

ESTIMASI KEDALAMAN STRUKTUR SESAR MENGGUNAKAN DEKONVOLUSI EULER BERDASARKAN DATA GAYABERAT STUDI KASUS: CHURCHILL COUNTY NEVADA

Merizki Ade Mahendra¹, Purwaditya Nugraha¹, Selvi Misnia Irawati¹

¹Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sumatera
e-mail : merizkiade85@gmail.com

Abstrak. Churchill County, Nevada merupakan daerah yang aktif secara seismik dan berada pada peringkat ketiga di Amerika Serikat setelah Alaska dan California. Wilayah ini termasuk dalam formasi Basin and Range, yang dikenal memiliki tingkat aktivitas seismik yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi kedalaman sumber anomali bawah permukaan bumi di daerah penelitian menggunakan metode Dekonvolusi Euler berdasarkan data gayaberat. Metode ini diuji dengan data sintetik untuk mengevaluasi akurasi estimasi kedalaman. Hasil analisis Dekonvolusi Euler menunjukkan pola sebaran titik sumber anomali dengan kedalaman yang bervariasi. Terdeteksi adanya dugaan struktur sesar memanjang dengan arah utara-selatan pada kedalaman antara 13,7 hingga 217,6 meter, memisahkan Pegunungan Eetz, Pegunungan Seho, dan Cekungan Salt Wells. Selain itu, dugaan sill juga terdeteksi dengan titik sumber anomali terletak secara horizontal pada kedalaman rata-rata 150-500 meter, serta dike dengan titik sumber anomali lain yang menumpuk pada kedalaman rata-rata 350-750 meter. Terdapat pula dugaan adanya sumber anomali berbentuk sphere dengan estimasi kedalaman sekitar 750 hingga 978 meter. Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang struktur geologi bawah permukaan di wilayah Churchill County, Nevada.

Kata Kunci: anomali gravitasi; Dekonvolusi Euler; estimasi kedalaman; struktur geologi.

Abstract. Churchill County, Nevada is an area that is seismically active and ranks third in the United States after Alaska and California. This region is part of the Basin and Range formation, known for its significant seismic activity. The aim of this research is to estimate the depth of subsurface anomaly sources in the study area using the Euler Deconvolution method based on gravity data. The method is tested with synthetic data to evaluate the accuracy of depth estimation. The results of the Euler Deconvolution analysis reveal a varying distribution pattern of anomaly source points at different depths in the study area. Longitudinal fault structures are detected at depths ranging from 13.7 to 217.6 meters, separating the Eetz Mountains, Seho Mountains, and Salt Wells Basin. Additionally, sill features are identified, where the anomaly source points are horizontally located at an average depth of 150 to 500 meters, and dykes are observed, where other anomaly source points are stacked at an average depth of 350 to 750 meters. Furthermore, there is a suspected spherical anomaly source with an estimated depth ranging from 750 to 978 meters. This research provides a better understanding of the subsurface geological structure in Churchill County, Nevada.

Keywords: gravity anomaly; Euler Deconvolution; depth estimation; geological structure.

PENDAHULUAN

Bencana alam merupakan fenomena yang sering terjadi di berbagai belahan dunia dan dapat menimbulkan kerugian yang besar bagi manusia. Bencana alam adalah fenomena yang melibatkan peristiwa alamiah yang ekstrem, seperti gempa bumi, tsunami, badai tropis, banjir, kebakaran hutan, letusan gunung berapi, dan tanah longsor dan memiliki dampak serius terhadap kehidupan manusia, ekonomi, dan lingkungan (Hermon, 2015). Menurut data dari United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2022), sekitar 91% dari semua bencana yang terjadi antara tahun 2000 hingga 2019

disebabkan oleh bencana alam. Bencana-bencana ini menyebabkan jutaan orang kehilangan tempat tinggal, mengalami kerugian ekonomi yang besar, dan mengakibatkan kerugian jiwa.

Penelitian dilakukan di Danau Carson, sekitar 18 kilometer tenggara Fallon dan di tepi Carson Sink, Churchill County. Sejarah mencatat bahwa Churchill County, Nevada telah menjadi salah satu negara bagian di Amerika Serikat yang aktif secara seismik, berada pada peringkat ketiga setelah Alaska dan California. Daerah aktif secara seismik merujuk pada wilayah yang sering mengalami aktivitas gempa bumi dan memiliki potensi bencana yang tinggi. Letak

Churchill County, Nevada berada di Wilayah Barat Daya Amerika Serikat dan termasuk dalam formasi Basin and Range, yang merupakan wilayah dengan tingkat aktivitas seismik yang signifikan (Kent dkk., 2010).

