

IDENTIFIKASI PANAS BUMI DIWAK DAN DEREKAN KECAMATAN BERGAS KABUPATEN SEMARANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE AUDIOMAGNETOTELLURIK

Elvera Yuanita Rukmana dan Udi Harmoko

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

E-mail: elverageophysics@gmail.com

ABSTRACT

Audio-Magnetotellurics (AMT) surveys has been conducted in September 2013 in the Diwak and Derekan geothermal fields. The purpose of the audio-magnetotelluric surveys to indicate heat source, reservoir, and cap rock.

The data obtained from the field was apparent resistivity, phase difference, and coherence as a function of frequency are processed using software package WinGLink then matched with regional geological information studies, and the results are interpreted.

Characterization of geothermal systems include the caprock with a resistivity of 0-10 Ω m value where the area is a zone of conductivity. Then the reservoir area is suspected to have a resistivity value with arange of 50-500 Ω m with a depth of about 500 m. In the heat source located in a geothermal system resistivity values > 500 Ω m with a depth of about 1.5 km.

Keywords: *AMT, geothermal, resistivity*

ABSTRAK

Survei audiomagnetotellurik dilakukan pada September 2013 di area panas bumi Diwak dan Derekan. Tujuan dari survei audiomagnetotellurik ini untuk mengidentifikasi sumber panas, reservoir, dan cap rock.

Data yang diperoleh antara lain adalah resistivitas semu, fase, dan koherensi sebagai fungsi dari frekuensi yang diolah dengan menggunakan perangkat lunak WinGLink yang kemudian dihubungkan dengan keadaan geologi daerah penelitian, dan hasilnya akan di interpretasikan.

Karakterisasi panas bumi meliputi sistem cap rock dengan nilai resistivitas 0-10 Ω m dimana daerah ini merupakan zona konduktivitas. Selanjutnya pada daerah reservoir diduga dengan memiliki nilai resistivitas dengan rentang 50-500 Ω m dengan kedalaman sekitar 500 m. Pada sumber panas yang berada di sistem panas bumi nilai resistivitas > 500 Ω m. dengan kedalaman sekitar 1,5 km.

Kata kunci : *AMT, panas bumi, resistivitas*

PENDAHULUAN

Penelitian ini merupakan bagian dari riset yang bertujuan untuk memperkirakan potensi panas bumi pada area Diwak dan Derekan dengan menggunakan metode geofisika, geokimia, dan geologi. Area panas bumi Diwak dan Derekan merupakan salah satu bagian dari manifestasi yang lain. Beberapa manifestasi yang muncul terdapat *fumarole* di daerah Gedongsongo, mata air panas di daerah Banaran, Kaliulo, dan Nglimut [1]. Salah satu metode geofisika yang digunakan secara luas dalam peran awal eksplorasi panas bumi pada penelitian ini adalah metode AMT (*Audiomagnetotelluric*). Pada metode ini parameter yang digunakan untuk mengamati atau mencari sumber energi panas adalah harga

resistivitas batuan sebagai fungsi frekuensi atau kedalaman yang ditandai dengan harga yang semakin rendah untuk batuan yang suhunya makin tinggi [2]. Metode AMT ini dilakukan untuk mendukung penelitian yang lain untuk mendapatkan informasi yang lebih detail dan lebih dalam dari metode sebelumnya. Data yang telah di hasilkan pada beberapa survei tersebut juga dapat mendukung hasil akuisisi metode AMT.

DASAR TEORI

Panas Bumi

Sistem panas bumi adalah proses konveksi air dalam kerak bumi bagian atas dalam ruang terbatas, mengalirkan panas dari sumber panas

ke resapan panas di permukaan (Hochstein dkk, 1996). Sistem panas bumi terutama dibangun oleh keberadaan sumber panas (*heat source*), *reservoir* dan fluida [2].

Dari segi ada atau tidaknya fluida sistem panas bumi melibatkan sistem *hydrothermal* dan *hot dry rock*. Syarat sistem *hydrothermal* adalah tersedianya sumber panas, fluida sebagai pembawa panas dari *recharge area* dan batuan permeabel sebagai zona meresapnya fluida. Pada dasarnya sistem panas bumi jenis *hydrothermal* terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi.

Metode Audiomagnetotellurik

Metode AMT memperoleh data dari frekuensi 10 kHz sampai 0,1 Hz. Kelebihan metode AMT dari metode geofisika lainnya adalah penetrasi dalam sehingga dapat memberikan informasi pada daerah non seismik, memiliki resolusi yang lebih baik dimana juga tidak memberikan dampak buruk bagi lingkungan karena memanfaatkan sumber gelombang EM alami, tidak memerlukan transmitter. Rasio pada bentangan frekuensi tinggi memberikan informasi bawah permukaan dangkal, sedangkan rasio pada bentangan frekuensi rendah memberikan informasi bawah permukaan dalam [3].

