

## Analisis Struktur Geologi Daerah Panas Bumi Lainea Menggunakan Teknik Deteksi Tepi Dan Dekonvolusi Euler Dari Data Gravitasi Citra Satelit GGMPLUS

### *Geological Structure Analysis of the Lainea Geothermal Area Using Edge Detection and Euler Deconvolution Techniques from GGMPLUS Satellite Gravity Image Data*

Sitti Rahmadhani<sup>1</sup>, Jamhir Safani<sup>1\*</sup>, Al Rubaiyn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Halu Oleo; Jl. H.E.A Mokodompit

#### Article history:

Received: 22 January 2024

Accepted: 21 July 2025

#### Keywords:

Panas bumi Lainea; Sesar; Deteksi Tepi; Dekonvolusi Euler; Citra GGMPlus.

#### Correspondent author:

[jamhir.safani@uho.ac.id](mailto:jamhir.safani@uho.ac.id)

**Abstrak.** Panas bumi Lainea merupakan salah satu daerah berpotensi panas bumi yang terletak di Provinsi Sulawesi Tenggara, Kabupaten Konawe Selatan. Sistem panas bumi di daerah ini dikendalikan oleh struktur geologi berupa sesar, antara lain Sesar Amowolo, Sesar Lainea, dan Sesar Rumbalaka (gaya geser mendatar). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan struktur geologi bawah permukaan, khususnya sesar, melalui analisis metode deteksi tepi dan dekonvolusi Euler menggunakan data gravitasi dari GGMPlus (*Global Gravity Model Plus*). Data yang digunakan adalah data gravity disturbance dalam bentuk anomali free-air yang kemudian dikoreksi dengan koreksi Bouguer dan koreksi terrain untuk memperoleh anomali Bouguer lengkap. Kemudian dilakukan proses pemisahan anomali dengan metode upward continuation, di mana anomali residual di-upward ke ketinggian 700 meter. Selanjutnya dilakukan deteksi tepi menggunakan metode Normalized Horizontal Tilt (TDX), dan Tilt Angle of Horizontal Gradient (TAHG) serta dekonvolusi Euler pada data anomali residual. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur geologi bawah permukaan (kelurusan sesar) daerah penelitian berdasarkan data gravitasi sangat baik melalui metode deteksi tepi berupa filter TAHG dengan pola dugaan kelurusan struktur sesar berarah barat daya – timur laut juga struktur sesar berarah barat laut- tenggara. Sementara filter TDX baik dalam penentuan bata-batas kontak anomali (benda anomali. Solusi nilai kedalaman dekonvolusi euler yang dihasilkan berkisar 74,2m – 257,5m..

**Abstract.** Lainea geothermal is one of the potential geothermal areas located in Southeast Sulawesi Province, South Konawe Regency. The geothermal system in this area is controlled by geological structures in the form of faults, including the Amowolo Fault, Lainea Fault, and Rumbalaka Fault (horizontal shear force). This research aims to determine the subsurface geological structure, especially faults, through the analysis of edge detection and Euler deconvolution methods using gravity data from GGMPPlus (Global Gravity Model Plus). The data used is gravity disturbance data in the form of free-air anomalies, which are then corrected with Bouguer correction and terrain correction to obtain complete Bouguer anomalies. Then the anomaly separation process is carried out with the upward continuation method, where the residual anomaly is upward to an altitude of 700 meters. Next, edge detection is performed using the Normalized Horizontal Tilt (TDX), and Tilt Angle of Horizontal Gradient (TAHG) methods as well as Euler deconvolution on the residual anomaly data. The results of the analysis show that the subsurface geological structure (fault alignment) of the research area based on gravity data is very good through the edge detection method in the form of TAHG filter with the alleged alignment pattern of the southwest - northeast oriented fault structure as well as the northwest - southeast oriented fault structure. While the TDX filter is good at determining anomalous contact bricks (anomalous objects). The resulting euler deconvolution depth value solution ranges from 74.2m - 257.5m..

