
Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Inversi Gravitasi Dan *Euler Deconvolution* Di Kecamatan Imogiri, Yogyakarta

Fauzi Daffa Hanatha^{1*} dan Hanafiah Hamid¹

¹ Teknik Geofisika, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Condongcatur,
Yogyakarta, Indonesia

* Corresponding author. E-mail: daffahanatha@gmail.com (Fauzi Daffa Hanatha),

ABSTRAK

Daerah penelitian terletak di kecamatan Imogiri yang merupakan zona dari pegunungan selatan dan merupakan daerah yang dilewati oleh Sesar Opak di daerah Yogyakarta. kecamatan Imogiri tersusun oleh endapan merapi muda, formasi semilir dan formasi ngelanggeran yang mempunyai geomorfologi berupa pegunungan struktural. Geomorfologi struktural menandakan terdapat banyaknya struktur yang berkembang pada daerah penelitian, untuk menentukan keterdapatan dan arah orientasi suatu struktur dilakukan penelitian metode gravitasi dengan menggunakan metode inversi dan *euler deconvolution*. Metode *euler deconvolution* merupakan perkembangan dari analisa *derivative*, dengan menggunakan metode *euler deconvolution* akan memprediksi kedalaman dan letak dari struktur. Hasil interpretasi, anomali yang didapatkan pada peta *complete anomaly bouger* dan *tilt derivative* didapatkan interpretasi orientasi struktur dan formasi, yaitu; terdapat 2 struktur utama dengan arah barat-timur dan baratlaut-tenggara yang bercabang, terdapat 3 formasi dengan daerah barat penelitian berupa endapan Merapi muda, daerah utara merupakan formasi semilir dan daerah selatan merupakan formasi ngelanggeran. Hasil inversi dan *euler deconvolution* parameter digunakan berupa *Index Structural* bernilai 1.0 digunakan untuk mendeteksi struktur patahan berbentuk pipa memanjang dibawah permukaan, hasil yang didapatkan terdapat satu sesar yang menerus hingga ke basement yang dapat diinterpretasi merupakan Sesar Opak dan beberapa sesar minor

yang dapat diinterpretasikan merupakan struktur akibat hasil pergerakan dari Sesar Opak.

Kata Kunci : Euler Deconvolution; Inversi; dan Struktur.

ABSTRACT

The research area is located in Imogiri sub-district which is a zone of the southern mountains and is an area passed by the Opak Fault in the Yogyakarta area. Imogiri sub-district is composed of young merapi deposits, semilir formation and ngelanggeran formation which has geomorphology in the form of structural mountains. Structural geomorphology indicates that there are many structures that develop in the research area, to determine the presence and orientation direction of a structure, gravity method research is carried out using inversion and euler deconvolution methods. The euler deconvolution method is a development of derivative analysis, using the euler deconvolution method will predict the depth and location of the structure. The results of interpretation, anomalies obtained on the complete anomaly bouger and tilt dervivative maps obtained the interpretation of the orientation of structures and formations, namely; there are 2 main structures with west-east and northwest-southeast directions that branch, there are 3 formations with the western area of the study in the form of young Merapi deposits, the northern area is the semilir formation and the southern area is Ngelanggeran formation. The results of inversion and euler deconvolution parameters used in the form of Structural Index worth 1.0 are used to detect longitudinal pipe-shaped fault structures below the surface, the results obtained are one continuous fault to the basement which can be interpreted as the Opak Fault and several minor faults which can be interpreted as structures resulting from the movement of the Opak main Fault.

