

KARAKTERISASI LAPISAN BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS KONFIGURASI SCHLUMBERGER DI DAERAH TRANSAD, BALIKPAPAN UTARA

Jamaluddin^{1*}, Fathony Akbar Pratikno¹, Helmi Wijaya Chandra¹, Ardi Bayu Saputra A¹,
Bukadap Rahap Rara¹, Risky Putri Ramadhany¹

¹Program Studi Geologi, Sekolah Tinggi Teknologi Migas, Balikpapan

*E-mail: Jamaluddin@sttmigas.ac.id

ABSTRACT

The complex subsurface conditions of the earth are very interesting to study. Information on subsurface conditions can be used in various sciences, information on subsurface conditions provides an overview of the characteristics of each rock layer. In this study, the geoelectric method is used to determine the subsurface conditions. The geoelectric method is one of the methods that uses electrical properties, namely the resistivity value of rocks. Field data acquisition is carried out by flowing electric current into the subsurface and measuring the potential difference that appears. The electrode configuration used is the schlumberger configuration which produces a 2D cross section of subsurface resistivity. Based on the 2D resistivity cross section, it is known that the subsurface layer of the study area is composed of clay, sandy clay, sand, clayey sand, and wet clay. The wet clay layer with a small resistivity value (<10 Ωm) is a zone of soil movement that has low cohesion, so building is not recommended in this area, because the subsurface layer will not be strong enough to hold the foundation.

Keyword: Geoelectric, Resistivity, Schlumberger configuration, Subsurface.

ABSTRAK

Kondisi bawah permukaan bumi yang kompleks sangat menarik untuk dipelajari. Informasi kondisi bawah permukaan dapat digunakan dalam berbagai keilmuan. Informasi kondisi bawah permukaan memberikan gambaran karakteristik dari setiap lapisan batuan. Dalam penelitian ini menggunakan metode geolistrik untuk mengetahui kondisi bawah permukaan. Metode geolistrik merupakan salah satu metode yang menggunakan sifat kelistrikan yaitu nilai resistivitas batuan. Akusisi data lapangan dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik ke bawah permukaan dan mengukur beda potensial yang muncul. Konfiguasi elektroda yang digunakan adalah konfigurasi schlumberger yang menghasilkan penampang 2D resistivitas bawah permukaan. Berdasarkan penampang 2D resistivitas diketahui bahwa lapisan bawah permukaan daerah penelitian tersusun atas lempung, lempung sisipan pasir, pasir, pasir lempungan, dan lempung basah. Lapisan lempung basah dengan nilai resistivitas kecil (< 10 Ωm) merupakan zona pergerakan tanah yang memiliki kohesi rendah, sehingga bangunan tidak direkomendasikan di kawasan ini, sebab lapisan bawah permukaan tidak akan kuat untuk menahan pondasi.

Kata Kunci: Geolistrik, Resistivitas, Konfigurasi Schlumberger, Bawah Permukaan.

PENDAHULUAN

Pentingnya memahami karakteristik lapisan bawah permukaan untuk berbagai keperluan, seperti perencanaan pembangunan, mitigasi bencana, eksplorasi sumber daya alam, dan pengelolaan lingkungan. Daerah Transad, Balikpapan Utara merupakan wilayah yang memiliki potensi pengembangan infrastruktur dan pembangunan. Namun, kondisi geologi bawah permukaan yang kompleks di wilayah ini memerlukan kajian yang mendalam guna memastikan keamanan dan keberlanjutan pembangunan.

Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu teknik geofisika yang umum digunakan untuk memetakan karakteristik bawah permukaan bumi (Telford, et. al., 1990; Sastrawan, et. al., 2020). Teknik ini memanfaatkan variasi sifat resistivitas listrik dari berbagai jenis material bawah permukaan, seperti batuan, tanah, dan air tanah. Resistivitas listrik adalah kemampuan suatu material untuk menahan aliran listrik dan sifat ini sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis batuan, tingkat kelembapan, porositas, serta keberadaan mineral atau fluida di dalam pori-pori batuan (Hong-Jing, et. al., 2014; Agustina, et. al, 2018). Oleh karena itu, pengukuran resistivitas dapat memberikan informasi yang penting terkait kondisi geologi bawah permukaan suatu daerah.

