

## **APLIKASI METODE *BIDIMENSIONAL EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION* (BEMD) UNTUK DATA GAYABERAT GUNUNG UNGARAN, INDONESIA**

**Fuad Tarmidzi dan Agus Setyawan**

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*E-mail: fuchae.08@gmail.com*

### **ABSTRACT**

*Gravity method processing will obtained gravity anomaly which is combination between regional and local gravity anomalies that need to separate it for interpretation. Upward continuation method commonly used to separates regional and local gravity anomalies. Recently, the separation of these anomalies can be done with Bidimensional Empirical Mode Decomposition (BEMD) method which its calculation based on gravity anomaly profile. BEMD will separates gravity anomaly profile based on its frequency that some sub-sinyal will obtained from it. On this research, BEMD method has been used to separate gravity anomaly of Ungaran Mountain dan the result of it compared with the result from Upward Continuation method. 5 Intrinsic Mode Function (IMF) and 1 residual were obtained from BEMD method, wherein  $IMF_3$  showed pattern of regional gravity anomaly and  $IMF_1$  showed pattern of local gravity anomaly. With using these methods, obtained patterns were similar.*

*Keywords: BEMD, Gravity anomalies, Ungaran, IMF*

### **ABSTRAK**

*Pemrosesan metode gayaberat akan didapatkan anomali gayaberat yang didapatkan merupakan gabungan antara anomali gayaberat regional dan lokal sehingga untuk interpretasi diperlukan pemisahan. Metode Upward Continuation sering digunakan untuk memisahkan anomali gayaberat lokal dan regional. Baru ini, pemisahan juga bisa dilakukan dengan metode Bidimensional Empirical Mode Decomposition (BEMD) perhitungan ini sesuai dengan profil anomali gayaberat. BEMD akan memisahkan profil anomali gayaberat berdasarkan frekuensinya sehingga akan didapatkan beberapa sub sinyal. Pada penelitian ini menggunakan metode Bidimensional Empirical Mode Decomposition (BEMD) untuk memisahkan anomali gayaberat gunung Ungaran dan hasilnya akan dibandingkan dengan metode Upward Continuation Hasil dari BEMD didapatkan 5 Intrinsic Mode Function (IMF) dan 1 residual, dimana ( $IMF_3$ ) menunjukkan pola anomali gayaberat regional dan ( $IMF_1$ ) menunjukkan pola dengan anomali gravitasi lokal. Dengan menggunakan kedua metode tersebut didapatkan hasil yang hampir sama.*

*Kata kunci: BEMD, anomali gayaberat, Ungaran, IMF*

### **PENDAHULUAN**

Data Geoscience lebih sering berupa data *nonlinier* dan *nonstationar* karena kompleksitas suatu proses geologi, komposisi heterogen dan tekstur geologi [5]. Metode gayaberat dapat diaplikasikan dalam penentuan cebakan atau struktur bawah

permukaan dengan cara menganalisa struktur lokal dari anomali tersebut. misalnya, ketika meneliti struktur yang mengandung minyak, kadang-kadang perlu untuk mereduksi anomali yang disebabkan oleh struktur lokal dari anomali gayaberat Bouguer sehingga cebakan atau struktur lokal akan terlihat jelas [14].

Metode yang sering digunakan seperti transformasi *Fourier* dan geostatistik, tidak cocok dalam proses *nonlinear* dan *nonstationer* [7]. Untuk menangani masalah ini, [6] mengembangkan metode adaptif *Hilbert-Huang Transform* (HHT) untuk analisis data *nonlinear* dan *nonstationer*, yang terdiri dari *Empirical Mode Decomposition* (EMD) dan analisis spektral Hilbert.

Metode *Bidimensional Empirical Mode Decomposition* (BEMD) juga sudah diaplikasikan [9] pada daerah mineralisasi emas di lapangan Tongshigold, Cina Timur untuk memisahkan anomali gayaberatnya. Lebih jauh [16] melakukan penelitian tentang partisi struktur, batuan beku minyak gas daerah prospektif dengan pengolahan data gayaberat, yang difokuskan pada anomali gayaberat regional dari *Bidimensional Empirical Mode Decomposition* (BEMD) yang direkam dalam bentuk data diskrit. Dan [10] melakukan pemisahan anomali gayaberat dengan metode *Bidimensional Empirical Mode Decomposition* (BEMD) untuk daerah Daolang dan Duge. Anomali gayaberat lokal didapatkan pada IMF<sub>2</sub> sedangkan untuk anomali gayaberat regional IMF<sub>3</sub>.

Dalam penelitian ini, didasarkan pada perhitungan metode *Bidimensional Empirical Mode Decomposition* (BEMD). Peneliti akan mengedepankan metode *Bidimensional Empirical Mode Decomposition* (BEMD) untuk pemisahan anomali gayaberat dan membandingkannya dengan metode *Upward Continuation* pada data gayaberat Gunung Ungaran.

