

## ESTIMASI KETINGGIAN OPTIMUM KONTINUASI KE ATAS UNTUK PEMISAHAN DATA GAYABERAT DENGAN MENGGUNAKAN KORELASI SILANG

Adi Prasetyo

*Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya, Indonesia.*

*\*Email: [adyi\\_fi@yahoo.com](mailto:adyi_fi@yahoo.com)*

---

### Abstrak

Kontinuasi ke atas dapat digunakan untuk pemisahan anomali gayaberat regional yang dihasilkan dari sumber yang dalam. Dengan menggunakan metode praktis yang berdasarkan pada studi model, ketinggian optimal kontinuasi ke atas untuk pemisahan gayaberat regional-residual dapat diestimasi. Dengan menggunakan metode ini, dapat dihitung ketinggian optimal untuk kontinuasi ke atas. Meskipun secara matematis tidak ada ketinggian optimal, metode ini memberikan prosedur yang obyektif untuk menghitung ketinggian terbaik dari kontinuasi ke atas. Pertama-tama dibuat model sintesis gayaberat 2D dengan menggunakan metode talwani 2D. Model sintesis ini dihasilkan dari anomali benda dekat permukaan (anomali residual) dan anomali dalam (anomali regional). Kontinuasi keatas untuk berbagai ketinggian diterapkan pada model sintesis dengan memanfaatkan konvolusi Fast Fourier Transform (FFT). Untuk menghitung ketinggian optimal kontinuasi ke atas, dilakukan dengan korelasi silang maksimum antara kontinuasi ke atas dari model sintesis dan anomali regional yang diketahui. Sedangkan untuk daerah yang tidak diketahui anomali regionalnya, seperti data lapangan, ketinggian optimum dihitung dari serangkaian korelasi silang antara kontinuasi ke atas pada dua ketinggian secara berturut-turut. Defleksi maksimum ketinggian rata-rata dari nilai-nilai korelasi silang menghasilkan ketinggian optimal untuk pemisahan regional-residual. Metode ini telah berhasil diterapkan pada data model sintesis, yang nantinya akan diterapkan juga pada data gayaberat lapangan.

Kata Kunci : kontinuasi ke atas, anomali gaya berat, FFT, korelasi silang.

---

### Abstract

Upward continuation can be used for the separation of regional gravity anomaly generated from the source. By using practical methods based on model studies, to obtain the optimal height of the upward continuation for the separation of regional-residual gravity. By using this method, we can calculate the optimum height for upward continuation. Although mathematically there is no optimal height, this method provides an objective procedure to calculate the most likely height for upward continuation. First we created a synthesis model of 2D gravity using talwani 2D method. This synthesis models generated from anomalous objects near the surface (residual anomaly) and anomalies at depth (regional anomaly). Upward continuation in various heights applied to the synthesis model by using the convolution model of Fast Fourier Transform (FFT). To calculate the optimal height of the upward continuation, performed with a maximum cross-correlation between the upward continuation of the synthesis model and the known regional anomaly. For an unknown regional field, optimum height was calculated from a series of crosscorrelations between the upward continuations at two successive heights. The maximum deflection of the average height of the crosscorrelation values produce optimal height for regional-residual separation. This method has been successfully applied to the model synthesis, and will be applied on the gravity data field. Upward continuation in different heights can also be seen the phase by using the semblance method that utilizes wavelet transform.

Keywords : upward continuation, gravity anomaly, FFT, crosscorrelation, wavelet transform.

---

**1. Pendahuluan**

Kontinuasi ke atas merupakan salah satu metode pemisahan data potensial yang sering digunakan. Kontinuasi keatas mengubah medan potensial terukur pada satu permukaan ke medan yang akan diukur pada permukaan yang lebih jauh dari permukaan sumber. Metode ini akan mengurangi nilai anomali terhadap panjang gelombang; semakin pendek panjang gelombang, semakin besar redaman. Tujuannya adalah untuk menampakkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dalam atau menghilangkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dangkal [1-4].

Permasalahan utama dalam metode ini adalah ketinggian kontinuasi tidak diketahui. Selama ini pemilihan ketinggian kontinuasi dilakukan secara subyektif, yaitu dipilih salah satu kontinuasi ke atas di beberapa ketinggian, melalui pengalaman [5]. Dengan menggunakan metode korelasi silang antar ketinggian kontinuasi secara berturut-turut yang diterapkan pada data sintesis, diharapkan bisa menentukan ketinggian optimum kontinuasi ke atas dari data gayaberat secara obyektif.

