

INTERPRETASI BAWAH PERMUKAAN GUNUNG ANAK RANAKAH DENGAN PEMODELAN DUA DIMENSI (2D) BERDASARKAN DATA ANOMALI GRAVITASI LOKAL

Godensius Tematur, Jehunias L. Tanesib, Redi K. Pingak

Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

ABSTRAK

Penelitian geofisika dengan menggunakan metode gravitasi telah dilakukan di Gunung Anak Ranakah dan sekitarnya di kabupaten Manggarai Nusa Tenggara Timur pada bulan Juni sampai dengan bulan Juli 2016. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi geologi bawah permukaan daerah penelitian dengan menggunakan data anomali udara bebas dari Sandwell dan Smith 2016. Data tersebut direduksi dengan koreksi atmosfer, koreksi Bouguer Sederhana, dan koreksi kurvatur hingga memperoleh anomali Bouguer Lengkap. Data anomali Bouguer dibawa ke bawah bidang topografi dengan metode kontinuitas ke bawah sedalam 300 m menggunakan program *Magpic*. Selanjutnya dilakukan pemodelan 2 dimensi menggunakan program *Grav2DC*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kondisi geologi bawah permukaan gunung Anak Ranakah dan Sekitarnya didominasi oleh batuan basalt (densitas $2,70 \text{ g/c}^3$ - $3,30 \text{ g/c}^3$), andesit (densitas $2,4 \text{ g/c}^3$ - $2,8 \text{ g/c}^3$), dan soil (densitas $1,2 \text{ g/c}^3$ - $2,40 \text{ g/c}^3$).

Kata kunci: *Anomali Gravitasi, Pemodelan 2D, Gunung Anak Ranakah*

ABSTRACT

Geophysical research by using the gravity method has been carried out on the Ranakah child mountain and surrounding areas in Manggarai Regency of East Nusa Tenggara in June until July 2016. This research aims to know the condition of the subsurface geology of the area of research using the free air anomaly data from Sandwell and Smith 2016. The data are reduced by atmospheric correction, Simple Bouguer correction, and the correction of curvature to obtain complete Bouguer anomalies. Bouguer anomaly data brought down the field topography with continuation method down as deep as 300 m using the Magpic. Then, 2 dimensional modeling is done using the Grav2DC. The results obtained show that the geological conditions under the surface of the Ranakah Child mountain and its surrounding area was dominated by basalt rocks (density of 2.70 g/c^3 – 3.30 g/c^3), andesite (density of 2.4 g/c^3 – 2.8 g/c^3), and soil rocks (density of 0.7 g/c^3 – 2.40 g/c^3).

Keywords: *Gravity Anomaly, 2D Modelling, Ranakah child Mountain.*

PENDAHULUAN

Geofisika adalah ilmu yang mempelajari tentang bumi dengan menggunakan parameter-parameter fisika. Target dari metode ini adalah bumi bawah permukaan. Metode ini terdiri dari beberapa jenis diantaranya adalah metode gravitasi. Metode gravitasi didasarkan pada adanya perbedaan kecil dari medan gravitasi yang disebabkan oleh adanya distribusi massa yang tidak merata di lapisan bumi yang menyebabkan tidak meratanya distribusi massa jenis batuan. Metode ini digunakan karena dapat menggambarkan struktur geologi di bawah permukaan bumi dengan jangkauan yang dalam di bawah permukaan bumi.

Gunung Anak Ranakah (Namparnos) merupakan gunung api aktif di Kabupaten Manggarai, Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dengan letak geografis $8^{\circ}36'22''$ LS dan $120^{\circ}32'13''$ BT. Gunung api ini merupakan gunung dengan tipe strato dengan ketinggian 2247,5 m dpl (di atas permukaan laut). Gunung Anak Ranakah pernah meletus pada 28 Desember 1987, dan sampai sekarang periode letusannya belum diketahui [1].

