



## Integrasi Metode Gravity dan Metode Geomagnetik Menggunakan Dekonvolusi Euler untuk Delineasi Struktur pada Sistem Panas Bumi di Kawasan Candi Umbul-Telomoyo, Magelang, Jawa Tengah

Fauzi Daffa Hanatha\*, Hanafiah Hamid

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

### Abstrak

Penelitian berlokasi di daerah *outflow* Candi Umbul -Telomoyo yang memiliki sistem panas bumi yang ditandai dengan adanya manifestasi air panas. Pemetaan struktur bawah permukaan dilakukan dengan metode geomagnet dan *gravity* dengan menggunakan analisis *euler deconvolution* untuk memperjelas orientasi, kedalaman, dan lokasi struktur. Hasil yang diperoleh berdasarkan nilai *gravity*, zona manifestasi berada pada nilai anomali *gravity* rendah dengan nilai 3,3 mgal hingga 7,4 mgal dan terdapat zona anomali tinggi di sebelah selatan manifestasi dengan nilai 7,4 mgal hingga 13,4 mgal. Berdasarkan nilai geomagnet, terdapat nilai magnetik rendah pada daerah manifestasi dengan nilai -472,8 nT hingga -89,7 nT dan terdapat nilai tinggi pada bagian selatan dengan nilai -89,7 nT hingga 415,4 nT. Zona anomali rendah pada daerah manifestasi mata air panas diinterpretasikan sebagai zona hancuran akibat struktur dan telah teralterasi. Hasil *euler deconvolution* menunjukkan adanya sesar utama berarah barat-timur yang diinterpretasikan sebagai sesar pengontrol panas bumi di daerah penelitian. Perhitungan *euler deconvolution* pada anomali geomagnet didapatkan struktur sedalam  $\pm 156,8$  m dan pada anomali *gravity* didapatkan struktur sedalam  $\pm 524,9$  m.

**Keywords:** *Euler Deconvolution*; geomagnetik; gravitasi; panas bumi; struktur.

### Abstract

*The research is located in the outflow Umbul Temple -Telomoyo area which has a geothermal system marked by hot water manifestations. mapping of subsurface structures is carried out by geomagnetic and gravity methods using euler deconvolution analysis to clarify the orientation, depth and location of the structure. The results obtained based on gravity values, the manifestation zone is at a low gravity anomaly value with a value of 3,3mgal to 7,4mgal and there is a high anomaly zone to the south of the manifestation with a value of 7,4mgal to 13,4mgal. based on geomagnetic values, there is a low magnetic value in the manifestation area with a value of -472,8nT to -89,7nT and there is a high value in the southern part with a value of -89,7nT to 415,4nT. The low anomaly zone in the hot spring manifestation area is interpreted as a zone of structural damage and has been altered.. Euler deconvolution results show the presence of a west-east trending main fault which is interpreted as a geothermal control fault in the study area. Euler deconvolution calculations on geomagnetic anomalies obtained structures as deep as  $\pm 156,8$ m and on gravity anomalies obtained structures as deep as  $\pm 524,9$ m.*

**Keywords:** *Euler Deconvolution*; geomagnetic; geothermal; gravity; structure.

### PENDAHULUAN

Panas bumi atau geothermal merupakan sumber data alam berupa kemunculan air panas atau uap yang terbentuk di dalam reservoir panas bumi melalui pemanasan air bawah permukaan oleh batuan panas (Maulana dkk., 2014). Indonesia memiliki potensi panas bumi yang besar karena

Indonesia merupakan negara yang dilewati oleh cincin api (*ring of fire*) sehingga negara Indonesia memiliki aktivitas vulkanologi yang menyebabkan banyaknya deretan gunung api di Indonesia (Agustiyar dkk., 2022). Deretan gunung api di Indonesia yang berkesinambungan membentuk adanya sistem panas bumi di

\*) Korespondensi: daffahanatha@gmail.com

Diajukan : 30 Oktober 2023

Diterima : 26 Februari 2024

Diterbitkan : 24 Oktober 2024

sekitarnya, salah satunya sistem panas bumi Telomoyo yang menyebabkan adanya manifestasi air panas pada situs Candi Umbul (Maulana dkk., 2014).

Manifestasi pada Situs Candi Umbul berupa matair hangat dan alterasi batuan mengindikasikan adanya sistem panas bumi (Agista dkk., 2014). Survei pendahuluan dalam menentukan sistem panas bumi pada daerah Candi Umbul pada penelitian ini yaitu dengan survei geofisika. Keberadaan sistem panas bumi dapat diindikasikan dengan adanya perubahan yang kontras dari nilai anomali magnetik dan *gravity* (Maulana, dkk. 2014). Analisa yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan analisa *euler deconvolution* yang merupakan perkembangan dari analisa *derivative* dengan tujuan untuk memprediksi struktur secara awal terkait kedalaman, orientasi, dan letak (Thompson, 1982).

