



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

Syifaul Fauziyah [✉], Khumaedi, Suharto Linuwih

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Diterima September 2015
Disetujui Oktober 2015
Dipublikasikan November 2015

Keywords:

Geolistrik, geothermal, resistivitas, geoelectrical, 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, batu lempung berpasir dan batu lempung gamping. Anomali resistivitas rendah mengindikasikan adanya akuifer air panas dan air dingin yang muncul ke permukaan.

Abstract

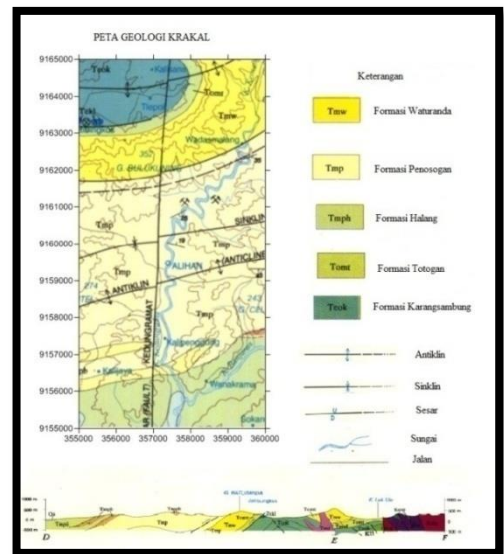
Geothermal energy is one of wealth natural resources that are being developed. One of the geothermal areas is the Krakal hot springs tourist area. The geothermal natural resource is developed as a tourist area. Nowadays, there was no information about subsurface structure in this tourist area. This research aimed to know the subsurface of the Krakal hot springs area. Data acquisition was conducted with schlumberger configuration of geoelectrical method in five line with three sounding point. The data were processed by Progress and Surfer 10. The results of data processing showed that the subsurface structure composed of three layers of rock were sandstone, sandy clay and limestone rock. Low resistivity anomalies indicate the presence of hot springs aquifers and cold water which appear in the surface.

PENDAHULUAN

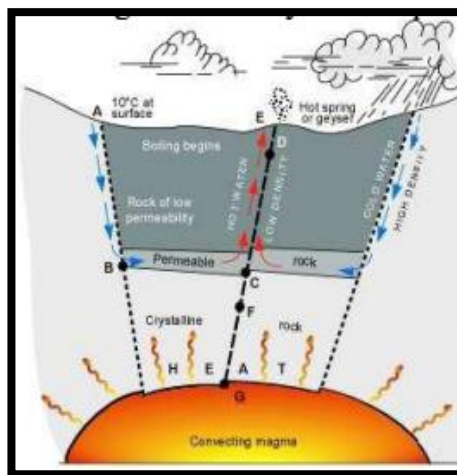
Kekayaan sumber daya alam di Indonesia sangat melimpah. Dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui maupun yang tidak dapat diperbaharui. Keduanya membutuhkan pengelolaan dan pengembangan untuk dapat dimanfaatkan. Salah satu sumber daya alam yang sedang dikembangkan adalah energi *geothermal*.

Sistem *geothermal* dapat digambarkan sebagai konveksi fluida pada kerak bumi teratas, dimana dalam ruang terperangkap, transfer panas dari sumber panas (*heat source*) ke penyimpan 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).

Salah satu kawasan *geothermal* berada di daerah Krakal Alian Kebumen dengan manifestasi permukaan berupa mata air panas (Utama, 2012). Berikut ini peta geologi daerah Krakal:



Gambar 2. Peta geologi daerah Krakal



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

Berdasarkan peta geologi lembar Kebumen (Asikin *et al.*, 1992), daerah Krakal berada pada formasi Penosogan. Formasi ini 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, dan dipengaruhi arus turbid karena diendapkan di laut dalam. Umur formasi ini Miosen awal – Miosen tengah atau sekitar 20 – 12 juta tahun yang lalu.

