

PENDUGAAN POTENSI AIR TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS DI DESA BANTARAN, KEC. BANTARAN, KAB. PROBOLINGGO

Fajar Rakhmanto¹, Hirijanto², Ilyas Roys Syafii³

^{1,2} ITN Malang

³Universitas Negeri Malang

ABSTRAK

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang digunakan untuk mengetahui kondisi lapisan batuan di bawah permukaan. Salah satu pemanfaatan geolistrik adalah untuk melakukan pendugaan potensi air tanah. Pada penelitian ini pengukuran geolistrik bertujuan untuk memetakan akuifer Airtanah di Desa Bantaran, Kecamatan Bantaran, Kabupaten Probolinggo. Penelitian terdiri dari 3 titik sounding. Potensi akuifer di titik A2 diperkirakan berada pada kedalaman 14,08 hingga 40,42 meter. Pada titik A3, potensi akuifer diperkirakan berada pada kedalaman 23,66 hingga 87,55 meter. Di titik B2, potensi akuifer berada pada kedalaman 70,36 – 117,39 meter.

Kata Kunci: *Airtanah, Geolistrik, Akuifer, Bantaran, Probolinggo*

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia terdiri dari kebutuhan primer, sekunder dan tersier. Air termasuk dalam salah satu kebutuhan primer, karena manusia tidak dapat bertahan hidup tanpa adanya air dan hampir semua kegiatan memerlukan air. Kebutuhan tersebut harus dapat dilayani oleh ketersediaan air baik berupa air permukaan maupun airtanah. Hanya saja ketersediaan air merupakan suatu fungsi waktu yang melimpah pada saat musim hujan dan berkurang pada musim kemarau. Seiring bertambahnya jumlah penduduk kebutuhan air semakin meningkat, sementara ketersediaan air cenderung terbatas.

Ketersediaan air yang fluktuatif menjadi masalah utama untuk kegiatan yang membutuhkan air dalam jumlah besar dan kontinu seperti pertanian. Di Kabupaten Probolinggo pertanian menjadi salah satu sektor ekonomi dominan. Berdasarkan data BPS tahun 2017, mayoritas penduduk Kabupaten Probolinggo bekerja di sektor pertanian yakni sebesar 37,61%. Beberapa lokasi pertanian di Kabupaten Probolinggo seperti di Desa Bantaran mempunyai masalah ketersediaan air yang menurun pada musim kemarau. Hal ini membuat petani untuk berusaha mencari alternatif lain untuk memenuhi kebutuhan air untuk pengairan.

Salah satu alternatif yang ditempuh adalah dengan melakukan pengeboran sumur untuk memperoleh airtanah. Akan tetapi, pengeboran airtanah tidak dapat dilakukan secara sembarangan, karena potensi sumber air tanah di tiap daerah berbeda-beda sesuai dengan kondisi geologi disekitar daerah tersebut. Airtanah yang terdapat pada lapisan akuifer memiliki kedalaman tertentu, karenanya diperlukan kajian untuk mengetahui karakteristik air tanah. Salah satu

metode geofisika yang dapat digunakan yaitu metode geolistrik tahanan jenis. Melalui cara ini lapisan pembawa air dapat diketahui kedalaman, ketebalan, serta penyebarannya. Data tersebut yang nantinya akan dijadikan sebagai dasar untuk memilih lokasi pengeboran.

TINJAUAN PUSTAKA

Air Tanah

Menurut Effendi (2003), pada dasarnya air tanah berasal dari air hujan (presipitasi) baik melalui proses infiltrasi secara langsung maupun tidak langsung seperti dari sungai, danau, rawa, dan genangan air lainnya. Air tanah bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam ruang antar butir-butir tanah yang meresap ke dalam tanah dan bergabung membentuk lapisan tanah yang disebut *aquifer* (Todd, 1995). *Aquifer* dapat disebut sebagai formasi batuan yang terdiri dari beberapa material permeable yang cukup jenuh untuk menghasilkan air dalam kuantitas yang signifikan dalam sumur (Lohman *et al.*, 1972). Formasi jenis ini merupakan suatu formasi yang tembus air (*permeable*) dan merupakan struktur dimana dimungkinkan adanya gerakan air yang melaluinya dalam kondisi medan biasa (*field condition*).

