

Identifikasi Konfigurasi Struktur Geologi Bawah Permukaan Berdasarkan Data Anomali Medan Gravitasi dengan Teknik Deteksi Tepi dan *Dekonvolusi Euler* di Daerah Panas Bumi Lainea

Identification of Subsurface Geological Structure Configuration Based on Gravity Field Anomaly Data With Edge Detection and Euler Deconvolution Techniques In The Lainea Geothermal Area

Nursinta Atsaniyah Misquita¹, Jamhir Safani^{1*}, Al Rubayn¹

¹Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Halu Oleo; JL. H. E. A. Mokodompit, Kendari; Tlp. (0401) 3194163

Article history:

Received: 17 Januari 2024

Accepted: 30 April 2024

Keywords:

Lainea geothermal area; edge detection; euler deconvolution.

Correspondent author:

jamhir.safani@uho.ac.id

Abstrak. Penelitian ini terletak di Kecamatan Lainea Desa Lainea Sulawesi Tenggara yang bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan berdasarkan Teknik deteksi tepi dan mengetahui kedalaman sumber anomali dengan menggunakan dekonvolusi euler. Segmentasi sesar dengan kecenderungan dan kedalaman yang bervariasi menggambarkan kompleksitas aktivitas tektonik di sekitar wilayah penilitan. Penerapan beberapa teknik deteksi tepi pada data anomali residual menunjukkan keunggulan pendekatan TAHG dalam mengidentifikasi batas tepi zona sumber panas bumi dan kelurusan struktur geologi sedangkan pendekatan TDX hanya menunjukkan batas-batas anomali. Solusi kedalaman dekonvolusi euler menunjukkan bahwa sesar yang dihasilkan dari pendekatan TAHG termasuk dalam sesar dangkal.

Abstract. this research is located in Lainea District, Lainea Village, Southeast Sulawesi, which aims to determine the subsurface structure based on the edge detection technique and determine the depth of the anomaly source using euler deconvolution. Fault segmentation with varying trends and depths illustrates the complexity of tectonic activity around the research area. The application of several edge detection techniques to the residual anomaly data shows the superiority of the TAHG approach in identifying the edges of geothermal source zones and the alignment of geological structures while the TDX approach only shows the boundaries of the anomalies. The euler deconvolution depth solution shows that the faults generated from the TAHG approach belong to shallow faults.

1. PENDAHULUAN

Indonesia tercatat sebagai salah satu negara yang memiliki potensi panas bumi terbesar di dunia dengan potensi lebih dari 23,9 gigawatt dan bisa mencapai 29 GW. Hal itu tak lepas dari geografis Indonesia yang berada di zona cincin api pasifik atau biasa di sebut *pacific ring of fire*. Pulau Sulawesi merupakan daerah yang memiliki potensi energi panas bumi atau geothermal, terletak di wilayah yang aktif secara geologis, yang disebabkan oleh adanya pertemuan tiga lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Australia. Aktivitas pergerakan lempeng ini menyebabkan adanya rekahan-rekahan di kerak bumi, yang memungkinkan panas dari dalam bumi untuk naik ke permukaan(Umar,2017).

Dalam pengolahan data gravitasi, penggunaan turunan anomali residual berupa komponen x, y dan z digunakan untuk mengetahui fitur deteksi tepi karena komponen tersebut menggambarkan respon anomali gravitasi berdasarkan sumbernya (Safani,dkk.,2023). Penelitian tentang identifikasi struktur bawah permukaan di daerah panas bumi Lainya pernah dilakukan oleh beberapa peneliti, di antaranya Asma (2021) yang menggunakan data medan magnet serta beberapa filter yaitu *Vertical derivative* dan *Total horizontal Derivative* kemudian Subhan (2021) yang menggunakan data ggmplus untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan. Untuk mengkaji lebih luas tentang teknik deteksi tepi, peneliti memutuskan untuk menggunakan data anomali gravitasi. Dalam Teknik deteksi tepi terdapat banyak filter atau pendekatan yang

dilakukan menggunakan turunan residual gravitasi yang dikembangkan oleh Safani dkk. Program yang digunakan untuk menggambarkan tiap-tiap filter atau pendekatan yaitu Oasis montaj yang memudahkan penggunaannya dalam melakukan interpretasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Panas bumi merupakan sumber daya panas alami yang terdapat di dalam bumi, merupakan hasil interaksi antara panas yang dipancarkan batuan panas dan airtanah yang berada disekitarnya, Dimana cairan yang terpanasi terperangkap di dalam batuan yang terletak dekat permukaan sehingga secara ekonomis dapat dimanfaatkan.

