

Pemisahan Anomali Regional dan Residual Data Gravitasi Gunung Semeru Jawa Timur

F K A Anggraeni

Prodi Pendidikan Fisika Universitas Jember
Kampus Tegalboto Universitas Jember Jember 68121, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 18 Agustus 2021
Direvisi: 16 September 2021
Diterima: 25 September 2021

Kata kunci:

gravitasi
anomali Bouguer
anomali regional
anomali residual
polinomial

Keywords:

gravitation
Bouguer anomaly
regional anomaly
residual anomaly
polynomial

Penulis Korespondensi:

F K A Anggraeni
Email: firdhakusuma@unej.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pemisahan anomali regional dan residual pada metode gravitasi studi kasus Gunung Semeru Jawa Timur dengan menggunakan data citra satelit. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan yang ada di sekitar lokasi. Pemisahan anomali Bouguer lengkap menjadi anomali regional dan residual menggunakan metode polinomial orde dua. Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh hasil anomali residual dengan nilai rendah yang diperkirakan sebagai kantong magma dari kawah Jonggring Seloko yang berada di sebelah tenggara Gunung Semeru dan anomali tinggi diperkirakan sebagai batuan beku atau material erupsi dari Gunung Semeru yang berada di sebelah timur dengan arah menuju barat laut, sebelah tenggara dengan arah menuju timur, dan di sebelah utara.

Research on the separation of regional and residual anomalies in the case study gravity method of Mount Semeru, East Java has been carried out using satellite imagery data. This study aims to identify subsurface structures that exist around the site Separation of complete Bouguer anomaly into regional and residual anomalies using the second-order polynomial method. Based on the results of data processing, the results of the residual anomaly with low values are estimated as magma pockets from the Jonggring Seloko crater located in the southeast of Mount Semeru and the high anomaly is estimated as igneous rock or eruptive material from Mount Semeru which is in the east with a direction to the northwest, in the southeast with a direction towards the east, and in the north.

Copyright © 2021 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Struktur bawah permukaan bumi dapat diamati atau diukur sifat fisisnya di atas permukaan bumi dengan menggunakan metode geofisika yang memanfaatkan prinsip-prinsip fisika. Metode ini memiliki banyak jenisnya, salah satunya adalah metode gravitasi. Dasar yang digunakan dalam metode gravitasi adalah hukum Newton yang menyatakan bahwa gaya tarik menarik dua buah partikel berbanding lurus dengan perkalian antara dua massa partikel dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar pusat kedua partikel. Metode gravitasi digunakan untuk mengetahui struktur geologi atau bawah permukaan bumi berdasarkan nilai variasi medan gravitasi di permukaan karena disebabkan oleh perbedaan densitas secara lateral. Nilai densitas yang berbeda-beda tersebut mencirikan adanya perbedaan antara material batuan penyusun lapisan struktur bawah permukaan atau adanya struktur geologi di bawah permukaan bumi (Hinze *et al.*, 2010). Pemanfaatan metode gravitasi dalam survei geofisika antara lain untuk identifikasi struktur geologi bawah permukaan, investigasi daerah manifestasi panas bumi, pendugaan patahan atau sesar, identifikasi struktur bawah permukaan gunung berapi, dan lain sebagainya.

Pada pengolahan data metode gravitasi akan muncul anomali-anomali yang menjadi target dalam survei penelitian. Anomali ini disebabkan karena adanya perbedaan densitas antara material batuan satu dengan yang lain. Anomali tersebut yang menjadi dasar untuk mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan bumi. Pada metode gravitasi, anomali yang terjadi disebut dengan anomali Bouguer lengkap. Anomali Bouguer lengkap merupakan anomali gravitasi yang telah mengalami proses koreksi sehingga keanekaragaman nilai anomali percepatan gravitasi yang diperoleh hanya dipengaruhi oleh rapat massa dari material batuan penyusun bawah permukaan bumi yang berbeda-beda. Proses koreksi terdiri dari nilai medan gravitasi yang terdiri dari koreksi terain, koreksi Bouguer, koreksi udara bebas, koreksi lintang, dan koreksi nilai medan gravitasi teoritis (Syukri, 2020). Dapat diartikan juga bahwa anomali Bouguer lengkap adalah selisih dari nilai gravitasi hasil observasi dengan nilai gravitasi teoritis pada titik pengamatan yang secara umum dapat dituliskan dengan persamaan (1) yang dituliskan sebagai berikut:

$$g_{ABL} = g_{obs} - g_{\phi} + g_{FA} - g_{BC} + g_{TC} \quad (1)$$

dengan g_{ABL} merupakan anomali Bouguer lengkap, g_{obs} adalah gravitasi observasi, g_{ϕ} adalah koreksi lintang, g_{FA} adalah koreksi udara bebas, g_{BC} merupakan koreksi Bouguer, dan g_{TC} adalah koreksi terrain.