**2. Kontinuasi Ke Atas**

Kontinuasi keatas mengubah medan potensial terukur pada satu permukaan ke medan yang akan diukur pada permukaan lainnya yang lebih jauh dari permukaan sumber. Akan terlihat, bahwa transformasi ini akan mengurangi nilai anomali terhadap panjang gelombang; semakin pendek panjang gelombang, semakin besar redaman. Tujuannya adalah untuk menampakkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dalam atau menghilangkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang dangkal.

Medan gaya berat dan magnetik memenuhi hukum Laplace. Dengan demikian dimungkinkan untuk menghitung medan gayaberat dan magnetik pada suatu area permukaan tertentu jika diketahui besar medan gayaberat dan magnetik di suatu luasan permukaan yang lain selama diantara kedua permukaan tersebut dianggap tidak ada benda bermassa (yang dapat menimbulkan medan gayaberat dan magnetik). Prinsip inilah yang mendasari konsep kontinuasi.

$$F(x', y', -h) = \iint \frac{h/2\pi}{\{(x-x')^2 + (y-y')^2 + h^2\}^{3/2}} F(x, y, 0) dx dy \quad (1)$$

Persamaan (1) merupakan persamaan untuk kontinuasi ke atas pada medan gaya berat ataupun medan magnetik dimana  $F(x', y', -h)$  merupakan total medan di titik  $P(x', y', -h)$  yang berada di atas permukaan yang besar medannya  $F(x, y, 0)$  diketahui. Persamaan (1) disebut juga sebagai integral konvolusi dari  $F(x, y)$  dan fungsi filter

$\frac{h/2\pi}{(x^2 + y^2 + h^2)^{3/2}}$  atau  $W_{up}(x, y)$  [6]. Konvolusi dalam domain ruang sama dengan perkalian dalam domain frekuensi Fourier. Dalam bentuk frekuensi, persamaan kontinuasi berupa :

$$K(u, v) = G(u, v)Y_{up}(u, v) \quad (2)$$

Dimana  $K(u, v), G(u, v)$  dan  $Y_{up}(u, v)$  merupakan transformasi Fourier dari  $H(x, y), F(x, y)$  dan fungsi filter  $W_{up}(x, y)$ .

$$Y_{up}(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{h/2\pi}{(x^2 + y^2 + h^2)^{3/2}} e^{-i(ux+vy)} dx dy \quad (3)$$

$$= e^{-h(u^2+v^2)^{1/2}}$$

Sehingga persamaan kontinuasi ke atas dalam domain frekuensi 2D berbentuk  $K(u, v) = G(u, v)e^{-h(u^2+v^2)^{1/2}}$ , dan disederhanakan oleh menjadi  $K(u, v) = G(u, v)e^{-h|u|}$  [7].

Untuk kontinuasi kebawah bisa diperoleh dengan hanya membalik persamaan kontinuasi ke atas. Pada kontinuasi kebawah,  $H(x, y)$  atau  $K(u, v)$  merupakan besar medan yang diketahui atau diukur, sedangkan  $F(x, y)$  atau  $G(u, v)$  merupakan medan yang dicari.

$$G(u, v) = K(u, v)Y_{down}(u, v) \quad (4)$$

Dari persamaan kontinuasi ke atas dapat diperoleh

$$G(u, v) = \frac{K(u, v)}{e^{-h(u^2+v^2)^{1/2}}} \quad (5)$$

$$= K(u, v)e^{+h(u^2+v^2)^{1/2}}$$

**3. Ketinggian Optimum Dari Kontinuasi Ke Atas**

Kontinuasi ke atas adalah metode untuk memisahkan anomali gayaberat regional yang dihasilkan dari sumber yang dalam dari gayaberat yang diamati. Operator kontinuasi ke atas adalah operasi numerik stabil, dan membentuk hubungan alami antara survei permukaan bumi dan survei udara [8-9]. Ada permasalahan utama dengan metode ini, yaitu tinggi kontinuasi harus diketahui.

