

Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Dengan Menggunakan Metode Gravity Di Desa Sumbermanjingwetan dan Desa Druju – Malang Selatan

Winda Ramadhani¹; Dr. Sunaryo, S.Si. M.Si.²; Drs. Wasis, M. AB³.

⁽¹⁾Mahasiswa Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Malang, Indonesia (windaramadhanii@gmail.com).

^{2,3)}Dosen Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Jurusan Fisika FMIPA Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.
Email: sunaryo@ub.ac.id

Abstract

Telah dilakukan studi geofisika dengan metode gayaberat di Desa Druju dan Desa Sumbermanjing Wetan menggunakan gravitimeter *La Coste & Romberg* tipe G-1053 dengan interval 250 meter yang tersebar di area seluas 4x4 km² dengan 117 titik ukur. Pengolahan data dilakukan sampai diperoleh anomali Bouguer Lengkap. Anomali bouguer lengkap diproyeksikan ke bidang datar dengan metode Dampney dan dilakukan pemisahan anomali lokal dan regional. Pemisahan anomali lokal dan regional dilakukan dengan metode kontinuitas keatas (*Upward Continuation*) pada ketinggian 1300 m dari bidang datar. Interpretasi anomali lokal secara kualitatif memperlihatkan nilai anomali rendah dan nilai anomali tinggi yang ditafsirkan adanya batuan sedimen. Interpretasi kuantitatif dengan metode poligon 2D memperlihatkan struktur bawah permukaan daerah penelitian yang menghasilkan empat jenis batuan yang terdiri dari batuan *clay* (batuan lempung), napal pasiran, *sandstone* (batuan pasir) serta gamping.

Kata kunci : *Gayaberat, Densitas, Struktur Bawah Permukaan, anomali Bouguer*

PENDAHULUAN

Wilayah Malang merupakan daerah dataran tinggi (>400 mdpl) yang dibentuk oleh endapan lahar gunung Arjuno-Welirang Purba. Selain itu, wilayah ini juga dikelilingi oleh beberapa gunung api aktif seperti Gunung Semeru, Bromo, Kelud dan yang intermitten seperti Gunung Arjuno, Welirang dan Penanggungan. Mengacu dari peta geologi yang ada bahwa di daerah Malang Selatan terdapat patahan, sehingga perlunya diadakan penelitian untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan pada daerah Malang Selatan tepatnya di sekitar Desa Sumbermanjing Wetan dan Desa Druju yang mana pada kedua desa terpisahkan oleh tebing dan jurang yang berakibat adanya perbedaan debit air yang dihasilkan dari kedua desa tersebut. Untuk mengidentifikasi peristiwa tersebut maka dilakukan penyidikan geofisika. Metode geofisika yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode gayaberat. Prinsip metode ini berdasarkan kepada anomali gayaberat yang muncul karena adanya keanekaragaman rapat massa batuan yang menggambarkan adanya struktur geologi dibawah permukaan bumi. Metode gayaberat digunakan karena dapat menggambarkan struktur bawah permukaan dengan jangkauan yang dalam dibawah permukaan bumi. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai struktur bawah permukaan sekitar Desa

Sumbermanjing Wetan untuk kepentingan studi mitigasi bencana.

DASAR TEORI

Desa Sumbermanjing wetan Kecamatan Sumbermanjing wetan merupakan daerah penelitian yang berada di wilayah Formasi Wonosari (*Wonosari Formation*), dimana daerah ini didominasi oleh batu gamping, napal pasiran, dan sisipan batu lempung. Selain itu, daerah ini juga berada di daerah batuan sedimentasi dengan usia batuan berada di jenis Tersier tipe miosen akhir[1].