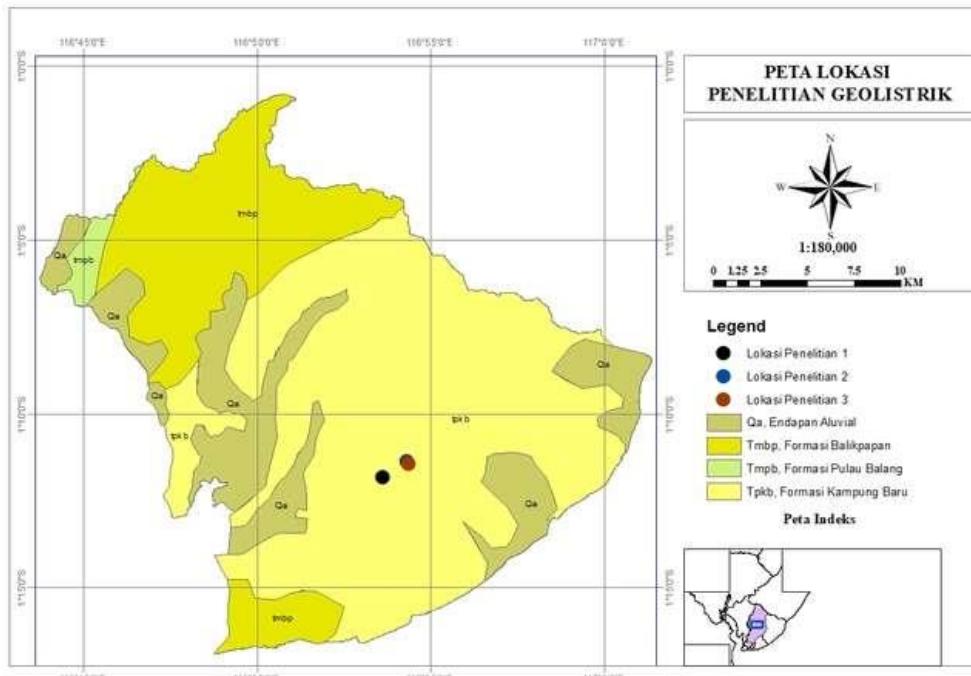
Salah satu konfigurasi yang paling banyak digunakan dalam metode geolistrik adalah konfigurasi *Schlumberger*. Konfigurasi ini memiliki keunggulan dalam mendekripsi variasi resistivitas secara lebih mendalam dibandingkan dengan konfigurasi lainnya (Rolia, 2011; Hasyim, et. al., 2018). Pada konfigurasi *Schlumberger*, dua elektroda arus ditempatkan pada jarak yang semakin besar seiring dengan bertambahnya kedalaman yang ingin diukur, sementara dua elektroda potensial ditempatkan lebih dekat di antara elektroda arus. Dengan cara ini, variasi medan listrik diukur untuk setiap perubahan jarak elektroda arus, sehingga memungkinkan pengukuran distribusi resistivitas bawah permukaan secara vertikal dengan resolusi yang cukup baik. Metode ini juga mampu mendekripsi perbedaan resistivitas antar lapisan, yang dapat menunjukkan perubahan jenis material atau keberadaan air tanah (Kowalczyk, et. al., 2014; Jamaluddin and Umar, 2018; Darmawan, et. al., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi lapisan bawah permukaan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger*. Dengan pemetaan yang akurat mengenai lapisan-lapisan geologi, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan

rekomendasi bagi perencanaan pembangunan yang aman dan berkelanjutan, serta membantu mitigasi risiko geologi di kawasan tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik resistivitas konfigurasi *Schlumberger* untuk mengkarakterisasi lapisan bawah permukaan di tiga lokasi berbeda di daerah Transad, Kecamatan Balikpapan Utara, Kota Balikpapan (Gambar 1). Tahapan penelitian meliputi persiapan, pengukuran lapangan, pengolahan data, dan interpretasi hasil.

