

---

## **Pemetaan Lapisan Akuifer Formasi Makats Daerah Tanah Hitam Distrik Abepura Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis**

**Virman<sup>1\*</sup>, Bagus Endar B. Nurhandoko<sup>2)</sup>**

<sup>1\*</sup> Program Studi Pendidikan Fisika, PMIPA Uncen, Jl. Raya Sentani-Abepura Jayapura

<sup>2)</sup> Laboratorium Wave Inversion and Subsurface Fluid Imaging Research (Wisfir), Departemen Fisika ITB, Jl. Ganesa 10 Bandung 40132  
[virman\\_uncen@yahoo.com](mailto:virman_uncen@yahoo.com)

### **ABSTRAK**

Air merupakan salah satu sumberdaya alam yang sangat besar nilainya bagi semua makhluk hidup. Bagi kehidupan manusia, air merupakan salah satu kebutuhan dasar seperti minum, masak, mandi, mencuci, air juga dibutuhkan dalam proses industri. Pada umumnya pemenuhan kebutuhan air dilakukan dengan pemanfaatan air tanah. Air tanah lebih terlindung dari polusi atau pencemaran dan penyebarannya tidak merata di bawah permukaan. Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk memetakan lapisan akuifer di Daerah Tanah Hitam Distrik Abepura. Daerah penelitian memiliki topografi yang tidak datar dan secara geologi termasuk dalam formasi Makats. Formasi tersebut tersusun oleh batulanau dan batulempung, sisipan napal dan konglomerat. Bagian bawah dari formasi ini jenis batuananya berupa tuf dan breksi gunungapi. Kegiatan penelitian bertujuan untuk memetakan sebaran akuifer menggunakan metode geolistrik tahanan jenis, konfigurasi Schlumberger. Berdasarkan hasil pengukuran dan interpretasi data geolistrik maka di Daerah Tanah Hitam Distrik Abepura lapisan akuifer berada pada kedalaman antara 40 hingga 60 m. Hal ini didasarkan pada munculnya nilai tahanan jenis antara 4.34 ohm hingga 30.1 ohm m, akuifer yang berkembang berupa litologi pasir tufaan.

Kata kunci : air tanah, akuifer, tahanan jenis.

### **ABSTRACT**

Water is a natural resource of great value for all living creatures. For human life, water is one of the basic needs such as drinking, cooking, bathing, washing, water is also required in the process industry. In general meeting water needs to do with

the utilization of ground water. Groundwater is better protected from pollution or contamination and spread unevenly beneath the surface. Has conducted research that aims to map the aquifer layer in the Black Soil Region Abepura district. The research area has a flat topography and geology, including the formation Makats. The formation is composed of siltstone and claystone, marl and conglomerate inserts. The lower part of the formation of this type of rock in the form of tuff and volcanic breccias. The research activity aims to map the distribution of the aquifer using the method of geoelectric resistivity, Schlumberger configuration. Based on the measurement results and the geoelectric data interpretation in Black Soil Region Abepura district aquifer layer is at a depth of between 40 to 60 m. It is based on the rise of the value of resistivity between 4:34 ohm to 30.1 ohm m, aquifer that develops in the form of sand lithology tuff.

Keywords: ground water, aquifers, resistivity.

## 1. Pendahuluan

Air adalah sumber daya alam yang mutlak dibutuhkan oleh setiap makhluk hidup. Air bagi manusia terutama digunakan untuk minum, masak, mandi, mencuci, dan lebih dari itu air juga digunakan untuk menggerakkan industri, peternakan dan pertanian.

Data global yang dilansir oleh National Geographic menyebutkan bahwa dari total air di bumi 97.5% adalah air asin. Sementara itu, sisanya 2.5% adalah air tawar. Sebanyak 2/3% dari air tawar tersebut terdiri dari lapisan es, gletser, dan salju. Sisanya barulah air permukaan dan air tanah. Air tanah adalah air yang digunakan untuk mencukupi kebutuhan kita. Tentu saja air tanah itu harus dipertahankan masa umurnya di tanah agar bisa tetap menjadi cadangan air untuk kehidupan kita. Sebaliknya, yang menyedot air tanah semakin berlebihan. Para penyedot air untuk kepentingan industri

yang begitu boros air serta semakin merebaknya bisnis air bening dalam kemasan telah menyumbang semakin dalamnya muka air tanah.

