

Identifikasi Keberadaan Lapisan Akuifer dan Potensi Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Wenner dan Konfigurasi Schlumberger di Daerah Megal, Blora, Jawa Tengah

Reza Intan Wijaya Puspita¹, Muhammad Nafian¹, Suparmin²

¹Program studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta

²Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi

INFORMASI NASKAH

Diterima : 31 Maret 2024
Direvisi : 22 November 2024
Disetujui : 24 November 2024
Terbit : 24 November 2024

Email korespondensi:
rezaintan403@gmail.com

Laman daring:
<https://doi.org/10.37525/sp/2024-2/591>

ABSTRAK

Keperluan air bersih cenderung melonjak bersamaan dengan perkembangan Masyarakat karena sumber daya air bersih semakin terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan lapisan akuifer dan potensi air tanah di daerah Megal, Blora, Jawa Tengah, menggunakan metode geolistrik resistivitas dengan konfigurasi Wenner dan Schlumberger. Pengukuran dilakukan dengan jarak antar elektroda 3 meter menggunakan alat SuperSting R8/IP, dan data diolah menggunakan perangkat lunak Res2DInv. Hasil analisis menunjukkan bahwa konfigurasi Wenner mendeteksi lapisan akuifer dengan nilai resistivitas rendah pada kedalaman 11.9–17.2 meter. Sedangkan konfigurasi Schlumberger menunjukkan kedalaman akuifer hingga 31,4 meter dengan resistivitas yang sesuai untuk mengalirkan air. Terutama pada kedalaman 20.3 – 31.4m yang didominasi oleh lapisan batu pasir dengan porositas dan permeabilitas tinggi.

Kata kunci: akuifer, Wenner, Schlumberger, geolistrik, permukaan tanah



PENDAHULUAN

Salah satu dari kebutuhan dasar untuk meningkatkan kualitas kehidupan manusia dan pertumbuhan ekonomi pada suatu wilayah yakni air. Untuk memenuhi kebutuhan air sehari – hari, air tanah dapat digunakan oleh masyarakat dan dapat juga digunakan dalam dunia industri, seperti minyak dan gas bumi. Air tanah terletak di dalam lapisan akuifer. Lapisan bawah tanah yang menyimpan air disebut akuifer serta memiliki kemampuan untuk mengalirkan air, sehingga air tanah dapat diambil melalui lapisan akuifer ini. Pengidentifikasian akuifer dapat dilakukan dengan menggunakan metode eksplorasi di permukaan atau di bawah permukaan. Maka dari itu, perlu dilakukan analisis akuifer di wilayah penelitian dengan menggunakan alat geolistrik agar dapat menentukan jenis dan kondisi akuifer serta mendapatkan informasi yang relevan mengenai kedalaman air tanah.

Metode geolistrik resistivitas menggunakan dua elektroda yang diinjeksikan secara bersamaan untuk mengirimkan arus listrik searah ke dalam tanah. Pada proses ini beda potensial dapat diukur sebagai akibat adanya aliran listrik melewati batuan di dasar permukaan Bumi tersebut. Bersumber pada nilai tahanan jenis yang diperoleh dari suatu batuan, metode geolistrik dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan air tanah di lapisan dasar permukaan bumi serta mengetahui sistem batuan di bawah permukaan tersebut

