GRAVITASI
Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains
Vol (6) No (02) Edisi Desember Tahun 2023

https://ejurnalunsam.id/index.php/JPFS

# Analisis Potensi Geothermal Gunung Sibualbuali Menggunakan Metode Gravity

**Singgih Hidayat[1], Lailatul Husna Lubis[2], Alexander F.T Parera[3]**

[1]Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
[2]Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika
Jln. Lap. Golf No. 120, Kp. Tengah, Kec. Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, 20353
Email Korespondensi: lailatulhusnalubis@uinsu.ac.id

**ABSTRAK**

*Gunung ini memiliki dua fumarol di bagian selatan gunung. Kubah lava berasal dari transfer sesar Toru-Asik. Dan Gunung Sibualbuali terdiri dari aliran lahar andesit hingga dasit yang umumnya berumur Holosen. Penelitian bertujuan untuk menginterpretasikan struktur bawah permukaan di daerah panas bumi Sibual-buali Tapanuli Selatan dengan menggunakan metode gravity. Manifestasi yang muncul di permukaan antara lain bumi dan batu panas, batuan permukaan hitam seolah terbakar, dan beberapa fumarol di sekitar jalurnya. Dalam menginterpretasikan struktur bawah permukaan, juga diperoleh sebuah nilai deviasi setiap anomali mulai dari peta Complete Bouguer Anomali dengan nilai deviasi tertinggi sampai terendah berkisar 64 mGal sampai 112 mGal. Pada peta anomali regional diperoleh nilai deviasi tertinggi sampai terendah 66 mGal hingga 110 mGal. Dan pada nilai anomali residual dengan nilai deviasi tertinggi sampai terendah berkisar -0,1 mGal sampai 0,15 mGal. Nilai anomali yang tinggi di bagian barat menyebar ke bagian barat daya, selatan, tenggara, dan timur sehingga memungkinkan batuan dengan densitas tinggi dari kedalaman dalam hingga dangkal berasosiasi dengan batuan basalt. Dan lapisan ini merupakan lapisan batuan basalt yang manifestasinya berupa tanah panas dan batu panas serta fumarol.*

*Kata kunci: fumarol, gravitasi, panas bumi, manifestasi.*

**ABSTRACT**

*Mount Sibualbuali is a stratovolcano located in northern Sumatra, Indonesia. The mountain has two fumaroles on the south side of the mountain. The lava dome originates from the Toru-Asik fault transfer. And Mount Sibualbuali consists of andesite to dacite lava flows, which are generally of Holocene age. The research aims to interpret the subsurface structure in the Sibual-buali South Tapanuli geothermal area using the gravity method. Manifestations that appear on the surface include hot earth and rock, black surface rock as if burnt, and several fumaroles around its path. In interpreting the subsurface structure, a deviation value for each anomaly is also obtained starting from the Complete Bouguer Anomaly map with the highest to the lowest deviation values ranging from 64 mGal to 112 mGal. On the regional anomaly map, the highest to lowest deviation values are 66 mGal to 110 mGal. And the residual anomaly value with the highest to the lowest deviation ranges from -0.1 mGal to 0.15 mGal. High anomaly values in the west spread to the southwest, south, southeast, and east so that high density rocks from deep to shallow depths are associated with basalt rocks. And this layer is a layer of basalt rock whose manifestations are hot soil and hot rock and fumaroles.*

*Keywords: fumaroles, gravity, geothermal, manifestations.*

## A. PENDAHULUAN

Sibualbuali termasuk gunung api aktif tipe B, karena tidak ada catatan letusan sejak abad ke-17. Gunung Api Sibualbuali merupakan bagian dari Pegunungan Barisan yang terbentang dari utara ke selatan pulau Sumatera pada sisi peta geologi Padangsidempuan dan Sibolga. Puncak tertinggi adalah kerucut Gunung Sibualbuali (1819 m) dan Gunung Lubukraya (1862 m). Bentuk tubuh Gunung Api Sibualbuali yang tidak berpola didominasi oleh bentuk sesar yang berarah baratlaut-tenggara. Kabupaten Tapanuli Selatan terletak di bagian barat

dan selatan provinsi Sumatera Utara. Topografi Kabupaten Tapanuli Selatan terletak dari dataran rendah hingga dataran tinggi. Gunung Sibualbuali adalah jenis gunung stratovolcano yang berada di Sumatera Utara, Indonesia. Gunung ini terdapat dua fumarol di arah selatan (Primulyana & Prambada, 2011)

Adapun kubah lava yang berasal dari transfer sesar Toru-Asik. Gunung Sibualbuali terdiri dari aliran lahar andesit hingga dasit yang umumnya berumur Holosen. Bentuk gunung Sibualbuali yang tidak beraturan didominasi dengan bentuk sesar yang berarah relatif baratlaut-tenggara. Aktivitas Gunung Sibualbuali ditandai dengan adanya manifestasi geothermal seperti bak air panas, mata air panas, wilayah panas, bumi yang mengepul. Sampai saat ini sumber kapasitas alam *geothermal* Tapanuli Selatan hanya dimanfaatkan sebagai tujuan wisata air panas (Juliani, 2013).