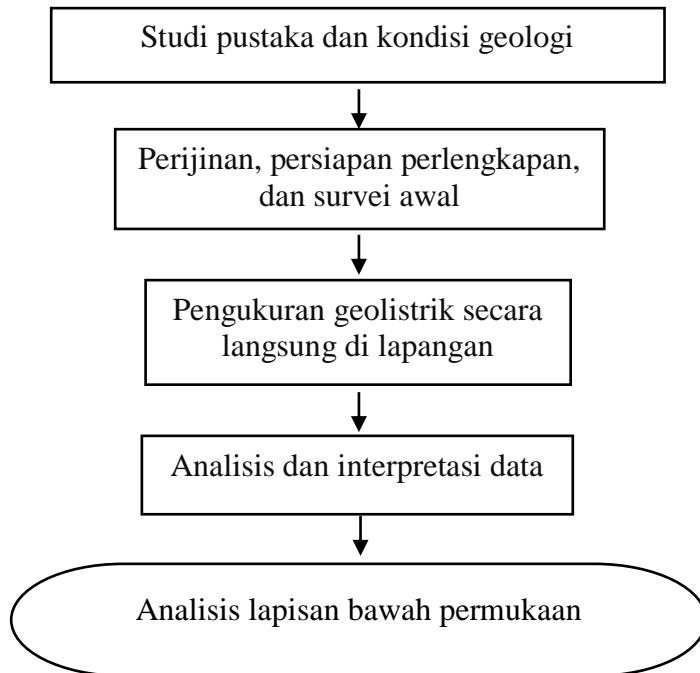


Gambar 1. Peta regional daerah penelitian.

Adapun jenis penelitian ini menggunakan metode observasional yaitu pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan melalui metode geolistrik konfigurasi *Schlumberger*. Pengukuran geolistrik dilakukan dengan menggunakan alat resistivitas meter yang dilengkapi dengan elektroda arus dan elektroda potensial.

Hasil pengukuran lapangan berupa nilai arus yang dialirkan dan beda potensial yang terukur digunakan untuk menghitung besar nilai resistivitas suatu lapisan bawah permukaan dengan menggunakan faktor geometri. Nilai resistivitas suatu hasil perhitungan digunakan dalam pengolahan untuk memperoleh nilai resistivitas sebenarnya lapisan bawah permukaan. Data diolah menggunakan *software IPI2win* dan *software Progress*. Hasil dari pengolahan data ini adalah penampang 2D resistivitas bawah permukaan. Penampang ini memberi gambaran distribusi nilai

resistivitas di bawah permukaan. Kemudian penampang 2D resistivitas ini diinterpretasikan berdasarkan distribusi nilai resistivitas dan dengan mempertimbangkan informasi geologi sekitar daerah penelitian. Adapun bagan alir penelitian yang menjelaskan tahapan-tahapan dalam proses penelitian ini disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geologi Daerah Penelitian

Daerah Transad memiliki karakteristik geologi permukaan yang khas dengan lapisan tanah podsolk merah kuning dan pasir yang tersusun oleh material dengan daya kohesi rendah. Kondisi tanah seperti ini sangat rentan terhadap erosi dan mudah menjadi jenuh air, terutama saat hujan deras. Tanah podsolk merah kuning terbentuk melalui proses pelapukan intensif di daerah tropis dengan curah hujan tinggi, sehingga mengakibatkan pencucian unsur hara dari lapisan atas. Lapisan tanah ini umumnya memiliki struktur yang lemah karena butiran-butiran pasir dan material halus tidak saling terikat kuat, membuatnya rawan terhadap kerusakan mekanis, baik karena aliran air maupun aktivitas manusia. Susunan tanah tersebut merupakan hasil pelapukan batuan yang berumur muda, yang berarti proses pembentukan lapisan tanah ini masih dalam tahap awal dan sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Topografi yang bergelombang atau berbukit di wilayah ini mempercepat proses erosi karena air hujan mengalir dengan cepat di permukaan

