

INTERPRETASI *ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY* (ERT) UNTUK PENDUGAAN AIR TANAH DANGKAL PADA FORMASI GUNUNGAPI MUDA

Erik Febriarta¹, Suswanti², Sembodo Noviandaru³

¹Fakultas Teknologi Sumberdaya Alam, Institut Teknologi Yogyakarta

Email: ¹e.febriarta@gmail.com

²Magister Management Bencana Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Email: ²suswanti.geo08@gmail.com

³Jurusan Geografi Lingkungan Fakultas Geografi UGM

Email: ³sembodo.noviandaru@gmail.com

ABSTRAK

Aquifers or groundwater saturated areas in the slope morphology of Merapi volcano are relatively thin due to massive rock outcrops above the surface. Because these massive igneous rocks dominate the local geological appearance, the groundwater potential on the upper foot slope is relatively lower than the lower one that has thicker aquifer materials (sand). This study was designed to investigate the thickness of potential groundwater and identify the aquifer materials by geoelectrical methods using the Electrical Resistivity Tomography (ERT) configuration. ERT has several advantages, including its ability to present multi-log lithology vertically and produce a more detailed surface appearance. In this study, rock resistivity values were measured with a survey line stretching across 250 m. The geoelectrical imaging produced actual values (potential values) of the rock resistivities through the matching curve and inversion techniques. Afterward, the actual resistivities were matched with the standard electrical resistivity of rocks and their respective hydrogeological characteristics, i.e., the capacity to store and transmit water. Interpretation on rock resistivities detected groundwater at a depth of 0.5-12 m in Manisrenggo. This shallow aquifer has an impermeable layer composed of igneous rocks, which are massive breccia, that lie in one layer of sand. According to the Groundwater Basin Map, these rock formations are part of the Karanganyar-Boyolali Groundwater Basin. The shallow aquifers and hydraulic gradient lead to the emergence of seeps or flushes on the soil surface.

Keywords: *groundwater, aquifer, geoelectrical, Electrical Resistivity Tomography (ERT),*

1. PENDAHULUAN

Air tanah berdasarkan definisi Standar Nasional Indonesia (SNI) no.13.7121 tahun 2005 tentang penyelidikan potensi air tanah adalah merupakan semua air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah pada zona jenuh air (Badan Standardisasi Nasional, 2005). Air tanah merupakan bagian dari air yang berada di bawah permukaan bumi yang dapat diperoleh melalui sumur, saluran, atau mengalir secara alami ke permukaan bumi dengan mata air (Fetter, 2004; Sharp, 2007). Kedudukan air tanah berada di ruang antar butir batuan atau cekungan airtanah atau disebut akuifer. Akuifer adalah unit geologi baik formasi, strata, maupun batuan baik bersifat lepas-lepas ataupun termampatkan yang mampu

mengalirkan air dalam jumlah tertentu yang dapat diturap melalui sumur maupun dari mata air (Bouwer & Herman, 1978; Fetter, 2004; Sharp, 2007; Todd & Mays, 2005).

Karakteristik air tanah sangat dipengaruhi oleh elevasi dan material batuan. Secara kuantitas terdapatnya air tanah relatif banyak pada daerah pegunungan dengan elevasi tinggi dengan topografi pegunungan hingga datar. Kuantitas tersebut tidak secara potensial tersimpan tetapi mengalir atau meloloskan air tanah secara gravitasi turun ke perbukitan (Fetter, 2004). Tetapi air tanah di pegunungan dengan formasi akuifer primer gunung api memiliki ketebalan yang relatif tipis dan dipengaruhi oleh struktur geologi berupa batu massif dengan ketebalan akuifer yang relatif kecil pada lereng atas hingga lereng tengah (Singhal & Gupta, 2010). Kemampuan akuifer dalam menahan, menyimpan dan meloloskan air tanah sangat dipengaruhi oleh material batuan atau litologi batuan. Sifat material batu yang berbeda akan memiliki respon yang berbeda terhadap airtanah. Air tanah dapat diloloskan dengan cepat dan respon yang cepat pada kondisi batu berpasir, bercelah atau berongga (Fetter, 2004; Todd & Mays, 2005).

Air tanah di morfologi lereng atas secara alami dapat muncul ke permukaan tanah sebagai mata air atau rembesan karena dipengaruhi oleh faktor geologi seperti tekuk lereng, patahan maupun retakan (Singhal & Gupta, 2010). Dangkalnya kedalaman air tanah di lereng atas juga dapat mengakibatkan penurunan kuantitas air tanah ketika musim hujan dikarenakan kemiringan gradien air tanah, pergerakan air cepat bergerak turun secara alami menuju lereng tengah atau daerah pengeluran. Morfologi lereng atas dengan penyusun batuan primer mempunyai kapasitas menyimpan air tanah dengan sangat besar dengan material penyusun dominan adalah pasir (Todd & Mays, 2005). Morfologi lereng atas juga memiliki karakteristik dangkalnya batuan induk dari formasi batuan primer yang dipengaruhi oleh elevasi dan tekuk lereng (Fetter, 2004). Fenomena dangkalnya batuan induk mengakibatkan kondisi air tanah cepat jenuh dan kapasitas simpanan air tanah terlampaui kapasitasnya yang mengakibatkan munculnya rembesan di beberapa tempat dengan topografi yang lebih rendah atau cekungan (Fetter, 2004). Dampak dari kapasitas air tanah yang cepat jenuh mengakibatkan beberapa kondisi antara lain: munculnya rembesan, mataair, limpasan permukaan pada saat hujan dan dapat mengakibatkan gerakan masa tanah yang mengakibatkan longsor (Singhal & Gupta, 2010).