Pemanfaatan air tanah merupakan upaya untuk memenuhi kebutuhan air di masa sekarang dan yang akan datang, serta merupakan alternatif yang terbaik apabila air di permukaan sudah tidak mencukupi atau terjangkau. Air tanah bebas dari penularan penyakit, lebih terlindung dari polusi atau pencemaran serta pengotoran lainnya. Sumber daya air tanah bersifat dapat di perbaharui (*renewable*) secara alami, karena air tanah merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari siklus hidrologi di bumi.

Air tanah ditemukan pada formasi geologi tembus air yang dikenal dengan akuifer. Kedalaman akuifer disuatu daerah tidak sama dengan daerah lain, tergantung dari beberapa

faktor diantaranya iklim/musim, vegetasi, topografi, porositas tanah dan permeabilitas (Supardi, 2005). Untuk mengetahui keberadaan lapisan akuifer perlu diketahui lapisan geologi bawah permukaan.

Saat ini telah diperkenalkan beberapa metode yang sering digunakan dalam penyelidikan lapisan geologi bawah permukaan yaitu metode pemboran dan beberapa metode geofisika. Metode geofisika sendiri merupakan metode yang sering digunakan pada tahap pendugaan lapisan geologi bawah permukaan. Salah satu metode geofisika yang banyak digunakan untuk mengetahui penyebaran lapisan akuifer adalah geolistrik tahanan jenis. Metode ini lebih praktis dan mudah dilakukan dibandingkan dengan beberapa metode geofisika lainnya.

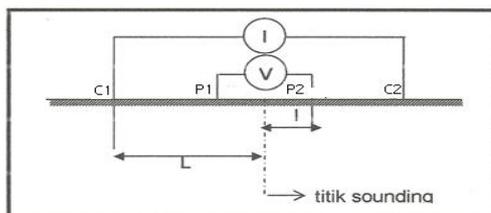
Aplikasi metode geolistrik tahanan jenis untuk mengetahui kondisi di bawah permukaan bumi melibatkan pengukuran di atas permukaan bumi dari parameter-parameter fisika yang dimiliki oleh batuan di dalam bumi. Dari pengukuran ini dapat ditafsirkan bagaimana sifat-sifat dan kondisi di bawah permukaan bumi baik itu secara vertikal maupun lateral (Tulus, 2013).

Metode ini menggunakan asumsi bahwa bumi bersifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini tahanan jenis yang terukur sebenarnya tidak bergantung pada spasi elektroda. Pada kenyataannya, bumi terdiri dari lapisan-lapisan dengan  $\rho$  berbeda. Sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Oleh karena itu harga tahanan jenis yang diukur bukan merupakan nilai tahanan jenis untuk satu lapisan saja, hal ini terutama untuk spasi elektroda yang lebar. Harga tahanan jenis yang terukur tersebut disebut nilai tahanan jenis semu (*apparent resistivity*). Tahanan jenis semu dirumuskan sebagai (Loke, 2002):

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} ; R = \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana  $\rho_a$  adalah tahanan jenis semu, K adalah faktor geometri,  $\Delta V$  adalah beda potensial antara kedua elektroda potensial dan I adalah kuat arus yang diinjeksikan. Berdasarkan persamaan (1) dapat diketahui bahwa nilai tahanan jenis semu tergantung pada konfigurasi elektroda yang digunakan. Berdasarkan letak (konfigurasi) elektroda-elektroda

arus dan potensialnya, dikenal beberapa jenis konfigurasi antara lain konfigurasi Schlumberger, konfigurasi Wenner, konfigurasi dipole-dipole dll. Dalam penelitian ini digunakan konfigurasi Schlumberger. Pengukuran dengan konfigurasi Schlumberger seperti tampak pada Gambar 1, menggunakan 4 elektroda, masing-masing 2 elektroda arus ( C1 dan C2) dan 2 elektroda potensial (P1 dan P2). Untuk aturan elektroda Schlumberger, spasi elektroda arus jauh lebih lebar dari spasi elektroda potensial.



