

INTERPRETASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DAERAH MATA AIR PANAS KRAKAL KEBUMEN DENGAN METODE GEOLISTRIK

S Fauziyah ✉ Khumaedi, S Linuwih

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Agustus 2015
Disetujui September 2015
Dipublikasikan Oktober 2015

Keywords:
Goelectric, geothermal, resistivity.

Abstrak

Energi *geothermal* merupakan salah satu kekayaan sumber daya alam yang sedang dikembangkan. Salah satu kawasan *geothermal* tersebut adalah kawasan wisata mata air panas Krakal, Kebumen. Sumber daya alam *geothermal* tersebut dikembangkan sebagai objek wisata. Dalam pengembangannya, belum ada informasi struktur bawah permukaan daerah wisata tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran struktur bawah permukaan daerah mata air panas Krakal. Pengambilan data dilakukan dengan metode geolistrik konfigurasi *schlumberger* pada 5 lintasan dengan 3 titik sounding tiap lintasan. Pengolahan data menggunakan software *Progress* dan *Surfer 10*. Hasil pengolahan data menunjukkan struktur bawah permukaan tersusun oleh 3 lapisan batuan yaitu batu pasir dengan kisaran nilai resistivitas kurang dari 10 Ωm dan ketebalan hingga 20 meter, batu lempung berpasir dengan rentang nilai resistivitas 10-50 Ωm dan ketebalan mencapai 20 meter, dan batu lempung gamping dengan kisaran resistivitas 50-65 Ωm dan ketebalan 20 meter. Anomali resistivitas rendah mengindikasikan adanya akuifer air panas dan air dingin yang muncul ke permukaan.

Abstract

Geothermal energy is one of the wealth of natural resources that are being developed. One such area is the tourist area of geothermal hot springs Krakal, Kebumen. Natural geothermal resources were developed as a tourist attraction. In its development, no information on subsurface structure of the tourist area. This study aims to reveal the subsurface structure of the Hot Springs area Krakal. Data collection was performed by Schlumberger configuration geoelectric method in five 3-point sounding track with each track. Data processing using the software Surfer Progress and 10. The results of the processing of the data showed subsurface structure is composed of 3 layers of rock is sandstone with a range of resistivity values of less than 10 Ωm and a thickness of up to 20 meters, sandy clay stone with a range of values of resistivity 10-50 Ωm and thickness reaches 20 meters, and limestone clay stone with a resistivity range of 50-65 Ωm and a thickness of 20 meters. Low resistivity anomalies indicate the presence of water aquifers hot and cold water that comes to the surface.

© 2015 Universitas Negeri Semarang

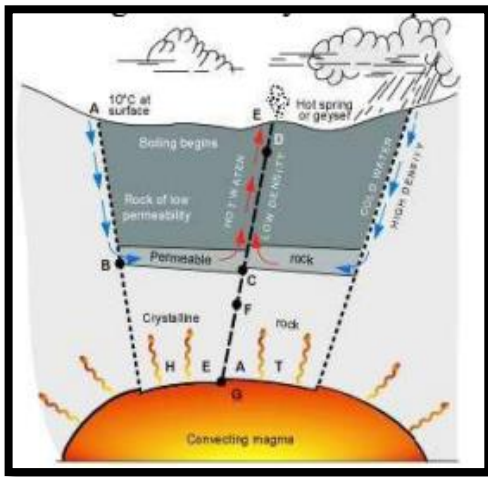
✉ Alamat korespondensi:
Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229
E-mail: syifaul_fauziyah@yahoo.com

