

## INTERPRETASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN BERDASARKAN DATA GEOMAGNETIK PADA DAERAH MATA AIR PANAS JATIKURUNG KABUPATEN SEMARANG

*Laela Fitria, Tony Yulianto dan Udi Harmoko*

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*Email: laelafitria@st.fisika.undip.ac.id*

### ABSTRACT

*The interpretation of subsurface structure and the identification of caused of the hot springs Jatikurung by using magnetic method have been successfully carried out. In this study, magnetic data acquisition was carried out in 71 points by using a PPM (Proton Precession Magnetometer) geometrics type of GSM 19T models to get the values of the total magnetic field. Data processing began with IGRF (International Geomagnetic Reference Field) correction and diurnal correction to get the total magnetic anomaly. The corrected data has been used to create total magnetic anomaly contour. The total magnetic anomaly contour has been used to process reduction to plan surface. The result of reduction to plan surface has been used to create a contour upward continuation and then made reduction to the poles. The result of research showed the total magnetic anomaly closure pair of positive and negative indicated a fault zone below the surface. The closure pair of positive and negative close to the manifestation was made an incision to determine the subsurface structure of the region by creating a model of 2-dimensional (2D) using software Mag2DC. In 2D modeling result show that there was a fault zone about 1200 meters depth. At a depth of 326 to 1200 meters was interpreted as a cap rock with a value 0.2926 (SI). The exhibition of the hot springs Jatikurung was interpreted by the finding of adjacent fault with igneous intrusion which was estimated to save the residual of magma that can be used as a heat source.*

*Keywords: geothermal, total magnetic anomaly, fault, susceptibility, intrusive rocks*

### ABSTRAK

*Interpretasi struktur bawah permukaan dan identifikasi penyebab munculnya mata air panas Jatikurung dengan metode magnetik telah berhasil dilakukan. Dalam penelitian ini, pengukuran dilakukan pada 71 titik menggunakan satu buah Proton Precession Magnetometer (PPM) tipe geometrics model GSM 19T untuk mendapatkan nilai medan magnet total. Pengolahan data diawali dengan koreksi International Geomagnetic Reference Field (IGRF) dan koreksi variasi harian untuk mendapatkan anomali medan magnet total. Data yang telah dikoreksi digunakan untuk membuat kontur anomali medan magnet total. Kontur anomali medan magnet total digunakan untuk proses reduksi bidang datar. Hasil reduksi bidang datar digunakan untuk proses pengangkatan ke atas, kemudian dilakukan reduksi ke kutub. Hasil penelitian berupa anomali medan magnet total yang menunjukkan pasangan klosur positif dan klosur negatif yang mengindikasikan adanya zona sesar dibawah permukaan. Pasangan klosur positif dan klosur negatif yang dekat dengan manifestasi dibuat sayatan untuk mengetahui struktur bawah permukaan daerah tersebut dengan membuat model 2 dimensi (2D) menggunakan perangkat lunak Mag2DC. Pada pemodelan 2D didapatkan struktur bawah permukaan berupa zona sesar hingga kedalaman 1200 meter. Pada kedalaman 326 sampai 1200 meter diinterpretasikan sebagai batuan penudung dengan nilai suseptibilitas 0,2926 (SI). Munculnya mata air panas Jatikurung diinterpretasikan dengan ditemukannya sesar yang berdekatan dengan intrusi batuan beku yang di dalamnya diperkirakan masih menyimpan magma sisa yang dapat dijadikan sebagai sumber panas.*

*Kata kunci : panas bumi, anomali medan magnet total, sesar, suseptibilitas, intrusi batuan*

### PENDAHULUAN

Terdapat manifestasi di sekitar gunung api Ungaran berupa *fumarole*, air panas dan batuan ubahan. Manifestasi *fumarole* terdapat di daerah Gedongsongo dan mata air panas tersebar dalam enam kelompok yaitu di daerah

Gedongsongo, Nglimut, Karangjoho, Diwak, Kaliulo dan Jatikurung [1].

