

Perbandingan Berbagai Metode Pengukuran Geolistrik untuk Eksplorasi Air Tanah

Ana Susiati, Didin Hidayatullah, Mohamad Farid Hidayatulloh

Universitas Jember

anasusiati.fkip@unej.ac.id

Abstract. Pemanfaatan air tanah sebagai sumber penyediaan air bersih untuk berbagai keperluan pada daerah limpasan menunjukkan tren yang terus meningkat, sedangkan penggunaan lahan untuk resapan juga mengalami perubahan seiring dengan berjalannya pembangunan. Untuk memenuhi kebutuhannya, banyak orang bergantung pada eksplorasi dan eksploitasi berbasis lahan. Eksplorasi air tanah memerlukan teknik yang tepat dan efisien. Salah satu metode yang umum digunakan adalah metode resistivitas listrik karena efisien dan ekonomis dalam menentukan air tanah. Vertical Electrical Sounding (VES) Metode pengukuran resistivitas batuan dari permukaan untuk mengetahui lapisan batuan bawah permukaan. Resistivitas geolistrik merupakan salah satu variabel yang merupakan sifat fisik lapisan batuan di bawah permukaan. Data resistivitas batuan dapat digunakan untuk mengembangkan model struktur bawah permukaan dan stratigrafi ditinjau dari sifat kelistrikkannya. Metode geolistrik terbagi menjadi dua bagian yaitu metode pemetaan resistivitas dan metode sounding resistivitas. Pengolahan data hasil pengukuran geolistrik dapat dilakukan dengan metode kurva standar, 2- Metode Dimensi (Schlumberger dan Wenner), Metode 3 Dimensi (Konfigurasi dipol-dipol, Konfigurasi Partisi Lee, Sumber Garis Persegi Panjang, Sistem Gradien 3 Titik). Oleh karena itu, ambiguitas dalam interpretasi dapat terjadi dan menjadi sangat diperlukan untuk mengkalibrasi data pengukuran geolistrik dengan data lubang bor yang tersedia untuk menentukan kisaran resistivitas berbagai satuan litologi.

Kata Kunci : Geolistrik, Air Tanah, Resistivitas

1. Pendahuluan

Air tanah adalah air yang mengisi jalur-jalur jenuh air, termasuk mata air yang muncul ke permukaan secara alami (Kuswoyo, 2020). Air tanah merupakan salah satu sumber air yang penting, terutama di daerah yang tidak mempunyai saluran air, tidak ada aliran sungai dan tidak ada hujan. Kedalaman air tanah, kuantitas dan kualitas air tanah di bawah permukaan dapat diketahui dengan eksplorasi air tanah. Metode resistivitas geolistrik dianggap sebagai metode yang paling cocok dan efisien untuk eksplorasi airtanah. Hal ini didasarkan pada konsep penentuan bawah permukaan, yang dapat menghasilkan informasi yang meliputi struktur, komposisi dan kandungan air tanah. Geolistrik juga dapat digunakan untuk mengetahui kedalaman akuifer, stratigrafi dan kualitas air akuifer

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat arus listrik di dalam bumi untuk mengetahui perubahan hambatan lapisan batuan di bawah permukaan tanah dengan cara mengalirkan arus DC (arus searah) yang mempunyai tegangan tinggi ke dalam tanah (Doni et al., 2021; Hakim, 2015; Muhardi et al., 2019; Rusli et al., 2020). Metode ini lebih efektif untuk eksplorasi dangkal, seperti penentuan kedalaman batuan dasar, pencarian reservoir air, dan juga untuk eksplorasi (Muhafizah et al., 2023).

Salah satu sifat fisik batuan adalah kemampuannya membawa arus listrik atau biasa disebut dengan jenis hambatan. Kapasitas tersebut digunakan manusia untuk membedakan jenis batuan tanpa harus melakukan kontak fisik atau pengeboran yang memakan waktu lama dan biaya besar, namun tingkat akurasi datanya dapat diandalkan karena pumping test dapat memberikan informasi penting mengenai transmisivitas dan storativitas batuan. akuifer air tanah (Nisa & Yulianto, 2012; Rochman et al., 2022).

Ada beberapa metode pengukuran geolistrik untuk penyelidikan air tanah. Berdasarkan konfigurasi elektroda potensial dan elektroda arus, terdapat beberapa jenis metode resistivitas, seperti Metode Schlumberger, Metode Wenner, dan Metode Dipole Sounding (Silvia & Malik, 2021). Dari beberapa metode tersebut, metode Schlumberger yang paling sering digunakan khususnya untuk penyelidikan air tanah pada lahan aluvial dan batuan keras (Yulianto & Novianto, 2012).