ISSN 0215-9945

PENDAHULUAN

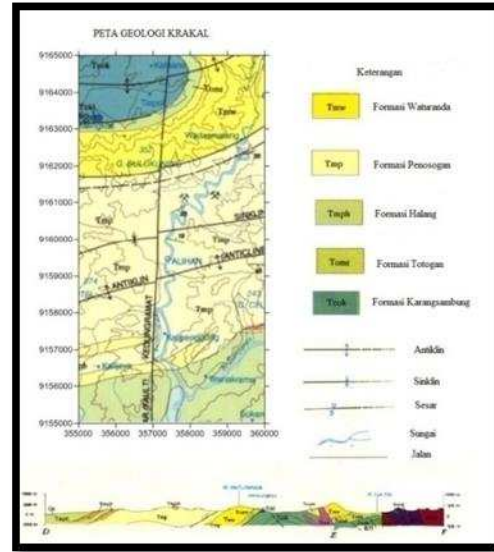
Kekayaan sumber daya alam di Indonesia sangat melimpah. Dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui maupun yang tidak dapat diperbaharui. Keduanya membutuhkan pengelolaan dan pengembangan untuk dapat dimanfaatkan. Salah satu sumber daya alam yang sedang dikembangkan adalah energi *geothermal*.

Sistem *geothermal* dapat digambarkan sebagai konveksi fluida pada kerak bumi teratas, dimana dalam ruang terperangkap, transfer panas dari sumber panas (*heat source*) ke penyimpanan panas dalam keadaan permukaan yang bebas (*free surface*). Sistem *geothermal* umumnya dibangun atas lima elemen utama yaitu: *heat source*, reservoir, lapisan penudung, struktur geologi yang biasanya berupa patahan dan fluida yang merupakan pembawa panas (Zanuar 2009). Model sistem *geothermal* dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Model Sistem *Geothermal* (White 1973)

Salah satu kawasan *geothermal* berada di daerah Krakal Alian Kebumen dengan manifestasi permukaan berupa mata air panas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 (Utama *et al.* 2012).



Gambar 2. Peta geologi daerah Krakal

Berdasarkan Gambar 2, daerah Krakal berada pada formasi Penosogan (Asikin *et al.* 1992). Formasi Penosogan merupakan endapan vulkanoklastik jenis epiklastik yaitu endapan endapan yang diletuskan gunung api kemudian bercampur dengan endapan/sedimen dan diendapkan di laut dalam. Formasi ini berupa perselingan batu pasir gampingan, batu lempung, tuf, napal, dan kalkarenit, yang dipengaruhi arus turbid karena diendapkan di laut dalam. Umur formasi penosogan yaitu sekitar Miosen awal-Miosen tengah (sekitar 20-12 juta tahun yang lalu). Menurut Utama *et al.* (2012), sistem panas bumi di daerah Krakal dikontrol oleh adanya patahan Kedungkramat dengan sumber panas berasal dari sisa-sisa panas yang tersimpan dalam batuan granitik (radiasi granit).

Stratigrafi daerah penelitian tersusun dari lima satuan litologi batuan tak resmi yaitu dimulai dari satuan breksi, yang diendapkan pada Miosen awal, kemudian satuan batu lempung batu pasir yang diendapkan secara selaras di atasnya, berumur Miosen awal-Miosen tengah. Di atas batuan ini diendapkan satuan batu lempung batu gamping yang berumur Miosen tengah, dilanjutkan dengan satuan batu pasir yang diendapkan selaras di atasnya pada Miosen akhir dan terakhir berupa endapan alluvial (Nugroho 2013). Struktur geologi yang membentuk daerah ini berupa antiklin dan sinklin

serta patahan yang mengontrol munculnya mata air panas tersebut.

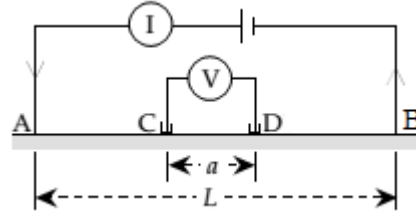
Mata air panas Krakal ini merupakan salah satu manifestasi permukaan *geothermal* nonvulkanik. Hal ini diindikasikan dengan pH yang tinggi dan suhu mata air panas yang relatif rendah. Berdasarkan keadaan geologi daerah sekitar munculnya mata air panas Krakal, ditemukan juga kemunculan mata air dingin yang tak jauh dari mata air panas tersebut.