Anomali Bouguer lengkap dapat dianggap sebagai resultan dari pengaruh yang disebabkan oleh struktur bawah permukaan yang terdiri dari anomali dangkal, sedang, dan dalam. Keberadaan struktur batuan yang posisinya berdekatan dan saling berinteraksi sehingga menyebabkan anomali ini tumpang tindih (Hasanah *et al.*, 2016). Karena anomali Bouguer lengkap ini merupakan nilai resultan maka dalam pengolahan dan interpretasi data metode gravitasi, anomali Bouguer lengkap perlu dipisahkan menjadi anomali regional dan residual. Anomali regional merupakan anomali yang memiliki cakupan yang lebar dan struktur yang lebih dalam. Anomali ini memiliki *noise* lebih rendah dibandingkan dengan anomali residual (Supriyadi *et al.*, 2019). Pola yang dihasilkan anomali regional memiliki kontur yang lebih sederhana dan halus dibandingkan anomali Bouguer lengkap (Atef *et al.*, 2016). Anomali residual merupakan hasil pengurangan anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional yang menggambarkan pola struktur lokasi penelitian secara lebih detail. Pola yang dihasilkan oleh anomali residual adalah pola dengan peningkatan yang kontras dan anomalnya menjadi lebih luas (Atef *et al.*, 2016). Nilai anomali tinggi yang dihasilkan di daerah penelitian menandakan bahwa adanya struktur batuan dengan densitas tinggi dan anomali rendah menandakan bahwa adanya struktur batuan yang memiliki densitas rendah (Liana *et al.*, 2020).

Pemisahan anomali regional dan residual dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti metode Gaussian pada penelitian Karunianto *et al.*, (2017). Metode Gaussian dilakukan dengan menggunakan distribusi dari matriks kernel Gauss, namun pada penelitian tersebut memperlihatkan pola anomali residual memberikan gambaran yang kurang halus. Metode lain yang dapat digunakan untuk memisahkan anomali regional dengan residual adalah *moving average* yang dilakukan oleh Supriyadi *et al.*, (2019) dan Yufajjiru *et al.*, (2020). *Moving average* merupakan metode yang sederhana dan memberikan hasil yang lebih objektif jika dilakukan analisis spektrum. Namun pada penelitian Yufajjiru *et al.*, (2020), pemfilteran dengan menggunakan *moving average* memberikan hasil pola anomali yang kurang tajam. Selain menggunakan metode Gaussian dan *moving average*

dapat digunakan juga metode polinomial seperti yang dilakukan oleh Justia *et al.*, (2018) dan (Muhajirin *et al.*, 2020). Dengan menggunakan metode polinomial diperoleh pola anomali yang lebih tajam (Muhajirin *et al.*, 2020). Metode ini juga dapat meningkatkan efek superfisial anomali residual (Justia *et al.*, 2018). Metode polinomial juga sangat baik untuk memfilter data yang memiliki pola datar atau bergelombang dan memiliki nilai gravitasi yang bervariasi (Purnomo *et al.*, 2013).

Penelitian mengenai pemisahan anomali regional dan residual ini dilakukan di kawasan Gunung Semeru, Jawa Timur yang merupakan gunung tertinggi yang ada di Pulau Jawa. Gunung ini secara administratif gunung ini terdapat di Kabupaten Lumajang dan Malang, Jawa Timur. Kompleks Gunung Semeru memiliki struktur geologi yang terdiri dari sesar. Selain itu juga terdapat endapan vulkanik yang berupa pasir besi. Endapan vulkanik di kawasan Gunung Semeru juga terdapat banyak batuan andesit berwarna hitam pekat (Umam *et al.*, 2019). Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui gambaran struktur bawah permukaan di kawasan Gunung Semeru yang diinterpretasikan berdasarkan pola data anomali residual. Dengan mengetahui gambaran struktur bawah permukaan bumi maka akan diperoleh karakteristik geologi di kawasan Gunung Semeru. Metode yang digunakan untuk memisahkan anomali regional dan residual dalam penelitian ini adalah polinomial. Hal ini didasarkan atas lokasi penelitian yang memiliki pola tidak datar dan sesuai dengan hasil penelitian (Purnomo *et al.*, 2013).