© 2025 JRGI (Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia)

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi geotermal terbesar di dunia, dengan lebih dari 200 prospek geotermal yang tersebar di sepanjang sabuk vulkanik yang membentang dari Sumatra hingga Indonesia timur. Potensi ini menjadikan Indonesia sebagai negara dengan cadangan geotermal terbesar, diperkirakan mencapai sekitar 28,99 GWe, setara dengan 40% dari total potensi geotermal dunia yang telah dieksplorasi. Pulau Sulawesi, yang terletak di sabuk vulkanik aktif, memiliki

sejumlah prospek geotermal yang signifikan (Hochstein & Sudarman, 2008)

Salah satu wilayah dengan potensi geotermal adalah Lainea, yang secara administratif terletak di Kecamatan Lainea, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. Potensi geotermal di kawasan Lainea terdiri dari mata air panas dan batuan yang mengalami perubahan terkait dengan lingkungan non-vulkanik. Sistem geotermal Lainea dikendalikan oleh Patahan Boro-boro, Patahan Kaendi, Patahan Landai, Patahan Amowolo, Patahan Lainea, dan Patahan

Rumbalaka, dengan sumber panas berupa batuan intrusif/plutonik (Febyanti et al., 2022). Secara geotektonik, Sulawesi Tenggara terletak di Mandala Geologi Sulawesi Timur, yang juga dikenal sebagai lengan tenggara Pulau Sulawesi. Wilayah ini merupakan zona kompleks yang terbentuk akibat pertemuan antara mikro-benua Buton dan pembagi benua Sulawesi, yang menyebabkan perkembangan struktur geologi yang sangat kompleks. Struktur geologi di wilayah ini didominasi oleh patahan yang berarah barat laut-timur laut, seperti Patahan Matano, Kelompok Patahan Kolaka, Patahan Lainya, dan Kelompok Patahan Lawanopo (Surono, 2013).

Salah satu metode geofisika yang efektif dalam mengidentifikasi struktur geologi bawah permukaan adalah metode gravitasi. Metode ini memanfaatkan variasi densitas batuan di bawah permukaan untuk mendeteksi keberadaan struktur geologi seperti patahan dan retakan. Dalam konteks eksplorasi geotermal, metode gravitasi sangat berguna pada tahap eksplorasi awal karena dapat memberikan gambaran umum tentang konfigurasi bawah permukaan. Dengan menginterpretasikan anomali gravitasi, informasi tentang struktur bawah permukaan, keberadaan patahan, dan potensi reservoir geotermal dapat diidentifikasi secara tidak langsung (Darmawan dkk., 2021; Hafidah dkk., 2019; Sihombing dkk., 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur geologi bawah permukaan berupa patahan di kawasan geotermal Lainya menggunakan data gravitasi satelit GGMPlus (Global Gravity Model Plus). Analisis

dilakukan melalui pendekatan deteksi tepi dan dekonvolusi Euler untuk mengidentifikasi lokasi dan kedalaman struktur patahan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tilt Angle Horizontal Gradient (TAHG)

Tilt Angle Horizontal Gradient juga dikenal sebagai TAHG, menggunakan gradient horizontal sebagai turunan dari  $x$ ,  $y$ , dan  $z$ , dan digunakan untuk mendapatkan hasil terbaik pada tepi sumber serta untuk menyamakan sinyal dari sumber dalam dan dangkal (Ferreira et al., 2013). Persamaan TAHG yaitu

$$TAHG = \tan^{-1} \left( \frac{\frac{\partial(HG)}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial HG}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial HG}{\partial y}\right)^2}} \right),$$

Yang mana

$$HG = \sqrt{\left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial y}\right)^2}$$

dimana  $G$  adalah anomali gravitasi,  $\frac{\partial G}{\partial x}$  adalah turunan horizontal terhadap  $x$  dan  $\frac{\partial G}{\partial y}$  adalah turunan horizontal terhadap  $y$ .

