

## KORELASI DATA GRAVITASI SATELIT PADA DAERAH PANAS BUMI BLAWAN-IJEN

### *CORRELATION OF SATELLITE GRAVITATION DATA IN BLAWAN GEOTHERMAL AREA -IJEN*

Novi Anivatul Karimah<sup>1</sup>, Supriyadi<sup>1,\*</sup>, Agus Suprianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, Jember, Indonesia

\*email korespondensi: [supriyadi@unej.ac.id](mailto:supriyadi@unej.ac.id)

#### Abstrak

Energi panas bumi merupakan energi sumber daya alam berupa air panas atau uap panas yang terbentuk melalui pemanasan di dalam bumi. Salah satu daerah yang memiliki potensi panas bumi adalah Blawan-Ijen. Metode yang sering digunakan untuk identifikasi panas bumi adalah metode gravitasi. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data gravitasi satelit yaitu BGI dan GGMplus. Data *Bouguer* BGI merupakan data anomali *Bouguer* yang sudah siap diolah, sedangkan untuk data GGMplus masih merupakan data *gravity disturbance*. Data gravitasi GGMplus tergolong data gravitasi yang masih baru, sehingga diperlukan perbandingan dengan data gravitasi lainnya. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui korelasi antara data gravitasi BGI dengan GGMplus. Proses korelasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemiripan antara data gravitasi GGMplus dengan BGI. Korelasi dilakukan dengan membuat digitasi kontur anomali gravitasi pada *software Surfer* dan menghitung nilai korelasi antar titik data gravitasi BGI dan GGMplus. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ABL GGMplus dengan ABL BGI memiliki kemiripan dengan nilai korelasi sebesar 0,94. Kontur ABL GGMplus dan ABL BGI menunjukkan bahwa daerah pegunungan Ijen didominasi oleh nilai ABL rendah dengan rentang nilai 70 hingga 100 mGal. Pada kedua kontur ABL tersebut juga teramati kontras anomali gravitasi yang menunjukkan keberadaan patahan.

Kata kunci: metode gravitasi, panas bumi, anomali Bouguer lengkap, BGI, GGMplus

#### Abstract

*Geothermal energy is the energy of natural resources in the form of hot water or hot steam formed through heating inside the earth. One of the area that has geothermal potential is Blawan-Ijen. The method often used for geothermal identification is the gravity method. The data used in this study are satellite gravity data, i.e BGI and GGMplus. Bouguer BGI data is Bouguer anomaly data that is ready to be processed, while GGMplus data is still a gravity disturbance data. GGMplus is a new gravity data, so comparison with other gravitational data is needed. The goal of this study was to determine the correlation between BGI and GGMplus gravity data. The correlation process is carried out to find out how much the similarity between BGI and GGMplus gravity data. Correlation is done by making the gravity anomaly contour digitized on the Surfer software and calculating the correlation value between the BGI and GGMplus gravity data points. The results obtained show that ABL GGMplus and ABL BGI is similar with the correlation value of 0.94. The ABL GGMplus and ABL BGI contours show that the Ijen Mountain area is dominated by low ABL values with a range of 70 to 100 mGal. In both ABL contours, contrast gravity anomalies were observed which indicate that faults exist.*

*Keywords: Gravity method, geothermal, Bouguer anomaly, BGI, GGMplus*

#### Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki sebaran panas bumi yang tinggi di lebih dari 265 lokasi yang tersebar dari Nangro Aceh Darussalam sampai Irian Jaya. Potensi panas bumi yang dimiliki Indonesia merupakan yang terbesar di dunia dengan kandungan potensi panas bumi sebesar 29 GWe atau sekitar 40% dari kandungan panas bumi di dunia [1]. Salah satu daerah yang memiliki potensi panas bumi adalah Blawan, yang secara geografis terletak di 7°59'9"LS–114°10'32"BT Desa Kalianyar, Kecamatan Sempol, Kabupaten Bondowoso. Potensi panas bumi di daerah Blawan ditandai dengan adanya sebaran

sumber air panas di bagian Utara dengan suhu berkisar 30°C–51°C. Munculnya sumber air panas di sekitar Blawan diakibatkan oleh terbentuknya patahan di Kaldera bagian Utara yang dikenal dengan Patahan Blawan [2].