## TINJUAN PUSTAKA

### Anomali Bouguer

Anomali *Bouguer* adalah selisih antara nilai gayaberat pengamatan dengan nilai gayaberat teoritis yang seharusnya teramati pada suatu titik. Nilai gayaberat teoritis suatu titik yang tidak terdapat pada *mean sea level* (MSL) adalah gayaberat normal yang dikoreksi terhadap perbedaan ketinggiannya

dari MSL (koreksi udara bebas dan koreksi *Bouguer*), dan pengaruh kondisi *terrain* di sekitar titik pengamatan.

Setelah dilakukan koreksi-koreksi terhadap data medan gayaberat hasil pengukuran meliputi koreksi medan gayaberat normal, *elevasi*, dan topografi maka diperoleh anomali medan gayaberat (anomali gayaberat *Bouguer* lengkap) pada persamaan (1)

$$g_{BL} = g_{obs} \pm g(\varphi) \pm g_{FA} \pm g_B + g_T \quad (1)$$

dengan  $g_{obs}$  adalah medan gayaberat observasi yang sudah dikoreksi pasang surut,  $g(\varphi)$  adalah medan gayaberat normal (lintang),  $g_{FA}$  adalah koreksi udara bebas,  $g_B$  adalah koreksi *Bouguer* dan  $g_T$  adalah koreksi topografi medan.

### Upward Continuation

Metode ini pada dasarnya dipakai untuk menghilangkan efek lokal sehingga yang didapatkan hanyalah kecenderungan regionalnya. Hasil yang diperoleh kemudian dikurangkan terhadap anomali medan gayaberat *Bouguer* lengkap yang sudah terpapar pada bidang datar sehingga diperoleh anomali medan gayaberat *Bouguer* lengkap lokal yang siap diinterpretasi.

Untuk melakukan Kontinuasi keatas digunakan persamaan (2) [3]

$$U(x, y, z_0 - \Delta z) = \frac{\Delta z}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{U(x', y', z_0)}{[(x-x')^2 + (y-y')^2 + \Delta z^2]^{3/2}} dx' dy' \quad (2)$$

Persamaan ini menunjukkan cara penghitungan harga medan potensial pada sembarang titik di atas permukaan dimana harga-harga medan yang diketahui terdapat.

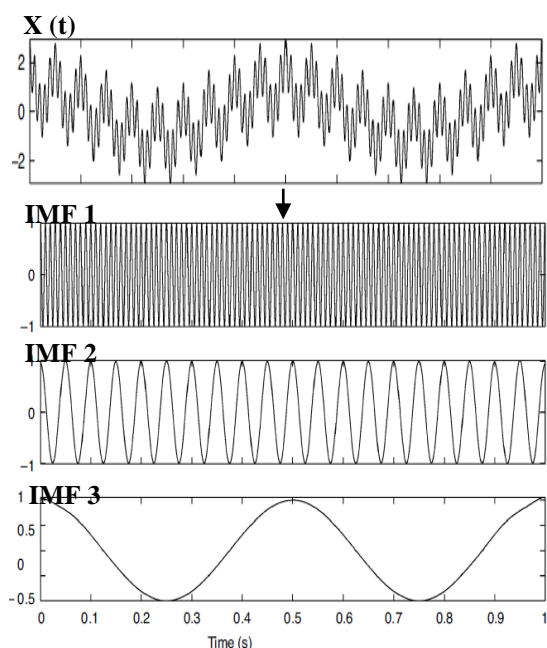
### *Bidimensional Empirical Mode Decomposition* (BEMD)

*Bidimensional Empirical Mode Decomposition* (BEMD) pertama kali dikembangkan pada penelitian Huang dkk

pada tahun 1998. Keuntungan utama dari BEMD adalah fungsi berasal langsung dari deret waktu itu sendiri. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa cara analisisnya adalah adaptif (mampu menyesuaikan diri), berbeda dengan analisis fourier dimana fungsi dasar merupakan kombinasi linear dari gelombang sinusoidal yang stasioner.[9].

Konsep utama dari BEMD adalah untuk mengidentifikasi deret waktu yang menggambarkan karakter fisis dari suatu sinyal kemudian membaginya menjadi beberapa sub-sinyal yang disebut sebagai *Intrinsic Mode Functions* (IMF) seperti pada Gambar 1 .

