

## ANALISIS DATA GAYA BERAT DI DAERAH BENDAN DUWUR SEMARANG

M. Iqbal Sugita\*, Anisa Furtakhul Janah, Dewi Rahmawati, Supriyadi, dan Khumaedi  
Program Pascasarjana Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Semarang  
\*e-mail: iqbalsugita1995@gmail.com

### Abstract

This study was about the gravity in the area of Bendan Duwur, Gajah Mungkur, Semarang. The method used in this research was gravity. The following steps in this activity were: calculating the value of Reader Gravity ( $g_{obs}$ ), Free Air Correction (FAC), Free Air Anomaly (FAA), Bouguer Correction (BC), Simple Bouguer Anomaly (SBA), Terrain Correction (TC), and Complete Bouguer Anomaly (CBA). The results of this research were listed as the Duwur bendan area, which can be seen from the shape of the points contained in the CBA, which is the smallest mGal value, 2.78 and the largest was 14.14. This can be assessed as an anomaly value, blue was the lowest value while pink the highest value, and yellow was the medium category. Based on the results of gravity measurements in the Bendan Duwur area, Semarang, the smallest mGal value was recognized by the TC compared to the  $g_{obs}$ , FAC, FAA, and BC values. TC was producing 0.24 and the highest value was 1.13. The largest correction value was the FAC, the lowest value of mGal was 16.14, while the highest value of mGal was 26.33. Adapters for the Bendan Duwur soil structure based on CBA including the underground category generated were directly related to tectonic activity, but were more related to geology that requires special sedimentation and anthropogenic activities such as water needed.

**Keywords:** Bouguer, Gravity, Complete Bouguer Anomaly.

### Abstrak

*Penelitian ini tentang gravitasi di daerah Bendan Duwur, Gajah Mungkur, Semarang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gravitasi. Langkah-langkah kegiatan ini adalah: menghitung nilai Gravitasi Pembaca ( $g_{ob}$ ), Koreksi Udara Bebas (FAC), Anomali Udara Bebas (FAA), Koreksi Bouguer (BC), Koreksi Bouguer Sederhana (SBA), Koreksi Bouguer Sederhana (SBA), Koreksi Medan (TC), dan Complete Bouguer Anomaly (CBA). Hasil penelitian ini terdaftar sebagai Duwur Bendan area, yang dapat dilihat dari bentuk titik yang terkandung dalam CBA, yang merupakan nilai mGal terkecil, 2,78 dan terbesar 14,14. Ini dapat dinilai sebagai nilai anomali, untuk biru nilai terendah, sedangkan untuk pink nilai tertinggi, dan untuk kuning kategori sedang. Berdasarkan hasil pengukuran gravitasi di daerah Bendan Duwur, Kota Semarang, nilai mGal terkecil diakui oleh TC dibandingkan dengan nilai  $g_{ob}$ , FAC, FAA, dan BC. TC memproduksi 0,24 dan nilai tertinggi adalah 1,13. Nilai koreksi terbesar yaitu nilai FAC, nilai terkecil yaitu 16,14, sedangkan nilai tertinggi adalah 26,33. Adaptor untuk struktur tanah Bendan Duwur berdasarkan CBA termasuk kategori bawah tanah yang dihasilkan secara langsung berkaitan dengan aktivitas tektonik, tetapi lebih terkait dengan geologi yang memerlukan sedimentasi khusus dan kegiatan antropogenik seperti air yang dibutuhkan.*

**Kata kunci:** Bouguer, Gravitasi, Anomali Bouguer Lengkap.

## 1. PENDAHULUAN

Gaya berat merupakan salah satu cara atau metode yang digunakan pada ilmu geofisika untuk melihat atau menggambarkan struktur yang ada di bawah permukaan tanah. Pengukuran gaya berat dapat dilakukan berdasarkan variasi medan gravitasi bumi, hal ini disebabkan karena adanya perbedaan densitas secara lateral. Gaya berat juga sangat berkaitan dengan Hukum Gravitasi Newton yaitu gaya tarik-menarik antara kedua benda yang sebanding dengan massa kedua benda dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar pusat massa. 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).

Metode Gaya Berat merupakan pilihan terbaik untuk mengkaji bentuk serta struktur tanah yang berbentuk cekungan-cekungan regional (Kirsch, 2009). Murty & Raghavan (2002), menggunakan Metode Gaya Berat untuk eksplorasi air tanah yang terdapat pada lingkungan batuan granit yang keras. Dalam penelitiannya, diperoleh data bentuk anomali sisa gaya berat yang digunakan untuk membedakan antara batuan beku yang telah mengalami pelapukan atau tidak, membantu menarik klurusan struktur-struktur sesar, dan mengidentifikasi lapisan yang berpotensi sebagai akuifer. Gaya berat ditinjau dari cara pelaksanaannya dapat digunakan untuk mengukur secara absolut dan relatif.