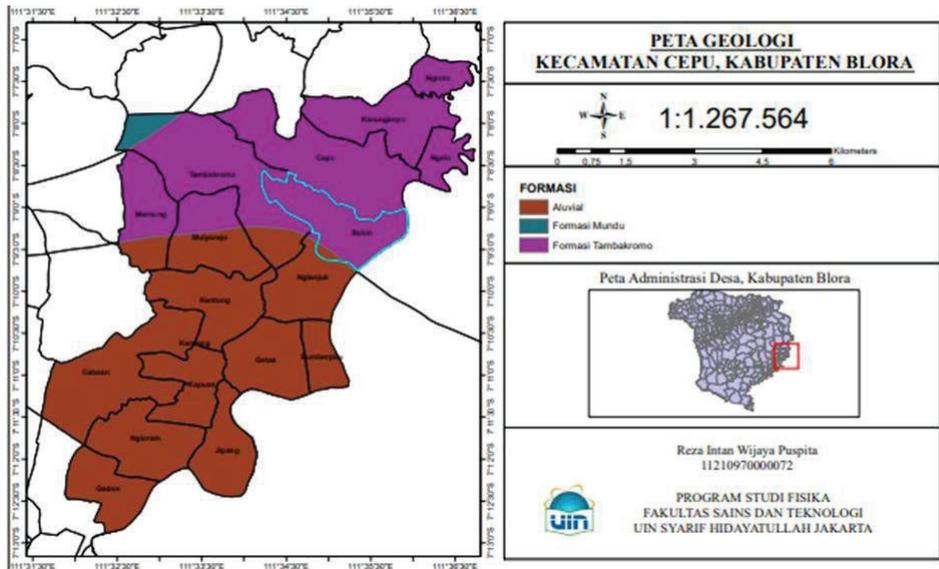
Daerah Megal, Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah dipilih sebagai lokasi penelitian karena memiliki potensi air tanah yang strategis namun informasi mengenai karakteristik akuifer di wilayah ini masih sangat terbatas. Secara geomorfologis, wilayah ini merupakan bagian dari Zona Rembang yang memiliki struktur geologi kompleks akibat aktivitas tektonik masa lalu. Kondisi ini menciptakan variasi litologi termasuk lapisan batu pasir yang berpotensi sebagai akuifer. Selain itu, wilayah ini menjadi perhatian karena kebutuhan air tanahnya semakin meningkat akibat perkembangan aktivitas penduduk dan industri lokal. Urgensi penelitian di daerah Megal didasarkan pada pentingnya pengelolaan sumber daya air tanah yang terarah dan berbasis data geofisika. Dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan lapisan akuifer dan potensi air tanah sehingga dapat mendukung perencanaan pengelolaan air yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Geomorfologi. Zona Rembang memiliki geomorfologi berupa anticlinorium yang mementangkan dari Tuban ke arah timur melintasi Lamongan, Gresik dan sebagian besar Pulau Madura. Morfologi wilayah ini dibagi menjadi tiga satuan yakni dataran rendah, perbukitan bergelombang, dan perbukitan terjal. Hal ini memicu bentuk aliran sungai yang mendekati sejajar (sub-paralel) namun ada juga yang bercabang (dendritic). Sungai utama yang melintasi wilayah penelitian adalah Sungai Lusi, mengalir ke arah barat daya melalui Kota Blora serta bermuara pada Sungai Bengawan Solo.

Stratigrafi. Secara Stratigrafi dan magmatiknya Kabupaten Blora terletak di dalam stratigrafi Mandala Rembang dan berada pada litosfer tersier, tepatnya di bagian utara Cekungan Jawa Timur. Secara fisiologis daerah penelitian berada di bagian utara cekungan pengendapan Jawa Timur (Geosycline East Java). Sepanjang Oligosen Akhir, cekungan ini hampir setara dengan Pulau Jawa.

Menurut Harsono Pringgoprawiro (1983) uraian stratigrafi cekungan Jawa Timur bagian utara dari Zona Rembang dibagi menjadi 15 satuan, yakni Batuan Pra-tersier, Formasi Ngimbang, Formasi Kujung, Formasi Prupuh, Formasi Tuban, Formasi tawun, Formasi Ngrayong, Formasi Bulu, Formasi Wonocolo, Formasi Ledok, Formasi Mundu, Formasi Selorejo, Formasi Paciran, Formasi Lidah dan Undak Solo. Sementara itu, daerah penelitian di dominasi oleh formasi Alluvial (Qa), Fomasi Mundu (Tpm) dan formasi Tambakromo (QTpt).





