

## ANALISIS DATA GAYA BERAT UNTUK IDENTIFIKASI ZONA POTENSI LONGSOR DI GUNUNG KULU, LHOONG, ACEH BESAR

**Risnaliyah Nuriil Tadersi<sup>1\*</sup>, Gartika Setiya Nugraha<sup>2</sup>, Febiyora Chandra Kirana<sup>1</sup>, Andrea Hasbullah<sup>1</sup>, Maulina Tanjung<sup>3</sup>, Diah Wully Agustine<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Geologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Indonesia

<sup>2</sup>Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Indonesia

<sup>3</sup>Teknik Geofisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Indonesia

email: risnaliyahnuriil@unja.ac.id

### ABSTRAK

*Kawasan Gunung Kulu, Lhoong, Aceh Besar, sudah sering terjadi sering terjadi longsor baik itu longsor tanah maupun jatuhnya batu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis data gaya berat di wilayah Gunung Kulu, Lhoong, Aceh Besar untuk mengidentifikasi sebaran anomali gaya berat yang berkaitan dengan potensi kerentanan longsor. Metode gaya berat digunakan untuk mendeteksi variasi densitas batuan bawah permukaan melalui pengukuran gravitasi observasi (gobs), perhitungan Free Air Anomaly (FAA), Simple Bouguer Anomaly (SBA), Anomali Bouguer Lengkap (ABL). Nilai ABL yang diperoleh berkisar antara 71,5 mGal hingga 82 mGal, dengan nilai tinggi terdapat pada bagian barat hingga barat daya wilayah studi yang menunjukkan adanya batuan berdensitas tinggi seperti basalt, sedangkan nilai rendah pada bagian timur menunjukkan adanya zona berdensitas rendah yang berpotensi menjadi jalur longsor. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada distribusi titik pengukuran gaya berat di lapangan, di mana terdapat area kosong pada bagian tengah wilayah studi akibat kondisi medan yang sulit diakses dan keterbatasan waktu survei. Hasil penelitian ini memberikan informasi awal kondisi bawah permukaan sebagai upaya mitigasi bencana longsor di wilayah penelitian serta menjadi referensi untuk studi lanjutan di bidang geologi teknik dan geofisika lingkungan.*

**Kata Kunci:** Gaya Berat; Free Air Anomaly; Simple Bouguer Anomaly; longsor; Gunung Kulu

### ABSTRACT

*[Title: Gravity Data Analysis for Landslide Potential Zone Identification on Mount Kulu, Lhoong, Aceh Besar] The Mount Kulu area in Lhoong, Aceh Besar, frequently experiences landslides, including both soil slips and rockfalls. This study aims to analyze gravity data in the Mount Kulu area to identify the distribution of gravity anomalies related to landslide susceptibility. The gravity method was applied to detect variations in subsurface rock density through the measurement of observed gravity (g\_obs) and the calculation of Free Air Anomaly (FAA), Simple Bouguer Anomaly (SBA), and Complete Bouguer Anomaly (CBA). The CBA values obtained range from 71.5 mGal to 82 mGal, with higher values found in the western to southwestern parts of the study area, indicating the presence of high-density rocks such as basalt. Meanwhile, lower values in the eastern part indicate low-density zones that have the potential to act as landslide pathways. This study faced limitations in the distribution of gravity measurement points due to the challenging terrain and time constraints during the survey, resulting in data gaps in the central part of the study area. The results of this research provide preliminary subsurface information to support landslide disaster mitigation efforts in the study area and can serve as a reference for further studies in engineering geology and environmental geophysics.*

**Keywords :** Gravity; Free Air Anomaly; Simple Bouguer Anomaly; landslide; Mount Kulu

### PENDAHULUAN

Di beberapa tempat sepanjang jalan Lereng batu Banda Aceh – Aceh Jaya, sudah sering terjadi longsor baik itu longsor tanah maupun jatuhnya batu termasuk di Kawasan Gunung Kulu, Lhoong, Aceh Besar. (Rusydy, dkk., 2017).

Kondisi geologi daerah penelitian berdasarkan peta Bennet dkk, (1981) yang ditunjukkan pada gambar 1 didominasi oleh jenis batuan gamping,

batuan vulkanik berupa basalt. Fenomena longsor di kawasan ini tidak hanya mengancam keselamatan masyarakat sekitar, tetapi juga berpotensi menimbulkan kerugian material yang signifikan serta mengganggu aktivitas sosial-ekonomi. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam terhadap kondisi bawah permukaan di wilayah tersebut menjadi sangat penting untuk mendukung upaya mitigasi bencana secara lebih tepat.

