

Aplikasi Metode Geolistrik Dalam Survey Potensi Hidrothermal (Studi Kasus Sumber Air Panas Nglimut Gonoharjo Gunung Ungaran)

Tulus Prihadi*, Supriyadi, dan Sulhadi

Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Semarang
*Email: akhtulus@gmail.com

Abstrak

Telah diketahui potensi hidrothermal di daerah sumber air panas Nglimut Gonoharjo Gunung Ungaran berdasarkan informasi geologi bawah permukaannya. Akuisisi data menggunakan peralatan geolistrik Resistivity Automatic Multichannel S-Field dengan konfigurasi Wenner. Data diolah dengan menggunakan software Res2DINV. Berdasarkan interpretasi bawah permukaan, menunjukkan bahwa untuk daerah penelitian kecenderungan nilai resistivitas sangat rendah ($<5 \Omega\text{m}$) yang berhubungan dengan sumber panas bumi, terdeteksi sebaran air panas disekitar sumber tidak kontinu. Diduga air panas tersebut muncul ke permukaan karena adanya rekahan batuan di bawah permukaan

Kata kunci: *Hidrothermal, Geolistrik, Panas Bumi*

1. Pendahuluan

Sumber daya alam panas bumi dewasa ini menjadi salah satu sumber energi alternatif yang sedang dikembangkan oleh banyak negara di dunia. Tidak terkecuali Indonesia berusaha mengembangkan sumber energi panas bumi sebagai sumber energi alternatif. Dan fakta menunjukkan bahwa Indonesia merupakan daerah yang berpotensi akan sumber daya alam, termasuk sumber daya panas bumi. Diperkirakan Indonesia mempunyai potensi sumber daya sekitar 20.000 MW sumber panas bumi. Sampai saat ini baru sekitar 3,04% (< 1000 MW) dari sumber daya yang sudah dieksplorasi [1], sehingga perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut untuk pemanfaatan sumber daya panas bumi yang cukup potensial tersebut.

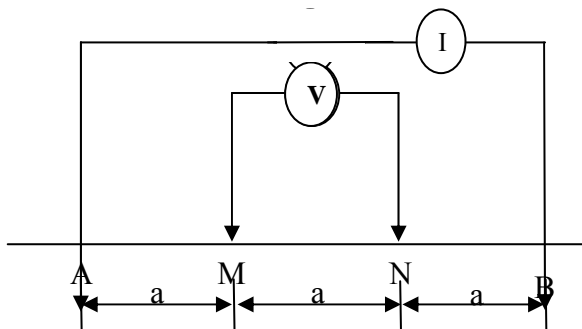
Penentuan daerah panas bumi biasanya tidak lepas dari kenampakannya dipermukaan tanah. Adapun kenampakan panas bumi di permukaan ditunjukkan dengan adanya sumber mata air panas, tanah panas, tanah beruap, fumarola dan geyser [2].

Pada lereng utara Gunung Ungaran, khususnya di lintasan antara Nglimut dan Gonoharjo memperlihatkan kenampakan panas bumi permukaan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya sumber air panas (*hot spring*) ($\pm 40^\circ\text{C}$ dengan pH ± 6.97), fumarol dan ubahan

hidrothermal. Indikasi ini umumnya digunakan untuk memperkirakan area panas bumi [3].

Metode geolistrik merupakan salah satu metode survai dengan menggunakan sistem induksi arus listrik untuk mengetahui resistivitas batuan bawah permukaan. Pengukuran metode geolistrik ini dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik melalui dua buah elektroda arus dan mengukur hasil perbedaan voltase pada dua elektroda potensial yang ditancapkan ke tanah [4]. Karena efek usikan tersebut, maka arus akan menjalar melalui medium bumi dan menjalar ke arah radial. Besarnya arus radial tersebut dapat diukur dalam bentuk beda potensial pada suatu tempat tertentu di permukaan tanah, sehingga akan diperoleh informasi resistivitas batuan bawah permukaan [5]. Variasi resistivitas batuan dapat menunjukkan perbedaan komposisi, ketebalan atau tingkat kontaminasi.

