

## ***Electrical Resistivity Tomography Untuk Identifikasi Akuifer di Daerah Vulkanik (Studi Kasus: Kaliangkrik-Magelang)***

**Winarti<sup>1</sup> dan Partama Misdiyanta<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : winarti.itny@gmail.com

### **ABSTRAK**

Ketersediaan air tanah menjadi salah satu penopang kehidupan dan perlu dilestarikan. Usaha melestarikan air tanah, pertama kali adalah mengidentifikasi keberadaannya. Daerah yang berada di lereng gunung api bagian atas berfungsi sebagai tangkapan air, sehingga kandungan air tanah melimpah dan kualitasnya baik. Daerah Kaliangkrik yang berada di lereng G. Sumbing tersusun oleh batuan produk gunung api. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi akuifer di daerah lereng gunung api dengan metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT). Pengukuran ERT dilakukan sepanjang 500 meter, spasi antar elektroda 30 meter dan total n sebanyak 6. Hasil prosesing dengan *software* Res2DInv diperoleh penampang resistivitas 2D yang menggambarkan nilai tahanan jenis secara lateral dan vertikal. Akuifer yang teridentifikasi dari ERT dapat dijadikan dasar upaya konservasi air tanah di daerah tangkapan air. Hasil penampang resistiviti mencerminkan jika topografi daerah di bagian tenggara lebih rendah dibandingkan barat laut. Kisaran tahanan jenis dikelompokkan menjadi tiga yaitu rendah (< 600 ohm meter), tinggi (600-12.000 ohm meter) dan sangat tinggi (>12.000 ohm meter). Breksi andesit sebagai akuifer mempunyai nilai tahanan jenis rendah dan lava nilainya tinggi. Akuifer berada pada kedalaman 20-25 meter (dangkal) dan termasuk sistem akuifer berpori. Bagian barat daya (topografi lebih tinggi) merupakan asal air tanah, sehingga perlu dikonservasi.

Kata kunci: ERT, Vulkanik, Akuifer, Konservasi

### **ABSTRACT**

*The availability of ground water is one of the pillars of life, and must be preserved. The first step in conserving groundwater is identifying its presence. The area on the volcano's upper slopes functions as a water catchment, resulting in abundant and high-quality groundwater. The Kaliangkrik area, which is located on the slopes of Mount Sumbing, is comprised of volcanic rock. The study's goal was to identify aquifers on volcanic slopes using the Electrical Resistivity Tomography (ERT) method. ERT measurements were taken over a distance of 500 meters, with electrode spacing of 30 meters, and a total n of 6. The Res2DInv software generates a 2D resistivity cross-section that describes the resistivity value laterally and vertically. Aquifers identified through ERT can serve as a basis for groundwater conservation efforts in water catchment areas. The resistivity cross section results show that the topography of the southeast is lower than that of the northwest. The resistivity range is classified into three categories: low (600 ohm meters), high (600-12,000 ohm meters), and very high (> 12,000 ohm meters). Andesite breccia has a low resistivity value as an aquifer, whereas lava has a high resistivity value. The aquifer is 20-25 meters deep (shallow) and includes a porous aquifer system. The southwest (higher topography) is the source of groundwater, so it must be conserved.*

*Keyword: ERT, Volcanic, Aquifer, Conservation*

## **1. PENDAHULUAN**

Air merupakan salah satu kebutuhan pokok yang diperlukan oleh semua makhluk hidup, berguna untuk menunjang keberlangsungan kehidupan. Tanpa adanya air, maka makhluk hidup tidak akan dapat bertahan. Ketersediaan air dapat dijumpai sebagai air permukaan (*run off*) dan air tanah (*ground water*). Sebagian air tanah dapat muncul ke permukaan sebagai mata air. Pada daerah pegunungan atau perbukitan, dijumpai adanya pemotongan topografi yang mengakibatkan kemunculan air tanah dari akuifer [1].