Namun penelitian terdahulu menunjukkan bahwa proses penyelidikan air tanah memerlukan ruang terbuka lebar cara ini memerlukan tenaga dan biaya yang tinggi (Cahyadi, 2014; Indarto, 2016). Metode yang disarankan adalah yang mudah dilakukan dan ekonomis untuk penyelidikan air tanah dangkal dan cepat di daerah dengan struktur batuan keras. Faktanya, banyak penyelidikan air tanah diperlukan di daerah padat penduduk. Oleh karena itu diperlukan teknik tepat guna yang hemat biaya dan tidak memerlukan ruang terbuka yang luas serta tenaga kerja yang banyak.

Eksplorasi geolistrik tidak hanya menghasilkan data jenis lapisan batuan saja, namun juga dapat diartikan potensi airtanah seperti kedalaman akuifer dan sebarannya di bawah permukaan. Selain itu, pergerakan air tanah juga dapat diselidiki berdasarkan jenis lapisan batuan yang digambarkan melalui pengukuran geolistrik. Pergerakan air di atmosfer dan air permukaan relatif lebih mudah divisualisasikan, namun tidak mudah untuk pergerakan air tanah. Geolistrik juga dapat menunjukkan hubungan antara parameter hidrolis dan sifat geolistrik akuifer granit dengan rumusan matematis seperti nilai konduktivitas hidrolis, transmisivitas, dan storativitas. Tujuan dari survei geolistrik adalah untuk mengetahui resistivitas bawah permukaan dengan mengukur permukaan bumi. Resistivitas berhubungan dengan mineral, kandungan cairan dan derajat kejenuhan air dalam batuan (Kamur, 2022).

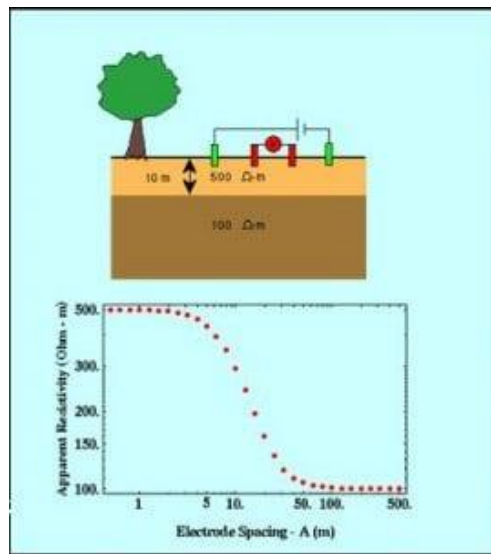
2. Metode Penelitian

Berdasarkan metode survei geoelektrik, prosedur pengukuran resistivitas yang dilakukan berbeda-beda tergantung geometri objek geologinya. Beberapa metode pengukuran resistansi jenis adalah pengukuran 1D (*Vertical Electrical Sounding/VES*), 2D (*Horizontal Profiling*), dan 3D (Pemetaan resistansi formasi).

A. Metode Resistivitas 1-D

Metode ini disebut VES yang digunakan untuk mengukur sebaran nilai resistivitas vertikal di bawah permukaan titik sounding. Metode ini lebih baik digunakan untuk lapisan batuan atau endapan horizontal. Hasil pengukuran metode VES berupa nilai resistivitas dan ketebalan lapisan batuan. Model interpretasi terdiri dari serangkaian lapisan horizontal 1-D,

dan metode ini telah banyak digunakan untuk menyelidiki tanah untuk pengelolaan berbagai sumber daya, seperti mineral, minyak bumi, dan sumber daya air tanah. Awalnya interpretasi kuantitatif data geolistrik dilakukan dengan menggunakan kurva standar sounding. Kurva bunyi kemudian digantikan oleh teknik inversi komputer dengan munculnya metode filter linier.