Proses pengukuran gaya berat memiliki tiga tahapan, yaitu (1) pengukuran gaya berat dapat dilakukan di lokasi maupun lapangan atau akuisi, (2) pengolahan data, dan (3) interpretasi hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan. Setiap pengumpulan data gaya berat memiliki beberapa koreksi yang harus dilakukan sehingga mendapatkan nilai yang sebenarnya. Koreksi yang dipakai pada Metode Gaya Berat antara lain: Koreksi *Drift* (apungan), *Terrain* (topografi), *Tidal* (pasang surut bumi), *Latitude* (garis lintang), *Bouguer*, dan Udara Bebas.

Permukaan tanah ketika dikaji menggunakan Metode Gaya Berat sering mengalami kendala yaitu, bentuk geografis atau topografi dari lapangan penelitian memiliki bentuk yang tidak teratur seperti bukit, gunung, dan lembah. Hal ini mengakibatkan terjadi pengaruh pada hasil pengukuran nilai gaya berat. Salah satu solusi yang dapat dilakukan agar memperoleh nilai yang mendekati dari konfigurasi batuan yaitu dengan cara menggunakan Koreksi *Terrain*. Menurut Tsoulis (2001) menyatakan bahwa Koreksi *Terrain* dilakukan untuk menghilangkan *noise* dari massa yang terdapat pada daerah titik pengamatan yang mampu mempengaruhi harga dari Anomali *Bouguer*. Anomali *bouguer* mampu menggambarkan suatu variasi berupa densitas yang terdapat di permukaan bumi. Variasi densitas batuan di bawah permukaan tanah merupakan faktor yang sangat penting untuk memperoleh penyebaran anomali gaya berat sebagai prospeksi geofisika.

Penelitian tentang gaya berat ini dilakukan di daerah Kelurahan Bendan Duwur Kecamatan Gajah Mungkur Kota

Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Tinggi pusat Pemerintahan Wilayah Kecamatan dari Permukaan laut adalah 200–400 m dpl. Suhu rata-rata mencapai 27,6–27°C, curah hujan 240 hari dan banyaknya curah hujan 2.403 mm/th. Kecamatan Gajah Mungkur memiliki wilayah yang terdiri dari daratan bukan pesisir, dengan ketinggian rata-rata mencapai antara 100–200 m di atas permukaan air laut, dan relatif datar. Luas Kecamatan Gajah Mungkur 764,98 Hektar (BPS, Kecamatan Gajah Mungkur tahun 2012).

Luas wilayah kelurahan Bendan Duwur adalah 92 m<sup>2</sup> dengan persentase bentuk wilayah datar sampai berombak 75%. Batas wilayah kelurahan Bendan Duwur sebelah barat adalah Kelurahan Sampangan, sebelah selatan adalah Kelurahan Sukorejo, sebelah Barat adalah Kelurahan Kalipancur dan sebelah Timur adalah Kelurahan Karangrejo. Kelurahan Bendan Duwur memiliki hutan kota seluas 4 ha, dan fasilitas umum berupa tanah pemakaman seluas ±4.260 m<sup>2</sup>.

## 2. METODE PENELITIAN

Pengukuran gaya berat relatif lebih mudah dibandingkan dengan pengukuran gaya berat absolut. Pengukuran relatif dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran titik yang tidak diketahui nilai gaya beratnya dengan titik yang sudah diketahui dan telah diikat ke titik referensi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan Metode Koreksi Gaya Berat. Koreksi gaya berat yang dipakai berupa koreksi udara bebas dan *Bouguer*. Data yang diambil dalam penelitian ini antara lain, Gaya Berat Pembaca ( $g_{obs}$ ), *Free Air Correction* (FAC), *Free Air Anomaly* (FAA), Koreksi *Bouguer* (BC), *Simple*

*Bouguer Anomaly* (SBA), *Terrain Correction* (TC), dan *Complete Bouguer Anomaly* (CBA).