Salah satu informasi yang perlu diketahui mengenai kondisi di bawah permukaan bumi adalah jenis persebaran batuan. Jenis persebaran batuan-batuan tersebut dapat diketahui berdasarkan bentuk

dan besar rapat massa batuan. Informasi ini akan sangat membantu dalam proses pembangunan, yakni untuk meminimalisasikan resiko kerusakan akibat terjadinya gempa ataupun penurunan tanah. Gambaran atau struktur bawah permukaan ini dapat diketahui dengan pemodelan dua dimensi (2D), dua setengah dimensi (2,5D) dan tiga dimensi (3D). Dengan memicu pada permasalahan di atas maka hendak dilakukan penelitian mengenai Interpretasi Bawah Permukaan Gunung Anak Ranakah dengan Pemodelan 2D Berdasarkan Data Anomali Gravitasi Lokal

DASAR TEORI

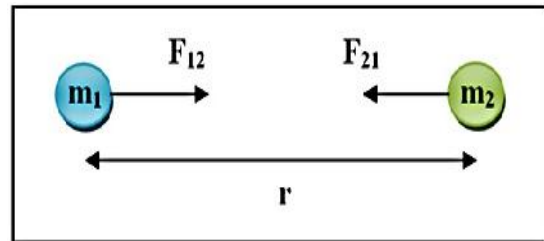
Prinsip Dasar Metode Gravitasi

Metode gravitasi adalah salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menyelidiki lapisan bawah permukaan bumi. Prinsip dasar metode gravitasi adalah berdasarkan anomali gravitasi yang muncul karena adanya variasi rapat massa batuan yang menggambarkan struktur geologi di bawah permukaan bumi. Adanya variasi rapat massa batuan di suatu tempat dengan tempat lain, akan menimbulkan medan gaya gravitasi yang tidak merata, perbedaan inilah yang terukur di permukaan bumi.

Pada setiap tempat di permukaan bumi nilai percepatan gravitasi bumi dipengaruhi oleh lima faktor seperti lintang, ketinggian, topografi di sekitar titik pengukuran, interaksi bumi dan matahari serta bulan (pasang-surut) serta perbedaan (variasi) rapat massa batuan di bawah permukaan bumi. Perbedaan (variasi) rapat massa batuan di bawah permukaan bumi merupakan satu-satunya faktor yang signifikan dalam eksplorasi gaya berat dan pada umumnya memiliki nilai yang sangat kecil dibandingkan kombinasi keempat faktor lainnya.

Hukum gravitasi Newton 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.

Hukum gravitasi Newton (gambar 1):



Gambar 1. Gaya tarik menarik menarik antara dua benda \$m_1\$ dan \$m_2\$.

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

Potensial gravitasi distribusi massa

Potensial gravitasi adalah energi yang diperlukan untuk memindahkan suatu massa dari suatu titik ke titik tertentu. Suatu benda dengan massa tertentu dalam sistem ruang akan menimbulkan medan potensial bersifat konservatif, artinya usaha yang dilakukan dalam suatu medan gravitasi tidak bergantung pada lintasan yang ditempuhnya tetapi hanya bergantung pada posisi awal dan akhir. Medan potensial dapat dinyatakan sebagai gradien atau potensial skalar [2], melalui persamaan:

$$g = -\nabla U(r) \quad (2)$$

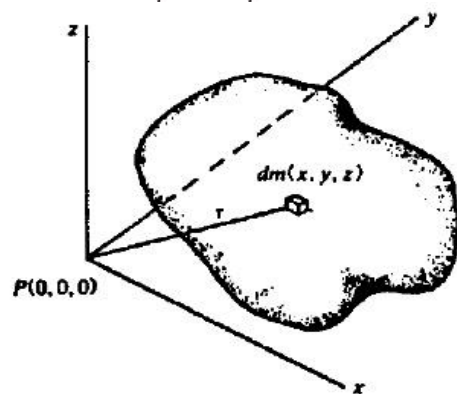
Fungsi \$U\$ pada persamaan di atas disebut potensial gravitasi, sedangkan percepatan gravitasi \$g\$ merupakan medan potensial. Tanda minus menandakan bahwa arah gravitasi menuju ke titik yang dituju.