miring, mengikis lapisan tanah yang memiliki kohesi rendah. Selain itu, faktor iklim tropis yang ditandai oleh curah hujan tinggi mempercepat pelapukan kimiawi batuan induk dan mendorong pembentukan tanah yang lebih rapuh (Jamaluddin, et. al., 2024). Vegetasi yang tidak cukup lebat di beberapa bagian daerah ini juga memperburuk kondisi tanah, karena akar tanaman yang berperan dalam menstabilkan tanah tidak optimal untuk mencegah erosi.

Pada penelitian ini, lokasi 1 menunjukkan keberadaan litologi berupa lempung pasiran yang tidak terkonsolidasi (Gambar 3). Litologi ini menunjukkan bahwa tanah di lokasi tersebut terdiri dari campuran pasir dan lempung yang masih dalam kondisi terurai dan belum terkonsolidasi dengan baik. Ketidakmampuan litologi ini untuk terkonsolidasi menandakan bahwa proses pelapukan dan erosi terus berlangsung, dan belum menghasilkan material yang cukup padat. Kondisi ini bisa mengindikasikan keberlanjutan erosi aktif atau pengaruh dari aktivitas geologi yang berlangsung di sekitar area tersebut. Batuan lempung pasiran ini adalah hasil dari pelapukan material batuan yang lebih keras di sekitarnya, yang kemudian terkumpul di lokasi ini karena proses erosi.

Pada lokasi 2 dan 3, litologi yang dijumpai juga berupa lempung pasiran yang tidak terkonsolidasi, serupa dengan yang ditemukan di lokasi 1 (Gambar 3). Litologi ini terbentuk melalui proses pelapukan batuan induk dan erosi material halus, di mana material lempung dan pasir dari batuan asal terpisah akibat proses kimiawi dan mekanis yang disebabkan oleh pengaruh topografi dan iklim yang sama. Namun, yang membedakan lokasi 2 dan 3 dari lokasi 1 adalah adanya sisipan lignit yang ditemukan di lapisan ini. Sisipan lignit menunjukkan keberadaan material organik yang terkompresi, yaitu batubara muda yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang terawetkan di dalam lapisan tanah selama ribuan tahun. Kehadiran lignit mengindikasikan bahwa di masa lalu, lingkungan ini pernah menjadi daerah rawa atau daerah yang banyak ditumbuhi vegetasi yang kemudian tertimbun oleh material sedimen dan mengalami proses karbonisasi ringan.

Keberadaan sisipan lignit pada lokasi 2 dan 3 memberikan informasi tambahan tentang sejarah geologi daerah tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa di wilayah ini pernah terjadi deposisi material organik dalam kondisi yang mendukung pembentukan batubara, seperti pada lingkungan rawa atau lahan basah. Kehadiran lignit juga memperlihatkan adanya siklus sedimentasi di mana lapisan sedimen berpasir dan lempung tersusun di atas lapisan material organik. Proses ini terjadi bersamaan dengan pelapukan batuan dan erosi material di sekitarnya.



Gambar 3. Lokasi penelitian (a) Lokasi 1 dan (b) Lokasi 2 dan 3.