Keywords : Euler Deconvolution; Inversion; and Structure

1. Pendahuluan

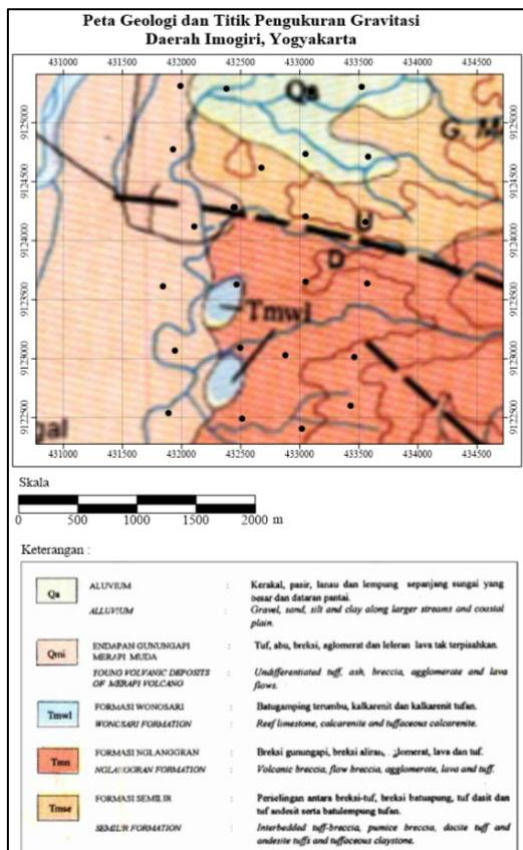
Kecamatan Imogiri memiliki geomorfologi berupa morfologi perbukitan struktural yang ditandai dengan adanya bukit-bukit akibat proses struktural dan vulkanik yang menyebabkan daerah Imogiri memiliki indikasi adanya struktur bawah permukaan. Sesar merupakan salah satu struktur geologi yang memiliki pengaruh besar di permukaan. Sesar memiliki ciri umum yaitu memiliki zona hancuran atau retakan yang lemah yang dapat membatasi perbedaan nilai densitas antara dua jenis batuan [1]. Gempa bumi yang terjadi pada tahun 2006 di Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan gempa bumi tektonik yang diakibatkan oleh sesar geser Opak yang masih aktif di Kali Opak, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul. [2].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengkaji keberadaan struktur dengan pendekatan ilmu geofisika, yaitu dengan menerapkan metode gayaberat untuk mengestimasi posisi struktur. Keberadaan sesar dapat diindikasikan dengan adanya kontinuitas yang kontras dari nilai anomali percepatan gravitasi [3]. Penentuan struktur didasarkan pada penggunaan inversi gravitasi dan analisis dekonvolusi euler untuk menunjukkan sebaran struktur di

daerah penelitian. Inversi gravitasi dilakukan dengan memodelkan bawah permukaan berdasarkan pembagian mesh yang akan ditentukan nilai densitasnya masing-masing yang akan digabungkan dengan analisis dekonvolusi euler [4]. *Euler deconvolution* merupakan metode untuk menentukan posisi dan kedalaman sumber anomali gayaberat, penggunaan euler digunakan hanya pada interpretasi awal [5]. Berdasarkan hasil inversi gayaberat dan dekonvolusi euler, diharapkan dapat diperoleh gambaran bawah permukaan bumi dan sebaran struktur bawah permukaan di daerah Imogiri, Yogyakarta.

2. Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak di Kecamatan Imogiri, Yogyakarta, yang memiliki kontak beberapa formasi geologi, yaitu endapan Merapi muda, Formasi Wonosari, Formasi Nganggran, dan Formasi Semilir. Daerah Imogiri merupakan daerah yang diduga terdapat jalur Sesar Opak yang merupakan sesar utama di Cekungan Yogyakarta yang ditunjukkan oleh peta geologi pada **Gambar 1** menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi tahun 1995.



Gambar 1. Peta Geologi dan Titik Pengukuran Gravitasi Daerah Imogiri, Yogyakarta [6]

Data gravitasi yang digunakan adalah data primer yang diambil pada tahun 2021 pada tanggal 3 - 4 Juli dengan 27 titik pengukuran dan luas area 2 x 3 Km². Nilai gravitasi diukur dengan menggunakan alat LaCoste Romberg dan data Elevasi diukur dengan GPS Geodetik Trimble. Berdasarkan data tersebut diperoleh nilai *Complete Bouger Anomaly* (CBA). Penggunaan analisa *euler deconvolution* didasarkan pada data *Complete Bouger Anomaly* (CBA) menggunakan *software Oasis Montaj* dan didukung oleh penampang slice inversi gravitasi dan

euler deconvolution menggunakan *software ZondGM2D*. Adapun dasar metodologi dalam penelitian ini yaitu:

2.1. Metode Gravitasi

Parameter fisis yang dapat menunjukkan struktur bawah permukaan adalah nilai densitas yang dapat digambarkan dengan nilai gravitasi di suatu tempat. Metode gravitasi merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menggambarkan struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi medan gravitasi akibat adanya perbedaan densitas secara lateral [7]. Diantara sifat fisik batuan yang dapat membedakan antara satu jenis batuan dengan jenis batuan lainnya adalah densitas batuan. Distribusi densitas yang tidak homogen pada batuan penyusun kerak bumi akan memberikan variasi harga medan gravitasi di permukaan bumi. Untuk penggambaran bawah permukaan pada metode gravitasi dapat dilakukan pemodelan inversi.

