

Analisis Pengaruh Intrusi Air Laut terhadap Keberadaan Air Tanah di Desa Nusapati, Kabupaten Mempawah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas

Muhardi^{1,*}, Faurizal², dan Widodo³

¹Program Studi Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak

²Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak

³Laboratorium Fisika Lanjut dan Komputasi, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Pontianak

*Email: muhardi@physics.untan.ac.id

ABSTRACT

Nusapati Village is a coastal area in Sungai Pinyuh District, Mempawah Regency, West Kalimantan Province. This study aim to analyze the effect of seawater intrusion on the existence of groundwater in Nusapati Village. The method that had been used is the geoelectrical resistivity method by the Wenner-Schlumberger configuration. This study applies two lines, the first line directed to the Southwest-Northeast and the second line to the Southeast-Northwest, having a length of 260 meters each. The results showed that the confined aquifer layer in the first line had a resistivity value of 0.15 Ωm to 1.30 Ωm at a depth of 4 meters to 30 meters. While the second line had a resistivity value of 0.19 Ωm to 1.88 Ωm at a depth of 2 meters to 26.4 meters. The results also showed that the lithology of the aquifer layer in the study area was interpreted as sand, clayey sand, and gravelly sand. This layer contains groundwater that has been impacted by seawater intrusion. The effect of this intrusion causes the existence of groundwater have a relatively low percentage of salinity so that the groundwater in the study area feels brackish.

Keywords : groundwater, nusapati village, geoelectrical resistivity, intrusion of seawater

ABSTRAK

Desa Nusapati merupakan daerah pesisir di Kecamatan Sungai Pinyuh, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh intrusi air laut terhadap keberadaan air tanah di Desa Nusapati. Metode yang digunakan adalah metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger. Penelitian ini mengaplikasikan dua lintasan, yaitu pertama berarah Barat Daya-Timur Laut dan kedua berarah Tenggara-Barat Laut, dengan panjang lintasan masing-masing 260 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan akuifer dangkal pada lintasan pertama mempunyai nilai resistivitas 0,15 Ωm hingga 1,30 Ωm berada pada kedalaman 4 meter hingga 30 meter. Sedangkan pada lintasan kedua mempunyai nilai resistivitas 0,19 Ωm hingga 1,88 Ωm berada pada kedalaman 2 meter hingga 26,4 meter. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa litologi lapisan akuifer di daerah penelitian diinterpretasi berupa pasir, pasir lempungan, dan pasir kerikil. Lapisan ini mengandung air tanah yang telah terdampak oleh intrusi air laut. Pengaruh intrusi ini menyebabkan keberadaan air tanah mempunyai salinitas dengan persentase yang relatif rendah sehingga air tanah pada lokasi penelitian terasa payau.

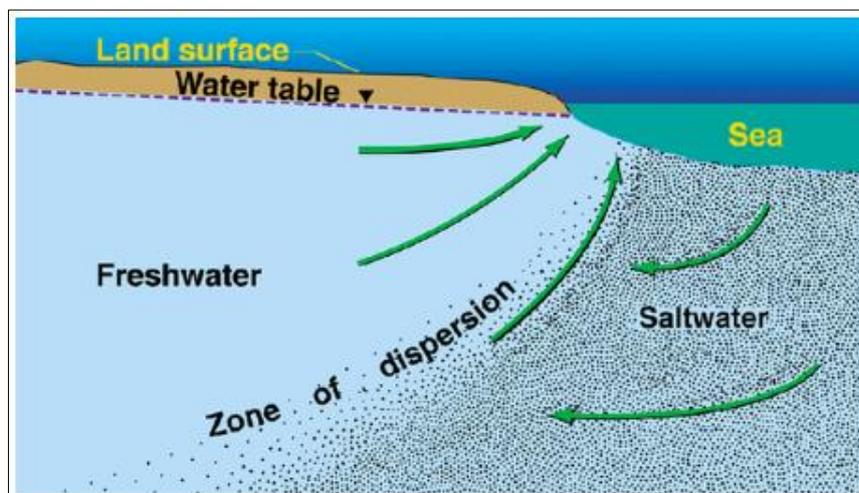
Kata kunci : air tanah, desa nusapati, geolistrik resistivitas, intrusi air laut