Hasil penelitian Kuswanto (2000) menggambarkan bentuk pipa air panas yang cenderung tegak dengan arah N 161°E dengan dip 75°-80°. Menurut Sungkowo (2000), pola penjalaran sumber mata air panas hingga kedalaman 40 meter masih berupa bentuk pipa tegak dan ditemukan anomali yang serupa dengan anomali mata air panas yang berada di sebelah timur laut dan berjarak 150 meter dari sumber mata air panas. Anomali ini diduga berupa konsentrasi air panas yang tidak muncul ke permukaan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gambaran struktur bawah permukaan daerah mata air panas Krakal. Salah satu metode geofisika yang dapat menggambarkan struktur bawah permukaan adalah metode geolistrik tahanan jenis. Metode geolistrik tahanan jenis menggunakan salah satu parameter fisika yaitu resistivitas untuk mengeksplorasi alam seperti sistem *hydrothermal*. Metode geolistrik tahanan jenis digunakan karena metode ini memiliki sensitivitas yang besar untuk mengetahui adanya fluida dan *hydrothermal* (Komori *et al.* 2014). Pengukuran resistivitas pada metode geolistrik dilakukan dengan cara mengubah jarak elektrode arus dan elektrode potensial. Posisi elektrode arus dan elektrode potensial konfigurasi *schlumberger* ditunjukkan pada Gambar 3.

Nilai resistivitas untuk konfigurasi *schlumberger* dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\rho = \frac{\pi \Delta V}{4 I} \frac{L^2 - a^2}{a} \quad (1)$$



Gambar 3. Konfigurasi *Schlumberger* (Lowrie, 2007)

Menurut Caglar (1999), temperatur dalam sistem *geothermal* sangat berpengaruh pada sifat resistivitas suatu material geologi. Resistivitas dikontrol oleh ion konduksi melalui fluida di dalam pori-pori batuan yang retak. Resistivitas batuan tersebut bergantung pada saturasi fluida *hydrothermal*, sehingga terjadi penurunan nilai resistivitas yang sangat rendah. Kegunaan metode kelistrikan resistivitas dalam eksplorasi *geothermal* didasarkan pada fakta bahwa resistivitas dari air panas dalam batuan menurun secara signifikan pada temperatur yang tinggi dan aktivitas *geothermal* dapat menghasilkan perubahan mineral atau batuan yang konduktif.

Menurut Ussher (2000) batuan merupakan material semikonduktor dimana nilai resistivitasnya bergantung pada temperatur secara eksponensial sesuai Persamaan 2.

$$\rho = \rho_0 e^{\varepsilon/RT} \quad (2)$$

dimana ε adalah energi aktivasi air (biasanya sebesar 0.2 eV), R adalah konstanta Boltzmann (0.8617×10^{-4} eV/K), T adalah temperatur, dan ρ_0 adalah resistivitas secara teori pada temperatur tak terbatas.

Tabel 1. Resistivitas batuan (Telford *et al.* 1990)

Jenis batuan	Resistivitas (Ωm)
Granit	$3 \times 10^2 - 10^6$
Dasit	2×10^4 (basah)
Diabas (variasi)	$20 - 5 \times 10^7$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10-1,3 \times 10^7$ (kering)
Tuff	2×10^3 (basah)- 10^5 (kering)
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Batu pasir	$1 - 6,4 \times 10^8$
Batu gamping	$50 - 10^7$
Dolomit	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Napal	$3 - 70$
Lempung	$1 - 100$
Air tanah (sedimen)	$1 - 100$
Air tanah (batuan beku)	$0,5 - 150$
Air laut	$0,2$