Berdasarkan pada tekanan hidrolik, mata air dikelompokkan menjadi 2 (dua) yaitu artesis dan gravitasi [2]. Kemunculan mata air dapat disebabkan oleh sesar atau kontak stratigrafi antara batuan *permeable* dan *impermeable* [3]. Pada daerah pegunungan atau berbukitan yang cenderung mempunyai kelerengan yang curam, umumnya mata air muncul karena muka air tanah terpotong oleh topografi.

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, maka keberadaan air tanah dan mata air menjadi penting untuk diidentifikasi. Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan kebutuhan air bersih, maka berdampak terhadap

kegiatan eksplorasi air bersih. *Electrical resistivity tomography* (ERT) merupakan salah satu metode geofisika yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi akuifer di bawah permukaan.

Secara umum wilayah pegunungan atau perbukitan mempunyai kerelengan tinggi dan tersusun oleh batuan produk gunung api seperti breksi vulkanik, lava, intrusi dan tuf, yang mempunyai peruntukan sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*). Disebutkan jika daerah tinggian merupakan daerah infiltrasi [4]. Dari sudut pandang hidrologi, daerah vulkanik mempunyai sistem akuifer berpori dan akuifer retakan, sehingga termasuk ke dalam akuifer dengan produktivitas tinggi [5]. Daerah lereng pegunungan umumnya dicirikan oleh kemunculan mata air yang intensif dan kualitas air yang baik [5]. Akuifer di lereng G. Ciremai termasuk akuifer tertekan dan batuan yang berfungsi sebagai akuifer berupa breksi piroklastik, lava dan breksi laharik [6].

Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi akuifer di daerah lereng pegunungan dengan mengambil contoh kasus di Kaliangkrik, Magelang. Metode ERT diharapkan mampu mendeteksi keberadaan akuifer di daerah lereng pegunungan. Dengan menggunakan hukum gravitasi yang mengasumsikan aliran air berasal dari daerah tinggian menuju rendahan, maka akuifer yang terbaca dari penampang ERT akan dapat diprediksi asal alirannya. Metode ERT diterapkan di daerah Kaliangkrik, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah, tepatnya berada di lereng tenggara Gunung Sumbing. Hasil kajian ERT dapat dimanfaatkan sebagai upaya konservasi air tanah di daerah Kaliangkrik sebagai wilayah tangkapan air.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode geolistrik. Untuk mengetahui konfigurasi bawah permukaan, dapat dilakukan pengukuran secara *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) atau *Vertical Electric Sounding* (VES). Metode ERT dipergunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan konfigurasi bawah permukaan secara 2D. Metode ini merupakan metode geofisika yang bersifat non konvensional yang menggambarkan kondisi bawah permukaan secara vertikal dan penyebaran lateral [7].

ERT dipergunakan untuk mengetahui kondisi hidrologi di lokasi tambang [7], diaplikasikan di dalam geoteknik untuk membuat profil material hasil pembuangan tambang [8] dan mengidentifikasi longsor [9].

Batuan yang menyusun bumi dianggap isotropis dan homogen. Konsep tersebut dipergunakan di dalam kelistrikan dikenal sebagai Hukum Ohm yang dipakai untuk menghitung resistivitas. Arus yang diinjeksikan ke dalam tanah melewati elektroda arus, akan terukur nilai beda potensial melewati elektroda potensial [7]. Secara umum nilai resistivitas semu ( $\rho_a$ ) ditentukan oleh besarnya arus ( $I$ ), beda potensial ( $\Delta V$ ) dan faktor geometri ( $k$ ) [10], yang dirumuskan dalam persamaan (1).