2.2. Pemodelan Inversi

Pemodelan inversi sering dikatakan sebagai "kebalikan" dari pemodelan maju karena pada pemodelan inversi parameter model diperoleh langsung dari data. Pengamatan dari sistem adalah data

sedangkan informasi yang ingin diperoleh dari data adalah model atau parameter model. Inversi disimbolkan dengan D dan parameter model yang dicari disimbolkan dengan m sehingga data parameter model dapat dituliskan pada persamaan 1 dengan fungsi nilai error dapat dituliskan pada persamaan 2 [5];

$$d = A(m) \quad (1)$$

$$E = \sum_i^N (d_i^{cal} - d_i^{obs})^2 = \sum_i^N (\varepsilon_i)^2 \quad (2)$$

Dimana, A adalah matriks ($N \times M$) yang sering disebut sebagai matriks kernel. Matriks A merupakan fungsi pemodelan ke depan yang tidak mengandung parameter inversi. d^{cal} adalah hasil perhitungan nilai inversi dan d^{obs} adalah data lapangan yang sebenarnya. Penentuan estimasi parameter pada model dituliskan pada persamaan 3 [5];

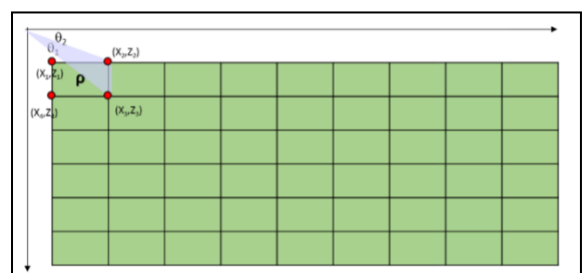
$$m = [A^T A]^{-1} A^T d \quad (3)$$

Matriks $[A^T A]$ adalah matriks Hessian yang digunakan untuk menghitung bobot pada setiap kotak jala dalam inversi [9]. Penggambaran distribusi dalam bentuk 2D, medium dibagi menjadi mesh atau blok dengan ukuran yang seragam seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.

Mesh tersebut dianggap tetap dan setiap parameter model diketahui, dalam hal ini parameter model adalah densitas hasil inversi, penentuan densitas hasil inversi dituliskan dengan persamaan 4 [8];

$$g = 2G\rho \sum_{n=1}^N \left\{ \frac{\pi}{2} (Z_{n+1} - Z_n) + \left(Z_n \arctan \frac{Z_n}{x_n} - Z_{n+1} \arctan \frac{Z_{n+1}}{x_{n+1}} \right) + \frac{\beta_n}{1+\alpha_n} \left[\log \frac{\sqrt{x_{n+1}^2 + Z_{n+1}^2}}{\sqrt{x_n^2 + Z_n^2}} - \alpha_n \left(Z_{n+1} \arctan \frac{Z_{n+1}}{x_{n+1}} - Z_n \arctan \frac{Z_n}{x_n} \right) \right] \right\} \quad (4)$$

Parameter densitas dikonvolusikan dengan ρ untuk memodelkan m pada persamaan 3 yang menghasilkan model inversi. Nilai ρ akan dihitung sesuai dengan ρ sebenarnya berdasarkan data ρ observasi dari peta *Complete Bouger Anomaly* yang digunakan sebagai acuan pembuatan penampang inversi 2D.



Gambar 2. *Initial model* dengan ukuran *mesh* yang seragam [5]

2.1. Euler Deconvolution

Euler deconvolution merupakan metode untuk menentukan posisi dan kedalaman sumber anomali gayaberat, Teknik ini menggunakan turunan *vertical* dan *horizontal* untuk menentuka letak anomali [9]. Perhitngan dari *Euler deconvolution* merupakan perkembangan dari analisa *derivative*. Suatu fungsi tiga dimensi $f(x, y, z)$ homogen derajat n jika fungsi tersebut memenuhi ungkapan seperti di bawah ini:

$$x \frac{\partial f}{\partial x} + y \frac{\partial f}{\partial y} + z \frac{\partial f}{\partial z} = nf \quad (5)$$

Dengan pertimbangan data potensial lapangan maka persamaan (5) dapat ditulis kembali dalam bentuk 3 dimensi [4] dan [9], sebagai berikut:

$$(x - x_0) \frac{\partial f}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial f}{\partial y} + (z - Z_0) \frac{\partial f}{\partial z} = -N(U - G) \quad (6)$$

Objek gravitasi berada di koordinat (x_0, y_0, z_0) relatif terhadap z positif ke bawah. Medan total gravitasi yang terukur pada koordinat (x,y,z) , U adalah medan regional dan N menunjukkan struktur indeks yang berkaitan dengan laju perubahan medan potensial terhadap jarak [10]. Posisi sumber anomali (x_0, y_0, z_0)

diperoleh dengan menyelesaikan persamaan (7) menggunakan inversi. Proses inversi tersebut yang disebut dengan *Euler Deconvolution*. terdapat *Structural index* (SI) dalam persamaan euler yang merupakan rasio perubahan medan gravitasi terhadap jarak, penentuan nilai *Structural index* ditunjukkan pada **Tabel 1**. Berdasarkan tabel tersebut semakin rendah penentuan nilai SI, hasil posisi yang didapatkan akan terlalu rendah, sedangkan hasil SI yang digunakan semakin tinggi akan menggambarkan kondisi geologi yang diinginkan [4].