Konsep anomali gaya berat menekankan pada aspek perbedaan gaya berat yang terukur dari nilai gaya berat acuan. Perbedaan gaya berat menunjukkan bahwa terdapat variasi rapat massa yang terdapat pada suatu daerah dengan sekitarnya dalam arah horizontal atau vertikal. Besar kecilnya kedalaman, arah anomali rapat massa diperoleh dengan cara menghitung, merekonstruksi dan interpretasi model gaya berat terukur. Nilai gaya berat terukur merupakan total gaya yang dipengaruhi oleh suatu titik akibat dari berbagai sumber. Sumber yang mampu mempengaruhi pengukuran antara lain:

- Posisi bumi dalam pergerakan tata surya (*tide effect*)
- Perbedaan lintang di permukaan bumi
- Perbedaan ketinggian permukaan bumi (elevasi)
- Efek topografi
- Perubahan rapat massa di suatu tempat

Upaya untuk menghindari efek gaya berat dari komponen yang tidak dikehendaki yaitu dilakukan beberapa koreksi dan reduksi. Proses pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain:

- Menghitung nilai  $g_{obs}$  dari hasil pengukuran yang telah direduksi serta dikoreksi pasang surut dan koreksi (*drift*) apungan.
- Menghitung nilai FAC
- Menghitung nilai FAA
- Menghitung nilai BC
- Menghitung nilai SBA
- Menghitung nilai TC
- Menghitung nilai CBA

Lokasi penelitian yang akan menjadi objek penelitian terletak di Provinsi Semarang Jawa Tengah, tepatnya di daerah Bendan Duwur, Gajah Mungkur. Pemilihan lokasi tersebut dikarenakan letak geografis pada daerah tersebut memiliki topografi yang tidak teratur yaitu mengalami perbukitan dan lembah.



**Gambar 1.** (a) Gravimeter Scintrex CG-5, (b) GPS

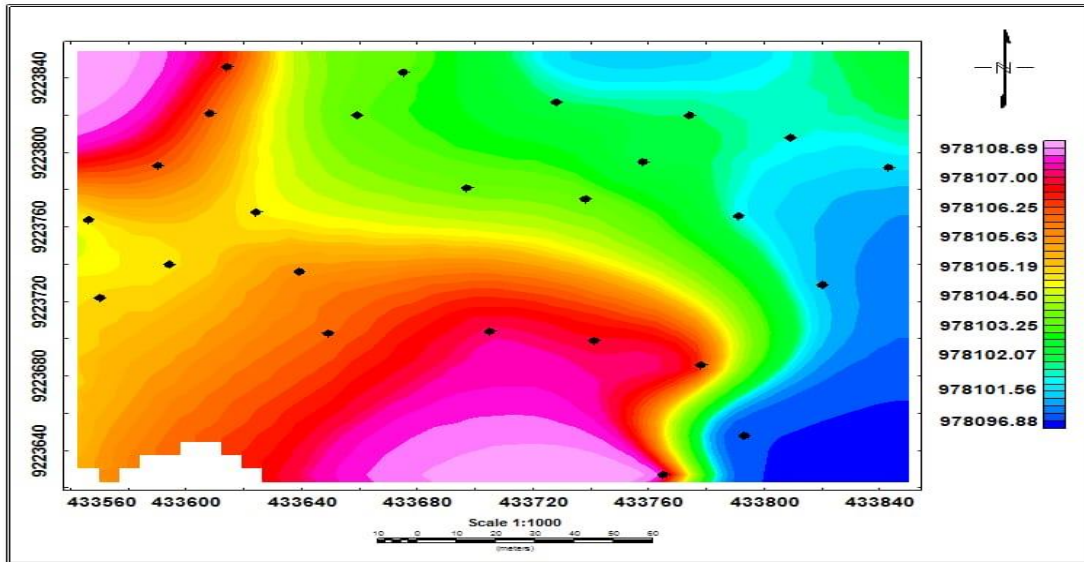
Alat yang digunakan dalam penelitian gaya berat ini, meliputi *Gravimeter Scintrex CG-5* yang memiliki ketelitian hingga orde mikroGal serta GPS yang dapat dilihat Gambar 1.

### 3. HASIL DAN DISKUSI

Hasil dari pengumpulan data gaya berat di daerah Bendan Duwur, Kecamatan Gajah Mungkur, Semarang seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