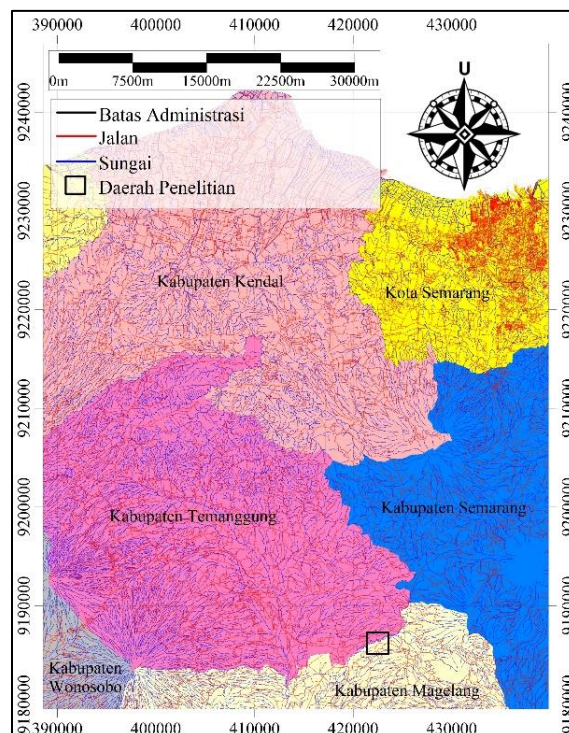
Berdasarkan metode dan analisa tersebut diharapkan dapat diperoleh gambaran bawah permukaan bumi berdasarkan data geomagnet dan data *gravity* serta sebaran struktur pengontrol panas bumi berdasarkan analisis *euler deconvolution* pada Daerah Candi Umbul-Telomoyo, Magelang, Jawa Tengah (Gambar 1).

## METODOLOGI

Dalam penelitian ini untuk menggambarkan struktur geologi berdasarkan data geofisika, terdapat landasan teori dan analisis yang digunakan, yaitu metode *gravity*, metode geomagnetik, Euler Deconvolution

### Metode Gravity

Parameter fisis yang dapat menunjukkan perubahan anomali pada daerah panas bumi adalah nilai densitas yang dapat digambarkan dengan nilai *gravity* di suatu tempat (Blakely, 1996). Metode *gravity* merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk menggambarkan litologi dan struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi medan *gravity* akibat adanya perbedaan densitas secara lateral (Reynolds, 1997). Diantara sifat fisik batuan yang dapat membedakan antara satu jenis batuan dengan jenis batuan lainnya adalah densitas batuan (Ibrahim dkk., 2022). Distribusi densitas yang tidak homogen pada batuan penyusun kerak bumi akan memberikan variasi harga medan *gravity* di permukaan bumi (Parapat dkk., 2017). Metode *gravity* didasarkan pada



**Gambar 1.** Peta batas administrasi; lokasi penelitian berada pada perbatasan Kab. Temanggung dan Kab. Magelang

Hukum Newton *gravity* yang menyatakan bahwa setiap massa menarik massa lainnya ( $M_0$  dan  $M_1$ ) dengan gaya  $F$ , dimana  $F$  berbanding lurus dengan produk massanya dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak ( $r$ ) di antara keduanya (Wardhana dkk., 2014). Dituliskan dengan persamaan (1).

$$F = -G \frac{M_0 M_1}{r^2} \quad (1)$$

Dalam pengukuran metode *gravity* yang diukur bukanlah gaya *gravity* ( $F$ ), melainkan percepatan *gravity* ( $g$ ). percepatan benda sama dengan rasio gaya yang bekerja pada benda terhadap massanya (Nuzula dan Setiahadwibowo, 2023). Dituliskan dalam persamaan (2).

$$g = -G \frac{M_1}{r^2} \quad (2)$$

dengan:

$F$  : Gaya *gravity* (N)

$G$  : Konstanta *gravity* ( $6,672 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$ )

$g$  : Percepatan *gravity* (m/s)

$M_0$  : Massa 0 (Kg)

$M_1$  : Massa 1 (Kg)

$r$  : Jarak kedua benda (m)

Variasi *gravity* yang diamati disebut dengan anomali *gravity* atau anomali bouger lengkap.

Nilai anomali bouger lengkap didapatkan dari hasil koreksi bouger lengkap ( $Bc$ ) dan koreksi medan ( $Tc$ ). Koreksi bouger digunakan untuk menghilangkan perbedaan ketinggian dengan tidak mengabaikan massa di bawahnya dan koreksi medan digunakan untuk mengoreksi adanya pengaruh penyebaran massa yang tidak teratur di sekitar titik pengukuran (Nuzula dan Setiahiwibowo, 2023). Perhitungan dapat dituliskan dengan persamaan (3).

$$\Delta g_{BL} = g_{fa} - Bc + Tc \quad (3)$$

dengan:

$\Delta g_{BL}$  : Anomali bouger lengkap di topografi (mgal)

$g_{fa}$  : Gravity free-air (mgal)

$Bc$  : Koreksi Bouger (mgal)

$Tc$  : Koreksi Medan (mgal)

### Metode Geomagnetik

Metode geomagnetik dilakukan berdasarkan pengukuran anomali magnetik akibat adanya perbedaan kontras suseptibilitas atau permeabilitas magnetik dari tubuh atau struktur di daerah sekelilingnya akibat adanya distribusi benda yang termagnetisasi. Medan magnet bumi sendiri memiliki empat parameter fisis, yaitu deklinasi ( $D$ ), inklinasi ( $I$ ), intensitas horizontal ( $H$ ), dan medan magnetik total ( $F$ ). Metode geomagnetik ini digunakan pada studi geothermal karena mineral-mineral *ferromagnetic* akan kehilangan sifat kemagnetannya bila dipanasi mendekati temperatur curie. Oleh karena itu digunakan untuk mempelajari daerah yang diduga mempunyai potensi geothermal (Reid, 2014). Metode geomagnetik didasarkan pada Hukum Coulomb antara dua kutub magnet yang memiliki massa  $M_0$  dan  $M_1$  (Utama dkk., 2016). Dituliskan dengan persamaan berikut:

$$F = \frac{M_0 \cdot M_1}{\mu_0 \cdot r^2} \quad (4)$$

dengan:

$F$  : Gaya magnet Coulomb (N)

$\mu_0$  : Permeabilitas untuk ruang hampa tidak berdimensi ( $4 \pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$ )

$r$  : Jarak antara dua kutub magnet (m)

$M_0$  : Muatan 0 (C)

$M_1$  : Muatan 1 (C)

Gaya antara kedua kutub dapat bernilai positif yang berarti tolak menolak dan bernilai negatif yang berarti tarik menarik. Untuk mendapatkan nilai anomali medan magnet dilakukan beberapa koreksi diantaranya koreksi harian dan koreksi

*international geomagnetic reference field* (IGRF). Koreksi harian dilakukan untuk mengoreksi medan magnet luar akibat perbedaan waktu dan efek radiasi matahari dalam satu hari dan koreksi *international geomagnetic reference field* (IGRF) dilakukan untuk mengoreksi pengaruh medan magnet utama bumi sehingga didapatkan anomali medan magnet (Utama dkk., 2016). Perhitungan dapat dituliskan dengan persamaan:

$$H = H_{obs} - H_{var} - H_{IGRF} \quad (5)$$

dengan:

$H$  : Anomali magnetik (nT)

$H_{obs}$  : Nilai magnetik observasi (nT)

$H_{var}$  : Anomali magnetik harian (nT)

$H_{IGRF}$  : Anomali magnetik pada *international geomagnetic reference field* (nT)

Hasil yang didapatkan merupakan nilai anomali yang masih memiliki pengaruh sudut inklinasi magnetik sehingga perlu dilakukan filterisasi dengan menggunakan filter reduksi ke kutub atau reduksi ke ekuator, pemilihan filter tersebut bergantung pada lokasi penelitian (Utama dkk., 2016).

### Euler Deconvolution

*Euler deconvolution* merupakan metode untuk menentukan posisi dan kedalaman sumber anomali gaya berat, teknik ini menggunakan turunan *vertical* dan *horizontal* untuk menentuka letak anomali (Thompson, 1982). Perhitungan 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:

$$x \frac{\partial f}{\partial x} + y \frac{\partial f}{\partial y} + z \frac{\partial f}{\partial z} = nf \quad (6)$$

Dengan pertimbangan data potensial lapangan maka persamaan (6) dapat ditulis kembali dalam bentuk 3 dimensi (Reid, 1990) dan (Thompson, 1982), sebagai berikut:

$$(x - x_0) \frac{\partial f}{\partial x} + (y - y_0) \frac{\partial f}{\partial y} + (z - z_0) \frac{\partial f}{\partial z} = -N(U - f) \quad (7)$$

dengan:

$f$  : Nilai anomali data *gravity* atau magnetik

$N$  : *Structural indeks*

$U$  : Medan anomali regional data *gravity* atau magnetik

Objek *gravity* berada di koordinat ( $x_0, y_0, z_0$ ) relatif terhadap  $z$  positif ke bawah. Medan total *gravity* yang terukur pada koordinat ( $x, y, z$ ). *Structural indeks* berkaitan dengan laju

perubahan medan potensial terhadap jarak (Bournas dkk. 2003). Posisi sumber anomali ( $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$ ) diperoleh dengan menyelesaikan persamaan (7). terdapat *structural index* (SI) dalam persamaan *euler deconvolution* yang merupakan rasio perubahan medan terhadap jarak, penentuan nilai *structural index* ditunjukkan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**. Berdasarkan tabel tersebut semakin rendah penentuan nilai SI, hasil yang didapatkan akan terlalu rendah, sedangkan hasil SI yang semakin tinggi akan menggambarkan kondisi geologi yang diinginkan (Ramadhan dkk, 2017). Penggunaan metode *euler deconvolution* ditentukan oleh faktor model geologi lapangan dan anomali harus didominasi oleh satu penyebab anomali (Hanatha dan Hamid, 2023).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil persebaran akuisisi geomagnetik dan gravity dari masing-masing titik pengukurannya telah di overlay dengan peta citra satelit dan peta geologi, diperlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Berdasarkan hasil survei, pengambilan data geomagnetik dilakukan sebanyak 164 titik pengukuran (spacing 125 m) dengan luas kavling penelitian 1,3 km x 1,3 km dan pengambilan data gravity sebanyak 25 titik pengukuran (spacing 250 m) dengan luasan 1 km x 1 km, penentuan jumlah titik berdasarkan jarak *spacing* dan luas kavling penelitian yang merepresentasikan kondisi bawah permukaan dalam untuk mendeliniasi struktur.