Menurut Utama *et al* (2012 : 8) sistem panas bumi di 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 oleh Kuswanto (2000) menggambarkan bentuk pipa air panas yang cenderung tegak yang mempunyai arah N 161°E dengan dip 75°–80°. Sedangkan menurut Sungkowo (2000) pola penjalaran sumber mata air panas hingga kedalaman 40 meter masih berupa

Nilai resistivitas untuk konfigurasi *schlumberger* dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

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

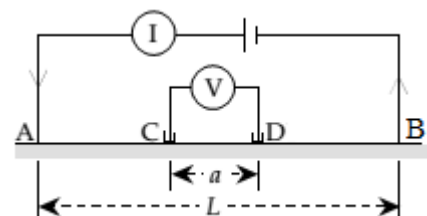
Menurut Caglar (1999) temperatur dalam sistem *geothermal* sangat berpengaruh pada sifat resistivitas suatu material geologi. Resistivitas dikontrol oleh ion konduksi melalui fluida di dalam pori-pori batuan yang retak. Resistivitas batuan

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* karena metode ini memiliki sensitivitas yang besar untuk mengetahui adanya fluida dan *hydrothermal* (Komori *et al.*, 2014).

Pengukuran resistivitas dilakukan dengan jalan mengubah jarak elektrode arus dan elektrode potensial. Berikut ini posisi elektrode arus dan elektrode potensial konfigurasi *schlumberger*:



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

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 berikut:

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

Tabel 1. Tabel resistivitas batuan (Telford, *et al.*, 1990)

o	Jenis batuan	Resistivitas (Ωm)
	Granit	$3 \times 10^2 - 10^6$
	Dasit	2×10^4
	Diabas	$20 - 5 \times 10^7$
	(variasi)	
	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	$1 - 6,4 \times 10^8$

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.

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 berdasarkan tabel berikut ini:

	pasir	
	Batu gamping	$50 - 10^7$
0	Dolomi	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
1	Napal	$3 - 70$
2	Lempu ng	$1 - 100$
3	Air tanah (sedimen)	$1 - 100$
4	Air tanah (batuan beku)	$0,5 - 150$
5	Air laut	$0,2$

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 kedalam software *Surfer 10* untuk mendapatkan profil 2D.

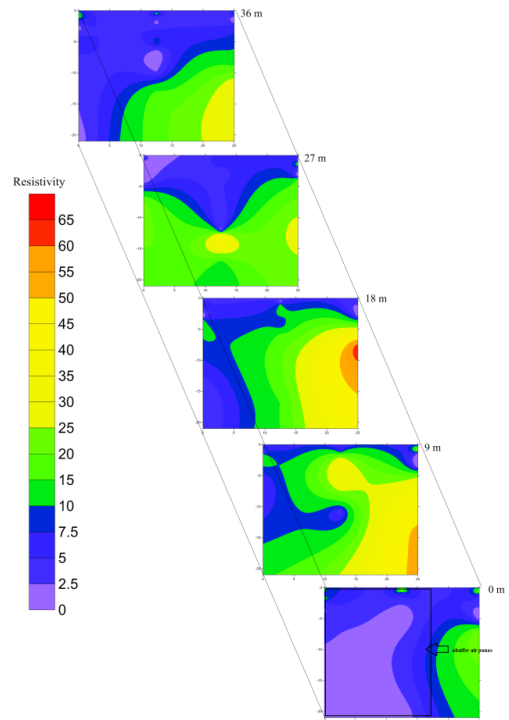
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran suhu terlihat pada tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Tabel hasil pengukuran suhu mata air

	Mata air	Suhu	S
o	Mata air panas 1 dan 2	0°C	4
	Mata air panas 3	7°C	3
	Mata air dingin 1	8°C	2
	Mata air dingin 2	8°C	2

Sedangkan hasil pengukuran geolistrik tahanan jenis dengan pemodelan 3D penampang vertikal seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 4. Penampang vertikal kedalaman lapisan bawah permukaan daerah penelitian.

