

## IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN GUNUNG SEMERU PASCA ERUPSI TAHUN 2022

FIRDHA KUSUMA AYU ANGGRAENI \*, SRI ASTUTIK, MUHAMMAD RAFI NURLYAN,  
ROSITA DWI UTAMI, ORCHIDA ZHAFIRAH PUTRI, DINDA MAUDINA

*Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember  
Jl. Kalimantan No.3, Sumbersari, Jember, Jawa Timur, Indonesia 68121*

*\*email : firdhakusuma@unej.ac.id*

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa material-material limpasan yang dibawa oleh Gunung Semeru untuk mengetahui gambaran struktur bawah permukaan setelah erupsi tahun 2022. Metode yang digunakan yaitu metode kualitatif yang dihasilkan dari pengamatan melalui Oasis Montaj. Mencari nilai bouguer kemudian dipisahkan menjadi nilai anomali regional dan anomali residual menggunakan Filter Butterworth. Hasil pengolahan data Gunung Semeru di kabupaten Lumajang diperoleh dengan penggambaran pola Anomali Bouguer Lengkap. Kemudian dipetakan ke dalam kontur dengan software surfer. Anomali Bouguer lengkap gunung semeru dengan sebaran anomali berkisar antara +128,7 sampai +277,9 mGal. Anomali paling rendah ditunjukkan dengan warna biru tua dan anomali tinggi ditunjukkan dengan warna ungu muda. Selanjutnya melakukan slicing anomali residual yang bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan menggunakan lintasan. Hasil slicing anomali residual berkisar antara -4,2 sampai 2,4 mGal. Pemodelan inversi 2D didapatkan melalui data langsung hasil slicing yang berupa data koordinat x dan y serta data gravitasi yang selanjutnya diolah menggunakan ZondGM2D. Parameter yang cocok observasi (Go) yang digambarkan dengan lingkaran kecil dan komputasi (Gc) yang digambarkan dengan garis lurus.

**Kata kunci:** Gravitasi, Anomali Bouger, Anomali Residual, Anomali Regional, Pemodelan Inversi 2D

**Abstract.** This research aims to analyze runoff materials carried by Mount Semeru to find out the description of the subsurface structure after the eruption in 2022. The method used is a qualitative method derived from observations through the Montaj Oasis. Finding the bouguer value which then separated into regional anomaly values and residual anomalies using the Butterworth Filter. The results of data processing on Mount Semeru in Lumajang district were obtained by describing the Complete Bouguer Anomaly pattern. Then, the result is mapped into the contour with the surfer software. The complete Bouguer anomaly of Mount Semeru with anomaly distribution ranging from +128.7 to +277.9 mGal. The lowest anomaly is shown in dark blue and the highest anomaly is shown in light purple. Next, the residual anomaly slicing is carried out which aims to determine the subsurface structure using a trajectory. Residual anomaly slicing results ranged from -4.2 to 2.4 mGal. The 2D inversion modeling is obtained through direct slicing data in the form of x and y coordinates as well as gravity data which is then processed using ZondGM2D. Parameters that match observations (Go) are depicted by small circles and computations (Gc) are represented by straight lines.

**Keywords:** Gravitation, Bouguer Anomaly, Residual Anomaly, Regional Anomaly, 2D inversion modeling

## 1. Pendahuluan

Provinsi Jawa Timur secara fisik terdiri dari Gunung api Kuarter yang membentang dari Kabupaten Magetan hingga Kabupaten Banyuwangi. Daerah vulkanik aktif ditandai dengan letusan dengan intensitas rendah hingga sedang. Selanjutnya, bentuk morfologi ini dikendalikan oleh geomorf analitik asli (karst) dan fluvial. Gunung api terbentuk oleh pergerakan dari lempeng Indo-Australia di Samudra Hindia yang mendorong kerak benua ke wilayah Jawa Timur bagian selatan. Oleh karena itu, terjadi penunjaman atau bergesernya lempeng tektonik ke bawah lempeng lainnya pada kerak samudera yang disertai dengan pengangkatan kerak benua yang akan membentuk jalur-jalur magma. Gerakan yang terjadi pada gunung api berada pada daerah lereng yang sedikit curam sampai sangat curam serta penyusun gunung api berupa material batuan muda dengan curah hujan sedang sampai lembab [12].