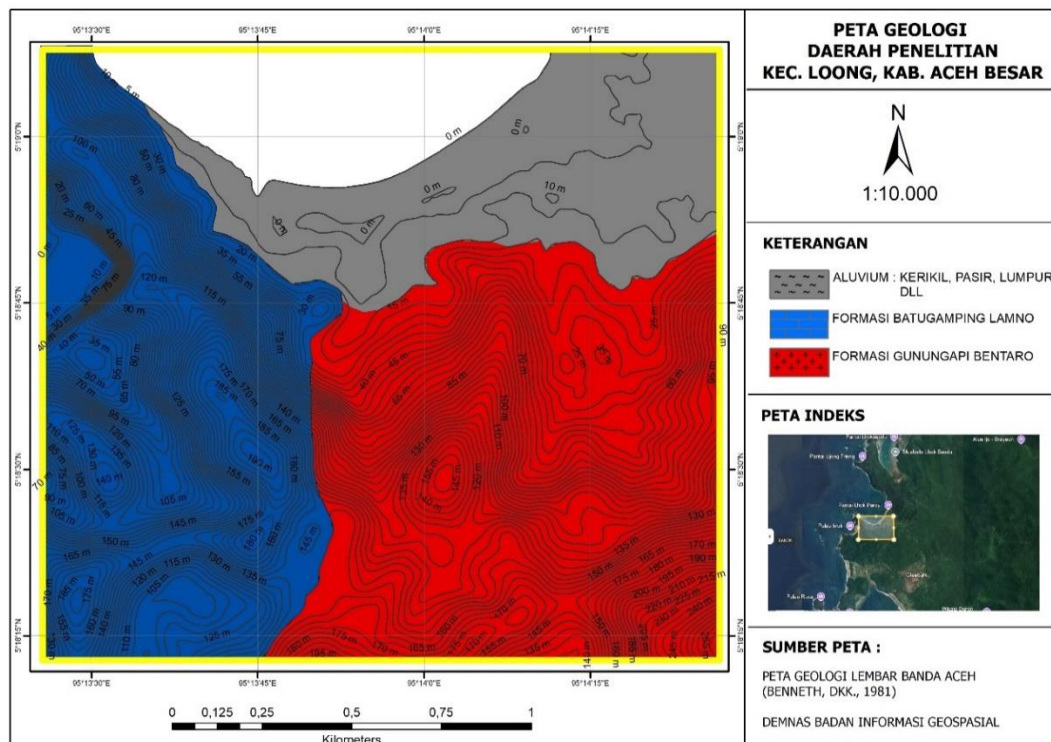
Salah satu pendekatan geofisika yang efektif untuk memahami kondisi bawah permukaan di daerah rawan longsor adalah metode gaya berat (gravity), yang dapat mendeteksi variasi densitas batuan dan mengidentifikasi keberadaan struktur geologi seperti sesar, zona lemah, atau bidang gelincir (Telford et al., 1990).

Gaya berat pada umumnya digunakan untuk memahami dan memberikan suatu informasi dan konfirmasi terkait dengan struktur geologi yang terdapat pada tanah, baik yang terlihat atau tertutup permukaan tanah (Frifita, et al.2016; Panjaitan & Subagio. 2015; Stagpoole, dkk. 2016; Oruc, et al. 2013)

Dari hasil Analisis data Gaya Berat tersebut kemudian akan menjadi data awal untuk dimodelkan

agar dapat diketahui perbedaan densitas batuan, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk menentukan struktur geologi bawah permukaan (Raehanayati, dkk., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis data gaya berat di wilayah Gunung Kulu, Lhoong, Aceh Besar guna mengidentifikasi sebaran anomali Gaya Berat yang dapat dikaitkan dengan potensi kerentanan longsor. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi awal yang berguna dalam upaya mitigasi bencana longsor serta menjadi referensi bagi studi lanjutan di bidang geologi dan geofisika lingkungan serta geologi teknik.



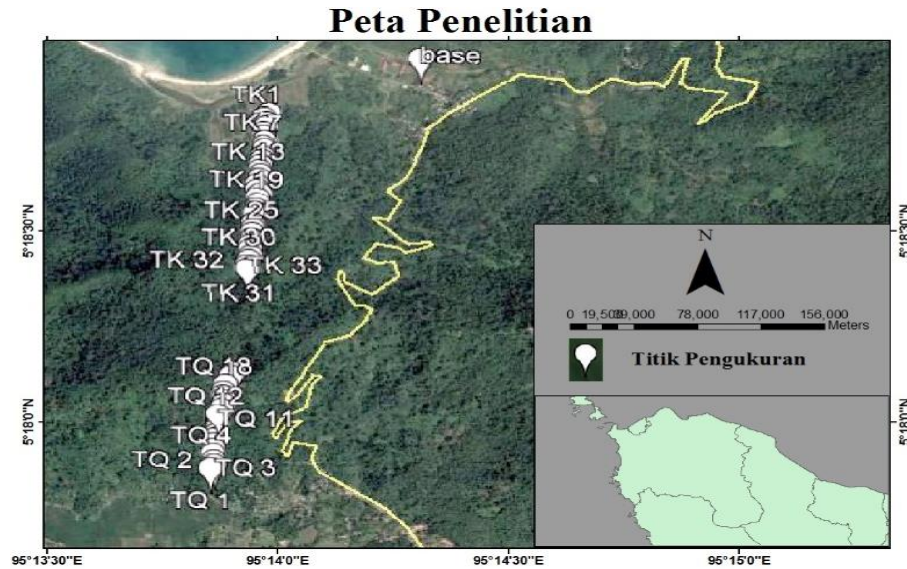
Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian

**METODE**

**Lokasi dan Daerah umum kondisi penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Gunung Kulu, Kecamatan Lhoong, Aceh Besar. Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap, yaitu pengukuran data dilapangan, pengolahan data, dan interpretasi data. Pada penelitian ini sistem pengambilan data dengan sistem lintasan yaitu jarak antar spasi 25 meter dengan titik pengukuran sebanyak 54 titik pengukuran pada gambar 2, titik pengukuran dilapangan disesuaikan kondisi lapangan . Penelitian ini memiliki keterbatasan pada distribusi titik

pengukuran gaya berat di lapangan, di mana terdapat area kosong pada bagian tengah wilayah studi akibat kondisi medan yang sulit diakses dan keterbatasan waktu survei. Kekosongan data ini dapat mempengaruhi hasil interpolasi peta anomali Bouguer, sehingga data pada area tersebut diperoleh melalui proses interpolasi dari titik-titik di sekitarnya. Keterbatasan ini dapat mempengaruhi akurasi distribusi nilai gravitasi observasi dan peta anomali Bouguer yang dihasilkan, sehingga interpretasi pada area tersebut memiliki tingkat ketidakpastian yang lebih tinggi.



Gambar 2. Desain lapangan penelitian, dan titik Base station

**Alat dan Bahan**

Alat dan Bahan yang digunakan untuk pengukuran data di lapangan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	Gravitimeter Scintrex Autograv CG-5	1 Unit
2	Tripot	1 Unit
3	GPS handheld	2 Unit
4	Alat Tulis	Secukupnya
5	Laptop	1 Unit
6	Software Surfer	1 Unit
7	Baterai	4 Unit



Gambar 3. Instrumen Gravitimeter Scintrex CG-5

**Pengukuran Data Gaya Berat**

Tahapan Pengukuran data metode Gaya Berat yang dilakukan di lapangan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan base station sebagai titik acuan dalam pengukuran, area yang dipilih sebagai base station haruslah area yang stabil

- dan relative jauh dari gangguan (*noise*) yang dapat mengganggu keakuratan data.
2. Memasang *tripot* pada *base station* dan memasang Gravitimeter Scintrex CG-5 Pada *Tripot* tersebut.
3. Menghidupkan alat Gravitimeter Scintrex CG-5, membuat kode nama suvei serta mengisi parameter-parameter yang diperlukan nantinya saat alat gravitimeter mengukur nilai Gaya Berat.
4. Setiap data titik pengukuran direkam menggunakan GPS *handheld*. Selanjutnya dilakukan pengukuran nilai Gaya Berat di *base station*.
5. Setelah semua informasi sudah di-input, lakukan *leveling* (perataan) pada alat Gravitimeter dengan mengatur *tripot*. Setelah selesai, lakukan *measurement* (pengukuran). Saat dilakukan pengukuran, operator harus menjauh dari alat gravitimeter untuk mengurangi gangguan. Ditunggu sampai indikator berhenti menyala, apabila indikator berhenti menyala tandanya pengukuran telah selesai.
6. Pengukuran pada alat gravitimeter dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali guna memperoleh keakuratan data.
7. Setelah pengukuran selesai, kemudian di lihat dan di catat kondisi topografi sekitar titik pengukuran dengan jangkauan 50 meter ke arah timur, selatan, barat, dan utara.
8. Pengukuran data di tiap-tiap titik dengan spasi 25 meter antar titik. Pengukuran data ini dilakukan secara *looping* (dari *base station* kembali ke *base station*) yang berguna untuk

