

## **INTERPRETASI LAPISAN BAWAH PERMUKAAN DENGAN TRANSFORMASI PSEUDOGRAVITASI BERDASARKAN DATA GEOMAGNETIK PADA MANIFESTASI MATA AIR PANAS KENDALISODO KABUPATEN SEMARANG**

*Nanang Didik Susilo , M. Irham Nurwidiyanto dan Udi Harmoko*  
*Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*  
*E-mail: [nanangdidik@st.fisika.undip.ac.id](mailto:nanangdidik@st.fisika.undip.ac.id)*

### **ABSTRACT**

*Kendalisodo's area has geological structures which formed by volcanic Ungaran there are hot springs manifestations has been do secondary geomagnetic data processing obtained in the measurement in Kendalisodo Semarang District. The study aims to interpret the subsurface conditions around the hot springs area Kendalisodo caused the emergence of the hot springs in the area. A total of 63 data points that have been corrected International Geomagnetic Reference Field (IGRF) and daily variation correction is used to make the contours of the total magnetic field anomalies. Contour anomaly magnetic field is then processed using a upward continuation filter, reduction to the pole filter, pseudogravity transformation filter, horizontal and second vertical gradient derivative filter. The results of data processing in the form of total magnetic field anomalies that indicate closure pair of positive and negative closure indicating the fault zone below the surface. This interpretation is supported by the contour anomaly and pseudogravity contour, horizontal gradient which shows that there is a fairly strong density contrast and vertical gradient analysis of the order of two indicates that the fault is a reverse fault type. The interpretation is reinforced also by modeling results that indicate a fault that appears on the rock Gajahmungkur and kaligetas formations in the area Kendalisodo trending northwest-southeast. This fault zone is a media outlet fluid to the surface that appears as the source of the hot springs*

**Keywords :** *Kendalisodo; geothermal; pseudo gravity; second vertical derivative; fault*

### **ABSTRAK**

*Kondisi struktur geologi Kendalisodo yang terbentuk dari Gunungapi Ungaran terdapat manifestasi mata air panas mendorong untuk dilakukannya pengolahan data geomagnetik sekunder yang diperoleh pada pengukuran di Kendalisodo Kabupaten Semarang. Penelitian bertujuan untuk menginterpretasikan kondisi bawah permukaan disekitar area mata air panas Kendalisodo yang menyebabkan munculnya mata air panas pada daerah tersebut.. Sebanyak 63 titik data yang sudah terkoreksi International Geomagnetic Reference Field (IGRF) dan koreksi variasi harian digunakan untuk membuat kontur anomaly medan magnet total. Kontur anomaly medan magnet tersebut kemudian diolah dengan menggunakan filter kontinuitas ke atas, reduksi ke kutub, transformasi pseudogravitasi, gradien horizontal dan second vertical derivative Hasil pengolahan data berupa anomaly medan magnet total yang menunjukkan pasangan klosur positif dan klosur negatif yang mengindikasikan adanya zona sesar dibawah permukaan. Penafsiran ini didukung oleh kontur pseudogravitasi dan kontur gradien horizontal yang menunjukkan bahwa terdapat kontras densitas yang cukup kuat serta analisa gradien vertikal orde-2 menunjukkan bahwa sesar tersebut merupakan jenis sesar naik. Penafsiran tersebut diperkuat juga dengan hasil pemodelan yang mengindikasikan adanya sesar yang muncul pada formasi batuan gajahmungkur dan kaligetas di daerah Kendalisodo yang berarah barat laut-tenggara. Zona sesar ini merupakan media jalan keluar fluida ke permukaan yang muncul sebagai sumber mata air panas*