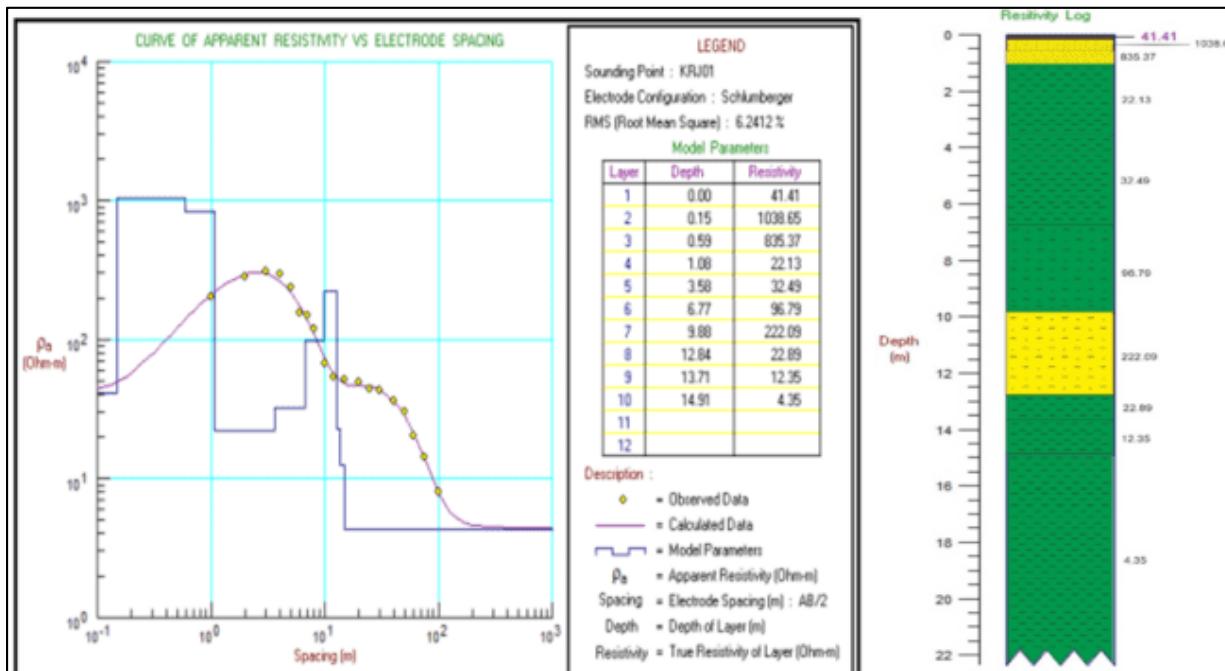
Pengukuran Geolistrik

Hasil pengolahan menggunakan *software IPI2win* didapatkan table nilai resistivitas terhadap kedalaman yang mengindikasikan jenis material di bawah permukaan. Tabel nilai resistivitas ini kemudian diolah kembali menggunakan *software Progress* untuk mendapatkan hasil berupa penampang 2D resistivitas bawah permukaan.

Lokasi 1

Dari hasil pengolahan data dapat dilihat bawah lapisan terbagi menjadi beberapa lapisan. Lapisan yang mempunyai nilai resistivitas $41.41 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman $0 - 0.14$ m diinterpretasikan sebagai soil yang berasal dari pelapukan batuan yang sudah ada. Lapisan yang mempunyai nilai resistivitas $835.37 - 1038.65 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman $0.15 - 1.07$ m diinterpretasikan sebagai lapisan pasir. Lapisan dengan mempunyai resistivitas $22.13 - 32.5 \Omega\text{m}$ diinterpretasikan sebagai lapisan lempung yang berada pada kedalaman $1.08 - 6.76$ m. Lapisan lempung yang disisipi oleh pasir dengan nilai resistivitas $96.79 \Omega\text{m}$ dengan kedalaman $6.77 - 9.87$ m. Lapisan dengan nilai resistivitas 222.09 yang berada pada kedalaman $9.88 - 12.83$ m.

diinterpretasikan dengan lapisan pasir lempungan. Kemudian lapisan dengan kedalaman 12.84 – 14.90 m dengan nilai resistivitas 12.35 – 22.89 Ωm diinterpretasikan sebagai lapisan lempung. Lapisan dengan nilai resistivitas 4.35 Ωm dengan kedalaman 14.91 – 22 m diinterpretasikan sebagai lapisan lempung basah (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik resistivitas dan penampang 2D resistivitas bawah permukaan Lokasi 1.