### 2.2. Normalized horizontal tilt (TDX)

(Cooper & Cowan, 2006) memperkenalkan sudut kemiringan horizontal (TDX), yang merupakan turunan horizontal yang seimbang. TDX memiliki gradien yang jauh lebih tajam pada tepi dibandingkan dengan turunan kemiringan asli dari tubuh gravitasi yang dijelaskan dalam persamaan berikut:

$$TDX = \tan^{-1} \left( \frac{\sqrt{\left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial y}\right)^2}}{\left| \frac{\partial G}{\partial z} \right|} \right)$$

### 2.3. Metode dekonvolusi Euler

Metode dekonvolusi Euler merupakan salah satu anomali enchacement pada data geopotensial. Metode ini menghasilkan suatu peta yang menggunakan informasi dari anomali gravitasi horizontal dan vertikal untuk memperkirakan lokasi dan kedalaman sumber anomali dari sebuah medan potensial.

Prinsip dari pengolahan data ini berdasarkan persamaan berikut (Blakely, 1995):

$$\left[ \frac{\partial g_i}{\partial x} \frac{\partial g_i}{\partial y} \frac{\partial g_i}{\partial z} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix} \right] = n \cdot g_i$$

Pusat massa sumber anomali adalah  $x_0, y_0, z_0$ , lokasi titik pengamatan  $(x, y, z)$  struktur indeks  $n$ , dan data gravitasi atau magnetik  $g_i$ .

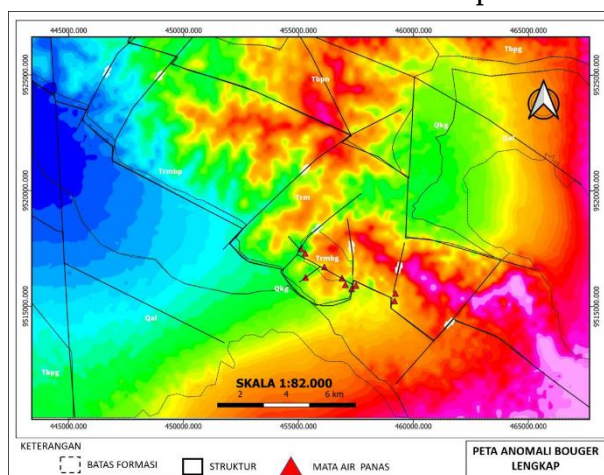
### 3. METODE PENELITIAN

Lokasi meliputi area panas Bumi Lainya yang terletak di Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara dengan luas dengan luas area  $\pm 126 \times 124 \text{ km}^2$ . Data gravitasi yang digunakan adalah data GGMplus (Hirt et al., 2013) berupa data anomali udara bebas (FAA). Data topografi menggunakan Data Digital Elevation Model (<http://tides.big.id/DEMNAS/DEMNAS.php>.)

Tahapan awal adalah koreksi Bouguer dengan penentuan densitas menggunakan metode Nettleton dan koreksi Medan untuk mendapata anomali Bouguer Lengkap. Lebih lanjut dilakukan pemisahan anomali dengan menghitung anomali regional menggunakan metode kontinuasi keatas. Teknik Deteksi Tepi (TAHG dan TDX) serta Dekonvolusi EULER diterapkan pada anomali residual.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Anomali Bouguer lengkap hasil overlay pada daerah penelitian (**Gambar 1**) dapat dibagi menjadi 3 kategori anomali, yaitu anomali tinggi, sedang dan rendah. Anomali tinggi berwarna merah hingga Ungu terang dengan rentang nilai 50,7 – 75,8 mGal yang menempati sebagian kecil daerah bagian tengah, barat-timur dan membelok ke tenggara. Area ini merupakan satuan batuan Metamorf (Trm), Satuan Meta - batugamping (Trmbg), dan satuan meta-Batupasir (Trmbp) yang merupakan batuan yang memiliki densitas yang tinggi. Menurut (Hadi et al., 2010) kelompok ini juga ditafsirkan sebagai pengaruh keterdapatan terobosan batuan beku, yang diduga berupa ultra basa/peridotit yang mempunyai densitas tinggi dan umumnya masih segar dan masif. Sebaran anomali tinggi ini berada tepat pada daerah-daerah manifestasi air panas yang berada pada daerah penelitian.