Dengan mengasumsikan bumi dengan massa \$M\$ bersifat homogen berbentuk bola dengan jari-jari \$R\$, potensial gravitasi di permukaan bumi dapat didefinisikan dengan persamaan:

$$\nabla U(\vec{r}) = -\frac{F(\vec{r})}{m_2} = -g(\vec{r}) \quad (3)$$

$$U(\vec{r}) = \int_{\infty}^r (\nabla U) \cdot d = -\int_{\infty}^r g \cdot d \quad (4)$$

$$U(\vec{r}) = -G \int_{\infty}^r \frac{d}{r^2} = G \frac{m}{r} \quad (5)$$



Gambar 2. Potensial massa tiga dimensi [9]
Reduksi Data Gravitasi

Data gravitasi pada suatu titik pengamatan merupakan gabungan dari berbagai faktor gravitasi sehingga belum mencerminkan pengaruh kontras densitas bawah permukaannya, maka diperlukan reduksi yang menghilangkan pengaruh efek gravitasi luar [5]. Pengaruh kontras densitas bawah permukaan disebut anomali medan gravitasi.

Anomali medan gravitasi adalah medan gravitasi yang ditimbulkan oleh perbedaan nilai kontras densitas di bawah permukaan bumi. Anomali medan gravitasi bumi diukur/terukur bersama medan gravitasi bumi. Untuk memperolehnya secara matematis dapat didefinisikan bahwa anomali medan gravitasi di topografi atau posisi (x, y, z) merupakan selisih dari medan gravitasi observasi di topografi dengan medan gravitasi teoritis di topografi. Bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\Delta g(x, y, z) = g_o(x, y, z) - g_t(x, y, z) \quad (6)$$

dengan $\Delta g(x, y, z)$ merupakan anomali medan gravitasi di topografi, $g_o(x, y, z)$ adalah medan gravitasi observasi di topografi, dan $g_t(x, y, z)$ adalah medan gravitasi teoritis di topografi.

Nilai medan gravitasi normal yang secara fisis terdefinisi pada posisi referensi sferoida $g(x, y, 0)$ dibawa ke posisi topografi $g(x, y, z)$. Hal ini dilakukan karena nilai medan gravitasi observasi secara fisis berada pada bidang topografi. Proses ini dikenal sebagai koreksi udara bebas.

Selanjutnya medan gravitasi normal diperhitungkan atau dikoreksi terhadap massa yang terletak diantara bidang referensi sferoida dengan permukaan topografi karena massa ini turut mempengaruhi harga anomali medan gravitasi. Koreksi ini dikenal sebagai koreksi topografi.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Sandwell dan Smith tahun 2016, yang berupa data:

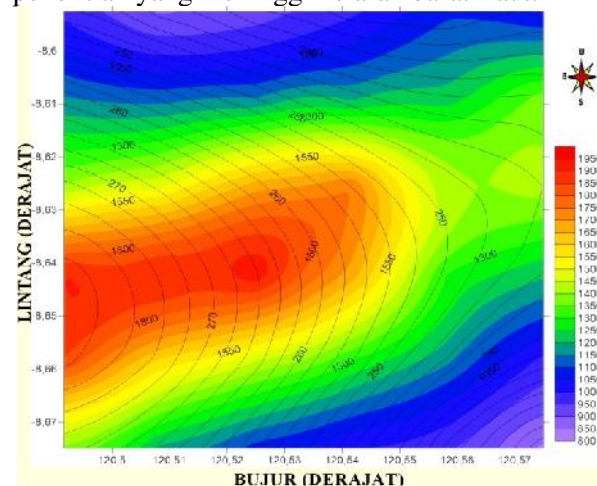
1. Anomali Gravitasi Udara Bebas
Data ini diperoleh dari pengukuran yang dilakukan oleh satelit altimeter ERS-1 dan Geosat/GM
2. Topografi Daerah Penelitian
Data topografi daerah penelitian merupakan hasil pengukuran radar altimeter presisi tinggi yaitu Geosat, ERS-

- 1, Topex, ERS-2, GFO, Jason I 2001, ENVISAT 2002, dan Jason 2.

Data tersebut diolah atau di koreksi menggunakan Microsoft Excell dengan koreksi Topografi, bouguer sederhana, atmosfer hingga memperoleh Anomali bouguer lengkap, selanjutnya data hasil pengolahan di tampilkan dalam bentuk peta kontur menggunakan Software *Surfer 11.0*. Data anomai bouguer lengkap kemudian dilakukan pemisahan menggunakan software *Magpick* untuk memperoleh Anomali Regional dan anomali Lokal, dan selanjutnya anomali Lokal tersebut akan dimodelkan menggunakan Software *Grav2DC*. Pemodelan yang dibuat harus memperhatikan segi informasi geologi daerah penelitian. Pemodelan tersebut akan akan menghasilkan struktur bawah permukaan dari data anomali yang kemudian dilakukan interpretasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan peta kontur anomali bouguer lengkap (Gambar 3) terlihat bahwa terdapat adanya perbedaan arah garis-garis anomali untuk setiap peta kontur yang ada. Hal ini dikarenakan nilai anomali masih dipengaruhi oleh kondisi topografi daerah penelitian yang meninggi ke arah barat Laut.