Tabel 1. Nilai SI Pada Anomali Gravitasi [4].

Bentuk	<i>Structural index</i>
<i>Sill/Dyke/Step</i>	0.0
Pita, Patahan Tipis	0.5
Pipa	1.0
Bola	2.0

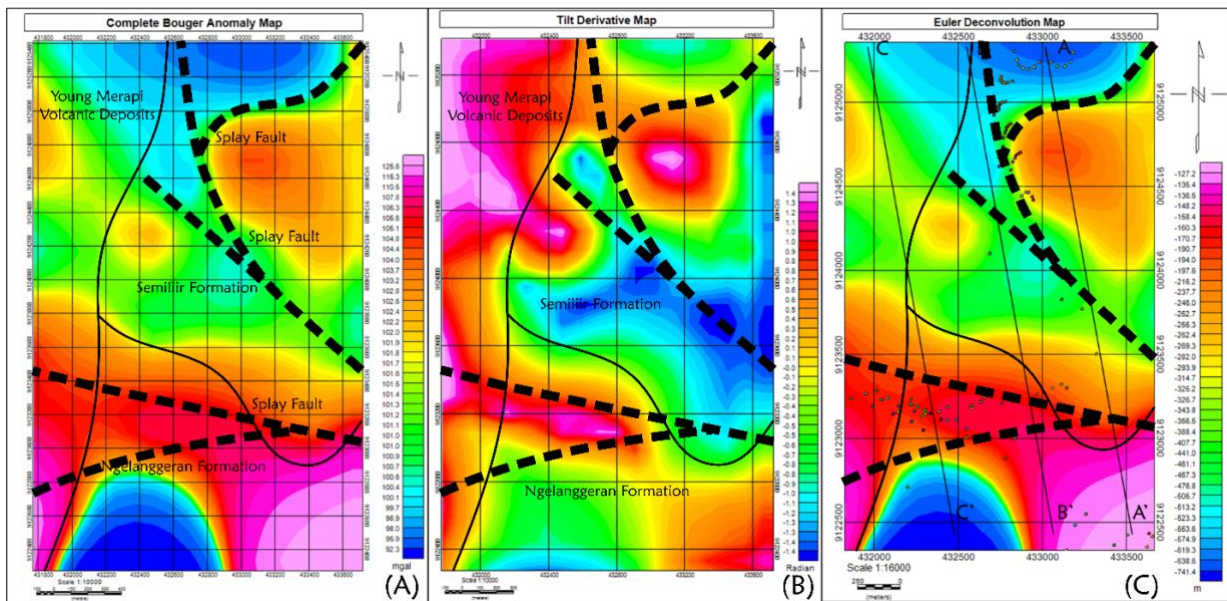
Penggunaan dalam metode *euler deconvolution* ditentukan oleh faktor asumsi awal mengenai model geologi lapangan (*Initial Model*) berdasarkan bentuk *mesh*, anomali gravitasi hasus didominasi oleh 1 penyebab anomali, besaran rentang grid, ukuran *windows*,

kebenaran nilai gradien, dan penentuan *structural index* yang tepat [4].

3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 3 merupakan interpretasi struktur pada daerah penelitian, struktur pada daerah penelitian yang tergambar memiliki 2 struktur utama yang memanjang berarah barat-timur dan baratlaut-tenggara yang bercabang. Berdasarkan gambar 3 (A) yang merupakan peta *Complete Anomaly Bouger* struktur dapat diinterpretasikan berada pada nilai batas perubahan anomali, penentuan interpretasi struktur selanjutnya dilakukan dengan analisa peta *tilt derivative* yang ditunjukkan oleh gambar 3 (B). pada analisa peta *tilt derivative* dapat diinterpretasikan bahwa batas anomali dengan nilai fasa 0 (berwarna kuning) merupakan struktur yang berada pada daerah penelitian. Kemudian berdasarkan analisa peta geologi dan analisa peta CBA dan peta TDR pada daerah penelitian memiliki 3 formasi yaitu endapan merapi muda, formasi semilir, dan formasi ngelanggeran, pada peta CBA dan peta TDR Formasi tersebut dapat terlihat batas anomali. Batas formasi diperlihatkan oleh peta TDR dengan nilai berfasa 0 dan jenis litologi dapat diperlihatkan oleh peta CBA dengan endapan merapi muda memiliki nilai gravitasi didominasi rendah karena

endapan merapi muda di dominasi oleh satuan tuf, abu, breksi dan lainnya, kemudian formasi semilir digambarkan oleh nilai gravitasi tengah hingga tinggi karena didominasi oleh breksi-tuf hingga batubeku lainnya, kemudian formasi ngelanggeran digambarkan dengan nilai gravitasi tinggi karena didominasi oleh breksi gunung api hingga batubeku andesit yang memiliki densitas tinggi.