Kawasan di Kecamatan Manisrenggo merupakan lereng tengah dari gunung api Merapi dengan elevasi + 300 mdpal. Formasi volkanik merapi muda berumur pleistosen atas, tersusun atas material hasil aktivitas volkanik berupa endapan tuff, pasir, dan breksi yang terkonsolidasi

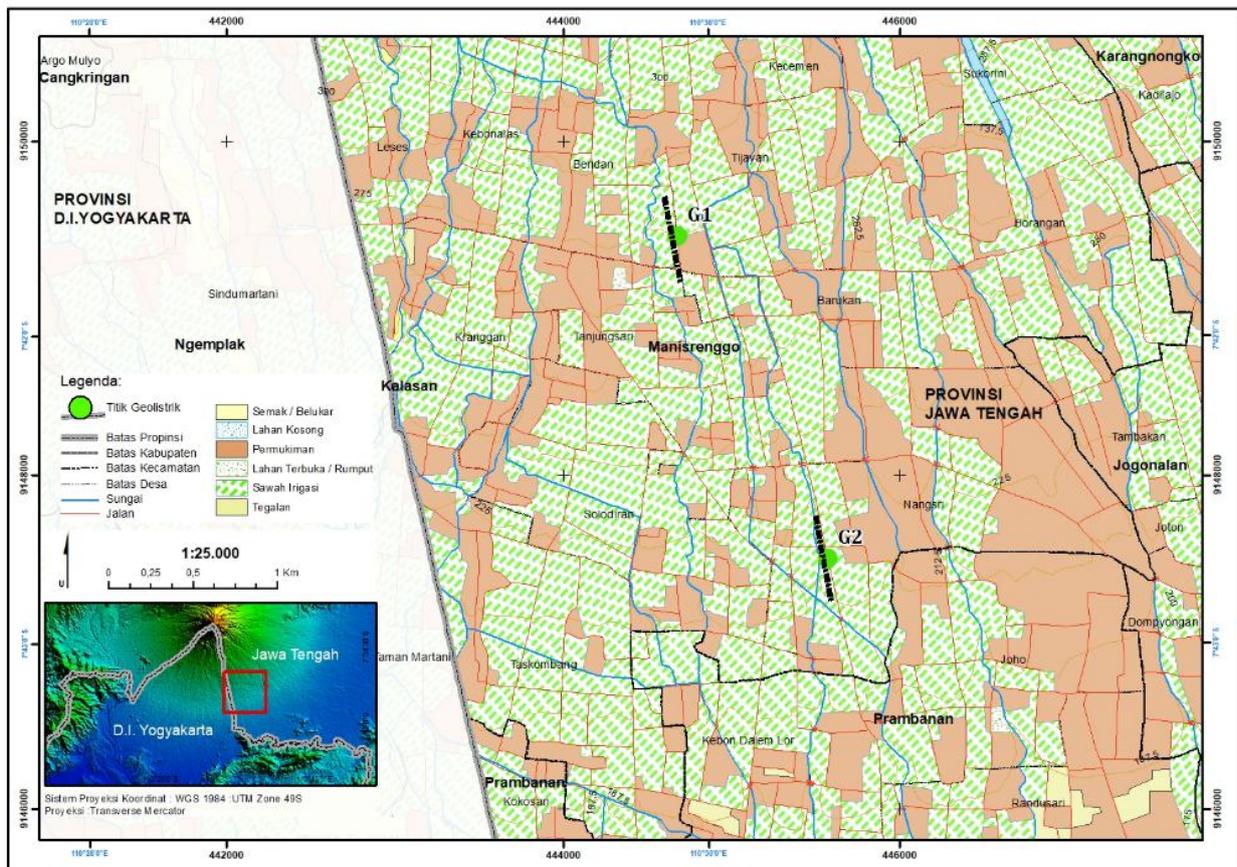
lemah, serta endapan lahar. Formasi Vulkanik Merapi Muda menurut Donald et al., (1984) dapat dibedakan menjadi dua formasi berdasarkan ciri litologi dan sifat-sifatnya terhadap kandungan air tanah, yaitu Formasi Sleman dan Formasi Yogyakarta Donald et al., (1984). Berdasarkan latar belakang tersebut maka tujuan penelitian ini adalah melakukan observasi potensi dan keberadaan air tanah dangkal di lereng atas Gunung Merapi serta menganalisis material penyusun akuifernya.

2. MATERI DAN METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di Desa Bendang dan Nangsri, Kecamatan Manisrenggo, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah berbatasan dengan Kabupaten Sleman, Provinsi D.I.Yogyakarta. Wilayah Kecamatan Manisrenggo, Kabupaten Klaten secara astronomis terletak pada $7^{\circ}41'$ - $110^{\circ}28'$ BT dan $7^{\circ}40'$ - $110^{\circ}31'$ LS. Batas sebelah utara adalah Kecamatan Kemalang, di sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Sleman Provinsi D.I.Yogyakarta, di sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Karangnongko, Kecamatan Kebonarum, dan di sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Prambanan. Pemilihan lokasi untuk pengukuran geolistrik didasarkan pada morfologi lereng atas, dengan memotong garis kontur. Panjang pengukuran geolistrik bentangan kabel lurus sejauh 250 m. Lokasi pengukuran geolistrik di Desa Bendang (titik G1) berada di sekitar penggunaan lahan sawah dan permukiman penduduk. Sedangkan lokasi pengukuran di Desa Nangsri (titik G2) berada di sekitar penggunaan lahan sawah.