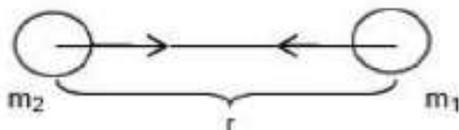
Salah satu survei yang digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan adalah geofisika. Geofisika merupakan ilmu yang mempelajari tentang bumi menggunakan parameter fisika. Metode gravitasi adalah metode geofisika yang didasarkan pada perbedaan medan gravitasi akibat adanya perbedaan rapat massa batuan penyusun yang ada di bawah permukaan bumi.

Data percepatan gravitasi yang didapat selama pengukuran diolah menjadi anomali percepatan gravitasi bumi. Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut dapat diketahui perbedaan rapat massa batuan, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk menentukan struktur geologi bawah permukaan yang mengandung potensi energi geothermal di daerah penelitian [3]. Metode gravitasi memiliki kelebihan untuk survei awal karena memberikan informasi yang detail tentang struktur geologi dan kontras densitas batuan.

Pada kasus panas bumi, perbedaan densitas batuan merupakan acuan dalam penyelidikan metode gravitasi, dimana daerah sumber panas di bawah permukaan bumi dapat menyebabkan perbedaan densitas dengan massa batuan di sekitarnya. Prinsip dasar fisika yang menjadi dasar metode gravitasi adalah hukum Newton [4]. Gambar 1 menginformasikan hukum Newton yang menjelaskan tentang gaya tarik menarik antara dua buah massa yang terpisah dengan jarak  $r$ , dapat dituliskan dalam rumus berikut [5].

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

dengan  $F$  adalah gaya gravitasi (Newton),  $G$  adalah konstanta gravitasi ( $6,6 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ ),  $m_1$  adalah massa 1 (kg),  $m_2$  adalah massa 2 (kg), dan  $r$  adalah jarak (m).



**Gambar 1.** Gaya tarik menarik antara 2 buah benda

Percepatan gravitasi benda bermassa  $m$  yang disebabkan oleh tarikan massa bumi pada jarak  $r$  dapat dituliskan dalam rumus berikut [5].

$$g = G \frac{M}{r^2} = \frac{F}{m} \quad (2)$$

dengan  $g$  merupakan percepatan gravitasi bumi ( $\text{m/s}^2$ ). Pengukuran data gravitasi tidak hanya dilakukan secara langsung, namun dilakukan menggunakan satelit yang dilengkapi dengan posisi titik data di permukaan bumi. Data gravitasi satelit di antaranya adalah *Bureau Gravimetrique International* (BGI) dan *Global Gravity Model plus* (GGMplus). Setiap data gravitasi satelit memiliki spasi antar titik yang berbeda-beda. Data gravitasi GGMplus memiliki spasi antar titik yang lebih

rapat ( $\pm 220 \text{ m}$ ) jika dibandingkan dengan data gravitasi BGI ( $\pm 3,6 \text{ km}$ ) [6].

BGI (*Bureau Geometrique International*) dibentuk pada tahun 1951 oleh *International Assosiation Geodesy* (IAG), salah satu dari tujuh asosiasi IUGG (*International Union in Geophysics and Geodesy*). Tujuan awal pembuatan BGI adalah untuk mengumpulkan semua pengukuran gravitasi berdasarkan skala dunia sehingga dihasilkan data gravitasi global bagi setiap pengguna publik atau pribadi [7]. Data BGI yang digunakan merupakan model gravitasi WGM2012 (*the World Gravity Map 2012*). WGM2012 merupakan peta anomali gravitasi global pertama yang diperoleh dengan memperhitungkan model bumi yang sebenarnya. WGM2012 terdiri dari seluruh massa yang ada di permukaan [8].