Gambar 1. Peta Formasi Geologi Kecamatan Cepu

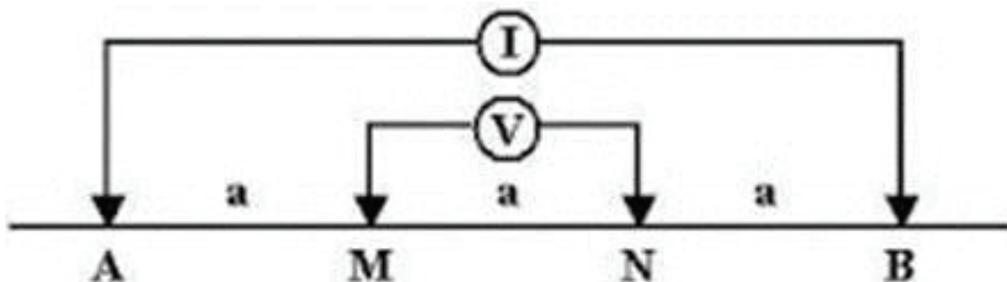
Struktur Geologi. Kondisi geologi kabupaten Blora sangat dipengaruhi oleh aktivitas tektonik dari Miosen Bawah hingga Miosen Tengah yang dapat dilihat melalui kondisi crimping yang beberapa formasi terangkat ke permukaan dan tererosi sehingga menyebabkan terjadinya beberapa daerah patahan. Aktivitas tektonik di Blora menarik dibandingkan dengan sisten minyak, di mana kekritisan tektonik dan konserasi hidrokarbon tidak mungkin terjadi sekali, tetapi lebih mungkin terjadi. Fenomena tektonik yang terjadi pada Miosen Tengah hingga Akhir dan Pliosen atau Pleistosen, mengakibatkan banyak ditemukannya perangkat stratigrafi yang kemudian teraktivasi menjadi perangkat koheren.

Akuifer. Akuifer merupakan lapisan bawah tanah yang memiliki kemampuan untuk mengalirkan dan menyimpan air. Ini karena sifat permeable dari lapisan tersebut yang dapat memungkinkan air mengalir melalui pori-pori dalam batuan atau sifat alami dari jenis batuan tertentu. Terdapat beberapa kategori akuifer, yaitu: Akuifer tertekan, akuifer semi tertekan, akuifer setengah bebas, dan akuifer bebas.

Geolistrik Resistivitas. Metode geolistrik resistivitas melibatkan penginjeksian arus listrik frekuensi rendah ke tanah, di mana perbedaan potensial diukur antara dua elektroda potensial. Dalam situasi tertentu, pengukuran di dasar permukaan bersama aliran yang konsisten bakal menghasilkan variasi perbedaan tegangan dan variasi resistansi yang hendak mengungkap suatu penjelasan mengenai struktur dan material yang dilalui akibat aliran tersebut.

Berdasarkan metode pengukuran geolistrik, dua metode yang dikenal adalah mapping dan sounding. Teknik ini digunakan untuk mencari sumber daya air tanah dan juga memonitor pencemaran yang ada pada air tanah. Tujuan utama dari metode geolistrik resistivitas adalah untuk mengetahui sifat kelistrikan medium atau formasi batuan di dasar permukaan khususnya kemampuan untuk menghantarkan atau menyalurkan listrik (konduktivitas dan resistivitas) (Reynolds, 2011).

Dalam eksplorasi geolistrik, konfigurasi Wenner dengan susunan jarak antar elektroda yang sama panjang adalah salah satu konfigurasi yang sering digunakan.