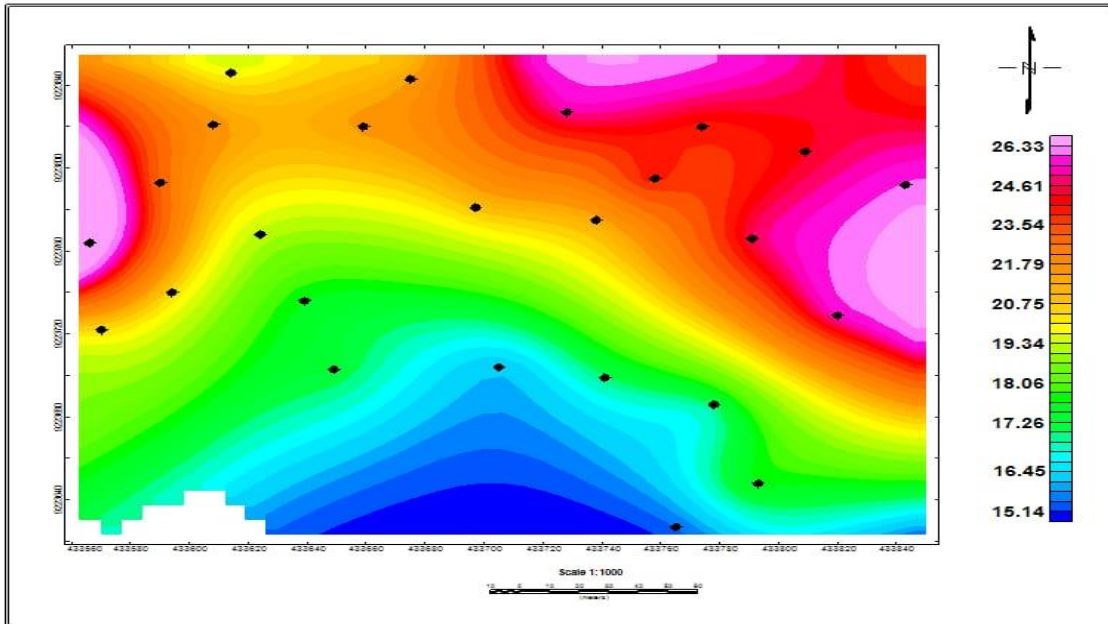
$g_{obs}$  merupakan nilai gravitasi mutlak pada stasiun tertentu. Berbeda dengan nilai gravitasi absolut. Gravitasi mutlak memiliki orde 900.000 mgal. Nilai tersebut akan direduksi untuk mendapatkan anomali gravitasi di titik pengukuran. Nilai  $g_{obs}$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$g_{obs} = g_{absolut} + g_{corr} - g_{basecamp} \quad (1)$$



**Gambar 2.** Peta Kontur  $g_{obs}$

Dimana  $g_{obs}$  merupakan nilai gravitasi absolut stasiun pengukuran.  $g_{absolut}$  adalah nilai gravitasi absolut *basecamp*,  $g_{corr}$  adalah nilai gravitasi relatif stasiun yang telah dikoreksi, dan  $g_{basecamp}$  adalah nilai gravitasi relatif *basecamp*. Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa nilai  $g_{obs}$  atau gravitasi mutlak yang terendah adalah 978096.88 dan tertinggi adalah 978108.69. Nilai-nilai tersebut berada pada orde yang ditentukan, yaitu 900000 mGal.



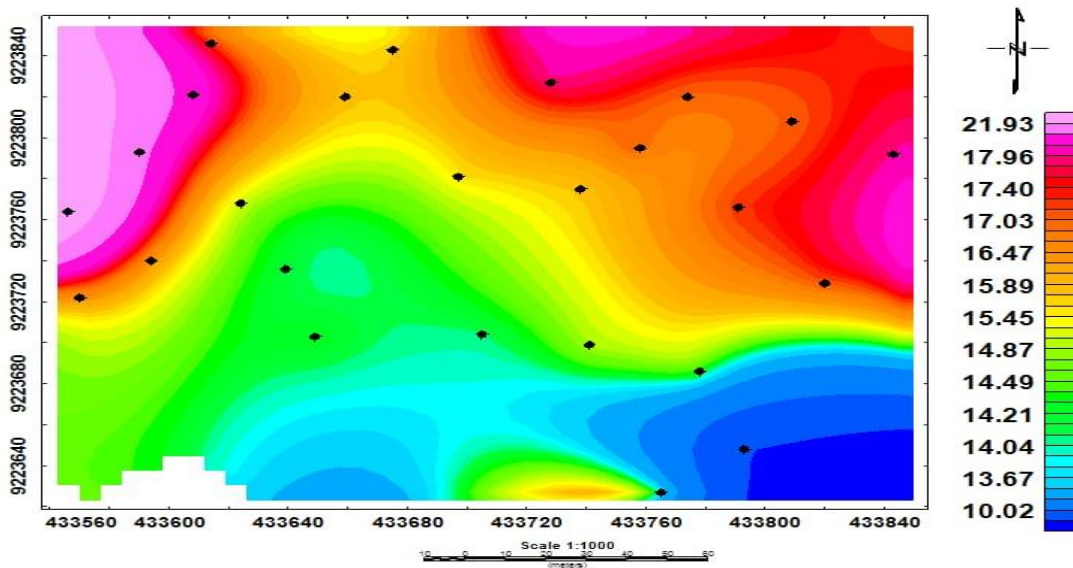
**Gambar 3.** Peta Kontur FAC

Berdasarkan Gambar 3, FAC biasanya dikenal dengan istilah koreksi udara bebas. Koreksi udara bebas merupakan koreksi yang disebabkan karena pengaruh variasi ketinggian terhadap gravitasi bumi. Nilai FAC dapat dilakukan menggunakan Persamaan 2 (Rosid, 2005).