Electrical Resistivity Tomography (ERT)

Survei permukaan resistivitas (geolistrik) didasarkan pada prinsip bahwa distribusi potensial listrik di dalam tanah sekitar elektroda pembawa arus tergantung pada resistivitas listrik dan distribusi tanah dan batuan sekitarnya. Pengukuran kondisi dilapangan yang biasa di lapangan adalah untuk menerapkan arus listrik langsung atau searah atau disebut *Direct Current* (DC) antara dua elektroda ditanamkan di dalam tanah dan untuk mengukur perbedaan potensial antara dua elektroda tambahan yang tidak membawa arus. Elektroda potensial sejalan antara elektroda, tetapi pada prinsipnya elektoda tersebut bisa berada di mana saja. Arus yang digunakan adalah nilai arus bolak balik atau *Alternating Current* (AC) frekuensi rendah (± 20 Hz). Arus bolak-balik (*AC/alternating current*) adalah arus listrik di mana besarnya dan arahnya arus berubah-ubah secara bolak-balik (Lowrie & William, 2007). Semua analisis dan interpretasi yang dilakukan atas dasar arus langsung.



Gambar 1. Lokasi Pengukuran Geolistrik (lintasan 250m)

Metode resistivitas memiliki beberapa keterbatasan yang mempengaruhi kedalaman pendugaan material dan akurasi. Nilai pengukuran yang diperoleh pada setiap lokasi merupakan rata-rata tertimbang dari efek yang dihasilkan lebih besar volume material, dengan bagian terdekat berkontribusi paling banyak. Data dari geolistrik yang lazim disajikan dan ditafsirkan dalam bentuk nilai-nilai resistivitas semu (ρ_a).

Tahanan jenis semu didefinisikan sebagai resistivitas. Nilai elektrik homogen dan isotropik yang akan menghasilkan hubungan diukur antara perbedaan potensial untuk pengaturan tertentu dan jarak elektroda. Salah satu metode geolistrik yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) (Ungureanu et al., 2017). *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) merupakan metode yang digunakan untuk menduga jenis dan susunan material permukaan bumi berdasarkan distribusi spasial nilai resistivitasnya (Lowrie & William, 2007)

Electrical Resistivity Tomography (ERT) disebut juga dengan *Sub Surface Imaging* (Telford, Geldart, & Sheriff, 2004) atau *Resistivity Profiling* (Milsom, 2003). Metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) digunakan untuk mendapatkan data yang lebih detail

daripada menggunakan metode VES (*Vertical Electrical Sounding*). Pada saat pengukuran menggunakan metode ERT untuk lintasan yang sama panjangnya dengan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES), data yang diperoleh jumlahnya akan berbeda. Data yang diperoleh untuk metode ERT lebih banyak dari pada metode *Vertical Electrical Sounding* (VES), sehingga keakuratan data juga lebih baik (Kurniawan, 2011; Pambudi, 2011). Kelebihan metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) sering digunakan untuk melakukan penelitian dengan skala detail. Perbedaan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) atau metode klasik dengan *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) terdapat pada tipe, sifat data dan data yang dihasilkan. Perbedaan metode *Vertical Electrical Sounding* (VES) dan metode *Electrical Resistivity Tomography* (ERT) dapat dilihat pada Tabel 1. dibawah ini:

Tabel 1. Perbedaan Konfigurasi VES dan ERT

Perbedaan	Metode VES	Metode ERT
Tipe elektroda	Satu pasang	Beberapa pasang, misalnya : 16, 32, 48, 96
Sifat data	1 dimensi	2 dimensi dan 3 dimensi
Hasil	Data log vertikal	Multi data log vertikal dan stratigrafi tahanan jenis

Sumber: Bernard et al. (2011)

Prinsip penyelidikan ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik searah ke dalam bumi melalui dua arus elektroda arus A dan B, dan akan terbentuk medan listrik yang komposisinya tergantung pada konfigurasi dan sifat listrik batuan yang ada dalam media tersebut. Potensial yang ditimbulkan oleh arus ini diukur permukaan tanah dengan menggunakan 2 (dua) buah elektroda potensial tak terpolarisasikan (M dan N) (Chambers et al., 2015). Bila kuat arus yang dialirkan dan perbedaan potensial yang diukur diketahui, maka tahanan jenis lapisan batuan yang dilalui arus listrik akan dapat dihitung.

Untuk menghitung faktor geometri konfigurasi susunan elektroda tersebut adalah dengan menggunakan konfigurasi Wenner-Schlumberger (Uhlemann et al., 2017). Konfigurasi ini dianggap paling baik tingkat keakuratannya. Analisis nilai faktor geometris tahanan jenis mengacu dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) no.2818, tahun 2012 tentang tata cara pengukuran geolistrik Schumberger untuk eksplorasi air tanah. Nilai faktor geometri (k) Wenner-Schlumberger dihitung dengan formula:

$$k = \pi n (n+1) a.R \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

k = faktor geometri

n = spasi/jarak elektroda arus (m)

a = spasi/jarak elektroda potensial (m)

R = ρ_a / hambatan jenis (Ohm m)

Analisis Data Terhadap Korelasi Litologi

Berdasarkan instrumen geolistrik data yang dihasilkan berupa nilai hambatan jenis material (resistivitas semu atau ρ_a) (Richards et al., 2019). Analisis nilai tahanan jenis mengacu dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) no.2818, tahun 2012 tentang tata cara pengukuran geolistrik Schumberger untuk eksplorasi air tanah (Badan Standardisasi Nasional, 2012). Nilai resistivitas semu atau ρ_a dihitung dengan formula:

$$\rho_a = \frac{\Delta V}{I} \frac{(AB^2 \cdot MN^2)}{(MN)} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

- ρ_a = tahanan jenis semu (Ohm m)
- ΔV = perbedaan tegangan yang diukur (volt)
- AB = jarak antara kedua elektroda arus (m)
- MN = jarak antara elektroda potensial (m)
- I = kuat arus yang dialirkan kedalam bumi (ampere)