PENDAHULUAN

Desa Nusapati merupakan salah satu desa di Kabupaten Mempawah, Propinsi Kalimantan Barat yang berada di daerah pesisir. Di sebelah Barat sepanjang Desa Nusapati terdapat Laut Cina Selatan. Salah satu persoalan daerah pesisir adalah dalam hal ketersediaan air tanah yang akan dimanfaatkan oleh penduduk setempat. Masyarakat di Desa Nusapati sangat bergantung pada keberadaan air tanah sebagai air bersih untuk dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Adanya sumur bor milik penduduk dengan kedalaman yang masih relatif dangkal juga masih dirasakan belum maksimal dalam memperoleh air bersih karena air tanah yang didapat masih terasa payau hingga asin.

Kondisi ini disebabkan karena posisi pemukiman yang berdekatan dengan laut sehingga pengaruh intrusi air laut terhadap keberadaan air tanah menjadi persoalan^[1]. Selain itu, kondisi geologi setempat juga sangat berpengaruh terhadap proses intrusi air laut terhadap air tanah^[2]. Berdasarkan kondisi geologi, formasi di Desa Nusapati merupakan endapan permukaan (*surficial deposits*) yang terdiri dari lumpur, lanau, pasir kerikil, endapan sungai, pantai, danau, rawa, dan alluvium^[3]. Kondisi geologi seperti ini diduga dapat mendorong terjadinya intrusi air laut karena formasinya tersusun atas batuan yang mempunyai porositas tinggi dan bersifat permeabilitas.

Air tanah adalah air tawar yang mencakup kurang lebih 24 persen dari jumlah keseluruhan air tawar di bumi ($10,5 \text{ juta km}^3$)^[4]. Air tanah berada dalam lapisan tanah/batuan yang terdapat di bawah permukaan yang dikenal sebagai akuifer. Lapisan akuifer ini dapat berfungsi untuk menyimpan dan mengalirkan air tanah^[2]. Lapisan akuifer terdiri dari akuifer bebas (*unconfined aquifer*) yang relatif dangkal, dan akuifer tertekan (*confined aquifer*) yang relatif dalam^[5]. Gambar 1 memperlihatkan ilustrasi intrusi air laut pada akuifer yang umumnya terjadi pada daerah pesisir. Intrusi air laut pada daerah pesisir dapat terjadi karena adanya penurunan level air tanah (*water table*) akibat adanya pengambilan air tanah. Pengaruh intrusi air laut akan menyebabkan pencampuran antara air laut yang memiliki salinitas cukup tinggi (*saltwater*) dengan air tanah yang terjadi pada zona dispersi (*zone of dispersion*)^[6]. Akibatnya zona ini akan mempengaruhi keberadaan air tanah yang terdapat pada akuifer (*freshwater*).



Gambar 1. Ilustrasi intrusi air laut di daerah pesisir^[6]

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh intrusi air laut terhadap keberadaan air tanah dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas. Lokasi penelitian berada tidak jauh dari laut sehingga diduga menjadi penyebab kondisi air tanah menjadi terasa payau hingga asin. Informasi ini penting untuk diketahui agar masyarakat umum

dapat memanfaatkan air tanah secara maksimal. Metode geolistrik resistivitas telah terbukti berhasil dalam kegiatan eksplorasi dangkal, seperti eksplorasi air tanah^[7]. Penelitian terhadap air tanah telah dilakukan menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan berbagai konfigurasi, seperti Wenner^[7], Schlumberger^[8,9], Wenner-Schlumberger^[10], dan dipol-dipol^[11]. Konfigurasi yang diaplikasikan pada penelitian ini adalah Wenner-Schlumberger, yang merupakan penggabungan antara konfigurasi Wenner yang mengukur sebaran resistivitas secara horizontal (*mapping*) dan konfigurasi Schlumberger yang mengukur sebaran resistivitas secara vertikal (*sounding*).