Sebuah IMF tidak terbatas hanya pada gelombang sinusoidal (sebagaimana transformasi Fourier). IMF dapat berupa sinyal dengan frekuensi dan amplitudo yang termodulasi, dapat berupa sinyal yang non stasioner. Metode ini mampu digunakan untuk menghilangkan kelemahan pada saat mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi dimana komponen frekuensi diamati dengan mengorbankan resolusi waktu. Sebagai ganti, IMF menyediakan informasi amplitudo dan frekuensi dari satu sinyal pada setiap waktu

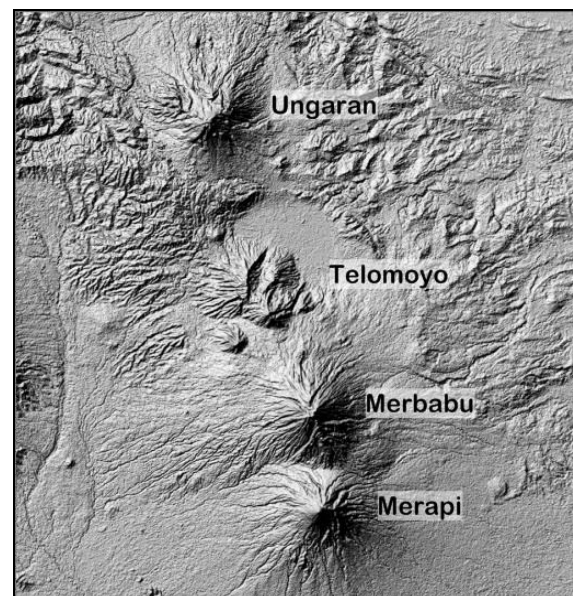


**Gambar 1.** Konsep dari EMD dan IMF [1]

### Geologi Gunung Ungaran

Gunungapi Ungaran merupakan salah satu dari beberapa gunungapi di Jawa Tengah yang membentuk suatu deretan gunungapi yang menarik yaitu deretan Ungaran-Telomoyo-Soropati-Merbabu-Merapi (Gambar 2). Kegiatan gunungapi di deretan ini berada di utara dengan gunung ungaran dan lambat laun berpindah ke selatan ungaran dan Merbabu kini berada dalam keadaan *sofatarata*. Soropati-Telomoyo merupakan reruntuhan gunungapi tanpa tanda kegiatan dan Merapi kini merupakan yang paling giat [15]. Perkembangan deretan Gunungapi ini dijelaskan oleh [2] seperti terlihat pada Gambar 2.

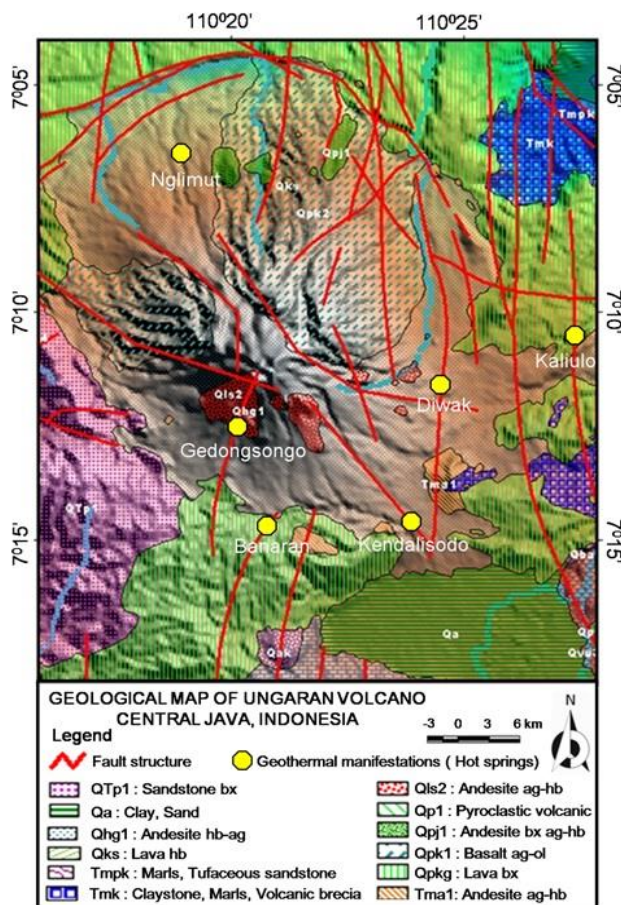
Gunung Ungaran merupakan gunung dengan tipe strato vulkanik yang terdiri dari batuan andesit dan basalt. Produk dari bentuk strato vulkanik bersinggungan dengan formasi tersier [4].