Analisis potensi *geothermal* bertujuan untuk menginterpretasikan sebaran wilayah potensial dan energi *geothermal* dengan menggunakan metode geofisika untuk memahami sifat wujud batuan bawah tanah. Metode geofisika yang digunakan berupa metode *gravity*. Metode *gravity* ialah metode penelitian geofisika yang didasarkan pada selisih medan gravitasi yang disebabkan pengaruh perbedaan massa jenis susunan batuan permukaan bumi (Liana et al., 2020). Hasil pengolahan data menunjukkan adanya perbedaan densitas massa batuan, sehingga memungkinkan untuk memastikan bentuk geologi bawah tanah yang menyimpan kemungkinan adanya *geothermal* di wilayah penelitian berdasarkan data tersebut.

Metode ini mempunyai keunggulan dibandingkan *survey frontal* yaitu mampu membagikan informasi yang cukup jelas mengenai kontras antara struktur bumi dan nilai batuan. Dalam permasalahan *geothermal*, perbandingan nilai yang akan digunakan saat mempelajari metode *gravity*. Terletak pada suatu wilayah *geothermal* di dalam tanah dapat mengakibatkan perbedaan densitas dengan massa batuan disekelilingnya (Gunawan et al., 2022). Energi *geothermal* ialah energi panas yang natural dari dalam tanah yang dipindahkan ke bidangnya secara konduksi dan konveksi. Secara khusus, pertukaran kenaikan suhu dengan intensitas kerak sekitar $30^0C/km$ (Indratmoko et al., 2009).

## B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di gunung Sibualbuali, Tapanuli Selatan. Titik koordinat pengambilan adalah koordinat longitude $1^0{'}33{'}36"$ LU dan $99^0{'}15{'}36"$ BT yang mempunyai ketinggian $\pm 1.819$ meter di atas permukaan laut.




**Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Gunung Sibualbuali**

Jumlah keseluruhan potensi sumber daya geothermal global adalah 40% di Indonesia. Sumber kapasitas geothermal yang terdapat di Indonesia terdiri dari dua kelompok. Pertama ialah mata air panas bumi yang terletak melintasi gunung berapi. Sumber geothermal pada jalur ini meliputi pulau Sumatera, Jawa, Bali, NTB, NTT, Sulawesi Utara, bahkan sampai pulau Maluku Utara yang merupakan sumber geothermal non-vulkanik yang tidak terletak di jalur vulkanik (Aulia et al., 2022). Proses pengambilan data yang dipakai dalam penelitian ini berupa data sekunder yang diperoleh dari citra satelit *https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi*. Situs yang dikembangkan oleh Scripps

Institution of Oceanography, University of California San Diego, AS. Data anomali topografi dan gravitasi untuk area tersebut dapat diambil dari situs web dengan memasukkan lokasi geografis, sehingga data tersebut di-grid dalam format ASCII-XYZ.

Koordinat didapatkan dari halaman *https://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi* adalah bujur dan lintang dalam derajat yang diubah ke dalam format UTM (Timur-X dan Utara-Y). Sehingga dikonversikan koordinat tersebut melalui website *http://www.yogantara.info/*. Setelah data diubah menjadi UTM, kita cari total Bouguer Anomali (CBA) dengan menggunakan persamaan (1) :

$$G_{obs} - G_l + FAC - BC \qquad (1)$$

dimana

$G_{obs}$ : gravity absolute
$G_l$ : garis lintang
$FAC$ : free air correction
$BC$ : bouguer correction

Selanjutnya langkah yang dikerjakan adalah pemfilteran untuk memilah anomali bouguer lengkap sebagai anomali regional dan residual (Anggraeni, 2021). Anomali Bouger adalah perbedaan antara nilai gravitasi terukur dan nilai gravitasi teoritis. Nilai anomali Bouger diperoleh dari superposisi anomali regional *(internal gravity response)* (Aditama et al., 2018). Pada penelitian ini, pembedaan anomali regional, residual dan CBA dilakukan dengan menggunakan *software surfer* dan pemisahannya menggunakan *moving average (mxn)* pada *software surfer* 13. Dimana anomali regional yang berkaitan dari kerapatan terendah sedangkan anomali residual berkaitan dengan kerapatan yang tinggi (Gusnia et al., 2022).