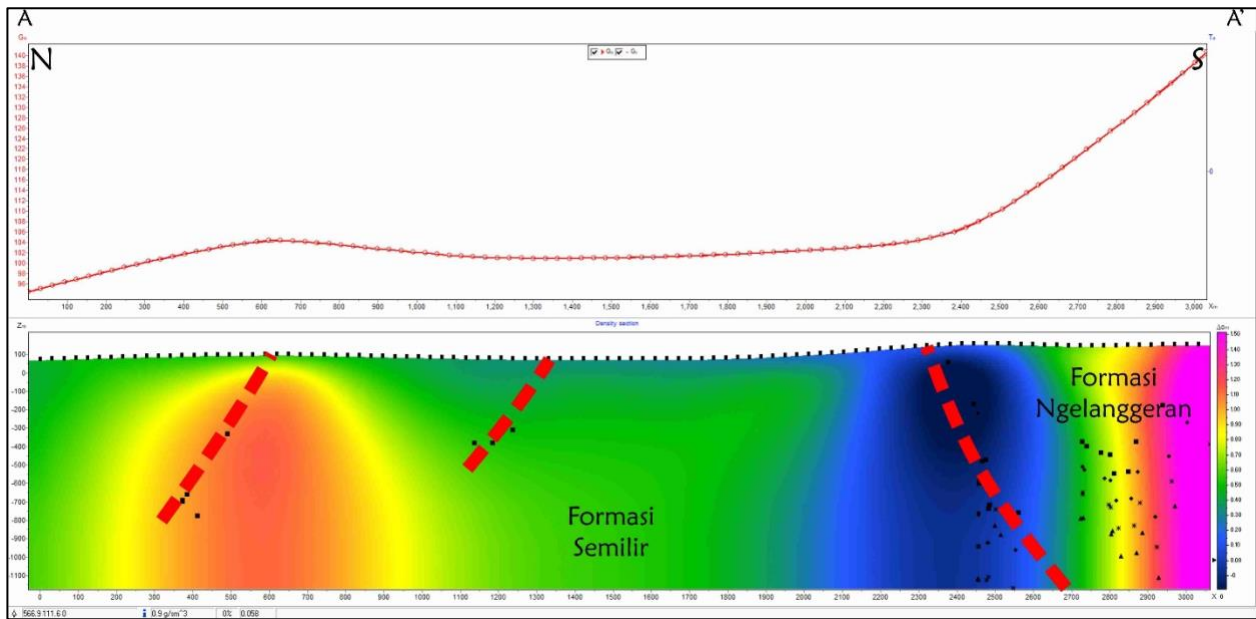


Gambar 3. Interpretasi Struktur Dengan Distribusi Nilai Gravitasi; (A) Peta CBA (*Complete Anomaly Bouger*), (B) Peta TDR (*Tilt Derivative*), dan (C) Peta *Euler Deconvolution* SI 1.0

Penentuan struktur selanjutnya diperjelas oleh analisa *euler deconvolution* yang ditunjukkan oleh peta *euler deconvolution* dengan *structural index* 1.0 pada gambar 3 (C). Penentuan *structural index* 1.0 didasarkan pada tabel 1 sesuai dengan kasus pada anomali gravitasi dengan bentuk anomali pipa memanjang. Berdasarkan hasil *euler deconvolution* didapatkan lokasi dengan 2 arah sumber anomali struktur yaitu, terdapat pada selatan peta dengan orientasi memanjang dengan arah barat-timur yang merupakan sesar mayor dari Sesar Opak yang sesuai dengan peta geologi dan terdapat pada bagian utara peta yang memanjang barat-laut-tenggara yang merupakan sesar minor yang merupakan produk dari Sesar Opak. Penentuan struktur lebih jelas pada hasil

analisa inversi gravitasi dan *euler deconvolution* pada penampang A-A', B-B', dan C-C'.