Geolistrik

Menurut Damtoro, (2007:5) geolistrik merupakan salah satu metode geofisika untuk mengetahui perubahan resistivitas lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus listrik DC (*Direct Current*) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah. Injeksi arus listrik ini menggunakan 2 buah elektroda arus A dan B yang ditancapkan ke dalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan

aliran arus listrik bisa menembus lapisan batuan lebih dalam. Tujuannya adalah untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan bawah permukaan terutama kemampuannya untuk menghantarkan atau menghambat listrik (As'ari, 2011). Metode geolistrik dimaksudkan untuk memperoleh gambaran mengenai lapisan tanah di bawah permukaan dan kemungkinan terdapatnya air tanah dan mineral pada kedalaman tertentu (Sedana dkk., 2015).

Metode Resistivitas

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu dari metode geolistrik yang mempelajari sifat resistivitas dari lapisan batuan di dalam bumi. Pada metode ini arus listrik diinjeksikan ke dalam bumi melalui dua buah elektroda arus (AB) dan dilakukan pengukuran beda potensial melalui dua buah elektroda potensial (MN), hasilnya berupa beda potensial yang terukur pada elektroda di permukaan. Bila posisi jarak elektroda AB diubah menjadi lebih besar maka tegangan listrik yang terjadi pada elektroda MN ikut berubah sesuai dengan informasi jenis batuan yang ikut terinjeksi pada kedalaman yang lebih besar. Dari beda potensial yang diukur dapat ditentukan variasi resistivitas masing-masing lapisan di bawah titik pengukuran (Reynold, 1997). Berikut ini adalah nilai resistivitas dari beberapa material bumi.

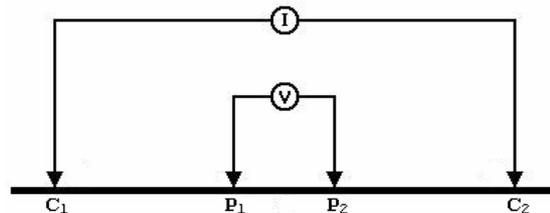
Material Resistivity	(Ohm-meter)	Material Resistivity	(Ohm-meter)
Pyrite (Pirit)	0,01 – 100	Shales (Batu Tulis)	20 – 2.000
Quartz (Kwarsa)	500 – 800.000	Sand (Pasir)	1 – 1.000
Calcite (Kalsit)	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$	Clay (Lempung)	1 – 100
Rock Salt (Garam Batu)	$30 - 1 \times 10^{13}$	Ground Water (Air Tanah)	0.5 – 300
Granite (Granit)	200 – 100.000	Sea Water (Air Asin)	0.2
Andesite (Andesit)	$1,7 \times 10^2 - 45 \times 10^4$	Magnetite (Magnetit)	0.01 – 1.000
Basalt (Basal)	200- 100.000	Dry Gravel (Kerikil Kering)	600 – 10.000
Limestones (Gamping)	500 – 10.000	Alluvium (Aluvium)	10 – 800
Sandstones (Batu Pasir)	200 – 8.000	Gravel (Kerikil)	100 – 600

Sumber: Telford, 1990

Berdasarkan pada tujuan penyelidikan, metode geolistrik tahanan jenis dapat dibagi dua. Pertama *Vertical Elektrik Sounding (VES)*, yaitu pengukuran geolistrik yang bertujuan untuk mengetahui variasi (lapisan batuan di bawah permukaan secara vertical. Kedua *Horizontal Profiling* yaitu pengukuran geolistrik yang bertujuan untuk mengetahui variasi (lapisan batuan di bawah permukaan secara lateral atau horizontal.

Konfigurasi Schlumberger

Pada umumnya penempatan elektroda pada metode resistivitas berupa empat elektroda yang dipasang pada satu garis lurus (Gambar. 1) dimana C=AB dan P=MN. Penempatan elektroda di permukaan sendiri disebut sebagai konfigurasi. Susunan elektroda tersebut akan menentukan besarnya faktor geometri (K) sehingga setiap konfigurasi akan mempunyai faktor geometri yang berbeda terhadap konfigurasi yang lain. Pada konfigurasi Schlumberger idealnya jarak MN dibuat sekecil kecilnya, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah. Hanya saja karena keterbatasan kepekaan alat ukur, maka ketika jarak AB sudah relatif besar maka jarak MN hendaknya dirubah. Perubahan jarak MN hendaknya tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB (Asra, 2012).