Penelitian mengenai Gunung Semeru sebelumnya telah dilakukan oleh penelitian oleh Ayu *et al.*, (2013) mengenai penentuan struktur internal Gunung Semeru berdasarkan citra aneiasi seismik. Pada penelitian tersebut dihasilkan bahwa struktur internal di sekitar Gunung Semeru terdiri dari batuan pasir, batuan sedimen, dan batuan berongga yang berisi gas, serta batuan metamorf dan batuan beku untuk lapisan yang dalam.

II. METODE

2.1 Data Gravitasi

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data anomali gravitasi sekunder yang berasal dari citra satelit yang diakses melalui website http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi. Website tersebut dibuat oleh Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego USA. Dari website tersebut dapat diperoleh data topografi dan anomali gravitasi suatu daerah yang diinputkan posisi geografisnya sehingga dihasilkan data yang telah tergrid secara teratur dalam format ASCII-XYZ. Pada penelitian ini posisi geografis kawasan Gunung Semeru yang digunakan berada pada 07059' - 08016' LS dan 112049' - 113010' BT.

2.2 Prosedur Penelitian

Data anomali gravitasi citra satelit yang diperoleh telah terkoreksi hingga koreksi udara bebas sehingga pada penelitian ini koreksi yang dilakukan hanya meliputi koreksi terrain dan koreksi Bouguer. Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan koreksi terrain atau koreksi medan. Koreksi terrain perlu dilakukan bagi lokasi penelitian yang memiliki topografi tidak rata seperti daerah gunung atau pegunungan (Mayasari *et al.*, 2018). Oleh karenanya penelitian di kawasan Gunung Semeru ini menggunakan koreksi terrain. Sebelum melakukan koreksi terlebih dahulu adalah melakukan konversi koordinat dari data anomali gravitasi citra satelit. Koordinat yang diperoleh dari citra satelit merupakan latitude dan longitude dalam degree yang perlu dikonversi ke format UTM (Easting X, Northing Y). Konversi koordinat ini menggunakan software Surfer. Perhitungan koreksi terrain dilakukan dengan menggunakan software Global Mapper dan Oasis Montaj. Software Global Mapper berperan untuk mengolah peta DEM (*Digital Elevation Modelling*) menjadi grid untuk daerah anomali regional dan residual. Setelah grid diperoleh selanjutnya perhitungan koreksi terrain dilakukan dengan menggunakan software Oasis Montaj.

Setelah koreksi terrain diperoleh, koreksi yang selanjutnya dilakukan adalah koreksi Bouguer. Koreksi ini diperoleh melalui persamaan (2) berikut:

$$g_{BC} = 0.04191\rho h \quad (2)$$

dengan ρ adalah densitas batuan dan h merupakan ketinggian dari permukaan laut.

Pada koreksi Bouguer, metode yang digunakan untuk memperoleh nilai densitas batuan rata-rata lokasi penelitian adalah metode Parasnis. Metode ini mencari densitas batuan dengan cara melakukan plotting nilai koreksi Bouguer dikurangi dengan koreksi terrain terhadap nilai koreksi

udara bebas. Kemudian membuat garis linear untuk memperoleh gradien dari kurva yang dibentuk. Nilai gradien tersebut merupakan nilai densitas rata-rata di lokasi penelitian. Selanjutnya, setelah nilai koreksi terrain dan Bouguer diperoleh maka dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai anomali Bouguer lengkap dengan persamaan berikut:

$$g_{ABL} = g_{FA} - g_{BC} + g_{TC} \tag{3}$$

Tahap selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan pemfilteran untuk memisahkan anomali Bouguer lengkap menjadi anomali regional dan residual. Pada penelitian ini, pemisahan dilakukan dengan software Surfer dan metode pemisahannya menggunakan polinomial orde kedua. Metode ini dapat menggambarkan anomali regional yang lebih halus yang ditentukan oleh ordenya. Polinomial orde kedua dapat dinyatakan dengan persamaan:

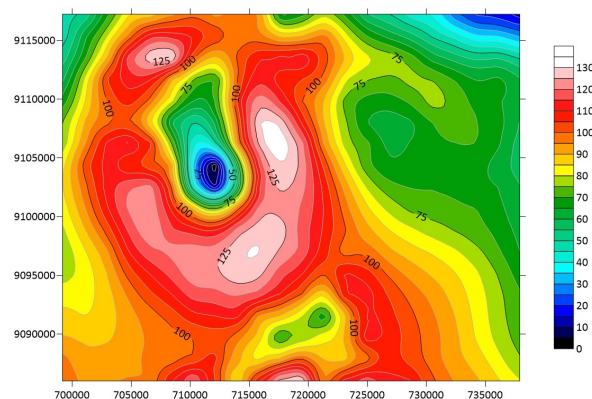
$$y = a + bx + cx^2 \tag{4}$$

dengan y adalah variabel terikat, x adalah variabel bebas, dan a, b, c merupakan konstanta yang nilainya tidak diketahui. Prinsip dari metode ini adalah mencari nilai konstanta pada persamaan polinomial yang digunakan dan menghitung nilai anomali regional (Purnomo *et al.*, 2013). Setelah nilai anomali regional diperoleh maka anomali residual dapat dicari dengan mengurangkan anomali Bouguer lengkap dengan regionalnya.

III. HASIL DAN DISKUSI

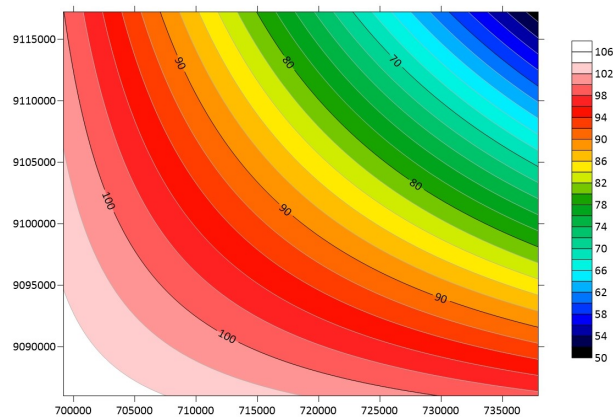
Pada penelitian yang telah dilakukan, data anomali Bouguer lengkap diperoleh dengan berdasarkan koreksi udara bebas, koreksi Bouguer, dan koreksi terrain. Koreksi FAA diperoleh dari data citra satelit. Koreksi terrain diperoleh dari pengolahan data grid untuk daerah anomali regional dan residual dengan menggunakan software Oasis Montaj. Koreksi Bouguer diperoleh dengan menggunakan persamaan (2) dengan h diperoleh dari data citra satelit Topex dan nilai densitas merupakan densitas rata-rata lokasi penelitian yang dihitung dengan menggunakan metode Parasnis. Perhitungan metode Parasnis membutuhkan data koreksi Bouguer yang dihitung tanpa densitas, data koreksi terrain, dan data koreksi udara bebas. Densitas diperoleh dari nilai gradien hasil plotting nilai koreksi Bouguer dikurangi dengan koreksi terrain terhadap koreksi udara bebas Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan metode Parasnis tersebut, diperoleh nilai densitas di lokasi penelitian adalah 2,97 g/cc. Hasil tersebut sesuai dengan struktur geologi lokasi yang berupa susunan batuan beku (Ayu *et al.*, 2013).

Data anomali Bouguer lengkap yang diperoleh setelah koreksi FAA kemudian diolah dengan bantuan Surfer sehingga dihasilkan bentuk kontur dari lokasi penelitian. Gambar 1 merupakan peta kontur anomali Bouguer lengkap. Pada peta kontur tersebut, terdapat sumbu-x sebagai longitude, sumbu-y sebagai latitude, dan skala nilai anomali yang direpresentasikan berupa warna-warna tertentu. Anomali tersebut memiliki rentang nilai dari 0 – 130 mGal. Nilai anomali terendah direpresentasikan dengan warna hitam dan anomali tertinggi direpresentasikan dengan warna putih. Keberadaan nilai anomali yang tinggi menandakan terdapat struktur bawah permukaan yang memiliki nilai densitas tinggi dan nilai anomali yang rendah menandakan terdapat struktur bawah permukaan dengan nilai densitas rendah.