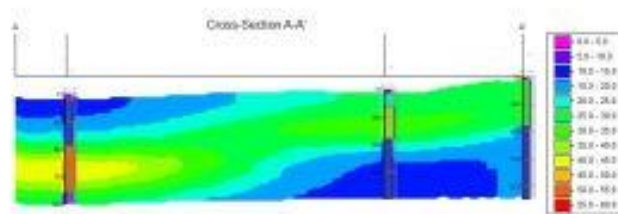


Gambar 1. Gambaran Metode resistivitas

B. Metode Resistivitas 2-D

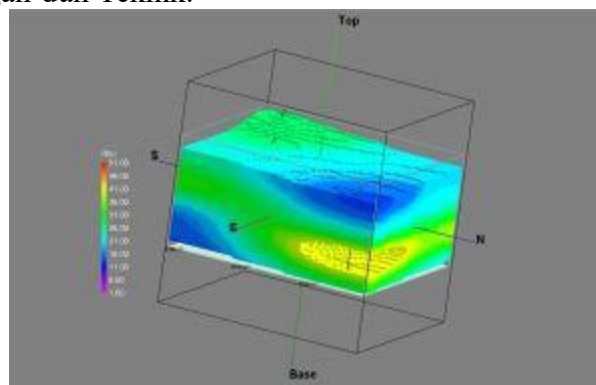
Metode ini disebut juga dengan metode profiling horizontal yang digunakan untuk menentukan distribusi resistivitas semu secara horizontal per kedalaman. Pengukuran metode 2D merupakan gabungan antara pengukuran sounding dan profiling, yaitu menyelidiki objek geologi dengan mengubah resistivitas secara horizontal sehingga akan diperoleh informasi resistivitas dalam arah vertikal dan horizontal secara bersamaan. Pengukur resistivitas yang digunakan dalam survei biasanya memiliki empat elektroda yang dihubungkan melalui empat kabel terpisah, sistem multi-elektroda yang memiliki 25 atau lebih elektroda yang dihubungkan ke pengukur resistivitas melalui kabel multi-inti.

Data pengukuran 2 dimensi memberikan gambaran bawah permukaan menjadi beberapa kotak yang mempunyai nilai resistivitas sesuai dengan hasil pengukuran. Model yang digunakan untuk inversi terdiri dari satuan sel yang besarnya tergantung pada jarak pemasangan elektroda yang diatur secara manual. Untuk eksplorasi airtanah, metode pengukuran jenis 2D lebih disukai dibandingkan metode 1D. Keterbatasan utama metode survei 2-D adalah asumsi bahwa struktur geologi tidak berubah arah tegak lurus terhadap garis survei. Ini adalah asumsi yang masuk akal ketika garis survei dapat ditempatkan tegak lurus terhadap struktur tumbukan.

**Gambar 2. Gambaran Servei 2-D**

C. Metode Resistivitas 3-D

Survei dan interpretasi model resistivitas 3-D harus memberikan hasil yang paling akurat dibandingkan dengan metode 1D dan 2D. Meskipun demikian metode ini paling banyak digunakan dalam survei eksplorasi mineral dengan biaya peralatan dan tenaga kerja yang lebih tinggi. Meskipun metode ini belum mencapai tingkat penggunaan yang sama dengan survei 2-D, namun metode ini sudah banyak digunakan di bidang yang kompleks dengan permasalahan lingkungan dan Teknik.

**Gambar 3. Gambaran Servei 3-D**

D. Metode Resistivitas 4-D

Dalam survei 4-D, perubahan resistivitas dalam ruang dan waktu diukur. Pengukuran diulangi pada waktu yang berbeda dengan menggunakan garis survei yang sama dalam survei 2D atau 3D. Survei ini digunakan untuk pemantauan bendungan, area longsor, gas metana di tempat pembuangan sampah, dan pergerakan air di akuifer. Sejumlah teknik telah diusulkan untuk inversi data time-lapse, termasuk inversi independen, menggunakan rasio data dari data awal dan kemudian kumpulan data, menggunakan perbedaan nilai resistivitas semu, inversi simultan, dan menggabungkan nilai resistivitas sementara. data dan model ke dalam metode regularisasi kuadrat

3. Hasil dan Pembahasan

Metode resistivitas listrik diterapkan untuk memecahkan masalah hidrologi eksplorasi sumber daya air skala regional untuk skala lokal untuk memperkirakan konduktivitas hidrolis. Pada awalnya permasalahan hambatan listrik berbasis hidrologi difokuskan pada lokasi sumber untuk dieksploitasi dengan sounding listrik satu dimensi vertikal.

Estimasi parameter hidraulik memberikan hasil yang lebih baik dengan menggabungkan uji pompa dengan informasi resistivitas dari VES untuk merumuskan model regresi di lokasi pengukuran. Metodologi ini masih digunakan dan dikembangkan dengan cepat untuk

mendeteksi kedalaman akuifer, transmisi batuan dan tanah, penentuan geometri akuifer, struktur geologi, dan urutan hidrostratigrafi. Penelitian kedalaman batuan dasar dari penggunaan resistivitas membantu menentukan geometri. Misalnya Kuswoyo meneliti kasus lapisan tanah atas di atas sistem karst batu kapur (Kuswoyo, 2020). Eksplorasi akuifer melalui analisis rinci komponen struktur bawah permukaan. Pemetaan stratigrafi hidrologi yang menggunakan resistivitas untuk menentukan satuan penting untuk analisis hidrogeologi, dilakukan secara efektif.