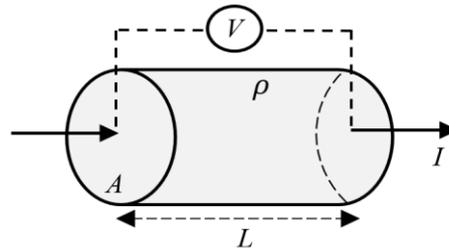
METODE

Penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi sebaran nilai resistivitas di bawah permukaan dengan menggunakan peralatan geolistrik yaitu *Automatic Resistivity System (ARES)* 12 Volt. Lokasi penelitian di Desa Nusapati, Kabupaten Mempawah, Propinsi Kalimantan Barat tepatnya pada koordinat $0^{\circ}14'44''$ - $0^{\circ}14'58''$ LU dan $109^{\circ}06'04''$ - $109^{\circ}06'24''$ BT. Akuisisi data di lapangan dilakukan pada Tanggal 24 – 25 Februari 2018. Lintasan pengukuran pada penelitian ini diaplikasikan sebanyak 2 buah dengan panjang masing-masing 260 meter. Kedua lintasan saling berpotongan, dengan lintasan pertama berarah Timur Laut - Barat Daya dan lintasan kedua berarah Tenggara - Barat Laut, seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain penelitian

Prinsip kerja metode geolistrik resistivitas yaitu memanfaatkan sifat kelistrikan lapisan bawah permukaan. Sifat kelistrikan dapat diidentifikasi dengan mengukur nilai resistivitas bahan (tahanan jenis)^[12]. Metode geolistrik resistivitas umumnya menggunakan elektroda arus yang berfungsi untuk menginjeksikan arus listrik di permukaan bumi. Arus listrik tersebut akan menyebar di bawah permukaan bumi ke segala arah, kemudian mencatat beda potensial (tegangan) lapisan batuan dengan menggunakan elektroda potensial yang dipasang di permukaan bumi.



Gambar 3. Ilustrasi aliran arus listrik pada medium berbentuk silinder [12,13]

Gambar 3 memperlihatkan arus listrik I mengalir melewati sebuah medium berbentuk silinder yang memiliki resistivitas ρ , luas penampang A , dan panjang L . Hukum Ohm menyatakan bahwa besar beda potensial V yang terukur pada kedua ujung medium sebanding dengan arus listrik yang mengalir pada medium, resistivitas bahan, dan panjang medium, namun berbanding terbalik dengan luas penampang medium tersebut^[13], seperti Persamaan (1) berikut.

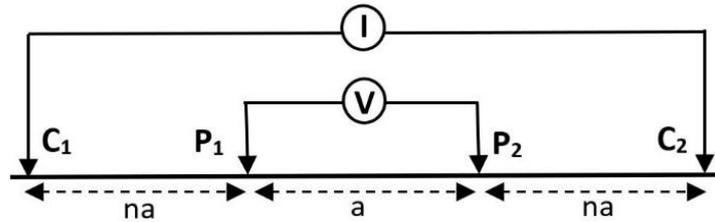
$$V = I\rho \frac{L}{A} \tag{1}$$

Lapisan tanah/batuan bawah permukaan termasuk air tanah yang terdampak intrusi air laut dapat diinterpretasi dengan cara mengidentifikasi nilai resistivitas (tahanan jenis). Resistivitas merupakan kemampuan medium dalam menghambat arus listrik, sedangkan kemampuan medium dalam menghantarkan arus listrik disebut konduktivitas. Setiap medium mempunyai karakteristik resistivitas tersendiri sehingga keberadaannya dapat diidentifikasi. Air tanah (*freshwater*) umumnya mempunyai nilai resistivitas yang lebih besar, baik dibandingkan dengan air asin maupun air tanah yang terdampak intrusi air laut. Nilai resistivitas material bawah permukaan bisa di lihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Resistivitas material [11, 13, 15]

Material	Resistivitas (Ωm)
Tanah penutup (<i>topsoil</i>)	50 - 100
Lempung	1 - 100
Lempung berpasir	80 - 1050
Batupasir	1 – 6.4×10^8
Pasir	1 - 1000
Alluvium	10 - 800
Kerikil	100 - 600
Air meteorik	30 - 1000
Air permukaan (batuan beku)	0.1 – 3000
Air permukaan (batuan sedimen)	10 - 100
Air tanah	0.5 - 300
Air laut	0.2
Air (salinitas 3%)	0.15
Air (salinitas 20%)	0.05

Penelitian ini menggunakan 4 buah elektroda, yang terdiri dari 2 buah elektroda arus yaitu C_1 dan C_2 dan 2 buah elektroda potensial yaitu P_1 dan P_2 dengan jarak antar elektroda yaitu a sejauh 5 meter. Pada saat pengukuran, posisi elektroda potensial tetap, sedangkan posisi elektroda arus berubah, sesuai dengan faktor rasio (n). Susunan elektroda dengan konfigurasi Wenner-Schlumberger dapat dilihat seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi Wenner-Schlumberger ^[16]