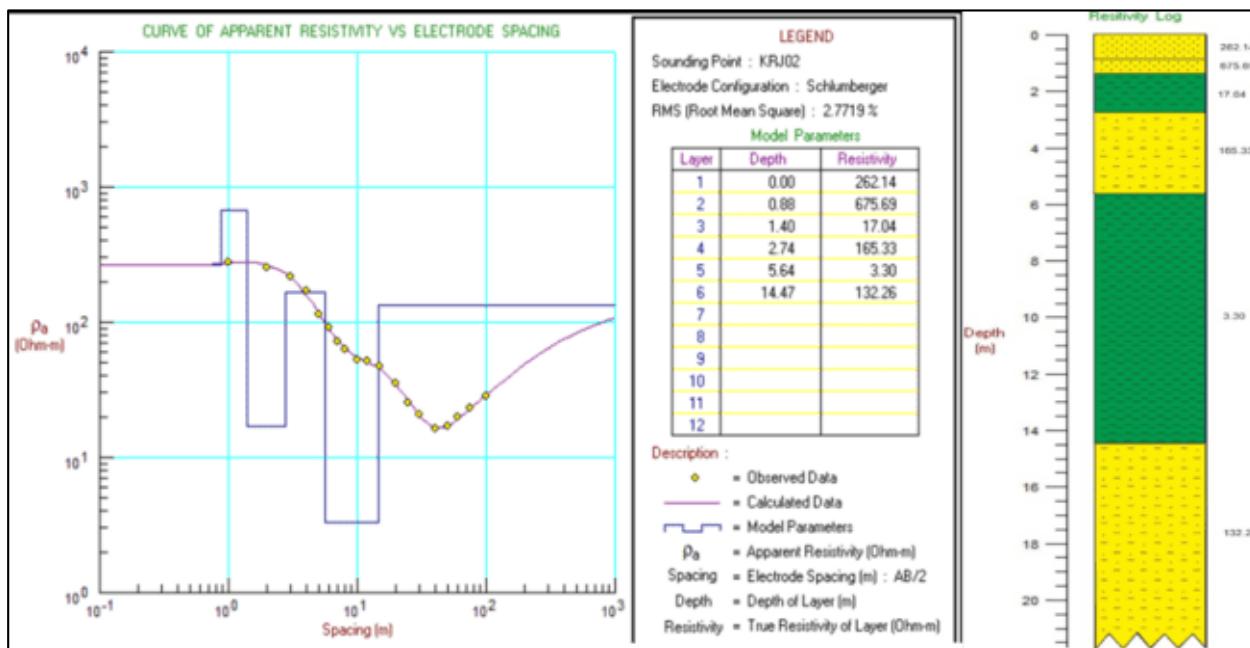
Lokasi 2

Berdasarkan hasil pengolahan data geolistrik di lokasi 2 daerah Transad, lapisan bawah permukaan terbagi menjadi beberapa lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang berbeda, menggambarkan variasi material penyusun (Gambar 5). Pada kedalaman 0 hingga 1,39 meter, ditemukan lapisan pasir dengan nilai resistivitas yang berkisar antara 262,14 hingga 675,69 Ωm , menunjukkan bahwa lapisan ini terdiri dari pasir kering dengan sifat permeabel yang memungkinkan infiltrasi air hujan. Di bawahnya, pada kedalaman 1,4 hingga 2,73 meter, terdapat lapisan lempung dengan resistivitas rendah, sekitar 17,04 Ωm , yang mengindikasikan bahwa lapisan ini lebih rapat dan mengandung kadar air tinggi, bersifat impermeabel, dan berpotensi menahan aliran air.

Pada kedalaman 2,74 hingga 5,63 meter, ditemukan lapisan pasir yang disisipi lempung dengan resistivitas 165,33 Ωm . Campuran antara pasir dan lempung ini mengindikasikan adanya

variasi permeabilitas, di mana pasir memungkinkan air bergerak, tetapi sisipan lempung menghalangnya secara parsial. Lebih dalam, pada kedalaman 5,64 hingga 14,46 meter, dijumpai lapisan lempung basah dengan resistivitas sangat rendah, yaitu $3,30 \Omega\text{m}$. Lapisan ini sangat jenuh air, bersifat impermeabel, dan bertindak sebagai penghalang yang efektif bagi infiltrasi air lebih lanjut.