Beberapa peneliti telah mempelajari hubungan antara parameter listrik dan hidrologi akuifer. Mengukur faktor pembentukan dan permeabilitas intrinsik dari beberapa sampel pasir bergradasi dan menemukan bahwa ukuran butir meningkat, sedangkan faktor pembentukan dan permeabilitas intrinsik masing-masing juga meningkat serta mengembangkan hubungan antara permeabilitas akuifer dan porositas. Berbagai peneliti telah berupaya untuk membangun hubungan empiris dan semi empiris antara berbagai parameter akuifer dan parameter geolistrik. Selain itu juga membentuk hubungan empiris antara resistivitas akuifer dan konduktivitas hidrolis akuifer dan hubungan semi empiris antara faktor pembentuk akuifer dan konduktivitas hidrolis untuk mengintegrasikan aliran air dengan model geofisika dan juga memberikan definisi yang koheren untuk setiap jenis analisis hidrogeofisika. Pengukuran hambatan listrik, atau pengukuran geofisika yang sensitif terhadap variabel hidrogeologi, mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi dengan resolusi spasial yang jauh lebih tinggi dibandingkan metode pengukuran hidrologi saja.

Hambatan listrik merupakan hubungan antara nilai potensial dengan kuat arus listrik yang diatur dengan hukum Ohm. Potensial pada setiap titik di permukaan atau di dalam medium dapat dihitung jika distribusi resistivitasnya diketahui (Wagiono, 2019). Untuk model 1-D, permasalahan umumnya diselesaikan dengan menggunakan metode filter linier. Untuk model 2-D dan 3-D, metode analisis digunakan untuk struktur sederhana seperti silinder atau bola dalam medium homogen (Hendrayana et al., 2020; Muhafizah et al., 2023). Batasan dan elemen metode analisis, juga dapat digunakan untuk struktur yang lebih umum namun biasanya terbatas pada model bawah permukaan dalam jumlah yang relatif kecil. Untuk pemodelan data lapangan terbatas menggunakan metode volume, dan metode elemen hingga lebih umum digunakan. Tujuan dari metode resistivitas adalah untuk menghitung resistivitas listrik bawah permukaan yang besarnya tidak diketahui.

Kualitas data geolistrik tergantung pada data yang diukur, gambar resistivitas yang dihasilkan, kesalahan dari berbagai sumber termasuk yang disebabkan oleh perangkat pengukuran, polarisasi elektroda, dan efek eksternal tidak terbatas lainnya (Gargita et al., 2023). Posisi elektroda biasanya ditentukan untuk survei dan pemantauan geolistrik. Namun, untuk kondisi tanah yang sulit seperti daerah yang curam atau banyak tumbuhan, akan sulit untuk memposisikan elektroda secara akurat. Selain pemantauan tanah terhadap longsor yang tidak stabil, posisi elektroda dapat bergeser sehingga mengakibatkan kesalahan data sistematis yang tidak dapat dikurangi melalui penyaringan kesalahan timbal balik. Pendekatan untuk mengurangi dampak efek ini mencakup pemilihan geometri berbagai pengukuran yang kurang sensitif terhadap kesalahan posisi, dan dalam kasus elektroda bergerak, memperkirakan posisi elektroda menggunakan posisi inversi. Untuk jalur survei 2-D yang sangat panjang, dan untuk pencitraan grid 3-D, melakukan pengukuran dalam satu penerapan mungkin tidak praktis karena diperlukan kabel yang panjang. Akibatnya, garis 2D yang sangat panjang sering kali disurvei menggunakan bagian yang tumpang tindih, dan survei 3D di permukaan dilakukan

dengan satu garis yang secara bertahap bermigrasi melintasi permukaan untuk menyusun serangkaian pengukuran yang terdiri dari data dari beberapa garis .

4. Kesimpulan

Berdasarkan masukan analitis dan interpretasi representasi dari berbagai penelitian yang dilakukan oleh beberapa ahli, dapat disimpulkan bahwa geolistrik merupakan alat geofisika yang cukup efektif dan andal untuk mendeteksi keberadaan air tanah, litologi, dan stratigrafi batuan di bumi. Perhitungan konduktansi longitudinal dan resistensi transversal merupakan indikator yang dapat diandalkan untuk akuifer yang digunakan untuk ekstraksi air tanah dan menghasilkan peta kontur yang menunjukkan area untuk eksplorasi air tanah dan lokasi pengeboran.

