

## PENDUGAAN AKUIFER BERDASARKAN METODE GEOLISTRIK *RESISTIVITY* DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT KABUPATEN BUNGO PROVINSI JAMBI

Edwin Permana<sup>1</sup>, Adhitya Eko Bagus Sasongko<sup>2\*</sup>, Rikaldo Pratama<sup>3</sup>, Erna Y Hutasoit<sup>3</sup>, Juventa<sup>3</sup>,  
Paziati Andini<sup>2</sup>, M. Arief Yamin<sup>4</sup>, Arif Nurrahman<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Kimia Industri Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi, edwinpermana86@unja.ac.id

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Geofisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

<sup>4</sup> Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Jambi

<sup>5</sup> Program Studi Teknik Pengolahan Migas, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu

### Abstrak

*Penelitian ini dilakukan pada lahan perkebunan kelapa sawit yang berlokasi di Perentih Luweh, Kabupaten Bungo, Jambi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan distribusi vertikal nilai tahanan jenis dari material batuan serta mengevaluasi keterdapatan formasi pembawa air tanah untuk keperluan pembuatan sumur produksi. Penelitian ini menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi dipol-dipol dengan panjang lintasan pengukuran sebesar 200 meter dan spasi elektroda sebesar 20 meter. Data yang didapat kemudian diolah menggunakan perangkat lunak RES2DINV dan hasil akhir yang didapat yaitu model 2 Dimensi sebaran nilai resistivitas bawah permukaan daerah penelitian. Variasi nilai resistivitas dari hasil inversi berkisar dari nilai 0 – 12650  $\Omega m$ . Nilai resistivitas 0 – 463  $\Omega m$  mampu menunjukkan indikasi jenis litologi batuan lempung basah serta air tanah diatas permukaan. Lapisan akuifer yang potensial di daerah ini terdapat pada jarak 120 – 170 meter dengan kedalaman 18.5 – 27.5 meter bmt dengan nilai tahanan jenis 0,5-100 ohm-meter.*

*Kata kunci : Akuifer, Geolistrik, Resistivitas, Litologi*

### Abstract

*This research was conducted on an oil palm plantation located in Perentih Luweh, Bungo Regency, Jambi. The purpose of this study was to map the vertical distribution of the resistivity values of rock materials and to evaluate the presence of groundwater-bearing formations for the purpose of making production wells. This research uses geoelectric resistivity dipole-dipole configuration method with a measuring path length of 200 meters and an electrode spacing of 20 meters. The data obtained were then processed using RES2DINV software and the final result obtained was a 2-dimensional model of the distribution of the subsurface resistivity values of the study area. Variations in resistivity values from the inversion results range from 0 – 12650 m. The resistivity value of 0-463 m is able to indicate the type of lithology of wet clay and groundwater above the surface. Potential aquifer layers in this area are located at a distance of 120 – 170 meters with a depth of 18.5 – 27.5 meters bmt with a specific resistance value of 0.5-100 ohm-meters.*

*Keywords: Aquifer, Ekspoloration, Geoelectric, litology*

### Pendahuluan

Air merupakan suatu kebutuhan utama bagi kehidupan manusia. Kuantitas dan kualitasnya berbeda antara satu daerah dengan daerah lainnya tergantung kondisi hidrogeologi. Salah satu sumber air yang terutama dipergunakan oleh masyarakat adalah air bawah tanah, baik dengan

sumur gali ataupun sumur bor. Air tanah merupakan salah satu sumber air yang dapat mengatasi permasalahan kekurangan air bersih dalam kehidupan makhluk hidup sehari-hari. Air tanah tersimpan dalam lapisan pembawa air yang disebut akuifer. Air yang berada pada akuifer dapat menjadi salah satu hasil air terpenting yang dapat

mengatasi kebutuhan air di muka bumi (Sulu et al, 2015)

Menurut Freeze (1979), Air bawah tanah (*ground water*) merupakan sumber air yang dieksploitasi manusia untuk mencukupi kebutuhan air bersih yang selalu meningkat, sehingga manusia selalu berusaha mencari sumber-sumber air bawah tanah yang baru terutama di daerah yang kritis air bersih. Untuk menduga keterdapatannya dan penentuan lokasi sumur produksi, maka metode geolistrik merupakan salah satu metode yang tepat dan akurat diterapkan (Todd, 1970).