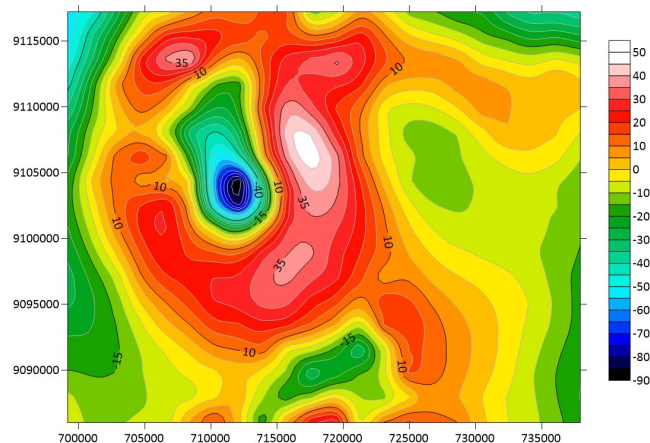
Gambar 1 Peta kontur anomali Bouguer lengkap

Berdasarkan data anomali Bouguer lengkap dapat dilakukan pemisahan dengan menggunakan metode polinomial orde dua untuk memperoleh anomali regional yang dapat dilakukan dengan menggunakan software Surfer. Peta kontur anomali regional ditunjukkan oleh Gambar 2. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa anomali regional memiliki skala dengan rentang nilai 50 mGal – 106 mGal. Warna hitam merepresentasikan nilai anomali 50 mGal dan warna putih merepresentasikan nilai anomali 106 mGal. Keberadaan anomali yang rendah dapat diinterpretasikan dengan keberadaan batuan sedimen atau batuan lapuk dan anomali yang tinggi dapat diinterpretasikan sebagai batuan beku (Maulana and Prasetyo, 2019).



Gambar 2 Peta kontur anomali regional

Setelah data anomali regional diperoleh, anomali residual dapat dicari dengan mengurangi nilai anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional. Kontur anomali residual ditunjukkan oleh Gambar 3. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai anomali Bouguer menjadi -90 mGal hingga 50 mGal. Nilai anomali negatif menunjukkan bahwa terdapat nilai densitas yang sangat rendah dibandingkan dengan daerah sekitarnya. Pada anomali residual ini menunjukkan bahwa anomali rendah berada di kisaran -40 mGal hingga -90 mGal, anomali sedang berada di -40 mGal hingga 10 mGal, dan anomali tinggi berada di antara 10 mGal hingga 10 mGal.