Gambar 4 merupakan hasil dari inversi dan *euler deconvolution* pada pengampang A – A'. Inversi gravitasi dilakukan dengan menggunakan *mesh* dengan kedalaman -1245.3 m. Hasil dari inversi didapatkan zona dari Formasi Ngelanggeran berada pada area selatan yang memiliki anomali gravitasi tinggi yang merupakan indikasi keberadaan batuan beku dan zona dari Formasi Semilir berada pada arah utara berada pada area utara yang memiliki anomali gravitasi rendah disebabkan akibat batuan penyusun berupa batuan piroklastik.

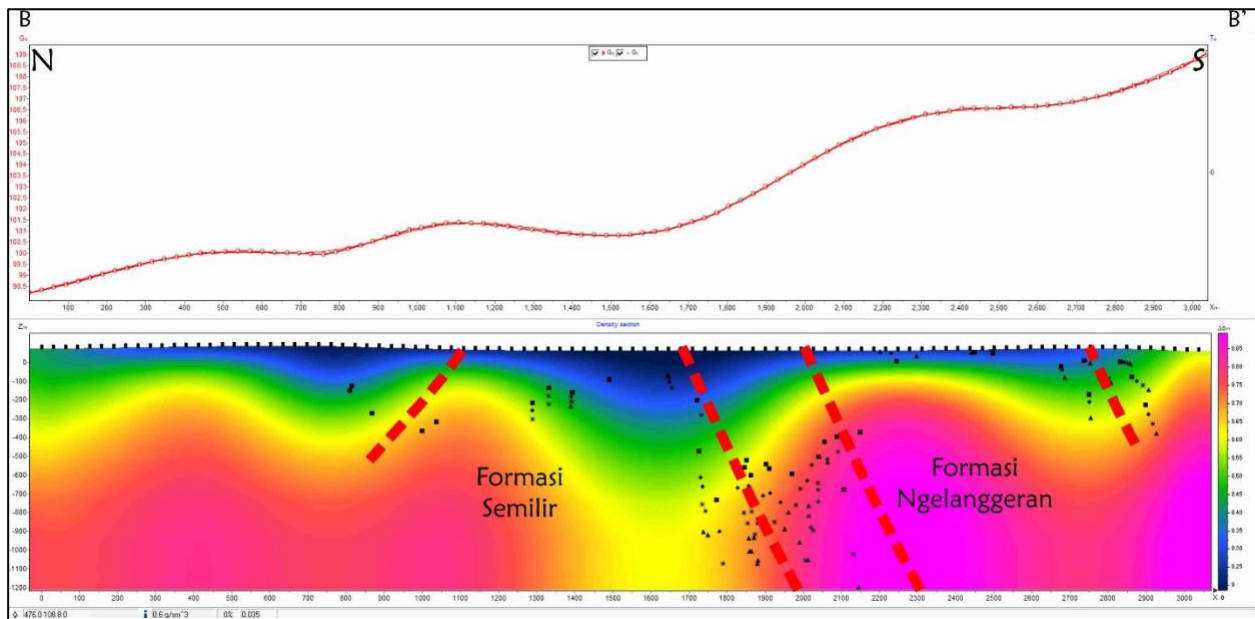


Gambar 4. Inversi Gravitasi Dan Penentuan Struktur Dengan *Euler Deconvolution* Pada Penampang A-A'

Penentuan kedalaman struktur dilakukan dengan menggunakan analisa *euler deconvolution*. parameter *euler deconvolution* menggunakan *struktural index* sebesar 1.0 dengan *minimum lenght* sebesar 7 dan *maximum lenght* dengan perhitungan 3 kali iterasi. Hasil interpretasi dari *euler deconvolution* didapatkan; terdapat satu sesar panjang yang merupakan Sesar Opak berada pada daerah selatan penampang yang memanjang hingga basement ditunjukkan dengan pola titik *euler deconvolution* yang memanjang hingga kedalaman melebihi -1245.3 m, Terdapat dua sesar yang berada pada formasi semilir yang diinterpretasikan merupakan produk rekahan akibat pergerakan Sesar Opak ditunjukkan oleh titik *euler deconvolution*

yang tidak memanjang hingga kearah basement, kelaman sesar ini diperkirakan hingga -800 m dan -450 m dari permukaan laut.