Menurut Santosa (2006), Metode geolistrik merupakan suatu metode dalam geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan cara mendeteksinya di permukaan bumi. Pendeteksian ini meliputi pengukuran beda potensial dan arus dengan penginjeksian arus ke bawah permukaan. Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *dipole-dipole* karena konfigurasi ini dapat memperlihatkan penampang secara *mapping* dan *sounding* sehingga dapat menentukan target lokasi dan kedalaman airtanah di bawah permukaan. Selain itu, metode ini dipilih karena pengukurannya relatif sederhana serta tidak merusak medium dan lingkungan sekitar.

Daerah penelitian secara geologi masih berada pada cekungan Sumatera Selatan sub cekungan Jambi sehingga masih dipengaruhi oleh pola stratigrafi batuan cekungan Sumatera Selatan pada umumnya.

Air terdapat di bawah tanah sebagai *lengas / moisture* yang mengisi pori atau rekahan batuan di dalam tanah. Potensi air tanah tergantung pada faktor – faktor lapisan batuan yang mengalirkan air (akuifer) dan adanya sumber air (resapan permukaan atau dari daerah resapan di arah hulu) (Zohdy, 1980).

Muka air tanah adalah batas antara zona yang jenuh air dan zona di atasnya yang tidak jenuh. Batas ini dapat berubah-ubah sesuai dengan kondisi geologi, hidrogeologi, pengambilan air tanah dan musim. Zona jenuh air tanah inilah yang dicari sebagai lapisan yang potensial untuk diambil dengan pengeboran (Gijoh dkk, 2017).

Menurut Prakusya (2018), Pasokan air tanah yang potensial umumnya berasal dari imbuhan regional,

sedangkan yang bersifat lokal hanya berpotensi kecil. Jadi untuk mendapatkan air tanah yang besar, maka daerah tersebut harus terhubung dan mendapatkan pasokan dari daerah resapan di cekungan air tanah. Imbuhan air tanah dapat berasal dari imbuhan regional yang terletak jauh di hulu ataupun imbuhan lokal yang berasal dari perlokasi/resapan hujan yang bersifat musiman (Husain dkk, 2017).

Akuifer atau lapisan yang dapat berfungsi sebagai pembawa air di lokasi penyelidikan adalah akuifer dengan aliran air tanah yang melalui retakan-retakan karena batuan penyusun berupa gamping, lava dan breksi tidak memiliki pori seperti pada batupasir. Intensitas retakan dan tebal lapisan yang mengalami retakan sangat dipengaruhi tingkat erosi yang dialami batuan dan kekuatan batuan dalam menghadapi erosi (Santosa, 2002).

Maksud dari penelitian pendugaan akuifer berdasarkan metode geolistrik *resistivity* adalah untuk mendapatkan gambaran tentang kondisi air bawah tanah (*groundwater*) di perkebunan kelapa sawit Perintah Luweh Kabupaten Bungo Provinsi Jambi untuk pembuatan sumur produksi, dikarenakan selama ini perkebunan kelapa sawit Perintah Luweh memanfaatkan sumberdaya air permukaan dan air hujan yang ditampung dengan sedikit *treatment* untuk memenuhi kriteria kualitas air bagi kebutuhan air domestik. Hal ini tentunya membutuhkan dana yang tidak sedikit, dan nilai ketergantungan terhadap air hujan dan air sungai yang mengalir di perkebunan cukup besar. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk memperoleh data dan pengetahuan tentang kondisi akuifer di wilayah tersebut untuk keperluan penentuan sumur produksi airtanah dalam.

Tujuan kegiatan pendugaan akuifer berdasarkan metode geolistrik *resistivity* adalah untuk mengetahui lokasi titik pengeboran sumur terbaik atau lokasi yang potensial untuk pembuatan sumur produksi dengan memperhatikan kondisi geomorfologi, geologi dan hidrogeologi sehingga dapat diketahui kedalaman lapisan pembawa air (akuifer).