Penelitian ini terletak pada Carson sink yang merupakan bagian dari formasi *Basin and Range* yang melintang di Amerika Serikat. Formasi *Basin and Range* terbentuk oleh adanya tegangan yang terus menerus di bawah permukaan bumi, yang menyebabkan terjadinya pergerakan tektonik dan pembentukan pegunungan dan lembah (*ekstension tektonisme*) (Hammond & Thatcher, 2004).

Wilayah *Basin and Range* terbentang sekitar 800 kilometer dari utara ke selatan dan 600 kilometer dari barat ke timur, dan mencakup sebagian dari wilayah Nevada, bagian barat Utah, dan sebagian wilayah Oregon. Carson Sink sendiri merupakan cekungan sedimen berumur Tersier yang terletak di wilayah *Basin and Range*. Wilayah ini aktif secara tektonik dan vulkanik, dan terdapat banyak sesar dan gunung berapi di wilayah tersebut. Proses tektonik di wilayah ini terkait dengan pembentukan endapan Danau Lahontan dan struktur intrusi di wilayah tersebut, yang terbentuk dari aktivitas vulkanik dan sedimentasi di wilayah tersebut. Selain itu, pergerakan lempeng tektonik Pasifik dan Amerika Utara yang saling bergerak secara horizontal di sebelah barat laut wilayah *Basin and Range* juga mempengaruhi proses tektonik di wilayah tersebut.

Penelitian yang dilakukan oleh Desormier, (1997) menjelaskan bahwa struktur yang dominan di daerah Carson Sink adalah sesar normal berarah utara-selatan hingga timur laut-barat daya. Terdapat beberapa tebing curam Kuartar berarah utara-timur laut yang terdapat di Lembah Wyemaha, yang memisahkan Pegunungan Eetz, Seho, Salt Wells, dan Pegunungan Pelangi. Lembah Wyemaha dan empat gunung membentuk Pegunungan Lahontan.

Wilayah ini menunjukkan kerumitan geologi yang bisa berpotensi mempengaruhi bencana geologi. Pentingnya estimasi kedalaman sumber anomali dalam konteks mitigasi bencana juga sangat signifikan. Mengetahui letak potensial sumber anomali gravitasi, seperti sesar dapat membantu

dalam mengidentifikasi wilayah-wilayah yang lebih rentan terhadap aktivitas seismik. Kedalaman struktur sesar menjadi faktor penting dalam memahami potensi aktivitas seismik di daerah tersebut. Hal ini karena gempa bumi yang lebih dangkal cenderung lebih merusak daripada yang lebih dalam. Gempa bumi yang dangkal memiliki efek yang lebih besar pada permukaan, karena energi gempa kurang "terdispersi" saat merambat ke atas. Sebaliknya, gempa bumi yang lebih dalam cenderung memiliki dampak yang lebih rendah di permukaan. Dengan pemahaman ini, mitigasi risiko bencana dapat ditingkatkan untuk melindungi masyarakat dan infrastruktur dari bahaya geologi potensial. Penelitian ini bukan hanya meningkatkan pemahaman tentang struktur geologi bawah permukaan, tetapi juga berpotensi memiliki dampak yang signifikan dalam mitigasi risiko bencana.

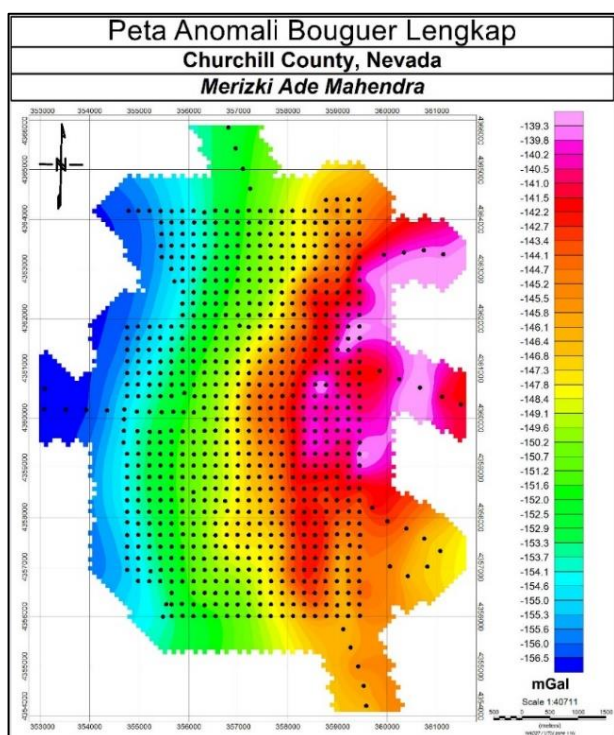
Salah satu metode yang dapat digunakan dalam menentukan estimasi kedalaman struktur sesar adalah dengan menggunakan Dekonvolusi Euler. Metode ini menggunakan informasi dari anomali gravitasi horizontal dan vertikal untuk memperkirakan kedalaman dan lokasi anomali. Metode ini dapat memberikan estimasi kedalaman anomali yang baik pada arah vertikal, namun estimasi pada arah lateral terbatas. Dengan menggunakan metode ini, kita dapat menentukan kedalaman dan lokasi anomali dengan lebih akurat (Kurniawan, 2018).

Sebelum diterapkan pada data lapangan, metode Dekonvolusi Euler diuji terlebih dahulu menggunakan data sintetik yang berasal dari respon model bawah permukaan dengan parameter yang diketahui. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi akurasi estimasi kedalaman yang dihasilkan dengan metode Dekonvolusi Euler (Handyarso dan Mauluda, 2018). Penelitian ini diharapkan dapat mengestimasi kedalaman struktur sesar menggunakan Dekonvolusi Euler berdasarkan data gayaberat di Churchill County, Nevada, USA sehingga temuan dari penelitian ini akan memberikan wawasan baru yang berharga bagi masyarakat dan ilmu pengetahuan geologi yang lebih luas serta

meningkatkan keberlanjutan dan keselamatan wilayah tersebut.

METODOLOGI

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data gayaberat sekunder yang diperoleh dari situs resmi OpenEI (<https://openei.org>) dalam bentuk nilai anomali Bouguer lengkap dengan jumlah stasiun 776 dimana stasiun utama 745 titik dengan spasi 230m dan 31 stasiun dengan spasi 400m di luar area survei utama yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta anomali bouguer lengkap

Metode gayaberat merupakan metode geofisika yang digunakan untuk memperoleh informasi tentang variasi percepatan gravitasi yang disebabkan oleh perbedaan densitas batuan yang terletak di bawah permukaan bumi. Metode ini didasarkan pada prinsip bahwa setiap benda memiliki gaya gravitasi yang tergantung pada massa dan jaraknya dari benda lain. Dalam metode gayaberat, pengukuran dilakukan dengan menggunakan gravimeter untuk mengukur perbedaan gaya gravitasi di berbagai titik di permukaan bumi. Data yang diperoleh kemudian diolah untuk menghasilkan

peta anomali gayaberat, yang menunjukkan variasi densitas batuan di bawah permukaan bumi.

Menurut (Kearey dkk., 2002) dalam survei gravitasi, geologi bawah permukaan bumi diselidiki berdasarkan variasi medan gravitasi yang disebabkan oleh perbedaan kepadatan batuan di bawah permukaan. Konsep dasar metode ini adalah gagasan tentang *causative object*. *Causative object* atau objek penyebab merujuk pada benda atau formasi batuan di bawah permukaan bumi yang memiliki kepadatan yang berbeda dengan lingkungannya. Kepadatan berbeda ini menghasilkan variasi dalam medan gravitasi di atas permukaan bumi. Jika ada suatu daerah di bawah permukaan bumi dengan kepadatan yang lebih tinggi dari sekitarnya, maka medan gravitasi di atas daerah tersebut akan sedikit lebih kuat daripada area sekitarnya. Berbagai kondisi geologi menyebabkan massa anomali yang berdampak signifikan pada gravitasi. Dalam skala yang lebih kecil, relief yang terkubur di permukaan batuan dasar, seperti lembah yang terkubur, dapat mempengaruhi medan gravitasi yang terukur.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1)$$

$$g = \frac{GM}{r^2} \quad (2)$$

Keterangan:

F : gaya antara dua buah benda pada m_1 dan m_2 (N).

G : konstanta gravitasi ($6,672 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}^2$).

m_1 : massa benda (kg).

m_2 : massa benda (kg).

r_1 : vektor satuan berarah ke m_1 dan m_2 .

g : percepatan gravitasi (m/s^2).

Dari rumusan di atas dapat dilihat bahwa percepatan gravitasi berkaitan langsung dengan densitas benda (Maulana & Prasetyo, 2019). Dapat diamati bahwa besar nilai gravitasi berbanding lurus dengan massa dari benda yang menyebabkannya. Sementara itu, massa benda berbanding lurus dengan rapat massa (ρ) dan volume benda. Akibatnya, nilai gravitasi yang terukur akan mencerminkan kedua besaran ini.