Gambar 5 merupakan hasil dari inversi dan *euler deconvolution* pada pengampang B – B'. Inversi gravitasi dilakukan dengan menggunakan *mesh* dengan kedalaman -1274.3 m. Hasil dari inversi didapatkan zona dari Formasi Ngelangeran berada pada area selatan yang memiliki anomali gravitasi tinggi, dan zona dari Formasi Semilir berada pada tengah area utara penampang yang digambarkan memiliki nilai anomali densitas yang hampir sama namun lebih rendah dibanding Formasi Semilir, hal tersebut dapat disebabkan akibat adanya



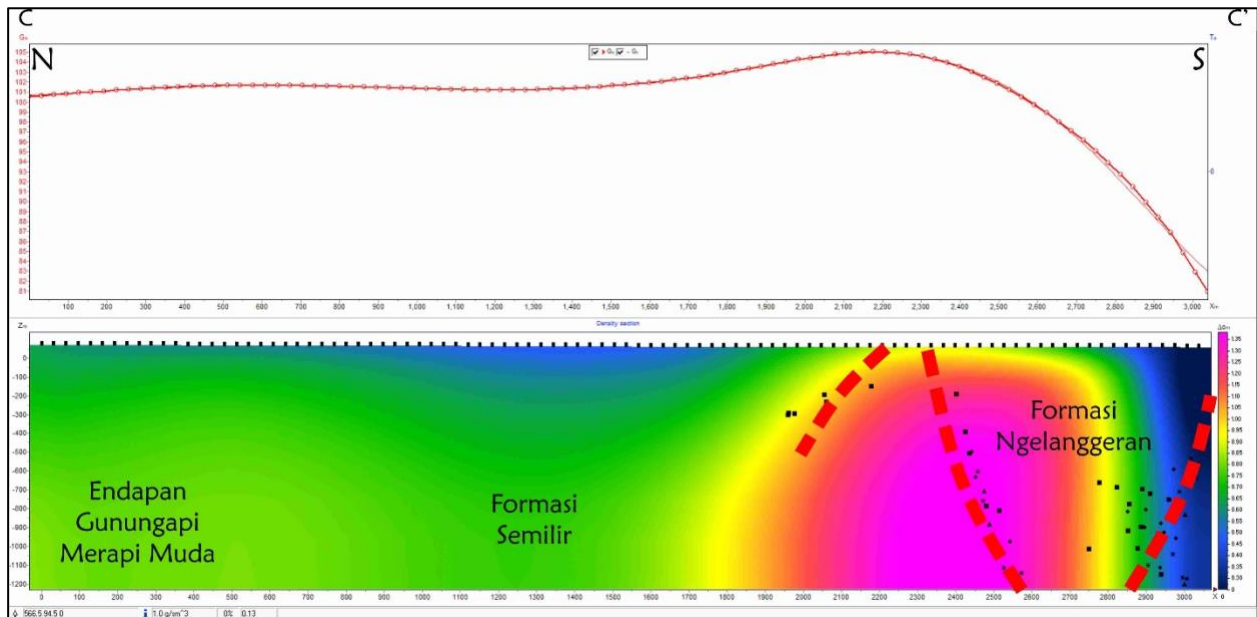
Gambar 5. Inversi Gravitasi Dan Penentuan Struktur Dengan *Euler Deconvolution* Pada Penampang B-B'

struktur pada formasi ngelanggeran yang menyebabkan penurunan anomali gravitasi.

Penentuan kedalaman struktur dilakukan dengan menggunakan analisa *euler deconvolution*. parameter *euler deconvolution* menggunakan *struktural index* sebesar 1.0 dengan *minimum length* sebesar 7 dan *maximum length* dengan perhitungan 3 kali iterasi. Hasil interpretasi dari *euler deconvolution* didapatkan; terdapat 2 sesar panjang yang diinterpretasi sebagai Sesar Opak yang memanjang hingga basement ditandakan pola titik *euler deconvolution* melebihi kedalaman -1274.3 m, berdasarkan peta CBA dan TDR diinterpretasikan sesar tersebut merupakan cabang dari Sesar Opak yang memanjang pada bagian timur

daerah penelitian, dan terdapat pola struktur pendek atau kecil yang ditandakan oleh pola *euler deconvolution* memanjang secara pendek dan tersebar pada daerah timur dan selatan penampang, pola tersebut diinterpretasikan sebagai produk rekahan akibat pergerakan Sesar Opak dengan kedalaman rata-rata hingga -400 m dari permukaan laut, struktur tersebut merupakan kemenerusan dengan struktur produk Sesar Opak yang sesuai dengan penampang A - A', hal ini ditentukan berdasarkan bentuk anomali peta CBA, TDR, dan *euler deconvolution*.

Gambar 6 merupakan hasil dari inversi dan *euler deconvolution* pada



Gambar 7. Inversi Gravitasi Dan Penentuan Struktur Dengan *Euler Deconvolution* Pada Penampang C-C'

penampang C – C'. Inversi gravitasi dilakukan dengan menggunakan *mesh* dengan kedalaman -1287.1 m. Hasil dari inversi didapatkan zona dari Formasi Ngelangeran berada pada area selatan yang memiliki anomali gravitasi tinggi, zona dari Formasi Semilir berada pada bagian tengah penampang dan pada bagian utara terdapat endapan gunungapi merapi muda, kedua formasi tersebut memiliki nilai anomali gravitasi yang hampir sama hal ini disebabkan karena dua formasi tersebut memiliki batuan penyusun berupa batuan piroklastik tuf namun dengan fragmen yang berbeda.

Penentuan kedalaman struktur dilakukan dengan menggunakan analisa *euler deconvolution*. parameter *euler deconvolution* menggunakan *struktural index* sebesar 1.0 dengan *minimum length*

sebesar 7 dan *maximum length* dengan perhitungan 3 kali iterasi. Hasil interpretasi dari *euler deconvolution* didapatkan; terdapat 2 sesar panjang yang diinterpretasikan sebagai Sesar Opak yang merupakan kemenerusan dari Sesar Opak pada penampang A - A' dan B - B', dan masih memanjang hingga basement ditunjukkan oleh pola *euler deconvolution* yang diinterpretasikan memanjang hingga kedalaman -1287.1m, kemenerusan produk rekahan hasil dari Sesar Opak pada bagian utara pada penampang C - C' diinterpretasikan tidak terdapat kemenerusan ditunjukkan oleh kurva nilai gravitasi observasi pada Gambar 6 yang tidak menandakan defeksi nilai gravitasi terhadap jarak, namun terdapat produk rekahan Sesar Opak yang sangat berdekatan dengan sesar utama yang dapat

diinterpretasikan merupakan cabang struktur baru yang lebih muda dari Sesar Opak yang diperkirakan memanjang hingga kedalaman -300m.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil dari inversi gravitasi dan *euler deconvolution* penentuan struktur dapat dilakukan dan didapatkan beberapa struktur yang berada pada Kecamatan Imogiri, Yogyakarta. Gambaran bawah permukaan pada daerah penelitian pada formasi ngelanggan dapat terlihat memiliki pola *blocky* karena keterdapatan tersusun dari batu breksi gunung api, dan pada formasi semilir dan endapan merapi muda gambaran bawah permukaan terlihat sama yang menandakan perlapisan sedimen secara strata yang tersusun oleh lapisan batu piroklastik tuf dengan fragmen yang berbeda. Keterdapatan struktur pada daerah penelitian berupa struktur patahan Opak yang ditandakan adanya pola sumber anomali *euler deconvolution* yang menerus hingga kedalaman lebih dari \pm -1200 m, dan terdapat beberapa struktur hasil produk dari Sesar Opak yang merupakan struktur minor dan bercabang arah struktur pada bagian selatan daerah penelitian berarah barat - timur sedangkan pada kavling utara berarah timur - barat.

5. Referensi

1. Thompson, D. T. (1982), *EULDPH: A New Technique for Making Computer-Assisted Depth Estimates from Magnetic Data*, Geophysics, Vol.47, pp.31-37.
2. Asikin, S. (2003), *Diktat Geologi Struktur (Tektonik) Indonesia*. Kelompok Bidang Keahlian Geologi Dinamis Jurusan Teknik Geologi. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
3. Pandita, H, Isnawan, D, Winarti. (2012), *Identifikasi Awal Keberadaan Struktur Sesar berarah Barat Laut-Tenggara (NW-SE) di wilayah Yogyakarta Bagian Selatan*, Prosiding Seminar ReTii ke-7 tahun 2012. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
4. Reid, A. B., Allsop, J. M., Granser, H., Millett, A. J., dan Somerton, I. W. (1990) *Magnetic Interpretation in Three Dimensions using Euler Deconvolution*, Geophysics, Vol.55, pp.80-91.
5. Tito, Brandan. dkk. (2017), *Pemodelan Inversi Gayaberat dengan Panduan Euler Deconvolution untuk struktur bawah permukaan di Lapangan Panas Bumi "B24"*, Youngster Physics Journal, Vol.6, pp.131-138

6. Rahardjo, dkk (1995). Peta Geologi Lembar Yogyakarta. Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
7. Reynolds, J. M. (1997) . *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
8. Blakely, Richard J. (1996), *Potential theory in gravity and magnetic applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
9. Tito, Brandan. dkk. (2017), *Pemodelan Inversi Gayaberat dengan Panduan Euler Deconvolution untuk struktur bawah permukaan di Lapangan Panas Bumi "B24"*, Youngster Physics Journal, Vol.6, pp.131-138
10. Nasreddine Bournas., A. G., Mohamed Hamoudi., Haydar Baker. (2003), *Interpretation of the aeromagnetic map of Eastern Hoggar (Algeria) using the Euler deconvolution, analytic signal and local wavenumber methods*, Journal of African Earth Sciences, 37, pp.191-205.