- mendapatkan nilai koreksi *drift* yang disebabkan oleh adanya perubahan pembacaan akibat kelelahan alat dalam penelitian.
9. Melihat nilai yang terbaik pada setiap titik pengukuran, ditunjukkan, dengan perbedaan nilai Gaya Berat yang tidak terlalu jauh dan *error* data yang kecil.
  10. Diulangi pengukuran pada setiap titik pengukuran apabila nilai Gaya Berat yang terukur tidak baik (apabila adanya gangguan ataupun kesalahan saat melakukan pengukuran).
  11. Apabila nilai gravitasi yang terukur relatif sudah baik maka nilai tersebut dapat disimpan, kemudian dilanjutkan pada titik selanjutnya.
  12. Setelah pengukuran pada setiap titik selesai dilakukan, selanjutnya adalah pengambilan data dari alat gravitimeter untuk dipindahkan ke laptop untuk dilakukan pengolahan data dan koreksi data.
  13. Data yang di pindahkan tersebut diolah pada program *Microsoft excel* untuk proses koreksi data sehingga menghasilkan data anomali.

**Pengolahan Data Gaya Berat**

Setelah tahap pengukuran data di lakukan, maka langkah berikutnya adalah tahap pengolahan data. Pengolahan data Gaya Berat dimulai dari tahap mereduksi nilai Gaya Berat yang terukur, hal ini di lakukan karena adanya pengaruh kondisi geologi daerah penelitian dengan hasil pengukuran di lapangan. Tahap reduksi di lakukan menggunakan *software Microsoft excel*, dimana dalam tahap ini menggunakan perhitungan matematis. Adapun reduksi yang dilakukan adalah dengan mengkoreksi data hasil pengukuran seperti koreksi apungan (*drift correction*), koreksi lintang (*latitude correction*), koreksi pasang surut (*tidal correction*), Koreksi udara

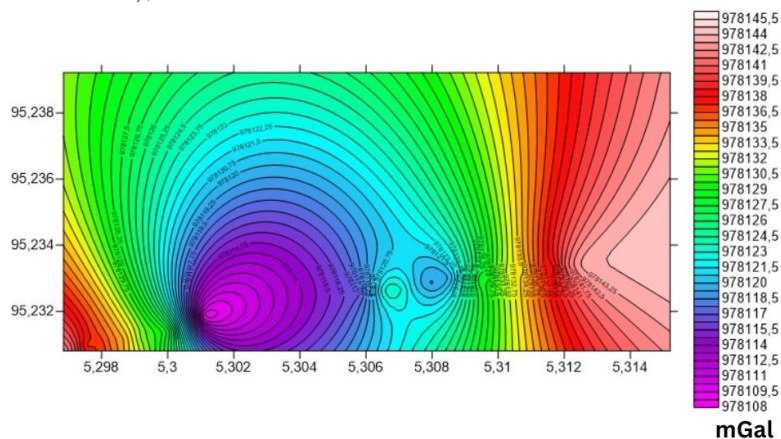
bebas (*free air correction*), koreksi bouguer (*bouguer correction*), dan koreksi medan (*terrain correction*). Koreksi ini dilakukan untuk mendapatkan nilai anomali bouguer lengkap. Anomali bouguer lengkap dapat diperoleh dari selisih antara medan gaya berat hasil pengukuran dengan nilai gaya berat normal yang telah di koreksi.