Desain filter pemisahan gayaberat hal teknik kontinuasi ke atas ditentukan dengan memilih ketinggian ketinggian [10]. Masalahnya adalah memilih ketinggian (optimal) yang tepat untuk kontinuasi ke atas. Banyak orang membuat pilihan ini dengan inspeksi (subyektif). Atau mereka mungkin memilih ketinggian dengan membandingkan anomali gayaberat kontinuasi ke atas

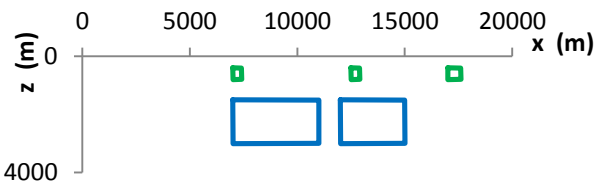
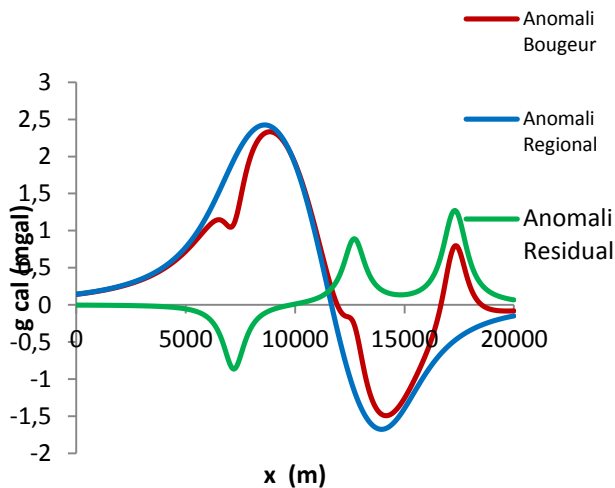
untuk ketinggian yang berbeda. Namun, kedua pendekatan tersebut tidak memiliki kriteria objektif untuk memberikan ketinggian (optimal) yang tepat untuk kontinuitas ke atas.

**3.1 Hubungan antara Kontinuitas dengan Anomali Regional**

Korelasi silang  $r$  antara anomali regional  $g_1 (\Delta g_{reg})$  dan tiap kontinuitas  $g_2$  dihitung dengan persamaan berikut :

$$r_{g_1, g_2} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N g_1(x_i, y_j) g_2(x_j, y_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N g_1^2(x_i, y_j) \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N g_2^2(x_j, y_i)}} \quad (6)$$

dimana  $M$  dan  $N$  secara berturut-turut merupakan jumlah spasial data pada arah  $x$  dan  $y$  [11-12].

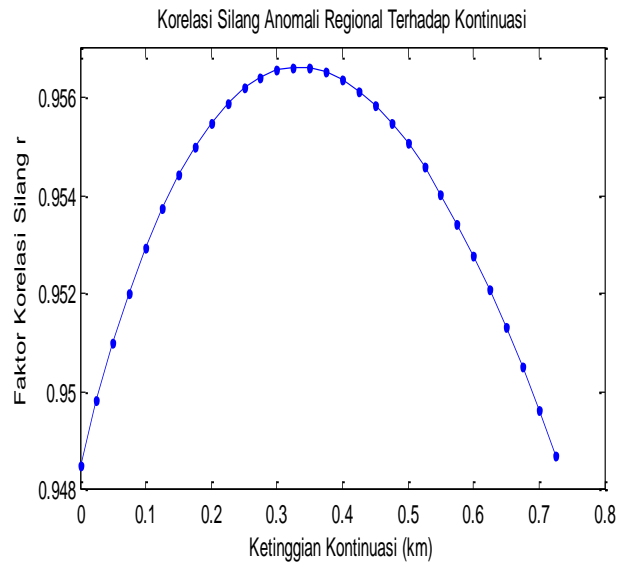


**Gambar 1:** Model sintesis gayaberat 2D. Bagian atas merupakan respon gayaberat yang diakibatkan anomali benda bawah permukaan (bagian bawah).

Dikarenakan anomali regional yang sesungguhnya tidak diketahui, metode yang mungkin untuk memperkirakan ketinggian optimum untuk data model (**Gambar 1**), dapat diturunkan menggunakan korelasi silang antara anomali regional pada tingkat observasi dan kontinuitas ke atas dari anomali observasi pada ketinggian yang berbeda-beda (**Gambar 2**).