**Tabel 1.** Nilai *structural index* pada anomali *gravity* (Reid, 2014).

Bentuk	<i>Structural Index</i>
<i>Sill/Dyke/Step</i>	0.0
<i>Thin Fractures</i>	0.5
<i>Pipe</i>	1.0
<i>Ball</i>	2.0

**Tabel 2.** Nilai *structural index* pada anomali geomagnetik (Reid, 2014).

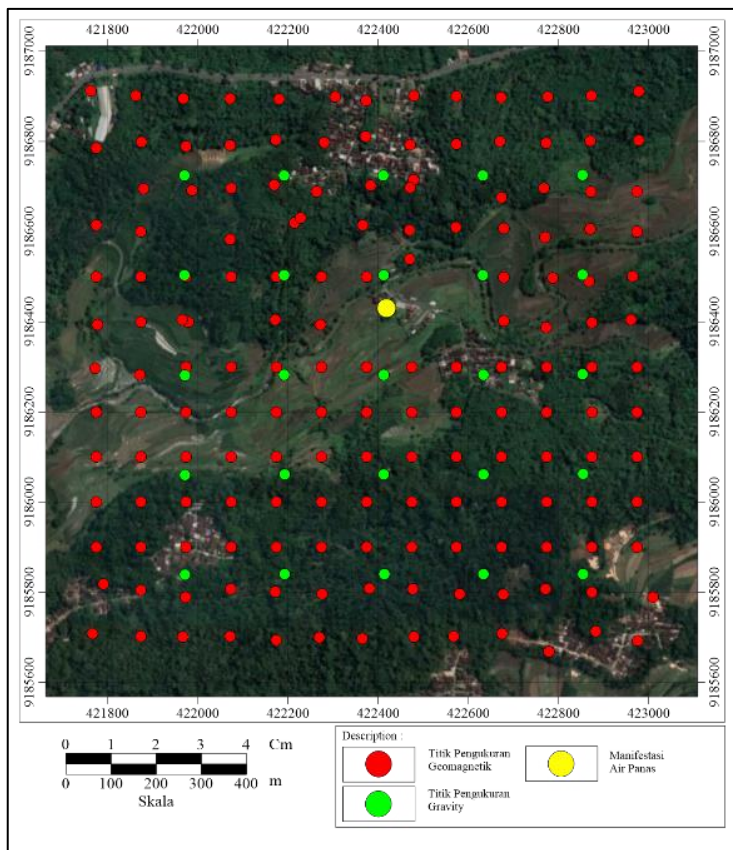
Bentuk	<i>Structural Index</i>
<i>Sill</i>	1.0
<i>Dyke</i>	1.0
<i>Cylinder</i>	2.0
<i>Pipe</i>	2.0
<i>Ball</i>	3.0

Daerah panas bumi Candi Umbul – Telomoyo termasuk dalam Zona Solo (Asikin, 2003). Zona ini terbentuk pada kompleks gunung api yang memanjang berarah barat laut – tenggara yaitu rangkaian Gunung Ungaran – Gunung Telomoyo – Gunung Merbabu – Gunung Merapi yang berada pada lingkungan geologi Kuartar (Hutami dkk., 2014). Gunung Telomoyo terbentuk akibat runtuhnya lereng Gunung Soropati, gunung ini merupakan deretan Ungaran – Seropati – Merbabu – Merapi (Hutami dkk., 2014). Aktivitas magmatisme dan vulkanisme terjadi 2 fase yaitu Telomoyo-1 merupakan letusan besar yang menyebabkan runtuhnya (*collapse*) dan menghasilkan struktur kaldera yang diikuti kembalinya aktivitas vulkanik *post-caldera* yaitu Telomoyo-2 yang menghasilkan endapan lava dan piroklastik (Hermawan dkk., 2012). Aktivitas vulkanik terus berlanjut hingga membentuk kerucut Telomoyo dan pembentukan *scoria cone* (Hermawan dkk., 2012). Aktivitas magmatisme dan vulkanisme yang terjadi berulang-ulang memungkinkan terjadinya proses altrasi hidrotermal serta mineralisasi (Bronto, 2016).

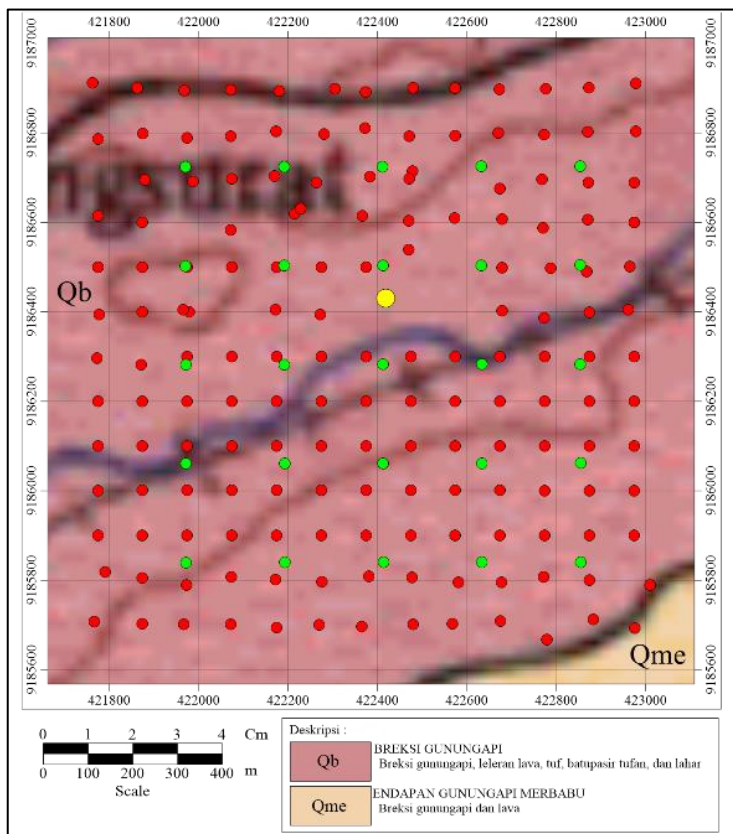
Secara lokal pada **Gambar 2**, diperlihatkan area penelitian berada pada 2 pedesaan yang dibatasi oleh area persawahan dan pada **Gambar 3**, diperlihatkan area penelitian berada pada Satuan Breksi Gunungapi (Qb) berumur Plistosen berisi breksi gunungapi, leleran lava, tuf, batupasir tufan, dan lahar dan Endapan Gunungapi Merbabu (Qme) berumur Holosen berisi breksi gunungapi dan lava (Thanden dkk.,1975).