Metode Gravitasi adalah metode pengukuran geofisika yang dipakai untuk menghitung perubahan medan gravitasi bumi hasil dari perbedaan massa jenis batuan bawah tanah dan perbedaan topografi di rataan (dataran rendah atau perbukitan). Prinsip dasar metode gravitasi merupakan hukum gravitasi Newton. Hukum Gravitasi Newton menjelaskan adanya energi tarik menarik terhadap dua buah benda yang setara dengan massa kedua benda dan berlawanan pada kuadrat jarak ruang inti massa kedua benda tersebut (Anisa et al., 2018). Kedua objek yang dibedakan oleh jarak tertentu akan mempunyai gaya tarik menarik yang besarnya dituliskan pada rumus (2) :

$$\vec{F}(r) = G\frac{M_1 M_2}{r^2}\hat{r} \qquad (2)$$

dengan

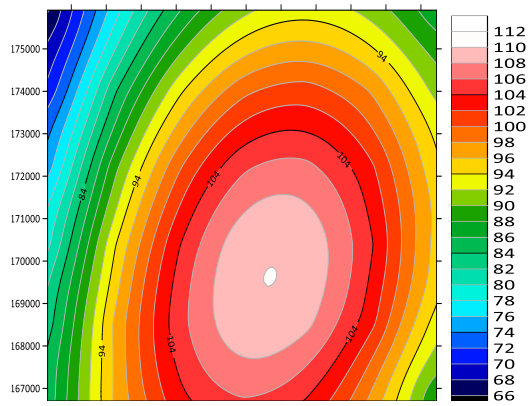
$\vec{F}(r)$ : gaya tarik menarik pada $M_1$ karena adanya $M_2$.
$G$ : nilai gaya berat ($6{,}67 \times 10^{-11}\, m^3 kg^{-1} s^{-2}$).
$M_1$ : massa benda 1 (kg).
$M_2$ : massa benda 2 (kg), dan
$r$ : jarak antar pusat massa (m)

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

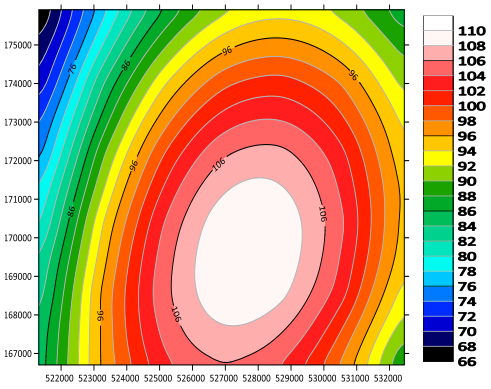
Complete Bouguer Anomali ialah superposisi dari anomali regional dan anomali residual. Anomali regional merupakan anomali gaya berat akibat perbedaan kerapatan batuan di daerah yang dalam, sedangkan anomali residual merupakan anomali gaya berat akibat perbedaan kerapatan batuan di wilayah yang rendah.

Peta kontur lengkap anomali Bouguer dapat dilihat pada Gambar 2. Total nilai anomali Bouguer untuk kawasan pegunungan Sibualbuali dikelompokkan menjadi tiga jenis anomali yang berbeda. Pertama adalah deviasi besar dengan nilai antara 92 mGal dan 112 mGal. Anomali ini biasanya berwarna (kuning hingga putih). Kedua adalah deviasi sedang dengan nilai dari 74 mGal menjadi 91,9 mGal. Penyimpangan ini biasanya berwarna (biru sampai kuning). Ketiga adalah deviasi kecil dengan nilai dari 66 mGal menjadi 73,9 mGal. Penyimpangan ini biasanya berwarna (hitam ke biru).