Secara sistematis dapat didefinisikan bahwa anomali medan gravitasi di topografi terhadap medan gravitasi teoritis di topografi(Safani dkk., 2020). Medan gravitasi teoritis yaitu medan yang diakibatkan oleh faktor non-geologi dan nilainya dihitung berdasarkan rumusan-rumusan yang dijabarkan secara teoritis. Nilai medan ini dipengaruhi oleh letak lintang, ketinggian, dan massa topografi di sekitar titik tersebut. Secara matematis, anomali medan gravitasi di topografi dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut:

$$\Delta g(x, y, z) = g_{obs}(x, y, z) - g_{teoritis}(x, y, z) \quad (1)$$

dengan $\Delta g(x, y, z)$ merupakan anomali medan gravitasi di topografi dan $g_{obs}(x, y, z)$ adalah medan gravitasi observasi di topografi yang sudah dikoreksikan terhadap koreksi pasang-surut, koreksi tinggi alat, dan koreksi drift. Sedangkan $g_{teoritis}(x, y, z)$ merupakan

medan gravitasi teoritis di topografi (Safani dkk., 2020).

Prinsip utama dalam metode deteksi tepi ialah mendeteksi kontak geologi untuk menentukan lokasi dan luasan yang tepat (Asma, 2021). Pendekatan yang di gunakan dalam penelitian ini yaitu *Tilt Angle of Horizontal Gradient* (TAHG) yaitu salah satu filter deteksi tepi yang di kembangkan oleh Ferreira pada tahun 2013, filter ini menggunakan *horizontal gradient* sebagai turunan x, y dan z untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada tepi sumber juga untuk menyamakan sinyal dari sumber yang dangkal dan dalam (Ferreira dkk., 2013).

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

(Prasad dkk., 2022).

Pendekatan yang kedua yaitu *Tilt Derivative of X* (TDX) yaitu salah satu filter yang dikembangkan oleh Cooper pada tahun 2006, filter ini menggunakan turunan horizontal seperti filter horizontal gradient, namun filter ini menormalisasikan dari turunan horizontal dan dapat mengenali tepi yang dangkal. Filter ini biasanya digunakan dalam mendeteksi tepi dari data gravitasi atau data magnetik (Alamdard dkk., 2015). Filter ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{TDX} = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2}}{\left|\frac{\partial F}{\partial z}\right|} \right) \quad (3)$$

Dimana F adalah data anomaly gravitasi atau data magnetik. Terdapat kekurangan

dalam filter ini yaitu filter ini membuat garis tepi kedua di sekitar garis tepi yang sebenarnya. Untuk mengurangi garis tepi kedua pada data yang di olah menggunakan filter TDX, filter ITDX sangat cocok dalam mengurangi garis kedua tersebut, filter ini di kembangkan oleh Ma pada tahun 2016, filter ini menurunkan vertikal gradient menjadi vertical horizontal gradient agar mengekstrak batas-batas sumber medan potensial (Pham dkk., 2021).

3. METODE PENELITIAN

Area penelitian terletak di Kecamatan Lainea Desa Lainea Sulawesi Tenggara pada 4°23'15." Lintang Selatan dan 122°35'08" Bujur Timur, menggunakan data gaya berat dari Pusat Sumber Daya Geologi tahun 2010.

Interpolasi kriging digunakan untuk griding data anomali Bouguer Lengkap (ABL) dengan menggunakan *software Oasis Montaj*. Hasil pengolahan akan digambarkan dalam bentuk peta kontur yang kemudian di lakukan analisis dan interpretasi. Pemisahan anomali regional dan residual menggunakan metode kontinuitas keatas. Peta anomali residual selanjutnya diolah menggunakan filter deteksi tepi dan dekonvolusi euler.