Daftar Pustaka

- Cahyadi, R. B. (2014). Pengembangan Trainer Instalasi Penerangan Sebagai Media Pembelajaran Instalasi Listrik Program Keterampilan Elektronika Di MAN Kendal. *Edu Elekrika Journal*, 3(2), 1–8.
- Doni, D., Ivansyah, O., & Muhandi, M. (2021). Penggunaan Metode Geolistrik untuk Mengidentifikasi Pengaruh Pemupukan Terhadap Nilai Resistivitas Tanah. *PRISMA FISIKA*, 9(3), 263–270.
- Gargita, W., Adiarta, A., & Pracasitaram, S. B. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Instalasi Listrik Portable Berbasis Automatic Control Pada Mata Kuliah Dasar-Dasar Instalasi Listrik Di Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Undhiksa. *JPTE : Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 12(1), 36–47.
- Hakim, J. A. R. (2015). Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner Untuk Menentukan Struktur Tanah di Halaman Belakang SCC ITS Surabaya. *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55), 1–5.
- Hendrayana, H., Widyastuti, M., Riyanto, I. A., & Nuha, A. (2020). Neraca Airtanah Cekungan Airtanah (CAT) Menoreh dan Wates Kabupaten Kulon Progo. *Geomedia*, 18(2), 10–29.
- Indarto, B. (2016). Rancang Bangun Sistem Pengukuran Resistivitas Geolistrik dengan menggunakan Sumber Arus Konstan. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 12(2), 83. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v12i2.1336>
- Kamur, S. (2022). IDENTIFIKASI AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DI KECAMATAN POMALAA KABUPATEN KOLAKA PROPINSI SULAWESI TENGGARA. *Jurnal Environmental Science*, 4(2). <https://doi.org/10.35580/jes.v4i2.32876>
- Kuswoyo, A. (2020). EKSPLORASI AIR TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK SCHLUMBERGER DI DAERAH PESISIR KABUPATEN TANAH LAUT. *Jurnal Purifikasi*, 13(2), 58–66. <https://doi.org/10.12962/j25983806.v13.i2.389>
- Muhafizah, M., Ivansyah, O., & Nurhasanah, N. (2023). PENERAPAN METODE GEOLISTRIK TIME-LAPSE UNTUK MENGETAHUI NILAI RESISTIVITAS PADA LAHAN TANAMAN LADA. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 7(2), 127–136.
- Muhandi, M., Perdhana, R., & Nasharuddin, N. (2019). Identifikasi Keberadaan Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Schlumberger (Studi Kasus: Desa Clapar Kabupaten Banjarnegara). *PRISMA FISIKA*, 7(3), 331–336.

- Nisa, K., & Yulianto, T. (2012). APLIKASI METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS UNTUK MENENTUKAN ZONA INTRUSI AIR LAUT DI KECAMATAN GENUK SEMARANG. *Berkala Fisika*, 15(1), 7–14.
- Rochman, J. P. G. N., Widodo, A., Adausy, T. A., & F, H. D. U. (2022). Identifikasi Dugaan Situs Purbakala Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner di Situs Alassumur, Kabupaten Bondowoso. *INDONESIAN JOURNAL OF APPLIED PHYSICS*, 12(1), 87. <https://doi.org/10.13057/ijap.v12i1.54349>
- Rusli, R., Azizah, E., & Basid, A. (2020). Aplikasi Metode Geolistrik untuk Mengetahui Sebaran Batubara di Kabupaten Tulungagung Jawa Timur. *Physics Education Research Journal*, 2(1), 51–58.
- Silvia, R., & Malik, U. (2021). SEBARAN AIR TANAH MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI DIPOLE-DIPOLE. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 18(1), 18. <https://doi.org/10.31258/jkfi.18.1.18-21>
- Wagiono, W. (2019). PENGARUH JUMLAH PEMBERIAN AIR TERHADAP PENURUNAN DAYA HANTAR LISTRIK TANAH DI-BERBAGAI KEDALAMAN PADA TANAH TIMBUL DI KABUPATEN KARAWANG. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 4(1), 50–53. <https://doi.org/10.33661/jai.v4i1.1714>
- Yulianto, A., & Novianto, T. (2012). APLIKASI METODE GEOLISTRIK KONFIGURASI POLE-POLE UNTUK MENENTUKAN SEBARAN DAN KEDALAMAN BATUAN SEDIMEN DI DESA WONOSARI KECAMATAN NGALIYAN SEMARANG. *Sainteknologi*, 10(1), 90–98.