Gambar 1. Susunan Elektroda Geolistrik Resistivitas

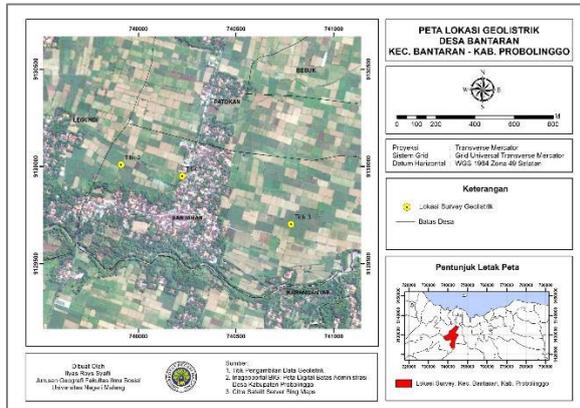
Menurut Sedana (2015) keunggulan konfigurasi Schlumberger adalah kemampuan untuk mendeteksi adanya non-homogenitas lapisan batuan pada permukaan, yaitu dengan membandingkan nilai resistivitas semu ketika terjadi perubahan jarak elektroda MN/2. Dimana konfigurasi Schlumberger mampu mendapatkan kurva grafik yang lebih halus dari segment tiap titik yang di gabungkan meskipun jarak M dan N lebih di perbesar. Sementara kelemahan dari konfigurasi Schlumberger adalah pembacaan tegangan pada elektroda MN lebih kecil terutama ketika jarak AB yang relatif jauh, sehingga di perlukan alat ukur multimeter yang mempunyai karakteristik 'high impedance' dengan akurasi tinggi yaitu yang bisa mendisplay tegangan minimal 4 digit atau 2 digit di belakang koma. Atau dengan cara lain di perlukan peralatan pengirim arus yang mempunyai tegangan listrik DC yang sangat tinggi. Adapun nilai tahanan jenis pada konfigurasi Schlumberger didapatkan dengan cara berikut:

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

$$K = \pi \frac{(AB/2)^2 - (MN/2)^2}{MN}$$

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Desa Bantaran, Kecamatan Bantaran Kabupaten Probolinggo dengan akuisisi data lapangan pada tanggal 19 - 20 Agustus 2019. Lokasi pengukuran terletak di 2 (dua) lokasi, masing – masing lokasi terdapat pada kelompok tani/kelompok masyarakat (pokmas) Pucuk Bersemi dan Bantaran Berkarya. Adapun lokasi dan koordinat masing-masing titik pada lokasi tersebut pada Gambar 2 dan Tabel 1 berikut.



Gambar 2 Peta Lokasi Geolistrik

Tabel 1 Lokasi Geolistrik

No	TITIK	KOORDINAT	KETINGGIAN
Pokmas Pucuk Bersemi			
1	A2	S7.86546 E113.17870	79 m
2	A3	S7.86495 E113.17585	85 m
Pokmas Bantaran Berkarya			
1	B2	S7.86767 E113.18376	96 m

Metode geolistrik yang dilakukan adalah VES atau sounding dengan menggunakan konfigurasi Schlumberger. Alat yang digunakan selama proses pengukuran antara lain: *Resistivitymeter Single Channel*, *Accu*, kabel rol, elektroda, palu, GPS Garmin 60CSx, *Handy Talky*, dan pita ukur. Adapun bahan yang digunakan adalah data pengukuran geolistrik dan peta geologi. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software IPI2Win, Progres 3, dan RockWorks. Output yang dihasilkan berupa model litologi 1 dimensi dan 2 dimensi.

HASIL dan PEMBAHASAN

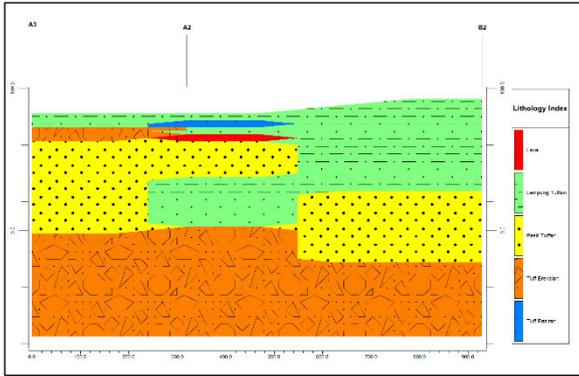
Hasil interpretasi data geolistrik menunjukkan bahwa di masing–masing lokasi pengukuran mengindikasikan adanya potensi lapisan akuifer di bawah permukaan tanah. Hanya saja potensi dari akuifer dari masing–masing titik cukup bervariasi.

