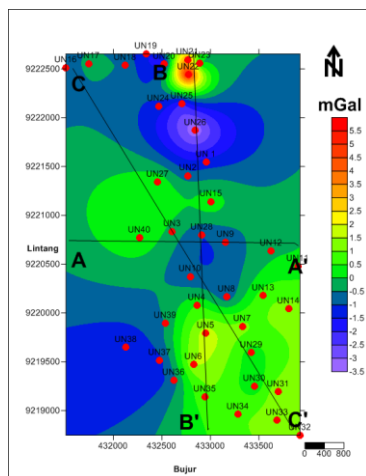


Gambar 3. Peta Kontur Anomali Residual

Perbedaan nilai itu menyebabkan keberadaan struktur geologi lokal cukup banyak pada daerah penelitian. Ini terlihat pada peta kontur anomali residual yang memiliki variasi nilai anomali yang cukup signifikan.

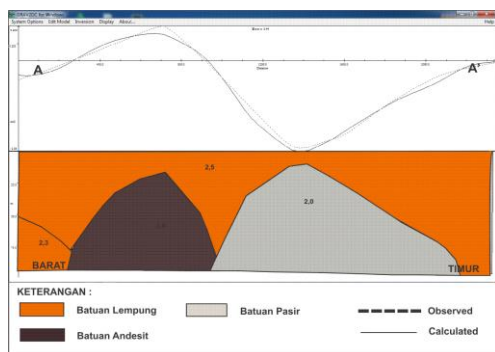
#### Analisa Pemodelan

Diambil sayatan memanjang ke arah barat ke timur sebagai lintasan A-A', memanjang ke arah utara ke selatan sebagai lintasan B-B', sedangkan memanjang ke arah barat laut ke tenggara sebagai lintasan C-C'. peta lintasan penampang pada kontur anomali residual yang terlihat pada Gambar 3 seperti di bawah ini:



**Gambar 4.** Peta Lintasan Penampang pada Kontur Anomali Residual

Hasil pemodelan bawah permukaan sebagai berikut:



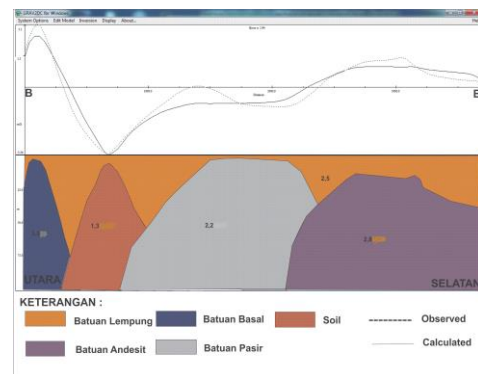
**Gambar 5.** Hasil Pemodelan Lintasan A-A'

Hasil pemodelan harus mempunyai nilai eror minimum. Error pada pemodelan untuk lintasan A-A' adalah 0,44. Pada lintasan ini diperoleh nilai kontras densitas masing-masing sebagai berikut :

- $\Delta\rho = -0,2 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $2,3 \text{ gr/cm}^3$
- $\Delta\rho = 0,1 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $2,6 \text{ gr/cm}^3$
- $\Delta\rho = -0,5 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $2,0 \text{ gr/cm}^3$

Massa jenis tersebut diperkirakan didapat dari densitas bouguer (rata-rata)  $2,5 \text{ gr/cm}^3$  ditambah dengan  $\Delta\rho$ . Diperkirakan pada lintasan A-A' mempunyai struktur bawah permukaan dengan batuan yaitu berupa batuan sedimen yang terdiri atas batuan lempung dengan densitas  $2,3 \text{ gr/cm}^3$  dan  $2,5 \text{ gr/cm}^3$ , batuan pasir dengan densitas  $2,0 \text{ gr/cm}^3$  serta batuan beku terdiri atas batuan andesit dengan densitas  $2,6 \text{ gr/cm}^3$ , (Sota,2011).