Konfigurasi Wenner adalah konfigurasi yang keempat buah elektrodanya terletak dalam satu garis dan simetris terhadap titik tengah. Mekanisme pengukuran yang digunakan adalah dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bumi melalui elektroda arus, kemudian kuat arus maupun beda potensial yang terjadi di permukaan bumi diukur [6]. Jarak MN pada konfigurasi Wenner selalu sepertiga dari jarak AB. Bila jarak AB diperlebar, maka jarak MN harus diubah sehingga jarak MN tetap sepertiga jarak AB [7].



Gambar 1. Susunan elektroda Konfigurasi Wenner

Dalam konfigurasi ini $AM = MN = NB = a$, maka faktor geometri Konfigurasi Wenner [8], adalah sebagai berikut :

$$K_w = \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM}\right) - \left(\frac{1}{AN} - \frac{1}{BN}\right)} \quad (1)$$

$$= \frac{2\pi}{\left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a}\right) - \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a}\right)}$$

$$K_w = 2\pi a \quad (2)$$

Sedangkan tahanan jenis pada konfigurasi Wenner adalah :

$$\rho_w = K_w \frac{\Delta V}{I} \quad (3)$$

dengan :

- ρ_w = Resistivitas semu
- K_w = Faktor geometri
- a = Jarak elektroda
- V = Besarnya tegangan
- I = Besarnya arus

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di lereng utara Gunung Ungaran, tepatnya di daerah Nglimit, Desa Gonoharjo, Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal, Propinsi Jawa Tengah. Alat yang digunakan adalah geolistrik *Resistivity Automatic Multichannel S-Field*

Teknik pengukuran disesuaikan dengan kondisi lapangan. Beberapa tahapan akuisisi data yang dilakukan adalah memasang elektroda pada lintasan pengukuran sebanyak 16 elektroda, dengan spasi antar elektroda 5 meter pada lintasan sepanjang 75 meter. Setelah elektroda terpasang

selanjutnya melakukan pengambilan data dengan mengoperasikan *software GeoRes*. *Software* ini merupakan perangkat lunak dari alat geolistrik. Data hasil pengukuran disimpan pada direktori yang sudah dipilih sebelum memulai pengukuran.

Data yang telah diperoleh kemudian dimasukkan kedalam program inversi *Res2DINV*. Program inversi ini akan menggambarkan nilai resistivitas sebenarnya (*true resistivity*) dalam model blok bawah permukaan [4].

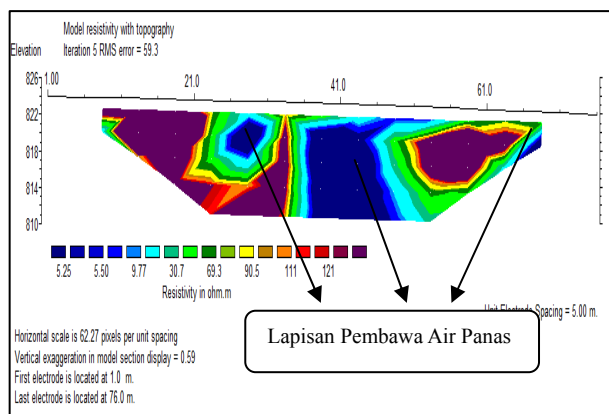
3. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data geolistrik dilaksanakan di daerah manifestasi panas bumi yakni di dekat sumber air panas. Akuisisi data geolistrik tersebut menggunakan konfigurasi Wenner. Pemilihan konfigurasi ini disesuaikan dengan kondisi lapangan setempat. Penggunaan konfigurasi Wenner pada dasarnya adalah untuk mengetahui sebaran resistivitas secara lateral.

Interpretasi data didasarkan pada nilai resistivitas batuan bawah permukaan. Resistivitas merupakan parameter penting untuk mengkarakterisasi keadaan fisis bawah permukaan. Parameter tersebut bergantung pada litologi, sesar, terobosan magma, porositas, suhu, tekanan dan fluida yang mengisi batuan [9]. Parameter-parameter tersebut dapat menaikkan dan menurunkan resistivitas batuan. Pori batuan yang terisi air akan memperlebar jangkauan nilai resistivitas batuan [10], sehingga tinjauan geologi daerah penelitian sangat diperlukan untuk mengetahui karakteristik batumannya [4].