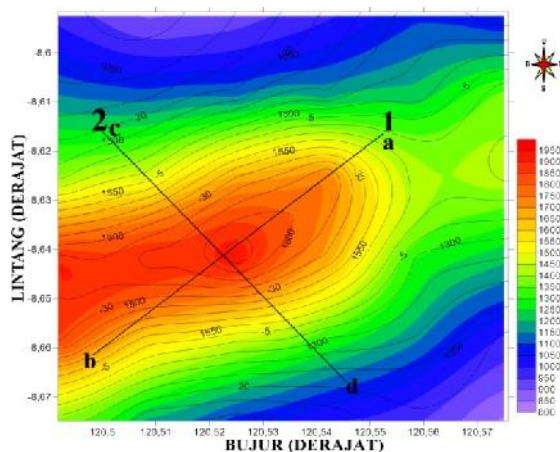


Gambar 3 Peta kontur Anomali Bouguer Lengkap di atas topografi dan skala pembacaan

Anomali Bouguer merupakan superposisi dari anomali lokal dan anomali regional, maka untuk mendapatkan anomali lokal yang merupakan anomali dari benda terkubur yang dicari, anomali bouguer harus diolah untuk dipisahkan anomali lokal dan anomali regionalnya. Untuk memisahkan

anomali lokal dan anomali regionalnya, penulis menggunakan program *Magpick* dan akan akan ditampilkan dalam bentuk peta kontur untuk dan kemudian dibuat sayatan untuk dilakukan pemodelan (gambar 4).

Interpretasi kuantitatif dilakukan dengan membuat pemodelan menggunakan *software Grav2DC*, dengan masukan berupa posisi dan profil nilai anomali gravitasi proses struktur bawah permukaan cukup sulit dilakukan. Pemodelan dilakukan membuat profil model pengamatan yang sesuai model yang sebenarnya. Mendekatnya nilai anomali uji coba dan hasil pengukuran di lapangan ditandai dengan semakin berhimpitnya grafik anomali uji coba (garis utuh) dengan grafik anomali hasil pengukurun di lokasi pengambilan data (garis putus-putus). Jika kedua grafik saling berhimpit maka akan mengindikasikan bahwa model bawah permukaan lokasi penelitian akan mendekati keadaan yang sebenarnya.



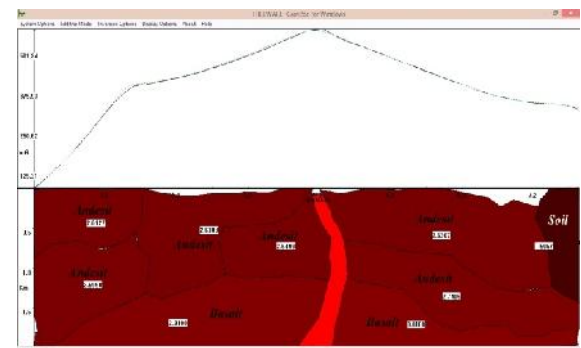
Gambar 4 Peta kontur anomali lokal, irisan 1 dan 2, dan skala pembacaan.



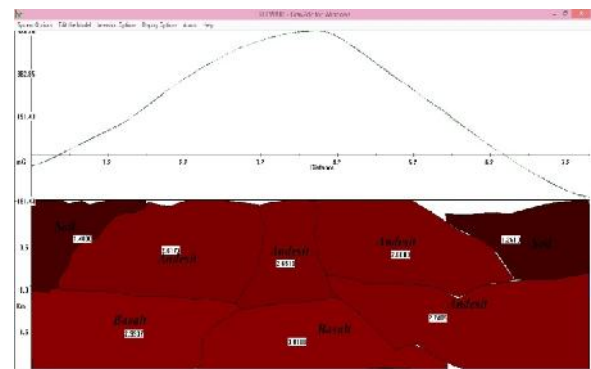
Gambar 5 Citra satelit gunung Anak Ranakah (*Google Earth*).