Lapisan tanah/batuan bawah permukaan bumi umumnya bersifat tidak homogen dan berlapis, sehingga nilai resistivitas yang diperoleh dikenal sebagai resistivitas semu (*apparent resistivity*). Adapun nilai resistivitas semu dirumuskan seperti pada Persamaan (2)

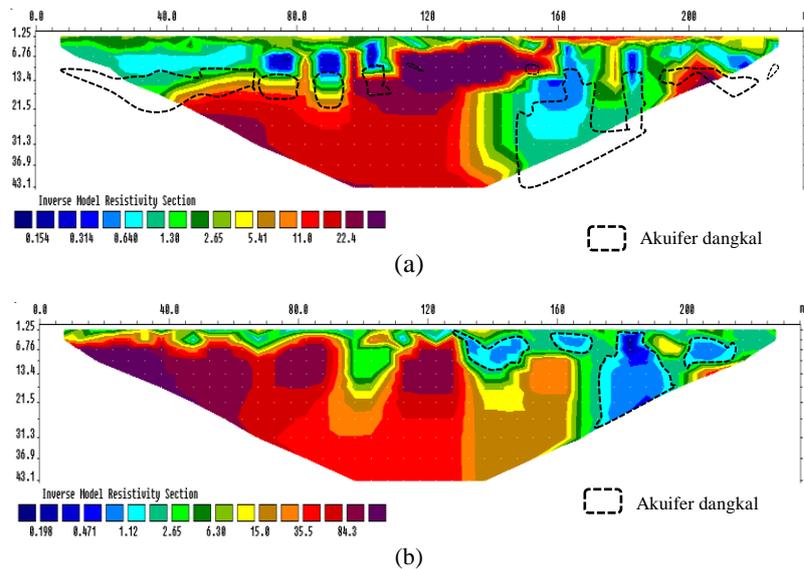
$$\rho_a = \pi n (n + 1) a \left(\frac{V}{I} \right) \quad (2)$$

Sebaran nilai resistivitas yang diperoleh akan digunakan untuk melakukan interpretasi lapisan bawah permukaan dan keberadaan air tanah berdasarkan pendekatan pada Tabel 1 dan kondisi geologi setempat^[17]. Informasi ini digunakan untuk menganalisis pengaruh intrusi air laut terhadap keberadaan air tanah pada kedalaman tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

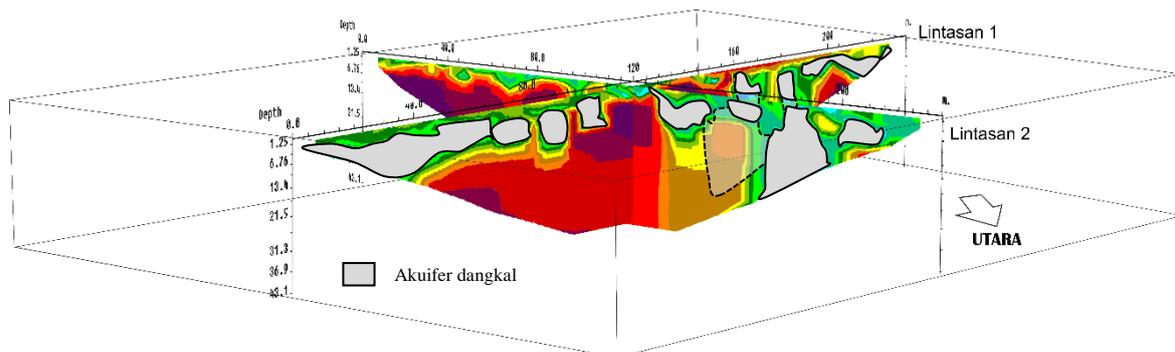
Pengukuran pada lintasan pertama berarah Timur Laut - Barat Daya, sedangkan pada lintasan kedua berarah Tenggara - Barat Laut. Penelitian ini mengaplikasikan lintasan dengan panjang 240 meter, spasi antar elektroda sejauh 5 meter. Hasil yang diperoleh pada lintasan pertama mengidentifikasi sebaran resistivitas dengan nilai 0,15 – 28,10 Ωm , sedangkan pada lintasan kedua mengidentifikasi sebaran resistivitas dengan nilai 0,19 – 108,10 Ωm hingga pada kedalaman 43,1 meter. Garis putus-putus berwarna hitam pada Gambar 5 menunjukkan lapisan tersebut diduga akuifer dangkal yang mengandung air tanah. Pada lintasan pertama lapisan ini mempunyai nilai resistivitas relatif kecil yaitu 0,15 Ωm hingga 1,30 Ωm , dan berada pada kedalaman 4 meter hingga 30 meter, sedangkan pada lintasan kedua mempunyai nilai resistivitas relatif kecil yaitu 0,19 Ωm hingga 1,88 Ωm , dan berada pada kedalaman 2 meter hingga 26,4 meter.