**Interpretasi Data Gaya Berat**

Interpretasi anomali gaya berat dilakukan setelah data gaya berat dikoreksi dan diolah menjadi peta anomali Bouguer lengkap. Anomali yang muncul pada peta interpretasi kemudian dianalisis berdasarkan nilai besaran anomali serta pola sebarannya untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan. Anomali gaya berat positif umumnya menunjukkan keberadaan batuan dengan densitas tinggi, sedangkan anomali negatif mengindikasikan batuan dengan densitas lebih rendah.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

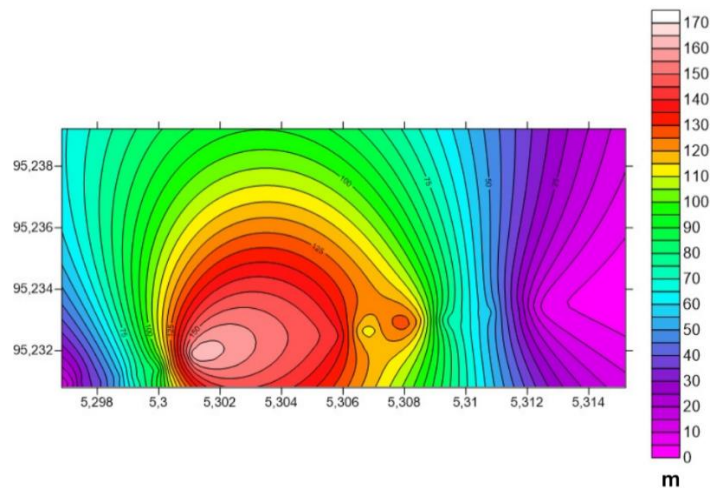
Hasil dari pengumpulan data gaya berat di daerah Gunung Kulu, Kecamatan Lhoong, Aceh Besar ditunjukkan seperti pada gambar 4. Sebelum data koreksi digunakan untuk mendapatkan nilai percepatan gravitasi, perlu diketahui nilai titik ikat yang sudah didapatkan nilai gravitasi absolutnya, yaitu nilai yang berada di kantor BMKG Mata Ie dengan nilai sebesar 978142,87 mGal. Proses mendapatkan nilai gaya berat observasi dilakukan dengan cara mencari selisih nilai percepatan gravitasi yang sudah terkoreksi pasang surut dan kelelahan alat dengan nilai percepatan gravitasi yang berada di *base station*. Selanjutnya selisih dari nilai percepatan gravitasi dijumlahkan dengan nilai percepatan gravitasi titik ikat yang berada dikantor BMKG. Nilai percepatan gravitasi yang didapatkan dapat digunakan untuk mendapatkan koreksi lintang, koreksi udara bebas, koreksi bouguer dan koreksi medan.



Gambar 4. Peta Kontur  $g_{obs}$

Setelah pengukuran dilakukan pada semua titik, nilai gravitasi observasi dipetakan untuk mengetahui variasi nilai gravitasi pada area penelitian. Pada wilayah Gunung Kulu, nilai gravitasi observasi yang diperoleh berkisar antara 978108 mGal hingga 978145,5 mGal. Berdasarkan peta distribusi nilai gobs yang telah dihasilkan, terlihat bahwa nilai gravitasi observasi yang relatif rendah terdapat pada bagian barat daya wilayah studi dengan pola warna ungu-biru, sedangkan nilai gravitasi yang lebih tinggi terdapat pada bagian timur wilayah studi dengan pola warna merah muda.

Nilai gravitasi observasi yang lebih rendah pada area barat daya dapat diinterpretasikan sebagai akibat dari elevasi topografi yang lebih tinggi dan kemungkinan adanya massa bawah permukaan dengan densitas relatif rendah, seperti lapisan batuan gamping terlapukkan atau sedimen lepas. Sementara itu, nilai gravitasi observasi yang lebih tinggi pada area timur dapat berkaitan dengan elevasi yang lebih rendah serta adanya massa batuan berdensitas tinggi, seperti basalt, yang banyak dijumpai pada wilayah Gunung Kulu. Nilai ketinggian daerah penelitian dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Elevasi Daerah Penelitian

Nilai *Free Air Anomaly* (FAA) diperoleh dengan melakukan koreksi *Free Air* pada nilai gravitasi observasi (*gobs*) yang telah diperoleh dari pengukuran lapangan. Koreksi *Free Air* berfungsi untuk memperhitungkan ketinggian titik pengukuran terhadap permukaan referensi (geoid), dengan asumsi tidak terdapat massa di antara titik pengukuran dan geoid, sehingga menghasilkan nilai gravitasi seolah-olah titik tersebut berada di permukaan laut.