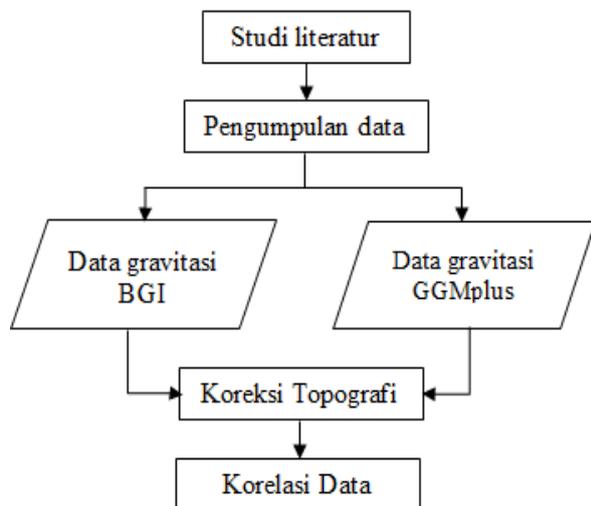
GGMplus (*Global Gravity Model plus*) adalah model komposit yang memurnikan model gravitasi yang ada dari pelacakan satelit ruang angkasa dan data terrestrial (GRACE, GOCE dan EGM2008) dengan informasi data gravitasi topografi resolusi tinggi yang berasal dari data topografi SRTM. Model gravitasi GGMplus merupakan hasil dari inisiatif penelitian Universitas Curtin (Perth, Australia Barat) dan Universitas Teknik Munich (Jerman). Gravitasi GGMplus menyediakan grid data percepatan gravitasi, *gravitasi disturbance*, *undulasi quasigeoid*, dan defleksi komponen vertikal Utara-Selatan dan Barat-Timur [9]. Kelebihan dari penggunaan data satelit dibanding data pengukuran lapang adalah tidak memerlukan biaya.

Selain itu, untuk melakukan perluasan wilayah yang akan diteliti menjadi mudah karena data gravitasi dapat diakses dengan mudah. Data satelit bisa diperoleh melalui situs *online* yang telah disediakan, sedangkan untuk penelitian lapang masih memerlukan biaya untuk sewa alat dan penginapan di lokasi penelitian. Penelitian ini menggunakan dua variasi data satelit yaitu data gravitasi BGI dan data gravitasi GGMplus. Data *Bouguer* BGI yang diperoleh merupakan data anomali *Bouguer* yang sudah siap diolah, sedangkan untuk data GGMplus masih merupakan data *gravity disturbance*. Data gravitasi GGMplus tergolong data gravitasi yang masih baru, sehingga diperlukan perbandingan dengan data gravitasi yang lainnya. Oleh karena itu, disusunlah penelitian tentang korelasi data gravitasi satelit di daerah potensi panas bumi Blawan-Ijen untuk mengetahui hasil korelasi antara data gravitasi GGMplus dengan data gravitasi BGI pada daerah panas bumi Blawan-Ijen.

## Metode Penelitian

### Pengumpulan Data

Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 2. Data yang akan diolah pada penelitian ini adalah data gravitasi satelit (data BGI tahun 2012 dan data GGMplus tahun 2013). Data gravitasi yang diteliti mencakup wilayah pegunungan Ijen dengan koordinat 114,00°-114,33° BT dan 7,83°-8,17° LS.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

### Koreksi Topografi pada Data GGMplus

Data GGMplus yang diperoleh setelah proses ekstraksi masih berupa data *gravity disturbance*, sedangkan data BGI yang digunakan adalah data *free air*, maka perlu koreksi lebih lanjut untuk mendapatkan data ABL (Anomali Bouguer Lengkap)-nya sehingga data GGMplus dan data BGI dapat diolah lebih lanjut. Koreksi yang dilakukan adalah koreksi topografi yang memuat koreksi Bouguer dan koreksi terrain. Koreksi Bouguer dilakukan untuk menghilangkan pengaruh adanya massa dari datum sampai pada ketinggian titik pengukurannya. Sedangkan koreksi terrain dilakukan untuk menghitung variasi percepatan gravitasi yang disebabkan variasi topografi pada setiap titik penelitian.

Koreksi Bouguer yang dilakukan menggunakan software Microsoft Excel 2010. Input yang dibutuhkan pada perhitungan koreksi Bouguer adalah nilai *gravity disturbance* GGMplus. Koreksi Bouguer dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$K_B = 0,0419 \times \rho \times h \quad (3)$$

dimana nilai  $\rho$  yang digunakan merupakan nilai densitas rata-rata batuan sebesar 2,67 g/cm<sup>3</sup> dan data  $h$  yang digunakan adalah data *gravity disturbance (free air)* GGMplus. Dari nilai koreksi Bouguer yang telah diperoleh, maka dapat diketahui nilai ABS (Anomali Bouguer Sederhana) dengan persamaan.

$$ABS = FA - K_B \quad (4)$$

dengan  $FA$  adalah nilai *free air* GGMplus dan  $K_B$  adalah nilai koreksi Bouguer.