Bumi bukanlah bulat sempurna, melainkan berbentuk mendekati elipsoid, dengan permukaan bergelombang, sehingga nilai percepatan gravitasi tidak konstan. Instrumen gravimetri tidak memberikan nilai gravitasi langsung karena terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi pengukuran gayaberat yaitu: perubahan lintang, elevasi, topografi, pasang surut, dan kerapatan massa batuan pada bawah permukaan. Koreksi data gayaberat diperlukan untuk mereduksi data sehingga menghasilkan data anomali Bouguer lengkap. Adapun koreksi yang digunakan adalah Koreksi Pasang Surut (*Tide Correction*), koreksi apungan, koreksi lintang, koreksi udara bebas, koreksi Bouguer dan koreksi medan.

Nilai Anomali Bouguer Lengkap atau Complete Bouguer Anomaly (CBA) diperoleh ketika telah melakukan koreksi pada data gayaberat, dimana dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

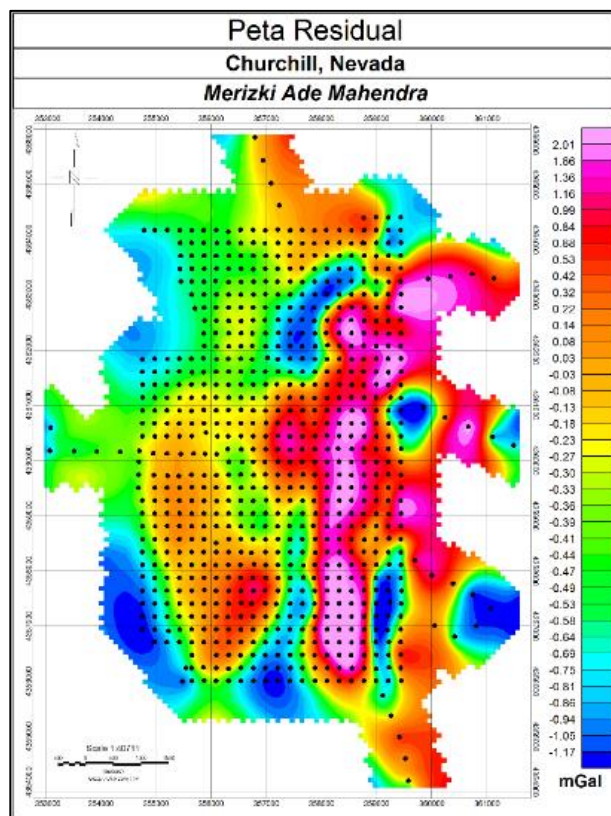
$$CBA = g_{obs} - g_{\varphi} + FAC - BC + TC. \quad (3)$$

Dimana:

- CBA : anomali Bouguer lengkap (mGal).
- g_{obs} : nilai bacaan pengukuran (mGal).
- g_{φ} : koreksi lintang (mGal).
- BC : koreksi Bouguer (mGal).
- TC : koreksi medan (mGal).

Peta CBA (Gambar 1) kemudian di-*slice* sebanyak 8 lintasan. Lintasan dibuat sesuai dengan titik pengukuran dengan harapan hasil yang diperoleh nanti menggambarkan estimasi kedalaman dari setiap lintasan. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari lintasan 1 hingga lintasan 8 diperoleh kedalaman regional, kedalaman residual, perpotongan *gradient (cut-off)*, dan nilai lebar jendela. Nilai rata-rata dari lebar jendela yang diperoleh digunakan pada pemisahan anomali regional dan residual menggunakan *filter moving average*.

Data anomali bouguer lengkap atau *Complete Bouguer Anomaly* merupakan gabungan dari nilai anomali regional dan residual. Anomali regional menggambarkan variasi gayaberat yang terkait dengan perubahan besar skala yang luas, sedangkan anomali residual mewakili struktur dangkal. Peta anomali residual ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta anomali residual

Dekonvolusi Euler didasarkan pada prinsip bahwa anomali gaya berat yang dihasilkan oleh suatu objek dapat dianggap sebagai titik sumber yang terletak pada kedalaman tertentu di bawah permukaan bumi. Struktur Indeks (SI) adalah pendekatan bentuk geometri bawah permukaan yang digunakan. SI yang digunakan disamakan dengan target kedalaman yang akan dicari. Dekonvolusi Euler menghasilkan banyak solusi, sehingga pengetahuan geologi sangatlah penting untuk menerima hasil yang terbaik. Korelasi antara kedalaman dan struktur indeks adalah semakin besar nilai struktur indeksnya maka kedalaman ke sumber meningkat (Reid dkk., 1990). Nilai struktur indeks pada data gayaberat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai struktur indeks pada data gayaberat (Hinze dkk., 2013; Reid dkk., 2003)