Persamaan koreksi *Free Air* adalah:

$$\Delta g_{FAC} = 0,3086h$$

dengan :

$\Delta g_{FAC}$  : Koreksi udara bebas (mGal).

h : Elevasi titik pengukuran (m)

Nilai FAA dihitung menggunakan :

$$FAA = g_{obs} + \Delta g_{FAC} - g_{teori}$$

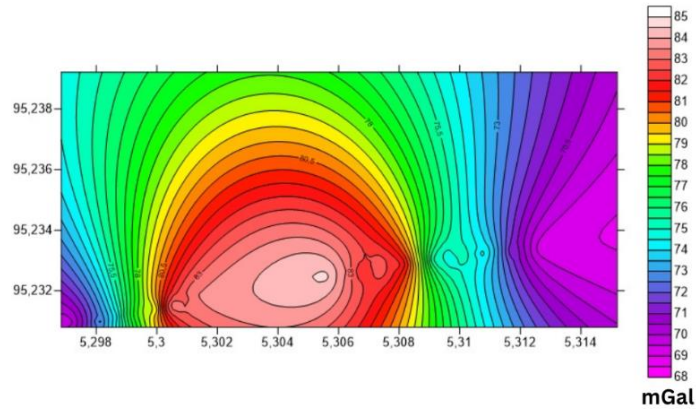
dengan :

*gobs* = nilai gravitasi observasi,

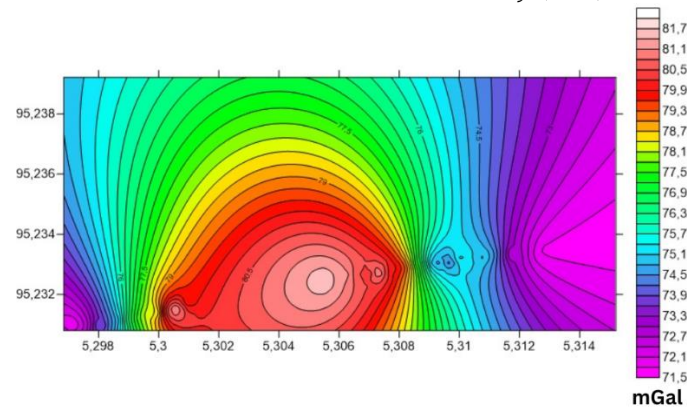
*gteori* = nilai gravitasi teoritis di permukaan referensi.

Berdasarkan peta FAA wilayah Gunung Kulu pada gambar 6, nilai FAA berkisar antara 68 mGal hingga 85 mGal. Nilai FAA relatif tinggi (80–85 mGal, ditandai warna merah muda hingga merah) terdeteksi pada bagian barat hingga barat daya area studi, sedangkan nilai FAA relatif rendah (68–72 mGal, ditandai warna ungu hingga biru) terdapat pada bagian timur area studi.

Nilai FAA yang tinggi pada wilayah barat umumnya menunjukkan adanya massa batuan berdensitas tinggi di bawah permukaan, yang kemungkinan berkaitan dengan keberadaan batuan basalt, sesuai dengan kondisi geologi Gunung Kulu yang didominasi oleh batuan vulkanik. Sebaliknya, nilai FAA yang rendah pada bagian timur menunjukkan adanya massa batuan berdensitas rendah, yang dapat berhubungan dengan keberadaan batuan gamping terlapukkan atau lapisan sedimen lepas, yang menjadi indikasi potensi zona lemah dan jalur longsor di wilayah penelitian.



**Gambar 6.** Peta Kontur *Free Air Anomaly* (FAA)

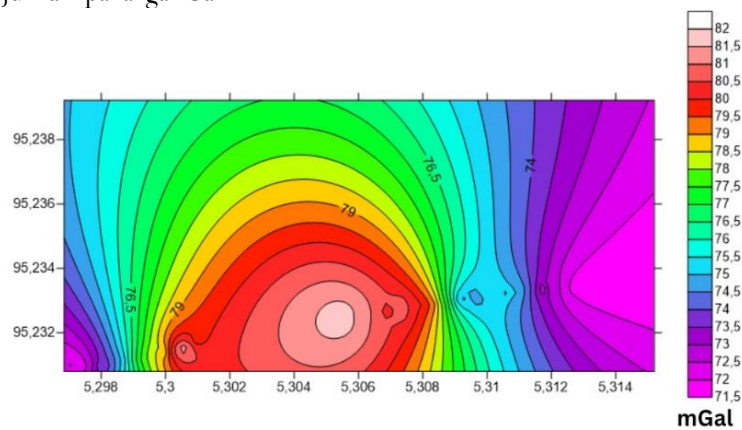


**Gambar 7.** Peta Kontur *Simple Bouguer Anomaly* (SBA)

Setelah perhitungan nilai gravitasi observasi (*gobs*) dan koreksi *Free Air* untuk memperoleh *Free Air Anomaly (FAA)*, tahapan selanjutnya adalah menghitung Simple Bouguer Anomaly (SBA). Koreksi Bouguer dilakukan untuk memperhitungkan massa batuan antara titik pengukuran dengan geoid, dengan mengasumsikan adanya lempeng homogen pada elevasi tertentu.