**Gambar 2. Peta Kontur Anomali Bouguer[4] Lengkap**

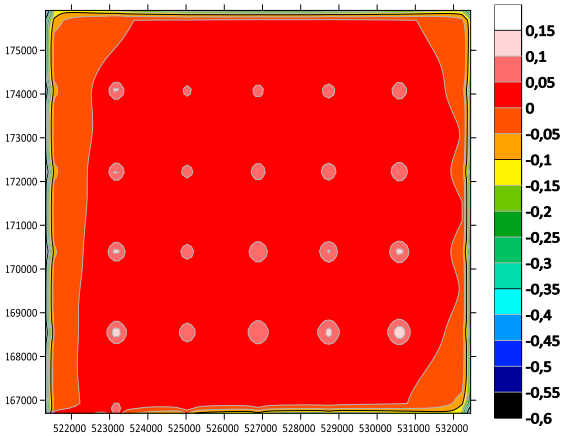
Perbedaan pada setiap anomali regional dan residual dilakukan dengan cara *moving average (mxn)* pada *software surfer* 13. Metode ini memberikan kedalaman yang jauh. Bersumber di pola yang tersebar pada anomali regional oleh Gambar 3 tingkat anomali regional terdiri atas tiga wilayah yaitu wilayah tinggi, sedang dan rendah. Nilai deviasi yang tinggi antara 92 mGal dan 110 mGal (kuning hingga putih). Nilai deviasi sedang berkisar antara 76 mGal hingga 90 mGal (biru hingga hijau). Nilai rendah dari distribusi anomali adalah antara 66 mGal dan 75 mGal (hitam ke biru). Anomali regional diakibatkan karena perbedaan kerapatan batuan di posisi yang




**Gambar 3. Peta Kontur Anomali Regional**

dalam. Pada nilai anomali yang tinggi diprediksi terdapatnya batuan dengan nilai densitas dan kekuatan yang cukup tinggi. Nilai anomali sedang diprediksi terdapatnya batuan dengan kerapatan sedang dan kedalaman yang besar, sedangkan nilai rendah dimungkinkan terdapatnya batuan dengan kerapatan rendah dan kedalaman besar.

Anomali residual adalah anomali lokal yang disebabkan oleh sumber anomali gravitasi dangkal. Distribusi deviasi residual ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai yang tersebar pada anomali residual bervariasi karena kerapatan batuan yang bertentangan. Berdasarkan gambar 4, nilai penyimpangan yang besar adalah antara -0,1 mGal dan 0,15 mGal (warna dari oranye ke putih). Deviasi sedang antara -0,35 mGal hingga -0,18 mGal (warna biru atau kuning), sedangkan deviasi rendah adalah -0,6 mGal hingga -0,4 mGal (hitam hingga biru).




**Gambar 4. Peta Kontur Anomali Residual**

Nilai anomali tinggi di barat meluas ke bagian barat daya, selatan, tenggara, dan timur sehingga memungkinkan batuan dengan densitas tinggi dari kedalaman dalam hingga dangkal berasosiasi dengan batuan basalt. Dan lapisan ini merupakan lapisan batuan basalt yang manifestasinya berupa tanah panas dan batu panas serta fumarol.

Di bagian barat laut, nilai anomali berarah sedang utara-timur laut diduga merupakan sistem hidrotermal basaltik. Manifestasi yang muncul di permukaan antara lain tanah dan batu panas, batuan permukaan hitam seolah terbakar, dan beberapa fumarol di sekitar jalurnya.

Nilai anomali yang rendah terletak di bagian barat daya dan berlanjut hingga ke bagian timur laut, dimana kerapatan batuan yang lebih rendah dari daerah sekitarnya memungkinkan Gunung Sibual-buali terdapat beberapa jenis batuan basalt, andesit, basaltik, dan dasit. Nilai anomali rendah di bagian tenggara menyebar ke

selatan-barat daya, barat-barat laut, pada rentang yang lebih rendah sebab wilayah ini adalah zona longsoran yang tertuju ke batuan runtuhan dinding sungai di persawahan dengan mata air panas yang mengarah ke bak pemandian. Untuk diarahkan dan sebagai daerah yang berasosiasi pada kontak sumber geothermal yang dibatasi oleh air tawar dan jenis tanah berbasis air atau tanah liat. Fakta bahwa lempung klorit warna abu-abu kehijauan tidak berwarna dengan filamen halus disebabkan oleh olivin dan alterasi mineral sekunder yang menyebar secara merata di seluruh mineral lempung, menunjukkan alterasi hidrotermal intensitas rendah hingga sedang dan batas kontak termal.

Berdasarkan pada gambar 2 menunjukkan peta anomali CBA, gambar 3 ditunjukan dengan peta anomali regional, dan gambar 3 menunjukan peta anomali residual di Gunung Sibualbuali yang merupakan hasil dari pengolahan datanya. Setiap area deviasi ditampilkan pada peta anomali yang ditunjukan pada arah utara-selatan. Tampak pada nilai anomali meningkat dari utara hingga selatan. Begitu juga dengan peta anomali bouguer lengkap (Jusmi, 2018), telah dilihat bahwasanya nilai kontur anomali cenderung semakin tinggi. Kemudian hal ini terdapat warna yang membedakan pada setiap outline. Nilai yang tinggi dari masing-masing anomali menunjukkan jenis batuan pada kerapatan yang tinggi dibandingkan dengan daerahnya, begitu sekalipun, nilai anomali rendah menunjukkan jenis batuan pada kerapatan yang dangkal. Ketebalan lapisan batuan meningkat ke selatan. Berdasarkan uraian tersebut, posisi arah tengah dan utara berada di bawah batuan dasar yang relatif dalam.