Beberapa penelitian geofisika telah dilakukan di sekitar mata air panas Diwak-Derekan yang menginterpretasikan fluida panas yang muncul akibat terpanaskan oleh sumber panas dari sebelah selatan daerah penelitian

[2][3]. Interpretasi ini diperkuat dengan penelitian sebelumnya bahwa di Kendalisodo (berada di sebelah selatan Diwak-Derekan) memiliki sistem geotermal yang terpisah dengan Gedongsongo [4].

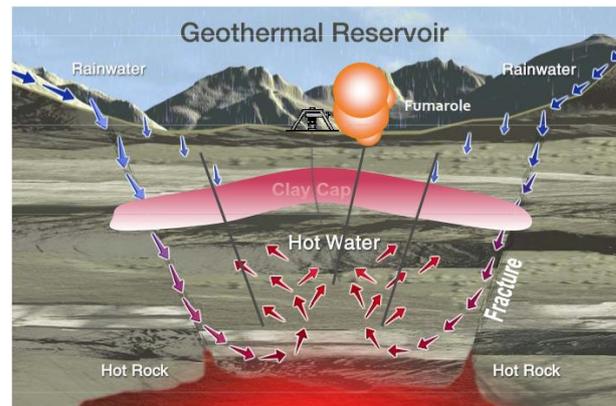
Pada area sebelah selatan Diwak-Derekan juga ditemukan adanya intrusi batuan beku yang letaknya berseberangan dengan Kendalisodo. Terdapat mata air panas yang lokasinya dekat dengan intrusi tersebut yaitu mata air panas Jatikurung. Intrusi batuan ini diduga masih menyimpan magma sisa yang dijadikan sebagai sumber panas pada mata air panas tersebut, sehingga penelitian ini menitikberatkan pengukuran di sekitar mata air panas Jatikurung. Penelitian ini dilakukan untuk menginterpretasikan struktur bawah permukaan dan mengidentifikasi munculnya mata air panas Jatikurung dengan menggunakan metode geomagnetik.

Metode geomagnetik dapat menunjukkan variasi medan magnet bumi yang diukur dari permukaan bumi. Hasil interpretasi dengan metode ini diharapkan dapat mengetahui struktur geologi bawah permukaan pada daerah penelitian, sehingga struktur geologi tersebut dapat dijadikan perkiraan sebagai jalur keluarnya fluida panas ke permukaan [5].

## DASAR TEORI

### Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi merupakan energi yang tersimpan dalam bentuk air panas atau uap panas pada geologi tertentu pada kedalaman beberapa kilometer di dalam kerak bumi ditunjukkan pada gambar 1. Sistem panas bumi meliputi panas dan fluida yang memindahkan panas mengarah ke permukaan [6].



**Gambar 1** Model sistem panas bumi [7]

Sistem panas bumi terdiri dari empat elemen yaitu sumber panas (*heat source*), *reservoir*, batuan penudung (*cap rock*) dan fluida panas [8].

### Medan Magnet Bumi

Sumber medan magnet bumi terdiri dari 3 macam unsur medan magnet yang ada di bumi yaitu medan magnet utama bumi, medan magnet luar bumi dan medan magnet anomali [9].

Medan magnet utama merupakan medan rata-rata hasil pengukuran dalam jangka waktu yang cukup lama mencakup daerah yang luas lebih dari  $10^6 \text{ km}^2$ . Medan magnet utama bumi berubah terhadap waktu sehingga untuk menyeragamkan nilai-nilai medan magnet utama bumi, dibuat standar nilai yang disebut *International Geomagnetism Reference Field (IGRF)* yang diperbaharui setiap 5 tahun sekali. Medan magnet luar bumi merupakan hasil ionisasi di atmosfer yang ditimbulkan oleh sinar ultraviolet dari matahari. Medan magnet anomali dihasilkan oleh benda magnetik yang telah terinduksi oleh medan magnet utama bumi.

### Suseptibilitas Magnetik

Jika suatu benda terinduksi oleh medan magnet  $\overline{H}$ , maka pada besar intensitas magnetik yang dialami oleh benda tersebut ditunjukkan pada persamaan (1).

$$\overline{M} = k\overline{H} \quad (1)$$

dengan  $\bar{M}$  adalah intensitas magnetisasi dan  $k$  adalah suseptibilitas magnetik. Suseptibilitas magnetik dapat diartikan sebagai derajat kemagnetan suatu benda. Harga  $k$  pada batuan akan semakin besar apabila di dalam batuan semakin banyak dijumpai mineral yang bersifat magnetik [9].