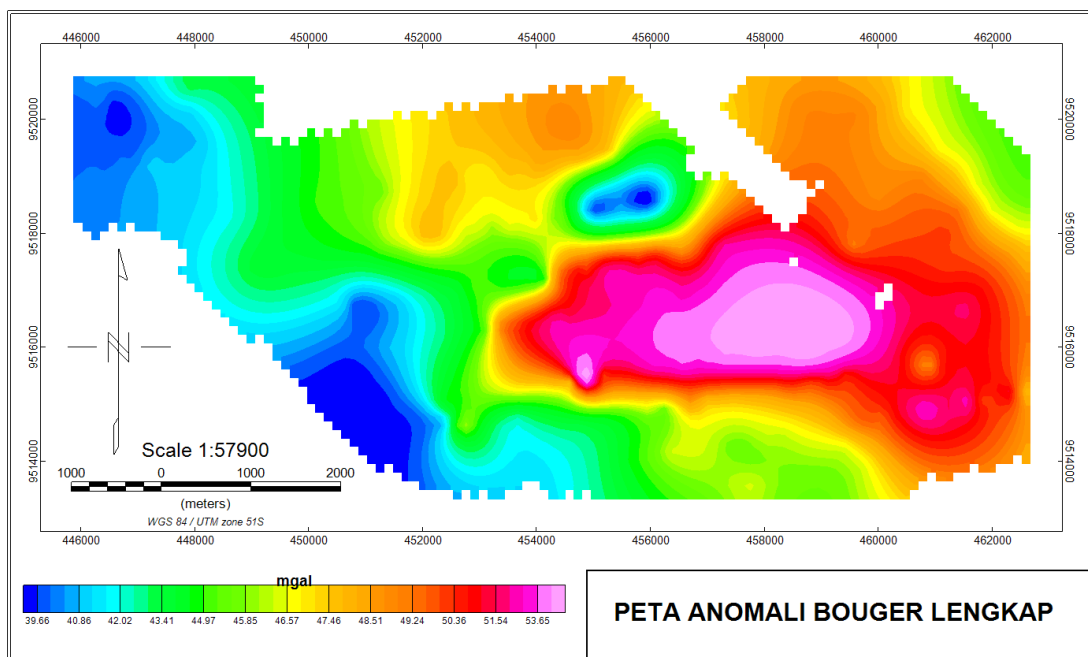
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Anomali Bouguer Lengkap

Anomali Bouguer Lengkap daerah penelitian merupakan nilai yang telah dilakukan koreksi dengan menggunakan densitas 2.63gr/cm³(PSDG,2010).

Pengukuran lapangan yang dilakukan oleh PSDG tahun 2010 menghasilkan data mentah berupa data gravitasi. Pengolahan lanjutan diperlukan untuk memperoleh data anomali bouguer lengkap. Anomali bouguer lengkap merupakan data yang dihasilkan setelah dilakukan koreksi data gravitasi berupa koreksi apungan, koreksi tidal, koreksi lintang, koreksi udara bebas, koreksi bouguer dan koreksi medan. Peta kontur topografi

diperoleh dari data hasil ekstraksi file DEM dari Citra EERTM2160 menggunakan software Bahasa pemrograman. Ekstraksi dilakukan dengan cara menginput nilai batas-batas koordinat daerah penelitian yang selanjutnya di input dalam software pemetaan dan dilakukan proses gridding menggunakan metode interpolasi krigging untuk menghasilkan peta kontur. Peta anomaly bouguer lengkap ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta anomali bouguer lengkap

4.2. Upward Continuation

Proses pengangkatan ini merupakan filter tapis rendah guna mengurangi noise atau efek anomali lokal di atas topografi (Reswara & Sehad, 2014; Telford dkk., 1990). Karena proses kontinuitas ke atas dilakukan pada ketinggian tertentu dengan cara seolah-olah pengukuran dilakukan pada ketinggian tersebut maka saat kontinuitas tidak boleh terlalu tinggi karena dapat mengakibatkan hilangnya informasi dari daerah tersebut (Naba, 2021). Kontinuasi ke atas

dilakukan dengan menggunakan *software oasis montaj*.