Pada kedalaman lebih dari 14,46 meter, ditemukan lapisan dengan nilai resistivitas $132,26 \Omega\text{m}$ yang diinterpretasikan sebagai lapisan pasir lempungan. Lapisan ini terdiri dari campuran pasir dan lempung, yang menunjukkan karakteristik antara lapisan permeabel dan impermeabel. Keseluruhan hasil ini menggambarkan bahwa lapisan bawah permukaan di lokasi 2 Transad memiliki dinamika hidrologis yang cukup kompleks, dengan kombinasi lapisan pasir yang memungkinkan pergerakan air dan lapisan lempung yang bertindak sebagai pembatas infiltrasi air.



Gambar 5. Grafik resistivitas dan penampang 2D resistivitas bawah permukaan Lokasi 2.

Lokasi 3

Hasil pengolahan data geolistrik di lokasi 3 daerah Transad menunjukkan bahwa lapisan bawah permukaan terbagi menjadi empat lapisan yang memiliki karakteristik resistivitas yang berbeda (Gambar 6). Pada kedalaman 0 hingga 0,65 m, ditemukan lapisan dengan nilai resistivitas $14,19 \Omega\text{m}$, yang diduga sebagai lapisan lempung. Lempung ini diperkirakan terbentuk akibat pelapukan batuan yang dipengaruhi oleh curah hujan yang tinggi, yang merupakan karakteristik

umum dari daerah tropis. Proses pelapukan ini mengakibatkan pengikisan material batuan, sehingga menghasilkan lapisan tanah lempung yang bersifat kohesif, namun dengan kapasitas infiltrasi air yang rendah.

Pada kedalaman 0,66 hingga 0,88 m, teridentifikasi lapisan pasir lempungan dengan nilai resistivitas $231,29 \Omega\text{m}$. Resistivitas yang lebih tinggi pada lapisan ini mengindikasikan bahwa lapisan tersebut terdiri dari kombinasi pasir dan lempung. Campuran ini memberikan sifat yang lebih baik dalam hal permeabilitas dibandingkan dengan lapisan lempung di atasnya, memungkinkan air untuk bergerak dengan lebih bebas di dalam lapisan ini. Kehadiran pasir lempungan ini menunjukkan bahwa ada proses sedimentasi yang berbeda, yang mungkin diakibatkan oleh akumulasi material dari pelapukan dan pengendapan di sekitar daerah tersebut.

Pada kedalaman 0,89 hingga 1,84 m, ditemukan lapisan dengan nilai resistivitas $4,83 \Omega\text{m}$, yang diduga sebagai lempung basah. Resistivitas yang sangat rendah ini menunjukkan bahwa lapisan ini jenuh air, menjadikannya bersifat impermeabel. Keberadaan lempung basah ini dapat menghambat aliran air lebih lanjut ke bawah, mempengaruhi dinamika hidrologis di lokasi ini. Lapisan lempung basah seringkali berfungsi sebagai penghalang yang menyimpan air, yang dapat mempengaruhi ketersediaan air tanah di lapisan yang lebih dalam.

Lapisan terakhir yang terletak pada kedalaman 1,85 hingga 2,7 m menunjukkan nilai resistivitas yang sangat tinggi, yaitu $1758,64 \Omega\text{m}$, dan diduga sebagai lapisan pasir. Resistivitas yang tinggi ini menandakan bahwa lapisan ini memiliki daya hantar listrik yang baik, mencerminkan sifat permeabel yang sangat tinggi, sehingga memungkinkan aliran air dengan cepat. Kehadiran lapisan pasir ini di bagian bawah menunjukkan adanya potensi untuk akumulasi air tanah yang lebih baik dibandingkan dengan lapisan lempung di atasnya.