**Kata kunci:** *kendalisodo; panas bumi; pseudogravitasi; second vertical derivative; sesar*

## PENDAHULUAN

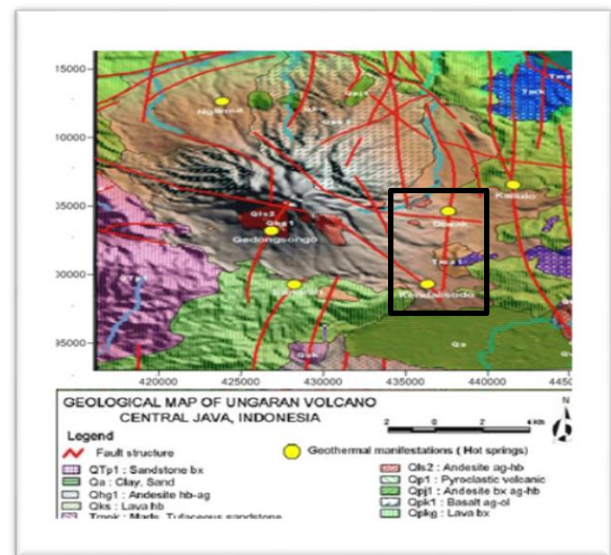
Munculnya manifestasi berupa mata air panas di daerah Kendalisodo Kabupaten Semarang, tentu memicu untuk dilakukan penelitian tentang interpretasi bawah permukaan menggunakan metode geofisika di daerah tersebut. Berbagai metode geofisika telah digunakan untuk mengkaji daerah tersebut diantaranya metode metode magnetik. metode ini merupakan metode yang tepat, karena mempunyai akurasi pengukuran yang relatif tinggi, peralatan dan pengoprasian dilapangan relatif sederhana dan cepat. Sesuai dengan namanya, metode magnetik bekerja berdasarkan sifat-sifat magnetik batuan yang terdapat dibawah permukaan bumi.

Pada Penelitian ini dilakukan pengolahan dan intrepetasi data magnetik sekunder yang diperoleh dari hasil pengukuran bawah permukaan Kendalisodo Kabupaten Semarang Penelitian tersebut berupa pengolahan data geomagnetik yang dibantu degan transformasi pseudogravitasi guna memudahkan interpretasi bawah permukaan. Penelitian tersebut mempunyai tujuan untuk mengetahui jenis lithologi bawah permukaan manisfestasi panas bumi berupa kemunculan mata air panas Kendalisodo Kabupaten Semarang. Diharapkan dari interpretasi ini didapatkan informasi mengenai kondisi geologi bawah permukaan yang mengontrol manifestasi mata air panas Kendalisodo Kabupaten Semarang .

## DASAR TEORI

### Geologi Daerah Penelitian

Geologi daerah penelitian terdiri dari empat formasi batuan yaitu formasi gajah mungkur(Qph), formasi kaligetas (Qpkg), formasi kerek (Tmk) dan andesit (Tma). Hal tersebut dapat dilihat pada peta geologi gunungapi Ungaran berikut



Gambar 1. Peta Geologi Gunungapi Ungaran

### Metode Geomagnetik

Metode geomagnetik merupakan salah satu metode geofisika yang didasarkan pada pengukuran variasi intensitas magnetik di permukaan bumi yang disebabkan adanya variasi anomali benda termagnetisasi dibawah permukaan bumi. Variasi intensitas magnetik yang terukur ditafsirkan dalam bentuk distribusi bahan magnetik bawah permukaan, kemudian dijadikan salah satu metode pendugaan keadaan geologi yang sebenarnya.

Penelitian geomagnetik merupakan pengukuran intensitas dari medan magnetik bumi, sedangkan anomali yang didapat merupakan hasil dari medan magnetik yang diakibatkan oleh material magnetik dari kerak bumi. Penelitian ini dapat mengkaji dalam menentukan bentuk geometri dari basement, Intrusi dan patahan.. Selain itu metode geomagnetik sering digunakan dalam eksplorasi pendahuluan minyak bumi, panas bumi, batuan mineral dan pencarian benda-benda arkeolog [1]

## Pengolahan Data Geomagnetik

### Kontinuasi ke atas

Kontinuasi ke atas atau upward continuation merupakan proses transformasi data medan potensial dari suatu bidang datar ke bidang datar lainnya yang lebih tinggi. Pada pengolahan data geomagnetik, proses ini dapat berfungsi sebagai filter tapis rendah yaitu untuk mereduksi efek magnetik lokal yang berasal dari berbagai sumber benda magnetik yang tersebar di permukaan topografi yang tidak terkait dengan survei