Berdasarkan peta Simple Bouguer Anomali (SBA) seperti yang ditunjukkan pada gambar 7 di

wilayah Gunung Kulu, Lhoong, Aceh Besar, diperoleh rentang nilai 71,5 mGal hingga 81,7 mGal. Nilai SBA relatif tinggi (80–81,7 mGal) terdistribusi pada bagian barat hingga barat daya area studi, ditunjukkan dengan pola warna merah muda hingga merah, sedangkan nilai SBA relatif rendah (71,5–73 mGal) terdapat pada bagian timur wilayah studi, dengan pola warna ungu-biru.



**Gambar 8.** Peta Kontur Anomali Bouguer Lengkap (ABL)

Peta Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yang telah diperoleh pada wilayah Gunung Kulu seperti

pada gambar 8 menunjukkan rentang nilai antara 71,5 mGal hingga 82 mGal. Nilai ABL relatif tinggi

(79–82 mGal), yang ditunjukkan dengan warna merah muda hingga merah, terdistribusi pada bagian barat hingga barat daya wilayah studi. Sementara itu, nilai ABL relatif rendah (71,5–74 mGal), dengan warna ungu hingga biru, teramati pada bagian timur wilayah studi.

Pemrosesan data gaya berat melibatkan reduksi data seperti koreksi apung, pasang surut, referensi gravitasi ellipsoid bumi, udara bebas, bouguer, dan koreksi medan. Peta anomali Bouguer lengkap dapat diperoleh dari perhitungan anomali Bouguer lengkap.

Koreksi medan muncul dikarenakan permukaan bumi di sekitar titik pengukuran tidak semuanya rata, namun berundulasi atau berlembah dan bergunung. Jika pada daerah topografi datar hanya cukup dilakukan koreksi sampai mendapatkan nilai anomali bouguer sederhana. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi nilai gravitasi saat pengukuran karena menghasilkan gaya Tarik antar pusat massa bukit atau pusat lembah dengan pegas alat ukur gravitasi. Secara matematis koreksi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$TC = \frac{2\pi G\rho}{n}(r_L - r_D) + (\sqrt{r_L^2 - z^2}) - (\sqrt{r_D^2 - z^2})$$

di mana:

$G$  : Konstanta gaya berat ( $6,673 \times 10^{-11} \text{ m}^3\text{kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ )

$r_L$  dan  $r_D$  : Radius luar dan radius dalam kompartemen

$z$  : Perbedaan elevasi rata-rata kompartemen

$n$  : Jumlah segmen dalam zona tersebut

$\rho$  : Densitas batuan rata-rata

Rumus Koreksi Bouguer:

$$BC = 0,04193 \times \rho \times h$$

dengan:

BC: koreksi Bouguer (mGal),

$\rho$ : densitas rata-rata batuan (umumnya  $2,67 \text{ g/cm}^3$ ),

h: elevasi titik pengukuran (m).

$$ABL = g_{obs} - (g_{\varphi} - FAC + BC - TC) \text{ mGal}$$

di mana:

ABL : Anomali Bouguer Lengkap

$g_{obs}$ : nilai gravitasi observasi,

$g_{\varphi}$  : Gravitasi Teoritis

FAC: koreksi Free Air,

TC: Koreksi Terrain,

BC: koreksi Bouguer.

dengan referensi gravitasi ellipsoid bumi  $g_{\varphi} = 978,03185(1 + 0,005278895 \sin^2\varphi + 0,000023462 \sin^4\varphi) \text{ mGal}$ ; dimana  $g_{\varphi}$  = gravitasi teoritis sebagai fungsi  $\varphi$ /Lintang dari titik observasi gravitasi (Sumintadireja, Prihadi., 2000)

Nilai ABL merupakan hasil pengolahan data gaya berat setelah dilakukan koreksi latitude, koreksi Free Air, koreksi Bouguer sederhana, dan koreksi medan, sehingga data ini telah memperhitungkan efek topografi serta distribusi massa batuan antara titik pengukuran dengan geoid secara lebih detail. Hal ini menjadikan nilai ABL sebagai representasi variasi densitas bawah permukaan yang lebih akurat dibandingkan SBA.