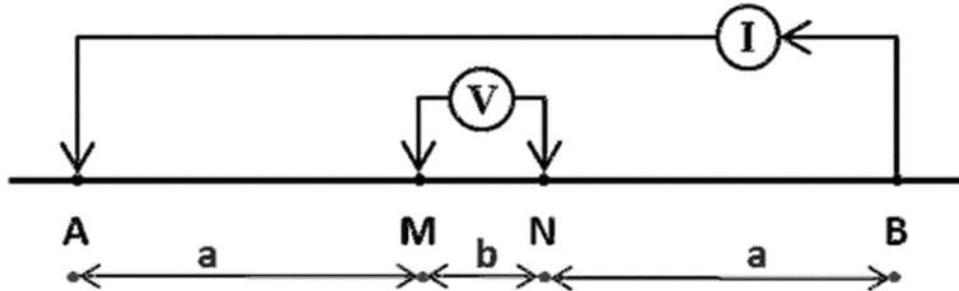


Gambar 2. Susunan Elektroda Konfigurasi Wenner

Persamaan resistivitasnya dirumuskan melalui:

$$\rho_w = K_w \times \frac{\Delta V}{I}$$

Konfigurasi Schlumberger secara ideal membatasi jarak MN sekecil mungkin, sehingga jarak MN secara teoritis tidak berubah. Namun, karena keterbatasan terhadap kepekaan alat ukur, jarak MN harus berubah, tetapi tidak lebih besar dari 1/5 jarak AB.



Gambar 3. Susunan Elektroda Konfigurasi Schlumberger

Konfigurasi Schlumberger memiliki faktor geometri sebagai berikut:

$$K = \pi \times \frac{AB^2 - MN^2}{4MN}$$

Konfigurasi Wenner dan Schlumberger memiliki urutan elektroda yang sama, tetapi cara pengukurannya berbeda. Konfigurasi Wenner digunakan untuk pengukuran pertama ($n=1$). Sementara konfigurasi Schlumberger digunakan untuk pengukuran berikutnya ($n \geq 2$).

METODE PENELITIAN

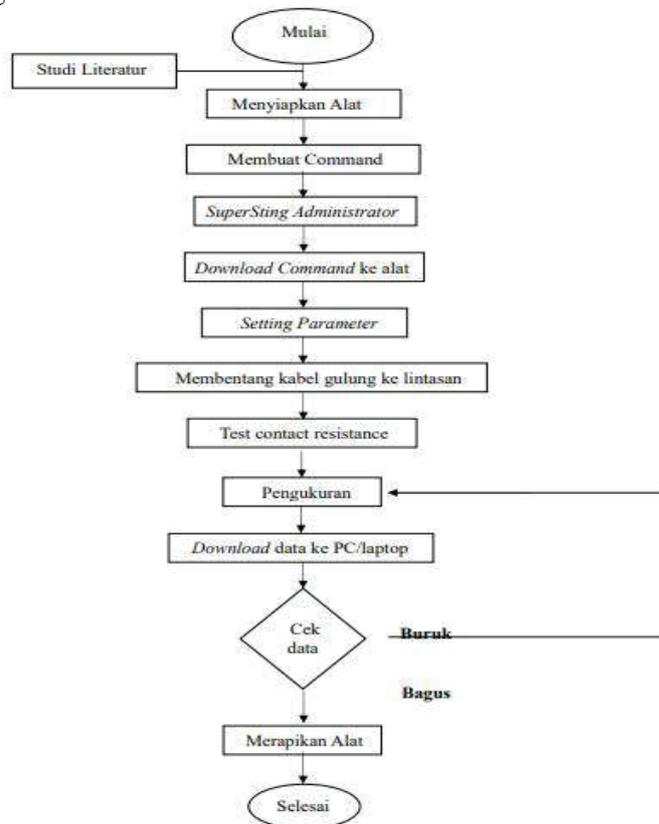
Penelitian kali ini dilaksanakan pada daerah megal dengan menerapkan metode Wenner dan Schlumberger pada susunan elektroda. Proses pengumpulan data dilakukan melalui satu lintasan dengan jarak antar elektroda yaitu 3 meter. Penelitian ini menggunakan alat SuperSting R8/IP, kabel elektroda, aki, kabel konektor, switch box, meteran, GPS, palu, payung dan Software Res2Dinv. Data akan diolah menggunakan perangkat lunak Res2Dinv menggunakan metode inversi. Susunan yang akan dipakai meliputi konfigurasi Wenner dan konfigurasi Schlumberger. Area akuifer air tanah di Megal, Kabupaten Blora, Jawa Tengah, akan diidentifikasi dengan menganalisis hasil data.