Pada pemodelan irisan 1 ini dikomposisi oleh 11 buah *body* yang masing-masing *body* memiliki harga densitas yang beragam. Tampak bahwa daerah penelitia

didominasi oleh beberapa jenis batuan, diantaranya adalah batuan Basalt (densitas $2.70 \text{ g/cm}^3 - 3.30 \text{ g/cm}^3$), batuan tersebut merupakan jenis batuan beku. Selanjutnya batuan Andesit yang merupakan batuan beku yang terbentuk dari magma atau lava telah keluar ke permukaan bumi yang kemudian mendingin dan membeku dengan cepat (densitas $2.4 \text{ g/cm}^3 - 2.80 \text{ g/cm}^3$), batuan Soil (densitas $1.2 \text{ g/cm}^3 - 2.40 \text{ g/cm}^3$), merupakan batuan Sedimen yang terbentuk sebagai akibat dari pengendapan material yang berasal dari pelapukan batuan karena proses alam yang kemudian tertransportasi ke suatu tempat tertentu.



Gambar 6. Profil gunung anak ranakah sayatan 1.



Gambar 7. Profil gunung Anak Ranakah sayatan 2.

Pada pemodelan irisan 2 dikomposisi oleh 8 buah *body* juga yang memiliki harga densitas untuk setiap *body* bervariasi. Diantaranya adalah batuan basalt, batuan Andesit dan Soil.

KESIMPULAN

Setelah melakukan pengolahan data dan pemodelan dengan menggunakan metode

gravitasi, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai anomali gravitasi Gunung Anak Ranakah relatif meninggi ke arah barat laut.
2. Dari hasil pemodelan yang telah dilakukan menggunakan *Software Grav2DC*, tampak bahwa hasil pemodelan mendekati struktur bawah permukaan daerah penelitian. Hal ini diindikasikan oleh berhimpitnya grafik model dan grafik hasil penelitian.
3. Hasil penelitian menjelaskan bahwa daerah penelitian didominasi oleh beberapa jenis batuan diantaranya adalah batuan Basalt dengan nilai densitas $2,70 \text{ gram/cm}^3$ - 3.30 gram/cm^3 , batuan Andesit dengan nilai densitas antara 2.40 gram/cm^3 - 2.80 gram/cm^3 dan tanah yang merupakan hasil pelapukan batuan dengan nilai densitas antara 1.2 gram/cm^3 - 2.40 gram/cm^3).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Geologi Indonesia. 2014. Gunung Api Aktif di Indonesia. Bandung, Jawa Barat, RI.
- [2] Blakely, R. J. 1995. *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press USA.
- [3] Grant and West, 1965. *Interpretation Theory and Geophysics*, McGraw-Hill Inc, New York
- [4] Li, Yaoguo and Douglas W. Oldenburg. 1998. *3D Inversion of Gravity Data*. Geophysics, Vol. 63 No.1 pp.109119. Society of Exploration Geophysicists.
- [5] Nurwidyanto, 2011. *Pemodelan Zona Sesar Opak di Daerah Plere Bantul Yogyakarta dengan Metode Gravitasi*. Berkala Fisika Volume 10 halaman 65-70, FMIPA, UNDIP, Yogyakarta.
- [6] Sandwell, D.T., dan Smith, W. H. F, 1999. *Bathymetric Estimation In Satellite Altimetry and Earth Sciences*, Academic Press.
- [7] Schon. J. H, 1996. Physical properties of Rocks, *Fundamental and Principles of Petrophysics*, Institute of Applied Geophysics, Austria.
- [8] Tanesib, J. L., 2010. *Kajian Tektonika Pulau Timor: Interpretasi Bawah Permukaan Pulau Timor Dan Sekitarnya Dengan Metode Gravitasi*. Tesis S2 Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [9] Telford, M.W., Geldart, L.P., Sheriff, R. E dan D. A. Keys. 1976. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press. London.
- [10] Zhou, X., Zhong, B., Li, X., 1990. *Gravimetric Terrain Correction by Triangular-Element Method*. Geophysics. Vol. 55. Page 232-238.