Penafsiran hasil pengukuran di lapangan dilakukan dengan metode korelasi atau menghubungkan nilai tahanan jenis (Ohm m) dengan kondisi sifat fisik batuan. Penafsiran atau interpretasi dilakukan berdasarkan tabel resistivitas menurut (Bernard, Leite, & Vermeersch, 2011; Lowrie & William, 2007; Milsom, 2003; Telford et al., 2004). Nilai resistivitas terhadap material batuan disajikan pada di Tabel 2. Nilai tahanan jenis kecil mempunyai informasi material penyusun memiliki sifat lunak dan berbutir halus, sedangkan semakin besar mempunyai informasi material penyusun keras hingga kompak. Untuk mengetahui potensi keterdapatan air tanah menggunakan pendekatan dari Standar Nasional Indonesia (SNI) 2818:2012 Tata cara pengukuran geolistrik Schlumberger untuk eksplorasi air tanah. Nilai resistivitas pendugaan untuk tanah dan air disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Nilai Resistivitas Material Penyusun Batuan

Litologi/batuan	Resistivitas (Ohm-meter)
Batuan beku	10000 - 100000
Batuan ubahan	1000 - 10000
Lempung	10 - 100
Serpihan lunak (lempungan)	1 - 10
Serpihan lunak	1 - 10
Pasir	10 - 100
Batupasir	100 - 1000
Gamping porous	1000 - 10000
Gamping padat	10000 - 100000
Skala tahanan jenis (ohm-meter)	1 10 100 1000 10.000 100.000

Sumber : Bernard et al., (2011); Lowrie & William (2007); Milsom (2003); Telford et al. (2004)

Tabel 3. Nilai Resistivitas Pendugaan Untuk Tanah Dan Air

Tahanan Tanah	Ohm-meter
Daerah basah	50 – 200
Daerah kering	100 – 500
Daerah sangat kering	200 – 1000 (terkadang <50, jika tanah mengandung garam)
Air	Ohm-meter
Air tanah	1- 100
Air Hujan	30 - 1000

Sumber : (Badan Standarisasi Nasional, 2012)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Geologi dan Hidrogeologi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Yogyakarta Skala 1:100.000, secara regional Desa Tanjungsari, Kecamatan Manisrenggo, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah berada di lereng tengah hingga lereng kaki dari gunungapi Merapi dan bagian dari Formasi Gunungapi Merapi (Qvm) (Rahardjo, Sukandarrumidi, & Rosidi, 1995). Formasi Gunungapi Merapi ini tersusun dari breksi vulkan, lava, dan tuff sebagai hasil endapan lahar Gunung Merapi yang masih aktif sampai kini. Aktivitas gunungapi diperkirakan mulai plestosen akhir.

Berdasarkan Peta Hidrogeologi kawasan kecamatan Manisrenggo Skala 1:100.000, didasarkan atas sifat penyusun batuan termasuk kelompok endapan vulkanik muda yang terdiri atas tuffan, lahar, breksi dan lava andesit sampai basal (Setiadi, Mudiana, & Akus, 1990). Sifat fisik dari litologi tersebut keras, agak kompak, tuff mudah hancur diselingi oleh lempung tuffan, dengan sifat lunak, plastis, mudah luruh bila kering. Kelulusan tinggi hingga sedang, terutama pada endapan lahar dan aliran lava vestikular. Akuifer produktif dengan penyebaran luas. Akuifer dengan keterusan sedang hingga tinggi dengan pisometri air tanah atau muka air tanah diatas atau dekat di bawah muka tanah, dengan potensi debit sumur berkisar antara 5-10 l/detik.

Korelasi Terhadap Litologi

Panjang lintasan pengukuran di titik G-1 (Gambar 1) di desa Bendan kecamatan Manisrenggo adalah 250 m dengan arah utara-selatan. Hasil pengukuran geolistrik menunjukkan daerah penelitian memiliki nilai resistivitas semu 0,03– 2,61 Ohm meter pada pengukuran G-1 (Gambar 1). Nilai tersebut dilakukan koreksi untuk nilai tahanan jenis dengan metode inversi menghasilkan nilai 4,06–13.974 Ohm meter. Nilai error atau kesalahan hasil inversi pada pengukuran G-1 adalah 11,1%. Sedangkan nilai error atau kesalahan hasil inversi pada pengukuran G-2 adalah 1,71%. Hasil tersebut berdasarkan analisis data menurut Lowrie

& William (2007), masih diperbolehkan dengan nilai toleransi 15-20%. Nilai tersebut dimungkinkan diakibatkan oleh nilai arus yang tidak stabil dikarenakan pengukuran berada di bawah lintasan jaringan listrik. Nilai kesalahan dapat dimungkinkan juga oleh penggunaan lahan di sekitar pengukuran adalah padi sawah sehingga hambatan jenis yang diterima bias dengan nilai genangan air di sekitar sawah, hal tersebut dikarenakan air adalah penghantar listrik yang baik sehingga distribusi arus yang terbaca oleh alat geolistrik dengan nilai lebih besar.