$$FAC = -0,3086 \cdot h \quad (2)$$

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa nilai dari mGal yang paling rendah

berkisar 16,14 dan nilai yang paling tinggi berkisar 26,33. Hal ini disebabkan oleh koreksi udara bebas tidak memperhitungkan massa batuan yang terdapat pada bidang *geoid*. Semakin tinggi nilai *h* (ketinggian dalam pengukuran gravitasi), maka semakin kecil nilai *g* (gravitasi absolut) sehingga untuk menyamakan dengan bidang *geoid* koreksi harus ditambah.

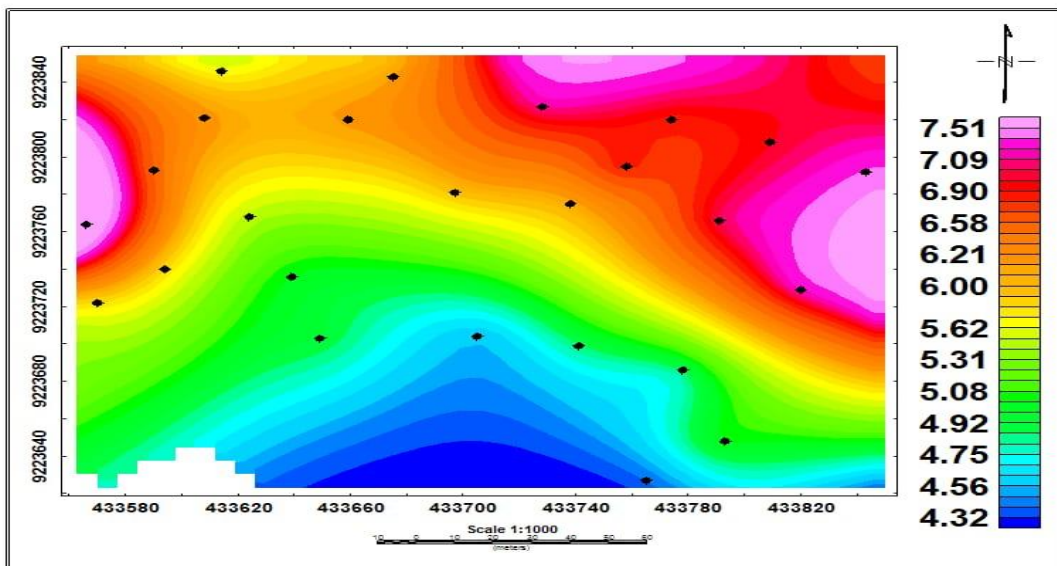


**Gambar 4.** Peta Kontur FAA

Berdasarkan Gambar 4, FAA adalah nilai yang biasa digunakan untuk survei daerah laut. FAA memiliki arti sebagai nilai anomali *Bouguer* yang tidak memperhitungkan efek massa batuan, sehingga tidak memasukkan Koreksi *Bouguer* ke dalam perhitungan. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan Persamaan 3.

$$FAA = g_{obs} - g_{normal} + FAC \quad (3)$$

Nilai FAA dapat diketahui apabila nilai  $g_{obs}$  dan  $g_{normal}$  telah diketahui sebelumnya, selain itu nilai FAC juga harus diketahui terlebih dahulu untuk melakukan perhitungan FAA. Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai dari mGal yang paling rendah berkisar 10,02 dan paling tinggi berkisar 21,93. Nilai mGal terendah ditunjukkan oleh warna biru, dan nilai mGal tertinggi ditunjukkan oleh warna merah muda.



Gambar 5. Peta Kontur BC

Berdasarkan Gambar 5, BC merupakan koreksi ketinggian yang memperhitungkan adanya efek dari massa batuan yang berada di antara stasiun dan bidang *geoid*. Koreksi ini dilakukan dengan menghitung tarikan gravitasi yang disebabkan oleh batuan berupa *slab* dengan ketebalan  $H$  (meter) dan desitas  $\rho$  ( $gr/cm^3$ ). Sehingga koreksi ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BC = 0,0419 \cdot \rho \cdot h \cdot mGal \quad (4)$$

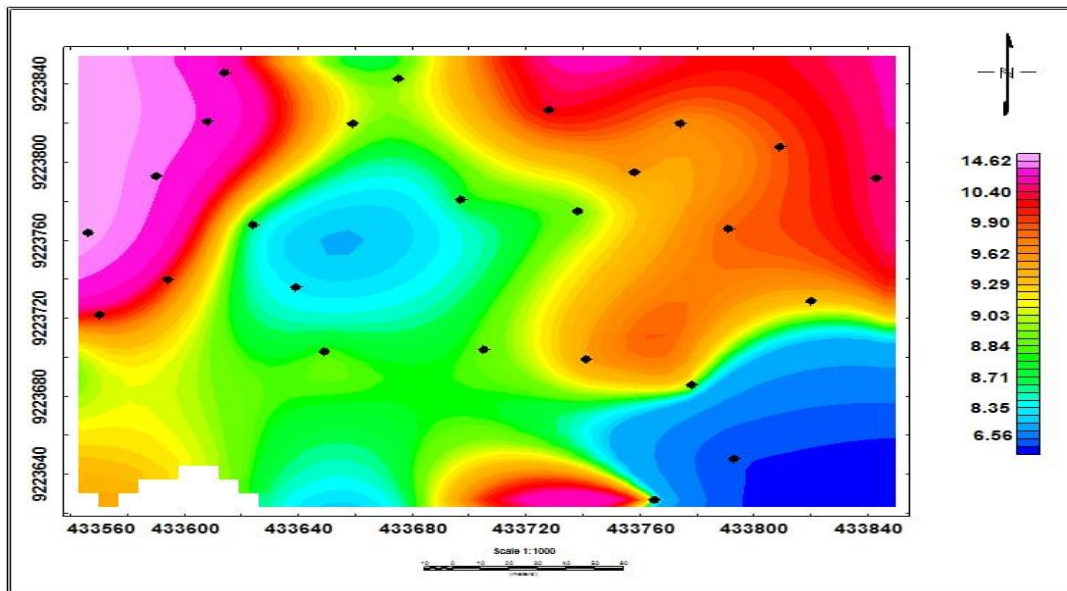
Gambar 5 menunjukkan hasil interpolasi nilai anomali *Bouguer* sehingga didapatkan kontur anomali

*Bouguer*. Pola kontur dapat dilihat dari variasi nilai gravitasi yang dipengaruhi oleh densitas batuan di bawah permukaan. Semakin besar nilai gravitasi, maka semakin padat batuan di bawah permukaan. Struktur geologi berupa sesar/patahan memiliki nilai gravitasi rendah karena memiliki rongga yang berkaitan dengan rendahnya densitas batuan (Kamal dkk, 2017).

Berdasarkan data yang telah diperoleh dapat dilihat pada Gambar 5, maka nilai terendah dari data tersebut adalah 4.32 mGal dan tertinggi adalah 7.51 mGal. Tanda Koreksi *Bouguer*

berbanding terbalik dengan Koreksi Udara Bebas. Pada Koreksi *Bouguer*, jika titik pengukuran berada di atas bidang *geoid*, maka koreksi akan dikurang. Sebaliknya, jika titik pengukuran berada

di bawah bidang *geoid*, maka koreksi akan ditambah. Dalam hal ini, nilai  $g$  di titik pengukuran lebih besar dari nilai  $g$  di bidang *geoid*, maka kandungan massa berada di atas bidang *geoid*.



**Gambar 6.** Peta Kontur SBA

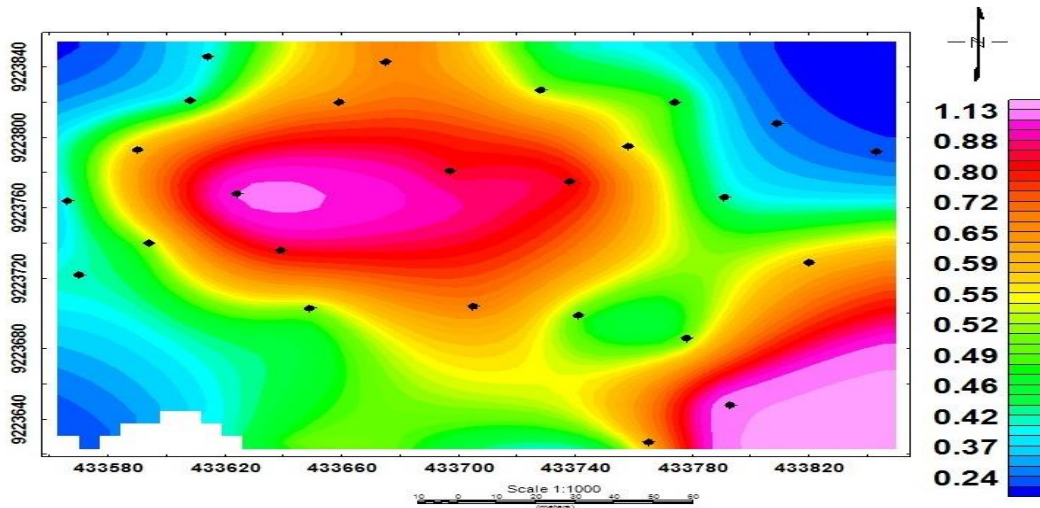
Berdasarkan Gambar 6, data yang digunakan untuk menganalisis nilai SBA dalam penelitian ini yaitu dengan cara melakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut:

$$SBA = FAA - BC \quad (5)$$

SBA merupakan hasil dari perhitungan Koreksi Udara Bebas dan *Bouguer*.

Pada perhitungan SBA tidak harus memasukkan Koreksi Medan ke dalam perhitungan. Nilai FAA atau sering disebut dengan besarnya nilai anomali pada posisi tertentu untuk mendapatkan sebuah nilai yang tidak perlu memperhitungkan efek massa batuan, sehingga tidak harus memasukkan Koreksi *Bouguer* ke dalam perhitungan.

Nilai BC atau Koreksi *Bouguer* berfungsi untuk melihat ketinggian atau jarak dalam perhitungan efek dari suatu massa batuan yang terletak diantara datum (*geoid*) dan titik pengamat. Hal ini memiliki asumsi bahwa jari-jari yang dihasilkan bernilai tak terhingga dengan ketebalan  $h$  dan densitas  $\rho$  ( $\text{gr/cm}^3$ ). Dalam hal ini penelitian gaya berat di daerah Benda Duwur perlu dilakukan perhitungan SBA, nilai  $\rho.h$  yang digunakan setelah melakukan perhitungan, sehingga mendapatkan hasil sebesar 2,1. Selanjutnya, untuk nilai mGal yang paling rendah berkisar 6,56 dan yang paling tinggi berkisar 14,62. Hal ini bisa terlihat bahwa warna biru menjadi titik terendah dan warna merah muda menjadi paling tinggi.

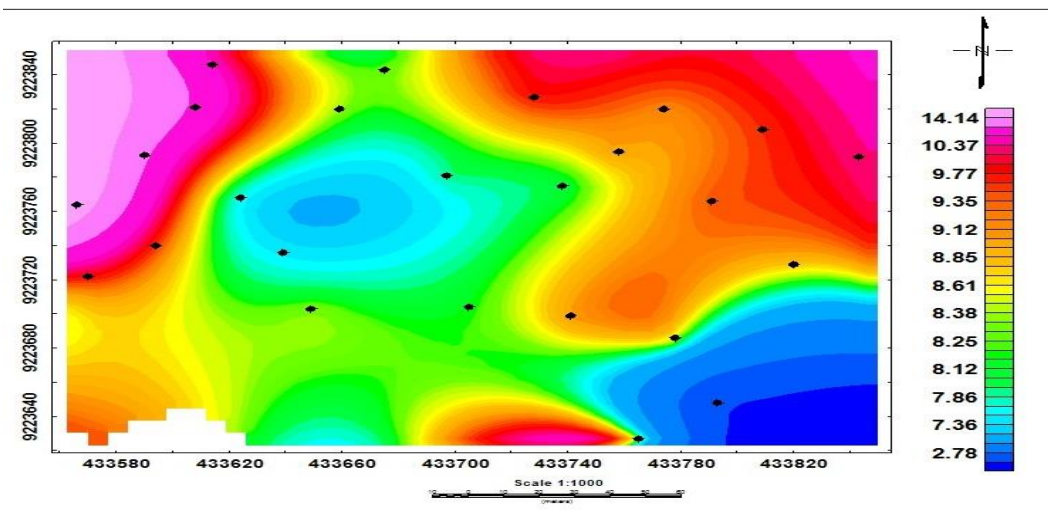


**Gambar 7.** Peta Kontur Nilai TC

Berdasarkan Gambar 7, TC merupakan salah satu koreksi yang digunakan untuk melihat adanya pengaruh dari penyebaran massa yang tidak teratur di sekiling titik pengambilan data. Asumsi pada Koreksi *Bouguer* mengacu berdasarkan titik pengambilan data di lapangan atau lokasi. Lokasi untuk pengambilan data harus berada pada keadaan yang datar dan sangat luas. Namun, kondisi topografi yang ada di lapangan atau lokasi pengambilan data memiliki area yang berbentuk bukit atau lembah, seperti yang terdapat pada daerah Benda Duwur. Salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu

dilakukan Koreksi Medan atau biasa dikenal dengan istilah *Terrain Correction*.

Berdasarkan Gambar 7, dapat dilihat bahwa nilai mGal yang terdapat pada data TC memiliki nilai yang paling kecil diantara nilai mGal untuk GOBS, FAC, FAA, dan BC yaitu berkisar 0,24 dan paling tinggi hanya berkisar 1,13. Hal ini disebabkan oleh Koreksi Medan yang digunakan untuk mengakomodir ketidakaturan topografi yang terdapat di sekitar titik lokasi atau lapangan pengambilan data harus mempertimbangkan radius luar dan dalam kopartemen, serta perbedaan elevasi.