Berdasarkan hasil pemodelan 1 dimensi, dapat diketahui bahwa kedalaman dan ketebalan lapisan akuifer tiap lokasi berbeda-beda.

Potensi akuifer di titik A2 diperkirakan berada pada kedalaman 14,08 hingga 40,42 meter. Lapisan tersebut mempunyai nilai resistivitas pada interval 68,65 – 123,51 ohm dan diidentifikasi sebagai material pasir tuffan. Ketebalan lapisan tersebut adalah 26,34 meter. Pada titik A3, potensi akuifer diperkirakan berada pada kedalaman 23,66 hingga 87,55 meter. Lapisan tersebut mempunyai nilai resistivitas pada interval 63,78 – 108,72 ohm dan diidentifikasi sebagai material pasir tuffan. Ketebalan lapisan tersebut sebesar 63.89 meter. Sementara di titik B2, potensi akuifer berada pada kedalaman 70,36 – 117,39 meter. Lapisan tersebut mempunyai nilai resistivitas pada interval 69,44 – 124,93 ohm dan diidentifikasi sebagai material pasir tuffan. Ketebalan lapisan tersebut sebesar 53,61 meter.

Hasil interpretasi data geolistrik menunjukkan bahwa di masing–masing lokasi pengukuran mengindikasikan adanya potensi lapisan akuifer di bawah permukaan tanah. Hanya saja potensi dari akuifer dari masing–masing titik cukup bervariasi. Berdasarkan hasil pemodelan 1 dimensi, dapat diketahui bahwa kedalaman dan ketebalan lapisan akuifer tiap lokasi berbeda-beda. Ketebalan lapisan akuifer berkaitan dengan kuantitas air yang dihasilkan. Secara umum semakin tebal lapisan akuifernya maka mengindikasikan kuantitas air yang dihasilkan semakin besar. Hal tersebut karena air yang meresap ke dalam tanah akan berkumpul pada lapisan tersebut dan membentuk sistem air tanah. Jika dilihat dari ketebalan lapisannya maka diantara ketiga titik lokasi tersebut titik A3 merupakan yang paling tebal lapisan akuifernya, selanjutnya titik B2 dan kemudian A2. Hanya saja perlu dipahami bahwa aliran air tanah merupakan suatu sistem yang saling terkait antar material geologi. Untuk memahami secara menyeluruh potensi air tanah di lokasi pengukuran, maka perlu diidentifikasi sebaran dan hubungan lapisan akuifer antar titik pengukuran.

Sebaran akuifer dilokasi pengukuran dapat diidentifikasi dengan membuat *cross-section* dari hasil identifikasi perlapisan litologi pada model 1 dimensi. Dengan menarik garis interpolasi antar batas nilai resistivitas pada masing–masing lokasi pengukuran maka akan dihasilkan model 2 dimensi yang menggambarkan kondisi litologi di lokasi pengukuran. Melalui model tersebut dapat diidentifikasi sebaran dan hubungan akuifer di seluruh lokasi pengukuran. Adapun hasil pemodelan 2 dimensi dari lokasi pengukuran adalah sebagai berikut (Gambar 3).



Gambar 3. Model 2 Dimensi Litologi Lokasi Pengukuran

Berdasarkan pemodelan di atas tampak bahwa kondisi litologi di lokasi pengukuran sebagian besar disusun oleh 3 material litologi. Material tersebut adalah lempung tuffan, pasir tuffan, dan tuff breksian. Material lempung tuffan berada di lapisan paling atas sebagai material permukaan. Lapisan ini mempunyai ketebalan kurang lebih 12 meter di titik A2 dan A3, sementara di lapisan B2 mencapai ketebalan 70 meter. Ketebalan lapisan tersebut tidak seluruhnya berupa lempung tuffan namun terdapat sisipan material lain. Seperti di titik A2 yang terdapat sisipan material berupa tuff pasiran dan lava yang membentuk lapisan tipis yang masih terlihat pada model litologi. Sementara di titik B2 juga terdapat sisipan material lava dan sedikit tuff pasiran. Hanya saja karena lebih didominasi oleh material lempung tuffan maka lapisan tersebut digeneralisir menjadi lapisan lempung tuffan.