4.2.1. Anomali Regional

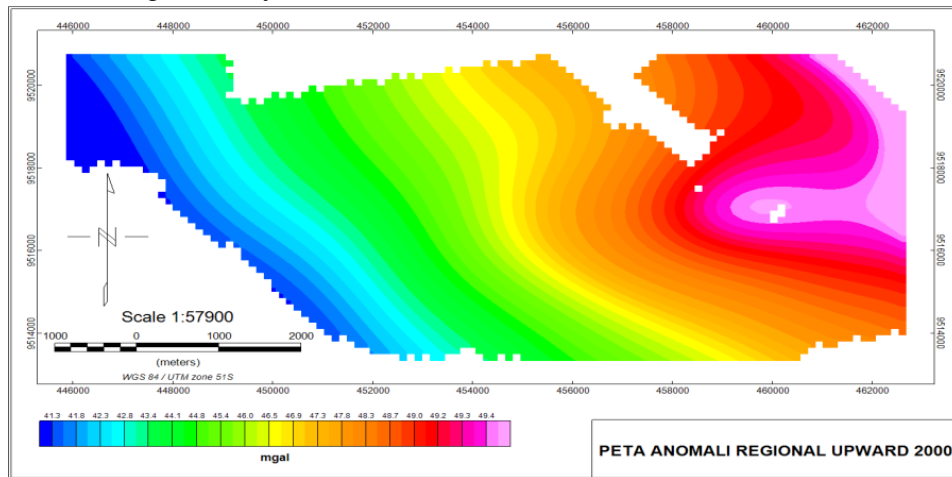
Berdasarkan peta kontur regional (**Gambar 2**) nilai anomali gravitasi regional daerah penelitian berkisar antara 41.3 mgal hingga 49.4 mgal, dan tidak banyak perbedaan dalam peta anomali regional ketinggian 1500, 1700, 2000. Peta ini menunjukkan nilai anomali gravitasi yang tinggi berada pada bagian timur peta menuju

nilai anomali gravitasi yang rendah pada bagian barat.

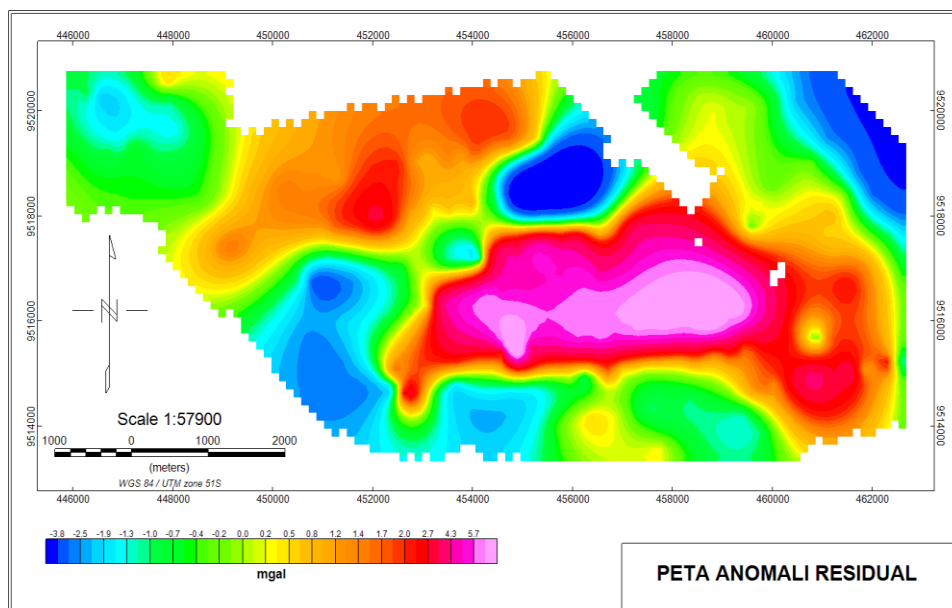
4.2.2. Anomali Residual

Anomali gravitasi residual (**Gambar 3**) ini di hasilkan dengan mengurangkan nilai anomali bouger lengkap dengan nilai anomali regional aziz,2018. Berdasarkan peta anomali regional dan residual, anomali tinggi mendominasi bagian Timur daerah penelitian. Anomali tinggi ini berdampingan dengan anomali rendah dimana anomali tinggi diidentifikasi sebagai adanya struktur