Menurut Ussher (2000) batuan merupakan material semikonduktor dimana nilai resistivitasnya bergantung pada temperatur secara eksponensial sesuai Persamaan 2.

$$\rho = \rho_0 e^{\varepsilon/RT} \quad (2)$$

dimana ε adalah energi aktivasi air (biasanya sebesar 0.2 eV), R adalah konstanta Boltzmann (0.8617×10^{-4} eV/K), T adalah temperatur, dan ρ_0 adalah resistivitas secara teori pada temperatur tak terbatas. Dari nilai resistivitas tersebut dapat diidentifikasi jenis batuan seperti pada Tabel 1.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di sekitar tempat pemandian air panas di desa Krakal kecamatan Alian kabupaten Kebumen. Pengambilan data resistivitas dilakukan pada 5 lintasan yang sejajar untuk melihat kemenerusan dari struktur bawah permukaan. Dengan setiap lintasan terdiri dari 3 titik sounding yang berjarak 12.5 meter dan setiap titik sounding memiliki panjang lintasan sepanjang 75 meter. Jarak tiap lintasan adalah 9 meter. Sedangkan pengambilan data temperatur dilakukan pada setiap sumur tempat munculnya mata air.

Peralatan yang diperlukan dalam pengambilan data antara lain Resistivity S-Field, elektroda sebanyak 4 buah, aki 12 V sebanyak 2 buah, meteran sebanyak 2 buah, GPS, kabel penghubung sepanjang 100 m sebanyak 2 buah,

palu, laptop yang dilengkapi program *Geores*, dan termometer. Pengolahan data menggunakan software *Progress* untuk mendapatkan data log resistivitas terhadap kedalaman yang selanjutnya diolah ke dalam software *Surfer 10* untuk mendapatkan profil 2D.

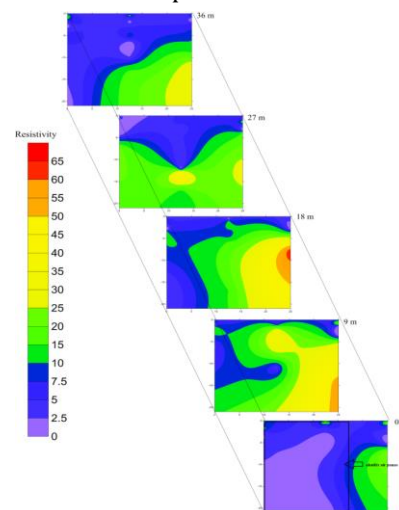
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran suhu ditunjukkan pada Tabel 2. Sedangkan hasil pengukuran geolistrik tahanan jenis dengan pemodelan 3D penampang vertikal ditunjukkan pada Gambar 4.

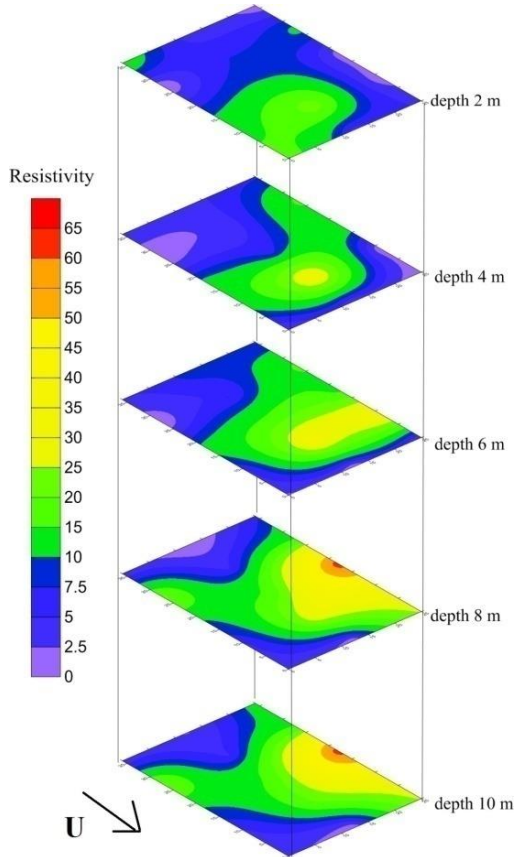
Tabel 2. Tabel hasil pengukuran suhu mata air