Gunung api adalah rekahan atau lubang kepundan yang berbentuk kerak bumi tempat keluarnya gas atau cairan magma, atau cairan lain yang keluar menuju permukaan bumi. Material ini dihasilkan melalui penggabungan beberapa material dalam satu kesatuan endapan [9]. Material akan dikeluarkan atau dierpiskan ke permukaan bumi biasanya dengan membentuk kerucut terpancung. Klasifikasikan gunung api menurut sumber erupsi dibagi menjadi dua, yakni erupsi pusat dan erupsi samping. Erupsi pusat ini merupakan erupsi yang keluar melalui lereng tubuh gunung. Sedangkan erupsi samping bisa dibedakan menjadi dua, yaitu erupsi celah dan erupsi eksentrik. Struktur cekungan dari gunung api dapat dibedakan menjadi struktur rekahan, kawah, graen, depresi vulkanotektonik, dan kaldera. Endapan lahar adalah akuifer yang baik dengan permeabilitas dan porositas yang tinggi, dapat mempengaruhi tingginya potensi curah hujan air tanah yang tinggi [11]. Potensi sumberdaya air berhubungan dengan faktor kondisi geomorfologi [1]. Potensi air yang sangat baik akan mempengaruhi suatu lingkungan menjadi bersih. Kondisi lingkungan yang bersih tentu dapat menyelamatkan masyarakat dan mengurangi adanya kemiskinan [5].

Secara garis besar, terdapat dua metode dalam geofisika yaitu metode aktif dan metode pasif. Metode pasif merupakan metode yang dilakukan dengan mengukur medan alami yang dipancarkan oleh Bumi seperti radiasi, medan magnetik bumi, gravitasi bumi, medan listrik dan elektromagnetik bumi. Sementara metode aktif, merupakan metode yang memberikan medan gangguan yang bisa berupa ledakan dinamit, pemberian listrik ke dalam tanah, pengiriman sinyal radar dan lain sebagainya. Pemberian medan gangguan dilakukan untuk mengukur respons yang dihasilkan oleh Bumi. Respons yang dihasilkan kemudian ditangkap dan menjadi data yang diinginkan [7].

Metode dalam geofisika digunakan tergantung dalam kebutuhannya. Dalam dunia eksplorasi gas bumi, metode seismik sering kali digunakan. Metode magnetik digunakan untuk mencari target tambang yang mengandung besi/baja. Penelitian ini menggunakan metode gravitasi karena pengerjaannya cenderung mudah dan dengan biaya yang relatif murah dan bisa digunakan untuk melihat struktur bawah permukaan dengan baik dengan melibatkan densitas batuan yang terdapat dalam permukaan bumi. Metode gravitasi akan memunculkan anomali-anomali yang merupakan hasil dalam penelitian. Anomali dihasilkan karena adanya perbedaan densitas material batuan satu sama lain yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur batuan permukaan bumi. Anomali pada metode gravitasi disebut Anomali Bouguer Lengkap (ABL) yaitu anomali yang telah dikoreksi

sehingga anomali yang diperoleh hanya dipengaruhi dapag massa dan material batuan penyusun [2].

Terdapat beberapa metode geofisika yang digunakan untuk mengidentifikasi suatu lapisan permukaan bumi. Pertama terdapat metode geolistrik yang merupakan metode grafitasi dengan memanfaatkan sifat aliran listrik di dalam bumi berdasarkan hukum-hukum kelistrikan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan [3]. Kedua terdapat metode geofisika yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi suatu lapisan permukaan bawah bumi yang didasari oleh variasi rapat massa batuan pada suatu daerah penelitian yaitu dengan menggunakan metode gravitasi [13]. Metode gravitasi dipilih dikarenakan dapat memberikan informasi yang cukup detail tentang struktur geologi dan kontras densitas batuan. Metode gravitasi pada penelitian ini digunakan untuk mengukur suatu percepatan gravitasi di bawah permukaan bumi, karena adanya suatu perbedaan densitas batuan dari suatu daerah.