Sifat lapisan lempung tuffan sendiri bersifat dapat menyimpan air, akan tetapi sulit untuk meloloskan air. Hal tersebut karena lempung mempunyai kemampuan permeabilitas yang rendah sehingga pergerakan air di lapisan ini sangat rendah. Sebagai akibatnya keberadaan air di lapisan ini sulit terisi kembali atau transmisivitas air tanahnya kecil. Apabila dijadikan sumber sumur, maka saat air yang berada di lapisan ini telah terambil akan membutuhkan waktu yang lama agar airnya terisi kembali. Hal ini yang membuat lapisan ini kurang cocok dijadikan sumber sumur. Adapun lapisan ini dapat diidentifikasi sebagai lapisan *aquitar*.

Lapisan litologi yang dominan selanjutnya adalah pasir tuffan. Lapisan ini yang diidentifikasi sebagai lapisan akuifer. Material utama pada lapisan ini diidentifikasi berupa pasir dengan campuran material tuffan. Berdasarkan sifat fisiknya, material pasir merupakan penyusun akuifer berupa sistem media berpori. Material pasir juga merupakan material yang mempunyai permeabilitas yang baik, sehingga memungkinkan air untuk bergerak di dalamnya. Sebagaimana yang dikemukakan Todd (1995) bahwa air tanah bergerak di dalam tanah yang terdapat di dalam

ruang antar butir-butir tanah. Pada kondisi jenuh, material ini dapat menghasilkan air dalam kuantitas yang cukup signifikan (Lohman *et al.*, 1972). Dengan tingkat permeabilitas material yang baik maka mengindikasikan transmisivitas air tanahnya juga besar. Transmisivitas air tanah yang tinggi akan membuat proses recovery air tanah setelah pemompaan lebih cepat.

Berdasarkan hasil pemodelan menunjukkan bahwa sebaran akuifer di tiap lokasi pengukuran berbeda-beda. Perbedaan ini berupa perbedaan kedalaman dan ketebalan lapisan akuifer. Pada titik A2 dan A3 kedalaman atas lapisan akuifer memang tidak berbeda jauh. Lapisan akuifer titik A2 dimulai dari kedalaman sekitar 15 meter dan titik A3 sekitar 15 meter. Hanya saja titik bawah lapisan akuifer atau kedalaman maksimalnya antara kedua titik tersebut berbeda. Hal ini berarti ketebalan lapisan akuifernya berbeda, yang mana lapisan akuifer di titik A3 lebih tebal daripada di titik A2. Kondisi tersebut yang mengindikasikan bahwa sumber air tanah di titik A3 lebih besar dibandingkan titik A2. Perbedaan tersebut diidentifikasi karena adanya sisipan material lempung tuffan di titik A2 yang letaknya tepat di bawah lapisan akuifer. Sisipan material tersebut masih berhubungan dengan material lempung tuffan di titik B2. Adapun di titik B2 letak akuifer justru lebih dalam dibandingkan titik A2 dan A3.

Lapisan akuifer di titik B2 diperkirakan berada di kedalaman 70 – 115 meter. Letak akuifer yang lebih dalam tersebut karena lapisan lempung tuffan di titik B2 lebih tebal. Hal tersebut bisa disebabkan oleh letak titik B2 yang lebih dekat dengan peralihan satuan litologi. Jika dilihat pada peta geologi lokasi geolistrik, terlihat bahwa titik B2 lebih dekat dengan peralihan satuan litologi antara formasi Qvt dan Qa. Satuan litologi Qvt sendiri merupakan material vulkanik gunungapi Tengger sementara satuan litologi Qa merupakan endapan Alluvium. Letak titik B2 yang lebih dekat peralihan satuan litologi membuat sisipan material di titik ini lebih tebal dibandingkan dua titik lainnya.