Koreksi terrain yang dilakukan menggunakan software Oasis Montaj dan Global Mapper 15. Global Mapper 15 digunakan untuk mendapatkan data topografi, *inner* dan *outer* dari data DEM SRTM wilayah penelitian. Software Oasis Montaj digunakan untuk mengolah data *latitude*, *longitude*, dan topografi (juga *inner* dan *outer*) menjadi data terkoreksi terrain. Hasil data koreksi terrain yang diperoleh kemudian diolah di Microsoft Excel 2010 untuk mendapatkan data ABL (Anomali Bouguer Lengkap). Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai ABL adalah.

$$ABL = ABS - K_T \quad (5)$$

dengan ABS adalah nilai anomali Bouguer sederhana dan  $K_T$  adalah nilai yang sudah dikoreksi terrain.

### Korelasi Data Gravitasi GGMplus dan Data Gravitasi BGI

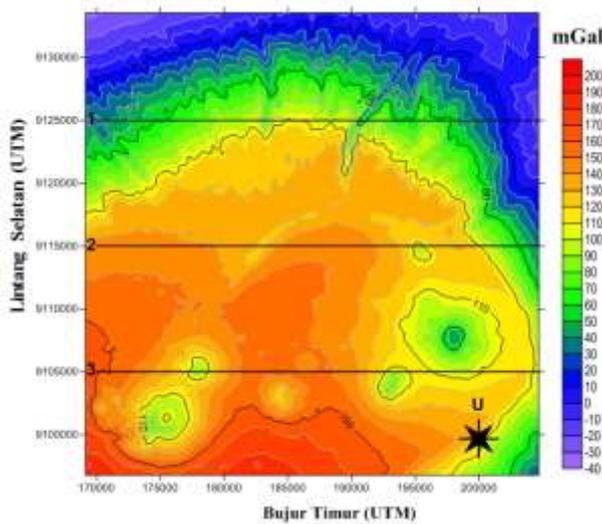
Korelasi data dilakukan untuk mengetahui berapa perbedaan atau kesamaan antara dua buah data. Data yang akan dikorelasikan adalah data ABL GGMplus – ABL *free air* BGI dan data ABL GGMplus – data Bouguer BGI. Sebelum melakukan korelasi data, dilakukan digitasi menggunakan software Surfer 12 untuk mendapatkan nilai pada titik-titik yang diinginkan. Nilai korelasi data bervariasi dari -1 hingga 1. Nilai -1 menunjukkan adanya hubungan linier negatif (berkebalikan), nilai 0 menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara dua variabel, dan nilai 1 menunjukkan hubungan linier positif (berbanding lurus) [10]. Korelasi data dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$r = \frac{N \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{N \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (6)$$

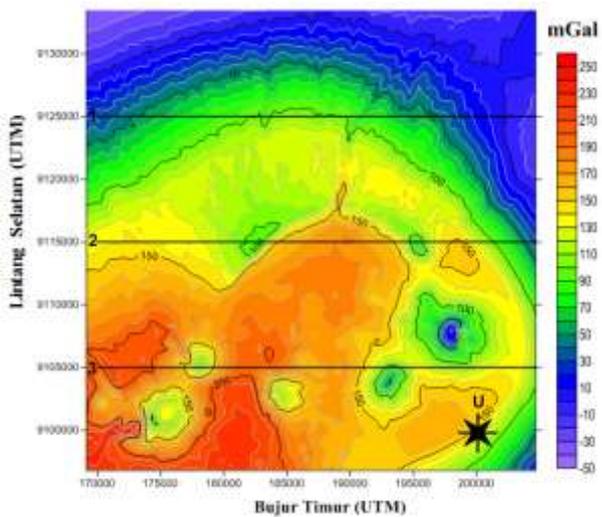
dimana  $r$  = korelasi,  $N$  = jumlah data,  $x$  = variabel 1, dan  $y$  = variabel 2

**Hasil dan Diskusi**

Proses korelasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan atau persamaan antara data gravitasi GGMplus dan gravitasi BGI. Pada penelitian ini digunakan 3 lintasan yang mewakili untuk dilakukan korelasi tiap data, proses ini disebut dengan proses digitasi. Digitasi dilakukan dengan menggunakan *software Surfer 12* dengan membuat 3 lintasan membujur pada koordinat lintang yang sama. Lintasan 1 dibuat membujur pada koordinat 9125000 UTM, lintasan 2 membujur pada koordinat 9115000 UTM, dan lintasan 3 membujur pada koordinat 9105000 UTM.