Tipe Sumber	Struktur Indeks Gayaberat (SI)
<i>Fault (small step)</i>	0
<i>Horizontal Cylinder and Vertical Pipe</i>	1
<i>Sphere</i>	2

Reid dkk., (2003) menjelaskan bahwa persamaan Euler dapat dituliskan sebagai berikut:

$$(x - x_0) \frac{\partial \Delta g}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial \Delta g}{\partial y} + (z - z_0) \frac{\partial \Delta g}{\partial z} = -N \Delta g(x, y). \quad (4)$$

$\frac{\partial \Delta g}{\partial x}$, $\frac{\partial \Delta g}{\partial y}$, $\frac{\partial \Delta g}{\partial z}$: Turunan derivative pada arah x,y, dan z;

N : Struktur indeks;

Δg : Nilai gravity;

x_0, y_0, z_0 : Pusat massa sumber anomali.

Pada penelitian ini digunakan struktur indeks 0 pada model sintetik untuk menguji sesar. Proses pembuatan data sintetik menggunakan *Grav Mag Suite*. *Grav Mag Suite* adalah *package* berbasis MATLAB *open source* untuk memproses data geofisika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dilakukan pengujian terhadap data sintetis guna menguji kemampuan dari metode Dekonvolusi Euler. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur seberapa efektif filter dalam memproses data sintetis. Pengujian ini dapat menguji berbagai aspek kemampuan dari filter, seperti ketepatan dalam mengidentifikasi dan memisahkan berbagai fitur geologi

Data Sintetik

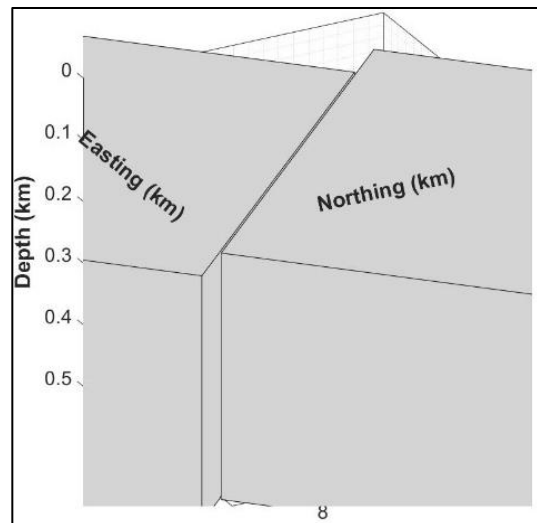
Model sintetik diasumsikan sebagai 2 bodi anomali yang dijelaskan pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Parameter model sintetik.

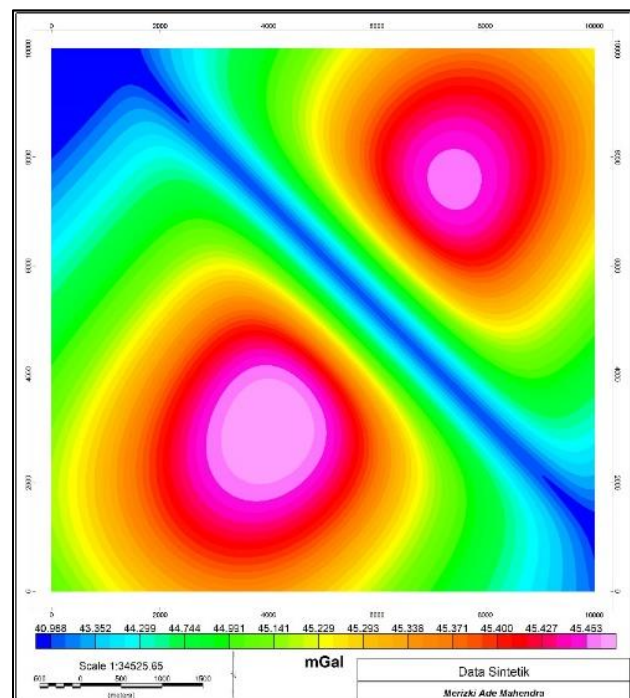
Bodi	Parameter Model			Strike
	Panjang (m)	Lebar (m)	Ketebalan (m)	
Bodi 1	12050	15000	400	45
Bodi 2	11300	15000	400	45

Model sintetik diasumsikan sebagai sesar mendatar pada luas area sebesar 10000 meter x 10000 meter dengan kontras densitas sebesar 2.8 gr/cm³ pada kedalaman 100 meter dari permukaan.