Gambar 3 Peta kontur anomali residual

Pada kontur anomali residual ini, nilai anomali rendah diperkirakan menunjukkan keberadaan kantung magma. Hal didasarkan pada penelitian Chasanah *et al.*, (2021) mengenai kantung magma yang direpresentasikan dengan nilai anomali rendah. Kantung magma berasal dari kawah Jonggring Seloko yang berada di sebelah tenggara dengan status aktif hingga saat ini. Di sekitar anomali yang rendah ini terdapat anomali yang bernilai tinggi yang diperkirakan sebagai batuan beku atau material erupsi dari Gunung Semeru. Anomali tinggi ini berada di sebelah timur dengan arah menuju barat laut, sebelah tenggara dengan arah menuju timur, dan di sebelah utara dari kawasan Gunung Semeru.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh representasi struktur bawah permukaan bumi di kawasan Gunung Semeru. Representasi ini diperoleh berdasarkan anomali residual yang dihasilkan dari data anomali Bouguer lengkap dan regional. Anomali residual yang dihasilkan memiliki nilai rendah yang diperkirakan sebagai kantung magma dari kawah Jonggring Seloko yang berada di sebelah tenggara Gunung Semeru dan anomali tinggi diperkirakan sebagai batuan beku atau material erupsi dari Gunung Semeru yang berada di sebelah timur dengan arah menuju barat laut, sebelah tenggara dengan arah menuju timur, dan di sebelah utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Atef, H., Abd El-Gawad, A.M.S., Abdel Zaher, M. and Farag, K.S.I. (2016), "The contribution of gravity method in geothermal exploration of southern part of the Gulf of Suez–Sinai region, Egypt", *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Vol. 5 No. 1, pp. 173–185.
- Ayu, H.D., Susilo, A., Maryanto, S. and Hendrasto, M. (2013), "Penentuan Struktur Internal Gunungapi Semeru Berdasarkan Citra Atenuasi Seismik", *Natural B*, Vol. 2 No. 2, pp. 145–152.
- Chasanah, U., Febriani, S.D.A. and Minarto, E. (2021), "Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Gunung Merapi Berdasarkan Analisis Data Anomali Medan Gravitasi Citra Satelit", *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, Vol. 18 No. 1, p. 25.
- Hasanah, L., Aminudin, A., Ardi, N.D., Utomo, A.S., Yuwono, H., Wardhana, D.D., Gaol, K.L., et al. (2016), "Graben Structure Identification Using Gravity Method", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 29, IOP Publishing, p. 12013.
- Hinze, W.J., Von Frese, R.R.B. and Saad, A.H. (2010), *Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices, and Applications*, Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices, and Applications, Cambridge University Press.
- Justia, M., Hiola, M.F.H. and Febryana S, N.B. (2018), "Gravity anomaly to identify Walanae fault using second vertical derivative method", *Journal of Physics: Theories and Applications*, Vol. 2 No. 1, p. 34.
- Karunianto, A.J., Haryanto, D., Hikmatullah, F. and Laesanpura, A. (2017), "Penentuan Anomali Gayaberat Regional dan Residual Menggunakan Filter Gaussian Daerah Mamuju Sulawesi Barat", *Eksplorium*, Vol. 38 No. 2, p. 89.
- Liana, Y.R., Wea, T.M.M., Syarifah, W., Supriyadi, S. and Khumaedi, K. (2020), "Analisis Anomali Bouguer Data Gaya Berat Studi Kasus di Kota Lama Semarang", *JRST (Jurnal Riset Sains Dan Teknologi)*, Vol. 4 No. 2, p. 63.
- Maulana, A.D. and Prasetyo, D.A. (2019), "Analisa Matematis Pada Koreksi Bouguer Dan Koreksi Medan Data Gravitasi Satelit Topex Dan Penerapan Dalam Geohazard Studi Kasus Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah", *Jurnal Geosaintek*, Vol. 5 No. 3, p. 91.
- Mayasari Verna, Ildrem Sjafri, Agus Didit, A.S. (2018), "Bulletin of Scientific Contribution ", *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, Vol. 16 No. 1, pp. 9–16.
- Muhajirin, M., Ismail, N. and Bukhari, B. (2020), "The Computation of Residual and Regional Anomaly of Gravity Method Data By Polynomial Filter Using Microsoft Excel", *Journal of Aceh Physics Society*, Vol. 9 No. 2, pp. 37–41.
- Purnomo, J., Koesuma, S. and Yuniyanto, M. (2013), "Pemisahan Anomali Regional-Residual pada Metode Gravitasi Menggunakan Metode Moving Average, Polynomial dan Inversion", *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol. 3 No. 01, p. 10.
- Supriyadi, S., Khumaedi, K., Sugiyanto, S. and Setiaswan, F. (2019), "Pemisahan Anomali Regional dan Residual Data Gayaberat Studi Kasus di Kota Lama Semarang", *Physics Education Research Journal*, Vol. 1 No. 1, p. 29.
- Syukri, M. (2020), *Pengantar Geofisika*, Syiah Kuala University Press, Edisi Pert., Syiah Kuala University Press, Aceh.
- Umam, M.F., Alhidayah, Y. and Fauziyah, R. (2019), "Analisis Material Endapan Vulkan Gunung Semeru Kabupaten Lumajang", *Majalah Pembelajaran Geografi*, Vol. 2 No. 1, pp. 92–98.

Yufajjiru, L., Dhiwaurrais, M., Firdaus, A., Dwi, A.L., Sadan, R. and Amanda, L.T. (2020), “Studi Pemisahan Anomali Regional dan Residual Gravitasi Menggunakan Moving Average dan Chebyshev Tipe 1 Lowpass Filter.”, *Prosiding Nasional Geofisika 2019*, pp. 65–72.