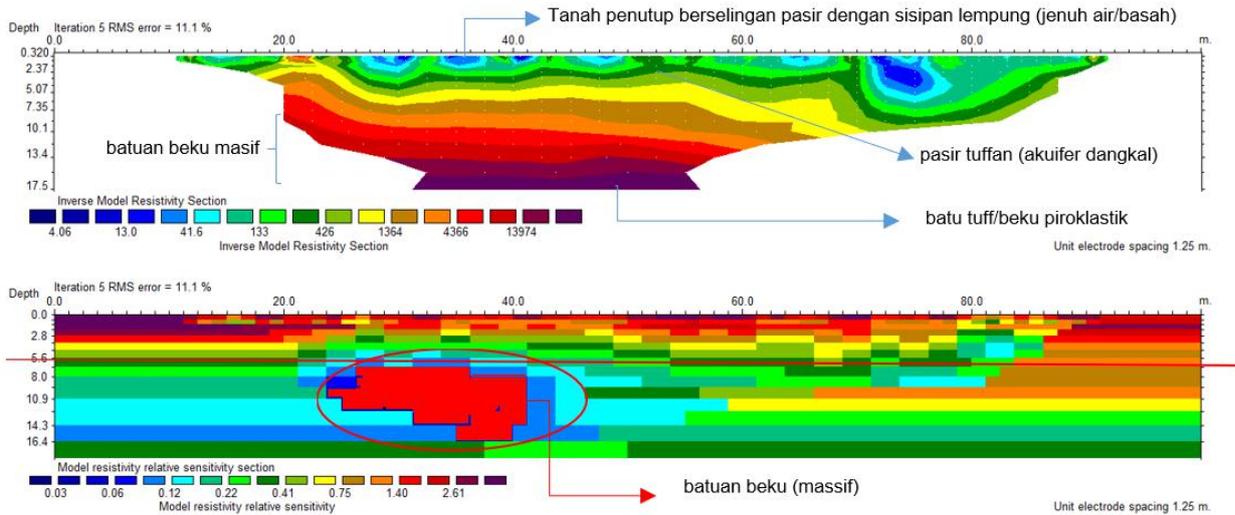
Hasil geolistrik menunjukkan dari kedua lintasan, secara umum pengukuran pada kedalaman lebih dari 5 meter menunjukkan nilai tahanan jenis dengan nilai tinggi. Nilai resistivitas yang tinggi berdasarkan korelasi nilai litologi atau batuan adalah batu keras, massif dan kompak hingga lava tidak terpsahkan. Pada hasil pendugaan litologi lintasan G-1 dengan koordinat Universal Tranvers Mercator (UTM) 444680; 9149433 menunjukkan material keras, batuan beku berupa breksi, breksi andesit dan breksi kompak. Batuan beku hingga batu breksi andersi merupakan batuan induk dari leleran lahar dari Formasi Vulkanik Merapi Muda.

Penyusun material dengan sifat pembawa air tanah pada pengukuran lintasan geolistrik G-1 berada pada material pasiran dengan sisipan lempung/tuffan dengan kedalaman 2-4 m. Kedalaman >7 meter penyusun batuan adalah satuan batuan beku. Batas bawah dari bagian kedap air tanah adalah batuan beku breksi. Nilai resistivitas bagian kedap air sebesar 1.125 Ohm m, memiliki korelasi dengan batuan beku berukuran bongkah dengan yang diendapkan dari leleran lahar. Di bawah kedalaman >12 m memiliki resistivitas 5.122 Ohm m yang mempunyai korelasi batuan batu beku kompak. Hasil pendugaan nilai resistivitas rata-rata terhadap litologi pada lintasan G-1 disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Resistivitas Pada Lintasn G-1

Lapisan	Hasil Penafsiran			Perkiraan Litologi	Hidrogeologi	
	Kedalaman (m)		Resistivitas (Ohm m)			
1	0	-	0,5	12,36	Tanah penutup	-
2	0,5	-	1	6,78	Lempung	-
3	1	-	2	94,72	Pasir Lempungan	-
4	2	-	4	20,55	Pasir	Air tanah
5	4	-	7	80,17	Batupasir	Air tanah
6	7	-	10	1.125,00	Breksi (Batuan beku)	-
7	10	-	>12	5.122,00	Breksi andesit kompak	-

Sumber: Analisis, 2019



Gambar 2. Penampang Melintang G-1 Di Desa Bendan

Panjang lintasan pengukuran di titik G-2 (Gambar 1) di Desa Nangsri, Kecamatan Manisrenggo adalah 250 m dengan arah utara-selatan. Hasil pengukuran di lintasan geolistrik G-2 menghasilkan nilai resistivitas semu 0,03–2,42 Ohm meter. Tanah penutup dijumpai hingga kedalaman 0,3m. Di bawah tanah penutup penyusun material adalah pasir dengan sisipan tuffan. Kedalaman > 6,2 m menunjukkan material dengan ukuran sedang hingga kasar dengan nilai resistivitas 661-22.611 Ohm m.

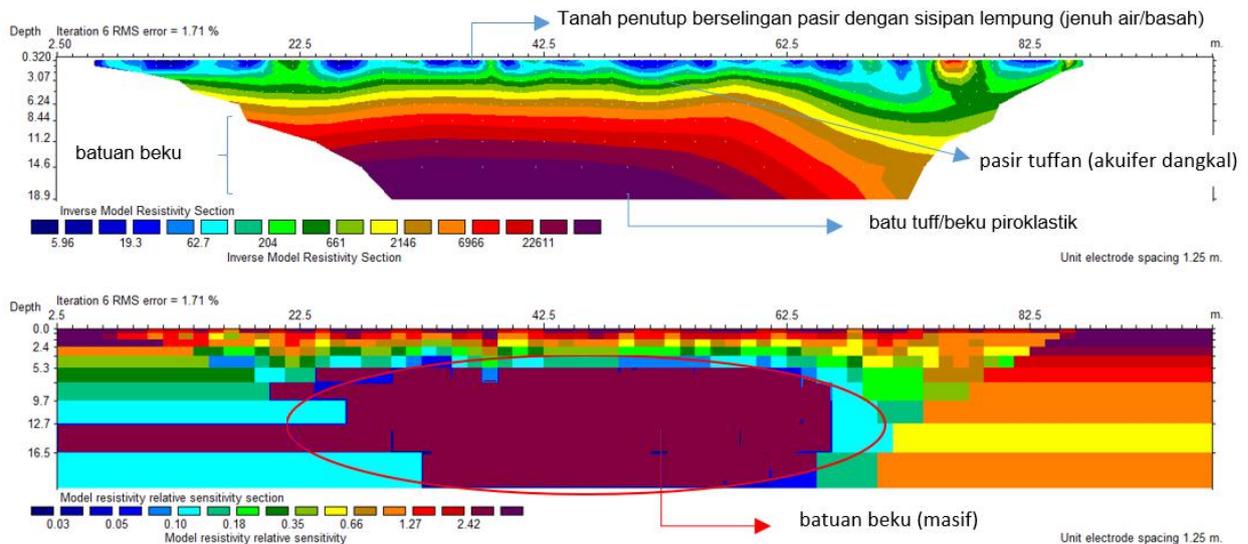
Perkiraan litologi dari nilai resistivitas 80,5 Ohm m mempunyai korelasi dengan penyusun batuan berupa pasir halus hingga sedang. Sisipan tuffan merupakan bagian kedap atau lapisan pemisah antara material pasir dan material di bawahnya berupa breksi atau batu beku yang merupakan pengendapan batuan dari Formasi Vulkanik Merapi Muda. Material berupa batuan beku, kompak dan massif merupakan bagian dari batu induk Formasi Vulkanik Merapi Muda. Pada material tersebut tidak ditemukan potensi keterdapatan air tanah, hal tersebut dikarenakan tidak terdapatnya rongga-rongga batuan (massif). Pengukuran di titik G-2 di Desa Nagsri menunjukkan keterdapatan air tanah relative lebih dangkal dari pada pengukuran di titik G1 di Desa Bendan. Kondisi air tanah lebih dangkal dipengaruhi oleh kondisi material akuifer yang relative lebih tipis dari pada di titik G-1 di Desa Bendan.