### Reduksi ke kutub

Reduksi ke kutub adalah salah satu filter pengolahan data magnetik untuk menghilangkan pengaruh sudut inklinasi magnetik. Filter tersebut diperlukan karena sifat dipole magnetik menyulitkan interpretasi data lapangan yang umumnya masih berpola asimetrik. Pada dasarnya reduksi kutub mencoba mentransformasikan medan magnet di suatu tempat menjadi medan magnet di kutub utara[2]

### Transformasi pseudogravitasi

Data pseudogravitasi merupakan gambaran analogis data gravitasi untuk benda dengan densitas yang memiliki kesebandingan dengan magnetisasi. Nilai kesebandingan yang dipakai adalah 1000 kg/m<sup>3</sup> per A/m. Potensial skalar magnetik suatu elemen material magnetik dan gaya gravitasi suatu elemen massa mempunyai kesamaan, Keduanya mempunyai besar yang berbanding terbalik dengan jarak sumbernya [3]

### Gradien horizontal

Gradien horizontal tercuram dari anomali gravitasi  $g_a(x,y)$  atau anomali pseudogravitasi yang disebabkan oleh benda batangan cenderung ada pada tepi benda. Tentu saja gradien tercuram akan terlokalisasi secara langsung diatas tepi benda tersebut [4]. Besarnya gradien horizontal anomali gravitasi atau anomali pseudogravitasi dituliskan pada persamaan berikut:

$$h(x,y) = \sqrt{\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2}} \quad (1)$$

dengan  $h(x,y)$  adalah harga gradien horizontal, dan  $\Delta g$  adalah harga anomali pseudo gravity pada  $(x,y)$

### Second Vertical Derivative

Analisa struktur menggunakan second vertical derivative dapat digunakan untuk mendeteksi jenis struktur geologi berupa cekungan atau intrusi dan patahan turun atau patahan naik. Secara teoritis teknik second vertical derivative diturunkan dari persamaan Laplace's untuk anomali gayaberat di permukaan yang diberikan sebagai persamaan ke 2 berikut:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = 0 \quad (2)$$

Sehingga *second vertical derivative* diberikan oleh persamaan 3

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = -\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \Delta g}{\partial y^2} \quad (3)$$

Untuk 1 D (data penampang) persamaannya menjadi:

$$\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial z^2} = -\frac{\partial^2 \Delta g}{\partial x^2} \quad (4)$$

Persamaan 4 menunjukkan second vertical derivative dari anomali gayaberat permukaan adalah sama dengan negative dari second horizontal derivative[5]

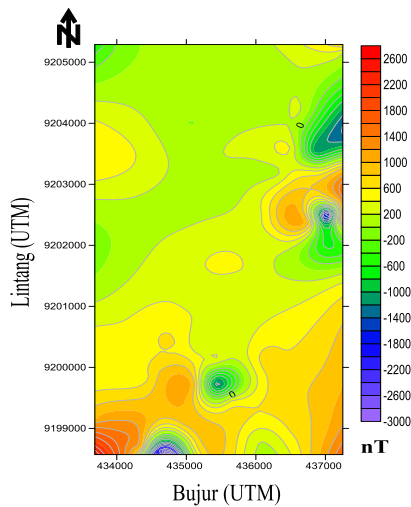
## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengolahan data geomagnetik dengan 5 macam filter yaitu filter kontinuasi ke atas, reduksi ke kutub Gradien horizontal, dan *second vertical derivative*. Dari hasil pengolahan kemudian dibuat model penampang dua dimensi pada kontur pseudogravitasi yang kemudian diinterpretasi mengenai bawah permukaan

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Anomali medan magnet**

Berdasarkan pengolahan data dengan perangkat lunak *Geosoft oasis montaj* diperoleh distribusi anomali medan magnet pada topografi yang ditunjukkan Gambar 2 dibawah ini:

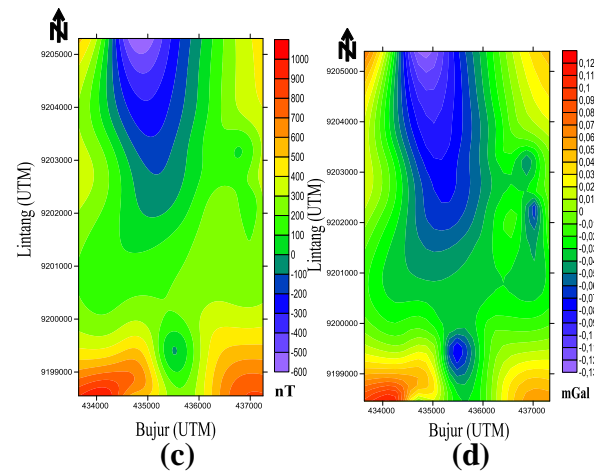
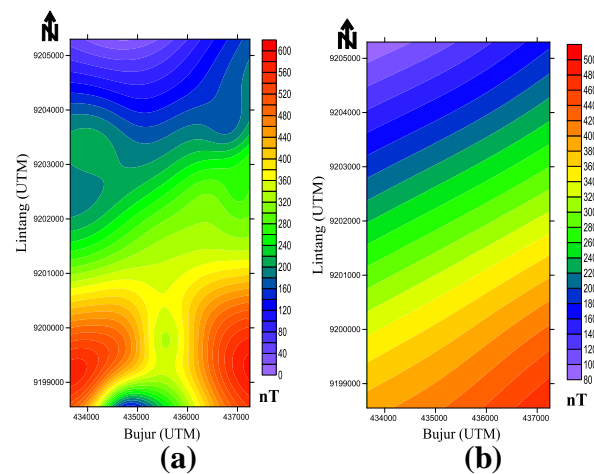


**Gambar 2.** Peta kontur anomali medan magnetik

nilai anomali medan magnetik di selatan yang merupakan daerah penelitian mempunyai jangkauan nilai -1000 s/d -1800 nT. Nilai anomali yang tinggi tersebar arah selatan-baratdaya, Sedangkan nilai anomali rendah tersebar arah utara-timur laut dan arah selatan. Anomali rendah ini bisa diduga bahwa adanya struktur geologi lemah yang terbentuk di bawah permukaan bumi. Perlu dilakukan penyelidikan tentang anomali regional pada anomali medan magnet guna menunjang atau memperjelas kenampakan struktur pada kontur anomali medan magnet tersebut dengan cara melakukan pengangkatan ke atas dengan ketinggian 600 meter. Pengangkatan ke atas meter ini sudah cukup untuk menunjukkan anomali regional. Semakin tinggi pengangkatan ke atas maka akan diperoleh trend anomali regional semakin baik. Anomali medan magnet

yang terkontinuasi ini selanjutnya direduksi ke kutub untuk menghilangkan efek dwikutub

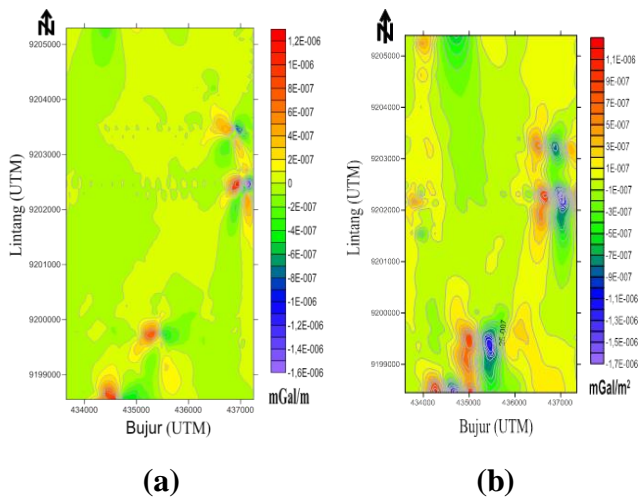
dan ditransformasi pseudogravitasi guna memudahkan dalam pendugaan lapisan bawah permukaan. Berikut kontinuitas ke atas, trend anomali, kontur anomali, reduksi ke kutub dan anomali pseudogravitasi yang ditunjukkan Gambar 3(a) dan 3(b) dan 3(c) dan 3(d) berikut ini:



**Gambar 3.** (a) Kontur kontinuasi ke atas (b) Trend anomali, (c) Kontur reduksi ke kutub, (d) Kontur pseudogravitasi

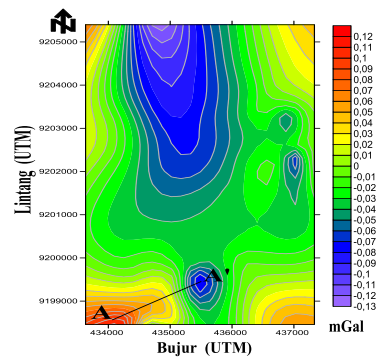
Kontur anomali pseudogravitasi (Gambar 3(c)) tersebut kemudian dilakukan analisa gradien horizontal dan gradien vertikal orde 2 yang

ditunjukkan oleh Gambar 4(a) dan 4(b) berikut ini:



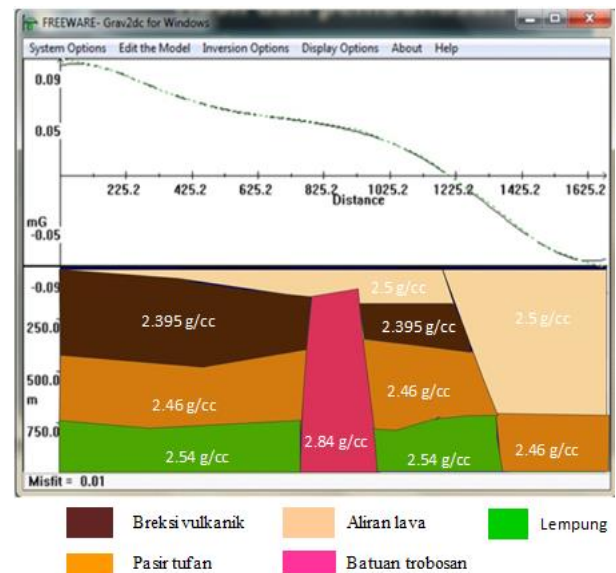
**Gambar 4** (a) Kontur gradien horizontal  
 (b) Kontur gradien vertikal orde-2

Dari gambar 4(a) dapat dijelaskan secara kualitatif bahwa benda penyebab anomali berada di dekat manifestasi mata air panas. adanya fluida panas yang mengisi pori-pori batuan sehingga menurunkan densitas dari batuan tersebut. Hal ini didukung oleh Gambar 4(b) Kontur pseudogravitasi yang memberikan nilai anomali rendah di dekat manifestasi mata air panas. Pada Gambar 4(a) kontur gradien horizontal menunjukkan kontras densitas yang kuat yang menandakan adanya struktur geologi. Struktur tersebut berupa sesar yang ditunjukkan oleh Gambar 4(b) kontur gradien vertikal orde-2 Untuk mengetahui lapisan bawah permukaan maka dibuat sayatan A-A' pada kontur pseudogravitasi yang di tunjukkan Gambar 5 dibawah ini:



**Gambar 5.** Sayatan A-A' pada peta kontur pseudogravitasi

dan hasil sayatan yang dibuat pada software Grav2DC di tunjukan Gambar 6 sebagai berikut:



**Gambar 6.** Penampang A-A' pada Grav2DC

Berdasarkan Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa kondisi bawah permukaan daerah manifestasi mata air panas Kendalisodo terdiri berbagai macam lapisan batuan dengan nilai densitas yang bervariasi. Lapisan pertama dengan densitas 2.5 g/cc merupakan formasi Gajahmungkur dengan aliran lava dan sebaran batuan andesit hornblende augit hasil endapan vulkanik dari Gunungapi Ungaran yang terjadi pada zaman kuartar. Lapisan kedua, ketiga dan keempat dengan densitas 2.395 g/cc, 2.46 g/cc

dan 2.54 g/cc merupakan lapisan dengan formasi kaligetas berupa breksi vulkanik, batupasir tufan dan lempung yang merupakan endapan sedimen yang terjadi pada zaman tersier. Lapisan kelima merupakan batuan beku trobosan dengan densitas 2.84 g/cc. Diperkirakan manifestasi panas bumi mata air panas Kendalisodo disebabkan adanya intrusi batuan beku dimana batuan tersebut menerobos batuan yang ada disekitarnya yang usianya relatif lebih tua dari usia intrusi batuan yang menerobosnya. Batuan tersebut dapat menerobos karena magma yang naik mengalami pembekuan yang sangat lambat dan magma tersebut bersifat volatil yang menyebabkannya terdorong ke atas sehingga menerobos batuan sekitarnya karena menemukan adanya rekahan atau bidang lemah pada batuan. Intrusi batuan beku juga menyebabkan timbulnya patahan/sesar. Bila mengacu pada informasi geologi daerah penelitian sesar tersebut memanjang dari barat laut-Tenggara. Sesar tersebut yang menjadi jalur mengalirnya fluida panas bumi menuju sumber mata air panas. Adanya gaya apung termal menyebabkan fluida panas bumi naik ke permukaan dan menyebabkan terjadinya manifestasi panas bumi yang berupa kemunculan mata air panas didaerah penelitian

## KESIMPULAN

1 Berdasarkan hasil pemodelan 2D didapatkan Lapisan pertama dengan densitas 2.5 g/cc merupakan formasi Gajahmungkur dengan aliran lava dan sebaran batuan andesit hornblende augit hasil endapan vulkanik. lapisan kedua, ketiga dan ke-empat dengan densitas 2.395 g/cc, 2.46 g/cc dan 2.54 g/cc merupakan lapisan dengan formasi kaligetas berupa breksi vulkanik, batupasir tufan dan lempung yang merupakan endapan sedimen dan lapisan kelima merupakan batuan beku trobosan dengan densitas 2.84 g/cc. Terdapat

intrusi batuan beku yang menerobos pada kedalaman 150 m hingga 750 m, menyebabkan terbentuknya struktur geologi berupa sesar.

- 2 Peta kontur gradien vertikal orde-2 disekitar area mata air panas Kendalisodo menunjukkan pasangan klosur positif dan negatif yang diindikasikan terdapat geologi berupa sesar naik dan intrusi batuan beku dibawahnya. Berdasarkan hasil pemodelan 2D didapatkan intrusi batuan beku yang menerobos endapan sedimen pada kedalaman 150 m hingga 750 m, menyebabkan terbentuknya struktur geologi berupa sesar. Hasil tersebut dibuktikan dengan kenampakan batuan andesit trobosan pada lapangan dan letak sumber mata air panas yang berada dekat dengan sesar
- 3 Munculnya Munculnya mata air panas Kendalisodo diakibatkan oleh struktur geologi yang berupa sesar yang menjadi jalur fluida panas bumi, yang mana panas tersebut berasal dari intrusi batuan beku yang masih menyimpan magma sisa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Lita, F., 2012, Identifikasi Anomali Magnetik di Daerah Prospek Panasbumi Arjuna-Welirang, Skripsi, FMIPA UI, Depok.
- [2]. Blakely, R.J., 1995, Potensial Theory in Gravity and Magnetic Application, Cambridge University Press, USA.
- [3]. Morse, M. (2010). Potential field methods prove effective for continental margin studies. *Ausgeo News*, Vol. 98, hal. 1-4.
- [4]. Grauch VSJ, Cordell L (1987) Limitations of determining density or magnetic boundaries from the horizontal

gradient of gravity or pseudogravity data. Short note, *Geophysics* 52(1) (1987), 118-121.

- [5]. Parera, T. A. F, et al., 2009, Pemodelan Tiga Dimensi Anomali Gravitasi dan Identifikasi Sesar Lokal Dalam Penentuan Jenis Sesar Di Sidoarjo,