

## **INTERPRETASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DAERAH MANIFESTASI PANASBUMI GEDONG SONGO GUNUNG UNGARAN MENGGUNAKAN METODE MAGNETIK**

Harri Yudianto dan Agus Setyawan

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl Prof Soedarto, SH. Tembalang Semarang.

Email: [harriyudianto@yahoo.com](mailto:harriyudianto@yahoo.com)

### **ABSTRACT**

*Interpretation of subsurface structure has done in Gedong Songo geothermal manifestation of Ungaran volcano using magnetic method. Interpretation of subsurface structure showed in two dimensions. The quantitative interpretation result show that, Gedong Songo is compose of 4 main layers. The first layer is sedimentary which consists of breccia, sandstone, pyroclastic deposits, alluvium, and top soil, it have a susceptibility value about  $7.0 \times 10^{-5}$  cgs emu, the second layer is an alteration of andesite lava, it has a susceptibility value about  $-1.0 \times 10^{-2}$  cgs emu. Third layer is composed of hornblende-augite andesite, it has a susceptibility value about  $1.34 \times 10^{-2}$  cgs emu, and the fourth layer is composed of andesite rock, it has susceptibility value about  $1.35 \times 10^{-2}$  cgs emu.*

*Keywords : Magnetic, susceptibility, geothermal, Gedong Songo*

### **INTISARI**

*Interpretasi struktur bawah permukaan telah dilakukan di daerah manifestasi panasbumi Gedong Songo Gunung Ungaran menggunakan metode magnetik. Interpretasi struktur bawah permukaan ditampilkan secara dua dimensi. Hasil interpretasi kuantitatif menggambarkan daerah Gedong Songo tersusun oleh 4 lapisan utama yaitu lapisan sedimen berupa breksi, batu pasir, endapan piroklastik, aluvium dan top soil dengan nilai suseptibilitas  $7,0 \times 10^{-5}$  cgs emu, lapisan kedua merupakan lava andesit yang teralterasi dengan nilai suseptibilitas  $-1,0 \times 10^{-2}$  cgs emu, lapisan ketiga berupa lava andesit augite-hornblenda dengan nilai suseptibilitas  $1,34 \times 10^{-2}$  cgs emu dan lapisan keempat berupa batuan andesit dengan nilai suseptibilitas  $1,35 \times 10^{-2}$  cgs emu.*

*Kata kunci: Magnetik, suseptibilitas, panasbumi, Gedong Songo.*

### **PENDAHULUAN**

Panasbumi merupakan salah satu energi terbarukan yang diharapkan mampu mengurangi pemakaian dan ketergantungan terhadap energi fosil. Indonesia memiliki potensi besar akan keberadaan energi panasbumi, karena sesuai demgam letaknya yang berada pada gugusan gunung api dan zona lempeng aktif dunia atau yang dikenal sebagai *Ring of Fire*. Oleh karena itu, di Indonesia banyak terdapat jajaran pegunungan yang menyimpan potensi panasbumi, salah satunya adalah Gunung Ungaran yang terletak di Provinsi Jawa Tengah, tepatnya berada di kabupaten Semarang dan kabupaten Kendal. Salah satu manifestasi panasbumi yang terdapat di Gunung Ungaran berada di daerah Gedong

Songo yang terletak di lereng selatan Gunung Ungaran.

Berbagai metode geofisika sudah pernah dilakukan untuk memastikan dan memperkirakan potensi panasbumi di lereng Gunung Ungaran. Beberapa penelitian tersebut dilakukan di lereng utara dan lereng selatan Gunung Ungaran. Penelitian yang pernah dilakukan di lereng utara salah satunya menggunakan metode geomagnet oleh [1] yang menyimpulkan struktur geologi bawah permukaan lereng utara merupakan sesar turun, pada batas antara endapan piroklastik dengan nilai suseptibilitas 0,0269 emu dan basalt dengan nilai suseptibilitas 0,0014 emu. Sesar ini menjadi zona lemah yang diterobos oleh fluida panas yang muncul ke permukaan

pada daerah Ngelimut dan Medini. Pada lereng selatan pernah dilakukan di Gedong Songo menggunakan metode geofisika seperti metode *Spontaneous-Potential (SP)* dan suhu oleh [2] yang menyimpulkan bahwa suhu di daerah fumarol meningkat pada tahun 2010 dengan aliran fluida di Gedong Songo mengarah ke tenggara, metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger* oleh [3] menyimpulkan bahwa manifestasi panasbumi yang muncul ke permukaan berasal dari patahan atau sesar turun dan daerah sekitar manifestasi panasbumi Gedong Songo sebagian besar merupakan lapisan lempung, metode gaya berat oleh [4] menunjukkan lapisan utama penyusun Gunung Ungaran adalah batuan andesit formasi Gajah Mungkur dengan massa jenis  $2,49 \text{ gr/cm}^3$ , batuan lava andesit dari formasi lava sumbing dengan massa jenis  $2,48 \text{ gr/cm}^3$  dan batuan basalt dari formasi Kaligesik dengan massa jenis  $2,60 \text{ gr/cm}^3$ , kemudian metode numerik yang dilakukan oleh [5] memperkirakan potensi panasbumi Gunung Ungaran sebesar 40,2 Mwe. Metode geofisika yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah metode geomagnet.