Prinsip dasar gaya berat mengacu pada gaya tarik menarik antara benda satu dengan benda lainnya akibat massa benda keduanya. Hal tersebut didasarkan pada hukum Newton tentang gayaberat. Besarnya nilai gayaberat antara dua benda tersebut sebanding dengan massa kedua benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya[2]. Hukum gayaberat Newton :

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

dengan:

F = gaya antara dua benda (N)

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

m_1 , m_2 = massa dua benda berbeda

(kg)

r = jarak antara pusat massa (m)

Metode Gravitasi bekerja berdasarkan kontras densitas dari batuan bumi. Jika ada anomali di bawah permukaan, maka nilai medan gravitasi akan menyimpang dari normal yang diukur. Jika deviasi adalah penambahan nilai, yang disebut anomali positif maka kepadatan anomali lebih besar dari kepadatan daerah sekitarnya. Sebaliknya, jika penyimpangan tersebut adalah pengurangan nilai, yang disebut anomali negatif maka densitas anomali kurang dari kepadatan daerah sekitarnya. Nilai gravitasi yang diukur dipengaruhi oleh pasang bumi-bulan, keuntungan dan kerugian dari massa karena topografi bumi, dan referensi. Oleh karena itu, data yang diukur harus dikoreksi untuk menghilangkan pengaruh-pengaruh ini [3].

a. Koreksi Pasang Surut

Koreksi ini dilakukan untuk menghilangkan efek pengaruh pasang surut air laut akibat benda-benda langit di sekitar bumi. Gaya pasang-surut akan maksimum bila bulan dan matahari terletak pada satu arah dan berlawanan, dan akan minimum jika keduanya tegak lurus. Selain itu, penarikan bulan dan matahari juga memberikan efek pasang-surut terhadap benda-padat bumi. Gejala ini menjadi suatu ukuran tentang kekerasan bagian dalam bumi. Menurut Heiland, komponen tegak gaya pasang-surut Δg_{TDL} dirumuskan pada persamaan 2.7 berikut[4].

$$\Delta g_{TDL} = \frac{3GrM_m}{2D_m^2} \left(\cos 2a_m + \frac{1}{3} \right) - \frac{3GrM_s}{2D_s^2} \left(\cos 2a_s + \frac{1}{3} \right)$$

b. Koreksi Apungan (Drift)

Nilai pengukuran gayabarat pada suatu titik dan diulang kembali pengukurannya secara teoritis nilai gayabarat akan tetap atau konstan. Namun dalam kenyataannya nilainya akan berubah. Selain diakibatkan kondisi pasang surut, perubahan tersebut juga dapat dipengaruhi oleh mekanisme alat. Guncangan pada saat transportasi dapat mempengaruhi mekanisme alat, ini disebut dengan apungan[5].

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

c. Koreksi Lintang

Bumi berotasi pada porosnya, sehingga menyebabkan sebaran massa bumi berbeda. Sebaran massa bumi tidak sempurna, tetapi massa bumi terkumpul pada porosnya. Sehingga nilai perkiraan gayabarat rata-rata diberikan oleh fungsi

lintang. Terdapat rumusan untuk mencari koreksi lintang antara lain Potsdam 1930, ISGN 1971 (International Standardization Geodetic Network 1971) dan yang terbaru WGS 84 (World Geodetic System 1984). WGS 84 dituliskan pada persamaan berikut[4].

$$g_n = 97803267714 \left(\frac{1 + 0.001938639 \sin^2 \theta}{\sqrt{1 - 0.0066943799913 \sin^2 \theta}} \right)$$

d. Koreksi Udara Bebas

Pengukuran gayabarat di mean sea level dan di ketinggian tertentu pasti memiliki hasil yang berbeda. Setiap perubahan ketinggian terhadap mean sea level nilai gayabaratnya akan berubah. Rata-rata perubahan gayabarat terhadap ketinggian sebesar 0.3086 mGal/m (Sleep and Fujita, 1997). Titik pengamatan tidak selamanya berada pada mean sea level, sehingga perlu dilakukan koreksi. Koreksi ini disebut dengan koreksi udara bebas yang dirumuskan pada persamaan[6]:

$$FAC = 0,3086 \times h$$

e. Koreksi Bouguer

Bouguer seorang Perancis pada tahun 1749 melakukan pengamatan di pegunungan Andes, Peru. Dia menyadari adanya ketergantungan ketinggian dan rapat massa. Dia menemukan hubungan analitis rapat massa di pegunungan Andes dan rapat massa rata-rata. Sehingga koreksi Bouguer dapat dirumuskan pada persamaan berikut[4].

$$KB = 0.1491 \times \rho \times h$$

f. Koreksi Medan

Adanya efek medan akibat terdapat bukit ataupun lembah disekitar titik pengukuran yang dapat menyebabkan efek penambahan ataupun pengurangan nilai gayabarat pengukuran. Oleh karena itu dilakukan koreksi medan. Koreksi medan didapatkan dengan Hammer Chart [7].