Jika dilihat dari peta geologi [12], lokasi daerah penelitian termasuk dalam formasi batuan gunung api kuartar yang terdiri dari beberapa batuan yaitu: batuan breksi gunungapi, lava, tufa, breksi tuffaan, dan aglomerat, sehingga dengan acuan tersebut kita dapat menduga model pelapisan yang mungkin dari interpretasi data geolistrik yang berupa nilai resistivitas batumannya.

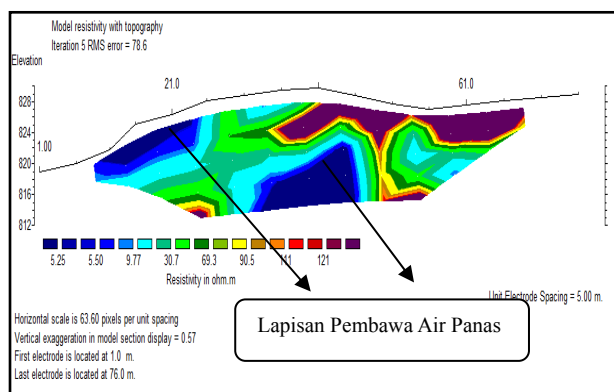
Dalam penelitian ini terdapat dua buah lintasan, Lintasan A terbentang dari arah Barat Laut-Tenggara dan lintasan B terbentang dari arah Timur Laut-Barat Daya (posisinya adalah menyilang dengan lintasan A). Penampang resistivitas dua dimensi dari program *Res2DInv* untuk lintasan A ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Model 2-D penampang geolistrik konfigurasi Wenner pada lintasan A

Pada lintasan A terdapat anomali resistivitas yang sangat mencolok dengan nilai resistivitas yang sangat kecil ($<10 \Omega\text{m}$). Nilai resistivitas yang sangat kecil ini diduga berkaitan dengan sumber panas bumi, dimana semakin kecil nilai resistivitas, maka konduktivitas suatu bahan akan semakin besar [11]. Semakin naik suhu dan tekanan, maka nilai resistivitas batuan semakin berkurang (semakin konduktif) [10]. Daerah permukaan sampai kedalaman 12,4 m pada umumnya didominasi oleh sistem hidrotermal, sedangkan nilai resistivitas yang cukup besar 121 Ωm , diduga sebagai batuan lava. Sistem hidrotermal mempunyai jangkauan nilai resistivitas 10-200 Ωm dan batuan lava 200-10.000 Ωm [8].

Penampang resistivitas dua dimensi dari program *Res2Dinv* untuk lintasan B ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3. Model 2-D penampang geolistrik konfigurasi Wenner pada lintasan B

Pada lintasan B terdapat nilai resistivitas cukup kecil yang diduga sebagai sistem hidrotermal dan nilai yang sangat konduktif ($<10 \Omega\text{m}$) dari data yang diperoleh ada kecenderungan bahwa nilai resistivitas menurun sesuai dengan kedalamannya.

Lintasan ini berdekatan dengan aliran sungai yang mengandung air permukaan dan air yang berasal dari manifestasi air panas, sehingga diduga bahwa air permukaan tersebut merupakan rembesan dari sistem hidrotermal, sehingga manifestasi air panas muncul di beberapa tempat. Batuan yang menyusun di sekitarnya berupa batuan tufaan, tufa gunungapi, aglomerat dan batuan lava

Pada gambar penampang bawah permukaan baik lintasan A maupun lintasan B terlihat bahwa lapisan pembawa sifat air panas tersebut tidak kontinu antara yang satu dengan yang lain. Hal itu diduga karena adanya rekahan pada batuan penyusun bawah permukaan, sehingga air panas akan mengalir melalui rekahan-rekahan tersebut dan akan tertahan di satu tempat apabila pada lapisan tersebut mampu menyimpan air.

Dari hasil interpretasi yang telah dilakukan, potensi air panas diduga masih cukup besar melihat dari gambar penampang 2-D tersebut menunjukkan bahwa lapisan pembawa sifat air panas cukup dalam. Akan tetapi hal ini masih berupa dugaan karena penelitian ini masih merupakan penelitian pendahuluan, sehingga masih diperlukan serangkaian penelitian lagi untuk membuktikan kebenarannya. sehingga tidak bisa mengalirkan air jika tidak terdapat patahan pada lapisan batuan ini.