**Metode**

Metode penelitian Pendugaan Akuifer Berdasarkan Metode Geolistrik *Resistivity* ini dibagi menjadi 4 tahap, yaitu :

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan analisis data sekunder daerah penelitian dan persiapan peralatan lapangan. Peralatan lapangan yang diperlukan dalam survey pendugaan akuifer ini antara lain ;

Seperangkat alat Geolistrik Merk Naniura NRD 22, lengkap dengan kabel elektroda arus (I), Potensial (V) dan baterainya, Palu pemukul tongkat arus/potensial sebanyak 2 buah, Pita meter sepanjang 200meter sebanyak 2 buah, Palu dan Kompas Geologi, GPS Garmin Montana, Peta lokasi daerah penelitian, Payung sebanyak 2 buah dan Kamera

b. Tahap Pengamatan Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data geologi melalui pengamatan morfologi, lithology dan pengukuran data tahanan jenis secara langsung di lokasi survei.

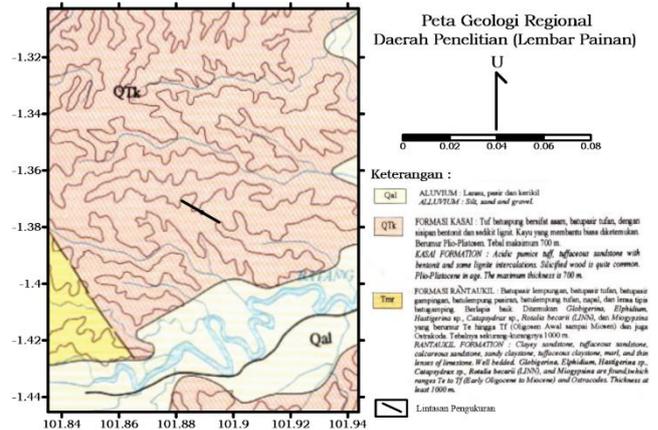
c. Tahap Analisis Data

Dalam tahap ini dilakukan analisis data tahanan jenis dengan menggunakan program RES2Dinv. Pada tahapan ini juga dilakukan korelasi data muka air tanah, daya hantar listrik untuk merekonstruksi kondisi geologi yang ada di daerah penelitian.

d. Tahap Pelaporan

Hasil dari sintesa data dirangkum dalam bentuk laporan tertulis.

**Hasil Dan Pembahasan**



Gambar 1. Peta Geologi Daerah Penelitian

Keterangan Litologi :

a. Alluvium (Qal)

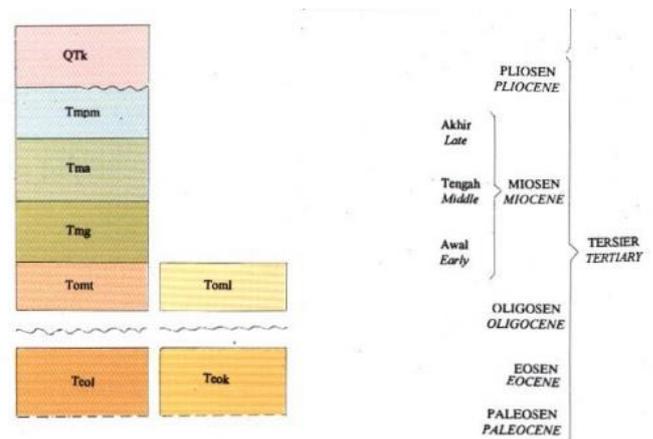
Merupakan formasi termuda berumur Kuartar, formasi ini tersusun atas batulanau, batupasir hingga kerikil.

b. Formasi Kasai (QTK)

Formasi ini terdiri atas tuf dan tuf berbatu apung dengan sisipan batu lempung tufan dan batu pasir tufan, setempat konglomeratan dan mengandung kayu terkarsikkan sampai sepanjang 3 m. Formasi ini memiliki ketebalan lebih dari 450 m, diendapkan di lingkungan darat, hasil kikisan Geantiklin Barisan.

c. Formasi Rantauikil (Tmr)

Formasi ini tersusun atas batupasir lempungan, batupasir tufan, batupasir gampingan, batulempung pasir, batulempung tufan, napal, dan lensa tipis batugamping berlapis baik.