### Metode Gravity

Hasil yang didapatkan pada data gravity dilakukan pengolahan hingga mendapatkan peta complete bouger anomaly seperti pada Gambar 6. Berdasarkan peta Complete Bouguer Anomaly (CBA), daerah manifestasi berada pada zona anomali rendah yang dapat diinterpretasikan sebagai daerah dengan zona hancuran akibat adanya struktur utama, nilai anomali gravity sebanding dengan nilai anomali geomagnetik, hal tersebut mendukung adanya zona stuktur dan zona outflow dibawah daerah manifestasi, pada bagian



Gambar 2. Peta lokasi pengukuran *overlay* dengan peta satelit



Gambar 3. Peta lokasi pengukuran *overlay* dengan peta geologi (Thanden dkk.,1975)

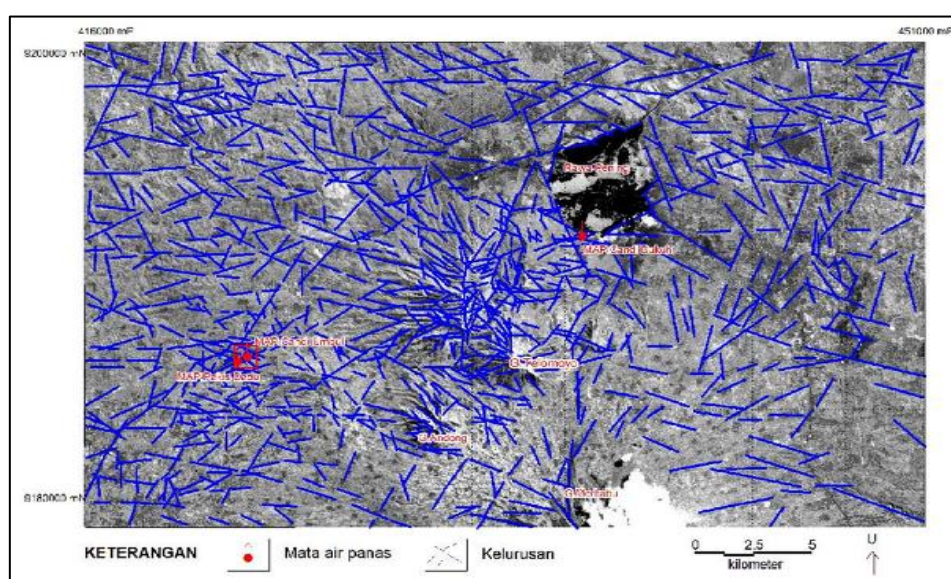
selatan terdapat zona anomali tinggi yang diinterpretasikan sebagai litologi Batuan beku Andesit dan dapat berupa blok batuan heat source di bawah permukaan. Data gravity menunjukkan, nilai anomali gravity rendah dengan nilai 3,3 mgal hingga 7,4 mgal diinterpretasikan sebagai zona hancuran akibat struktur yang dilewati fluida panas bumi sehingga menjadi zona batuan teralterasi, kemudian terdapat zona anomali gravity tinggi dengan nilai 7,4 mgal hingga 13,4 mgal diinterpretasikan sebagai zona satuan batuan beku kompak yang tidak dilewati air panas bumi sehingga diinterpretasikan tidak terdapat zona teralterasi pada area tersebut.

Hasil persebaran titik euler deconvolution berdasarkan data gravity diperlihatkan pada **Gambar 7**. Penggunaan Euler deconvolution dilakukan dengan menggunakan nilai structural index 1.0, disebabkan karena target yang ingin dicari merupakan sumber anomali berbentuk pipa (struktur) memanjang disesuaikan dengan Tabel 1 Reid (2014) dan sesuai dengan panduan pada Software Oasis Montaj. Berdasarkan analisis euler deconvolution, terdapat anomali yang memanjang di area manifestasi air panas dengan arah barat-timur yang diduga sebagai struktur utama pengontrol migrasi fluida dan alterasi hidrotermal. Kemudian, pada bagian selatan terdapat zona anomali tinggi diduga Satuan