Gambar 1. Konfigurasi Schlumberger (Telford, 1990)

Berdasarkan persamaan (1) apabila diturunkan maka diperoleh tahanan jenis semu untuk konfigurasi Schlumberger sbb:

$$\rho = 2\pi \left[ \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_3} \right) - \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I}$$

Dimana:

$r_1$  = jarak dari titik P<sub>1</sub> ke sumber arus positif (L - l)

$r_2$  = jarak dari titik P<sub>1</sub> ke sumber arus negative (L + l)

$r_3$  = jarak dari titik P<sub>2</sub> ke sumber arus positif (L + l)

$r_4$  = jarak dari titik P<sub>2</sub> ke sumber arus negatif (L - l)

Hal ini menghasilkan faktor geometri (K) dan tahanan jenis semu untuk elektroda Schlumberger adalah (Telford, 1990):

$$\rho_s = K_s \frac{\Delta V}{I}, \text{ dengan } K_s = \frac{\pi(L^2 - l^2)}{2l} \dots\dots\dots(2)$$

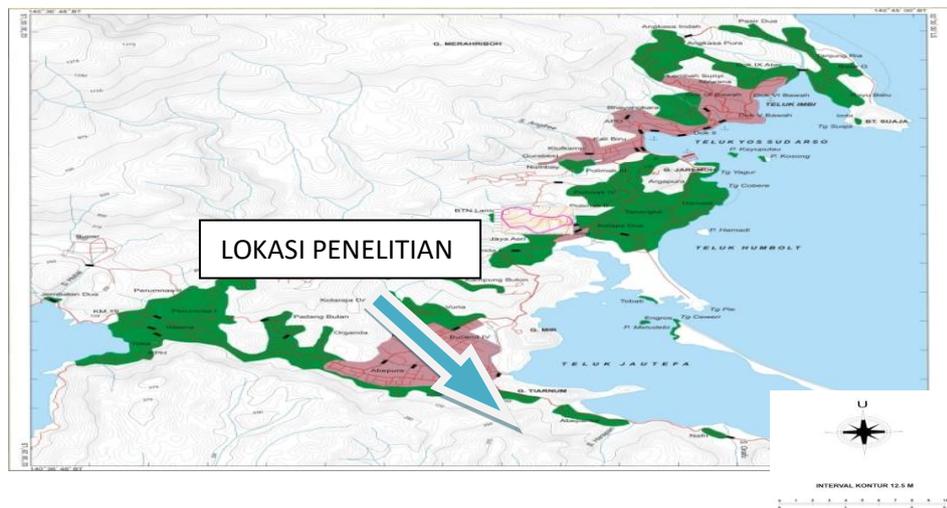
Setiap konfigurasi mempunyai penetrasi kedalaman yang tidak sama, sehingga dalam pengukuran penetrasi kedalaman merupakan salah satu faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan konfigurasi elektroda, faktor lain adalah jenis struktur, sensitivitas alat, tingkat nois yang ada.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian (Gambar 2) berada di Daerah Tanah Hitam, secara geografis terletak pada S: 02 33' 47.9" dan E: 140 41' 42.9" dan secara

administratif termasuk Distrik Abepura Kota Jayapura. Berdasarkan Gambar 2 tersebut topografi daerah penelitian yang tidak datar tepatnya berada di lereng barisan Pegunungan Cycloop bagian selatan.



Gambar 2 Lokasi Penelitian

### 2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS Garmin Vista, rollmeter, Geolistrik Merk Noniura NRD 328 HF. Beberapa alat penunjang yang diperlukan adalah:

- Accu, sebagai sumber arus listrik yang dihubungkan ke alat Noniura NRD 328 HF.
- Elektroda terbuat dari tembaga, merupakan komponen yang

menghubungkan antara alat dengan permukaan tanah, terdiri atas dua elektroda arus dan dua elektroda potensial.

- Kabel penghubung antara alat dengan elektroda

Jumlah lintasan maupun titik pengukuran ditentukan setelah dilakukan survei lokasi. Berdasarkan survei yang dilakukan maka ditetapkan sebanyak tiga lintasan pengukuran

masing-masing di Aspol Abepura, Rumah Sakit Umum Abepura dan Jalan Pasar Youtefa.