Metode geomagnet, merupakan metode geofisika *non-seismik* yang dapat digunakan untuk menginterpretasikan lapisan bawah permukaan beserta jenis batuan berdasarkan intensitas medan magnet yang terukur di permukaan. Variasi intensitas medan magnet di permukaan yang berbeda ini menunjukkan adanya anomali magnetik, dimana anomali magnetik umumnya disebabkan karena adanya perbedaan nilai suseptibilitas pada batuan penyusun daerah tersebut. Nilai suseptibilitas merupakan nilai yang menyatakan kemampuan suatu benda atau batuan untuk dapat termagnetisasi. Pendugaan jenis batuan didasarkan pada nilai suseptibilitas magnetik yang berbeda yang dimiliki setiap batuan. Pada daerah manifestasi panas bumi umumnya ditunjukkan dengan anomali negatif dan batuan pada daerah tersebut memiliki nilai suseptibilitas yang rendah karena mengalami proses alterasi. Namun karena hasil pengukuran intensitas medan magnet di permukaan masih dipengaruhi oleh medan magnet luar dan bersifat *dipole* (dwi

kutub), maka perlu dilakukan koreksi pada data tersebut dengan melakukan koreksi variasi harian, koreksi (*International Geomagnetic Reference Field*) *IGRF* dan untuk memudahkan proses interpretasi, maka sifat *dipole* nya harus dihilangkan dengan melakukan reduksi ke kutub sehingga diperoleh anomali medan magnet yang bersifat *monopole*. Selanjutnya dilakukan kontinuitas keatas (*Upward Continuation*) guna memisahkan anomali lokal dan regional. Tahapan terakhir adalah melakukan interpretasi baik secara kualitatif maupun kuantitatif [6].

## TINJAUAN PUSTAKA

### Geologi Gunung Ungaran

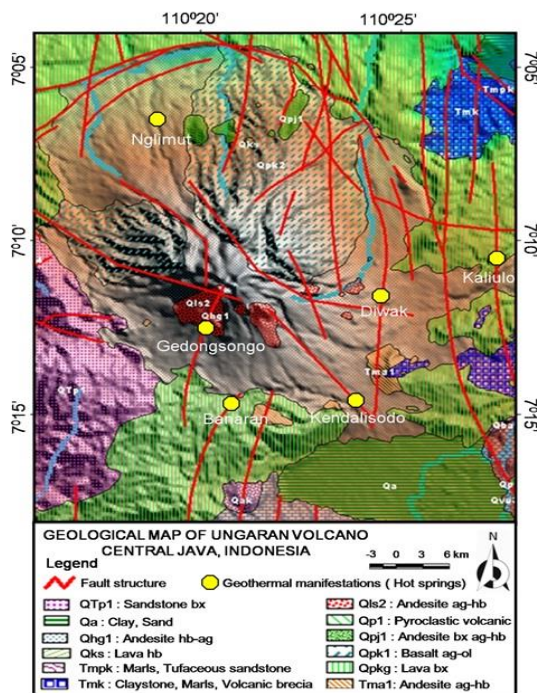
Gunung Ungaran merupakan gunung dengan tipe strato vulkanik yang terdiri dari batuan andesit dan basalt. Produk dari bentuk strato vulkanik bersinggungan dengan formasi tersier [7].

Menurut [8] Gunung Ungaran selama perkembangannya mengalami ambrolan tektonik yang diakibatkan oleh pergeseran gaya berat karena dasarnya yang lemah. Gunung Ungaran tersebut memperlihatkan dua angkatan pertumbuhan yang dipisahkan oleh dua kali robohan. Ungaran pertama menghasilkan batuan andesit di Kala Pliosen Bawah, di Pliosen Tengah hasilnya lebih bersifat andesit dan berakhir dengan robohan. Daur kedua mulai di Kala Pliosen Atas dan Holosen. Kegiatan tersebut menghasilkan daur Ungaran kedua dan ketiga. [9] menjelaskan stratigafi dari Gunung Ungaran yang terdiri dari batuan lava andesit, lava perlitik dan breksia vulkanik selama daur Ungaran kedua dan ketiga, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Komposisi batuan yang terdapat di Gunung Ungaran cukup bervariasi, terdiri dari basal olivin, andesit piroksen, andesit hornblende dan gabro. Batuan ubahan dijumpai di sekitar Gedongsongo yang ditunjukkan oleh munculnya mineral-mineral halosit, kaolinit, silika amorf, kristobalit, ilit, markasit, dan pirit. Batuan ubahan tersebut terdapat dekat fumarol dan mata air panas di

sepanjang aliran Sungai Item. Asosiasi kelompok mineral ubahan yang terbentuk menunjukkan temperatur bawah permukaan lapangan panasbumi Gedongsongo berkisar antara 70° - 200°C dan bersifat asam.

Sistem panasbumi yang berkembang di Gunung Ungaran secara geologi berada di zona depresi dengan litologi permukaan didominasi oleh batuan vulkanik berumur Kuartar berupa kerucut-kerucut muda. Struktur amblesan vulkanik (depresi) yang memanjang dari barat hingga tenggara mengontrol sistem panasbumi Ungaran. Batuan vulkanik penyusun pra-kaldera dikontrol oleh sistem sesar yang berarah barat laut-barat daya dan tenggara-barat daya. Pada Batuan vulkanik penyusun post- kaldera hanya terdapat sedikit struktur yang dikontrol oleh sistem sesar regional [7].



**Gambar 1.** Peta Geologi Ungaran modifikasi dari [9] berdasarkan citra landsat TM satelit tahun 1995 [10].

## DASAR TEORI Medan Magnet Bumi

Menurut *International Gemagnetic Reference Field* (2000), melalui perhitungan posisi simetris dimana *dipole* magnetik

memotong permukaan bumi, letak kutub utara magnet bumi adalah 79,3 N, 71,5 W dan 79,3 S , 108,5 E untuk kutub selatan [6]. Medan magnet utama bumi berubah terhadap waktu sehingga untuk menyeragamkan nilai-nilai medan utama bumi dibuat standar nilai yang disebut dengan *International Geomagnetics Reference Field (IGRF)* yang diperbaharui tiap 5 tahun sekali. Nilai IGRF tersebut diperoleh dari hasil pengukuran rata-rata pada daerah luasan sekitar 1 juta km yang dilakukan dalam waktu satu tahun [6].

Medan magnet bumi juga dipengaruhi oleh medan luar. Medan ini bersumber dari luar bumi yang merupakan hasil ionisasi di atmosfer yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet dari matahari. Sumber medan luar ini berhubungan dengan arus listrik yang mengalir dalam lapisan terionisasi di atmosfer, maka perubahan medan ini terhadap waktu jauh lebih cepat. Beberapa sumber medan luar antara lain [11].:

1. Perubahan konduktivitas listrik lapisan atmosfer dengan siklus 11 tahun.
2. Variasi harian (*diurnal variation*) dengan periode 24 jam yang berhubungan dengan pasang surut matahari dan mempunyai jangkauan 30 nT.
3. Variasi harian (*diurnal variation*) 25 jam yang berhubungan dengan pasang surut bulan dan mempunyai jangkauan 2 nT.
4. Badai magnetik (*magnetic storm*) yang bersifat acak dan mempunyai jangkauan sampai dengan 1000 nT.

Anomali medan magnet dihasilkan oleh benda magnetik yang telah terinduksi oleh medan magnet utama bumi, sehingga benda tersebut memiliki medan magnet sendiri dan ikut mempengaruhi besarnya medan magnet total hasil pengukuran. Variasi medan magnetik yang terukur dipermukaan merupakan target dari survei magnetik (anomali magnetik). Besarnya anomali magnetik berkisar ratusan sampai dengan ribuan nano-tesla, tetapi ada juga yang lebih besar dari 100.000 nT yang berupa endapan magnetik.

### Suseptibilitas Kemagnetan

Kemampuan suatu benda magnetik untuk dimagnetisasi ditentukan oleh suseptibilitas kemagnetan  $k$  dapat dirumuskan dengan persamaan 1 berikut [12].

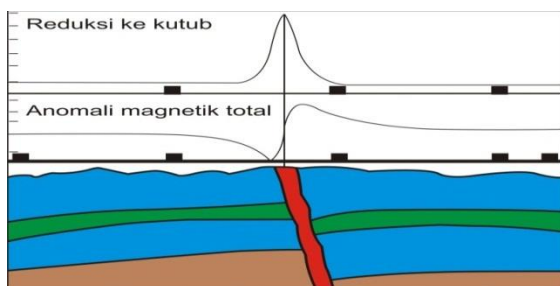
$$\vec{I} = k\vec{H} \quad (1)$$

Berdasarkan harga suseptibilitas  $k$ , benda-benda magnetik dapat dikategorikan sebagai *diamagnetik*, *paramagnetik*, *ferromagnetik*. *Diamagnetik* adalah benda yang mempunyai nilai  $k$  kecil dan negatif. *Paramagnetik* adalah benda magnetik yang mempunyai nilai  $k$  kecil dan positif. Sedangkan *Ferromagnetik* adalah benda magnetik yang mempunyai nilai  $k$  positif dan besar.

### 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 ke kutub (Gambar 2) mencoba mentransformasikan medan magnet di suatu tempat menjadi medan magnet di kutub utara magnetik.

[12] telah menggambarkan metode transformasi ke kutub untuk menyederhanakan interpretasi data magnetik pada daerah-daerah berlintang rendah dan menengah. Metode reduksi ke kutub magnetik bumi dapat mengurangi salah tahap yang rumit dari proses interpretasi, dengan anomali medan magnetik menunjukkan langsung posisi bendanya. Proses transformasi reduksi ke kutub dilakukan dengan mengubah arah magnetisasi dan medan utama dalam arah vertikal.



Gambar 2. Reduksi ke kutub [13].

### Kontinuitas ke atas

Kontinuitas ke atas dilakukan dengan mentransformasi medan potensial yang diukur di permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang lebih jauh dari sumber. Transformasi ini memperlemah anomali-anomali sebagai fungsi panjang gelombang. Semakin pendek panjang gelombangnya maka semakin besar atenuasinya. Konsep dasar kontinuitas ke atas berasal dari identitas ketiga teorema Green. Teorema ini menjelaskan bahwa apabila suatu fungsi  $H$  adalah harmonik, kontinu, dan mempunyai turunan yang kontinu di sepanjang daerah  $R$ , maka nilai  $H$  pada suatu titik  $P$  di dalam daerah  $R$  dapat dinyatakan dengan persamaan 2.8 [4] :

$$H(P) = \frac{1}{4\pi} \int_S \left( \frac{1}{r} \frac{\partial H}{\partial n} - H \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} \right) dS \quad (2)$$

dengan  $S$  menunjukkan permukaan daerah  $R$ ,  $n$  menunjukkan arah normal ke luar, dan  $r$  adalah jarak dari titik  $P$  ke suatu titik pada permukaan  $S$ . Persamaan (2) menjelaskan prinsip dasar dari kontinuitas ke atas, yaitu bahwa suatu medan potensial dapat dihitung pada setiap titik di dalam suatu daerah berdasarkan sifat medan pada permukaan yang melingkupi daerah tersebut.

### Filter Gradien Horisontal (*Horizontal Gradient*)

Gradien horisontal merupakan sebuah filter yang biasanya diterapkan pada anomali gravitasi, dengan tujuan mengetahui perubahan densitas tiba-tiba ke arah lateral, yang bisa mengindikasikan secara batas tepi benda penyebab anomali. Tentu saja gradien tercuram akan terlokasi secara langsung di atas tepi benda tersebut.

Teknik ini juga diaplikasikan untuk pengukuran magnetik yang ditransformasikan ke anomali magnetik, yang mana kasus gradien horisontal tercuram akan merefleksikan perubahan lateral tiba-tiba dalam magnetisasi. Besarnya gradien

horisontal pada medan magnetik dinyatakan pada persamaan 3 sebagai berikut :

$$H(x, y) = \left[ \left( \frac{\partial H}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial H}{\partial y} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

dimana  $H$  adalah anomali medan magnetik yang ditampilkan pada arah ( $x$ ) dan ( $y$ ).

### Filter Gradien Vertikal (*Vertical Gradient*)

Gradien vertikal merupakan salah satu filter yang diterapkan pada anomali gravitasi dan anomali magnetik dengan tujuan sama seperti pada gradien horisontal, yaitu mengetahui dan perubahan densitas tiba-tiba pada sebuah benda penyebab anomali. Metode yang diperoleh dari teorema green ini menunjukkan batas tepi dari suatu benda penyebab anomali dengan respon anomali nol atau netral, berbeda dengan gradien horisontal yang ditunjukkan dengan respon anomali tinggi.

Besarnya gradien vertikal orde pertama pada medan magnetik ditunjukkan pada persamaan 4 sebagai berikut :

$$H(z) = \frac{\partial H}{\partial z} \quad (4)$$

Dimana  $H$  adalah anomali medan magnetik yang ditampilkan dalam komponen pada arah ( $z$ ).

### METODE PENELITIAN

Data magnetik yang digunakan adalah data sekunder yang telah dilakukan koreksi variasi harian, dan koreksi IGRF diperoleh dari hasil pengukuran pada lereng selatan sekitar manifestasi panas bumi Gedong Songo Gunung Ungaran. Pada lereng selatan jumlah data yang terukur dan digunakan sebanyak 143 titik pada kordinat 9200714°LS – 9203973°LS dan 425896°BT - 428469°BT, dielevasi 965.5 meter hingga 1552.3 meter. Kemudian data anomali yang telah dikoreksi tersebut dijadikan masukan pembuatan kontur anomali medan magnet total. Tahap-tahap yang dilakukan pada penelitian ini :

1. Membuat peta kontur anomali medan magnet total berdasarkan data daerah penelitian yang telah dilakukan koreksi IGRF dan koreksi variasi harian.

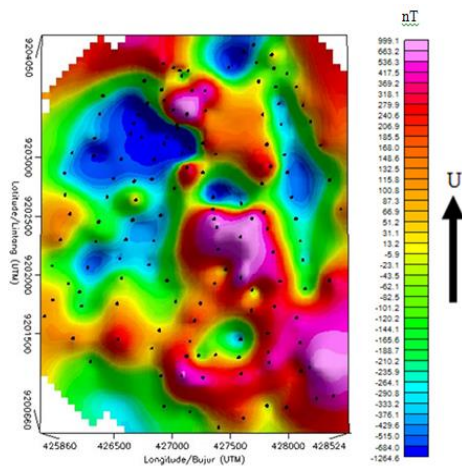
2. Melakukan reduksi ke kutub terhadap peta kontur anomali medan magnet total, untuk merubah sifatnya yang *dipole* menjadi *monopole*.
3. Melakukan transformasi kontinuasi ke atas sebesar 2000 meter untuk memisahkan anomali medan magnet regional dan anomali medan magnet residual.
4. Melakukan filter *horizontal gradient* dan *vertical gradient* pada anomali medan magnet total yang masih bersifat *dipole* untuk menganalisa keberadaan sesar atau batas kontak antar batuan.
5. Menginterpretasikan peta kontur anomali medan magnet residual secara kualitatif dengan menganalisa respon dari klosur-klosur anomali yang muncul.

Melakukan interpretasi secara kuantitatif dengan melakukan sayatan AA' dan BB' pada peta anomali medan magnet total untuk memodelkan struktur lapisan batuan dalam 2 dimensi untuk dianalisa dalam pembahasan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Peta Kontur Anomali Medan Magnet Total

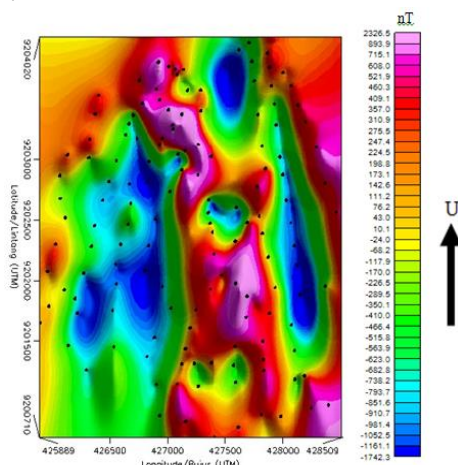
Peta kontur anomali medan magnet total adalah peta nilai intensitas medan magnet terukur disuatu titik yang dihasilkan oleh batuan dibawah permukaan yang menjadi target pengukuran magnetik. Peta kontur anomali medan magnet total diperoleh setelah melakukan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF pada data pengukuran intensitas medan magnet di lapangan. Peta kontur anomali medan magnet total untuk lereng selatan Gunung Ungaran ditampilkan pada Gambar 3 beserta titik pengukuran dilapangan.



**Gambar 3.** Peta kontur anomali medan magnet total lereng selatan Gunung Ungaran.

**Reduksi ke kutub**

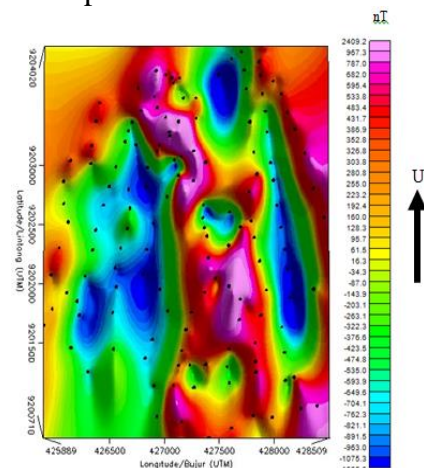
Dengan menghilangkan pengaruh inklinasinya agar berubah sifat medan magnet dari *dipole* menjadi *monopole*, dimana pada lereng selatan nilai inklinasinya sebesar  $-32,8^\circ$  yang diperoleh dari *database* NOAA NGDC (*National Oceanic and Atmospheric Administration. National Geophysical Data Center*). Hasil reduksi ke kutub pada lereng selatan dapat dilihat pada Gambar 4. Setelah bersifat *monopole*, terlihat perbedaannya jika dibandingkan dengan kontur anomali medan magnet yang masih bersifat *dipole*, beberapa klosur yang berpasangan telah menjadi klosur tunggal.



**Gambar 4.** Peta kontur anomali medan magnet lereng selatan setelah direduksi ke kutub.

**Kontinuasi ke atas**

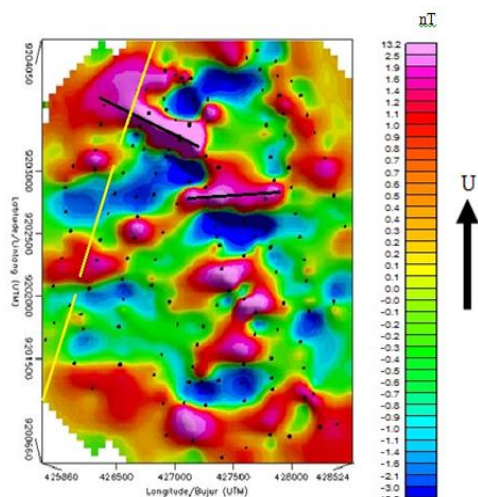
Proses kontinuasi ke atas dilakukan pada peta kontur anomali medan magnet yang telah bersifat *monopole*, diharapkan dengan melakukan operasi ini dapat memperhalus kontur anomali dan memperjelas efek lokal sehingga akan diperoleh anomali medan magnet regional dan anomali medan magnet lokal. Pada proses ini nilai kontinuasi yang digunakan adalah sebesar 2000 m, dengan tetap memperhatikan perubahan yang terjadi pada setiap pengangkatan sehingga tidak menghilangkan anomali yang sebenarnya mengandung informasi-informasi dari target penelitian. Hasil dari proses kontinuasi ini dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Peta kontur anomali medan magnet lereng selatan setelah dilakukan kontinuasi keatas sebesar 2000 m.