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian



Skema kerja atau diagram alir pengambilan data metode geolistrik dengan menggunakan alat SuperSting R8/IP sebelum melakukan pengolahan data adalah sebagai berikut dari mulai mencari studi literatur hingga pengambilan data di lapangan:



Gambar 5. Diagram alir akuisisi data

Setelah dilakukan pengambilan data di lapangan dilanjutkan dengan pengolahan data metode geolistrik dengan menggunakan software RES2DInv dan berikut skema pengolahannya:



Gambar 6. Diagram alir pengolahan data

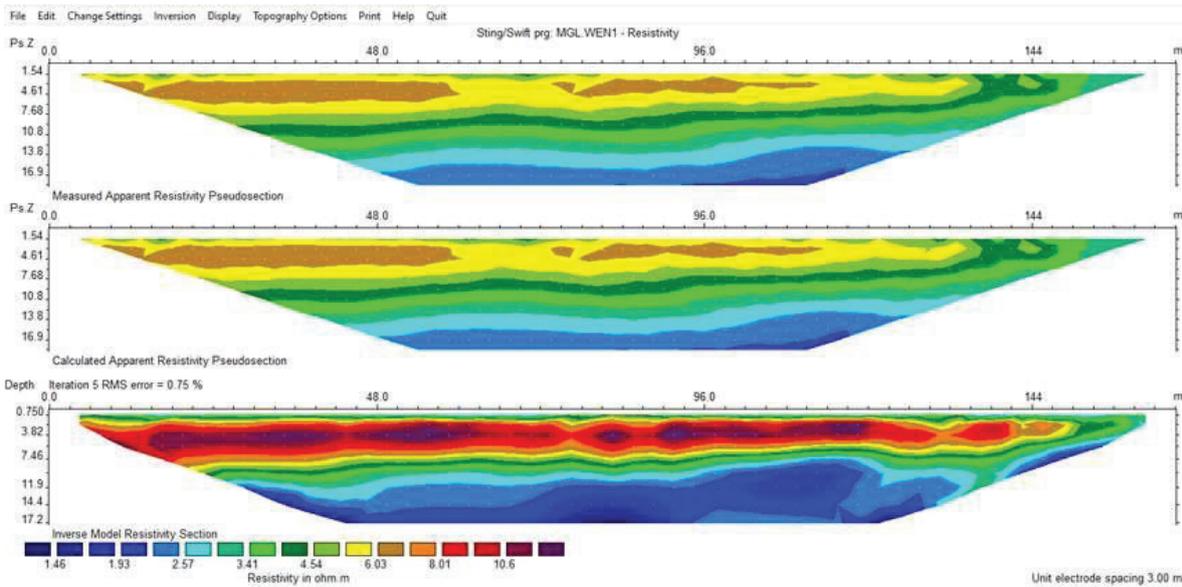
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Setelah data dianalisis memakai perangkat lunak Res2DInv, diperoleh tiga penampang yang menggambarkan distribusi nilai resistivitas, hasil forward modelling dan hasil inversi dari pemodelan nilai resistivitas material atau bahan di bawah permukaan daerah atau inversi model resistivity section. Evaluasi dilakukan menggunakan root mean squared error (RMSE). Penampang resistivity ini menunjukkan variasi nilai tahanan jenis yang diinterpretasikan dengan spektrum warna yang berbeda. Perwarna yang menggambarkan nilai tahanan jenis bisa mengindikasikan karakteristik resistivitas batuan yang tidak sama.