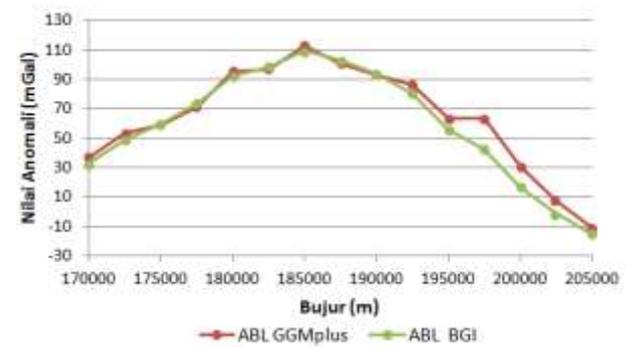
**Gambar 3.** Kontur ABL GGMplus yang di-overlay dengan lintasan korelasi



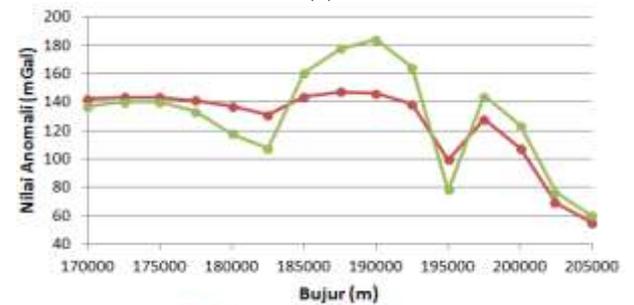
**Gambar 4.** Kontur ABL BGI yang di-overlay dengan lintasan korelasi

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 dapat diketahui bahwa data ABL GGMplus dan data ABL BGI

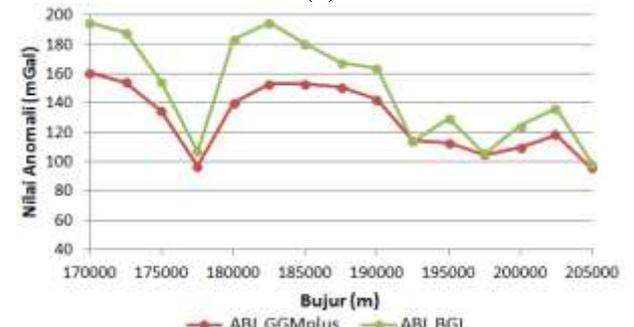
memiliki kemiripan dengan rentang nilai anomali ABL GGMplus berkisar antara -40 sampai 200 mGal dan rentang anomali ABL BGI berkisar antara -50 sampai 250 mGal. Pada kedua gambar tersebut, nilai anomali rendah ditunjukkan dengan warna biru hingga hijau yang berada pada bagian Utara daerah penelitian dengan rentang nilai -50 sampai 90 mGal. Pada bagian tengah daerah penelitian ada beberapa bagian yang berwarna hijau yang berkorelasi dengan letak pegunungan. Hal ini menandakan bahwa pada daerah puncak gunung api nilai anomali gravitasinya rendah. Daerah pegunungan Ijen didominasi oleh nilai ABL rendah dengan rentang nilai 70 hingga 100 mGal.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 5.** Grafik korelasi data gravitasi GGMplus dan BGI, (a) lintasan 1, (b) lintasan 2, dan (c) lintasan 3

Nilai anomali tinggi ditunjukkan dengan warna kuning hingga kemerahan yang berada di

bagian Barat Daya daerah penelitian. Dari peta kontur ABL GGMplus dan ABL BGI yang diperoleh, terdapat beberapa kawah dan patahan yang nampak. Keberadaan patahan ditandai dengan adanya perbedaan nilai densitas dengan daerah di sekitarnya dan menyebabkan adanya perbedaan densitas yang tinggi. Nilai densitas berhubungan dengan nilai anomali gravitasi. Semakin tinggi nilai anomali gravitasi, maka semakin tinggi nilai densitas batuan penyusunnya. Hasil dari proses digitasi berupa data anomali pada titik-titik lintasan yang diinginkan. Hasil digitasi pada 3 lintasan disajikan dengan pembuatan grafik pada Gambar 5 untuk melihat pola nilai per lintasan. Selanjutnya hasil dari grafik dianalisis untuk mendapatkan nilai korelasinya, seperti yang tertera pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Korelasi antara data gravitasi GGMplus dengan data gravitasi BGI

Lintasan	Nilai korelasi
1	0,987
2	0,861
3	0,972
Rata-rata	0,940

Berdasarkan grafik yang diperoleh (Gambar 4), pada masing-masing lintasan 1, 2, dan 3 dapat diketahui bahwa nilai anomali gravitasi ABL GGMplus (grafik warna merah) dan nilai ABL BGI (grafik warna hijau) pada titik yang sama memiliki pola dan nilai yang hampir sama. Hal ini ditandai dengan letak dari kedua grafik ini yang saling berdekatan dan ada beberapa titik yang berhimpit satu sama lain. Tabel 1 memuat nilai korelasi antara 2 buah data pada tiap lintasan. Pada tiap lintasan, nilai korelasi tiap data berbeda-beda. Hal ini sesuai dengan seberapa kecil perbedaan antara 2 data yang dikorelasikan.

Semakin kecil perbedaan yang ada pada kedua data maka semakin besar nilai korelasinya, sebaliknya semakin besar perbedaan antara kedua data maka semakin kecil nilai korelasinya. Nilai korelasi pada lintasan 1 lebih besar dibanding dengan lintasan 2 dan 3 dikarenakan pada lintasan ini ada lebih banyak data yang memiliki nilai yang hampir sama. Dari Tabel 1 kita dapat mengetahui bahwa rata-rata nilai korelasi antara data ABL GGMplus – ABL BGI adalah 0,940.

## Simpulan

Daerah Pegunungan Ijen didominasi oleh nilai ABL rendah dengan rentang nilai 70 hingga 100 mGal. Data ABL GGMplus memiliki kemiripan data dengan ABL BGI dengan nilai korelasi rata-

rata 0,940. Hasil korelasi ini didapatkan untuk data gravitasi pada wilayah Ijen. Perlu uji korelasi lain dan data wilayah lain sehingga hasil korelasi berlaku secara umum dan data gravitasi GGMplus dapat digunakan secara luas.

## Pustaka

- [1] Saptadji N. M. (2001), *Teknik panas bumi*. Institut Teknologi Bandung.
- [2] Zaennudin. A, Wahyudin, Deden, Surmayadi, Mamay, E., & Kusdinar. (2012), Prakiraan bahaya letusan gunung api Ijen Jawa Timur. *Lingkungan dan Bencana Geologi*, 3(2), 109-132.
- [3] Telford, W. N., Geldard, L. P., Sherrif, R. E., Keys, D. A. (1979), *Applied geophysics*. Cambridge University Press.
- [4] Anshory, H. A. (2010), Pemodelan geothermal daerah X menggunakan metode magnetotelurik. *Skripsi*. Universitas Indonesia.
- [5] Serway, R. A, & Jewett, J. W. (2009), *Fisika untuk sains dan teknik*. Salemba Teknika.
- [6] Aziz, K. N. (2018), Identifikasi struktur bawah permukaan lapangan panas bumi Lamongan berdasarkan analisis data gravitasi GGMplus. *Tesis*. Universitas Gadjah Mada.
- [7] Bonvalot, S. (2009). Bureau Gravimetrique International (BGI). *Report of the International Association of Geodesy*, 1-10.
- [8] Bonvalot, S., G. Balmino, A. Briaris, M. Kuhn, A. Peyrefitte, N. Vales, R. Biancale, G. Gabalda, G. Moreaux, F. Reinquin, M., & Sarrailh. (2012). World gravity map. *Bureau Gravimetrique International (BGI)*, 1(2), 1-8
- [9] Hirt, C., S. Claessens, T. Fecher, M. Kuhn, R. Pail, M., & Rexer. (2013), New ultra-high resolution picture of earth's gravity field, *Geophysical Research Letters*, 40(1), 13-17.
- [10] Chen, P. Y., & Popovich, P. M. (2002), *Correlation: Parametric and nonparametric measure*. Sage Publications.