$$TC = \frac{2\pi G \rho}{n} \left[R_L - R_D + \sqrt{R_D^2 - z^2} - \sqrt{R_L^2 - z^2} \right] mGal$$

METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Gravitimeter *LaCoste & Romberg type G-1053*, GPS *Garmin eTrex Vista Cx*, Penunjuk waktu (jam), Alat tulis, Peta geologi, Perangkat komputer dengan instalasi

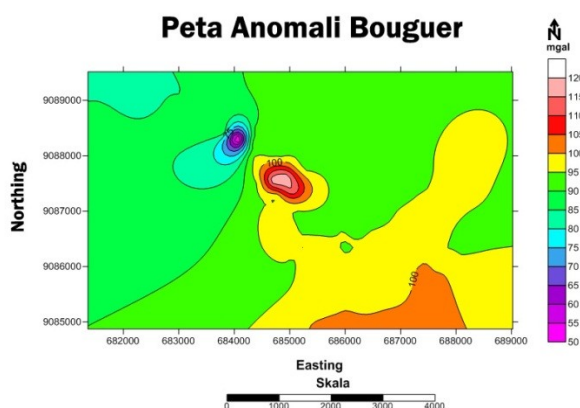
software MS. Word, MS. Excel, Surfer 9 dan Grav2DC.

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu survey lapangan dimana survey ini dilakukan sebagai langkah pengumpulan informasi dan data sehingga bisa dilakukan pembuatan desain lintasan, penentuan titik ikat serta penentuan jarak tiap antar titik pengamatan. Pada penelitian kali ini jarak antar titik pengamatan sebesar 250 meter. Selanjutnya dilakukan proses pengambilan data berupa nilai percepatan gravitasi yang terbaca pada counter Gravimeter serta koordinat posisi berupa lintang, bujur dan ketinggian. Pembacaan nilai gravitasi pada counter dilakukan sebanyak 3 kali dengan selang waktu yang berbeda agar data yang diperoleh lebih valid. Pengambilan data dilakukan dengan metode *looping* seperti skema pada Gambar 3. Pengukuran dilakukan pada 117 titik yang berbeda dan ditutup pada titik acuan atau base station. Karena menggunakan sistem kisaran tertutup, maka perlu dilakukan pengukuran ulang anomali gaya berat (gravitasi) pada titik awal pengukuran. Nilai percepatan gravitasi (gaya berat) hasil pembacaan alat dikonversi ke miligal, selanjutnya dilakukan koreksi pasang surut dan koreksi apung hingga diperoleh nilai percepatan gravitasi observasi. Selanjutnya nilai tersebut direduksi terhadap nilai percepatan gravitasi teoritis yang meliputi koreksi gravitasi normal, koreksi udara bebas, koreksi bouguer dan koreksi medan. Hasil yang diperoleh setelah dilakukan proses reduksi yaitu berupa anomali bouguer lengkap (Gambar 4) yang selanjutnya akan dilakukan tahap interpretasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Kualitatif

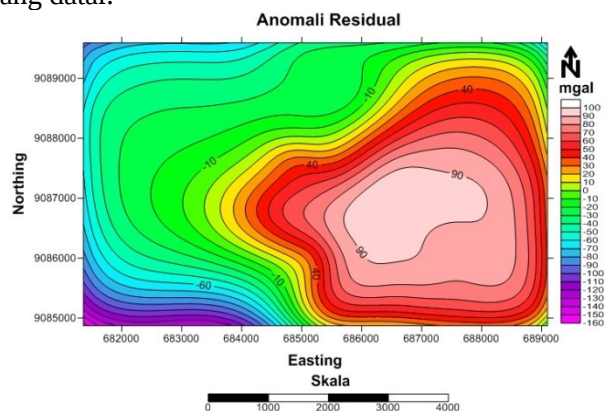
Anomali Bouguer Lengkap merupakan anomali gayabarat pada umumnya yang digunakan untuk pendugaan struktur bawah permukaan. Nilai anomali bouguer yang didapat pada penelitian ini berkisar antara +50 hingga +120 mGal seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4. Peta Anomali Bouguer Lengkap

Distribusi anomali dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu anomali rendah dan anomali tinggi, anomali rendah dengan kontras warna biru tua sampai hijau dengan kisaran +50 sampai +90 mGal yang tersebar pada wilayah sebelah barat daya ke timur laut dan anomali tinggi yang berkisar antara +95 sampai +120 mGal yang menyebar pada wilayah barat laut ke tenggara.