View model sintetik pertama dapat dilihat pada gambar 3. Respon anomali gayaberat terhadap data sintetik ketiga ditunjukkan pada gambar 4.



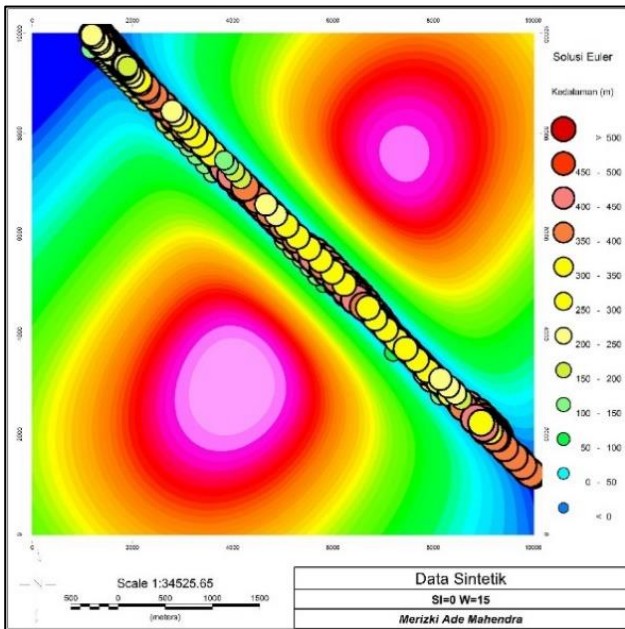
Gambar 3. View Model sintetik.



Gambar 4. Respon anomali gayaberat terhadap data sintetik.

Hasil pengolahan data sintetik menggunakan *filter* Dekonvolusi Euler pada struktur indeks 0 menunjukkan adanya keberadaan struktur sesar yang dapat diamati dan ditunjukkan melalui keterdapatannya solusi Euler sehingga dapat dikatakan bahwa struktur indeks yang tepat dalam

mengidentifikasi sesar adalah struktur indeks 0. Pola persebaran titik solusi Euler pada data sintetik dengan struktur indeks 0 berada pada daerah dengan anomali rendah, serta berada pada kedalaman antara 100 meter hingga 500 meter yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Klasifikasi plot solusi Euler pada data sintetik pertama dengan SI=0 N=15.

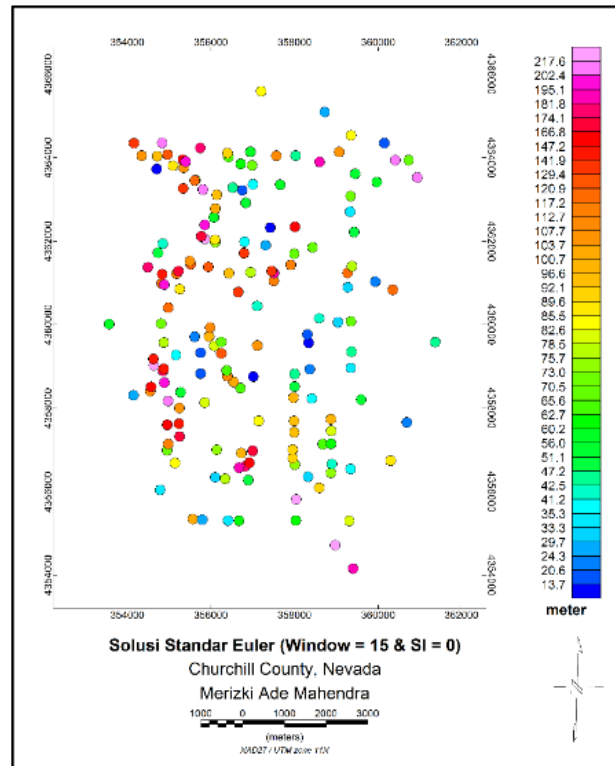
Data Lapangan

Pada penelitian ini digunakan parameter lebar jendela senilai 15. Nilai parameter struktur indeks tergantung pada tipe sumber anomali yang dicari dimana semakin kecil nilainya maka posisi dan kedalamannya akan semakin dangkal. Terdapat tiga struktur indeks pada pengolahan data gayaberat yaitu 0, 1, dan 2.