$$\rho_a = k \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

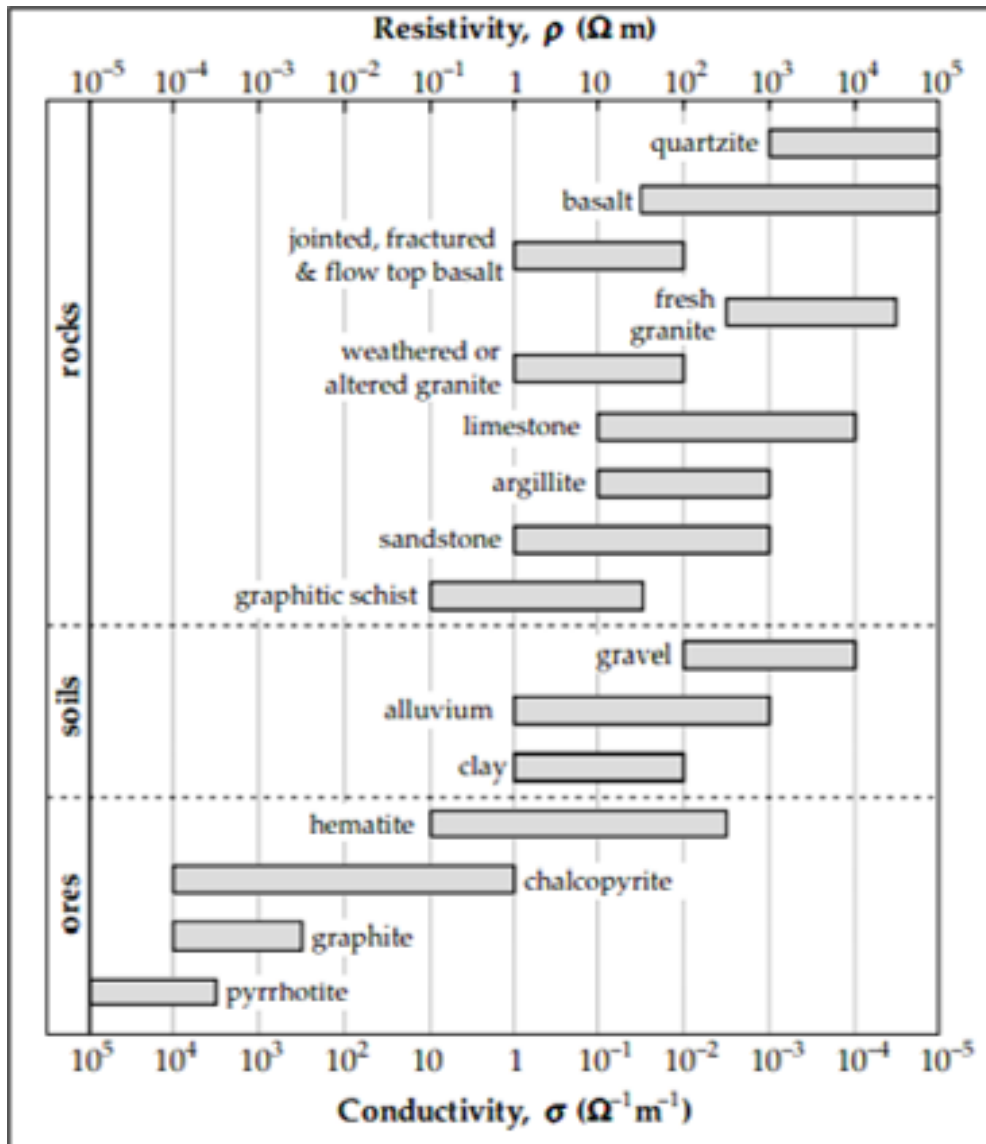
Perbedaan potensial yang terukur akan berpengaruh terhadap nilai resistivitas. Berdasarkan kisaran resistivitasnya, maka dapat dijadikan dasar untuk menginterpretasi jenis batuan yang ada di bawah permukaan. Batupasir teridentifikasi kisaran resistivitas antara  $4-8 \times 10^3$  ohm meter dan air antara 10-100 ohm meter [7], kuarsit berkisar antara 297-4381 ohm meter [9], lava berkisar antara 600-100 ohm meter [11] (Winarti & Hartono, 2015) dan material pembuangan tambang yang belum terkonsolidasi berkisar antara 30-70 ohm meter [8].

Kisaran nilai tahanan jenis dari beberapa batuan dan mineral disajikan pada Gambar 1 [12]. Batupasir dan lanau mempunyai tahanan jenis relatif rendah ( $< 30$  ohm meter) dan berfungsi sebagai akuifer dangkal pada Formasi Tebidah [13]. Pada Gambar 1 diketahui jika basal mempunyai kisaran tahanan jenis antara  $50-10^5$  ohm meter, sedangkan tahanan jenis basal yang terkekarkan berkisar antara 1-100 ohm meter.

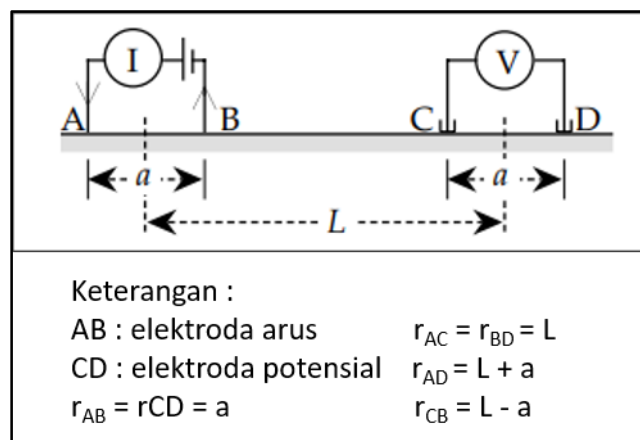
Pengukuran ERT pada penelitian ini menggunakan konfigurasi dipole-dipole (*double-dipole*). Konfigurasi ini menempatkan elektroda arus (AB) dan elektroda potensial (CD) secara terpisah dan masing-masing membentuk kutub. Setiap elektroda memiliki jarak sejauh  $a$ , tergantung kedalaman yang dikehendaki, sedangkan jarak antar kutub terpisah sejauh  $L$  dan digambarkan pada Gambar 2 [12]. Untuk mendapatkan tahanan jenis ( $\rho_a$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan (2) [12].

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

Pengukuran ERT dilakukan sepanjang 500 meter, dengan spasi antara elektroda ( $a$ ) sepanjang 30 meter dan jumlah  $n = 6$ , dengan arah bentangan mengarah ke tenggara-barat laut ( $N100^\circ E$ ). Untuk mendapatkan penampang resistivitas diproses dengan menggunakan *software* Res2DInv untuk mendapatkan gambaran nilai tahanan jenis secara lateral dan vertikal.



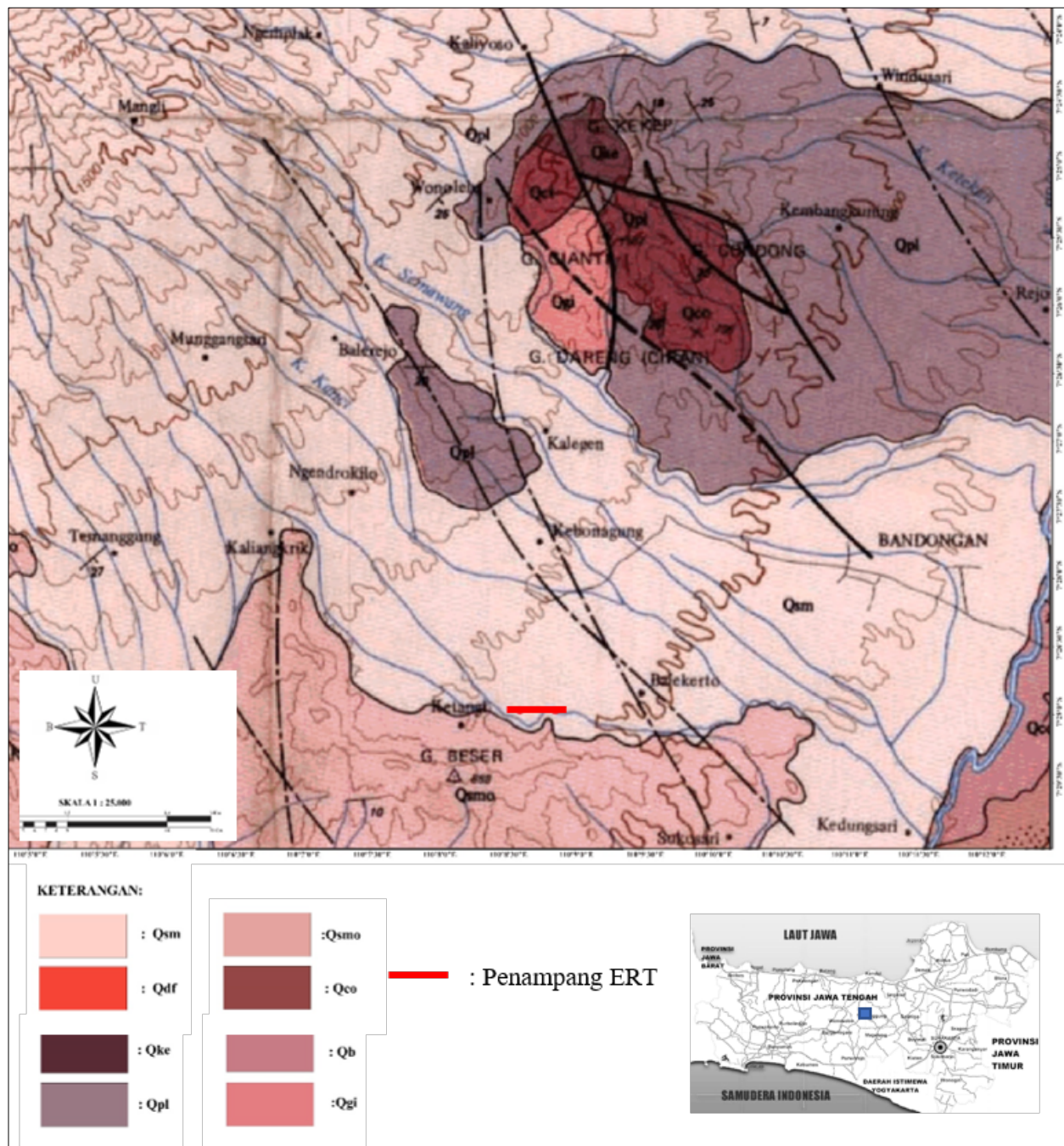
Gambar 1. Kisaran nilai tahanan jenis beberapa batuan



Gambar 2. Susunan elektroda konfigurasi dipole-dipole

3. HASIL DAN ANALISIS

Secara regional daerah Kaliangkrik termasuk ke dalam peta geologi lembar Magelang dan Semarang [14]. Daerah lereng Gunung Sumbing dominan tersusun oleh batuan hasil aktivitas vulkanik yang berumur Miosen hingga Pliosen (Qsm). Lokasi pengukuran ERT ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Lokasi pengukuran electrical resistivity topography

Hasil pengamatan di lapangan dijumpai adanya breksi andesit, tuf lapili dan tuf (Gambar 4). Breksi mempunyai ciri berwarna lapuk abu-abu kecoklatan, warna segar abu-abu kehitaman, tekstur klastik, ukuran fragmen kerakal-berangkal, bentuk fragmen *sub-angular* sampai *angular*, kemas terbuka, sortasi buruk, porositas baik dan bersifat *permeable*, sedangkan tuf berukuran lempung bersifat *impermeable*. Pada morfologi bagian atas ditemukan adanya tuf lapili dengan ciri-ciri fisik warna lapuk coklat tua, warna segar coklat kekuningan, ukuran fragmen kerikil-

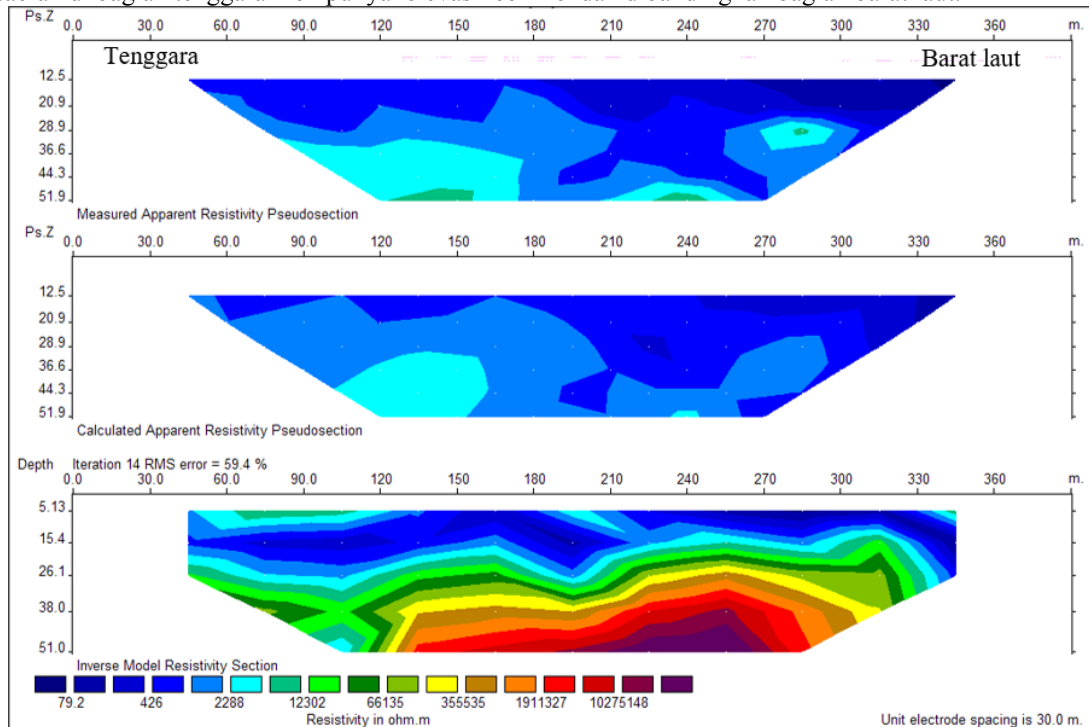
kerakal, bentuk fragmen *sub-angular*, ukuran matrik pasir kasar, kemas terbuka, sortasi buruk, porositas baik dan bersifat *permeable*.

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, maka dapat dikatakan jika batuan yang menjadi akuifer di daerah penelitian adalah breksi andesit dan tuf lapilli. Kedudukan breksi andesit berada di bawah tuf.



Gambar 4. Breksi andesit dan tuf sebagai batuan penyusun di lereng G. Sumbing

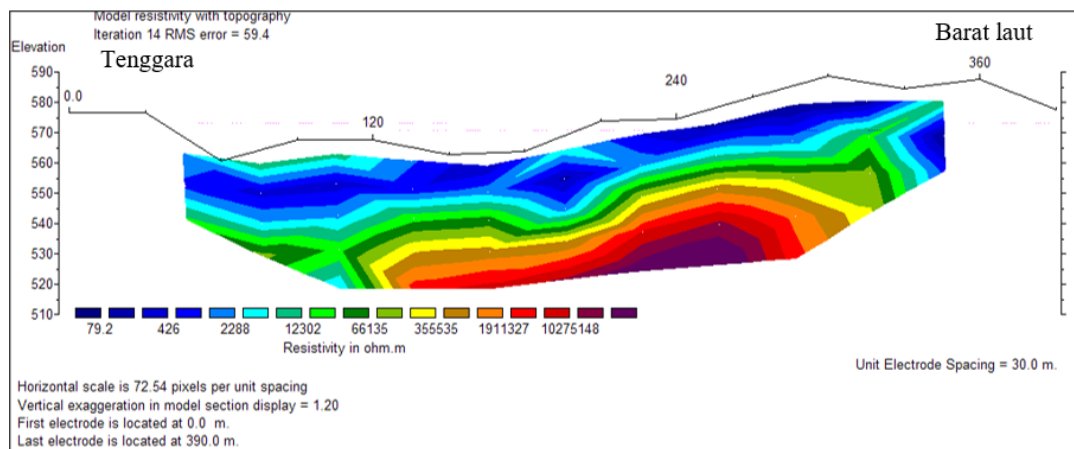
Data hasil pengukuran ERT meliputi data koordinat, elevasi, arus, beda potensial dan nilai resistivitas pada setiap titik. Hasil prosesing diperoleh penampang melintang resistiviti 2D (Gambar 5 dan Gambar 6). Gambar 5 merupakan hasil prosesing yang belum memasukkan faktor elevasi, sehingga semua titik pengukuran diposisikan sama. Gambar 6 merupakan hasil prosesing yang sudah memasukkan faktor elevasi. Berdasarkan cerminan topografi, maka daerah di bagian tenggara mempunyai elevasi lebih rendah dibandingkan bagian barat laut.



Gambar 5. Penampang resistiviti 2D tanpa elevasi

Hasil kedua prosesing tersebut, secara umum mempunyai pola yang mirip. Nilai tahanan jenis menunjukkan nilai kontras secara gradual. Berdasarkan kisarannya, maka nilai tahanan jenis dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga)

rendah (< 600 ohm meter), tinggi (600-12.000 ohm meter) dan sangat tinggi (>12.000 ohm meter). Nilai tahanan jenis rendah mengindikasikan jika lapisan batuan terisi air, sedangkan nilai tahanan jenis tinggi mengindikasikan batuan yang masif dan kompak.



Gambar 6. Penampang resistiviti 2D dengan elevasi

Apabila dikaitkan dengan data singkapan dan nilai tahanan jenis, maka batuan yang mempunyai nilai tahanan jenis rendah dan berfungsi sebagai akuifer adalah breksi andesit, sedangkan lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis tinggi sampai sangat tinggi diprediksi sebagai lava. Akuifer yang tercermin pada Gambar 5 dan Gambar 6 tersebar di sepanjang penampang mulai dari tenggara sampai barat laut dengan kedalaman antara 20-25 meter di bawah permukaan. Pada beberapa tempat (meter ke 60-120 dan meter ke 180-200) terbaca nilai tahanan jenis tinggi yang dapat menjadi penyekat di dalam lapisan akuifer, dengan kedalaman antara 5-10 meter.

Sedangkan batuan yang berfungsi sebagai lapisan penahan air pada bagian bawah adalah lava sehingga air tidak lolos. Berdasarkan kedalaman akuifer yang relatif dangkal dan penyebarannya mengikuti lereng, maka besar kemungkinan akan terbentuk mata air pada beberapa tempat, apabila terjadi pemotongan topografi. Breksi andesit yang tersingkap dijumpai dalam keadaan kompak dan masif, sehingga sistem akuifer di daerah penelitian teridentifikasi sebagai sistem akuifer berpori.

Daerah bagian tenggara mempunyai morfologi lebih rendah dibandingkan bagian barat laut. Daerah dengan morfologi lebih tinggi identik sebagai daerah tangkapan air (*catchment area*), sehingga daerah yang lebih rendah berfungsi sebagai tempat pelepasan air. Keberadaan air di daerah penelitian yang cenderung mengumpul di bagian lebih rendah, tidak terlepas dari sifat air yang mengalir dari tinggian menuju rendahan.

#### 4. KESIMPULAN

Daerah Kalianggrik yang merupakan zona tangkapan air, mempunyai keterdapatan air tanah yang baik. Berdasarkan hasil kajian *electrical resistivity tomography* (ERT) menggambarkan air tanah di bawah permukaan dengan kedalaman relatif dangkal yaitu antara 20-25 meter dan sebagai akuifer adalah breksi andesit. Pola penyebaran air tanah tersebut secara umum mengikuti bentuk lereng. Kedalaman air tanah yang dangkal, sangat memungkinkan terbentuk mata air terutama pada daerah tekuk lereng.