**Filter Gradien Horisontal (*Horizontal Gradient*)**

Apabila *horizontal gradient* mengenai batas lapisan batuan yang berbeda dan tidak sejajar, maka respon yang terlihat pada peta kontur medan magnet hasil pemfilteran menunjukkan nilai anomali medan magnet yang tinggi. Sehingga dapat menjadi dugaan bahwa pada daerah tersebut merupakan batas kontak batuan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



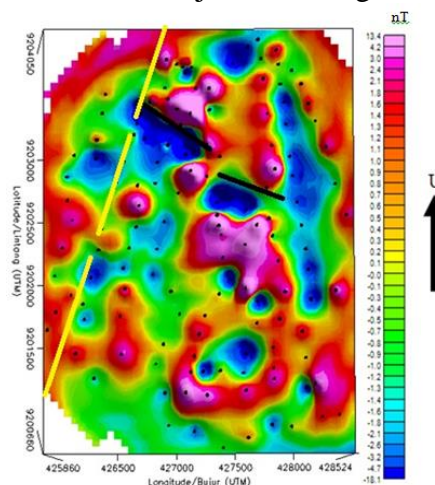
**Gambar 6.** Identifikasi batas batuan pada hasil pemfilteran anomali medan magnet menggunakan metode *horizontal gradient* pada arah  $90^\circ$

Berdasarkan hasil filter *horizontal gradient*, terdapat respon nilai anomali medan magnet yang tinggi pada daerah sekitar manifestasi panas bumi dan memotong sesar utama (Gambar 6). Hal ini menunjukkan bahwa daerah panas bumi Gedong Songo merupakan daerah sesar dan batas kontak antar batuan dengan zona lemah sehingga panas dapat naik ke permukaan yang ditunjukkan dengan adanya *upflow* berupa *hotspring* dan fumarol, sedangkan nilai anomali medan magnet yang tinggi pada hasil *horizontal gradient* berada di sisi tenggara manifestasi Gedong Songo. Diperkirakan hal ini disebabkan karena adanya batas kontak antara batuan lava andesit dari formasi lava sumbing dengan batuan andesit dari formasi Gajah Mungkur. Dimana batas kontak antar batuan ditunjukkan oleh garis hitam dan sesar ditunjukkan oleh garis kuning.

#### Filter Gradien Vertikal (*Vertical Gradient*)

Hasil pemfilteran *vertical gradient* digunakan untuk mengidentifikasi dan mencocokkan dengan hasil dugaan keberadaan sesar atau batas kontak batuan yang diperoleh dari filter *horizontal gradient*. Setelah dibandingkan ternyata terdapat kesamaan dimana pada sisi tenggara manifestasi panas bumi Gedong Songo terdapat respon nilai nol sebagai indikasi batas benda penyebab anomali

ditunjukkan pada Gambar 7. Dimana batas kontak antar batuan ditunjukkan oleh garis hitam dan sesar ditunjukkan oleh garis kuning.



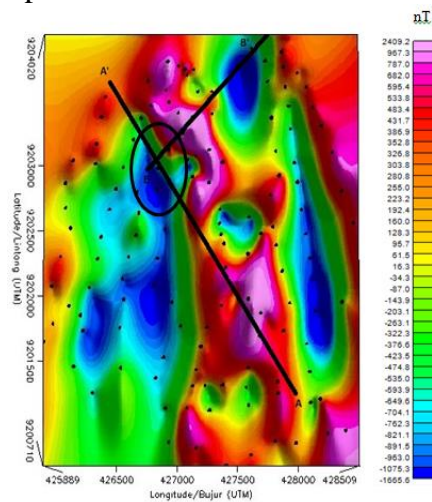
**Gambar 7.** Identifikasi batas batuan pada hasil pemfilteran anomali medan magnet menggunakan metode *vertical gradient*.

#### Interpretasi Kualitatif

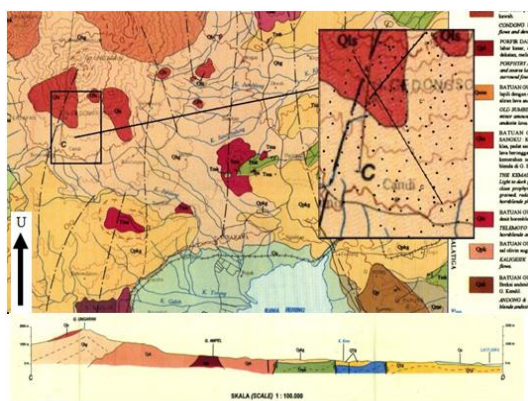
Interpretasi kualitatif dilakukan dengan menganalisa peta kontur anomali medan magnet total yang telah dikontinuasi ke atas dan telah bersifat *monopole*. Pada daerah penelitian, di dominasi oleh klosur bernilai rendah dan hanya ada dua buah klosur bernilai tinggi. Klosur yang bernilai rendah memiliki nilai kurang dari  $-150$  nT, klosur yang bernilai sedang berkisar dari  $-150$  nT hingga  $200$  nT dan klosur yang bernilai tinggi lebih dari  $200$  nT. Berdasarkan hal tersebut, pada lereng selatan yang didominasi klosur bernilai rendah atau negatif dapat diindikasikan sebagai zona lemah, sesar atau sebagai batas kontak antar batuan yang berbeda jenis dan nilai suseptibilitasnya, sehingga dapat menjadi celah atau rekahan naiknya fluida panas, serta dapat pula mengindikasikan zona alterasi.

Sayatan yang dilakukan pada lereng selatan dilakukan sebanyak dua sayatan yang saling memotong seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Kedua sayatan tersebut adalah AA' yang memanjang dari arah tenggara ke barat laut dan BB' memanjang dari arah barat daya ke timur laut. Penentuan sayatan didasarkan pada klosur nilai anomali medan

magnet positif dan negatif yang muncul, banyaknya titik pengukuran yang akan dilewati dan lapisan batuan utama penyusun daerah penelitian yang diperoleh berdasarkan informasi dari peta geologi dan beberapa penelitian sebelumnya. Daerah manifestasi panasbumi ditunjukkan dengan tanda lingkaran yang berwarna hitam pada Gambar 8. Untuk ayatan AA' dan BB' serta peta geologi daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 9 sebagai salah satu pedoman berisi informasi geologi dalam daerah penelitian, khususnya formasi batuan penyusun daerah penelitian.