Ketika ketinggian kontinuitas ke atas lebih kecil dari nilai optimal, anomali kontinuitas ke atas jelas terdiri dari dua komponen : anomali regional dan anomali residual. Ketika ketinggian kontinuitas ke atas lebih besar dari nilai optimal, anomali residual menjadi lebih menurun dan hampir hilang. Kondisi ini menghasilkan anomali sintetis hanya terdiri dari komponen regional.

Oleh karena itu, korelasi silang antara kontinuitas dari anomali sintetis dan anomali regional pada ketinggian lebih kecil dari optimal berbeda dengan pada ketinggian yang lebih besar dari yang optimal.

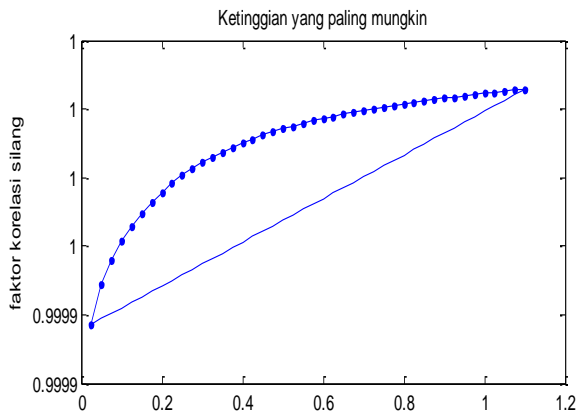


**Gambar 2:** Korelasi silang antara anomali regional dan setiap kontinuitas dari anomali gayaberat sintetis terhadap ketinggian.

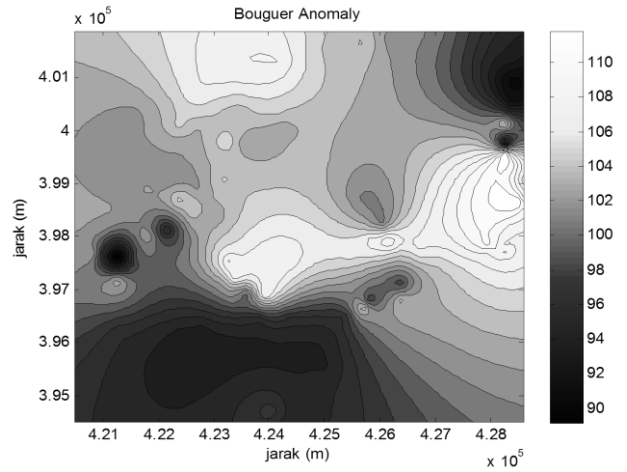
**3.2 Hubungan antara Kontinuitas Ke Atas pada Dua Ketinggian Berturut-Turut**

**Gambar 3** merupakan plot dari crosscorrelation antara kontinuitas ke atas pada dua ketinggian berturut-turut, dengan interval ketinggian 50 m terhadap ketinggian. Perhitungan korelasi silang terhadap ketinggian melalui sebuah rentang, dari nol ke ketinggian dimana perubahan nilai korelasi silang jelas melewati defleksi maksimal dari dua titik dari awal hingga akhir titik ketinggian. **Gambar 4** menunjukkan bahwa defleksi maksimal terjadi pada ketinggian yang kira-kira sama dengan ketinggian optimum dari **Gambar 3**.

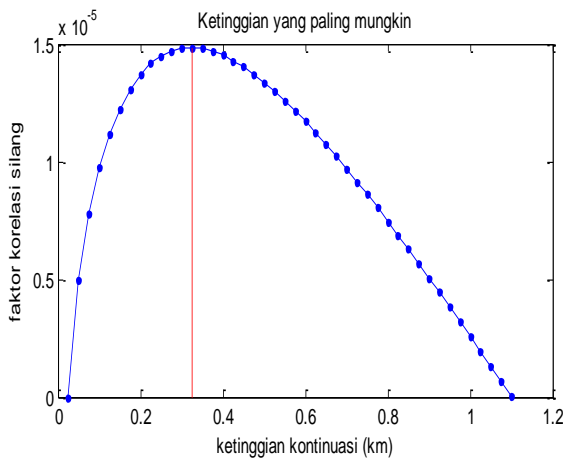
Ketinggian optimal dari kurva, dicari dengan menghubungkan titik awal (tinggi = 50 m) dengan titik akhir (tinggi = 1100 m). Ketinggian yang terkait dengan defleksi maksimum adalah estimasi ketinggian optimal untuk kontinuitas ke atas. Gambar 4 menggambarkan kurva terhadap ketinggian yang dihasilkan dari selisih kurva pada **Gambar 3** terhadap garis penghubung dua titik tersebut. Puncak kurva berada disekitar 350 m.