**Gambar 2.** Citra satelit yang menunjukkan rangkaian gunungapi Merapi-Merbabu-Telomoyo-Ungaran di Jawa Tengah.

Menurut [2] Gunung Ungaran selama perkembangannya mengalami ambrolan-tektonik yang diakibatkan oleh pergeseran gaya berat karena dasarnya yang lemah. Gunung Ungaran tersebut memperlihatkan dua angkatan pertumbuhan yang dipisahkan oleh dua kali robohan. Ungaran pertama menghasilkan batuan andesit di Kala Pliosen Bawah, di Pliosen Tengah hasilnya lebih bersifat andesit dan berakhir dengan robohan. Daur kedua mulai di Kala Pliosen Atas dan Holosen. Kegiatan tersebut menghasilkan daur Ungaran kedua dan ketiga

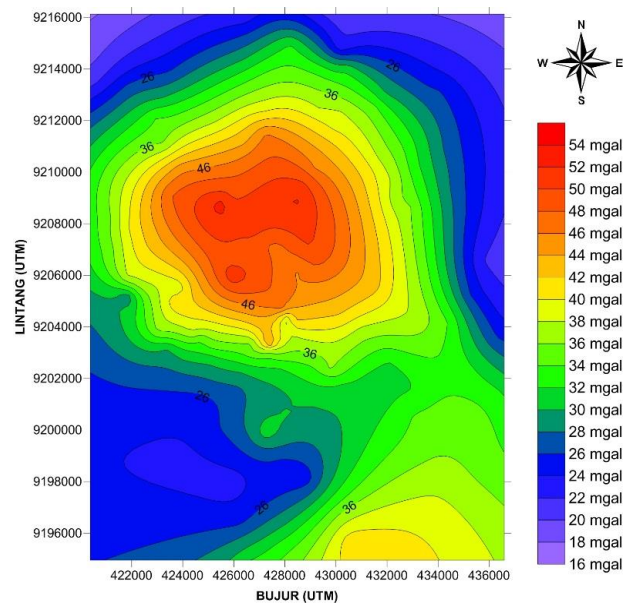
Thanden dkk (1996) menjelaskan stratigafi dari Gunung Ungaran yang terdiri dari batuan lava andesit, lava perlitik dan breksia vulkanik selama daur Ungaran kedua dan ketiga, seperti ditunjukkan pada gambar 3.



**Gambar 3.** Peta Geologi Ungaran modifikasi dari [11] berdasarkan citra landsat TM satelit tahun 1995 [12]

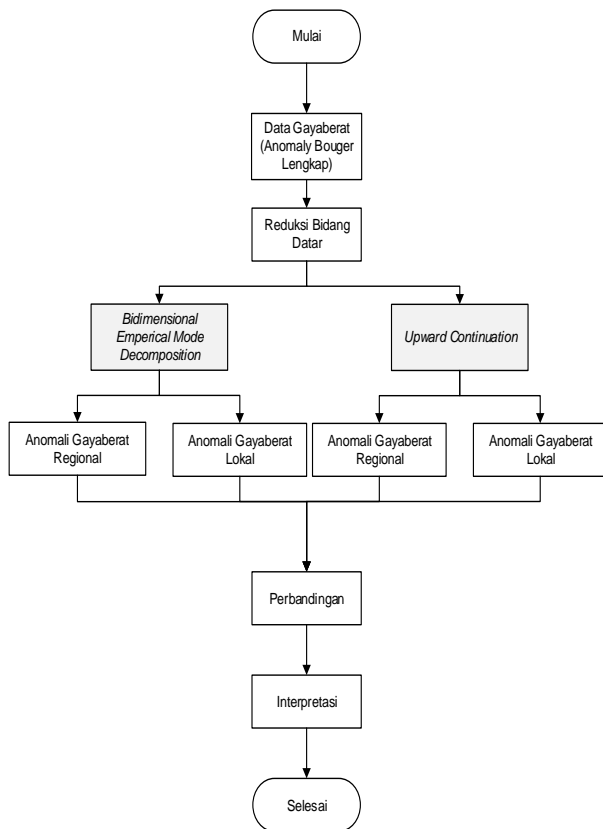
## METODE PENELITIAN

Data anomali gayabarat yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder gayabarat Gunung Ungaran yang telah diperoleh dari Universitas Gadjah Mada tahun 2001 yang telah diproses oleh setyawan dkk [11] terhadap koreksi-koreksi yang mempengaruhi gayabarat sehingga menghasilkan anomali bouger lengkap dapat dilihat pada gambar 4.