Hasil pendugaan nilai resistivitas rata-rata terhadap litologi pada lintasan G-2 dengan koordinat Universal Transvers Mercator (UTM) 445573; 9147500 disajikan pada Tabel 5. Material dominasi pasiran ditemukan di permukaan hingga kedalaman rata-rata 8 m. Penyusun material dengan sifat pembawa air tanah masih serupa dengan titik pengukuran G-1 yaitu berada pada material pasiran dengan sisipan lempung/tuffan dengan kedalaman 0,3 - 6 m. Batuan penyusun >6 m berupa breksi dan batuan beku massif.

Tabel 5. Nilai Resistivitas Pada Lintasan G-2

Lapisan	Hasil Penafsiran		Perkiraan Litologi	Hidrogeologi
	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ohm m)		
1	0 - 0,3	19,3	Tanah penutup	-
2	0,3 - 6,2	80,5	Pasir tuffan	Air tanah
3	6,2 - 8,4	661,0	Breksi (batuan beku)	-
4	8,4 - 11,2	2.146,0	Breksi andesit kompak	-
5	14,2 - 18,9	6.966,0	Batuan beku masiff	-
6	18,9 - >20	22.611,0	Batuan beku massif	-

Sumber: Analisis, 2019



Gambar 3. Penampang Melintang G-2 Di Desa Nangstri

Satuan Litologi

Satuan litologi (batuan) adalah suatu satuan atau kelompok batuan yang memiliki ciri-ciri fisik batuan yang serupa. Satuan litologi (batuan) diketahui dari pengukuran di lapangan berupa nilai resistivitas terhadap batuan dan dikorelasikan dengan nilai semu tahanan jenis. Metode dari hasil pengukuran (resistivitas batuan) menjadi satuan litologi (batuan) menggunakan pendekatan *curve matching*. Teknik *curve matching* adalah mencocokkan kurva tahanan jenis semu hasil pengukuran lapangan dengan kurva tahanan jenis semu yang dihitung dengan faktor geometri. Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik di sekitar daerah pengukuran dikelompokkan pendugaan litologi (batuan) menjadi empat yaitu:

Tanah Penutup (*top soil*)

Tanah penutup memiliki nilai rentang resistivitas atau tahanan jenis 4,06-19,3 Ohm meter. Tanah penutup terdiri atas tanah rombakan dan timbunan parafragmen batuan. Tanah penutup dijumpai dari permukaan tanah hingga kedalaman 2 m.

Pasir tuffan (Batupasir)

Satuan litologi pasir tuffan dengan perselingan lempung memiliki nilai rentang resistivitas atau tahanan jenis 19,3-100 Ohm meter. Pasir tuffan memiliki besar butir halus hingga kasar. Pasir tuffan/ batupasir/ pasiran dijumpai pada kedalaman rata-rata 2-10 m di bawah permukaan tanah. Material batuan ini memiliki sifat pembawa air tanah. Lokasi ketersediaan akuifer terdapat pada lapisan batuan ini.

Breksi andesit kompak

Satuan breksi andesit kompak berdasarkan pengukuran geolistrik memiliki nilai rentang resistivitas atau tahanan jenis 100-5.100 Ohm meter. Satuan breksi andesit terdiri dari bongkah batu, batuan massif dan batuan beku tidak terpisahkan. Ketersediaan satuan breksi andesit rata-rata pada kedalaman 10-18 m di bawah permukaan tanah.

Batuan beku (leleran lava)