Gambar 2. Kolom Statigrafi Daerah Penelitian

### 1. Kelompok Pra Tersier

Formasi ini merupakan batuan dasar (*basement rock*) dari Cekungan Sumatra Selatan. Tersusun atas batuan beku Mesozoikum, batuan metamorf Paleozoikum, Mesozoikum, dan batuan karbonat yang termetamorfosa. Hasil dating di beberapa tempat menunjukkan bahwa beberapa batuan berumur Kapur Akhir sampai Eosen Awal. Batuan metamorf Paleozoikum-Mesozoikum dan batuan sedimen mengalami perlipatan dan pensesaran akibat intrusi batuan beku selama episode orogenesis Mesozoikum Tengah.

### 2. Formasi Lahat

Batuan tertua yang ditemukan pada Cekungan Sumatera Selatan adalah batuan yang berumur akhir Mesozoik. Batuan yang ada pada Formasi ini terdiri dari batupasir tuffan, konglomerat, breksi, dan lempung. Batuan-batuan tersebut kemungkinan merupakan bagian dari siklus sedimentasi yang berasal dari Continental, akibat aktivitas vulkanik, dan proses erosi dan disertai aktivitas tektonik pada akhir kapur-awal Tersier di Cekungan Sumatera Selatan.

### 3. Formasi Lahat Muda

Formasi Lemat tersusun atas klastika kasar berupa batupasir, batulempung, fragmen batuan, breksi, "Granit Wash", terdapat lapisan tipis batubara, dan tuf. Semuanya diendapkan pada lingkungan kontinen. Sedangkan anggota Benakat dari Formasi Lemat terbentuk pada bagian tengah cekungan dan tersusun atas serpih berwarna coklat abu-abu yang berlapis dengan serpih tuffaan (*tuffaceous shales*), batulanau, batupasir, terdapat lapisan tipis batubara dan batugamping (*stringer*), Glauconit, diendapkan pada lingkungan *fresh-brackish*. Formasi Lemat secara normal dibatasi oleh bidang ketidakselarasan (*unconformity*) pada bagian atas dan bawah formasi. Kontak antara Formasi Lemat dengan Formasi Talang Akar yang diinterpretasikan sebagai *paraconformable*. Formasi Lemat berumur Paleosen-Oligosen, dan anggota Benakat berumur Eosen Akhir-Oligosen, yang ditentukan dari spora dan pollen, juga dengan

dating K-Ar. Ketebalan formasi ini bervariasi, lebih dari 2500 kaki ( $\pm 760$  m). Pada Cekungan Sumatra Selatan dan lebih dari 3500 kaki (1070 m) pada zona depresi sesar di bagian tengah cekungan (didapat dari data seismik).

### 4. Formasi Talang Akar

Formasi Talang Akar terdapat di Cekungan Sumatra Selatan, formasi ini terletak di atas Formasi Lemat dan di bawah Formasi Telisa atau anggota Basal Batugamping Telisa. Formasi Talang Akar terdiri dari batupasir yang berasal dari delta plain, serpih, lanau, batupasir kuarsa, dengan sisipan batulempung karbonat, batubara dan di beberapa tempat konglomerat. Kontak antara Formasi Talang Akar dengan Formasi Lemat tidak selaras pada bagian tengah dan pada bagian pinggir dari cekungan kemungkinan *paraconformable*, sedangkan kontak antara Formasi Talang Akar dengan Telisa dan anggota Basal Batugamping Telisa adalah *conformable*. Kontak antara Talang Akar dan Telisa sulit di pick dari sumur di daerah palung disebabkan litologi dari dua formasi ini secara umum sama. Ketebalan dari Formasi Talang Akar bervariasi 1500-2000 feet (sekitar 460-610 m). Umur dari Formasi Talang Akar ini adalah Oligosen Atas-Miosen Bawah dan kemungkinan meliputi N3 (P22), N7 dan bagian N5 berdasarkan zona Foraminifera planktonik yang ada pada sumur yang dibor pada formasi ini berhubungan dengan delta plain dan daerah shelf.