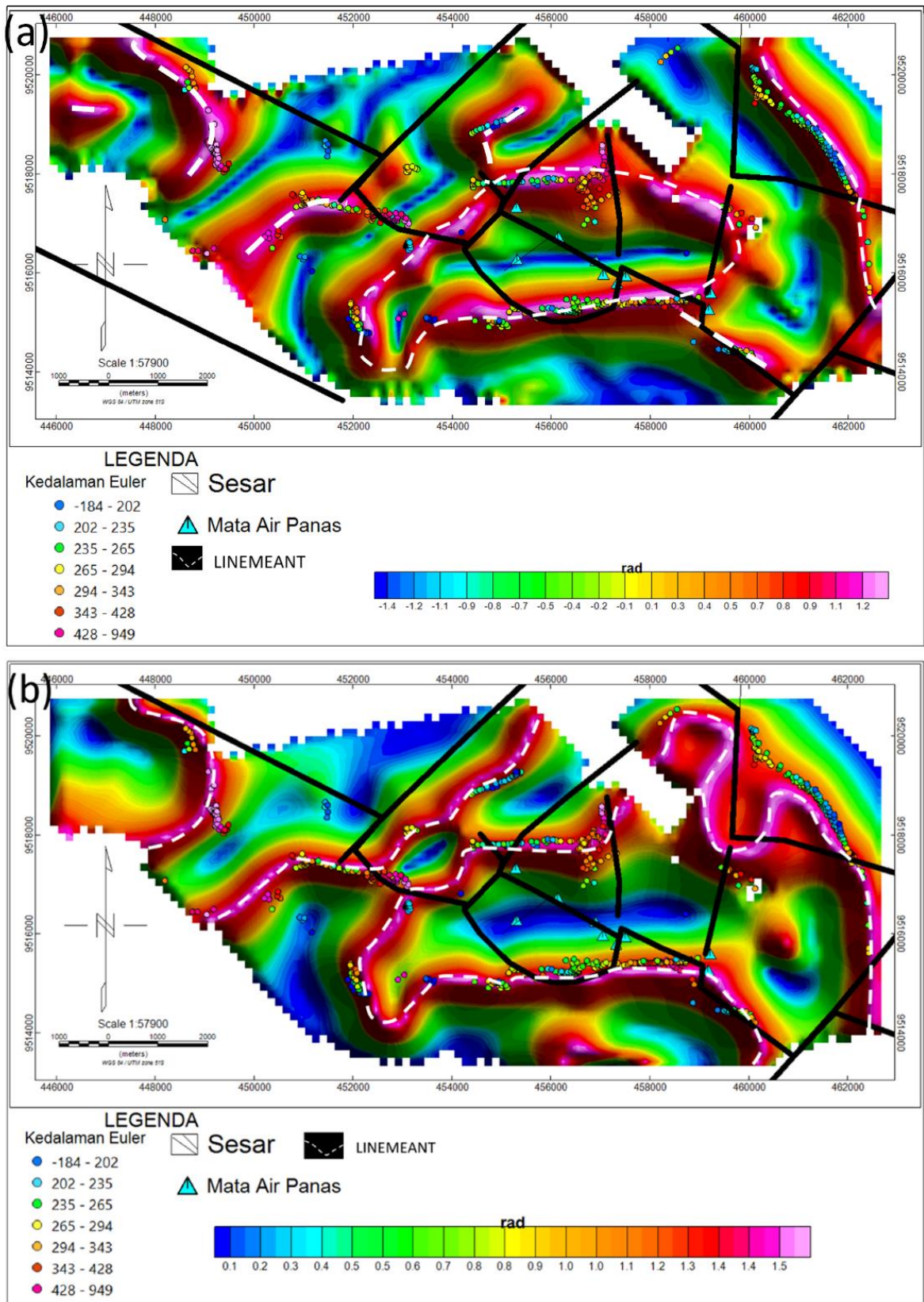
sesar dibawah permukaan dan sumber panas bumi. Nilai anomali terbagi mejadi tiga yaitu anomali tinggi yang di tandai dengan warna merah sampai merah muda dengan nilai 4.3 sampai dengan 5.7, anomali sedang yang di tandai dengan warna hijau ke kuning dengan rentang nilai -1.0 sampai dengan 0.5 dan anomali rendah yang di tandai dengan warna biru dengan nilai -3.8 sampai dengan -1.9. Secara geologi pada daerah tersebut merupakan satuan meta-batupasir atau Trmpb.



Gambar 2. Peta anomali regional upward 2000



Gambar 3 Peta anomali residual



Gambar 4 Peta filter overlay dekonvolusi euler, sesar geologi dan titik air panas. a) filter Tilt Angle of Horizontal Gradient (TAHG), b) filter *Tilt Derivative of X* (TDX)