Perangkat lunak Res2DInv digunakan untuk memproses data pada konfigurasi Wenner dengan melakukan lima iterasi dengan tingkat kesalahan rata-rata (RMSE) sebesar 0,75%. Sementara itu, dengan konfigurasi Schlumberger, nilai kesalahan rata – rata (RMSE) adalah 1.69%.

Hasil Konfigurasi Wenner. Dalam konfigurasi Wenner, area dengan resistivitas rendah ditampilkan dalam rentang warna biru tua hingga biru muda dengan nilai resistivitasnya berkisar 1.46 – 2.57 Ω m dan kedalaman berkisar 11.9 – 17.2m. Kemudian area dengan resistivitas sedang ditunjukkan dalam warna hijau tua hingga hijau muda dengan nilai resistivitas berkisar 3.41 – 4.54 Ω m dan kedalaman berkisar 7.46 – 11.9m. Selanjutnya, area dengan resistivitas tinggi ditampilkan dalam warna kuning hingga ungu dengan nilai resistivitas berkisar 6.03 – 10.6 Ω m dan kedalaman berkisar antara 0.750 – 7.46m.

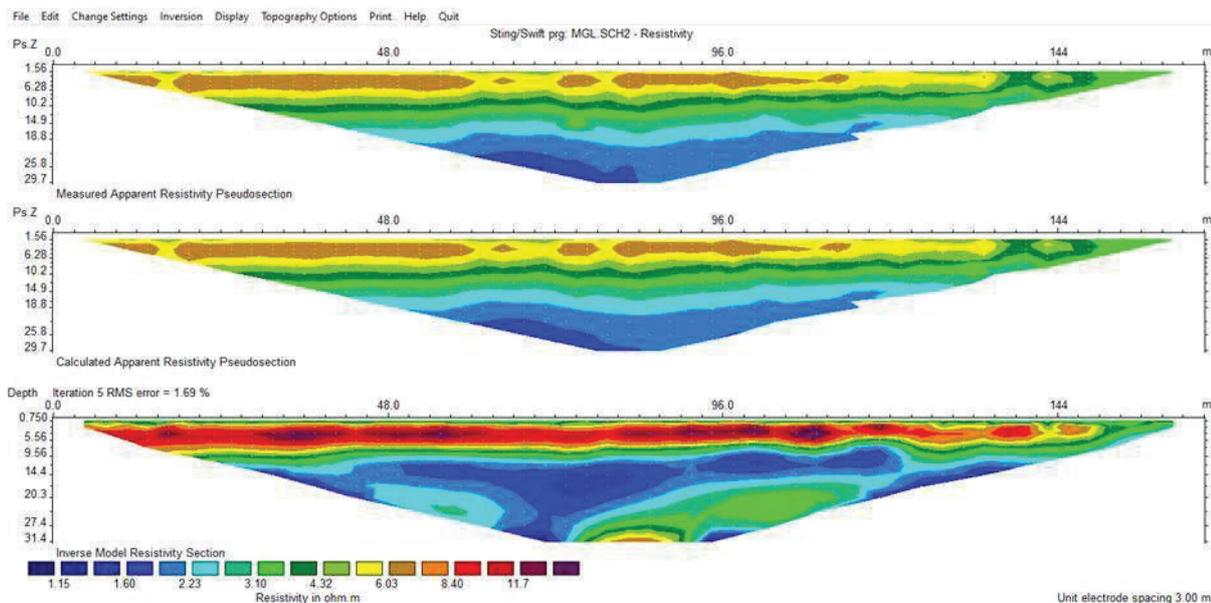




Gambar 7. Hasil Penampang Resistivitas 2D Konfigurasi Wenner

Hasil interpretasi litologi disesuaikan dengan nilai resistivitas seperti yang ditunjukkan oleh hasil penampang 2D tersebut. Untuk kedalaman 0.750 – 7.46 menunjukkan litologi batuan Napal dan Lanau. Pada kedalaman 7.46 – 11.9 terdapat batu pasir, dan pada kedalaman 11.9 – 17.2 area akuifer air tanah adalah tempat di mana terdapat batuan pasir yang dapat mengalirkan fluida dengan baik.