### 5. Formasi Baturaja

Anggota ini dikenal dengan Formasi Baturaja. Diendapkan pada bagian *intermediate-shelfal* dari Cekungan Sumatera Selatan, di atas dan di sekitar platform dan tinggian. Kontak pada bagian bawah dengan Formasi Talang Akar atau dengan batuan Pra-Tersier. Komposisi dari Formasi Baturaja ini terdiri dari Batugamping Bank (Bank Limestone) atau platform dan reefal. Ketebalan bagian bawah dari formasi ini bervariasi, namun rata-rata 200-250 feet (sekitar 60-75 m). Singkapan dari Formasi Baturaja di Pegunungan Garba tebalnya sekitar 1700 feet (sekitar 520 m). Formasi ini sangat

fossiliferous dan dari analisis umur anggota ini berumur Miosen. Fauna yang ada pada Formasi Baturaja umurnya N6-N7.

#### 6. Formasi Telisa (Gumai)

Formasi Gumai tersebar secara luas dan terjadi pada zaman Tersier, formasi ini terendapkan selama fase transgresif laut maksimum, (maximum marine transgressive) ke dalam 2 cekungan. Batuan yang ada di formasi ini terdiri dari napal yang mempunyai karakteristik fossiliferous, banyak mengandung foram plankton. Sisipan batugamping dijumpai pada bagian bawah. Formasi Gumai beda fasies dengan Formasi Talang Akar dan sebagian berada di atas Formasi Baturaja. Ketebalan dari formasi ini bervariasi tergantung pada posisi dari cekungan, namun variasi ketebalan untuk Formasi Gumai ini berkisar dari 6000–9000 feet (1800-2700 m). Penentuan umur Formasi Gumai dapat ditentukan dari dating menggunakan foraminifera planktonik. Pemeriksaan dilakukan dengan uji mikropaleontologi terhadap contoh batuan dari beberapa sumur menunjukkan bahwa fosil foraminifera planktonik yang dijumpai dapat digolongkan ke dalam zona Globigerinoides sicanus, Globigerinotella insueta, dan bagian bawah zona Orbulina Satiralis Globorotalia peripheroranda, umurnya disimpulkan Miosen Awal-Miosen Tengah. Lingkungan pengendapan Laut Terbuka, Neritik.

#### 7. Formasi Air Benakat

Formasi Lower Palembang diendapkan selama awal fase siklus regresi. Komposisi dari formasi ini terdiri dari batupasir glaukonitan, batulempung, batulanau, dan batupasir yang mengandung unsur karbonatan. Pada bagian bawah dari Formasi Lower Palembang kontak dengan Formasi Telisa. Ketebalan dari formasi ini bervariasi dari 3300 – 5000 kaki (sekitar 1000 – 1500 m). Fauna-fauna yang dijumpai pada Formasi Lower Palembang ini antara lain Orbulina Universa d'Orbigny, Orbulina Suturalis Bronimann, Globigerinoides Subquadratus Broniman, Globigerina

Venezuelana Hedberg, Globorotalia Peripronda Blow & Banner, Globorotalia Venezuelana Hedberg, Globorotalia Peripronda Blow & Banner, Globorotalia mayeri Cushman & Ellisor, yang menunjukkan umur Miosen Tengah N12-N13. Formasi ini diendapkan di lingkungan laut dangkal.