Berdasarkan uraian di atas peneliti sangat tertarik untuk mengkaji lebih dalam fenomena tersebut. Penelitian ini memiliki tujuan menganalisa material – material limpasan yang dibawa oleh Gunung Semeru untuk mengetahui sketsa struktur bawah permukaan setelah erupsi tahun 2022.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1. Data Gravitasi**

Data yang digunakan untuk penelitian ini berupa data anomali gravitasi sekunder melalui citra satelit yang dapat diakses pada website [http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get\\_data.cgi](http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi). Melalui website tersebut didapatkan data topografi dan anomali gravitasi suatu daerah yang dimasukkan adalah posisi geografisnya sehingga didapatkan data yang telah tergrid dengan teratur dalam format ASCII-XYZ. Tidak semua bagian Gunung Semeru termasuk kawasan dalam penelitian ini, adapun kawasan penelitian Gunung Semeru yang diteliti memiliki koordinat batas utara 9111755 UTM Y. batas barat 697379.1 UTM X. batas selatan 9093374 UTM Y dan batas timur 725022.3 UTM X.

### **2.2. Prosedur Penelitian**

Data anomali gravitasi yang didapatkan dari citra satelit dikoreksi sampai koreksi udara bebas, dan koreksi dalam penelitian ini hanya mencakup koreksi terrain dan koreksi Bouguer. Hal pertama yang harus dilaksanakan yaitu memperbaiki terrain (koreksi terrain). Lokasi penelitian dengan struktur topografi yang tidak rata, seperti pegunungan atau gunung, memerlukan koreksi terrain. Sehingga penelitian pada wilayah Gunung Semeru akan menggunakan koreksi medan karena merupakan wilayah gunung.

Langkah pertama yang harus dilakukan sebelum akhirnya mendapatkan koreksi terrain adalah dengan mengkonversi koordinat berupa latitude dan longitude yang didapat dari google earth ke koordinat berupa UTM X dan UTM Y. konversi koordinat tadi dilakukan dengan menggunakan aplikasi surfer. Penggunaan aplikasi surfer dapat dengan mudah mengkonversi koordinat secara otomatis. Setelah didapatkan koordinat berdasarkan UTM, kemudian penghitungan koreksi medan dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi global mapper dan oasis montaj. Aplikasi global mapper digunakan untuk membuat batas berupa grid daerah

anomali regional dan residual yang dimasukan peta Digital Elevation Modelling (DEM) provinsi Jawa Timur. Data koreksi terrain kemudian bisa diperoleh melalui aplikasi oasis montaj.

Setelah didapatkan koreksi terrain langkah berikutnya yaitu melakukan koreksi Bouguer. Koreksi Bouguer ini didapatkan dari rumus berikut:

$$g_{BC} = 0.04191\rho h \quad (1)$$

dengan  $\rho$  merupakan densitas batuan dan  $h$  adalah ketinggian dari permukaan laut [14].

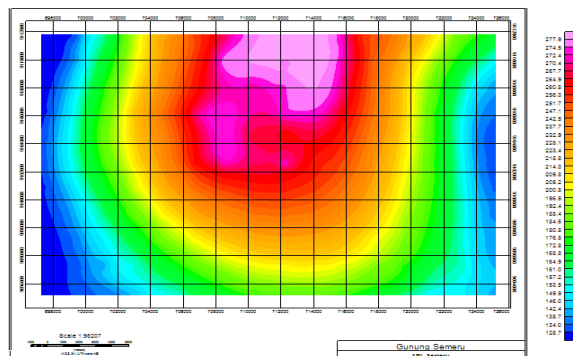
Metode yang digunakan dalam koreksi Bouguer, terhadap rata – rata kerapatan batuan di lokasi penelitian yaitu metode paransis. Metode paransis ini untuk mengetahui kerapatan batuan dengan cara melakukan plotting nilai koreksi Bouguer dikurangi dengan koreksi terrain terhadap nilai koreksi udara bebas. Selanjutnya membuat garis lurus yang digunakan untuk mendapatkan gradien dari kurva yang dihasilkan. Nilai gradien ini adalah nilai kerapatan rata-rata pada daerah penelitian. Kemudian, setelah didapatkan nilai koreksi terrain dan Bouguer maka dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai anomali Bouguer lengkap dengan rumus berikut [14]:

$$g_{ABL} = g_{FA} - g_{BC} + g_{TC} \quad (2)$$

Setelah kita melakukan pengolahan data menggunakan *Oasis Montaj*, lalu kita memberikan *Butterworth Filter* untuk dapat mengamati data struktur bawah permukaan Gunung Semeru pada tahun 2022. *Filter butterworth* merupakan jenis filter pengolahan sinyal yang dirancang dengan memiliki sebuah flat respon frekuensi yang memungkinkan dalam suatu passband sehingga disebut dengan *maximally flat magnitude filter*. Respon dari *filter butterworth* adalah maksimal datar atau tidak memiliki riak pada passband serta memiliki pelemahan yang cukup tajam pada frekuensi stopband. Filter ini memberikan optimasi pada daerah passband [8].

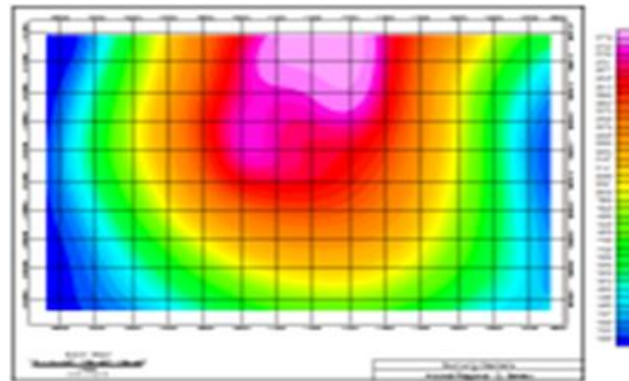
### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data Gunung Semeru di kabupaten Lumajang didapatkan dengan penggambaran pola Anomali Bouguer Lengkap. Kemudian dipetakan ke dalam kontur dengan *software surfer* yang ditunjukkan pada Gambar 1.



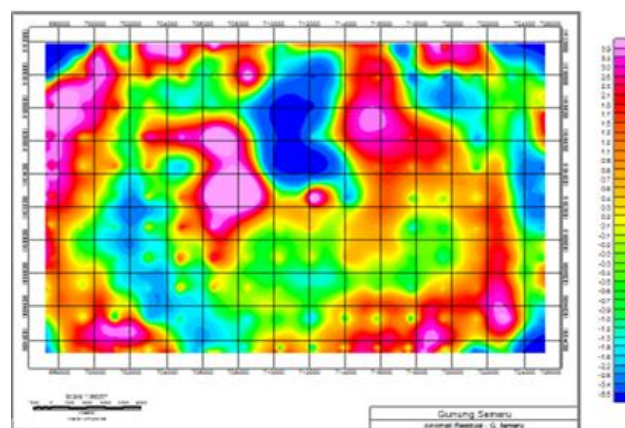
Gambar 1. Peta Kontur Anomali Bouguer Lengkap Gunung Semeru

Gambar 1 menunjukkan anomali Bouguer lengkap gunung semeru dengan sebaran anomali berkisar antara +128,7 sampai +277,9 mGal. Anomali terendah muncul dalam warna biru tua dan anomali tertinggi dalam warna ungu muda. Setelah mendapatkan nilai anomali bouguer lengkap, *Filter Butterworth* digunakan untuk memisahkannya menjadi dua bagian, yaitu anomali regional dan anomali residual. Pada suatu prinsip matematis, ini merupakan proses yang memungkinkan untuk dilakukannya pemisahan anomali karena objek-objek di bawah permukaan akan memunculkan respon gaya berat secara spasial dengan frekuensi yang tinggi dan rendah [5].