Hasil Konfigurasi schlumberger. Dalam konfigurasi Schlumberger, area dengan resistivitas rendah ditampilkan dalam rentang warna biru tua hingga biru muda dengan nilai resistivitas berkisar 1.15 – 2.23 Ω m dan kedalaman berkisar 9.56 – 31.4m. Kemudian area dengan resistivitas sedang ditampilkan dalam rentang warna hijau tua hingga hijau muda dengan nilai resistivitas berkisar 3.10 – 4.32 Ω m dan kedalaman sebesar 9.56 – 14.4 dan 20.3 – 31.4m. Selanjutnya, area dengan resistivitas tinggi ditampilkan dalam warna kuning hingga ungu dengan nilai resistivitas berkisar 6.03 – 11.7 Ω m dengan kedalaman berkisar antara 0.750 – 9.56m serta 27.4 – 31.4m.



Gambar 8. Hasil Penampang Resistivitas 2D Konfigurasi Schlumberger

Dari penampang 2D tersebut, bisa disimpulkan bahwa hasil interpretasi litologi telah dicocokkan dengan nilai resistivitas yang diamati. Untuk kedalaman 0.750 – 9.56 menunjukkan litologi batuan Napal dan Lanau. Pada kedalaman 9.56 – 31.4 terdapat batuan pasir yang dapat meneruskan fluida dengan baik area ini disebut sebagai area akuifer air tanah. Area anomaly terdapat pada kedalaman 14.4 – 31.4 menunjukkan adanya lempung dan pada kedalaman 27.3 – 31.4 menunjukkan adanya batuan napal dan lanau.

Hasil interpretasi data geolistrik dengan menggunakan 2 jenis konfigurasi yaitu konfigurasi Wenner dan Schlumberger, didapatkan hasil yang hampir sama. Dalam penggunaan konfigurasi Wenner kita hanya melihat bentuk dari litologi batuan yang ada dilokasi sehingga pada konfigurasi ini belum menemukan adanya anomaly yang memiliki kemampuan sebagai akuifer air tanah. Selanjutnya, menggunakan konfigurasi Schlumberger yang berguna untuk mencari kapasitas air tanah dan juga kedalaman yang diperoleh dari konfigurasi ini lebih efisien dibanding dengan konfigurasi Wenner.

Dari hasil ini terlihat bahwa konfigurasi Schlumberger lebih efektif dibandingkan Wenner dalam mendeteksi lapisan akuifer yang lebih dalam dan memberikan data yang lebih terperinci. Namun, penelitian ini juga mengindikasikan perlunya langkah lanjutan untuk memastikan optimalisasi eksplorasi dan pemanfaatan air tanah di wilayah ini. Pemetaan wilayah yang lebih luas dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger perlu dilakukan untuk mendapatkan peta distribusi akuifer secara lebih komprehensif, termasuk potensi akuifer di sekitar wilayah Megal. Selain itu, analisis hidrogeologi lanjutan juga sangat diperlukan untuk mengukur kapasitas akuifer, laju aliran air tanah, serta kualitas air tanah di wilayah tersebut untuk memastikan air tanah dapat digunakan secara aman dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi keberadaan lapisan akuifer dan potensi air tanah di daerah Megal, Blora, dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi Wenner dan Schlumberger. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi Wenner mampu mendeteksi lapisan akuifer pada kedalaman 11.9–17.2 meter namun memiliki keterbatasan dalam mengidentifikasi akuifer yang lebih dalam. Sebaliknya, konfigurasi Schlumberger memberikan hasil yang lebih komprehensif dengan deteksi akuifer hingga kedalaman 31.4 meter yang didominasi oleh batu pasir dengan porositas dan permeabilitas tinggi. Lapisan ini memiliki potensi besar sebagai sumber air tanah yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan.

Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa konfigurasi Schlumberger lebih efektif dalam mendeteksi akuifer pada kedalaman lebih besar dan memberikan data yang lebih akurat tentang struktur bawah permukaan. Oleh karena itu, konfigurasi Schlumberger lebih direkomendasikan untuk digunakan dalam eksplorasi sumber daya air tanah di daerah ini. Penelitian ini juga menegaskan pentingnya eksplorasi lebih lanjut dengan cakupan yang lebih luas, serta perlunya analisis lanjutan mengenai kapasitas dan kualitas air tanah agar dapat digunakan secara berkelanjutan dan optimal..

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada PPSDM Migas atas bantuan yang diberikan selama proses pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Broto, S., 2008. Pengolahan Data Geolistrik dengan Metode Schlumberger. *Jurnal Teknik*, Volume Vol 29 No 2.
- Dwiharto, M. F., 2017. Penerapan Metode Resistivitas 2D untuk Identifikasi Bawah Permukaan Situs Maelang Banyuwangi Jawa Timur. *Jurnal Sains dan Seni*, p. Vol 6 No 2.
- Febriana, R., 2017. Identifikasi Sebaran Aliran Air Bawah Tanah (Groundwater) dengan Metode Vertical Electrical Sounding (VES) Konfigurasi Schlumberger di wilayah Cepu, Blora JawaTengah. *Jurnal*



Sains dan Seni ITS, Volume Vol 6 no 2.

- Freeze, R. & C. J., 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc: Englewood Cliffs, N.J.
- Hamilton, W. B., 1979. Tectonics of The Indonesian Region. United States: Government Print Off.
- Herman, S., 2019. Pelatihan Teknik Geolistrik 2D untuk Perencanaan Pemanfaatan Potensi Air Tanah.
Bandung: Pusat Pendidikan dan Sumber Daya Air dan Kontruksi.
- Millah, Y. A., 2015. Aplikasi Geolistrik Untuk Identifikasi Air Tanah di Kecamatan Cepu Kabupaten Blora Provinsi Jawa Tengah Di Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM MIGAS) Cepu. Yogyakarta: s.n.
- Muhammad Bachrul Ferly, A. B. B., 2023. Geografi Regional Kabupaten Blora. s.l.:reasearchgate.
- Noor, R. I. I. J. & P. D., 2020. Eksplorasi Akuifer Air Bawah Permukaan Tanah Menggunakan Metode
Tahanan Jenis 2D di Desa Selaru Kabupaten Kotabaru, Kalimantan Selatan. Al Ulum Jurnal Sains dan Teknologi , pp. Vol 5 No 2, 74.
- Pringgoprawiro, H., 1983. Biostratigrafi dan Paleografi Cekungan Jawa Timur Utara: suatu pendekatan baru, disertasi geologi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Pulunggono dan Marodjojo, S., 1994. Perubahan Tektonik Paleogene - Neogene merupakan Peristiwa Tektonik Terpenting di Jawa, Proceeding geologi dan Geoteknik Pulau Jawa. s.l.:Percetakan NAFRIT.
- Reynolds, J., 2011. An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Riko Fadla, M., 2022. Identifikasi Zona Akuifer Air Tanah Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner dan Schlumberger di Megal, Kabupaten Blora. Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat , Volume Vol 19, Nomor 2 .
- Sakka, 2002. Metode Geolistrik Tahanan Jenis. Makassar: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam: UNHAS.
- Telford, W. R. S. d. L. G., 1990. Applied Geophysics Second Edition. New York : Cambridge University.
- TL.P. M., 2024. PPSDM MIGAS. [Online] Available at: <https://ppsdmmigas.id/>
- Todd, D. a. M. L., 2005. Groundwater Hydrology. s.l.:Wiley .
- Van Bemmelen, R., 1949. The Geology of Indonesia Vol 1A. The Hague: Government Printing Office.