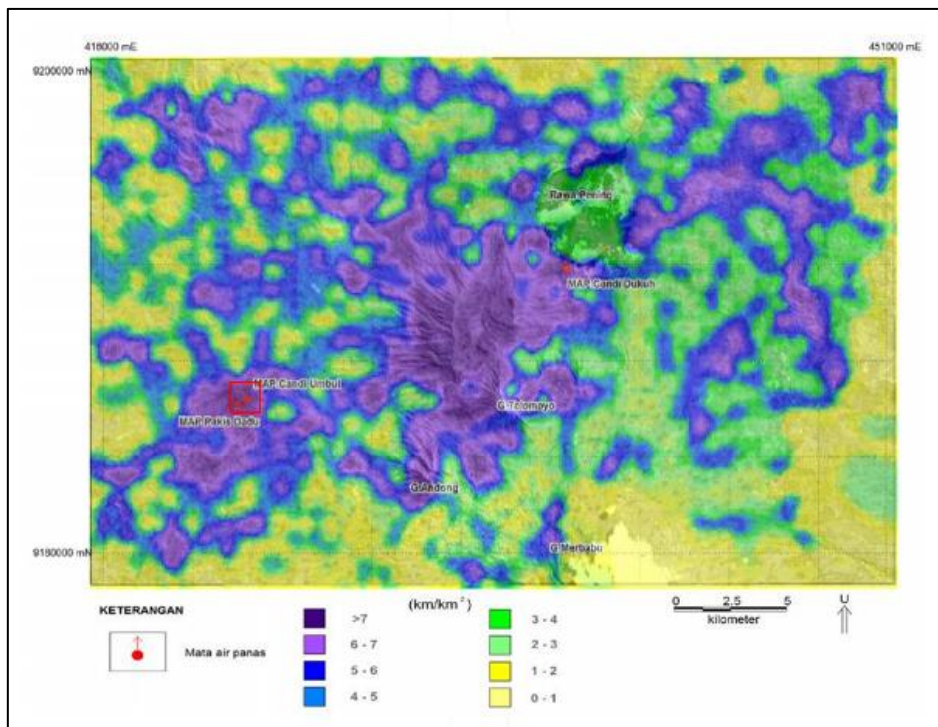
Endapan Gunungapi Merbabu (Qme), terdapatnya titik euler pada area tersebut menandakan masih terdapatnya banyak struktur minor yang didukung oleh peta regional kelurusan dan kerapatan patahan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Berdasarkan Gambar 7 didapatkan kedalaman struktur tertinggi sedalam  $\pm 80,9$  mdpl dari ketinggian rata-rata  $\pm 605,8$  mdpl, sehingga kedalaman struktur  $\pm 524,9$  m.

### Metode Geomagnetik

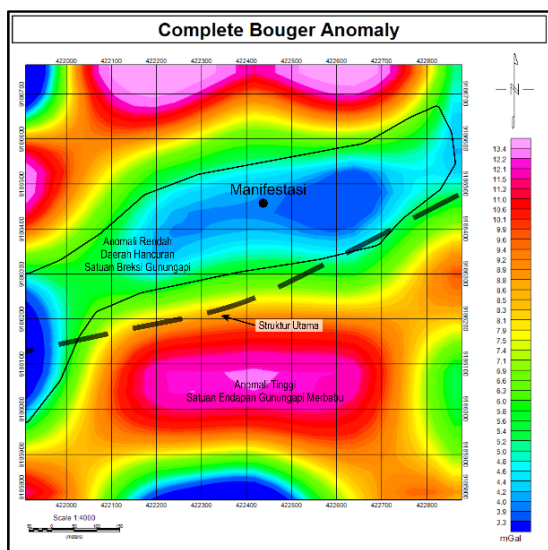
Hasil yang didapatkan pada data geomagnetik dilakukan pengolahan hingga mendapatkan peta reduce to pole seperti pada **Gambar 8**. Hasil interpretasi, daerah manifestasi berada pada zona anomali rendah diinterpretasikan bahwa zona tersebut terdapat zona hancuran akibat suatu struktur dan batuan telah mengalami ubahan karena alterasi hidrotermal, pada kasus panas bumi adanya zona hancuran akibat struktur di atas zona aliran fluida akan mengakibatkan keluarnya fluida ke tekanan dan suhu yang rendah ke arah permukaan, zona hancuran dan struktur akan menjadi jalan keluarnya fluida ke permukaan. Data geomagnetik menunjukkan, nilai anomali geomagnetik rendah dengan nilai  $-472,8$  nT hingga  $-89,7$  nT diinterpretasikan sebagai zona hancuran akibat struktur yang telah mengalami alterasi akibat dilewati fluida panas bumi,



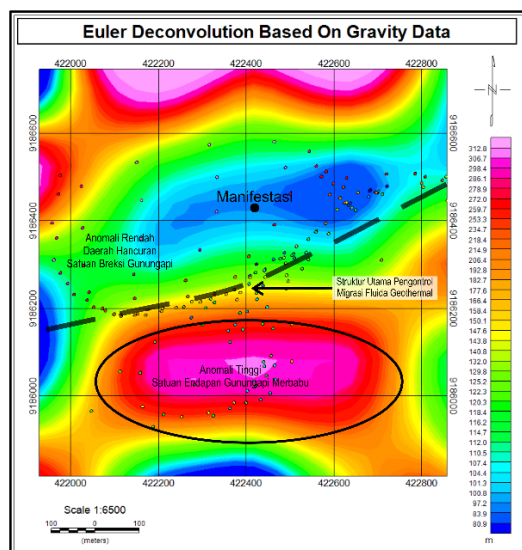
**Gambar 4.** Peta kelurusan daerah Candi Umbul-Telomoyo (Hermawan dan Rezky, 2011)



Gambar 5. Peta kerapatan patahan dan rekahan daerah Candi Umbul-Telomoyo (Hermawan dan Rezky, 2011)



Gambar 6. Peta complete bouguer anomaly



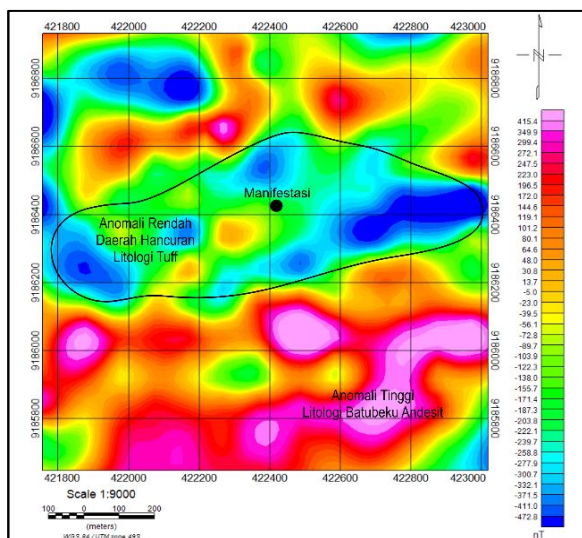
Gambar 7. Peta distribusi titik euler deconvolution dengan SI 1.0 data gravity

kemudian terdapat zona anomali geomagnetik tinggi bagian selatan dengan nilai -89,7 nT hingga 415,4 nT yang diinterpretasikan sebagai Satuan Endapan Gunungapi Merbabu (Qme) yang terisi oleh batuan beku kompak yang tidak mengalami alterasi.

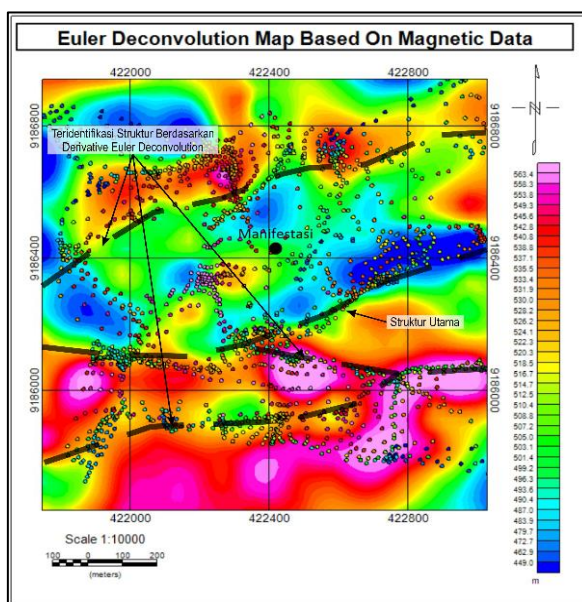
Hasil persebaran titik *euler deconvolution* berdasarkan data geomagnetik diperlihatkan pada

Gambar 9. Penggunaan *euler deconvolution* dilakukan dengan menggunakan nilai *structural index* 2.0, didasarkan oleh target atau sumber anomali yang ingin dicari merupakan struktur memanjang yang diasumsikan berbentuk pipa memanjang disesuaikan dengan Reid (2014 pada Tabel 2) dan sesuai dengan panduan pada Software Oasis Montaj.

Hasil *euler deconvolution*, menunjukkan



Gambar 8. Peta *reduce to pole*.



Gambar 9. Peta distribusi titik *euler deconvolution* dengan SI 2.0 data geomagnetik.

banyak sumber anomali yang memanjang dan menumpuk, sehingga diinterpretasikan sebagai bentuk struktur pada daerah penelitian. Berdasarkan Gambar 9 adanya anomali memanjang dengan arah barat-timur diduga sebagai struktur utama pada daerah manifestasi dan terdapat banyak struktur minor yang menunjukkan area penelitian memiliki zona kerapatan tinggi struktur dibuktikan oleh banyaknya anomali Euler dan didukung oleh peta regional kerapatan dan kelurusan struktur pada Gambar 4 dan Gambar 5 yang berada pada nilai  $\pm 6 \text{ km/km}^2$ . kedalaman struktur tertinggi sedalam

$\pm 449 \text{ mdpl}$  dari ketinggian rata-rata  $\pm 605,8 \text{ mdpl}$  sehingga kedalaman struktur  $\pm 156,8 \text{ m}$ .

## KESIMPULAN

Pada area *outflow* Situs Candi Umbul, anomali *gravity* dan geomagnetik memiliki pola yang relatif sama sehingga diinterpretasikan bahwa zona anomali rendah merupakan area alterasi yang berada pada Satuan Breksi Gunungapi (Qb), dan batas anomali memanjang barat – timur merupakan struktur utama pengontrol fluida panas bumi. Hasil anomali geomagnetik dan *gravity* didapatkan nilai anomali rendah dengan nilai *gravity* 3,3 mgal hingga 7,4 mgal dan nilai geomagnetik -472,8 nT hingga -89,7 nT merupakan zona teralterasi, dan zona anomali tinggi dengan nilai *gravity* 7,4 mgal hingga 13,4 mgal dan nilai geomagnetik -89,7 nT hingga 415,4 nT merupakan batuan beku kompak dari endapan gunungapi merbabu (Qme). Hasil *euler deconvolution* didapatkan pola struktur yang memanjang barat – timur dan terdapat struktur minor, Hasil kedalaman *euler deconvolution* terhadap anomali geomagnetik didapatkan struktur sedalam  $\pm 156,8 \text{ m}$  dan terhadap anomali *gravity* didapatkan struktur sedalam  $\pm 524,9 \text{ m}$ .

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Klub Riset Deconvolution'19 Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta yang telah memberikan fasilitas kepada kami selama pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agista, Z., Rachwibowo, P., Aribowo, Y. (2014). Analisis Litologi Dan Struktur Geologi Berdasarkan Citra Landsat Pada Area Prospek Panasbumi Gunung Telomoyo Dan Sekitarnya, Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. *Geological Engineering E-Journal Undip*, 6(1), hal.1-15.
- Agustiyar, F., Siahaan, B.H.H., Wahyuzar, D., Wirandoko, H. (2022). Kajian Potensi Panas Bumi Sebagai Renewable Energy dan Pemanfaatannya pada Daerah Prospek Panas Bumi Gunung Telomoyo Magelang. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 6(2), hal.85-95. DOI: <http://dx.doi.org/10.30588/jo.v6i2.1217>
- Asikin, S. (2003). *Diktat Geologi Struktur (Tektonik) Indonesia, Kelompok Bidang*



- Keahlian Geologi Dinamis Jurusan Teknik Geologi.* Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Blakely, R.J. (1996). *Potential theory in gravity and magnetic applications.* Cambridge: Cambridge University Press.
- Bournas, N., Galdeano, A., Hamoudi, M., Baker, H. (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(3-4), hal.191-205. DOI: 10.1016/j.jafrearsci.2002.12.001
- Bronto, S. (2016). Fasies gunung api dan aplikasinya. *Jurnal Geologi Indonesia. Jurnal Geologi Indonesia*, 1(2), hal.59-71. DOI: 10.17014/ijog.1.2.59-71
- Hanatha, F.D. dan Hamid, H. (2023). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Berdasarkan Inversi Gravitasi Dan Euler Deconvolution Di Kecamatan Imogiri, Yogyakarta. *Wahana Fisika*, 8(2), hal.199-131. DOI: <https://doi.org/10.17509/wafi.v8i2.62756>
- Hermawan, D. dan Rezky, Y. (2011). Delineasi Daerah Prospek Panas Bumi Berdasarkan Analisis Kelurusan Citra Landsat Di Candi Umbul- Telomoyo, Provinsi Jawa Tengah. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 6(1), hal.1-10. DOI: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v6i1.92>
- Hermawan, D., Widodo, S., Mulyadi, E. (2012). Sistem Panas Bumi Daerah Candi Umbul-Telomoyo Berdasarkan Kajian Geologi Dan Geokimia. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 1(2), hal.1-6. DOI: <https://doi.org/10.47599/bsdg.v7i1.91>
- Hutami, R.T., Aribowo, Y., Widiarso, D.A. (2014). Studi Pendahuluan Daerah Prospek Panasbumi Berdasarkan Data Manifestasi Panasbumi, Geokimia Dan Isotop Fluida Panasbumi Komplek Gunung Telomoyo, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. *Geological Engineering E-Journal Undip*, 6(1), hal.1-12.
- Ibrahim, M.M., Utami, P., Raharjo, I.B. (2022). Analisis Struktur Geologi Berdasarkan Data Gravitasi Menggunakan Metode Second Vertical Derivative (SVD) Pada Lapangan Panas Bumi "X". *Jurnal Geosains dan Remote Sensing*, 3(2), hal.52-59. DOI: 10.23960/jgrs.2022.v3i2.76
- Maulana, H.A., Yulitanto, T., Harmoko, U. (2014). Interpretasi Sistem Panas Bumi Gunung Telomoyo Bagianutara Kabupaten Semarang Berdasarkan Data Geomagnet. *Youngster Physics Journal*, 3(4), hal.299-306.
- Nuzula, J.F. dan Setiahiwibowo, A.P. (2023). Penentuan Fasies Sentral Gunung Api Purba Menggunakan Metode Gravitasi Pada Kawasan Gunung Ijo, Pegunungan Kulonprogo. *GeoScienceEd*, 4(2), hal.32-38. DOI: 10.29303/goescienceed.v4i2.233
- Parapat, J., Hilyah, A., Utama, W., Rahadinata, T. (2017). Pemodelan 3D Data Gaya Berat Untuk Mengidentifikasi Sumber Panas Daerah Panas Bumi Sipoholon, Sumatera Utara. *Jurnal Geosaintek*, 3(3), hal.167-172. DOI: <http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v3i3.3215>
- Ramadhan, B.T., Setyawan, A., Sasongko, D.P. Raharjo, I.B., dan Satranegara, R.M.T. (2017). Pemodelan Inversi Gayaberat dengan Panduan Euler Deconvolution untuk struktur bawah permukaan di Lapangan Panas Bumi "B24". *Youngster Physics Journal*, 6(2), hal.131-138.
- Reid, A.B., Allsop, J.M., Granser, H., Millett, A.J., Somerton, I.W. (1990). Magnetic Interpretation in Three Dimensions using Euler Deconvolution. *Geophysics*, 55(1), hal.80-91. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1442774>
- Reynolds, J.M. (1997). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics.* New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Thanden, R.E., Sumadridja, H., Richards, P.W. (1975). *Peta Geologi Lembar Magelang Dan Semarang, Jawa.* Bandung: Badan Geologi ESDM.
- Thompson, D.T. (1982). EULDPH: A New Technique for Making Computer-Assisted Depth Estimates from Magnetic Data. *Geophysics*, 47(1), hal.31-37. DOI: <https://doi.org/10.1190/1.1441278>
- Utama, W., Warnana, D.D., Hilyah, A., Bahri, S., Syaifuddin, F., Farida, H. (2016). Eksplorasi Geomagnetik Untuk Penentuan Keberadaan Pipa Air Di Bawah Permukaan Bumi. *Jurnal Geosaintek*, 2(3), hal.157-164. DOI: <http://dx.doi.org/10.12962/j25023659.v2i3.2099>

Wardhana, D.D., Harjono, H., Sudaryanto.  
(2014). Struktur Bawah Permukaan Kota  
Semarang berdasarkan Data Gayaberat. *Pusat*

*Penelitian Geoteknologi Lembaga Ilmu  
Pengetahuan Indonesia, 24(1), hal.53-64.*  
DOI: 10.14203/risetgeotam2014.v24.81