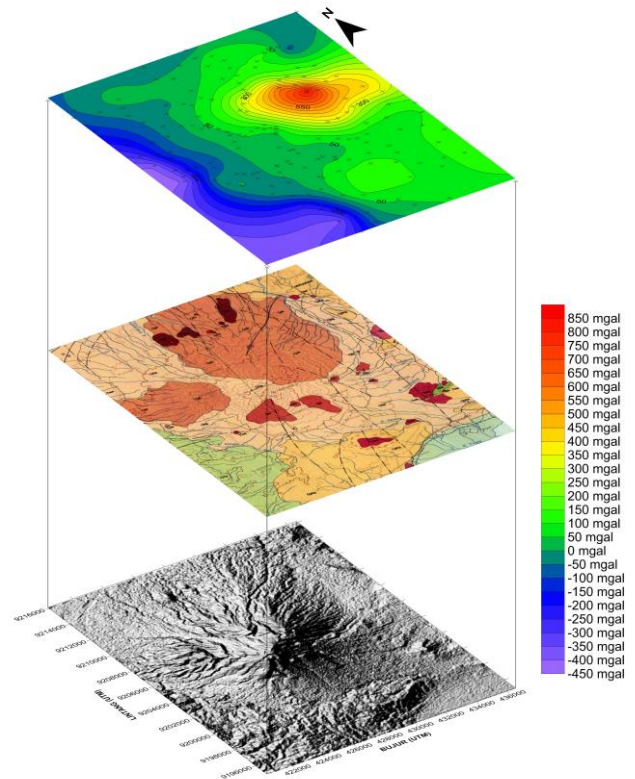
**Gambar 4.** Anomali bouger lengkap Gunung Ungaran

Prosedur penelitian dilakukan dengan membuat suatu program dari Matlab dengan metode BEMD untuk melakukan pemisahan anomali lokal dan regional yang kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan metode upward continuation. Pada metode upward continuation tersebut digunakan *software* Magpick. Untuk lebih jelasnya alur sistematika penelitian dapat dilihat pada gambar 5



**Gambar 5.** Alur Sistematika penelitian

jenis yang lebih besar dibandingkan dengan formasi batuan di daerah penelitian



**Gambar 6** Peta Stack topografi, geologi regional dan reduksi bidang datar

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Reduksi Bidang Datar

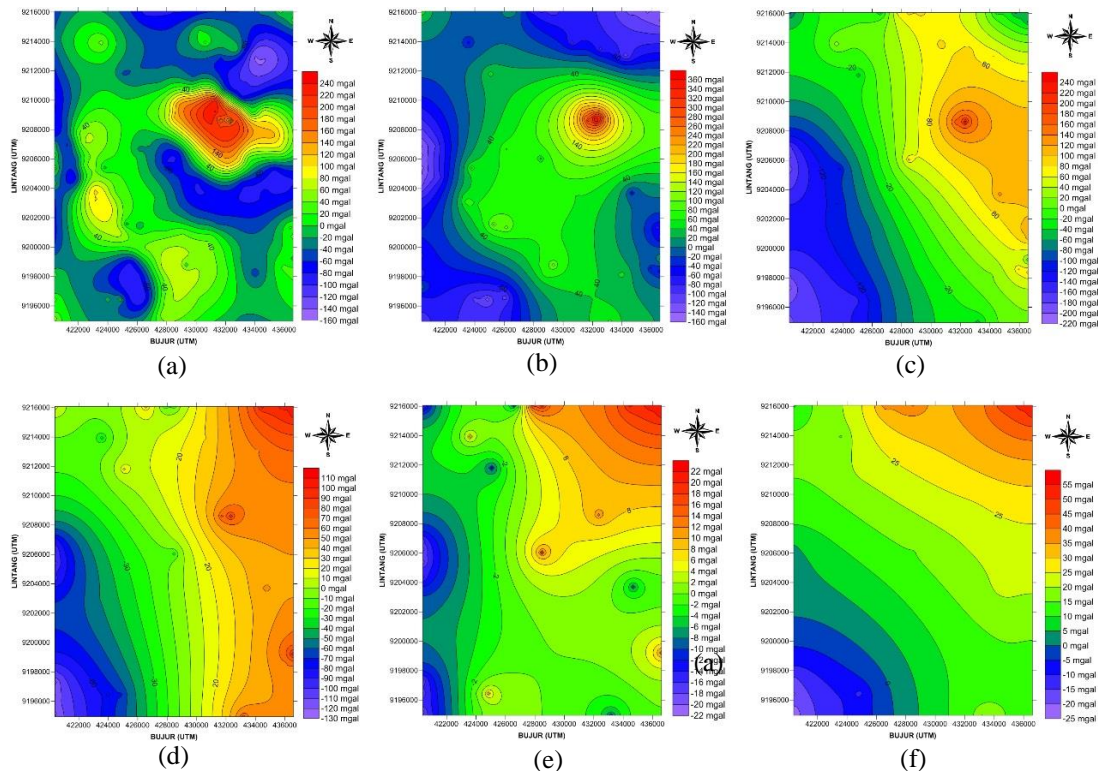
Pada penelitian ini menggunakan kedalaman sumber titik massa ekuivalen adalah 4000 meter di bawah sferioda acuan dan dihitung responnya pada ketinggian 1800 meter di atas sferioda acuan. Pada kontur hasil reduksi ke bidang datar (Gambar 6) menampilkan pola yang berbeda dengan kontur anomaly bouger lengkap (Gambar 4). Pola yang dihasilkan data yang telah direduksi ke bidang datar lebih mencerminkan penyebaran batuan yang relative seragam dibawah permukaan. Pola anomali besar pada bagian timurlaut, mengidentifikasikan adanya massa jenis batuan yang tinggi. Pada daerah tersebut terdapat adanya formasi batuan gunungapi kaligesik. Formasi batuan gunungapi kaligesik ini mempunyai umur yang lebih tua sehingga mempunyai massa