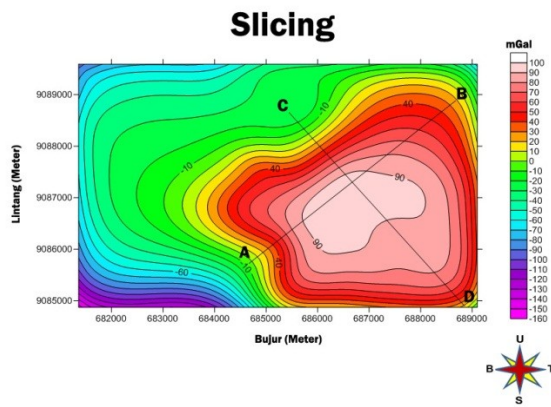
Anomali Bouguer tersebut diproyeksikan ke bidang datar dengan metode Dampney dan dilakukan pemisahan anomali lokal dan regional. Pemisahan anomali lokal dan regional dilakukan dengan metode kontinuitas keatas (*Upward Continuation*) pada ketinggian 1300 m dari bidang datar.



Gambar 5. Peta Anomali Residual

Dalam peta anomali residual dapat dilihat bahwa daerah yang memiliki anomali rendah pada keadaan sebenarnya merupakan daerah yang mudah dilewati atau mudah mendapatkan air, sedangkan pada daerah yang memiliki anomali tinggi merupakan daerah yang sulit mendapatkan air.

Pemodelan yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan software *Grav2DC for windows* dengan cara awal membuat sayatan melintang (*slicing*) AB dan CD. Poligon-poligon yang ada dibawah permukaan tersebut memiliki nilai suseptibilitas batuan yang berbeda, dimana nilai tersebut didapatkan dari referensi [7]. Pemodelan ini dilakukan dengan membuat bentuk poligon tertutup dan diubah-ubah agar didapatkan kecocokan antara kurva anomali gravitasi hasil pengukuran (garis berwarna hitam) dengan kurva hasil kalkulasi suseptibilitas batuan di bawahnya.



Gambar 6. Posisi *cross section* pada kontur anomali

Interpretasi Kuantitatif

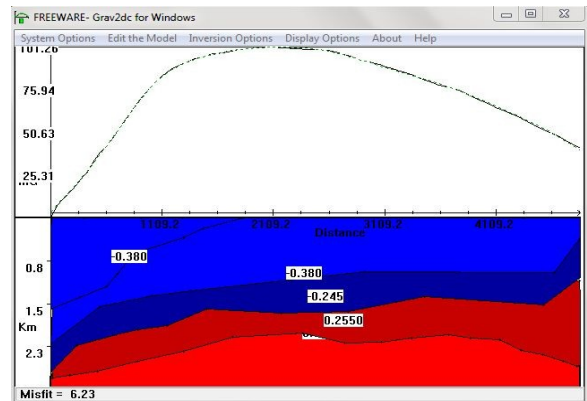
Pada penampang AB panjang lintasannya sepanjang ± 4 kilometer dan didapatkan nilai kontras densitas sebesar $\Delta \rho = -0,38 \text{ gr/cm}^3$ dengan ditandai warna

biru muda yang memiliki harga densitas model $2,25 \text{ gr/cm}^3$ yang diperkirakan sebagai sedimentasi berupa *clay* (batuan lempung). Kemudian struktur yang berada dibawahnya terdapat hasil sedimentasi berupa napal pasir dengan harga densitas model $2,4 \text{ gr/cm}^3$ yang pada model kontras densitasnya ditunjukkan dengan nilai $\Delta \rho = -0,245 \text{ gr/cm}^3$ yang ditandai dengan