KESIMPULAN

Dari hasil interpretasi geolistrik yang dilakukan di tiga lokasi di daerah Transad, Balikpapan Utara, diperoleh gambaran yang jelas mengenai lapisan bawah permukaan dan karakteristik hidrogeologinya. Pada lokasi 1, terdapat lapisan pasir di permukaan dengan resistivitas tinggi, diikuti oleh lapisan lempung yang tidak terkonsolidasi. Lapisan pasir ini memiliki daya hantar air yang baik, tetapi disusul oleh lapisan lempung yang berpotensi menahan air, menciptakan kondisi yang memungkinkan terjadinya akumulasi air di lapisan bawah. Di lokasi 2, variasi lapisan yang lebih kompleks teridentifikasi, dengan lapisan pasir yang permeabel di atas, diikuti oleh lapisan

lempung yang sangat jenuh air. Kehadiran lapisan campuran pasir dan lempung memberikan indikasi tentang interaksi antara material permeabel dan impermeabel, yang memengaruhi dinamika aliran air tanah di lokasi tersebut. Sementara itu, di lokasi 3, ditemukan kombinasi lapisan lempung, pasir lempungan, lempung basah, dan pasir, di mana lapisan lempung di bagian atas berfungsi sebagai penghalang air, sementara lapisan pasir di kedalaman yang lebih besar menunjukkan potensi yang baik untuk akumulasi air tanah. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa daerah penelitian tidak layak untuk dilakukan pembangunan. Hal ini dilihat dari hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan yang memiliki nilai resistivitas kecil (> 10) merupakan zona/lapisan yang mengalami pergerakan tanah yang mempunyai daya kohesi rendah yang merupakan lapisan lempung basah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada tim Prodi Geologi STT Migas Balikpapan yang telah membantu kegiatan pengambilan dan pengukuran sampel di lapangan. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada pihak-pihak yang sudah membantu dalam penyusunan laporan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R. D., Pazha, H., and Chusni, M. M. (2018) Analisis Lapisan Batuan dan Potensi Air Tanah dengan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Kampus 2 UIN Sunan Gunung Djati Bandung. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah*, 3(1), pp.1-8.
- Darmawan, S., Harmoko, U., and Widada, S. (2014). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Menggunakan Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger di Area Panasbumi Desa Diwak Dan Derekan Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang. *Youngster Physics Journal*, 3(2), pp. 159-164.
- Hasyim, A., Arsyad, M., and Tiwow, V. A. (2018) Analisis Material Bawah Permukaan Berdasarkan Data Geolistrik pada Daerah B_B. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 14(2), pp. 82-88.
- Hong-Jing, J., Shun-Qun, L., and Lin, L. (2014) The Relationship between the Electrical Resistivity and Saturation of Unsaturated Soil. *J. Geotech. Eng.*, 19, pp. 3739–3746.
- Jamaluddin and Umar, E. (2018) Identification of Subsurface Layer with Wenner-Schlumberger Arrays Configuration Geoelectrical Method. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 118, p. 12006.
- Jamaluddin, Schöpfer K, Wagreich M, Maria, Gier S, and Fathy D., (2024) Effect of Depositional Environment and Climate on Organic Matter Enrichment in Sediments of the Upper Miocene—Pliocene Kampungbaru Formation, Lower Kutai Basin, Indonesia. *Geosciences*, 14(6), p. 164.

- Kowalczyk, S., Ma 'slakowski, and M., Tucholka, P. (2014) Determination of the Correlation between the Electrical Resistivity of Non-Cohesive Soils and the Degree of Compaction. *J. Appl. Geophys.* 110, pp. 43–50.
- Rolia, E., (2011) Penggunaan Metode Geolistrik Untuk Mendeteksi Keberadaan Air Tanah. Tapak, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro.
- Sastrawan, F. D., Arisalwadi, M., and Rahmania. (2020) Identifikasi Lapisan Bawah Permukaan Berdasarkan Data Resistivitas 2 Dimensi. *Jurnal Sains Terapan*, 6 (2).
- Telford, W. M., Geldart, L. P., and Sheriff, R. (1990). *Applied Geophysics, Second Edition*. New York: Cambridge University Press.