Berdasarkan hal tersebut, dapat diinterpretasikan bahwa lapisan akuifer di ketiga titik tersebut terkoneksi satu sama lain. Lapisan akuifernya merupakan material pasir dari formasi QA yang menyisip ke formasi Qvt dan bercampur dengan material tuffan di formasi tersebut. Adapun untuk kualitas akuifer di ketiga titik tersebut dapat didasarkan dari nilai resistivitas yang mengindikasikan material penyusun akuifer dan ketebalannya. Dilihat dari nilai resistivitasnya, material di titik A2 dan B2 kemungkinan sedikit lebih baik daripada titik A3 karena rentangan resistivitasnya lebih tinggi. Titik A2 dan B2 nilai resistivitasnya berada pada rentangan 60 – 125 ohm, sementara titik A3 mempunyai rentangan resistivitas sedikit lebih kecil yaitu 60 – 100 ohm. Hal tersebut cukup relevan karena titik A3 letaknya lebih jauh dengan peralihan litologi

dibandingkan titik A2 dan B2. Perbedaannya juga tidak terlalu besar sehingga tidak terlalu jauh kualitas material akuifernya. Maka dari itu, untuk menilai potensi penuh dari akuifernya perlu mempertimbangkan faktor ketebalan akuifer. Berdasarkan kombinasi keduanya maka dapat diperkirakan potensi akuifer masing masing titik. Titik A2 memiliki potensi akuifer kecil – sedang pada kedalaman 14,08 hingga 40,42 meter. Titik A3 memiliki potensi akuifer sedang – besar 23,66 hingga 87,55 meter. Titik B2 memiliki potensi akuifer sedang – besar 70,36 – 117,39 meter.

KESIMPULAN

Berdasarkan survey lapangan beserta interpretasi dan analisis data yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi akuifer di titik A2 diperkirakan berada pada kedalaman 14,08 hingga 40,42 meter. Pada titik A3, potensi akuifer diperkirakan berada pada kedalaman 23,66 hingga 87,55 meter. Di titik B2, potensi akuifer berada pada kedalaman 70,36 – 117,39 meter.
2. Sebaran akuifer di lokasi pengukuran dipengaruhi oleh keterdapatannya sisipan pasir alluvium di formasi Qvt. Pada dasarnya akuifer di ketiga lokasi tersebut masih terkait satu sama lain, hanya saja letak kedalaman dan ketebalan lapisannya berbeda-beda mengikuti sistem perlapisan yang terbentuk.

DAFTAR RUJUKAN

BPS. 2017. *Kabupaten Probolinggo Dalam Angka*

Damtoro, Juswanto. 2007. Geologi & Geolistrik. dalam Effendy, Vicky Nur Amry. 2012. *Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole Untuk Mendeteksi Mineral Mangan (Physical Modeling)*. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. FMIPA Universitas Jember

Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius

Effendy, Vicky Nur Amry. 2012. *Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole Untuk Mendeteksi Mineral Mangan (Physical Modeling)*. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. FMIPA Universitas Jember

Lohman SW, et al. 1972. *Definitions of Selected Groundwater Term-Revision and Conceptual Refinements*. Geol. Surv. Water Supply Paper 1988, USA.

Reynolds, J.M. 1997. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. dalam Effendy, Vicky Nur Amry. 2012. *Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole Untuk Mendeteksi Mineral Mangan (Physical Modeling)*. Skripsi. Tidak Dipublikasikan. FMIPA Universitas Jember

Santoso, A. C. 2009. *Aplikasi GIS untuk Pemetaan Pola Aliran Air Tanah Di Kawasan Borobudur, Magelang*. Balai Konservasi Peninggalan Borobudur.

Sedana D., As'ari dan Adey T., 2015. Pemetaan Akuifer Air Tanah Di Jalan Ringroad Kelurahan Malendeng Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis.

Saraga, Herbhi T., As'ari., Tongkukut, Seni H J., Deteki Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Masjid Kampus Universitas Sam Ratulangi dan Sekitarnya. *Jurnal MIPA UNSRAT* 5 (2) hal 70-75

Telford, WM., 1990. *Applied Geophysics Second Edition*.

Todd, D.K. 1995. *Groundwater Hydrology, Second Edition*. John Wiley & Sons, Singapore.

Zubaidah, Teti dan Kanata, Bulkis. 2008. Pemodelan Fisika Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Schumberger Untuk Investigasi Keberadaan Air Tanah. *Teknologi Elektro* 7 (1) hal 20-24