**Gambar 8.** Peta kontur anomali medan magnet total lereng selatan yang dilakukan sayatan AA', dan BB'.

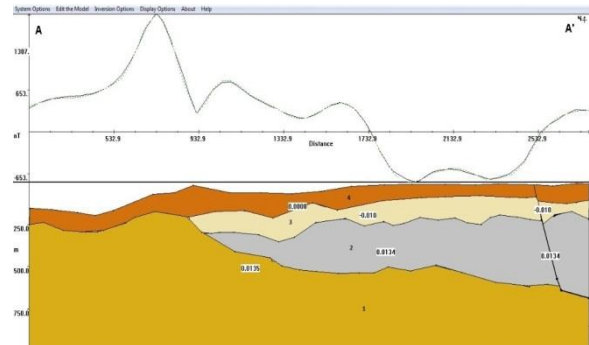


**Gambar 9.** Peta geologi daerah penelitian dan sayatan yang dilakukan

**Interpretasi Kuantitatif**

Pemodelan pertama adalah hasil sayatan AA' terdiri atas empat lapisan batuan penyusun

dengan batuan penyusun utamanya adalah batuan andesit yang ditunjukkan oleh Gambar 10.



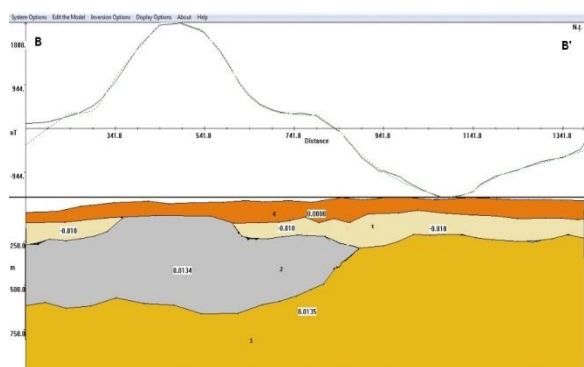
**Gambar 10.** Penampang lapisan secara dua dimensi sayatan AA'.

Panjang sayatan AA' sekitar 1968,4 meter, pada sayatan AA' ini dimodelkan dengan lapisan pertama (poligon4) yang merupakan lapisan sedimentasi. Lapisan sedimen tersebut diperkirakan tersusun atas batuan pasir, breksi, breksi lapuk, endapan piroklastik, aluvium dan *topsoil*. Lapisan ini memiliki nilai suseptibilitas  $7 \times 10^{-5}$  cgs emu yang diperkirakan mempunyai ketebalan antara kurang lebih 40 sampai 150 meter. Selanjutnya pada lapisan kedua (poligon3) diperkirakan merupakan lava andesit hasil aliran lava dari kubah yang mengalami alterasi akibat terpapar panas atau temperatur tinggi disekitar manifestasi fumarol dan karena faktor ketinggian yang semakin rendah ke arah selatan, sehingga diduga aliran fluida melewati celah batuan yang menyebabkan lapisan batuan ini teralterasi dan bersifat diamagnetik. Nilai suseptibilitas pada lapisan kedua ini adalah  $-1,0 \times 10^{-2}$  cgs emu. Diperkirakan lapisan kedua ini hasil aliran lava andesit dan masih satu kesatuan dengan lapisan ketiga, dimana ketebalan lapisan ini sekitar 30 hingga 100 meter yang terletak pada kedalaman hingga 250 meter dibawah permukaan tanah. Lapisan ketiga yang diperkirakan masih satu kesatuan dengan lapisan kedua yang berasal dari aliran lava andesit formasi lava sumbing, dengan ketebalan antara 100 hingga 300 meter pada kedalaman sekitar 250 sampai 550 meter dengan nilai suseptibilitas  $1,34 \times 10^{-2}$  cgs emu.



Lapisan yang terakhir diperkirakan batuan andesit dengan ketebalan bervariasi lebih dari 500 meter pada kedalaman bervariasi dibawah permukaan tanah. Batuan atau lapisan andesit yang berasal dari formasi Gunung api Gajah Mungkur ini terbentuk lebih tua dibandingkan lapisan yang diatasnya yang berupa aliran lava andesit dari formasi lava sumbing sebagai produk dari erupsi kubah. Namun karena jenis batuan yang hampir serupa diperkirakan nilai suseptibilitasnya pada lapisan keempat ini tidak berbeda jauh, yang diperkirakan sekitar  $1,35 \times 10^{-2}$  cgs emu.