Persamaan Maxwell

Dalam bentuk diferensial, persamaan Maxwell dalam domain frekuensi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.1)$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad (2.2)$$

$$\nabla \cdot \vec{D} = q \quad (2.3)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (2.4)$$

dengan \vec{E} : Medan Listrik (Volt/Meter); \vec{B} : Induksi Magnetik (W/m^2); \vec{H} : Medan Magnetik (Ampere/Meter) ; \vec{D} : Displacement Current (A/m^2); \vec{j} : rapat arus listrik (A/m^2); q : densitas muatan listrik ($Coulomb/m^3$) [4].

Kedaaan Geologi

Pada daerah penelitian terdiri dari Formasi Kaligetas yaitu breksi vulkanik, aliran lava, tuf, batupasir tufan, dan batu lempung. Breksi aliran dan lahar dengan sisipan lava dan tuf halus sampai kasar. Setempat di bagian bawahnya ditemukan batu lempung mengandung moluska dan batu pasir tufan. Batuan gunung api yang melapuk berwarna coklat kemerajhan dan sering membentuk bongkah-bongkah besar. Ketebalan berkisar antara 50 m sampai dengan 200 m [5].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan penelitian kemudian dilakukan survei lokasi penelitian untuk menentukan titik-titik pembentuk lintasan. Setelah lintasan terbentuk maka dilakukan persiapan alat dan bahan yang digunakan kemudian dilakukan proses pengambilan data menggunakan metode Audiomagnetotellurik (AMT)

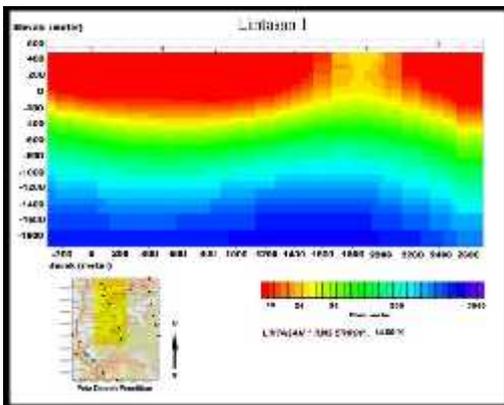
Alat utama yang digunakan pada pengambilan data adalah Statagem. Alat inilah yang akan mengukur besarnya medan magnet dan medan listrik dan selanjutnya akan disimpan dalam bentuk impedansi. Penempatan sensor elektrik dan sensor magnetik yang saling tegak lurus akan menghasilkan dua mode pengukuran yaitu TE (*Transverse Electric*) dan TM (*Transverse Magnetic*).

Pada umumnya sensor elektrik yang berada di arah utara, timur, selatan, dan barat. Sensor elektrik yang berada di utara dan selatan merupakan sensor E_x , sedangkan sensor elektrik yang berada di barat dan timur merupakan sensor E_y . Sensor magnetik yang digunakan untuk mengukur medan magnet di sumbu x (H_x) harus diletakkan sejajar dengan elektroda arah utara-selatan dengan arus dari selatan ke utara. Sensor magnetik yang digunakan untuk mengukur medan magnet pada sumbu y (H_y) sejajar dengan elektroda yang berarah dari timur-barat sedangkan arus berarah dari barat ke timur.

Data yang diperoleh dari lapangan tersebut kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak WinGLink sehingga di peroleh hasil inversi 2D. Pada tahap interpretasi, penampang 2D hasil inversi dapat dilihat dari hasil nilai resistivitasnya berdasarkan warna. Setiap warna memiliki rentang nilai tertentu. Telah diuraikan sebelumnya bahwa sistem panas bumi terdiri dari *heat source*, *reservoir*, dan *cap rock*[6].

HASIL DAN PEMBAHASAN

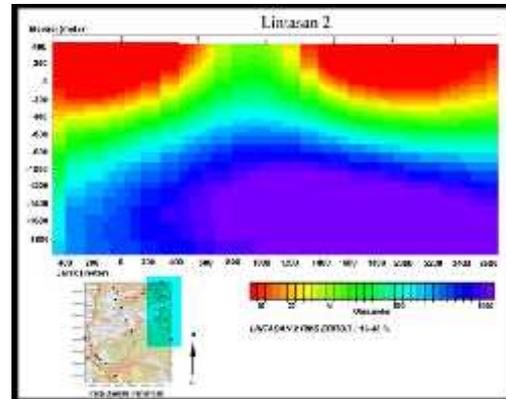
Penelitian audiomagnetotellurik dilakukan pada tiga lintasan yaitu lintasan I (A-A'), lintasan II (B-B') dan lintasan III (C-C'). Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan seperangkat alat Stratagem buatan Geometrics Inc. Pada lintasan I (A-A') dan II (B-B') pengambilan data dilakukan dengan melewati manifestasi panas bumi Diwak dan Derekan. Untuk hasil pengolahan inversinya diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 1. Hasil Inversi 2D Lintasan I

Pada penampang 2D tersebut, terlihat bahwa lapisan yang berwarna merah memiliki nilai resistivitas yang rendah (1-10) Ω m yang diduga sebagai zona konduktif. Zona konduktif tersebut juga diduga merupakan *clay cap* yang berupa batuan lempung. Terdapat struktur yang menyebabkan naiknya fluida panas menuju kepermukaan. Selanjutnya pada daerah yang berwarna hijau di duga sebagai zona *reservoir* dengan nilai resistivitas 50-500 Ω m. Pada daerah *reservoir* ini merupakan daerah yang *permeable* sehingga fluida panas yang berasal dari *heat*