### 2.3 Akuisisi Data

Akuisisi data dilakukan dengan injeksi arus melalui dua elektroda arus dan beda potensial yang timbul dapat diamati melalui dua elektroda potensial. Injeksi arus dilakukan melalui susunan elektroda dalam konfigurasi Schlumberger (Gambar 1). Pasangan elektroda arus (C1,C2) disusun dengan jarak yang lebih besar dibandingkan dengan pasangan elektroda (P1,P2). Jarak antar pasangan elektroda arus diperbesar untuk mengukur nilai tahanan jenis yang lebih dalam. Saat beda potensial mulai sulit terbaca/terukur, sensitivitas alat berkurang sehingga jarak antar pasangan elektroda potensial harus diperbesar. Besarnya arus listrik dan beda potensial untuk masing-masing elektroda arus dan elektroda potensial dicatat untuk menghitung nilai tahanan jenis semu dari material penyusun lokasi penelitian.

### 2.4 Pengolahan Data

Data yang diperoleh berupa beda potensial (volt) dan arus (mA), data hasil pengukuran tersebut kemudian disubstitusikan kedalam persamaan (2) untuk mendapatkan nilai tahanan jenis semunya. Data tahanan jenis semu tersebut diolah atau diinversi dengan persamaan matematis untuk mendapatkan nilai tahanan jenis sebenarnya. Dalam penelitian ini input data tahanan jenis semu diolah dengan menggunakan perangkat lunak IPI2WIN. Dalam metode geolistrik tahanan jenis pengolahan data bertujuan untuk memperoleh banyaknya lapisan, harga tahanan jenis, serta ketebalan masing-masing lapisan. *Software IPI2win* ini akan memberikan kriteria cocok antara data lapangan dengan respon model masukan atau *RMS Error*.

### 2.5 Intepretasi Data

Hasil intepretasi semua titik amat kemudian dibuat penampang, sehingga diperoleh gambaran kondisi lapisan air bawah permukaan di daerah penelitian. Intepretasi/analisis data didasarkan

pada nilai tahanan jenis batuan bawah permukaan. Tahanan jenis merupakan parameter penting untuk mengkarakterisasi keadaan fisis bawah permukaan. Parameter tersebut bergantung pada litologi, sesar, porositas, suhu, tekanan, fluida yang mengisi batuan, Sutarno (1993). Parameter-parameter tersebut dapat menaikkan dan menurunkan tahanan jenis. Pori batuan yang terisi air akan memperlebar jangkauan nilai tahanan jenis batuan, Schon (1998). Untuk menentukan ada tidaknya lapisan aquifer, letak maupun ketebalan maka diperlukan beberapa data pendukung diantaranya yaitu data singkapan maupun sumur penduduk serta data geologi regional daerah tersebut.

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **3.1 Geologi Daerah Penelitian**

Geologi daerah penelitian batuanannya tersusun dari formasi Makats, jenis batuanannya berupa grawcke, dibebberapa tempat berselingan dengan batulanau dan batugamping, sisipan napal dan lensa batugamping. Di bagian bawah bersisipan tufa dan breksi gunungapi.

Umumnya kelulusannya sedang sampai rendah.

Geomorfologi atau kondisi topografi didominasi oleh pegunungan dan perbukitan yang merupakan bagian dari pegunungan Cycloop dan telah ditetapkan sebagai kawasan cagar alam setempat. Geomorfologi Daerah Tanah Hitam, terutama wilayah bagian utara pada dasarnya adalah morfologi lereng kaki gunung Cycloop. Merupakan wilayah dengan kemiringan sekitar 3% sampai 6%, sebagian besar wilayahnya telah menjadi daerah pemukiman penduduk, kantor pemerintah dan swasta, hotel dll.

Kabupaten Jayapura dan sekitarnya beriklim tropis basah yang rata-rata curah hujan setiap bulan lebih dari 200 mm atau curah hujan rata-rata pertahun sekitarnya sekitar 3.276 mm. Pegunungan Cycloop yang terdapat di bagian timur Kabupaten Jayapura dianggap sebagai sumber penyebab curah hujan di daerah ini. Pada bulan Desember sampai bulan April terjadi musim angin yang bertiup dari arah barat laut dan membawa uap air dari

Samudra Pasifik selanjutnya akan berubah menjadi hujan.