No	Mata air	Suhu
1	Mata air panas 1 dan 2	40°C
2	Mata air panas 3	37°C
3	Mata air dingin 1	28°C
4	Mata air dingin 2	28°C

Berdasarkan Gambar 4, didapatkan jenis batuan yang sama pada tiap lintasan yaitu batuan pertama berupa batu pasir dengan kisaran nilai resistivitas kurang dari 10 Ωm dan ketebalan hingga 20 meter. Batuan kedua merupakan batu lempung berpasir dengan rentang nilai resistivitas 10-50 Ωm dan ketebalan mencapai 20 meter. Sedangkan batuan ketiga berupa batu lempung gamping dengan kisaran resistivitas 50-65 Ωm dan ketebalan 20 meter. Posisi lapisan batuan cenderung tegak

**Gambar 4.** Penampang vertikal kedalaman lapisan bawah permukaan

dikarenakan adanya struktur geologi yang membentuk daerah penelitian berupa antiklin.



Gambar 5. Penampang horisontal kedalaman lapisan bawah permukaan daerah penelitian

Dari persamaan 2, terlihat adanya hubungan antara resistivitas dan temperatur secara eksponensial, yaitu jika temperatur naik maka nilai resistivitasnya akan turun begitu pula sebaliknya. Kedua jenis akuifer air panas dan dingin tidak dapat dibedakan secara pasti keberadaannya. Hal ini dikarenakan sensitivitas alat geolistrik yang tidak mendukung terhadap adanya perbedaan temperatur. Selain itu berdasarkan persamaan hubungan resistivitas dan temperatur di atas dengan perbedaan temperatur yang tidak terlalu jauh yaitu temperatur air panas hanya sekitar 40°C sedangkan temperatur air dingin hanya sekitar 28°C sehingga nilai resistivitas dari kedua jenis akuifer ini tidak jauh berbeda dikarenakan keduanya memiliki hubungan secara eksponensial. Berdasarkan berbagai penelitian yang telah banyak dilakukan (Caglar *et al.* 1999; Komori

et al. 2014) nilai anomali resistivitas rendah ini berkisar $< 10 \Omega\text{m}$. Anomali resistivitas rendah ini ditunjukkan dengan citra warna ungu hingga biru.

Keberadaan akuifer air panas dan air dingin ini diduga menempati batu pasir karena litologi batuan yang merupakan perselingan batu pasir dan batu lempung (Nugroho 2013). Dimana karakteristik dari batu pasir yang mudah menangkap dan meloloskan air sehingga sebagai lapisan akuifer yang baik dan batuan lempung merupakan batuan impermeabel yang sukar meloloskan air. Diduga batuan lempung inilah yang memisahkan akuifer air panas dan akuifer air dingin. Untuk pemodelan 3D penampang horisontal tampak seperti Gambar 5. Gambar 5 menunjukkan keberadaan dua akuifer yang menempati batu pasir secara terpisah. Kedua akuifer ini dicirikan dengan adanya anomali resistivitas rendah pada daerah penelitian. Akuifer pertama berada pada sebelah utara daerah penelitian dimulai dari 0 meter hingga 3 meter dari titik awal penelitian dan akuifer kedua berada di sebelah selatan mulai dari 25 hingga 30 meter. Kedua akuifer ini terpisah oleh batu lempung sebagai lapisan impermeabelnya.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian dengan metode geolistrik di daerah sekitar mata air panas Krakal, Alian Kebumen dapat disimpulkan bahwa hasil pemodelan data geolistrik menggambarkan struktur bawah permukaan daerah mata air panas Krakal tersusun oleh 3 jenis batuan yang berbeda. Batuan pertama berupa batu pasir dengan kisaran nilai resistivitas kurang dari $10 \Omega\text{m}$ dan ketebalan hingga 20 meter. batuan kedua merupakan batu lempung berpasir dengan rentang nilai resistivitas 10-50 Ωm dan ketebalan mencapai 20 meter. Sedangkan batuan ketiga berupa batu lempung gamping dengan kisaran resistivitas 50-65 Ωm dan ketebalan 20 meter.