**Gambar 2.** Peta Kontur Regional Gunung Semeru

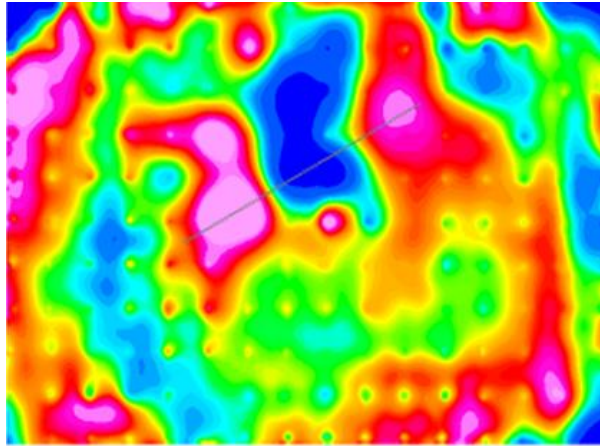
Berdasarkan Gambar 2 Peta Kontur Regional menunjukkan persebaran anomali tinggi, anomali sedang, dan anomali rendah. Nilai anomali regional berkisar antara +128,5 sampai +277,9 mGal, nilai anomali tinggi berkisar antara +232,9 sampai +277,9 mGal, nilai anomali sedang berkisar antara +188,5 sampai +228,2 mGal, dan nilai anomali rendah berkisar antara +128,5 sampai +184,6 mGal. Keberadaan anomali tinggi dapat diinterpretasikan dengan adanya batuan beku, sedangkan keberadaan anomali rendah dapat diinterpretasikan dengan adanya batuan sedimen atau batuan lapuk [6].



**Gambar 3.** Peta Kontur Residual Gunung Semeru

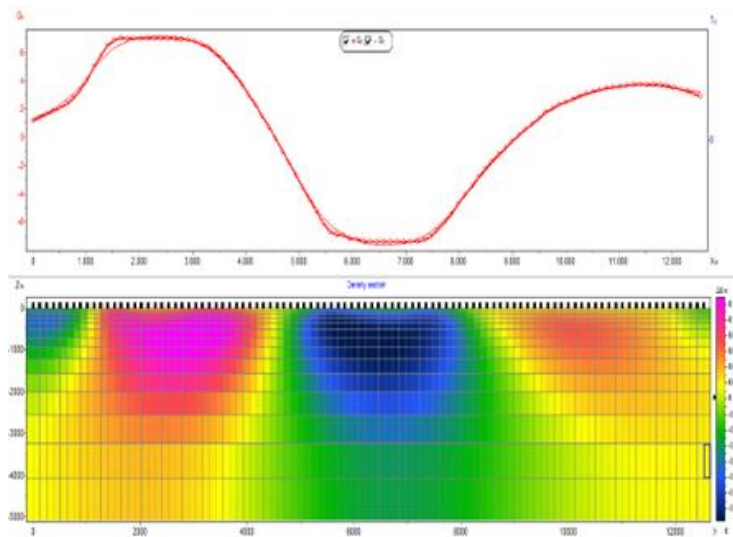
Setelah data anomali regional didapatkan, kemudian mencari data anomali residual dengan cara mengurangi nilai anomali Bouguer lengkap dengan anomali regional yang ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai anomali residual berkisar antara -5,5 sampai +3,9 mGal. Nilai anomali bernilai negatif karena memiliki nilai kerapatan

yang sangat rendah dibandingkan dengan daerah di sekitarnya. Nilai anomali tinggi berkisar antara +2,3 sampai +3,9 mGal, nilai anomali sedang berkisar antara -0,1 sampai +0,9 mGal, dan nilai anomali rendah berkisar antara -5,5 sampai -1,0 mGal.



**Gambar 4.** Slicing Anomali Residual

Tahapan selanjutnya melakukan slicing anomali residual yang bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan menggunakan lintasan. Hasil slicing anomali residual berkisar antara -4,2 sampai 2,4 mGal. Kemudian, dilakukan pemodelan inversi 2 Dimensi dengan ZondGM2D yang ditunjukkan pada Gambar 5:



**Gambar 5.** Pemodelan Inversi 2 Dimensi

Pemodelan inversi 2D didapatkan melalui data langsung hasil slicing yang berupa data koordinat x dan y serta data gravitasi yang selanjutnya diolah menggunakan ZondGM2D. Pemodelan tersebut bertujuan untuk mengetahui model densitas batuan yang terdapat di bawah permukaan pada sepanjang daerah yang telah diiris. ZondGM2D merupakan nilai kontras densitas bukan nilai densitas. nilai densitas suatu batuan diperoleh dari mengurangi densitas bantuan dominan dengan nilai kontras densitas [13]. Pemodelan inversi ini bertujuan untuk mencari parameter

model yang menghasilkan respon yang cocok dengan data hasil pengamatan. Parameter tersebut adalah observasi ( $G_o$ ) yang digambarkan dengan lingkaran kecil dan komputasi ( $G_c$ ) yang digambarkan dengan garis lurus. Disebelah kiri terdapat sumbu  $y$  yang menunjukkan kedalaman bumi, dan pada sebelah kanan terdapat sumbu  $x$  yang menunjukkan kontras densitas.

Gambar diatas merupakan hasil pemodelan dua dimensi dan penginversian yang ditunjukkan dengan garis lurus dan garis titik-titik. Garis titik-titik tersebut merupakan  $g$  observasi sementara garis lurus merupakan  $g$  komputasi. Tujuan melakukan penginversian tersebut adalah untuk antara  $g$  observasi dan  $g$  komputasi terlihat sama bentuknya. Setelah garis titik - titik dan garis lurus kita dapatkan, akan muncul gambar bawah permukaan. Dari gambar diatas juga bisa kita lihat persebaran jenis batuan apa saja yang ada dalam bawah permukaan Gunung Semeru. Hal itu, dapat tergambarkan dari corak warna yang tergambarkan ddi gambar tersebut. Dapat dilihat juga kedalaman dari anomali rendah 5500 m – 7500 m. sementara anomali tinggi berada pada kedalaman 1500 m – 3200 m. telah diterangkan diatas bahwa batuan yang ada dapat kita ketahui dengan melihat warna pada gambar. Jika diperhatikan ada warna yang dominan, yaitu biru, ungu muda, oranye, hijau, dan kuning. Selain warna yang dominan, terdapat juga warna biru tua pekat yang diduga merupakan sebagai keberadaan kantong magma dari Gunung Semeru. Nilai densitas kuning berada dari rentang 0.02 hingga 0.04. niali densitas biru dan ungu muda berada pada rentang -0.08 hingga 0.12. nilai densitas hijau dan oranye berada pada rentang -0.04 hingga 0.06. Jika dihitung, maka akan memiliki nilai densitas sebagai berikut:

**Tabel 1.** Perbandingan Nilai Densitas Permukaan Gunung Semeru

Warna	Kontras densitas	Densitas (densitas rata-rata (2.7315) dikurang kontras densitas)
<b>Kuning</b>	0.02 - 0.04	2.6915 – 2.7115 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Biru dan ungu muda</b>	(-0.08) – (0.12)	2.6115 - 2.8115 gr/cm <sup>3</sup>
<b>Hijau dan oranye</b>	(-0.04) – (0.06)	2.6715 – 2.7715 gr/cm <sup>3</sup>

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa densitas batuan yang terdapat dibawah permukaan gunung semeru memiliki rentang diantara 2.6115 gr/cm<sup>3</sup> hingga 2.8115 gr/cm<sup>3</sup>. Batuan yang memiliki densitas dengan nilai yang sama seperti diatas adalah batuan dolomit, andesit, granit, grano diorite, diabase, basalt, beku asam, dasar beku, sekis, batu pasir, batu kapur, serpih, dan gabro. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ayu dkk pada tahun 2013, batuan yang terkandung dalam Gunung Semeru adalah batuan sedimen, pasir, shale, limestone, kapur, solomite, batuan dengan rongga gas di dalam, batuan metamorf, dan batuan beku.