Danau Sentani mendapatkan suplai dari sekitar  $\pm 34$  sumber mata air dari pegunungan Cycloop. Sumber air danau ini berasal dari 14 sungai besar dan kecil. Luas daerah tangkapan air danau sekitar  $600 \text{ km}^2$ . Ada satu muara yaitu Sungai Djaifuri yang terletak di sebelah Timur (daerah Puay). Beberapa inlet Danau Sentani yaitu Sungai Belo, Sungai Flafouw, dan Sungai Harapan.

Airtanah dan sistem akuifer, berdasarkan berbagai publikasi terdahulu, peta hidrogeologi, sistem akuifer yang berkembang di daerah penelitian umumnya yang berfungsi sebagai akuifer adalah batuan-batuan vulkanik maupun endapan aluvial yang berumur Kuartar. Sedangkan jenis akuifer berdasarkan topografi yang berkembang dan dimungkinkan dieksploitasi airtanahnya adalah akuifer tertekan dan akuifer tak tertekan. Akuifer tertekan umumnya dijumpai pada bagian selatan dimana topografi berupa perbukitan. Sedangkan akuifer tak tertekan terdapat di bagian utara daerah penelitian dimana topografinya

berupa dataran rendah, sumber air dapat dijumpai pada kedalaman antara 3 hingga 10 meter.

### 3.2 Hasil Pengukuran Geolistrik Tahanan Jenis

Menurut Telford (1990) tahanan jenis suatu batuan atau lapisan batuan mempunyai batas berkisar  $10^{-6}$  ohm m hingga  $10^{12}$  ohm m, *rang* yang cukup besar ini antara lain disebabkan oleh kondisi geologi. *Rang* tahanan jenis yang cukup besar ini akan menimbulkan penafsiran yang berbeda pada nilai tahanan jenis tertentu, dalam geofisika hal ini dikenal dengan istilah *ambiguitas*. Inilah salah satu alasan sehingga dikatakan metode geofisika hasilnya bersifat prediksi atau pendugaan. Agar pendugaan yang dilakukan mendekati yang sebenarnya maka dalam interpretasi data geolistrik digunakan tahanan jenis standar (referensi). Dalam penelitian ini tahanan jenis referensi yang digunakan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Litologi dan Harga Tahanan Jenisnya (Fivry, 2013)

Litologi/Batuan	Tahanan jenis (ohm m)
Serpih terkonsolidasi	$20 - 2 \times 10^3$
Batupasir	$1 - 6.4 \times 10^4$
Konglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Batugamping	50 - 107
Dolomit	$3.5 - 10^2$
Lempung	1-100
Napal	3-70
Aluvial & pasir	4-800

Hasil pengolahan menggunakan IPI2win diperoleh berupa grafik, dan ketebalan lapisan batumannya beserta nilai tahanan jenis sebenarnya. Tabel 2 adalah data hasil pendugaan geolistrik Daerah Tanah Hitam, Distrik Abepura Kota Jayapura di tiga titik yaitu: 1. Titik duga 1 (Asrama Polisi Abepura), menggunakan panjang bentangan

(AB/2) 150 meter dengan arah bentangan timur-barat. 2. Titik duga 2 (Rumah Sakit Umum Abepura), menggunakan panjang bentangan (AB/2) 125 meter dengan arah bentangan timur-barat. 3. Titik duga 3 (Jl. Pasar Youtefa), menggunakan panjang bentangan (AB/2) 150 meter dengan arah bentangan timur-barat.

Tabel 2. Nilai tahanan jenis sebenarnya terhadap tiga titik duga

Titik Duga	Lapisan	Hasil Penafsiran			Perkiraan Litologi
		Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Tahanan Jenis (ohm m)	
1	1	0-0.75	0.75	79.6	Tanah penutup
	2	3.003	2.25	33.9	Pasir berlempung
	3	13.47	10.5	17.1	Lempung pasiran
	4	50.18	36.7	4.34	Lempung
	5	>50	~	73.4	pasir
2	1	1.03	1.03	1807	Tanah penutup
	2	7.92	6.88	15.4	lempung
	3	40.6	32.7	741	konglomerat
	4	> 40.6	~	30.1	pasir
3	1	1.67	1.67	24.5	Tanah penutup
	2	4.08	2.42	2.45	lempung
	3	11.4	7.28	309	konglomerat
	4	60	48.6	562	Konglomerat, breksi
	5	>60	~	19	pasir