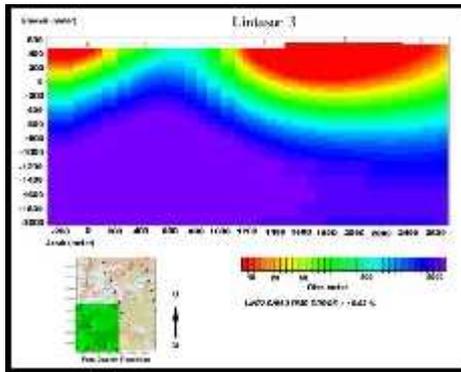
source bisa saja berpindah baik secara konduksi maupun konveksi



Gambar 2. Hasil Inversi 2D Lintasan II

Zona konduktif pada lintasan ini ditunjukkan dengan warna merah dengan rentang nilai resistivitas antara 1-10 m. Namun pada titik A10 terlihat bahwa terdapat kenaikan nilai resistivitas dibandingkan dengan titik-titik yang lain. Dalam keadaan geologi tersebut dapat terlihat bahwa terdapat struktur yang memotong pada lintasan ini. Pada zona konduktif ini juga diduga sebagai *clay cap* dimana aliran fluida panas yang tertahan dan keluar melalui rekahan-rekahan yang berada di sekitarnya.

Pada kedalaman >1 km memiliki nilai resistivitas yang tinggi (>500 m) yang dapat diduga sebagai sumber panas. Panas diteruskan dengan proses konveksi maupun konduksi kesekitarnya sehingga terbentuk lapisan yang memiliki resistivitas lebih rendah. Zona *reservoir* ditunjukkan pada daerah yang berwarna hijau dengan rentang resistivitas 50-500 m. Beberapa manifestasi yang muncul pada daerah ini, namun hal tersebut sudah tidak terlihat kembali.



Gambar 5. Hasil Inversi 2D Lintasan III

Pada lintasan III ini zona konduktif terlihat pada titik A13 hingga titik A15 dan kemudian muncul kembali pada titik A17. Pada titik A14 terlihat bahwa nilai resistivitasnya terlihat naik. Pada titik ini diperkirakan terdapat struktur yang memotong hingga lintasan III. Nilai resistivitas yang tinggi ($>500 \Omega\text{m}$) diduga merupakan sumber panas. Pada penampang 2D tersebut, terlihat bahwa lapisan yang berwarna merah memiliki nilai resistivitas yang rendah antara $1-10 \Omega\text{m}$, dimana dapat di duga sebagai zona konduktif yang merupakan zona *clay cap*. Zona *reservoir* ditunjukkan pada daerah yang berwarna hijau dengan rentang resistivitas $50-500 \Omega\text{m}$.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data hingga pemodelan dapat diperoleh kesimpulan:

1. Karakterisasi panas bumi meliputi sistem *cap rock* dengan nilai resistivitas $0-10 \Omega\text{m}$ dimana daerah ini merupakan zona konduktivitas. Selanjutnya pada daerah *reservoir* diduga dengan memiliki nilai resistivitas dengan rentang $50-500 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman sekitar 500 m . Pada sumber panas yang berada di sistem panas bumi nilai resistivitas $> 500 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman sekitar $1,5 \text{ km}$.
2. Metode AMT merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan karakterisasi panas bumi dengan menganalisa nilai resistivitas batuan bawah permukaan dengan kedalaman yang lebih dalam dari metode penelitian sebelumnya,

sehingga diperoleh gambaran bawah permukaan area panas bumi Diwak dan Derekan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Nugroho Dwi Hananto dan Dr. Lina Handayani yang telah membantu dalam pengolahan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Budiardjo, B., 1997, *Resource Characteristics of the Ungaran Field, Central Java, Indonesia*, Proceeding of National Berkala MIPA, 16(1), Januari 2006 48 Seminar of Human Resources Indonesian Geologist, Yogyakarta.
- [2]. Hochstein, M.P., Ovens, S. A., dan Bromley, C., 1996, *Thermal Springs at Hot Water Beach (Coromandel Peninsula, NZ)*, Proceedings of the 18th NZ Geothermal Workshop, New Zealand.
- [3]. Panjaitan, S., 2010, *Geologi Daerah Panas Bumi Ulubelu Tanggamus, Lampung Utara Berdasarkan Analisis Metode Magnetotelurik (MT)*, Jurnal Sumber Daya Geologi, 20 (2) : 69-91.
- [4]. Wangsness, R.K., 1986, *Electromagnetics Fields*, Hamilton Printing Company, USA
- [5]. Thanden, R.E., Sumadirdja, Richards, Sutisnadan Amin, 1996, *Peta Geologi Lembar Magelang dan Semarang Jawa*, skala 1:100.000, P3GL, Bandung.
- [6]. Rulia, C., 2012, *Pengolahan Data Magnetotellurik 2-Dimensi Pada Lapangan Panasbumi Marana, Sulawesi Tengah*, Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta