

Identifikasi Lapisan Endapan Nikel Laterit Menggunakan Metode Geolistrik Dengan Konfigurasi Wenner Schlumberger Di Kecamatan Soyajaya

Ferys Saputra¹, Firdaus^{2}, Andi Fahdli Heriansyah³*

¹⁻³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Indonesia

** Corresponding author: firdaus@umi.ac.id*

SARI

Penelitian ini dilakukan di wilayah IUP Operasi Produksi PT Mega Indah Persada terletak di Desa Tamanusi Kecamatan Sayojaya Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah. Kegiatan eksplorasi meliputi survei geolistrik resistivitas sebanyak 15 line section geofisik. Penampang resistivitas untuk nikel laterit yang diidentifikasi mempunyai kemungkinan besar terhadap keberadaan bijih nikel di lokasi penelitian. Pengukuran geolistrik dilakukan pada 4 blok yang masuk dalam tahapan plan mapping di daerah penelitian. Observasi lapangan yang dilakukan menunjukkan bahwa pada daerah penelitian memiliki dua satuan morfologi yaitu satuan morfologi perbukitan bergelombang lemah – kuat dan satuan morfologi perbukitan curam. Hasil pengukuran diinterpretasikan bahwa kedalaman bijih berkisar 15 – 35 m dan lapisan bedrock 35 – 50 m, kisaran resistivitas 200 – 700 Ohm.m. Model endapan nikel laterit berupa spot-spot dan tidak seragam. Total sumberdaya tereka berdasarkan rata-rata ketebalan lapisan endapan bijih di penelitian adalah 4.420.717,5 ton. Hasil ini merupakan penjumlahan nilai sumberdaya tiap blok hasil pengukuran geolistrik. Nilai total sumberdaya tereka ini, diinterpretasikan bertambah sebab jarak antar plan yang masih cukup jauh dan topografi yang masih landai juga masih dalam satu hamparan topografi yang sama. Namun karena keterdapatannya dalam bentuk spot-spot maka sangat perlu dilakukan pemboran regional dengan jarak 25 m sampai 50 m.

Kata kunci: Geolistrik; nikel laterit; resistivitas; morfologi; sumberdaya

ABSTRACT

This research was conducted in the Production Operations IUP area of PT Mega Indah Persada located in Tamanusi Village, Sayojaya District, North Morowali Regency, Central Sulawesi Province. Exploration activities include geoelectric resistivity surveys of 15 geophysical line sections. The resistivity cross section for nickel laterite was identified as having a high probability of the presence of nickel ore at the research location. Geoelectric measurements were carried out on 4 blocks which were included in the plan mapping stage in the research area. Field observations carried out show that the research area has two morphological units, namely the weakly - strongly undulating hills morphological unit and the steep hills morphological unit. The measurement results are interpreted to mean that the ore depth ranges from 15 – 35 m and the bedrock layer is 35 – 50 m, the resistivity range is 200 – 700 Ohm.m. The laterite nickel deposit model is in the form of spots and is not uniform. The total inferred resource based on the average thickness of the ore deposit layers in the study is 4,420,717.5 tons. This result is the sum of the resource values for each block resulting from geoelectric measurements. The total value of these inferred resources is interpreted to increase because the distance between the plans is still quite far and the topography is still sloping and is still within the same topographic expanse. However, because it is found in spots, it is very necessary to carry out regional drilling at a distance of 25 m to 50 m.

Keywords: Geoelectric; nickel laterite; resistivity; resource

PENDAHULUAN

Nikel merupakan logam penting yang diaplikasikan dalam berbagai industri modern. Berikut beberapa pemanfaatannya produksi baja tahan karat (Kruszelnicka et al., 2022) baterai, superalloy (Sohn, 2021), perangkat elektronik dan industri kimia. Permintaan nikel terus meningkat seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan industri (Sohn, 2021). Endapan nikel laterit terbentuk dari proses pelapukan kimia yang intensif pada batuan ultramafik, seperti peridotit dan dunit, yang kaya akan mineral olivin dan piroksen (Sohn, 2021). Proses ini terjadi di daerah tropis dengan curah hujan tinggi dan temperatur hangat. Proses pembentukan endapan nikel laterit ini sangat kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti iklim, topografi, jenis batuan asal, dan waktu (R. B. Santoso et al., 2023).

Salah satu tahapan dalam kegiatan eksplorasi nikel adalah penentuan volume cadangan. Jumlah volume cadangan dapat ditentukan berdasarkan sebuah model cadangan yang diperoleh dari hasil eksplorasi, salah satunya adalah hasil eksplorasi metode geofisika (Notosiswoyo et al., 2005). Metode geofisika yang terbukti berhasil untuk kegiatan eksplorasi nikel laterit yaitu metode geolistrik. Geolistrik adalah suatu metode survei geofisika yang memanfaatkan distribusi aliran listrik di dalam suatu medium (Aryono, 2003). Penggunaan geolistrik dalam tahapan eksplorasi sangat dibutuhkan, selain digunakan untuk pemetaan tahanan jenis (*mapping*) dapat juga digunakan untuk pendugaan tahanan jenis (*sounding*) bawah permukaan suatu wilayah berdasarkan sifat resistivitas batuan (Lilik & Arif, 1990). Survei geolistrik dilakukan dengan menggunakan elektroda sebagai alat untuk menginjeksikan arus ke dalam bumi serta untuk mengetahui beda potensial yang terukur (Herman, 2001). Elektroda yang biasa digunakan adalah elektroda konvensional yaitu elektroda yang dalam penggunaannya harus ditancamkan ke dalam tanah sehingga aliran arus dapat terdistribusikan ke dalam bumi (D. Santoso, 2002).

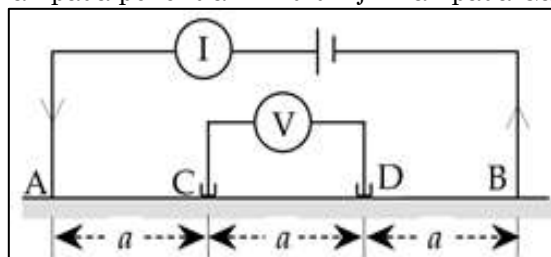
Lokasi penelitian secara administrasi terletak Desa Tamainusi, Kecamatan Soyajaya, Kabupaten Morowali Utara, terletak di Provinsi Sulawesi Tengah, Daerah ini memiliki potensi sumberdaya alam yang melimpah, termasuk endapan nikel laterit yang berharga. Dengan pertimbangan pentingnya identifikasi lapisan endapan nikel laterit, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai resistivitas dan menginterpretasikan lapisan endapan nikel laterit di daerah penelitian serta mengetahui kedalaman dan ketebalan pada masing – masing lapisan profil endapan nikel laterit.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggambarkan alur kerja untuk mengolah data resistivitas, mulai dari akuisisi hingga pembuatan model bawah permukaan 2D dan 3D menggunakan kombinasi perangkat lunak. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode observasi dengan cara melakukan pengumpulan data melalui pengamatan langsung di lapangan. Tahapan penelitian data terdiri dari:

1. Pengambilan Data Geolistrik

Terdiri dari pengukuran kuat arus (I) dan tegangan (V), serta koefisien geometris (K) dikumpulkan di lapangan. Pengukuran dilakukan pada 3 lintasan yang melintasi 4 blok pada lokasi penelitian. Metode resistivitas yang digunakan adalah konfigurasi Wenner. Setiap lintasan memiliki panjang 250 meter, dengan jarak antar elektroda 10 meter. Konfigurasi Wenner yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema susunan elektroda konfigurasi Wenner (W. Lowrie & Fichtner, 2020)

Konfigurasi Wenner yang digunakan, memiliki ciri khas yaitu elektroda potensial (CD) dan elektroda arus (AB) memiliki titik tengah yang sama serta jarak antar elektroda yang bersebelahan adalah sama. Faktor geometri untuk konfigurasi Wenner dihitung dengan persamaan:

$$K = 2\pi a \quad (1)$$

Dimana:

K : adalah faktor geometri (meter)

A : adalah jarak antara elektroda (meter)

Konfigurasi Wenner digunakan karena memiliki signal *to noise ratio* yang baik dan berdasarkan beberapa penelitian terdahulu sangat baik untuk memetakan lapisan berlapis vertikal (Loke, 2004) dan (Reynolds, 2011)

2. Pengolahan Data yang terdiri dari:

- Perhitungan resistivitas semu dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho_a = K \frac{V}{I} \quad (2)$$

Dimana:

ρ_a : adalah resistivitas semu (ohm-meter)

K : adalah faktor geometri (meter)

V : adalah beda potensial yang terukur antara elektroda potensial (volt)

I : adalah arus yang dialirkan ke dalam tanah melalui elektroda arus (ampere)

- Persiapan Data untuk Inversi 2D

Untuk mempersiapkan data agar dapat diproses dengan perangkat lunak Res2Dinv, data yang telah diolah di *MS. Excel* dipindahkan ke *notepad* Kemudian data di *notepad* disimpan dalam format ".dat" agar kompatibel dengan Res2Dinv. Data yang telah diproses kemudian diinversi menggunakan perangkat lunak Res2Dinv untuk menghasilkan model resistivitas bawah permukaan 2D.

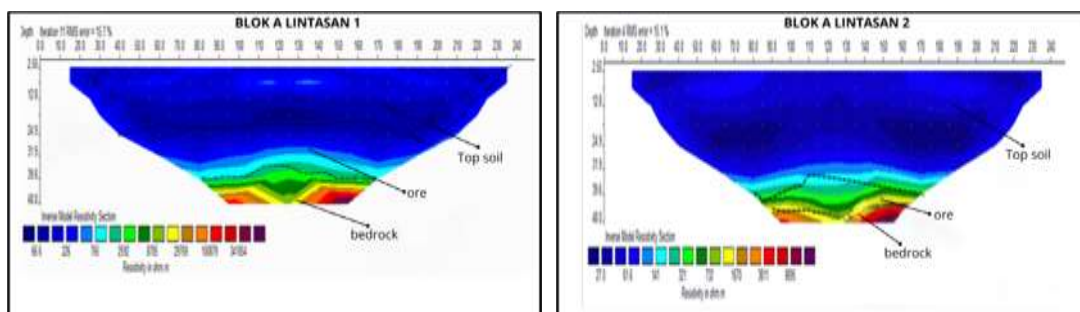
- Visualisasi 3D

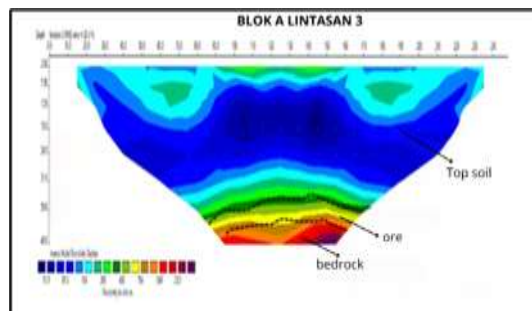
Untuk membuat model 3D, digunakan perangkat lunak Voxler 4. Dua model resistivitas 2D yang dihasilkan oleh Res2Dinv digabungkan dan disimpan dalam format ".xyz" agar sesuai dengan Voxler 4. Data tambahan yang telah diolah di *MS. Excel* juga dipindahkan ke *notepad* dan kemudian digunakan di Voxler 4. Visualisasi 3D berupa penampang dari hasil inversi yang memberikan informasi mengenai distribusi nilai resistivitas batuan di bawah permukaan pada setiap lintasan pengukuran.

HASIL

1. Hasil Pengukuran Blok A

Berdasarkan pengukuran geolistrik pada blok A dengan 3 lintasan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Penampang resistivitas hasil inversi menggunakan *software* Res2dinv menunjukkan zona limonit pada kedalaman 0 – 25 m, zona saprolit pada kedalaman 25 - 35 m, dan *bedrock* pada kedalaman >35 m dibawah permukaan tanah.





Gambar 2. Penampang resistivitas blok A lintasan 1, 2, dan 3

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik telah diperoleh penampang resistivitas seperti pada gambar di atas maka berikut ini adalah interpretasi hasil pengukuran *range resistivity* dibandingkan dengan penelitian terdahulu ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2 di bawah ini.

Tabel 1. Nilai resistivitas tiap lapisan pada blok A

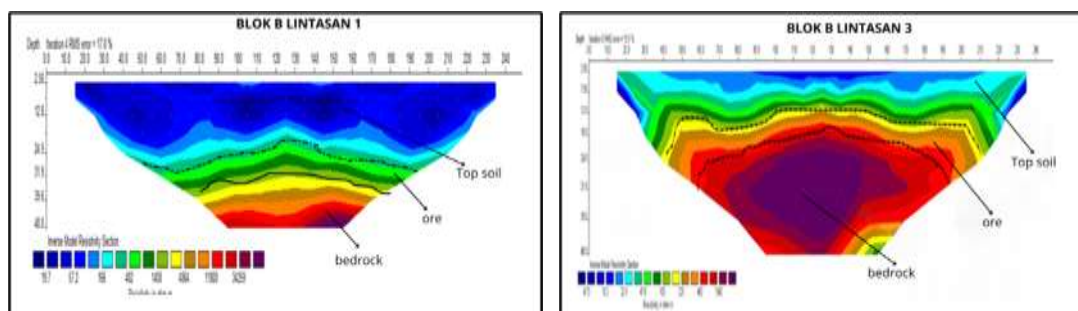
Jenis Lapisan	Nilai Resistivitas	
	Interpretasi	Rentan dari peneliti terdahulu
Liminit	<200	120 -750
Saprolit	200 - 700	217 - 301
Bedrock	>700	>600

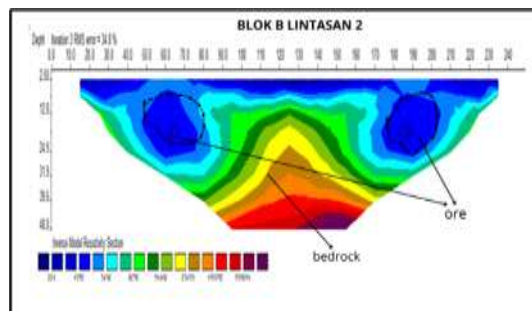
Tabel 2. Kedalaman zona endapan nikel laterit pada blok A

Depth (m)	Keterangan
0 - 25	Lapisan limonit
25-35	Lapisan saprolit
>35	Lapisan <i>bedrock</i>

2. Hasil Pengukuran Blok B

Berdasarkan pengukuran geolistrik pada blok B dengan 3 lintasan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Penampang resistivitas hasil inversi menggunakan *software* Res2dinv menunjukkan zona limonit pada kedalaman 0 – 15 m, zona saprolit pada kedalaman 15 - 30 m, dan *bedrock* pada kedalaman >30 m dibawah permukaan tanah.





Gambar 3. Penampang resistivitas blok B lintasan 1, 2, dan 3

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik telah diperoleh penampang resistivitas seperti pada gambar di atas maka berikut ini adalah interpretasi hasil pengukuran *range resistivity* dibandingkan dengan penelitian terdahulu ditunjukkan pada Tabel 3 dan 4 di bawah ini.

Tabel 3. Nilai resistivitas tiap lapisan pada blok B

Jenis Lapisan	Nilai Resistivitas	
	Interpretasi	Rentan dari peneliti terdahulu
Limonit	<47.8	7.58 - 378
Saprolite	223 - 452	20 - 300
Bedrock	452 - 1042	>600

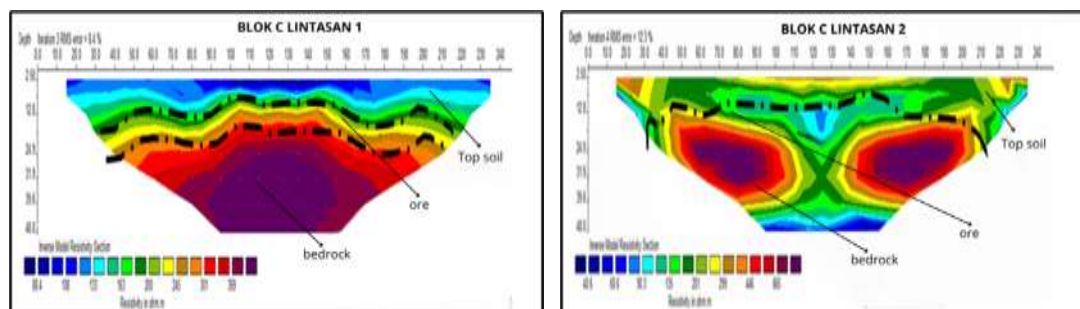
Tabel 4. Kedalaman zona endapan nikel laterit pada blok B

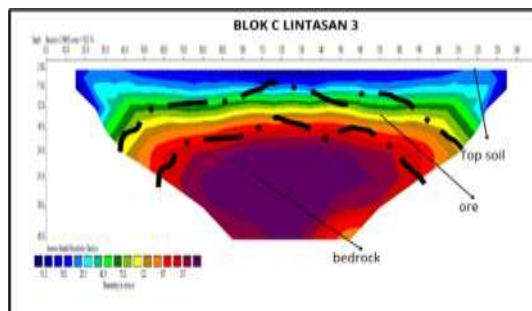
Depth (m)	Keterangan
0 - 15	Lapisan limonite
15-30	Lapisan saprolite
>30	Lapisan Bedrock

3. Hasil

Pengukuran Blok C

Berdasarkan pengukura geolistrik pada blok C dengan 3 lintasan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Penampang resistivitas hasil inversi menggunakan *software* Res2dinv menunjukkan zona limonit pada kedalaman 0 – 12 m, zona saprolit pada kedalaman 12 - 30 m, dan *bedrock* pada kedalaman >30 m dibawah permukaan tanah.





Gambar 4. Penampang resistivitas blok C lintasan 1, 2, dan 3

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik telah diperoleh penampang resistivitas seperti pada gambar di atas maka berikut ini adalah interpretasi hasil pengukuran *range resistivity* dibandingkan dengan penelitian terdahulu ditunjukkan pada Tabel 5 dan 6 di bawah ini.

Tabel 5. Nilai resistivitas tiap lapisan pada blok C

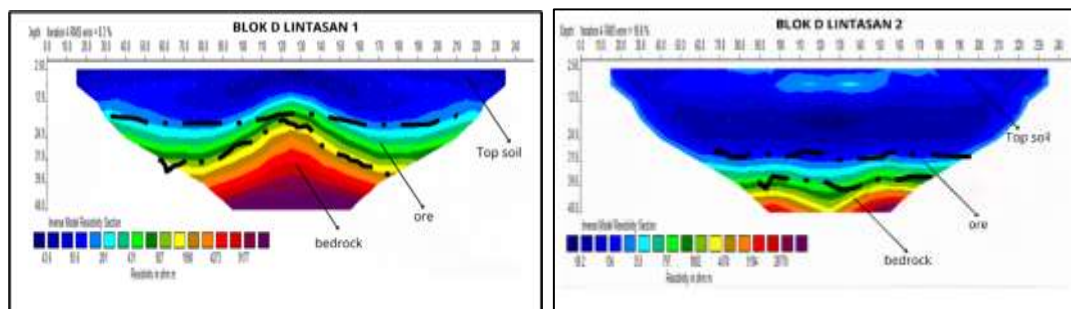
Jenis Lapisan	Nilai Resistivitas	
	Interpretasi	Rentan dari peneliti terdahulu
Limonit	133	120 - 750
Saprolite	200 - 245	20 - 300
Bedrock	301 - 369	>600

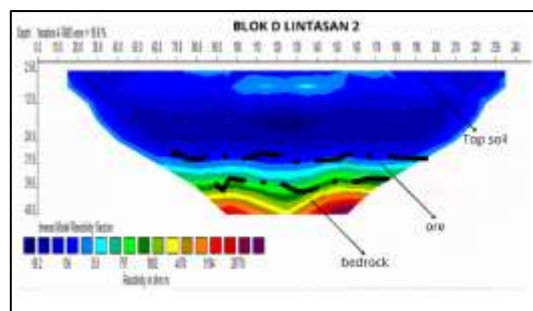
Tabel 6. Kedalaman zona endapan nikel laterit pada blok C

Depth (m)	Keterangan
0 - 12	Lapisan limonit
12-30	Lapisan saprolit
>30	Lapisan <i>bedrock</i>

d. Hasil Pengukuran Blok D

Berdasarkan pengukuran geolistrik pada blok D dengan 3 seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Penampang resistivitas hasil inversi menggunakan *software Res2dinv* yang menunjukkan zona limonit pada kedalaman 0 – 25 m, zona saprolit pada kedalaman 25 - 40 m, dan *bedrock* pada kedalaman >40 m dibawah permukaan tanah.





Gambar 5. Penampang resistivitas Blok D lintasan 1,2, dan 3

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik telah diperoleh penampang resistivitas seperti pada gambar di atas maka berikut ini adalah interpretasi hasil pengukuran *range resistivity* dibandingkan dengan penelitian terdahulu ditunjukkan pada Tabel 7 dan 8 di bawah ini.

Tabel 7. Nilai resistivitas tiap lapisan pada blok D

Jenis Lapisan	Nilai Resistivitas	
	Interpretasi	Rentan dari peneliti terdahulu
Limonit	<200	120 - 750
Saprolite	200 - 700	217 - 301
Bedrock	>700	>600

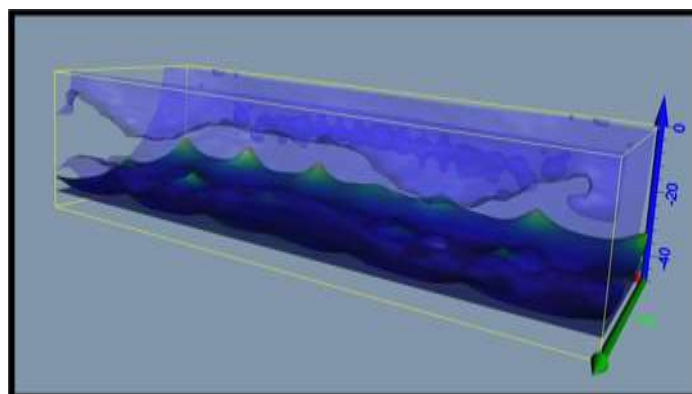
Tabel 8. Kedalaman zona endapan nikel laterit pada blok D

Depth (m)	Keterangan
0 - 25	Lapisan limonit
25-40	Lapisan saprolit
>40	Lapisan <i>bedrock</i>

PEMBAHASAN

1. Pengukuran Blok A

Berdasarkan kenampakan penampang resistivitas pada Blok A, lapisan laterisasi nampak homogen yang mencerminkan zona mineralisasi menerus di bagian bawah. Hal ini disebabkan pada lokasi ini umumnya landai. Penampang 3D *iso-resistivity* pada Blok A dapat dilihat pada Gambar 6.

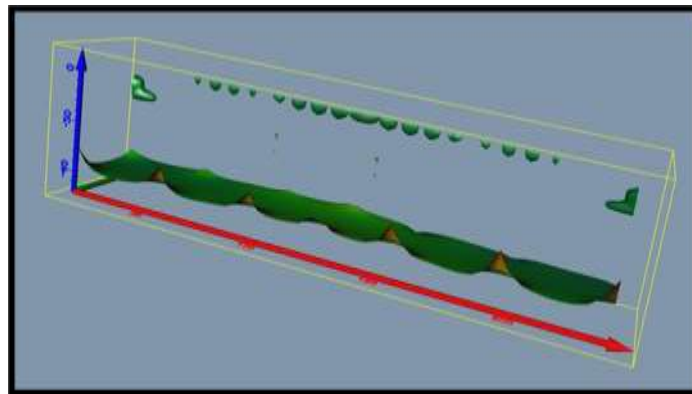


Gambar 6. Penampang 3D *Isoresistivity* Blok A

Hasil korelasi penampang 3D menunjukkan anomali nilai isoresistivitas 200 – 700 Ohm.m pada kedalaman 25-35 meter ke bawah. Di atas lapisan tersebut diinterpretasikan sebagai lapisan *top soil* dan di bawahnya adalah lapisan *bedrock*.

2. Pengukuran Blok B

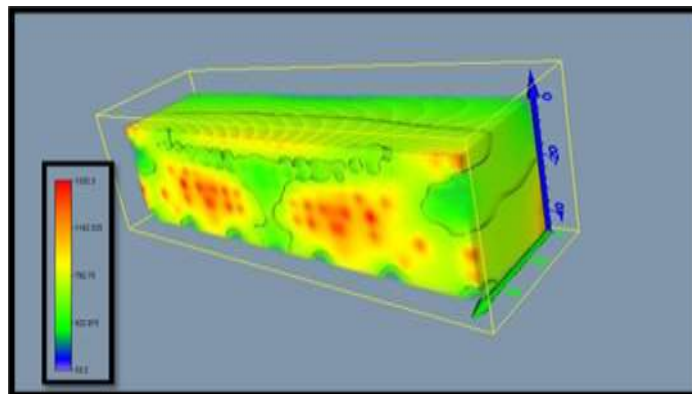
Hasil korelasi penampang 3D pada Blok B menunjukkan anomali nilai isoresistivitas 200–700 Ohm.m pada kedalaman 25-35 meter ke bawah dan terdapat pula yang setempat di atas permukaan. Di antara lapisan isoresistivitas 200–700 Ohm.m diinterpretasikan sebagai lapisan *top soil* dan di bawahnya merupakan lapisan *bedrock*. Penampang 3D *iso-resistivity* pada Blok B dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penampang 3D *Isoresistivity* Blok B

3. Pengukuran Blok C

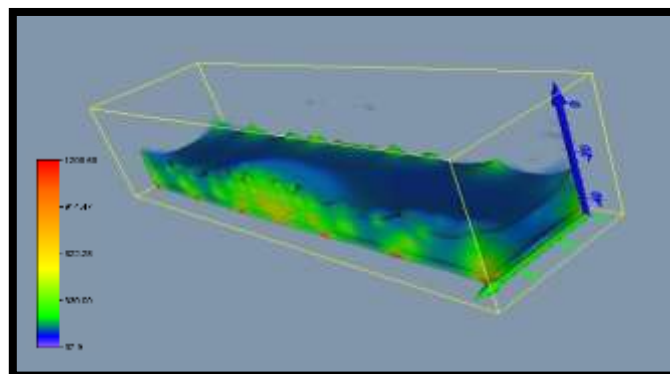
Penampang 3D *Isoresistivity* menunjukkan nilai isoresistivitas 200–700 Ohm.m yang berarti terdapat kemenerusan zona laterit masih terbuka ke bawah dan ketebalan lapisan *ore* sekitar 30 m. Namun distribusi kemenerusan lapisan *ore* bawah permukaan menunjukkan spot-spot. Penampang 3D *iso-resistivity* pada Blok C dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Penampang 3D *Isoresistivity* Blok C

4. Pengukuran Blok D

Berdasarkan interpretasi penampang resistivity Blok D, zona laterisasi kenampakan tebal dengan lapisan *ore* ±15 m. Lapisan *ore* dimulai pada kedalaman 25 – 35 m dan sifatnya menerus secara homogen. Penampang 3D *iso-resistivity* pada Blok D dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Penampang 3D *Isoresistivity* Blok D

Korelasi penampang 2D menghasilkan penampang 3D pada Blok D, korelasi berdasarkan *Isoresistivity* 200 – 700 Ohm. m menunjukkan bahwa zona laterisasi bawah permukaan cukup homogen meskipun nampak bahwa zona laterisasi bersifat spot-spot untuk dengan ketebalan lapisan *ore* mencapai 15 m.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik dan kenampakan lapangan, maka dapat disimpulkan bahwa: Area Blok A, Blok B, dan Blok D cenderung mirip dan memiliki keterdapatan lapisan *ore* yang zona laterisasi dapat terlihat. Kondisi topografi di ketiga area ini adalah landai dengan keterdapatan lapisan *ore* 15 - 35 m dan untuk bedrock 35 – 50 m. Interpretasi penampang resistivitas yang sesuai tinjauan lapangan yang bersifat spot adalah Blok C, karena kondisi topografinya yang curam mengakibatkan area ini adalah zona *leaching*. Interpretasi dugaan lapisan *ore* pada IUP Operasi Produksi PT MIP memiliki nilai tahanan jenis 200 – 700 Ohm.m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak Perusahaan Mega Indah Persada bersama tim geolistrik dan Laboratorium Komputasi Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia yang telah membantu mengolah data menggunakan software khusus dalam pembuatan penampang resistivitas 2D dan 3D. Sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini sesuai tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryono, A. (2003). *Metode Geofisika*. Universitas Negeri Semarang.
- Herman, R. (2001). An introduction to electrical resistivity in geophysics. *American Journal of Physics*, 69(9), 943–952. <https://doi.org/10.1119/1.1378013>
- Kruszelnicka, I., Ginter-Kramarczyk, D., Góra, W., Staszak, K., Baraniak, M., Lota, G., & Regel-Rosocka, M. (2022). Removal of nickel(II) from industrial wastewater using selected methods: a review. *Chemical and Process Engineering - Inżynieria Chemiczna i Procesowa*, 43(4), 437–448. <https://doi.org/10.24425/cpe.2022.142284>
- Lilik, H., & Arif, I. (1990). *Geolistrik Tahanan Jenis, Laboratorium Fisika BUMI*. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Bandung.
- Loke, M. H. (2004). 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys. *Tutorial, May*, 51–52.



- Notosiswoyo, S., Lilah, S., Heriawan, M., & Widayad, A. (2005). *Metode Perhitungan Cadangan TE-3231 Edisi ke-1*. Bandung: Institut Teknologi Bandun.
- Reynolds, J. M. (2011). *An introduction to applied and environmental geophysics*. John Wiley & Sons.
- Santoso, D. (2002). *Pengantar teknik geofisika*. ITB, Bandung.
- Santoso, R. B., Moenardy, D. F., Muttaqin, R., & Saputera, D. (2023). Pilihan Rasional Indonesia dalam Kebijakan Larangan Ekspor Bijih Nikel. *Indonesian Perspective*, 8(1), 154–179. <https://doi.org/10.14710/ip.v8i1.56383>
- Sohn, H.-S. (2021). Current Status of Nickel Smelting Technology. *Resources Recycling*, 30(2), 3–13. <https://doi.org/10.7844/kirr.2021.30.2.3>
- W. Lowrie, & Fichtner, A. (2020). *Fundamentals of Geophysics (Third Edition)*. Cambridge University Press,.