#### 8. Formasi Muara Enim

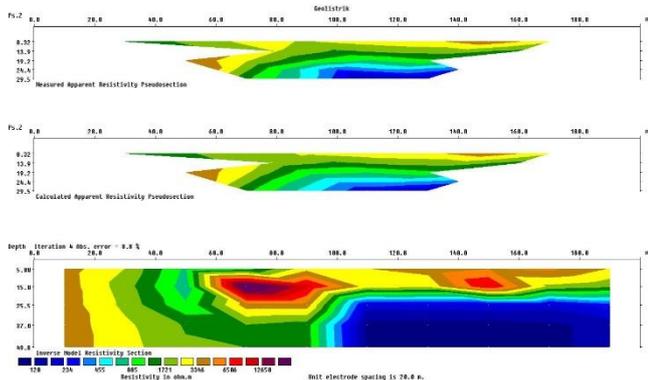
Batuan penyusun yang ada pada formasi ini berupa batupasir, batulempung, dan lapisan batubara. Batas bawah dari Formasi Middle Palembang di bagian selatan cekungan berupa lapisan batubara yang biasanya digunakan sebagai marker. Jumlah serta ketebalan lapisan-lapisan batubara menurun dari selatan ke utara pada cekungan ini. Ketebalan formasi berkisar antara 1500–2500 kaki (sekitar 450-750 m). De Coster (1974) menafsirkan formasi ini berumur Miosen Akhir sampai Pliosen, berdasarkan kedudukan stratigrafinya. Formasi ini diendapkan pada lingkungan laut dangkal sampai brackist (pada bagian dasar), delta plain dan lingkungan non marine.

#### 9. Formasi Kasai

Formasi ini merupakan formasi yang paling muda di Cekungan Sumatra Selatan. Formasi ini diendapkan selama orogenesis pada Plio-Pleistosen dan dihasilkan dari proses erosi Pegunungan Barisan dan Tiga puluh. Komposisi dari formasi ini terdiri dari batupasir tuffan, lempung, dan kerakal dan lapisan tipis batubara. Umur dari formasi ini tidak dapat dipastikan, tetapi diduga Plio-Pleistosen. Lingkungan pengendapannya darat.

Berdasarkan peta Geologi Daerah Penelitian, lintasan geolistrik berada pada Formasi Kasai (Qtk). Pada pengukuran ini, digunakan lintasan sepanjang 200 meter dengan spasi elektroda sebesar 20 meter dengan menggunakan geolistrik konfigurasi dipole-dipole. Tiga gambar terlihat pada hasil inversi dengan RES2DINV. Gambar pertama adalah gambar model hasil pengolahan data di lapangan. Gambar kedua adalah model dari perhitungan oleh software, dan hasilnya oleh software dibuat mendekati gambar pertama. Gambar ketiga adalah hasil inversi dari gambar

kedua dan merupakan penampang inversi yang perlu kita amati.

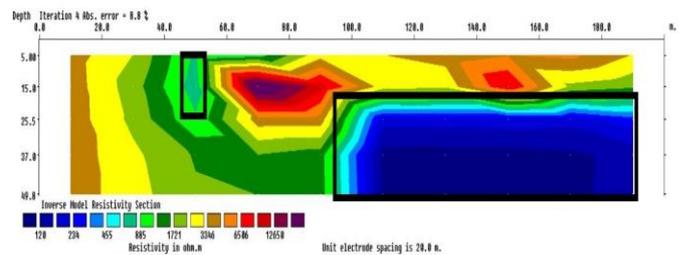


Gambar 3. Penampang Pengukuran Geolistrik

Variasi nilai resistivitas dari hasil inversi berkisar dari nilai 0 – 12650  $\Omega\text{m}$ , ditunjukkan dengan interval warna biru tua – biru dengan nilai resistivitas 120 - 463  $\Omega\text{m}$  yang diperkirakan merupakan lapisan batuan penyimpan air tanah (akuifer).

Nilai resistivitas 0 – 463  $\Omega\text{m}$  mampu menunjukkan indikasi jenis litologi batuan lempung basah serta air tanah diatas permukaan (0 – 100  $\Omega\text{m}$ ) hal ini sesuai dengan keadaan dilapangan dimana daerah pengukuran didominasi oleh rawa. Batuan penyusun batuan lempung pembawa air yang merupakan bagian dari Formasi Kasai (Qtk). Sedangkan nilai resistivitas tinggi antara 1005 – 22225  $\Omega\text{m}$  mampu menunjukkan indikasi jenis litologi batupasir tuffan, serta kerakal yang sama-sama berasal dari formasi Kasai (Qtk).