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk yang diiringi dengan peningkatan kebutuhan air bersih, maka daerah lereng pegunungan seperti Kalianggrik sudah selayaknya untuk dikonservasi sehingga tidak terjadi alih fungsi lahan. Hal itu dapat mengakibatkan terjadinya degradasi di bagian hulu, yang akan berdampak terhadap menurunnya jumlah air tanah. Kajian bawah permukaan untuk mengetahui sebaran akuifer dapat dijadikan dasar untuk melakukan upaya konservasi. Daerah yang berada di bagian barat laut yang mempunyai topografi lebih rendah, merupakan asal air tanah yang mengisi akuifer, sehingga wilayah tersebut harus diselamatkan dengan tidak merubah peruntukan lahan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ashari A, Widodo E. Hidrogeomorfologi Dan Potensi Mataair Lereng Baratdaya Gunung Merbabu. *Maj. Geogr. Indones.* 2019; Vol. 33(1): 48-56.
- [2] Manga M. On the Time Scale Characterizing Groundwater Discharge at Springs. *Journal of Hydrology.* 1999; 219: 56-69.
- [3] Winarti, Sukiyah E, Syafri I, Nur AA. Springs Phenomena as Contacts Between Nanggulan and Old Andesite Formations at Eastern West Progo Dome, Indonesia. *Int. J. GEOMATE.* 2020; Vol. 19(74): 167-175.
- [4] Asdak C. *DAS sebagai Satuan Monitoring dan Evaluasi Lingkungan: Air sebagai Indikator Sentral.* Seminar Sehari PERSAKI DAS. Jakarta. 1999.
- [5] Irawan DE, Puradimaja DJ, Notosiswoyo S, Soemintadiredja P. Hydrogeochemistry of Volcanic Hydrogeology Based on

*Electrical Resistivity Tomography Untuk Identifikasi Akuifer di Daerah Vulkanik (Studi Kasus: Kalianggrik-Magelang (Winarti)*

- Cluster Analysis of Mount Ciremai, West Java, Indonesia. *J. Hydrol.* 2009; Vol. 376(1-2): 221–234.
- [6] Puradimaja DJ, Irawan DE, Hutasoit LM. The Influence of Hydrogeological Factors on Variation of Volcanic Spring Distribution, Spring Discharge, and Grounwater Flow Pattern. *Bulletin of Geology.* 2003; Vol. 35(1): 15-23.
- [7] Bharti AK, Prakash A, Verma A, Singh KKK. Assessment of Hydrological Condition in Strata Associated with Old Mine Working During and Post-Monsoon Using Electrical Resistivity Tomography: a Case Study. *Bull. Eng. Geol. Environ.* 2021; Vol. 80(6): 5159–5166.
- [8] Supandi S. Geotechnical Profiling of a Surface Mine Waste Dump Using 2D Wenner-Schlumberger Configuration. *Open Geosci.* 2021; Vol. 13(1): 335–344.
- [9] Olayanju GM, Ayodele OS, Oni AV. Electrical Tomographic and Geotechnical Investigation of Landslide Occurrence at Agbona Hill in Okemesi, Southwestern Nigeria. *Nat. Hazards.* 2021; Vol. 107(2): 1965–1980.
- [10] Suntoko H, Wicaksono AB. Identifikasi Patahan pada Batuan Sedimen Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole di Tapak RDE Serpong, Banten. *J. Pengemb. Energi Nukl.* 2017; Vol. 19(2): 81–88.
- [11] Winarti, Hartono HG. 2015. *Identification of Volcanic Rocks in Imogiri Yogyakarta Based on Subsurface Geologic Data.* International Conference on Engineering of Tarumanegara. Jakarta. 2015; ISBN: 00-00-00-00-00: 22-23,2015
- [12] Lowrie, W. *Fundamentals of Geophysics.* Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press: 2007.
- [13] Karunianto AJ. Analisis Kedalaman Potensi Akuifer Air Tanah Dengan Pemodelan Distribusi Tahanan Jenis Secara Inversi 2-D Desa Kompas Raya, Nanga Pinoh, Melawi, Kalimantan Barat. *Eksplorium.* 2013; Vol. 34(1): 11–22.
- [14] Thanden RE, Sumadirdja HS, Richards PW. *Peta Geologi Lembar magelang dan Semarang, Jawa 1: 100.000.* Bandung: Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Republik Indonesia: 1975.