**Gambar 8.** Peta Kontur CBA



Berdasarkan Gambar 8, CBA diperoleh dari hasil perhitungan beberapa koreksi, yaitu Gaya Berat Pembaca ( $g_{obs}$ ), FAC, FAA, BC, SBA, dan TC. Nilai CBA yang diperoleh diharapkan mampu menjadi target dalam survei penelitian di suatu daerah. Nilai CBA merupakan suatu nilai total dari anomali yang disebabkan oleh adanya pengaruh rapat massa batuan dari pusat inti bumi hingga ke permukaan bumi, sehingga dapat dipisahkan menjadi beberapa anomali, yaitu anomali regional dan anomali residual (Karunianto dkk, 2017).

Berdasarkan Gambar 8, dapat dilihat bahwa nilai mGal yang paling kecil berkisar 2,78 dan paling besar 14,14. Hal ini dapat dikatakan sebagai rentang nilai anomali, untuk berwarna biru menjadi nilai yang paling kecil, sedangkan warna merah muda menjadi nilai yang paling tinggi, dan warna kuning dapat dikatakan memiliki nilai yang memiliki kategori sedang. Keadaan ini terus berlanjut sampai kala Kuarter, boleh jadi intensitas penurunan tektonik mengecil atau terhenti sama sekali. Berarti kondisi struktur permukaan tanah mengalami penurunan tanah, hal ini berkaitan langsung dengan aktivitas tektonik, tetapi lebih banyak berkait dengan kondisi geologi yang didominasi oleh endapan berumur muda dan kegiatan antropogenik seperti pengambilan air tanah yang berlebihan.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pengukuran gaya berat di daerah Bendan Duwur, Kota Semarang dapat dilihat bahwa nilai mGal yang paling kecil dimiliki oleh TC dibandingkan dengan nilai  $g_{obs}$ , FAC, FAA dan BC. TC disebut juga dengan Koreksi Medan, nilai terkecil yang

diperoleh dari hasil pengukurannya berkisar 0,24 dan paling tinggi berkisar 1,13.

Metode gaya berat menghasilkan nilai koreksi terbesar yaitu terdapat pada nilai FAC. FAC lebih dikenal dengan istilah Koreksi Udara Bebas, nilai mGal terkecil yaitu berkisar 16,14, sedangkan nilai tertinggi berkisar 26,33.

Berdasarkan nilai CBA, struktur permukaan tanah di daerah Bendan Duwur termasuk dalam kategori rendah karena struktur permukaan tanah mengalami penurunan, hal ini berkaitan dengan adanya aktivitas tektonik. Namun, struktur permukaan tanah lebih banyak dipengaruhi oleh kondisi geologi yang didominasi oleh endapan berumur muda dan terdapat kegiatan antropogenik, seperti pengambilan air tanah yang berlebihan yaitu berkisar 2,78-14,14 mGal.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Kami mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan dari Program Pascasarjana Pendidikan Fisika UNNES 2018 yang telah membantu kami dalam proses pengambilan data, selanjutnya penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Prof. Dr. Supriyadi, M.Si dan Dr. Khumaedi, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran dan arahan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

BPS. (2012). Kecamatan Gajah Mungkur dalam Angka 2012. Semarang  
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.
- Kamal, M., Marwan, & Muhibbuddin. (2017). Interpretasi Distribusi Struktur Geologi berdasarkan Anomaly Medan Gravitasi Citra Satelit di Kabupaten Bener Meriah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Kebumihan*, 1 (1): 9 -12.
- Karunianto, A.J., Haryanto, D., Hikmatullah, F, & Laesanpura, A. (2017). Determination of Regional and Residual Gravity Anomali Using Gaussian Filtering in Mamuju Area, West Sulawesi. *Eksplorium*, 38 (2): 89–98.
- Kirsch, R. (2009). *Groundwater Geophysics*, 2nd ed. Springer, Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-540-88405-7.
- Murty, B. V. S., and Raghavan, V. K. (2002). The Gravity Method in Groundwater Exploration in Crystalline Rocks: A Study in the Peninsular Granitic Region of Hyderabad, India. *Hydrogeol. Journal*, 10: 307–321.
- 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.
- Rosid, S. (2005). *Gravity Method in Exploration Geophysics*. Depok: Universitas Indonesia.
- 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.
- Tsoulis, D. (2001). Terrain Correction Computations for a Densely Sampled DTM in the Bavarian Alps. *Journal of Geodesy*, 75: 291-30.