Terdapat 2 jenis akuifer di sekitar daerah penelitian yaitu akuifer air panas dan dingin. Kedua jenis akuifer ini tidak dapat dibedakan secara pasti dikarenakan alat geolistrik yang digunakan tidak memiliki sensitivitas terhadap perbedaan

temperatur suatu material. Selain itu perbedaan temperatur yang tidak terlalu jauh kedua akuifer yaitu temperatur air panas hanya sekitar 40°C sedangkan temperatur air dingin hanya sekitar 28°C.

Hasil penelitian menggunakan metode geolistrik ini belum dapat membedakan adanya keberadaan jenis akuifer yang berbeda yaitu akuifer air panas dan akuifer air dingin. Hal ini dikarenakan sensitivitas alat geolistrik pada temperatur yang kurang mendukung sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode geofisika lainnya misalnya metode magnetotellurik yang dapat menjangkau kedalaman yang lebih dalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, S., A. Handoyo, H. Busono, & S. Gafoer. 1992. *Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Caglar, I. & M. Demirorer. 1999. Geothermal Exploration Using Geoelectric methods in Kestanbol Turkey. *Geothermics Journal*, 28 (1999): 803-819.
- Komori, S., M. Utsugi, T. Kagiya, H. Inoue, C. H. Chen, H. T. Chiang, B. F. Chao, R. Yoshimura, & W. Kanda. 2014. Hydrothermal system in the Tatun Volcano Group, northern Taiwan, inferred from crustal resistivity structure by audio-magnetotellurics. *Springer Open Journal*, 1 (20): 1-14.
- Kruger, P. & C. Otte. 1973. *Geothermal Energy: Resources, Production, Stimulation*. California: Stanford University Press.
- Kuswanto, A. 2003. Penelitian Penyebaran Mata Air Panas Krakal dengan Metoda Mise-A-La-Masse di Krakal, Alian, Kebumen, Jawa Tengah. *Prosiding Himpunan Ahli Geofisika Indonesia*. Yogyakarta: UGM.
- Lowrie, W. 2007. *Fundamental of Geophysics*. New York: Cambridge University
- Nugroho, B. A. 2013. *Geologi dan Geokimia Air Panas Bumi Daerah Krakal dan Sekitarnya Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah*. Tesis. Bandung: ITB
- Sungkowo, A. 2000. Penyelidikan Penyebaran Sumber Mata Air Panas Krakal Alian, Kebumen, Jawa Tengah dengan Metode Elektromagnetik Very Low Frequency. *Prosiding Himpunan Ahli Geofisika Indonesia*. Yogyakarta: UGM.
- Telford, W.M., L.P Geldart, & R.E Sheriff. 1990. *Applied Geophysics*. New York. Cambridge.
- Ussher, G., C. Harvey, R. Johnstone, E. Anderson. 2000. Understanding The Resistivities Observed in Geothermal Systems. *Proceedings World Geothermal Congress 2000*. Japan.
- Utama, A. P., A. Dwinanto, J. Situmorang, M. Hikmi, & R. Irsamukti. 2012. Green Field Geothermal System in Java. *Proceeding 1st ITB Geothermal Workshop 2012*. Bandung: ITB.
- Zanuar, R. 2009. *Pemodelan 2-Dimensi Data Magnetotellurik di Daerah Prospek Panas bumi Gunung Endut, Banten*. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.