Pada dasarnya sumber energi panas bumi berasal dari magma yang berada di dalam bumi. Magma tersebut menghantarkan panas secara konduktif pada batuan disekitarnya. Panas tersebut juga mengakibatkan aliran konveksi fluida hidrotermal di dalam pori-pori batuan. Kemudian fluida hidrotermal ini akan bergerak ke atas namun tidak sampai ke permukaan karena tertahan oleh lapisan batuan yang bersifat *impermeabel*. Dengan adanya lapisan *impermeabel* tersebut, maka sistem hidrotermal yang terdapat pada reservoir panas bumi terpisah dengan *groundwater* yang berada lebih dangkal. Akan tetapi sampai dengan saat ini belum dapat diketahui secara pasti apakah air panas itu berasal dari pemanasan batuan dasar berupa magma dibawah titik sumber atau hanya merupakan aliran air panas dari daerah yang lain yang muncul ke permukaan akibat adanya rekahan pada batuan yang merupakan aliran air panas.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil interpretasi terdeteksi sebaran air panas disekitar sumber tidak kontinu. Diduga air panas tersebut muncul ke permukaan karena adanya rekahan batuan di bawah permukaan. sehingga air panas akan mengalir melalui rekahan-rekahan tersebut

- dan akan tertahan di satu tempat apabila pada lapisan tersebut mampu menyimpan air.
2. Secara umum hasil pengukuran menunjukkan bahwa lapisan yang bersifat konduktif dengan resistivitas $< 5 \Omega\text{m}$ yang diperkirakan sebagai lapisan penudung dan yang bersifat resistif ($30\text{-}121 \Omega\text{m}$) yang diperkirakan sebagai reservoir dari sumber air panas daerah penelitian
 3. Setelah dikorelasikan dengan peta geologi diduga bahwa penampang bawah permukaan terdiri atas batuan tufaan, tufa gunungapi, aglomerat, batuan lava dan diduga terbentuknya lapisan bawah permukaan adalah akibat material letusan gunungapi pada masa lampau yang mengendap di daerah tersebut.

Daftar Pustaka

1. Minarto, Eko. 2000 *Pemodelan Inversi Data Geolistrik Untuk Menentukan Struktur Perlapisan Bawah Permukaan Daerah Panas bumi Mataloko*. Laboratorium Geofisika. Surabaya: Jurusan Fisika ITS.
2. Yunus, (1993). *Aplikasi Metode Geofisika Terpadu dalam Penyelidikan Sistem Geotermal*. Jakarta: Universitas Indonesia.
3. Budihardjo B, Nugroho, M Budiharti. 1997. Resources Characteristics of the Ungaran Field, Central Java, Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Geologist Indonesia, Fakultas Teknik Geologi & Mineral. Yogyakarta: UPN Veteran.
4. Loke, M.H. 1990. *RES2MOD, Rapid 2D Resistivity Forward Modeling Using Finite-Difference and Finite-Element Methods*. Malaysian:Penang.
5. Hartantya, E., 2000, *Survai Elektromagnetik*, UGM, Yogyakarta.
6. Sule R, Syamsuddin, F Sitorus, DA Sarsito, & IA Sadisun. 2007. The Utilization of Resistivity and GPS Methods in Landslide Monitoring: Case Study at Panawangan Area – Ciamis. Prosiding Seminar Joint ke V. Convention Bali 2007.
7. Azhar & G Handayani. 2004, Penerapan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger untuk Penentuan Tahanan Jenis Batubara. *Jurnal Natur Indonesia* 6(2): 122 – 126.
8. Telford, WM, LP Geldart, R.E Sherif & DD Keys. 1988. *Applied Geophysics First Edsition*. New York: Cambridge University Press.
9. Sutarno, D., (1993), *Metoda Magnetotellurik, Teori, dan Aplikasinya*, J. Kontribusi Fisika, 4, 333-352.
10. Schon, J.H., (1998), *Physical Properties of Rock: Fundamental and Principles of Petrophysics*, Pergamon, Leoben.
11. Burger HR. 1992. *Exploration Geophisics of Shallow Subsurface*. New Jersey: Prentice Hall,
12. Budihardjo B, Nugroho, M Budiharti. 1997. *Resources Characteristics of the Ungaran Field, Central Java, Indonesia*. Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Geologist Indonesia, Fakultas Teknik Geologi & Mineral. Yogyakarta: UPN Veteran