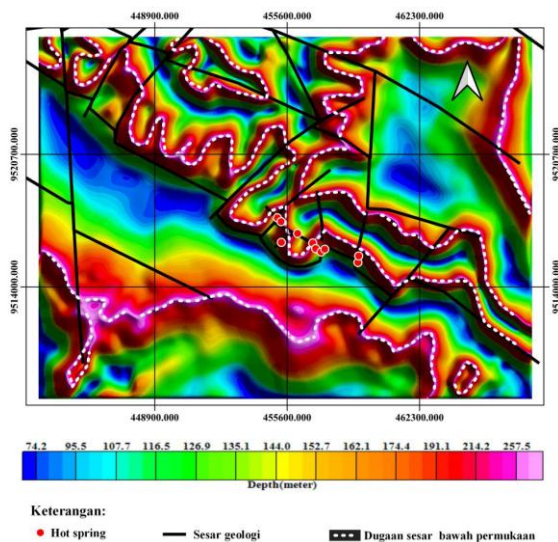


**Gambar 1.** Peta kontur Anomali Bouguer ditumpang susun dengan stuktur dan manifestasi panas bumi.

Anomali sedang ditunjukkan berwarna pada warna hijau hingga oranye dengan

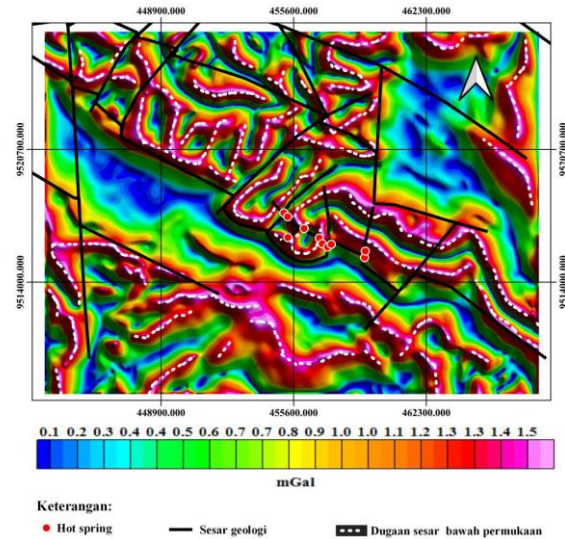
rentang nilai 62,2 mGal-70,6 mGal terdapat pada bagian barat laut-tenggara, timur laut, tengah dan selatan daerah penelitian. Kelompok ini ditafsirkan sebagai batuan sedimen, sedimen malihan yang terdiri atas silt,Slate,Filit.

Anomali rendah yang terlihat dalam warna biru hingga biru muda, dengan rentang nilai antara 50,7 mGal – 59,2 mGal, terdapat disebagian kecil wilayah timur laut dan selatan yang meluas ke arah barat dan barat laut pada satuan konglomerat (Qkg) dan Aluvium (Qa). Sebagian kecil lagi terdapat di bagian tengah sebagai anomali rendah berbentuk pengkutuban sebagai cerminan batuan dengan densitas yang lebih rendah, seperti konglomorat dan batu pasir telah mengalami pelapukan, serta endapan aluvial pada batuan Metamorf (Trm) yang mengisi zona depresi di sebabkan oleh keterdapatannya dua struktur yang menghimpit area ini.



**Gambar 2.** Peta kontur normalized horizontal tilt (TDX) hasil overlay dengan struktur geologi daerah penelitian

Lenih lanjut hasil kontinuitas keatas menunjukkan pada ketinggian 700m telah diperoleh tren regional dari anomli Bouger lengkap. Hasil deteksi tepi dari anomali Residual ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **3**.



**Gambar 3.** Peta kontur tilt angle of the horizontal gradient (TAHG) hasil overlay dengan struktur geologi daerah penelitian

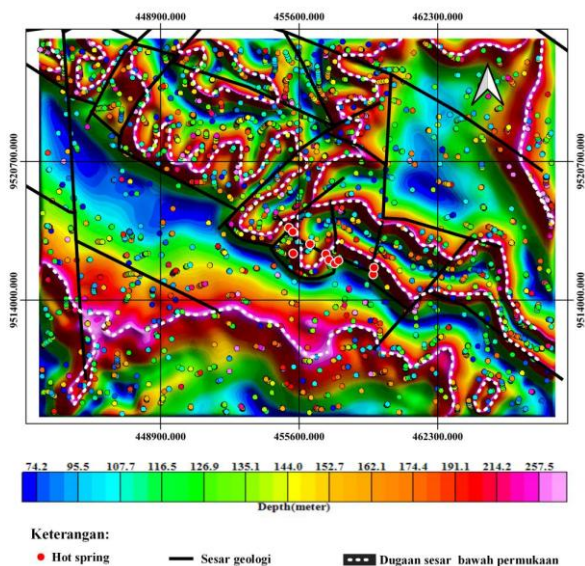
Pada **Gambar 2** menunjukkan batas kontak anomali atau benda anomali yang lebih jelas, Namun untuk mengidentifikasi struktur geologi kurang jelas. Hal ini dikarenakan filter TDX mampu mendeskripsikan gradient yang tajam pada bagian tepi sehingga batas-batas kontak anomali dapat terlihat dengan jelas. Berdasarkan peta TDX tersebut terlihat bahwa trend anomali tinggi (batas-batas kontak ditandai dengan garis putus-putus berwarna putih) berkolerasi mengikuti data geologi struktur daerah penelitian, dengan pola kelurusan struktur sesar berarah barat daya – timur laut juga struktur sesar berarah barat lau- tenggara. Selebihnya terdapat hasil dugaan sesar baru yang berarah barat daya-tenggara. Dari hasil filter ini memperlihatkan

nilai anomali dengan kisaran sebesar 0,1 mGal hingga 1,5 mGal.

**Gambar 3** memperlihatkan respon filter TAHG, dengan trend struktural dari pada batas-batas kontak anomali. Nilai anomali yang dihasilkan dari filter ini berkisar -1,4 mGal hingga 1,3 mGal. Trend anomali tinggi diindikasikan sebagai dugaan struktur geologi bawah permukaan (sesar) yang ditandai dengan garis putus-putus berwarna putih. Letak dugaan sesar tersebut terlihat

berkorelasi dengan struktur geologi daerah penelitian yakni sesar berarah barat daya-timur laut dan barat laut-tenggara, juga terdapat dugaan sesar yang terletak pada barat daya – tenggara daerah penelitian. Untuk beberapa titik terlihat bertepatan dengan dugaan sesar (garis putus-putus).

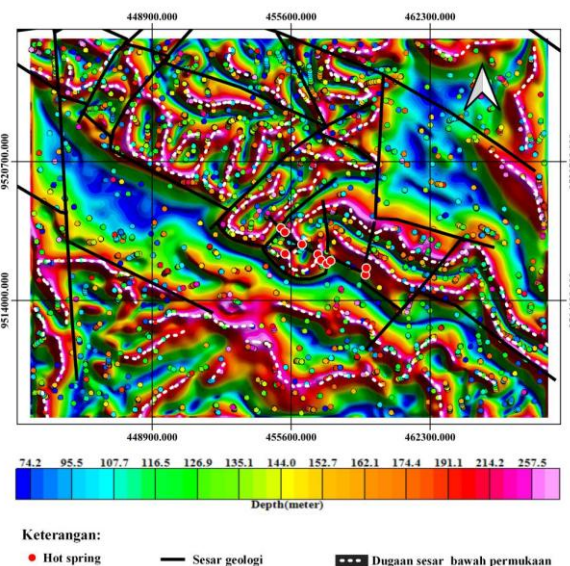
Metode tambahan yang dapat dipakai untuk menganalisis struktur yaitu dengan metode dekonvolusi euler.



**Gambar 4** Peta sebaran dekonvolusi Euler dan TDX

Pencarian solusi dilakukan dengan trial dan eror dengan mempertimbangkan indeks struktural dan ukuran jendela dekonvolusi. Dalam penelitian ini digunakan indeks struktural besar 0 untuk mewakili respon kontak geologi yang terbentuk di wilayah penelitian.

Secara umum hasil penerapan anomali kedalaman metode dekonvolusi euler pada peta TDX (**Gambar 4**) maupun TAHG



**Gambar 5.** Peta sebaran dekonvolusi Euler dan TAHG

(**Gambar 5**) terlihat keduanya terkonfirmasi dan berkorelasi berada pada daerah Pola sebaran anomali kedalaman kurang mengikuti trend anomali tinggi, namun terdapat beberapa trend anomali kedalaman terlihat mengikuti pola trend anomali TDX dan TAHG. Letak korelasi atau kesesuaian tersebut dapat dilihat pada daerah dengan pola kelurusan struktur sesar berarah barat daya – timur laut juga struktur sesar berarah barat laut-

tenggara. Hal ini dikarenakan dari persamaan filter TDX dan TAHG menurunkan anomali vertikal (z) yang juga menampilkan kedalaman dimana akan adanya kemiripan letak posisi anomali kedalaman pada hasil dekonvolusi euler (dalam hal ini kedalaman berkisar 74,2m – 257,5m).

Adapun untuk identifikasi pola kelurusan struktur geologi bawah permukaan berupa sesar didaerah penelitian berarah barat daya – timur laut juga struktur sesar berarah barat laut- tenggara. Analisis ini dapat dilihat dengan adanya dugaan sesar filter TDX dan TAHG juga letak anomali kedalaman pada daerah barat daya – timur laut juga struktur sesar berarah barat laut- tenggara daerah penelitian berada pada satu kesatuan yakni pola kelurusan barat daya – timur laut juga struktur sesar berarah barat laut- tenggara.

## 5. KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa identifikasi struktur geologi bawah permukaan (kelurusan sesar) daerah penelitian berdasarkan data gravitasi sangat baik melalui metode deteksi tepi berupa filter TAHG dengan pola dugaan kelurusan struktur sesar berarah barat daya – timur laut juga struktur sesar berarah barat laut- tenggara. Sementara filter TDX baik dalam penentuan bata-batas kontak anomali (benda anomali. Solusi nilai kedalaman dekonvolusi euler yang dihasilkan berkisar 74,2m – 257,5m. penerapan anomali kedalaman hasil dekonvolusi euler pada peta TAHG maupun TDX terlihat keduanya terkonfirmasi berkorelasi berada pada daerah barat daya – timur laut juga struktur sesar berarah barat laut- tenggara.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asma. (2021). Identifikasi Zona Sesar Berdasarkan Analisis Data Anomali Medan Magnet Di Daerah Lainya, Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara Asma R1A117004 Jurusan Teknik Geofisika Universitas Halu Oleo Kendari Januari 2022.
- Blakely, R. J. (1996). Potential Theory in Gravity and Magnetic. In Cambridge University Press.
- Cooper, G. R. J., & Cowan, D. R. (2006). Enhancing potential field data using filters based on the local phase. *Computers & Geosciences*, 32(10), 1585-1591.  
<https://doi.org/10.1016/j.cageo.2006.02.016>
- Eldosouky, A. M., Pham, L. T., Mohmed, H., & Pradhan, B. (2020). A comparative study of THG, AS, TA, Theta, TDX and LTHG techniques for improving source boundaries detection of magnetic data using synthetic models: A case study from G. Um Monqul, North Eastern Desert, Egypt. *Journal of African Earth Sciences*, 170, 103940.  
<https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103940>
- Febyanti, T., Hamimu, L., & Asvar, A. R. S. (2022). Pemodelan 3d Reservoir Panasbumi Non-Vulkanik Menggunakan Metode Geomagnetik Di Daerah Lainya Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*, 4, 120-129.
- Ferreira, F. J. F., de Souza, J., Bongiolo, A. de B. e. S., & de Castro, L. G. (2013). Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle. *Geophysics*, 78(3), J33–J41.  
<https://doi.org/10.1190/geo2011-0441.1>
- Grand, F. S. dan West, G.F., 1965, Interpretation Theory in Applied Geophysics, Mc Graw Hill, New York.
- Hadi, M. N., Kusniadi, D., & Widodo, S. (2010). Laporan Akhir Penyelidikan Terpadu Geologi

- dan Geokimia Daerah Panas Bumi Lainya. <http://psdg.bgl.esdm.go.id/perpus/alihmedia/L/S20104PB/>
- Hirt, C., Claessens, S., Fecher, T., Kuhn, M., Pail, R., & Rexer, M. (2013). New ultrahigh-resolution picture of Earth's gravity field. *Geophysical Research Letters*, 40(16), 4279–4283. <https://doi.org/10.1002/grl.5083>
- Hinze, William.J., Ralph R. B. von Frese., A. H. S. (2013). Gravity and Magnetic Exploration. 69
- Hochstein, M. P., & Sudarman, S. (2008). History of geothermal exploration in Indonesia from 1970 to 2000. *Geothermics*, 37(3), 220-266. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2008.01.001>
- Kane, M.F., 1962, A Comprehensive System of Terrain Correction Using a Digital Computer, *Geophysics*, 27 (4), hal. 455-462.
- Pham, L. T., Oksum, E., & Dolmaz, M. N. (2021). GRV\_D\_inv : A graphical user interface for 3D forward and inverse modeling of gravity data. *Geofizicheskiy Zhurnal*, (43(1), 181-193. <https://doi.org/10.24028/gzh.02033100.v43i1.2021.225546>
- Pham, L. T., Ghomsi, F. E. K., Vu, T. Van, Oksum, E., Steffen, R., & Tenzer, R. (2023). Mapping the structural configuration of the western Gulf of Guinea using advanced gravity interpretation methods. *Physics and Chemistry of the Earth*, 129(December 2022), 103341. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103341>
- Prasad, K. N. D., Pham, L. T., Singh, A. P., Eldosouky, A. M., Abdelrahman, K., Fnais, M. S., & Gómez-Ortiz, D. (2022). A Novel Enhanced Total Gradient (ETG) for Interpretation of Magnetic Data. *Minerals*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/min12111468> .
- Reid, A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millet, A. J., & Somerton, I. W. (1990). To: "Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution," by A. B. Reid, J. M. Allsop, H. Granser, A. J. Millett, and I. W. Somerton (*G EOPHYSICS* , p. 80–91, January 1990) . *Geophysics*, 55(4), 502–502. <https://doi.org/10.1190/1.1442861>
- Safari, J., (2020). Pengantar Metode Ekplorasi Gravitasi (Issue 1).
- Salem, A., Elawadi, E., & Ushijima, K. (2003). Depth determination from residual gravity anomaly data using a simple formula. *Computers and Geosciences*, 29(6), 801–804. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(03\)00106-7](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(03)00106-7)
- Simanjuntak, TO., Suroño, Hadiwijoyo, S. (1993). Geologi Lembar Kolaka. *Geologi*, 1(August), 117-125.
- Suroño, 2013, Geologi Lengan Tenggara Sulawesi, Badan Geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (1990). Applied geophysics. 2nd edition. In Applied geophysics. 2nd edition.
- Verduzco, B., Fairhead, J. D., Green, C. M., & MacKenzie, C. (2004). New insights into magnetic derivatives for structural mapping. *Leading Edge (Tulsa, OK)*, 23(2), 116–119. <https://doi.org/10.1190/1.1651454>
- Wijns, C., Perez, C., & Kowalczyk, P. (2005). Short Note Theta map : Edge detection in magnetic data. 70(4), 39–44.
- Zakir, M. N. A. (2021). Interpretasi struktur geologi daerah Selatan Pulau Buton Menggunakan Data Gravitasi Satelit Ggmplus. 3(1).