Akuifer dangkal yang mengandung air tanah diduga berada pada lapisan dengan litologi pasir, pasir lempungan, dan pasir kerikil. Nilai resistivitas yang relatif rendah pada lintasan pertama disebabkan akuifer dangkal mengandung air tanah yang mempunyai kadar garam (*salinitas*), akibat adanya intrusi air laut sehingga air tanah tersebut menjadi terasa payau. Pada lintasan pertama terutama ke arah Barat Daya terdapat sebaran intrusi air laut lebih dalam dibandingkan dengan arah Tenggara, hal ini disebabkan karena lintasan pertama ke arah Barat Daya mengarah pada posisi laut yang berada di sebelah Barat lokasi penelitian. Sedangkan pada lintasan kedua hanya ditemukan lapisan akuifer pada arah Barat Laut, tepatnya pada lintasan dengan jarak 130 meter. Sebaran intrusi air laut ini juga disebabkan karena lintasan kedua dengan arah Barat Laut mengarah pada posisi laut yang berada di sebelah Barat lokasi penelitian.



Gambar 5. Penampang resistivitas 2D; (a) pada lintasan pertama, (b) pada lintasan kedua

Gambar 6 memperlihatkan sebaran intrusi air laut pada lapisan akuifer dangkal (*unconfined aquifer*) di daerah penelitian yang ditunjukkan oleh area berwarna abu-abu. Hasil penelitian dari kedua lintasan menunjukkan bahwa akuifer dangkal yang mengandung air tanah telah terdampak oleh intrusi air laut dengan nilai resistivitas 0,15 Ω m hingga 1,88 Ω m, dan berada pada kedalaman 2 meter hingga 30 meter. Pengaruh intrusi ini menyebabkan keberadaan air tanah mempunyai kadar garam, namun dengan persentase yang relatif rendah sehingga air tanah pada lokasi penelitian terasa payau.