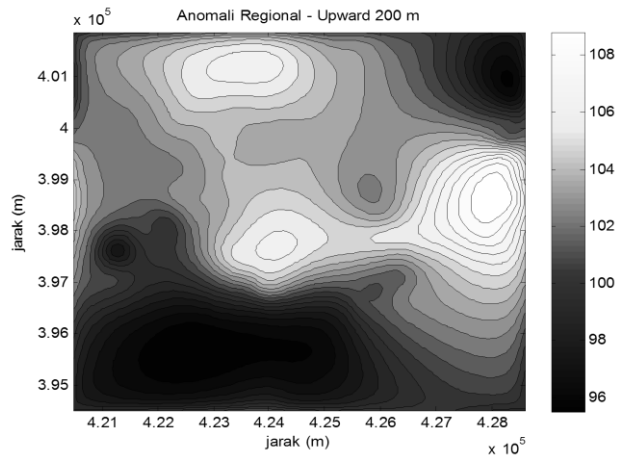
**Gambar 3:** Korelasi silang antara kontinuitas untuk dua ketinggian berturut-turut terhadap ketinggian.



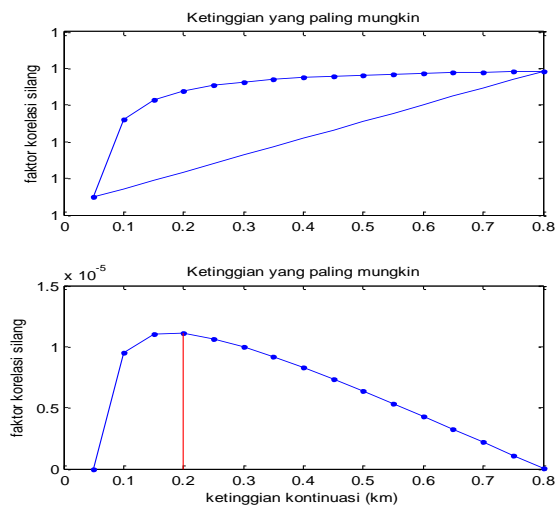
**Gambar 6:** Anomali Bouguer gayaberat yang terukur dilapangan.



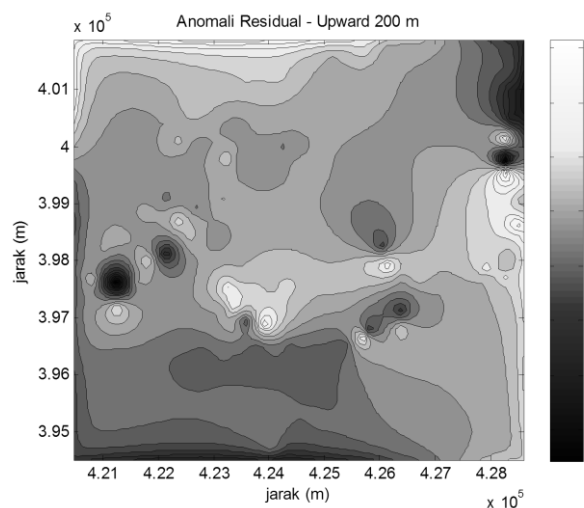
**Gambar 4:** Defleksi maksimum dengan menggabungkan titik-titik ujung dari kurva dari kurva korelasi silang terhadap ketinggian (lihat Gambar 3).



**Gambar 7:** Anomali Regional pada kontinuitas ke atas 200 m



**Gambar 5:** Bagian atas, korelasi silang data gayaberat lapangan antara dua ketinggian kontinuitas secara berturut-turut. Bagian bawah, pengurangan kurva korelasi dengan garis lurus penghubung dua titik.



**Gambar 8:** Anomali Residual pada kontinuitas ke atas 200 m

Ketinggian yang optimum bergantung pada ketinggian kontinuitas ke atas maksimum yang telah dipilih pada titik ujung kanan (**Gambar 3**). Namun, jika ketinggian maksimum jauh lebih dari tinggi dari defleksi maksimum (disarankan ketinggian maksimum sekitar tiga kali tinggi defleksi maksimum), maka ada ketergantungan yang diabaikan pada pilihan titik ujung kanan. Sebenarnya, seorang interpreter dapat memperkirakan ketinggian optimal dari kurva yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.