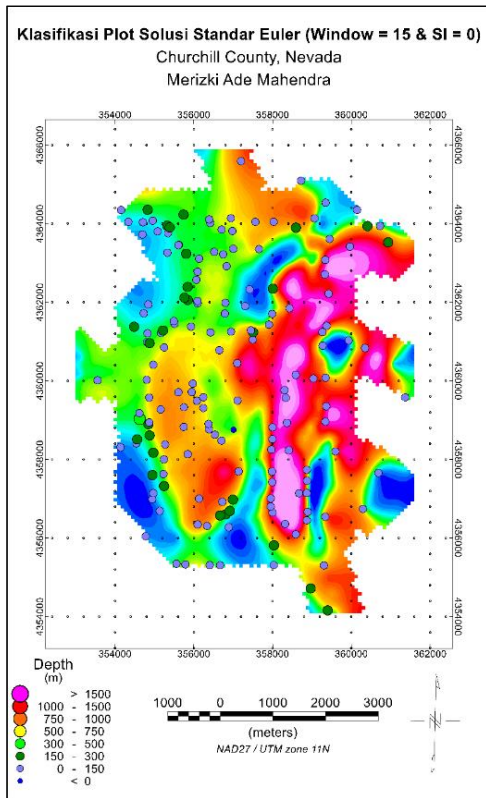
Nilai struktur indeks 0 mendeteksi keberadaan penyebab utama anomali gayaberat yaitu sesar. Sebaran titik sumber anomali yang terdapat pada Gambar 6 menunjukan pola sebaran dan kedalaman yang beragam dimana titik solusi Euler berada pada daerah kontras anomali dengan estimasi kedalaman berkisar antara 13,7 meter hingga 217,6 meter.

Pada gambar 7 dapat terlihat hasil *overlay* peta residual dan klasifikasi plot solusi Euler dimana kedalaman berkisar antara 13,7 meter hingga 217,6 meter dengan titik solusi Euler berwarna biru muda dan hijau tua. Pada Gambar 8 pola sebaran titik solusi Euler berada pada daerah kontras anomali dimana

diindikasikan dengan adanya struktur sesar memanjang dengan arah utara-selatan yang memisahkan Pegunungan Eetz, Pegunungan Seho, dan Cekungan Salt Wells. Berdasarkan informasi geologi diketahui bahwa lapisan batuan yang terdapat pada kedalaman ini adalah formasi *Quaternary Sediment* yang berisi *playa sediment, alluvium fan deposit*.



Gambar 6. Peta solusi standar Euler window=15 dan SI=0.