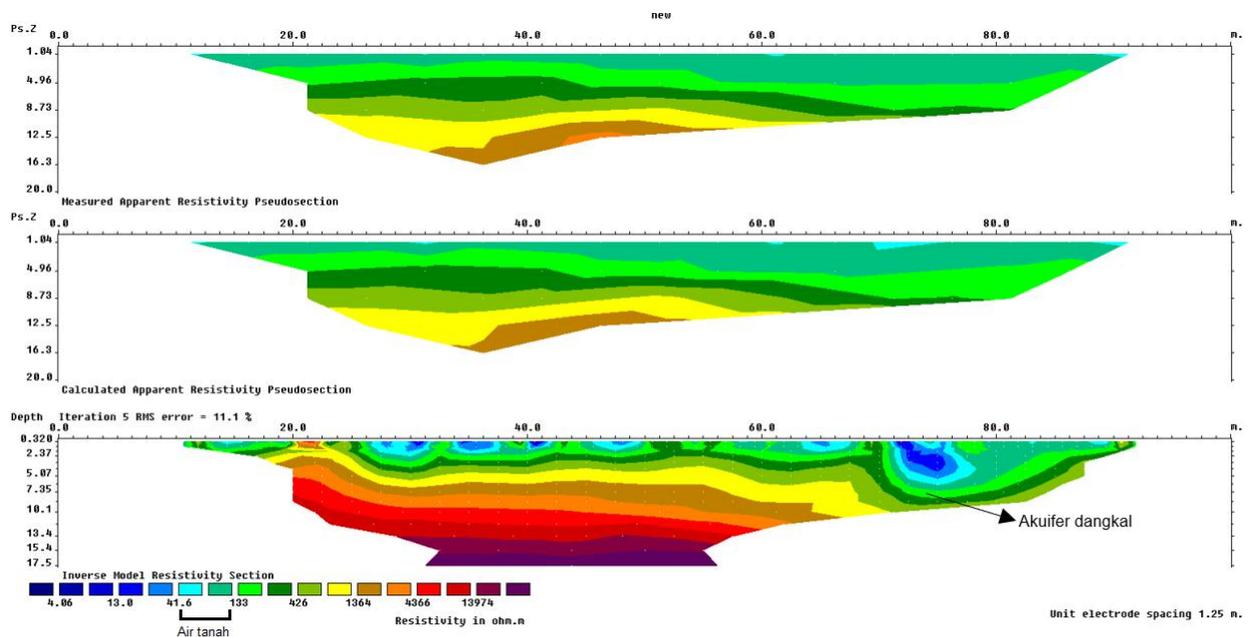
Satuan batuan beku terdapat pada semua pengukuran geolistrik dengan rentang nilai rentang resistivitas atau tahanan jenis 5.100-22.611 Ohm meter. Satuan batuan beku terdapat pada kedalaman rata-rata >18 m di bawah permukaan tanah.

Stratigrafi Akuifer

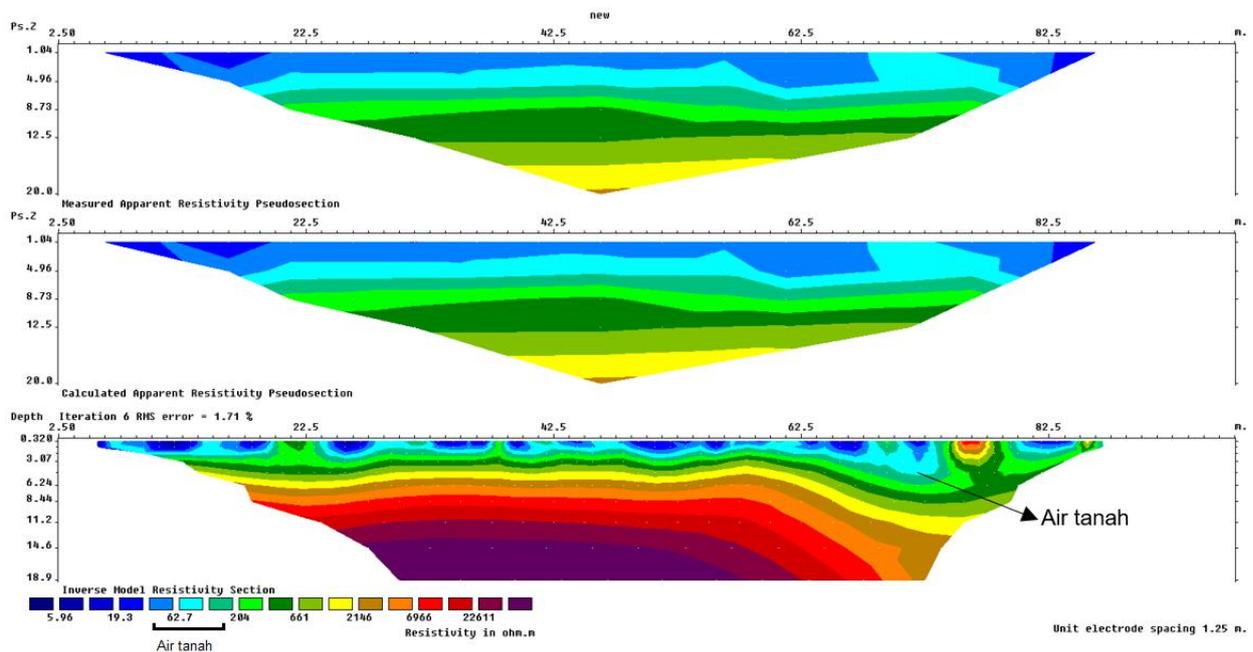
Stratigrafi merupakan susunan pengendapan dari material penyusun. Secara umum kondisi stratigrafi di kedua lokasi pengukuran mempunyai kondisi pengendapan yang sama dikarenakan masih dalam lingkungan morfologi lereng atas. Susunan di permukaan adalah tanah pasiran 0-9 m dan di bawah pasiran (>9 m) menunjukkan material penyusun batu beku. Hasil pendugaan ketersediaan air tanah berada pada lapisan material pasiran. Pada lintasan geolistrik G-1 di desa Bendan ditunjukkan dengan nilai 20,55-80,17 Ohm meter. Akuifer dangkal digambarkan dengan pewarnaan visual hijau muda (Gambar 4.) Kedalaman rata-rata berada di 2,37-7,35 m. Ketebalan air tanah rata-rata pada lintasan geolistrik G-1 adalah 3,70 m.

Hasil pendugaan ketersediaan air tanah pada lintasan geolistrik G-2 di desa Nagsri, berada pada lapisan yang sama dengan pengukuran geolistrik di titik G-1 di desa Bendan yaitu berada pada material pasiran. Pada lintasan geolistrik di Desa Nagsri (G-2) ditunjukkan dengan nilai 19,3-80,17 Ohm meter. Akuifer dangkal digambarkan dengan pewarnaan visual

biru muda hingga hijau muda (Gambar 5.) Kedalaman rata-rata berada di 3-6,24 m. Ketebalan air tanah rata-rata pada lintasan geolistrik di Desa Ngansri (G-2) adalah 3 m.