### 3.3 Kontinuitas Pada Data Gayaberat

Setelah melakukan studi model untuk mendapatkan nilai ketinggian optimal kontinuitas, diharapkan cara korelasi silang antara dua ketinggian kontinuitas secara berturut-turut bisa diaplikasikan ke dalam data gayaberat dilapangan. Hasil korelasi ini diperlihatkan pada **Gambar 5**.

Dari kurva korelasi **Gambar 5**, di peroleh ketinggian optimum kontinuitas sekitar 200 m. Plot kontur data gayaberat diperlihatkan oleh **Gambar 6 – 8**. **Gambar 6** merupakan kontur anomali bouguer gayaberat yang diperoleh dari pengukuran dilapangan. **Gambar 7** merupakan anomali regional yang didapat dari kontinuitas

optimal (200 m) yang telah diperoleh dari korelasi silang. Sedangkan **Gambar 8** merupakan anomali residual apa ketinggian yang sama dengan anomali regional. Anomali residual ini merupakan selisih antara anomali bouguer dan anomali regional. Hasil pemisahan ini nantinya bisa diinterpretasi untuk memperoleh struktur bawah permukaan.

## 4. Kesimpulan

Kontinuitas ke atas dapat dilakukan dengan menggunakan konvolusi dari *Fast Fourier Transform* (FFT). Dengan studi model menggunakan model sintesis, ketinggian optimum kontinuitas dapat dihitung dengan memanfaatkan korelasi silang anomali regional sintesis dengan anomali regional hasil kontinuitas. Dengan mengacu pada hasil tersebut, korelasi silang antara kontinuitas berturut-turut bisa ditentukan nilai optimumnya. Ketinggian optimum data sintesis sekitar 350 m. Ketinggian optimum data gayaberat lapangan sekitar 200 m. Perilaku semblance anomali bouguer dengan anomali kontinuitas terlihat jelas.

## Daftar Pustaka

1. R. J. Blakely, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Application*, New York: Cambridge University Press, (1995).
2. R. Bracewell, *The Fourier Transform and Its Application*, New York: Mc Graw Hill, (1986).
3. N. Hidayat dan A. Basid. Analisis Anomali Gravitasi Sebagai Acuan dalam Penentuan Struktur Geologi Bawah Permukaan dan Potensi Geothermal (Studi Kasus Di Daerah Songgoriti Kota Batu). *Jurnal Neutrino*, 4(1), 35-47, 2012.
4. S. P. Huestis dan R. L. Parker, Upward and downward continuation as inverse problems, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 57 (1), 171-88, 1979.
5. N. H. Nurdin, M. A. Massinai, dan S. Aswad, Identifikasi Pola Sebaran Intrusi Batuan Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geomagnet di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa. *Jurnal Geoelebes*, 1(1), 17-22, 2017.
6. L. J. Peters, The Direct Approach to Magnetic Interpretation and Its Practical Application, *Geophysics*, 14(3), 290-320, 1949.
7. F. Maurizio, Upward Continuation of Scattered Potential Field Data, *Geophysics*, 64(2), 443-451, 1999.
8. B. H. Jacobsen, A case for upward continuation as a standard separation filter for potential-field maps: *Geophysics*, 52(8), 1138-1148, 1987.
9. P. Keating dan N. Pinet. Use of non-linear filtering for the regional-residual separation of potential field data. *Journal of Applied Geophysics*, 73(4), 315-322, 2011.
10. E. M. Abdelrahman, A. I. Bayoumi, Y. E. Abdelhady, M. M. Gobashy dan H. M. El-Araby, Gravity interpretation using correlation factors between successive least-squares residual anomalies. *Geophysics*, 54(12), 1614-1621, 1989.
11. H. Zeng, D. Xu, dan H. Tan. A model study for estimating optimum upward-continuation height for gravity separation with application to a Bouguer gravity anomaly over a mineral deposit, Jilin province, northeast China. *Geophysics*, 72(4), 145-150, 2007.
12. A. Biswas, Interpretation of residual gravity anomaly caused by simple shaped bodies using very fast simulated annealing global optimization. *Geoscience Frontiers*, 6(6), 875-893, 2015.