Intepretasi data geolistrik pada penelitian ini memanfaatkan beberapa data pendukung seperti Peta Geologi Lembar Jayapura Skala 1:250.000 dan Peta Hidrologi lembar Jayapura Skala 1:100.000. Selanjutnya data pendukung tersebut dikorelasi dengan nilai tahanan jenis

referensi (Tabel 1), hasil intepretasi seperti pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 maka Daerah Tanah Hitam Distrik Abepura diduga terdapat *confined aquifer* atau akuifer tertekan. Akuifer tertekan ini terlihat jelas, pada titik duga 1 terdapat pada lapisan 5, titik

duga 2 terdapat lapisan 4 dan titik duga 3 terdapat lapisan 5. Posisi akuifer tertekan yang terdapat di daerah Tanah Hitam penyebarannya mengikuti model morfologi permukaan. Dimana pengukuran di titik duga 2 terletak lebih rendah dibanding dua titik duga lainnya yaitu titik duga 1 dan titik duga 3. Lapisan *impermeabel* berdasarkan nilai tahanan jenis, untuk titik duga 1 dan titik duga 3 berupa konglomerat atau breksi sedangkan untuk titik duga 2 berupa material berukuran lempung.

Akuifer yang terdapat pada ketiga titik duga adalah akuifer dengan material pasir. Akuifer ini ditemukan pada kedalaman bervariasi yaitu diatas 40 m, 50 m dan 60m dari atas permukaan dan material dasarnya berupa alluvial. Berdasarkan beda tinggi akuifer tersebut dalam penelitian ini, dapat dikatakan bahwa air tanah bersifat dinamis dan arah aliran dari selatan ke utara. Dimana bagian utara daerah penelitian merupakan daerah lembah sedangkan bagian utara berupa barisan Pegunungan Cycloop. Zona Pegunungan Cycloop bagian selatan, ditinjau dari sisi geologi dan topografi termasuk dalam wilayah tangkapan air hujan (*Catchment Area*) yang mensuplai sistem aliran dengan topografi lebih rendah.

#### 4. Simpulan

Penelitian geolistrik tahanan jenis metode Schlumberger di Tanah Hitam Distrik Abepura memperoleh gambaran jenis batuan yang ada, yaitu tanah penutup (*top soil*) berupa fragmen-fragmen alluvial, lempung atau lempung pasiran, breksi andesit dan batu pasir. Hasil penelitian geolistrik terdeteksi adanya anomali rendah yaitu antara 19 – 74 ohm m, diprediksi sebagai lapisan akuifer (mengandung air) di kedalaman yang bervariasi yaitu 40 meter, 50 dan 60 meter. Akuifer yang dijumpai di daerah penelitian ada yang bersifat dalam dengan kedalaman antara 40-60 meter terdapat di bagian selatan. Sedangkan akuifer dangkal berada pada kedalaman antara 3 hingga 10 meter terdapat di bagian utara dan merupakan dataran rendah

#### 5. Referensi

- 1.
2. Agung, R., 2004. Informasi deteksi sumberdaya air tanah antara sungai Progo-Serang, Kabupaten Kulon Progo dengan metode geolistrik. Jurnal Teknik Lingkungan P3TL-BPPT. Halaman 48-55.

3. Fivry, W. M., 2013. Potensi akuifer daerah Desa Karangmojo Kecamatan Weru Kabupaten Sukuharjo Propinsi Jawa Tengah berdasarkan data geolistrik. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. Hal. 55-64.
4. Loke, M.H., 2002. Electrical imaging survey for engineering studies, diakses melalui <http://www.geometrics.com> pada 06 November 2016
5. Schon, J. H., 1998. *Physical properties of rock: Fundamental and principles of Petrophysics*, Pergamon, Leoben.
6. Sutarno, D., 1993. Metode magnetotellurik, Teori dan Aplikasinya, *J. Kontribusi Fisika*, 4, 333-352.
7. Supardi. 2005. Pengelolaan air permukaan di Wonoharjo Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Keairan*. Halaman 64-70
8. Telford, W. M., Geldart, L. P., dan Sherif, R. E., 1990. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, New York.
9. Tulus, P., Supriyadi, dan Sulhadi. 2013. Aplikasi metode geolistrik dalam survei hidrotermal (studi kasus sumber air panas Ngilimut Gonoharjo Gunung Ungaran). *Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta*. 116-119.