Berdasarkan penelitian ini, keberadaan sumber air tanah berada pada jarak 30 hingga 60 meter dari base pengukuran dengan kedalaman 4 – 18.5 meter dari permukaan tanah, namun keberadaannya masih diduga karena rembesan air permukaan sehingga tidak disarankan untuk lokasi pengeboran sumur produksi, Lokasi perkiraan air tanah kedua adalah pada jarak 120 m hingga 170 meter dari base pada kedalaman 18.5 m eter – 27.2 meter dari permukaan, lokasi ini merupakan keterdapatan air tanah, selain itu lokasi ini berdekatan juga dengan lokasi sumur produksi yang lama sehingga lokasi ini masih disarankan untuk dibuat sumur produksi.



Gambar 4. Penampang Pengukuran Geolistrik Yang Diperkerikan Sebagai Lapisan Akuifer

## Kesimpulan

Berdasarkan analisis data geolistrik diperoleh kesimpulan untuk lapisan akuifer yang potensial di daerah ini terdapat pada jarak 120 – 170 meter dengan kedalaman 18.5 – 27.5 meter bmt dengan nilai tahanan jenis 0,5-100 ohm-meter. Lapisan ini di interpretasikan sebagai lapisan batu pasir yang berada pada formasi kasai. Eksploitasi airtanah dapat dilakukan dengan membuat sumur bor sampai kedalaman 28 meter bmt. Posisi saringan pada sumur bor baru dapat ditentukan setelah dilakukan pengeboran dan logging geofisika. Dan besarnya debit sumur tidak dapat ditentukan melalui pendugaan geolistrik, dan hanya dapat ditentukan setelah dilakukan pengeboran dan uji pemompaan.

## Penulisan Referensi

- Freeze, R.A. dan Cherry, J.A., 1979. *Groundwater*. Englewood Cliff, Prentice Hall Inc., New York.
- Gijoh, Ofvelia Thrisha., As'ari dan Guntur Pasau. 2017. Identifikasi Akuifer Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-Dipol Di Masjid Kampus Universitas Sam Ratulangi. *Jurnal Mipa Unsrat Online* 6 (1) 17-20. FMIPA UNSRAT.
- Husain, Mirna., As'ari a dan Seni Helina Juwita Tongkukut. 2017. Pemetaan Aair Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis Konfigurasi Dipol-dipol Di Universitas

Sam Ratulangi. *Jurnal Mipa Unsrat Online*  
6 (1) 78-82. FMIPA UNSRAT.

Prakusya, Ade Ananta., dan Roh Santoso Budi Wasposito. 2018. Eksplorasi Air Tanah dengan Metode Tahanan Jenis Menggunakan IPI2Win di Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan* Vol. 03 No. 02. IPB.

Santosa, L.W., 2002. Studi Akuifer dan Hidrokimia Airtanah pada Bentanglahan Aluvial Pesisir Daerah Istimewa Yogyakarta. Laporan Penelitian. *Lembaga Penelitian UGM*, Yogyakarta.

Santosa, L.W., 2006. Pendugaan Geolistrik Untuk Identifikasi keterdapatan airtanah di perkebunan kelapa sawit muarakandis kabupaten musirawas provinsi Sumatra selatan. *ISSN 0125-1790 MGI* Vol. 20. No.2.

Sulu Sweetny, As'ari dan Seni H.J Tongkukut, 2015. Pemetaan Akuifer Air Tanah Di wilayah Kampus Unsrat Manado dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan. *Jurnal Ilmiah Sains*.

Todd, D.K., 1970. *Groundwater Resources Evaluation*. McGraw-Hill Book Company, New York.

Zohdy, A.Ar., 1980. *Application of Surface Geophysics to Groundwater Investigation*. U.S. Department of the Interior, Washington D.C.