Gambar 6. Sebaran intrusi air laut pada lokasi penelitian

Intrusi air laut disebabkan karena lokasi penelitian merupakan daerah pesisir yang berjarak kurang lebih 1 km dari laut. Litologi lapisan akuifer diinterpretasi berupa pasir, pasir lempungan, dan pasir kerikil yang berada di bawah tanah penutup (*topsoil*). Pasir merupakan litologi yang mempunyai porositas dan permeabilitas yang relatif tinggi sehingga mudah meloloskan fluida. Air laut dapat merembes melalui lapisan pasir sehingga mengkontaminasi air tanah pada akuifer dangkal. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa hingga kedalaman 43,1 meter belum ditemukan akuifer dalam (*confined aquifer*) yang umumnya mengandung air tanah yang tidak terdampak oleh intrusi air laut (*freshwater*). Hal ini dikarenakan air tanah yang berada pada akuifer dalam dibatasi oleh lapisan impermeabel^[18]. Lapisan akuifer dalam di lokasi penelitian diduga berada pada kedalaman lebih dari 43,1 meter.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan akuifer dangkal (*unconfined aquifer*) pada lapisan pertama (Timur Laut - Barat Daya) mempunyai nilai resistivitas 0,15 Ωm hingga 1,30 Ωm , dan berada pada kedalaman 4 meter hingga 30 meter. Sedangkan lapisan kedua (Tenggara – Barat Laut) mempunyai nilai resistivitas 0,19 Ωm hingga 1,88 Ωm , dan berada pada kedalaman 2 meter hingga 26,4 meter. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa lapisan akuifer dangkal di daerah penelitian berada di bawah tanah penutup (*topsoil*) dan diinterpretasi berupa pasir, pasir lempungan, dan pasir kerikil. Lapisan ini mengandung air tanah yang telah terdampak oleh intrusi air laut. Pengaruh intrusi ini menyebabkan air tanah mempunyai kadar garam dengan persentase yang relatif rendah, sehingga air tanah pada lokasi penelitian terasa payau. Sedangkan lapisan akuifer dalam (*confined aquifer*) di lokasi penelitian belum ditemukan karena diduga berada pada kedalaman lebih dari 43,1 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Herdyansah A. dan Rahmawati D. 2017. Dampak Intrusi Air Laut pada Kawasan Pesisir Surabaya Timur. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 6, No. 2, Hal. 599–603.
- 2 Darsono. 2016. Identifikasi Akuifer Dangkal dan Akuifer Dalam dengan Metode Geolistrik (Kasus : di Kecamatan Masaran). *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol. 1, No. 1, Hal. 40–49.
- 3 Pieter P.E. dan Supriatna S. 1990. Peta Geologi Kalimantan Barat. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- 4 Indriastoni R.N. dan Kustini I. 2014. Intrusi Air Laut terhadap Kualitas Air Tanah Dangkal di Kota Surabaya. *Rekayasa Teknik Sipil*, Vol. 3, No. 3, Hal. 228–232.
- 5 Heath B.R.C. 1982. *Basic Ground-Water Hydrology*. Fourth Edition. North Carolina: USGS.
- 6 Cooper H.C., Kohout F.A., Henry H.R., dan Glover R.E. 1964. *Sea Water in Coastal Aquifers*. Geological Survey Water. Washington.
- 7 Santoso B. 2016. Penerapan Metode Geolistrik 2D untuk Identifikasi Amblasan Tanah dan Longsor di Jalan Tol Semarang-Solo KM5⁺⁴⁰⁰-KM5⁺⁸⁰⁰. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol. 1, No. 2, Hal. 179–186.
- 8 Muhandi, Perdhana R., dan Nasharuddin. 2019. Identifikasi Keberadaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus: Desa Clapar Kabupaten Banjarnegara). *Prisma Fisika*, Vol. 7, No. 3, Hal. 331–336.
- 9 Febriani Y. dan Sohibun. 2019. Aplikasi Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger untuk Mengidentifikasi Lapisan Air Tanah di Desa Ulak Patian Rokan Hulu Riau. *Jurnal Fisika Flux*. Vol. 16, No. 1, Hal. 54–60.
- 10 Manrulu R.H., Nurfalaq A., dan Hamid D. 2018. Pendugaan Sebaran Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger Di Kampus 2 Universitas Cokroaminoto Palopo. *Jurnal Fisika Flux*, Vol. 15, No. 1, Hal. 6–12.
- 11 Rohmah S.A., Maryanto S., dan Susilo A. 2018. Identifikasi Air Tanah Daerah Agrotechno Park Cangar Batu Jawa Timur Berdasarkan Metode Geolistrik Resistivitas. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol. 14, No.1, Hal. 5–11.
- 12 Telford, W.M., Geldart L.P., dan Sheriff R.E. 1990. *Applied Geophysics*. Second Edition. New York: Cambridge University Press.
- 13 Lowrie W. 2007. *Fundamental of Geophysics*. Second Edition. New York: Cambridge University Press.
- 14 Reynolds J.M. 1997. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley & Sons Ltd.

- 15 Milsom J. 2003. *Field Geophysics*. Third Edition. England: John Wiley & Sons Ltd.
- 16 Loke D.M. 2000. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies*. Geoelectrical.com.
- 17 Rustadi, Pauzi G.A., dan Taufik O. 2018. Investigasi Geologi dan Geolistrik untuk Menafsirkan Keberadaan Air Tanah Dangkal di Ambarawa, Lampung. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, Vol. 6, No. 1, Hal. 109–114.
- 18 Darsono dan Darmanto D. 2019. Identifikasi Keberadaan Lapisan Akuifer Tertekan (Confined Aquifer) Berdasarkan Data Geolistrik (Studi Kasus : Desa Sambirejo Kecamatan Plupuh Kabupaten Sragen). *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol. 9, No. 1, Hal. 46–53.