## D. KESIMPULAN

Manifestasi yang muncul di permukaan antara lain bumi dan batu panas, batuan permukaan hitam seolah terbakar, dan beberapa fumarol di sekitar jalurnya. Dalam menginterpretasikan struktur bawah permukaan, juga diperoleh sebuah nilai deviasi setiap anomali mulai dari peta Complete Bouguer Anomali dengan nilai deviasi tertinggi sampai terendah berkisar 64 mGal sampai 112 mGal. Pada peta anomali regional diperoleh nilai deviasi tertinggi sampai terendah 66 mGal hingga 110 mGal. Dan pada nilai anomali residual dengan nilai deviasi tertinggi sampai terendah berkisar -0,1 mGal sampai 0,15 mGal. Nilai anomali yang tinggi di bagian barat menyebar ke bagian barat daya, selatan, tenggara, dan timur sehingga memungkinkan batuan dengan densitas tinggi dari kedalaman dalam hingga dangkal berasosiasi dengan batuan basalt.

## E. DAFTAR PUSTAKA


Aditama, F., Jaya, M. N., Rahman, F., Rasimeng, S., & Dani, I. (2018). Metode Polynomial Untuk Memisahakan Anomaly Residual dan Regional Pada Data Gayaberat Daerah Pasaman Barat, Sumatera Barat. *Jurnal Geocelebes*, *X*(X), 3–4. https://doi.org/10.20956/geocelebes.vxix.xxxx

Anggraeni, F. K. A. (2021). Pemisahan Anomali Regional dan Residual Data Gravitasi Gunung Semeru Jawa Timur. *Jurnal Fisika Unand*, *10*(4), 421–427. https://doi.org/10.25077/jfu.10.4.421-427.2021

Anisa, H. A. N. A., Indriyana, R. D., & Irham, M. (2018). *Aplikasi Metode Gravity Dengan Data Satelit Untuk Identifikasi Struktur Bawah Permukaan (Studi Kasus Semenanjung Muria)*. *11*(1), 1837–1843.

Aulia, R. N., Nur, I., & Ilyas, A. (2022). Karakteristik Fluida Panas Bumi Berdasarkan Analisis Geokimia Air Panas Daerah Wawolesea Kabupaten Konawe Utara Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geocelebes*, *6*(1), 64–71. https://doi.org/10.20956/geocelebes.v6i1.19672

Gunawan, Y., Fisika, P. S., Sains, F., Teknologi, D. A. N., Islam, U., & Syarif, N. (2022). *Pemodelan 3D Densitas Bawah Permukaan Berdasarkan Data Gravitasi Di Daerah Gunung Gede Jawa Barat*.

Gusnia, E., Kusmita, T., & Indriawati, A. (2022). Analisis Anomali Gravity Daerah Panas Bumi Non-Vulkanik Di Bangka Tengah (Studi Kasus Panas

Bumi Terak dan Keretak). *Jrfi*, *2*(2), 1–7. http://journal.ubb.ac.id/index.php/jrfi/3233

Indratmoko, P., Nurwidyanto, M. I., & Yulianto, T. (2009). Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Parang Tritis Kabupaten Bantul DIY Dengan Metode Magnetik. *Berkala Fisika. ISSN : 1410 - 9662*, *12*(4), 153–160.

Juliani, R. (2013). *Analisa Air dan Pola Penyebaran Resistivitas Batuan Bawah Permukaan di Daerah Panas Bumi Sibual-Buali Tapanuli Selatan*. *1*(2).

Jusmi, F. (2018). Pemetaan Anomali Bouguer Lengkap Dan Topografi Serta Penentuan Densitas Bouguer Batuan Daerah Panas Bumi Pamancalan. *Jurnal Dinamika*, *09*(percepatan tanah), 38–47.

Liana, Y. R., Wea, T. M. M., Syarifah, W., Supriyadi, S., & Khumaedi, K. (2020). Analisis Anomali Bouguer Data Gaya Berat Studi Kasus di Kota Lama Semarang. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, *4*(2), 63. https://doi.org/10.30595/jrst.v4i2.6301

Primulyana, S., & Prambada, O. (2011). *Batuan Gunungapi Sibual Buali, Sumatera Utara*. *6*(April), 19–29.