Pemodelan kedua adalah pemodelan hasil sayatan BB' seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11 sebagai berikut :



**Gambar 11.** Penampang lapisan secara dua dimensi sayatan BB'.

Pada sayatan BB' yang membentang dari barat daya ke timur laut, dimodelkan pada lapisan pertama (poligon 4) yang merupakan lapisan sedimen dan terdiri atas batuan pasir, breksi, breksi lapuk, endapan piroklastik aluvium dan *top soil*. Lapisan ini memiliki nilai suseptibilitas  $7 \times 10^{-5}$  cgs emu, dan diperkirakan memiliki ketebalan 50 hingga 80 meter. Lapisan kedua (poligon 3) merupakan lapisan yang terbentuk oleh lava andesit namun mengalami alterasi, sehingga memiliki nilai suseptibilitas negatif  $-1,0 \times 10^{-2}$  cgs emu dengan ketebalan sekitar 50 hingga 100 meter, berada pada kedalaman antara 100 sampai 250 meter. Lapisan ketiga (poligon 2) adalah lapisan hasil aliran lava andesit dengan mineral *ferromagnesium augite-hornblenda* yang masih sama seperti lapisan kedua namun tidak mengalami alterasi, dengan nilai suseptibilitas  $1,34 \times 10^{-2}$  cgs emu dan ketebalan sekitar 250

meter yang diperkirakan berada pada kedalaman hingga 550 meter. Lapisan keempat (poligon 1) adalah batuan beku andesit, merupakan batuan penyusun utama Gunung Ungaran muda dengan ketebalan lebih dari 500 meter pada kedalaman yang bervariasi, dengan nilai suseptibilitas  $1,35 \times 10^{-2}$  cgs emu.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal dibawah ini :

1. Berdasarkan hasil interpretasi kualitatif, nilai anomali medan magnet rendah mendominasi daerah penelitian dibagian selatan, karena pada daerah tersebut mengalami proses alterasi dan merupakan daerah aliran fluida panas sebagai tanda keberadaan manifestasi panasbumi.
2. Daerah penelitian didominasi 4 lapisan batuan penyusun yaitu lapisan sedimen dengan nilai suseptibilitas  $7,0 \times 10^{-5}$  cgs emu, batuan lava andesit yang teralterasi dengan nilai suseptibilitas  $-1,0 \times 10^{-2}$  cgs emu, lava andesit (formasi lava sumbing) *augite-hornblenda* dengan nilai suseptibilitas  $1,34 \times 10^{-2}$  cgs emu dan batuan andesit (formasi Gajah Mungkur) dengan nilai suseptibilitas  $1,35 \times 10^{-2}$  cgs emu.
3. Berdasarkan hasil analisa pemodelan, sesar dan batas kontak antar batuan yang berbeda jenis atau formasinya dinyatakan sebagai zona lemah yang *permeable* untuk fluida panas naik ke permukaan dan mengalterasi batuan didekat permukaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Boko, Wahyudi, dan Imam Suyanto. 2003, *Analisis Data Magnetik Untuk Mengetahui Struktur Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Air Panas di Lereng Utara Gunung Api Ungaran*, Program Studi Geofisika Fakultas Matematika dan Ilmu

- Pengetahuan Alam Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [2]. Ilfa, A., 2011, *Study Korelasi Antara Suhu dan Aliran Fluida Terhadap Aktifitas Panas Bumi di Daerah Manifestasi Panas Bumi Gedongsongo Gunung Ungaran Kabupaten Semarang Jawa Tengah*, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro, Semarang.
- [3]. Prasetyo, Bagus, B., 2012, *Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Area Manifestasi Geothermal Gedong Songo Lereng Selatan Gunung Ungaran*, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4]. Tarmidzi, F., 2013, *Aplikasi Metode Bidimensional Empirical Mode Decomposition (BEMD) Untuk Data Gaya Berat Gunung Ungaran Indonesia*. Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5]. Setyawan, A., Ehara, S., Fujimitsu, Y., Nishijima, J., Saibi, H., Aboud, E., 2009, *The gravity anomaly of Ungaran Volcano, Indonesia: analysis and interpretation*, vol.31., No.2., J. Geotherm, Res.Soc., Japan
- [6]. Blakely, R.J., 1995, *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, New York.
- [7]. Budiardjo, Nugroho, dan Budihardi., 1997, *Resources characteristic of the Ungara field, Central Java, Indonesia. Proceedings of the Nationalseminar of Human Resources Indonesian Geologist, Geological Engineering Mineral Tecnology Faculty, UPN "Veteran", Yogyakarta*, pp. 139-147.
- [8]. Bemmelen, V.R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*. The Hague Martinus Nijnhoff, Vol. IA.
- [9]. Thanden RE, Sumadirdja H, Richard PW, Sutisna K. dan Amin TC., 1996, *Peta Geologi Regional Lember Magelang dan Semarang, skala 1 : 100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [10]. Setyawan, A., Fujimitsu, Y., Fukuoka, K., Nishijima, J., Ehara, S., Saibi, H., 2007, *Geophysical Investigation of Ungaran Volcavo, Central Java, Indonesia*, Proceedings 29<sup>th</sup>, New Zeland.
- [11]. Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E, 1990, *Applied Geophysics*, second edition, Cambridge University Press, London.
- [12]. Baranov, H. dan Naudy, H., 1964, *Numerica Calculation of the Formula of Reduction to Pole*, Geophysics, 29, 67-69
- [13]. Arkani-Hamed, J., 1988, *Differential Reduction to the Pole of Regional Magnetic Anomalies*, Geophysics Vol.53 No.12 1292-1600.