Nilai ABL tinggi pada area barat hingga barat daya menunjukkan adanya massa batuan berdensitas tinggi di bawah permukaan, yang sesuai dengan kondisi geologi wilayah Gunung Kulu yang didominasi oleh batuan basalt. Wilayah ini umumnya memiliki stabilitas lereng yang relatif baik dan potensi longsor yang lebih rendah.

Sebaliknya, nilai ABL rendah pada bagian timur menunjukkan adanya zona dengan densitas lebih rendah, yang dapat berhubungan dengan keberadaan lapisan sedimen lepas, batuan gamping terlapukkan, yang mengindikasikan potensi sebagai jalur longsor terutama pada kondisi curah hujan tinggi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian analisis data gaya berat di Gunung Kulu, Lhoong, Aceh Besar menunjukkan bahwa metode gaya berat efektif digunakan untuk mengidentifikasi variasi densitas batuan bawah permukaan yang berkaitan dengan potensi kerentanan longsor. Nilai ABL tinggi (79-82 mGal) pada area barat hingga barat daya menunjukkan adanya massa batuan berdensitas tinggi di bawah permukaan, yang sesuai dengan kondisi geologi wilayah Gunung Kulu yang didominasi oleh batuan basalt. Wilayah ini umumnya memiliki stabilitas lereng yang relatif baik dan potensi longsor yang lebih rendah. Sebaliknya, nilai ABL rendah (71,5 – 74 mGal) pada bagian timur menunjukkan adanya zona dengan densitas lebih rendah, yang dapat berhubungan dengan keberadaan lapisan sedimen lepas, batuan gamping terlapukkan, yang mengindikasikan potensi sebagai jalur longsor terutama pada kondisi curah hujan tinggi.

Penelitian lanjutan disarankan untuk menggunakan metode geofisika lain seperti resistivitas dan seismik untuk memberikan gambaran bawah permukaan yang lebih detail dalam upaya penanggulangan bencana secara terpadu dan penambahan data pada area yang kosong di daerah penelitian serta membuat pemodelan 2D bawah permukaan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bridge, D. M., Bannet, J. D., Cameron, N. R., 1981. *Peta Geologi Lembar Banda Aceh, Sumatera*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Frifita, N., Arfaoui, M. S., and Zargouni, F. (2016). *Relationship Between Surface and Subsurface Structures of the Northern Atlas Foreland of Tunisia Deduced from Regional Gravity Analysis*. J. Geophys. Eng, 13: 634–645.
- Oruç, B., Sertçelik, I., Kafadar, Ö., and Selim, H. H. (2013). Structural Interpretation of The Erzurum Basin, Eastern Turkey, Using Curvature Gravity Gradient Tensor and Gravity Inversion of Basement Relief. J. Appl. Geophys, 88: 105–113.
- Panjaitan, S. dan Subagio. (2015). Prospek Sumber Daya Energi Berdasarkan Analisis Pola Anomali Gaya Berat di Daerah Biak dan Sekitarnya, Papua. J. Geol. Kelaut, 13: 87–98.
- Raehanayati, Rachmansyah, Arief., Maryanto, Sukir. 2013. *Studi Potensi Energi Geothermal Blawan Ijen, Jawa Timur Berdasarkan Metode Gravity*. *Jurnal Neutrino*. Vol. 6, NO. 1 Oktober 2013.
- Rusydy, I., Al-Huda, N., Jamaluddin, K., Sundary, D., Nugraha, G. S., 2017. *Rock Slope Stability Analysis in Lhoknga Highway at 17.8 Km, Aceh Besar District*. Riset Geologi dan Pertambangan. Vol. 27, No.2, Desember 2017 (145-155).
- Stagpoole, V., Caratori Tontini, F., Barretto, J., Davy, B., and Edbrooke, S. W. (2016). Inversion of Magnetic and Gravity Data Reveals Subsurface Igneous Bodies in Northland, New Zealand. *New Zeal. J. Geol. Geophys*, 59: 416–425.
- Sumintadireja, Prihadi. 2000. *Mise-A-La-Masse And Gravity Data Surveys At The Kamojang Geothermal Field*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). *Applied Geophysics* (2nd ed.). Cambridge University Press.