4.3. DeteksiTepi dan Dekonvolusi Euler

Gambar 4 merupakan hasil analisis yang lebih menyeluruh terhadap data deteksi tepi TAHG dan *Tilt Derivative of X* yang dioverlyakan dengan hasil dekonvolusi euler serta sesar geologi . Kelurusan struktur geologi menunjukkan tepian yang tajam memengaruhi puncak amplitudo minimum berhubungan dengan kelurusan struktur geologi yang terkubur lebih dalam, sedangkan puncak amplitudo maksimum berhubungan dengan kelurusan struktur geologi yang terkubur lebih dalam. Pola amplitudo maksimum yang terkait dengan Solusi kedalaman euler mewakili kelurusan struktur sesar di bawah permukaan. Nigussie dkk. (2023) menyatakan bahwa pola patahan terletak di antara puncak amplitudo gravitasi. Pada **Gambar 4.a**, puncak amplitudo maksimum filter TAHG menekan batas kontak geologi yang berasal lebih dalam, hal ini serupa yang dinyatakan oleh Eldousky dkk. (2022); Prasad dkk. (2022); Pham dkk. (2021). **Gambar 4.a** menunjukkan adanya pendugaan sesar di bawah permukaan pada Timur dan Selatan di daerah penelitian. Filter TAHG (**Gambar 4.a**) menunjukkan pola tepi panas bumi yang berada pada Tengah daerah penelitian yang di tandai dengan Linemeant. Kombinasi Solusi Euler dan filter deteksi tepi TAHG (**Gambar 4.a**) memberikan gambaran eksplisit sesar terkubur berdasarkan tren dan lokasi. Solusi Euler ini memberikan informasi dan dukungan mengenai dugaan kedalaman sesar di daerah Lainea dimana sesar di Timur daerah penelitian lebih dangkal dibandingkan dengan sesar di Selatan daerah penelitian. Segmentasi sesar dengan kecenderungan dan

kedalaman yang bervariasi menggambarkan kompleksitas aktivitas tektonik di sekitar wilayah penelitian. Pada filter TDX (**Gambar 4.b**) menunjukkan batas-batas anomali pada daerah penelitian dan juga dapat menggambarkan sesar geologi di atas permukaan yang terletak pada Timur Laut ke Barat Daya.

5. KESIMPULAN

1. Penerapan beberapa Teknik deteksi tepi pada data anomali gravitasi residual menunjukkan keunggulan teknik TAHG dalam mengidentifikasi batas tepi zona sumber panas bumi dan kelurusan struktur geologi dangkal dan struktur yang terkubur lebih dalam. Zona sesar pada Timur dan Selatan daerah penelitian di klasifikasikan sebagai sesar dangkal berdasarkan metode dekonvolusi euler. Sementara filter TDX memiliki keunggulan untuk menggambarkan batas-batas anomali residual dan juga dapat menunjukkan salah satu sesar geologi.
2. Solusi kedalaman dekonvolusi euler, yang menunjukkan bahwa sesar Timur dan Selatan bertepatan dengan Solusi kedalaman Euler yang dangkal, juga mendukung hal ini. Sedangkan untuk pendekatan TDX menggunakan metode dekonvolusi Euler menunjukkan batas anomali yang dominan dangkal dan beberapa berada dalam di bawah permukaan. Pendekatan TAHG dan TDX menggunakan dekonvolusi Euler memberikan definisi yang jelas mengenai kedalaman sesar dan juga batas- batas

anomali yang berada di bawah permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- Grauch, V. J. S., & Cordell, L. (1987). Limitations of determining density or magnetic boundaries from the horizontal gradient of gravity or pseudogravity data. *Geophysics*, 52(1), 118–121. <https://doi.org/10.1190/1.1442236>
- Kasbani. (2009). Sumber Daya Panas Bumi Indonesia: Status Penyelidikan, Potensi dan Tipe Sistem Panas Bumi. In *Buletin Sumber Daya Geologi* (Vol. 4, Issue 3, pp. 19–26).
- 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>
- PSDG. (2010). *Laporan Akhir Survei geofisika terpadu gaya berat, geomagnet, geolistrik, daerah panas bumi laina kabupaten konawe selatan provinsi sulawesi tenggara*. 6(Desember), 128.
- Safani, J., Ibrahim, K., Deni, W., Rubaiyn, A., Firdaus, F., & Harisma, H. (2023). Interpreting structural configuration of the Sengkang Basin of Indonesia using edge detection and 3-D Euler deconvolution to satellite gravity data. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 32(7), 894–914. <https://doi.org/10.55730/1300-0985.1881>
- Safani, J., Rubaiyn, A., & Lanata, R. R. (2020). *Pengantar Metode Ekplorasi Gravitasi* (Issue 1).