Pemodelan penampang lintasan kedua yaitu lintasan B-B', hasilnya sebagai berikut :



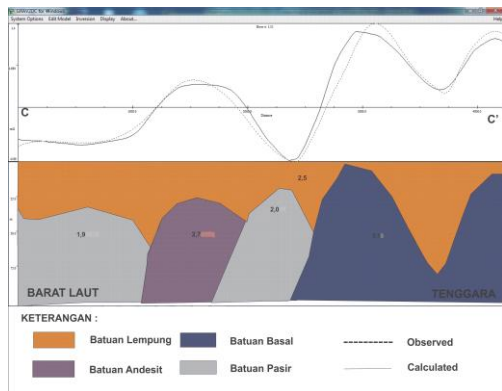
**Gambar 6.** Hasil Pemodelan Lintasan B-B'

Pada pemodelan lintasan ini nilai erornya 3,94. Besarnya nilai kontras densitas sebagai berikut :

- $\Delta\rho = 0,8 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $3,3 \text{ gr/cm}^3$
- $\Delta\rho = -1,2 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $1,3 \text{ gr/cm}^3$
- $\Delta\rho = -0,3 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $2,2 \text{ gr/cm}^3$
- $\Delta\rho = 0,3 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $2,8 \text{ gr/cm}^3$

Diperkirakan pada lintasan B-B' mempunyai struktur bawah permukaan dengan batuan berupa batuan sedimen terdiri atas soil dengan densitas  $1,3 \text{ gr/cm}^3$ , batuan pasir dengan densitas  $2,2 \text{ gr/cm}^3$  dan batuan beku terdiri atas batuan basal dengan densitas  $3,3 \text{ gr/cm}^3$ , batuan andesit dengan densitas  $2,8 \text{ gr/cm}^3$ .

Adapun pemodelan pada lintasan C-C', hasilnya sebagai berikut:



**Gambar 7.** Hasil Pemodelan Lintasan C-C'

Pada pemodelan lintasan ini nilai erornya sebesar 1,31. Besarnya kontras densitas sebagai berikut :

- $\Delta\rho = -0,6 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $1,9 \text{ gr/cm}^3$
- $\Delta\rho = 0,3 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $2,7 \text{ gr/cm}^3$
- $\Delta\rho = -0,5 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $2,0 \text{ gr/cm}^3$
- $\Delta\rho = 0,6 \text{ gr/cm}^3$  atau batuan dengan densitas sebesar  $3,1 \text{ gr/cm}^3$

Diperkirakan lintasan C-C' mempunyai struktur bawah permukaan dengan batuan berupa batuan Sedimen terdiri atas batuan pasir dengan densitas  $1,9 \text{ gr/cm}^3$  dan  $2,0 \text{ gr/cm}^3$ , dan batuan beku terdiri atas batuan andesit dengan densitas  $2,7 \text{ gr/cm}^3$  batuan basal dengan densitas  $3,1 \text{ gr/cm}^3$ .

Bila ditinjau dari ketiga lintasan maka jenis batuan yang ada di bawah permukaan daerah sekaran dan sekitarnya sebagian besar merupakan batuan yang tergolong jenis batuan sedimen seperti soil, batuan lempung (*clay*), batuan pasir (*sand*), dan batuan beku seperti batuan basal (*basalt*), batuan andesit (*andesite*). Batuan tersebut keseluruhan merupakan limpahan dari lahar dingin Gunung Ungaran.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa struktur bawah permukaan di daerah Sekaran dan sekitarnya terdiri atas soil dengan densitas  $1,33 \text{ gr/cm}^3$ , batuan lempung (*clay*) dengan densitas  $2,49 \text{ gr/cm}^3$ , batuan pasir (*sand*) dengan densitas  $2,02 \text{ gr/cm}^3$ , batuan andesit (*andesite*) dengan densitas  $2,85 \text{ gr/cm}^3$  dan batuan basal (*basalt*) dengan densitas  $3,20 \text{ gr/cm}^3$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Era, Yoga Pamitro. 2005. *Analisa Anomali Gaya berat Dengan Menggunakan Metode Pemodelan Kedepan 2D Untuk Wilayah Darat dan Perairan Semarang*. Skripsi . Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Sarkowi, Muh. 2008. Gradient Vertikal Gayaberat MikroAntar Waktu dan Hubungannya Dengan Dinamika Air Tanah. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II*.Lampung: Universitas Lampung
- Sukma, Fathoni.H. 2011.*Penyelidikan Gaya Berat Untuk Pemetaan Struktur Bawah Permukaan Di Daerah Karanganyar Bagian Barat*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Sota,Ibrahim. 2011. Pendugaan Struktur Patahan Dengan Metode GayaBerat.*Jurnal POSITRON,Vol.1,No.1(2011)*, hal 25-30. Banjarmasin.UNLAM.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Thanden, R.E., Sumadirdja, H., Richards, P.W., Sutisna, K., Amin, T.C. 1996. *Peta Geologi lembar Magelang Semarang Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.
- Yusuf, Mahmud. 2011. *Analisis Data Gayaberat Kombinasi Gravimeter Absolut(A10) dan Gravimeter Relatif (Lacoste Romberg)*. Tesis. Bandung: Institut Teknologi Bandung.