Berdasarkan gambar 4, didapatkan jenis batuan yang sama pada tiap lintasan yaitu batuan pertama berupa batu pasir dengan kisaran nilai resistivitas < 10 Ωm dan ketebalan hingga 20 meter. Batuan kedua merupakan batu lempung berpasir. Posisi lapisan batuan cenderung tegak dikarenakan adanya struktur geologi yang membentuk daerah penelitian berupa antiklin.

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 ini 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

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.

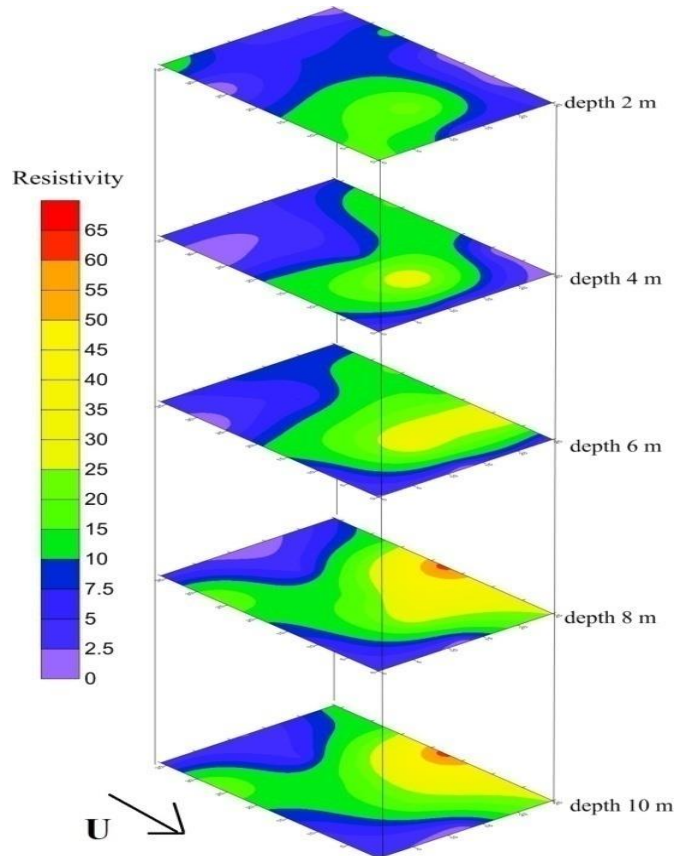
temperatur diatas dengan perbedaan temperatur yang tidak terlalu jauh yaitu temperatur air panas hanya sekitar 40°C sedangkan temperatur air dingin hanya sekitar 28°C sehingga nilai resistivitas dari kedua jenis akuifer ini tidak jauh berbeda dikarenakan keduanya memiliki hubungan secara eksponensial.

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah banyak dilakukan (Caglar *et al*, 1999; Suhendra, 2008; Komori *et al*, 2014; Farid *et al*, 2008;) nilai anomali resistivitas rendah ini berkisar < 10 Ωm. 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 berikut:



Gambar 5. Penampang horisontal kedalaman lapisan bawah permukaan daerah penelitian

Pada penampang horisontal ini (gambar 5) terlihat adanya 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.

SIMPULAN

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 $< 10 \Omega\text{m}$ dan ketebalan hingga 20 meter. batuan kedua merupakan batu lempung berpasir dengan rentang nilai resistivitas $10 - 50 \Omega\text{m}$ dan ketebalan mencapai 20 meter. Sedangkan batuan ketiga berupa batu lempung gamping dengan kisaran resistivitas $50 - 65 \Omega\text{m}$ 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 .

SARAN

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 magnetotelurik 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.
- 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
- Caglar, I. & M. Demiroer. 1999. Geothermal Exploration Using Geoelectric methods in Kestanbol Turkey. Geothermics Journal, 28(1999): 803 - 819.
- 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.