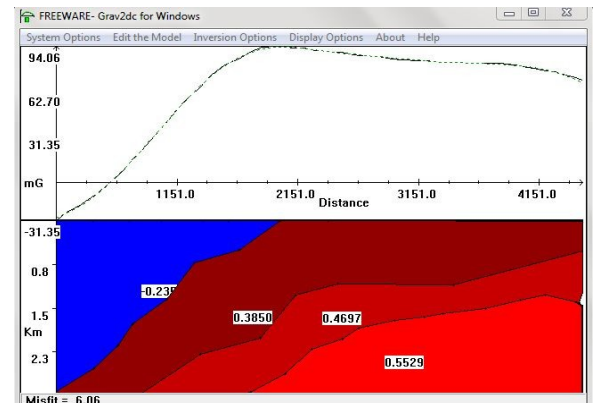
warna biru tua. Struktur berikutnya memiliki kontras densitas sebesar $\Delta \rho = 0,25 \text{ gr/cm}^3$

dan mempunyai harga densitas model sebesar $2,7 \text{ gr/cm}^3$ yang ditafsirkan sebagai batuan *sandstone* (batu pasir). Pada struktur dibawahnya terdapat sedimentasi gamping dengan kontras densitas sebesar $\Delta \rho = 0,45 \text{ gr/cm}^3$ dan harga densitas

modelnya sebesar $2,9 \text{ gr/cm}^3$ yang diperkirakan sebagai *limestone* (batuan gamping).



Gambar 7. Hasil pemodelan line AB



Gambar 8. Hasil pemodelan line CD

Pada lintasan CD di kedalaman 3 kilometer di bawah garis acuan memiliki panjang lintasan sumbu X sepanjang ± 4 kilometer didapatkan nilai kontras densitas sebesar $\Delta \rho = -0,235 \text{ gr/cm}^3$ yang ditandai dengan

kontras warna biru dengan harga densitas model adalah $2,25 \text{ gr/cm}^3$ yang ditafsirkan sebagai hasil sedimentasi berupa *clay* (batuan lempung). Kemudian diselipi oleh batuan sedimen lain yang memiliki kontras densitas $\Delta \rho = 0,385 \text{ gr/cm}^3$ dengan harga densitas

model $2,4 \text{ gr/cm}^3$ yang ditafsirkan sebagai batuan napal pasir. Selanjutnya dibawahnya terdapat nilai kontras densitas sebesar $\Delta \rho = 0,4697 \text{ gr/cm}^3$ yang memiliki harga

densitas model sebesar $2,7 \text{ gr/cm}^3$ yang ditafsirkan sebagai *sandstone* (batuan pasir) dan lapisan terakhir memiliki kontras densitas sebesar $\Delta \rho = 0,5529 \text{ gr/cm}^3$ dengan harga densitas

batuan $2,9 \text{ gr/cm}^3$ yang ditafsirkan sebagai *limestone* (batuan gamping).

KESIMPULAN

Pada kontur Anomali Bouguer Lengkap diperoleh nilai anomali positif

dengan rentang +50 sampai +120 mGal. Nilai anomali kontur ABL pada penelitian ini dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu anomali rendah dan anomali tinggi, anomali rendah dengan kisaran +50 sampai +90 mGal, anomali rendah ini terdistribusi pada bagian barat daya ke timur laut. Anomali tinggi kisaran +95 sampai +120 mGal yang

terdistribusi di bagian barat laut ke tenggara.

Struktur bawah permukaan pada pemodelan 2D terdapat beberapa lapisan yang menggambarkan bahwa jenis batuan terdiri dari batuan *clay* (batuan lempung) dengan nilai densitas batuan $2,25 \text{ gr/cm}^3$, napal pasir dengan nilai densitas $2,4 \text{ gr/cm}^3$, *sandstone* (batuan pasir) dengan nilai densitas $2,7 \text{ gr/cm}^3$, serta *limestone* (batuan gamping) dengan nilai densitas $2,9 \text{ gr/cm}^3$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sujanto,R. Hardisantono, Kusnama, Rchaniago, dan R.Baharuddin. 1992. *Peta Geologi Lembar Turen, Jawa Timur*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung
- [2] Lillie, R. J., 1999. *Whole Earth Geophysics : An Introductory Textbook for Geologist and Geophysicist*. Prentice-hall, Inc. USA
- [3] Sunaryo. 2012. *Identification Of Arjuno-Welirang Volcano-Geothermal Energy Zone By Means Of Density And Susceptibility Contrast Parameters*. International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol: 12 No: 01
- [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] Telford, W. M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics Second Edition*. Cambridge University Press. USA