### Hasil BEMD

Hasil dekomposisi dari anomali reduksi bidang datar sejumlah 5 yaitu IMF 1, IMF 2, IMF 3, IMF 4, IMF 5, dan sebuah residual (Gambar 7). Pada hasil tersebut dapat terlihat nilai amplitudo semakin mengecil dan terlihat kontur semakin halus dari IMF 1 hingga IMF 5. Hasil dari IMF 3 (Gambar 7c) terlihat lebih berasosiasi dengan daerah penelitian dimana terdapat anomali besar dibagian timurlaut yang menunjukkan adanya pengaruh formasi batuan gunungapi kaligesik yang mempunyai massa jenis besar dan dimensinya yang cukup besar. Anomali yang rendah disebabkan pengaruh dari formasi batuan gunungapi Gajahmungkur yang lebih rendah. IMF 3 inilah yang akan digunakan untuk pengolahan lebih lanjut sebagai anomali gayaberat regional.

Pada IMF 1 (Gambar 7a) terlihat banyak sekali klosur yang disebabkan efek struktur lokal. Anomali gayaberat ini nilai berkisar dari -142.59 mgal hingga 231.74 mgal. Anomali tinggi disebabkan adanya formasi batuan kaligesik yang mempunyai densitas tinggi, anomali sedang disebabkan

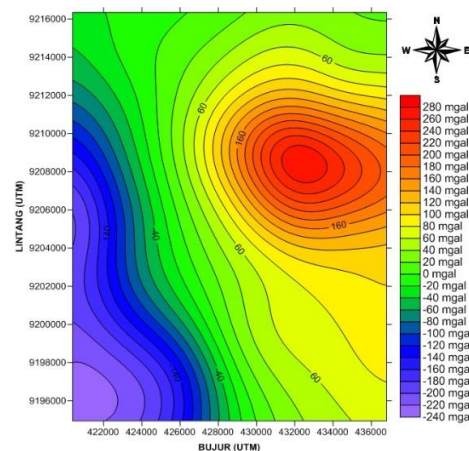
adanya formasi batuan kaligesik yang berdimensi kecil bagian timur dan intrusi batuan andesit, dan anomali rendah disebabkan formasi batuan gunungapi Gajahmungkur. IMF 1 ini yang dijadikan sebagai anomaly gayaberat lokal dari pengolahan BEMD.



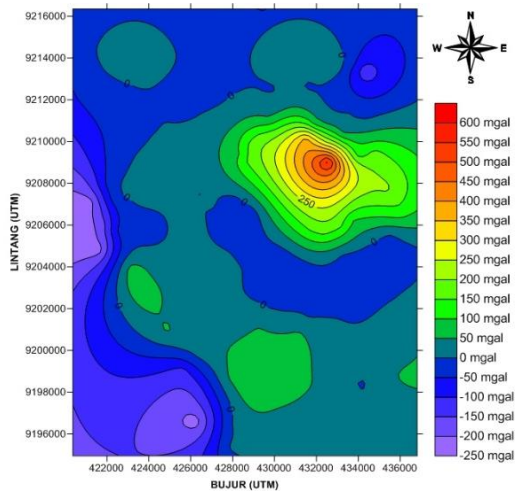
**Gambar 7.** Hasil pengolahan BEMD (a) IMF 1 (b) IMF 2 (c) IMF 3 (d) IMF 4 (e) IMF 5 (f) Residual

**Hasil Upward Continuation**

Dalam pemisahan dalam anomali regional dan lokal metode yang sering digunakan adalah upward continuation. Hasil *upward continuation* ini yang nantinya yang akan dijadikan sebagai pembanding dari hasil BEMD sebelumnya. Dalam melakukan *upward continuation* ini, anomali hasil reduksi bidang datar dicoba diangkat pada ketinggian 500 - 3000 meter. Hasil upward continuation cukup baik diangkat pada ketinggian 2000 meter.



**Gambar 8.** Anomali Regional Upward Continuation



**Gambar 9.** Anomali Regional *Upward Continuation*

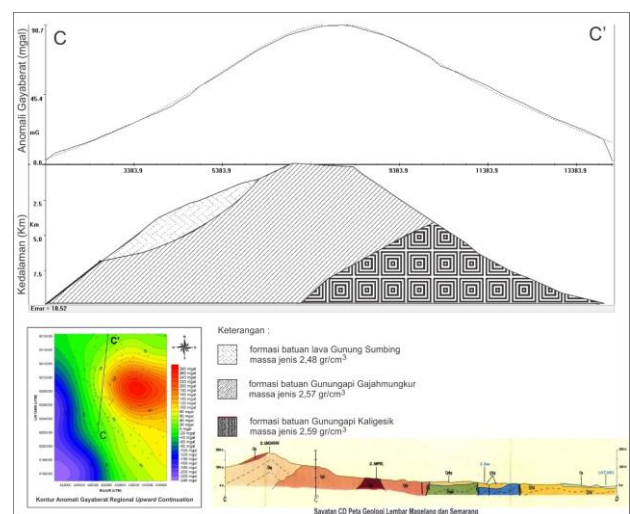
Hasil dari BEMD dan *Upward Continuation* ketika dibandingkan terlihat antara anomali gayaberat regionalnya terlihat mempunyai pola kontur yang hampir sama. Hasil dari upward continuation anomali gayaberat regional (Gambar 8) juga sama terlihat adanya anomali tinggi bagian timurlaut yang disebabkan adanya batuan gunung sedangkan untuk nilai anomalnya terdapat selisih  $\pm 40$  mgal.

Pada hasil anomali gayaberat lokal (Gambar 9) terlihat pola kontur yang hampir sama antara BEMD dan *upward continuation*, anomali-anomali tersebut yang disebabkan adanya efek struktur lokal dari daerah penelitian. Nilai anomalnya mengalami perbedaan yang cukup jauh  $\pm 400$  mgal.

### Pemodelan 2D Gayaberat Upward Continuation

Penampang anomali regional *upward continuation* lintasan CC' diambil berdasarkan informasi geologi. Lintasan tersebut berada pada sayatan CD peta geologi regional. Informasi geologi yang didapat dari sayatan tersebut menunjukkan adanya 3 formasi batuan sebagai penyusunnya. Dengan membandingkan Model penampang anomali CC' diperoleh 3 buah polygon (Gambar 10), poligon I mempunyai nilai massa jenis  $2,48 \text{ gr/cm}^3$ ,

poligon II mempunyai massa jenis  $2,57 \text{ gr/cm}^3$ , poligon III mempunyai massa jenis  $2,59 \text{ gr/cm}^3$ . Dengan membandingkan kedua informasi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa batuan dengan massa jenis  $2,48 \text{ gr/cm}^3$  merupakan formasi batuan lava Gunung Sumbing, batuan dengan dengan massa jenis  $2,57 \text{ gr/cm}^3$  merupakan formasi batuan Gunupapi Gajahmungkur, dan batuan dengan massa jenis  $2,59 \text{ gr/cm}^3$  merupakan batuan Gunungapi Kaligesik.

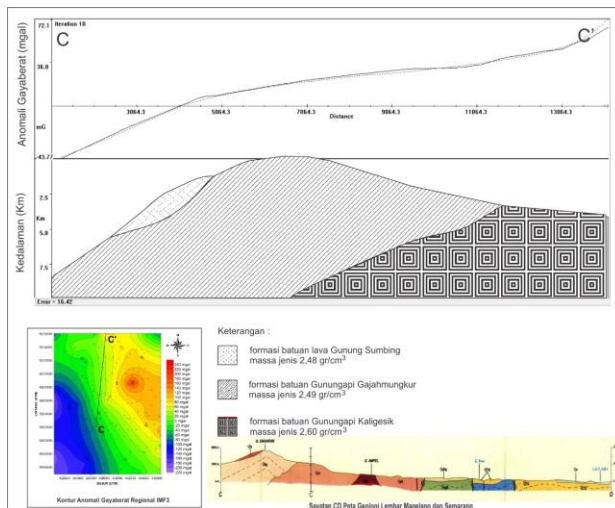


**Gambar 10.** Pemodelan bawah permukaan pada sayatan CC' anomali regional *Upward Continuation*

### Pemodelan 2D Gayaberat BEMD

Penampang anomali regional BEMD lintasan CC' diambil berdasarkan informasi geologi. Lintasan tersebut berada pada sayatan CD peta geologi regional. Informasi geologi yang didapat dari sayatan tersebut menunjukkan adanya 3 formasi batuan sebagai penyusunnya. Dengan membandingkan Model penampang anomali CC' diperoleh 3 buah polygon (Gambar 11), poligon I mempunyai nilai massa jenis  $2,48 \text{ gr/cm}^3$ , poligon II mempunyai massa jenis  $2,49 \text{ gr/cm}^3$ , poligon III mempunyai massa jenis  $2,60 \text{ gr/cm}^3$ . Dengan membandingkan kedua informasi

tersebut maka dapat disimpulkan bahwa batuan dengan massa jenis  $2,48 \text{ gr/cm}^3$  merupakan formasi batuan lava Gunung Sumbing, batuan dengan dengan massa jenis  $2,49 \text{ gr/cm}^3$  merupakan formasi batuan Gunupapi Gajahmungkur, dan batuan dengan massa jenis  $2,60 \text{ gr/cm}^3$  merupakan batuan Gunungapi Kaligesik.



**Gambar 11.** Pemodelan bawah permukaan pada sayatan CC' anomali regional BEMD

Hasil dari kedua penampang bawah permukaan BEMD dan *Upward Continuation* pada daerah sayatan yang sama, didapatkan formasi batuan penyusunnya menunjukkan hasil hampir sama. Dimana terdapat 3 formasi batuan gunung lava Sumbing, gunungapi Gajahmungkur, dan batuan gunungapi kaligesik. Formasi batuan Gunungapi kaligesik memiliki massa jenis yang lebih besar karena formasi tersebut lebih tua berada pada kuartar plistosen sedangkan formasi batuan yang lain berada pada kuartar holosen.

## KESIMPULAN

Telah didapatkan pemisahan anomali gayabarat regional dan lokal dengan metode *Bidimensional Emperical Mode Decomposition*, hasilnya hampir sama

dengan metode *Upward Continuation* pada data Gunung Ungaran

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Battista, B.M., Knapp, C., McGee, T., dan Goebel, V., 2007, *Application of The Empirical Mode Decomposition and Hilbert-Huang Transform to Seismic Reflection Data*, Geophysics Vol.72, No. 2.
- [2]. Bemmelen, R.W., Van, 1970, *The Geology of Indonesia, vol.1 A, General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelago, 2<sup>nd</sup> edition*, Martinus, Nihoff, The Haque, York.
- [3]. Blakely, R.J., 1995, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, USA.
- [4]. Budiardjo, Nugroho, Budihardi, M, 1997, Resources characteristic of the Ungara field, Central Java, Indonesia. *Proceedings of the Nationalseminar of Human Resources Indonesian Geologist, Geological Engineering Mineral Tecnology Faculty, UPN "Veteran", Yogyakarta, pp. 139-147.*
- [5]. Cheng, Q.M., 2008. Non-linear theory and power-law models for information integration and mineral resources quantitative assessments. *Mathematical Geosciences* 40 (5), 503–532.
- [6]. Huang, N.E., Shen, Z., Long, S.R., dan Wu, M.C., Shih, H.H., Zheng, Q., Yen, N.C., Tung C.C., and Liu, H.H., 1998, *The Empirical Mode Decomposition and The Hilbert Spectrum For Nonlinier and Nonstationary Time Series Analysis*, The Royal Society.
- [7]. Huang, N.E., 2006. Beyond the Fourier transform: coping with nonlinear,



- nonstationary time series. NASA Goddard Space Flight Center, USA.
- [8]. Huang, J.W. and Milkereit, B., 2009, *Empirical Mode Decomposition Based Instantaneous Spectral Analysis and its Application to Heterogenous Petrophysical Model Construction*, CSEG CWLS CONVENTION.
- [9]. Liang, 2005, *Empirical Mode Decomposition of Field Potentials from Macaque V4 in Visual Spatial Attention*, Biological Cybernetics, No. 92.
- [10]. Pei Yao., Ehara S., Wu Yan-Gang., Jia Da-Cheng., 2012, Gravity Anomaly Separation on Bidimensional Empirical Mode Decomposition, *Research Journal of Applied Science Engineering and Technology*, Vol.4, No. 21, pp. 4227-4236.
- [11]. Setyawan A., Ehara S., Aboud E., Saibi H., Nishijima J., 2009, The gravity anomaly of Ungaran Volcano, Indonesia: Analysis and interpretation, *Journal of the Geothermal Research Society of Japan*, Vol.31, No. 2, pp. 107-116.
- [12]. Setyawan, A., Fujimitsu, Y., Fukuoka, K., Nishijima, J., Ehara, S., Saibi, H., 2007, *Geophysical Investigation of Ungaran Volcano, Central Java, Indonesia*, Proceedings 29<sup>th</sup> New Zealand.
- [13]. Thanden, R.E., Sumadirdja, H., Richards, P.W., Sutisna, K., Amin, T.C., 1996, *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang, Jawa*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [14]. Xiao, J.Y., G.F. Zhou dan Z.M. Lin, 1983. The Explained Manual of Gravity Exploration Information. The Geological Publishing House, Beijing, pp. 1-475.
- [15]. Zen, MT, Syarif M.A., Simatupang, SM, Yunianto, G. 1983. "Penyelidikan Gaya Berat dan Identifikasi magma sepanjang deretan Gunungapi Ungaran-Merapi di Jawa Tengah. Proceedings PIT XII Ikatan Ahli Geologi Indonesia
- [16]. Zeng, Q.Q. dan T.Y. Liu, 2010. A potential field separation method based on empirical mode decomposition. *Oil Geoph. Prospect*, 45: 914-917.