Gambar 4. Stratigrafi Akuifer Lintasan G-1 Di Desa Bendan



Gambar 5. Stratigrafi akuifer G-2 di Desa Nangsri.

4. KESIMPULAN

Hasil pengukuran menghasilkan nilai resistivitas dengan rentang 4,06-22.611 Ohm meter. Nilai tersebut memiliki korelasi dengan perkiraan litologi pasir tuffan hingga batu beku

massif. Nilai tersebut menunjukkan bahwa material penyusun akuifer ialah pasiran dengan ukuran halus hingga kasar, batuan, bongkah batu hingga batu kompak, dan batuan paling keras berupa massif yang merupakan leleran pengendapan lahar dari Formasi Vulkanik Merapi Muda.

Di daerah penelitian, penyusun litologi atau batuan tersusun atas empat satuan litologi, yaitu: tanah penutup (top soil), pasir tuffan (batupasir), satuan breksi andesit, dan batuan beku. Di Desa Bendan keterdapat batuan dengan sifat pembawa air berada pada lapisan material pasir tuffan. Kedalaman air tanah rata-rata berada di 2,37-7,35 m. Ketebalan air tanah rata-rata pada lintasan geolistrik G-1 adalah 3,70 m. Sedangkan keterdapat air tanah di Desa Nangsri kedalaman air tanah rata-rata adalah 0,3-6,24 m dibawah permukaan tanah. Memiliki lapisan kedap air yang berbeda, jika di Desa Bendan adalah sisipan tuffan, di Desa Nangsri langsung bersinggungan dengan batuan induk berupa batu massif. Berdasarkan sifat penyusun batuan, di daerah penelitian termasuk akuifer bebas dengan ketebalan rata-rata akuifer dangkal adalah 0,3-3 m.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (2005). *SNI 13-7121-2005 Penyelidikan potensi air tanah skala 1 : 100.000 atau lebih besar*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI 2818:2012 Tata cara pengukuran geolistrik Schlumberger untuk eksplorasi air tanah*.
- Bernard, J., Leite, O., & Vermeersch, F. (2011). *Multi-Electrode Resistivity Imaging for Environmental and Mining Application*. Orleans: IRIS.
- Bouwer, & Herman. (1978). *Groundwater Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- Chambers, J. E., Meldrum, P. I., Wilkinson, P. B., Ward, W., Jackson, C., Matthews, B., ... Gunn, D. (2015). Spatial monitoring of groundwater drawdown and rebound associated with quarry dewatering using automated time-lapse electrical resistivity tomography and distribution guided clustering. *Engineering Geology*, 193, 412–420. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2015.05.015>
- Donald, S. M. M., Binnie, & Ltd, P. H. T. S. (1984). *Greater Yogyakarta Groundwater Resources Study*. Indonesia: Directorate General of Water Resources Groundwater Development Project (P2AT).
- Fetter, C. W. (2004). *Applied Hydrogeology* (5th ed.). Ogio: Merril Publishing Company.
- Kurniawan, A. (2011). *Identifikasi Struktur Bedding Bentuklahan Berdasarkan Metode ERT*

Konfigurasi Double Dipole Di Bukit Gunungsari Kecamatan Salam Kabupaten Magelang. Universitas Gadjah Mada.

- Lowrie, & William. (2007). *Fundamental of Geophysics* (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.
- Milsom. (2003). *Field Geophysics, The Geological Field Guide Series* (3rd ed.). London: West Sussex: John Wiley & Sons.
- Pambudi, R. S. (2011). *Studi Akuifer pada Bentuklahan Dataran Fluviomarin dan Gumuk Pasir di Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Bantul menggunakan Metode Geolistrik Electrical Resistivity Tomography.*
- Rahardjo, W., Sukandarrumidi, H. M. ., & Rosidi. (1995). *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa Skala 1:100.000.* Indonesia.
- Richards, L. A., Magnone, D., Sültenfuß, J., Chambers, L., Bryant, C., Boyce, A. J., ... Polya, D. A. (2019). Dual in-aquifer and near surface processes drive arsenic mobilization in Cambodian groundwaters. *Science of the Total Environment*, 659, 699–714. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.437>
- Setiadi, H., Mudiana, W., & Akus, U. T. (1990). *Peta Hidrogeologi Indonesia Skala 1 : 100.000 Lembar 1407-5 dan Lembar 1408-2 Yogyakarta.* Indonesia.
- Sharp, J. M. (2007). *A Glossary of Hydrogeological Term.* Texas: Department of Geological Sciences The University of Texas.
- Singhal, B. B. S., & Gupta, R. P. (2010). *Applied Hydrogeology of Fracture Rock.* London: Springer Dordrecht Heidelberg London.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., & Sheriff, R. E. (2004). *Applied Geophysics* (2nd ed.). London: Cambridge University Press.
- Todd, D. K., & Mays, L. W. (2005). *Groundwater Hydrology* (3rd ed.). Denver: John Wiley & Sons, Inc.
- Uhlemann, S., Kuras, O., Richards, L. A., Naden, E., & Polya, D. A. (2017). Electrical resistivity tomography determines the spatial distribution of clay layer thickness and aquifer vulnerability, Kandal Province, Cambodia. *Journal of Asian Earth Sciences*, 147(March), 402–414. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.07.043>
- Ungureanu, C., Priceputu, A., Bugea, A. L., & Chirică, A. (2017). Use of electric resistivity tomography (ERT) for detecting underground voids on highly anthropized urban construction sites. *Procedia Engineering*, 209, 202–209. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.11.148>