## METODE PENELITIAN

Metode magnetik digunakan untuk mengetahui variasi medan magnet di daerah penelitian. Variasi tersebut disebabkan oleh sifat kemagnetan yang tidak homogen dari kerak bumi. Target dari survei magnetik adalah pengukuran variasi medan magnet di permukaan bumi. Variasi medan magnet dihasilkan oleh benda magnetik yang telah terinduksi oleh medan magnet utama bumi, sehingga benda tersebut memiliki medan magnet sendiri dan ikut mempengaruhi besar medan magnet total hasil pengukuran.

Desain survei yang mengacu pada informasi geologi daerah penelitian dibuat dan dilanjutkan dengan akuisisi data. Pada penelitian ini didapatkan 71 titik pengukuran dan 28 titik pengukuran dari penelitian sebelumnya menggunakan *Proton Precession Magnetometer* (PPM) tipe *geometrics* model GSM19T untuk mendapatkan nilai medan magnet total.

Data yang diperoleh dari lapangan kemudian diolah dengan beberapa koreksi dan filter. Beberapa koreksi yang dilakukan terhadap data medan magnet total yaitu:

### Koreksi IGRF dan variasi harian

Koreksi IGRF dilakukan dengan cara mengurangkan nilai IGRF terhadap nilai medan magnetik total yang telah terkoreksi harian pada setiap titik pengukuran pada posisi geografis yang sesuai. Koreksi harian (*diurnal correction*) merupakan penyimpangan nilai medan magnetik bumi akibat adanya perbedaan waktu pengukuran data medan magnetik di setiap lokasi. Kedua koreksi ini ditunjukkan pada persamaan (2).

$$\Delta H = H_{total} \pm H_{diurnal} - H_{IGRF} \quad (2)$$

dengan  $\Delta H$  adalah medan magnet anomali dan  $H_{total}$  adalah medan magnet total yang terukur di permukaan bumi.

### Reduksi bidang datar

Anomali medan magnet ini masih berada pada topografi yang tidak rata, sehingga data anomali tersebut perlu diproyeksikan ke bidang datar dengan ketinggian yang sama. Teknik untuk mentransformasi data anomali medan magnetik ke bidang datar pada penelitian ini digunakan teknik sumber ekuivalen (*equivalent source*) yang ditulis dengan menggunakan program *Matlab 7.0*.

### Kontinuasi ke atas

Kontinuasi ke atas merupakan proses reduksi data magnetik yang terukur di atas permukaan yang lebih tinggi. Reduksi ini dilakukan terhadap data anomali medan magnet di bidang datar menggunakan *software Magpick* untuk menghilangkan pengaruh lokal yang berasal dari sumber-sumber di permukaan dan memperjelas dari anomali regionalnya. Proses ini tidak dapat dilakukan sembarangan karena jika pengangkatan dilakukan terlalu tinggi akan mengakibatkan hilangnya informasi di daerah penelitian. Pemilihan dalam pengangkatan dilakukan dengan pertimbangan pada ketinggian daerah lokasi penelitian.

### Reduksi ke kutub

Data anomali medan magnet hasil kontinuasi ke atas direduksi ke kutub agar dapat melokalisasi daerah-daerah dengan anomali maksimum tepat berada di atas tubuh benda penyebab anomali, sehingga dapat memudahkan dalam melakukan interpretasi. Reduksi ke kutub dilakukan dengan cara membuat sudut inklinasi benda menjadi  $90^\circ$  dan deklinasinya  $0^\circ$ . Dengan dilakukan reduksi ke kutub diharapkan dapat menghasilkan pola anomali magnetik bersifat monopole, sehingga memudahkan dalam interpretasi secara kualitatif.

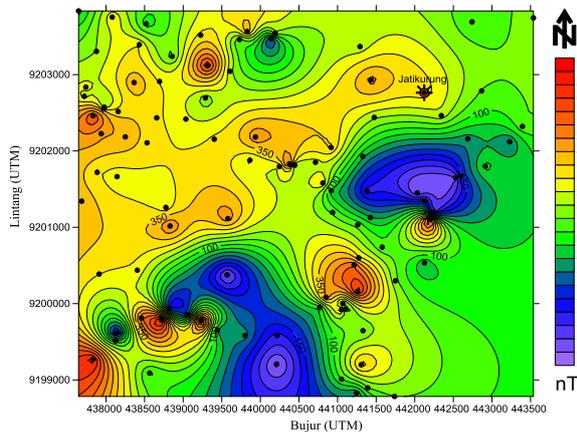
### Interpretasi

Interpretasi kualitatif didasarkan pada pola kontur anomali magnetik yang bersumber dari distribusi benda termagnetisasi. Pola anomali magnetik yang dihasilkan ditafsirkan berdasarkan informasi geologi daerah penelitian dalam bentuk distribusi benda magnetik atau struktur geologi yang dijadikan dasar pendugaan terhadap keadaan geologi yang sebenarnya.

Interpretasi kuantitatif untuk menentukan bentuk model, kedalaman dan harga susceptibilitas benda anomali atau struktur geologi melalui pemodelan dengan *software Mag2DC*. Untuk melakukan interpretasi kuantitatif tergantung pada anomali magnetik yang diperoleh, sasaran yang dicapai dan ketelitian hasil pengukuran.

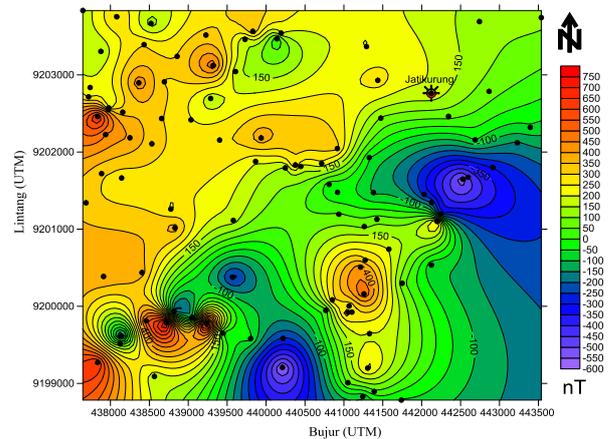
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil data anomali medan magnetik didapatkan peta kontur yang ditunjukkan pada gambar 2. Pola kontur anomali medan magnet terdiri dari pasangan klosur positif dan negatif yang menunjukkan bahwa anomali medan magnet ini bersifat *dipole* (dwi kutub).

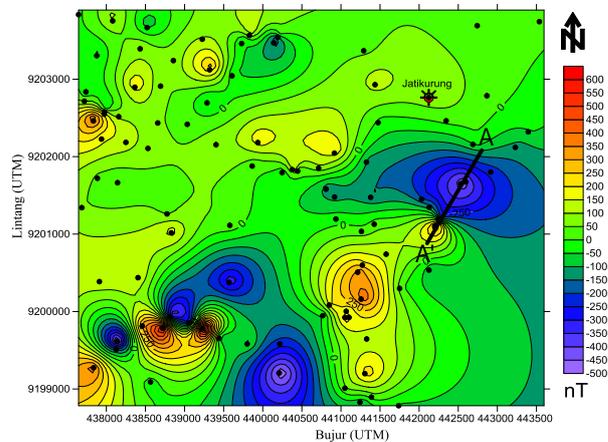


**Gambar 2** Peta kontur anomali medan magnetik

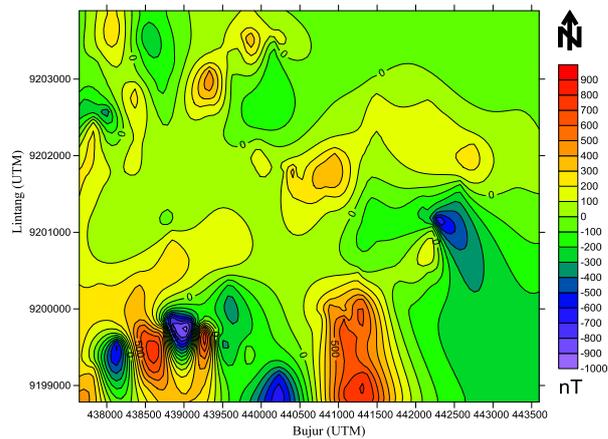
Peta kontur anomali magnetik tersebut masih berada pada topografi yang tidak rata dan masih terpengaruh oleh anomali lokal. Hasil filter ditunjukkan pada gambar 3.



(a)



(b)

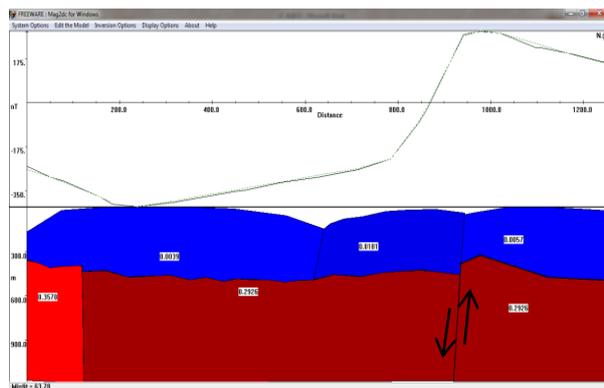


(c)

**Gambar 3** (a) Peta kontur anomali medan magnet pada bidang datar, (b) Peta kontur setelah dilakukan pengangkatan ke atas setinggi 600 m dan (c) Peta kontur anomali setelah direduksi ke kutub

Dari peta kontur yang telah dikontinuasi ke atas dibuat sayatan A-A' yang berarah Timur laut-Barat daya. Sayatan ini digunakan untuk pembuatan pemodelan struktur bawah permukaan pada daerah penelitian. Pemodelan dengan pembuatan sayatan diharapkan dapat menjelaskan struktur bawah permukaan yang berupa sesar maupun sistem panas bumi sebagai penyebab anomali. Pemodelan ini disesuaikan dengan informasi geologi maupun penampakan permukaan di daerah penelitian.

Pemodelan yang dibuat merupakan hasil sayatan A-A' dengan sisi Timur laut di bagian kiri dan sisi Barat daya di bagian kanan pada gambar 4. Berdasarkan pemodelan pada sayatan A-A' tersusun atas 2 lapisan batuan.



Gambar 4 Hasil pemodelan sayatan A-A'

Lapisan pertama dalam pemodelan terdiri dari 3 batuan dengan nilai suseptibilitas yang berbeda. Batuan pertama memiliki nilai suseptibilitas 0,0039 berada hingga kedalaman 429 m dari permukaan. Batuan kedua memiliki nilai suseptibilitas 0,0181 yang berada pada kedalaman 14 m hingga 429 m. Batuan ketiga memiliki nilai suseptibilitas 0,0057 yang berada hingga kedalaman sekitar 326 m. Lapisan ini merupakan batupasir dan perlapisan batuan lanau.

Pada lapisan kedua tersusun atas 3 batuan dengan nilai suseptibilitas yang berbeda. Lapisan kedua ini merupakan batuan andesit-basaltik. Pada batuan pertama memiliki nilai suseptibilitas sebesar 0,3570 yang berada pada kedalaman 356 m hingga 1200 m. Di dalam

batuan ini diindikasikan terdapat mineral magnetit yang cukup banyak karena nilai suseptibilitasnya yang cukup besar. Batuan yang kedua memiliki nilai suseptibilitas 0,2926 yang berada pada kedalaman 429 m hingga 1200 m, sedangkan pada batuan ketiga memiliki suseptibilitas yang sama dengan batuan kedua yang berada pada kedalaman 326 m hingga 1200 m. Pada lapisan kedua ini terlihat dalam pemodelan bahwa batuan kedua relatif turun terhadap batuan yang ketiga. Terbentuknya sesar ini dianalisis sebagai penyebab munculnya mata air panas Jatikurung. Adanya sesar di daerah ini juga diperkuat dengan kenampakan di permukaan yaitu adanya sungai (Kali Bade) yang membentang dari Timur laut menuju Barat daya.

Pada batuan kedua dan ketiga juga mengalami penurunan nilai suseptibilitas dibandingkan dengan batuan pertama pada lapisan kedua. Batuan yang berada lebih dalam dan mengalami penurunan suseptibilitas menunjukkan bahwa batuan tersebut telah mengalami kontak panas dengan batuan panas yang ada di bawahnya. Batuan yang berada di bawahnya dianalisis merupakan tempat terakumulasinya fluida panas disebut *reservoir* panas bumi. Kedua batuan pada lapisan kedua ini yang berada pada kedalaman 326 m hingga 1200 m diperkirakan sebagai batuan penutup (*cap rock*) dari manifestasi air panas Jatikurung.

Sumber panas pada manifestasi ini diinterpretasikan dari intrusi batuan beku di dekat daerah mata air panas tersebut yang didalamnya masih menyimpan magma sisa, sehingga dapat diartikan bahwa manifestasi air panas Jatikurung muncul akibat fluida yang mengalami kontak panas dengan aliran lava pada intrusi batuan dan fluida tersebut naik ke permukaan melalui zona sesar.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan, maka diperoleh kesimpulan:

1. Peta kontur anomali medan magnetik di sekitar area mata air panas Jatikurung menunjukkan pasangan klosur positif dan negatif yang diindikasikan terdapat struktur geologi berupa sesar di bawahnya. Pada hasil pemodelan didapatkan struktur bawah permukaan hingga kedalaman 1200 m. Pada kedalaman 326 m hingga 1200 m diperkirakan sebagai batuan penudung (*cap rock*) dengan nilai susceptibilitas 0,2926.
2. Munculnya mata air panas Jatikurung diinterpretasikan dengan ditemukannya sesar turun dan diduga sumber panas berasal dari intrusi batuan beku di dekatnya yang masih menyimpan magma sisa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Zarkasyi, A., Rezky, Y. dan Nurhadi, M., 2011, Keprospekan Panas Bumi Gunung Ungaran Berdasarkan Analisis Geosain Terpadu, *Buletin Sumber Daya Geologi*, Vol. 6, No. 3, hal. 23–29.
- [2]. Nuha A. M. U., Yulianto, T. dan Harmoko, U., 2014, Interpretasi Bawah Permukaan Sumber Air Panas Diwak-Derekan Berdasarkan Data Magnetik, *Youngster Physics Journal*, Vol. 2, No. 3, hal. 129–134.
- [3]. Ilmi, S., Harmoko, U. dan Widada, S., 2014, Interpretasi Bawah Permukaan Sistem Panas Bumi Diwak dan Derekan Berdasarkan Data Gravitasi, *Youngster Physics Journal*, Vol. 3, No. 2, hal. 165–170.
- [4]. Rezky, Y., Zarkasyi, A. dan Risdianto, D., 2012, Sistem Panas Bumi dan Model Konseptual Daerah Panas Bumi Gunung Ungaran, Jawa Tengah, *Buletin Sumber Daya Geologi*, Vol. 7, No. 3, hal. 109–117.
- [5]. Nuha, D. Y. U. dan Avisena, N., 2012, Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Daerah Sumber Air Panas Songgoriti Kota Batu Berdasarkan Data Geomagnetik, *Jurnal Neutrino*, Vol. 4, No. 2, hal. 178–187.
- [6]. Broto, S. dan Putranto, T. T., 2011, Aplikasi Metode Geomagnet dalam Eksplorasi Panasbumi, *Teknik*, Vol. 1, No. 32, hal. 79-87. Daud, Y., 2010, Reducing Emission from Geothermal Energy Technology, *International Climate Change workshop Wisma Makar*, Geothermal Laboratory University of Indonesia, 18-19 Maret 2010.
- [7]. Daud, Y., 2010, Reducing Emission from Geothermal Energy Technology, *International Climate Change workshop Wisma Makar*, Geothermal Laboratory University of Indonesia, 18-19 Maret 2010.
- [8]. Hermawan, D., Widodo, S. dan Mulyadi, E., 2012, Sistem Panasbumi Daerah Candi Umbul-Telomoyo Berdasarkan Kajian Geologi dan Geokimia, *Buletin Sumber Daya*, Vol. 7, No. 1, hal. 1–6.
- [9]. Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sherrif, R. E., 1990. *Applied Geophysics 2nd edition*, Cambridge University Press, London.