#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini berupa gambaran struktur bawah permukaan Gunung Semeru. Terdapat variasi nilai anomaly yang didapatkan dari mulai rendah hingga tinggi pada Anomali Bouguer Lengkap berkisar antara +128,7 sampai +277,9 mGal. Ketika dilakukan slicing juga nampak anomaly yang rendah hingga tinggi, hal ini terjadi karena Gunung Semeru merupakan Gunung aktif yang memiliki dapur magma dan digambarkan dengan anomaly rendah, sedangkan anomaly tinggi merupakan sebuah batuan. Penelitian mengenai gunung semeru sudah pernah dilakukan oleh Anggraeni (2021) mengenai pemisahan anomaly regional dan residual gunung semeru pada saat sebelum terjadi erupsi. Pada penelitian tersebut diperoleh nilai Anomali Bouguer Lengkap berkisar antara 0 – 130 mGal, dan nilai anomaly rendah diperkirakan sebagai kantung magma sementara nilai anomaly yang bernilai tinggi diperkirakan sebagai batuan beku [2].

#### Daftar Pustaka

1. A. Ashari, 2017. Geomorphology of the Southern Flank of Merapi Volcano in Relation to the Potential Hazards and Natural Resources: A Review. *Geomedia*. Vol. 15(2): 183– 192.
2. F. K. A. Anggraeni, 2021. Pemisahan Anomali Regional dan Residual Data Gravitasi Gunung Semeru Jawa Timur. *Jurnal Fisika Unand*. Vol. 10(4): 421-427.
3. Kanyawan, O. E., dan Zulfian. 2020. Identifikasi struktur lapisan bawah permukaan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis sebagai informasi awal rancang bangun pondasi bangunan. *Prisma Fisika*. Vol. 8(3): 196-202.
4. A.J. Kurnianti, H. Dwi, H. Fajar, dan L. Agus, 2017. Penentuan Anomali Gayaberat Regional dan Residual Menggunakan Filter Gaussian Daerah Mamuju, Sulawesi Barat. *Explorium*. Vol. 38(2): 89-98.
5. F. Kurnianto, D. Rakhmasari, F. Ikhsan, B. Apriyanto, & E. Nurdin, (2018). The Environment Analysis Of Population Growth, Unemployment, And Poverty Level In Maesan District Bondowoso Regency. *Geosfera Indonesia*. Vol. 3(2): 113-121. doi:10.19184/geosi.v3i2.8439.
6. A.D. Maulana, dan D.A. Prasetyo, 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(3): 91. Mayasari, V., Ildrem S., Agus D.A.S. 2018. Bulletin of Scientific Contribution. *Bulletin of Scientific Contribution: GEOLOGY*, Vol. 16(1): 9–16.
7. Z. Noer, & I. Dayana, 2022. *Buku Fisika dan Teknologi Superkonduktor*. GUEPEDIA.
8. B. Nurdiyanto, H. Eddy, N. Drajat, S. Bambang, dan S. Pupung, 2011. Penentuan Tingkat kekerasan batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*. Vol. 12(3): 211-220.
9. D.I. Purnamawati, dan N. Aisyah, 2012. Tinjauan Dampak Banjir Lahar Kali Putih, Kabupaten Magelang Pasca Erupsi Merapi 2010. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. Vol. 5(1):19-30.
10. J. Purnomo, S. Koesuma, and M. Yunianto, (2013), Pemisahan Anomali Regional-Residual pada Metode Gravitasi Menggunakan Metode Moving



- Average, Polynomial dan Inversion. *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol. 3(1): 10.
11. S. Ratih, N. H. Awanda, C. A. Sputra & A. Ashari, 2018. Hidrogeomorfologi Mataair Kaki Vulkan Merapi Bagian Selatan. *Geomedia: Jurusan Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Yogyakarta*. Vol. 16(1): 1-12.
  12. K. Sugianti, D. Mulyadi & D. Sarah, 2014. Pengklasan Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode Storie. *Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI*. Vol. 24(2): 93-104.
  13. Jamaluddin., Maria., Hamriani, R., dan Rohima, S.A. 2019. Permodelan Geologi Bawah Permukaan Bantar Karet, Jawa Barat Menggunakan Metode Gravitasi. *Jurnal Geocelbes*. Vol. 3(2): 59-65.
  14. Jusmi, Fitri. 2018. Pemetaan Anomali Bouguer Lengkap dan Topografi Serta Penentuan Densitas Bouguer Batuan Daerah Panas Bumi Pamancalan. *Jurnal Dinamika*. Vol. 9(1): 1-9