Gambar 7. Overlay peta residual dan klasifikasi plot solusi Euler

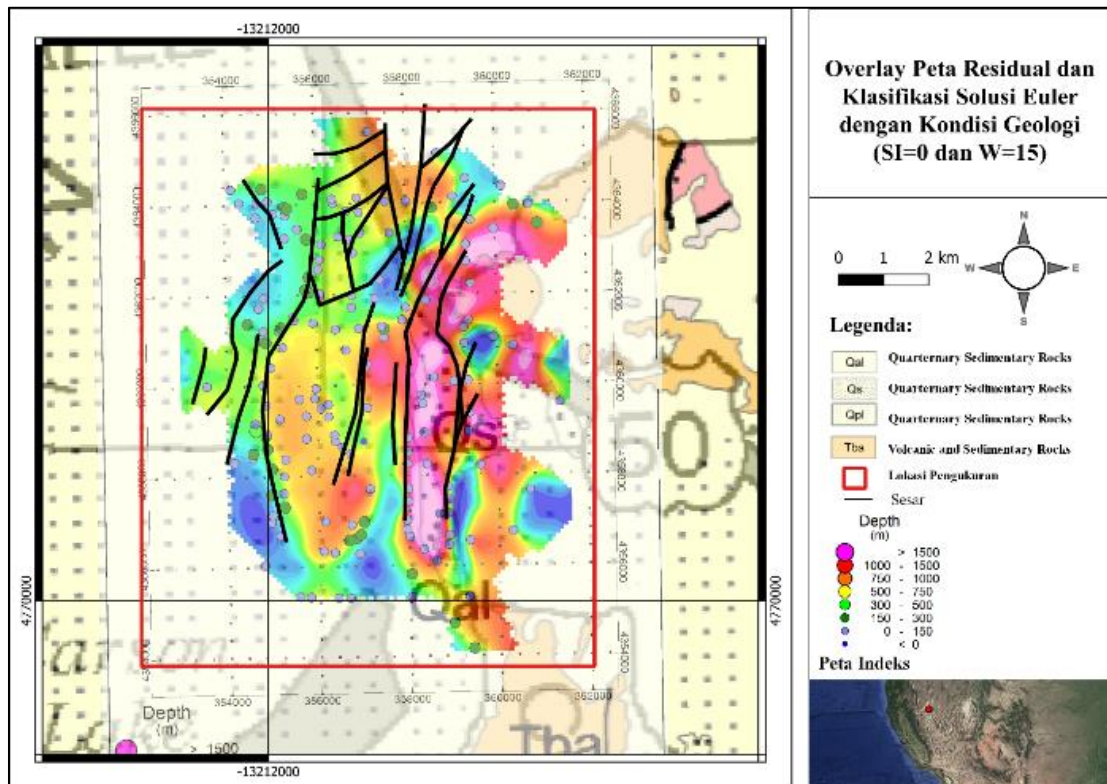
PENUTUP

Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis Dekonvolusi Euler, dapat disimpulkan bahwa struktur indeks 0 menunjukkan pola sebaran titik sumber anomali dengan rentang kedalaman berkisar antara 13,7 meter hingga 217,6 meter. Rata-rata kedalaman anomali terletak pada daerah kontras yang ditunjukkan oleh kontur warna kuning pada peta. Hasil analisis ini mengindikasikan adanya struktur sesar yang memanjang dengan arah utara-selatan, yang memiliki peran dalam memisahkan wilayah Pegunungan Eetz, Pegunungan Seho, dan Cekungan Salt Wells.

Pada hasil analisis ini, struktur sesar yang diidentifikasi berperan sebagai batas antara Pegunungan Eetz, Pegunungan Seho, dan Cekungan Salt Wells. Hal ini mengindikasikan kompleksitas geologi di wilayah tersebut, dengan adanya interaksi antara tiga entitas geologis utama yang terbentuk oleh pergerakan dan deformasi bumi.

Ucapan Terima Kasih



Gambar 8. Overlay peta residual dan klasifikasi solusi Euler dengan kondisi geologi.

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Ormat Nevada Inc atas penyediaan data gravitasi di Churchill County, Nevada. Juga, kami mengucapkan terima kasih kepada USGS dan Biro Pertambangan dan Geologi Nevada atas peta geologi wilayah Fallon, Nevada. Data dan peta ini telah menjadi dukungan yang berharga dalam proses penelitian ini.

Reid, A. B., Fitzgerald, D. J., Reid, A., Geophysics, R., Fitzgerald, D., & Mcinerny, P. (2003). *Euler deconvolution of gravity data*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3210.0489>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2022). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022*.

DAFTAR PUSTAKA

Desormier, W. L. (1997). *A Case Study of The Geothermal Project at Carson Lake, Nevada*.

Hammond, W. C., & Thatcher, W. (2004). Contemporary tectonic deformation of the Basin and Range province, western United States: 10 years of observation with the Global Positioning System. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(B8). <https://doi.org/10.1029/2003jb002746>

Handyarso, A., & Mauluda, A. D. (2018). Penerapan Metode Dekonvolusi Euler untuk Estimasi Kedalaman Sumber Anomali. *GEOMATIKA*, 24(1), 21. <https://doi.org/10.24895/jig.2018.24-1.726>

Hermon, D. (2015). *Geografi Bencana Alam: Vol. Cetakan 1*.

Hinze, W. J., Von Frese, R., & Saad, A. H. (2013). *Gravity and magnetic exploration : principles, practices, and applications*.

Kearey, P., Brooks, M., & Hill, I. (2002). *An Introduction to Geophysical Exploration THIRD EDITION*.

Kent, G., Smith, K., & Biasi, G. (2010). *Final Report: Nevada Seismic Network USGS Cooperative Agreement for Seismic Network Operations*. <http://www.seismo.unr.edu>

Kurniawan, A. (2018). Metode Dekonvolusi untuk Identifikasi Parameter Sumber Anomali Gravitasi Studi Kasus Semenanjung Utara Jawa Tengah. *Universitas Gajah Mada*.

Maulana, A. D., & Prasetyo, D. A. (2019). Analisa Matematis Pada Koreksi Bouguer Dan Koreksi Medan Data Gravitasi Satelit Topex Dan Penerapan Dalam Geohazard Studi Kasus Sesar Palu Koro, Sulawesi Tengah. *Jurnal Geosaintek*, 5(3), 91. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v5i3.6100>

Reid, A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millett, A. J., & Somerton, I. W. (1990). Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution. Dalam *GEOPHYSICS* (Vol. 55, Nomor 1). <http://library.seg.org/>