

## MODEL PROFIL ENDAPAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN METODE GEOLISTRIK RESISTIVITAS DAERAH SOROWAKO SULAWESI SELATAN

**“Model of Nickel Laterite Deposit Profiles Based on the  
Resistivity Geoelectrical Method of the Sorowako Area, South  
Sulawesi Province”**

**HASRIANTO<sup>1</sup>, RAIVEL<sup>2</sup>, ANDI ILHAM SAMANLANGI<sup>3</sup>**

1. Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi dan Bisnis Arung Palakka, Bone

2. Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sulawesi Tenggara, Kendari

3. Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Bosowa, Makassar

Korespondensi e-mail: [hasrianto10081982@gmail.com](mailto:hasrianto10081982@gmail.com)

### ABSTRAK

Metode geolistrik resistivitas merupakan metode aktif yang menginjeksikan arus ke bawah permukaan untuk mengetahui model litologi bawah permukaan, informasi ini peneliti dapat mengetahui model profil endapan nikel laterit berdasarkan nilai resistivitas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan model profil endapan nikel berdasarkan nilai resistivitas bawah permukaan dengan melakukan perhitungan dan pemodelan dari hasil pengukuran geolistrik daerah penelitian. Metode yang digunakan yaitu metode geolistrik resistivitas, konfigurasi elektroda yang digunakan konfigurasi Schlumberger. Hasil penelitian menunjukkan rentang resistivitas semu dari lapisan laterit/batuan antara 3.68 – 27876.00  $\Omega\text{m}$ . Secara umum dibagi menjadi 3 bagian yaitu lapisan pertama merupakan lapisan limonit dengan nilai resistivitas antara 87 – 1334  $\Omega\text{m}$  dan ketebalan antara 1 – 20 meter. Lapisan kedua merupakan lapisan saprolit dengan nilai resistivitas antara 3.68 – 87  $\Omega\text{m}$  dan ketebalan antara 1 – 32 meter. Lapisan ketiga merupakan lapisan *bed rock* dengan nilai resistivitas antara 87 – 27876  $\Omega\text{m}$  dan ketebalan antara 16 – 59 meter. Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa nilai resistivitas untuk saprolit memiliki nilai resistivitas rendah, lapisan limonit memiliki nilai resistivitas sedang, sedangkan lapisan *bed rock* memiliki nilai resistivitas tinggi.

**Kata kunci:** Model, Nikel Laterit, Resistivitas.

#### Published By:

Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Tenggara

#### Address:

Jl. Kapt. Piere Tendean, No. 109, Baruga, Kota  
Kendari, Provinsi Sulawesi Tenggara

#### Article History:

Submit 03 December 2022

Received in from 03 December 2022

Accepted 05 December 2022

#### Licensed By:

*Creative Commons Attribution 4.0 International  
License.*

#### How to Cite:

Hasrianto, H., Raivel, R., Samanlangi, A.I., 2022. Model Profil Endapan Nikel Laterit Berdasarkan Metode Geolistrik Resistivitas Daerah Sorowako Sulawesi Selatan. *Mining Science and Technology Journal*, 1 (2): 139 -151.

Hasrianto, H., Raivel, R., Samanlangi, A.I., 2022. *Model of Nickel Laterite Deposit Profiles Based on the Resistivity Geoelectrical Method of the Sorowako Area, South Sulawesi Province. Mining Science and Technology Journal*, 1 (2): 139 -151.

## ABSTRACT

*The resistivity geoelectric method is an active method that injects currents into the subsurface to determine the subsurface lithology model. With this information, researchers can determine the profile model of nickel laterite deposits based on resistivity values. The purpose of this research is to determine the model of nickel laterite deposit profiles based on the subsurface resistivity value by performing calculations and modeling from the results of geoelectrical measurements in the study area. The method used is the resistivity geoelectric method, the electrode configuration used is the Schlumberger configuration. The results showed that the apparent resistivity range of the laterite/rock layer was between 3.68 – 27876.00  $\Omega m$ . In general, it is divided into 3 parts, namely the first layer is a limonite layer with a resistivity value between 87 – 1334  $\Omega m$  and a thickness between 1 – 20 meters. The second layer is a saprolite layer with a resistivity value between 3.68 – 87  $\Omega m$  and a thickness between 1 – 32 meters. The third layer is a bedrock layer with a resistivity value between 87 – 27876  $\Omega m$  and a thickness between 16 – 59 meters. Based on the results of this study it can be concluded that the resistivity value for saprolite has a low resistivity value, the limonite layer has a medium resistivity value, while the bedrock layer has a high resistivity value.*

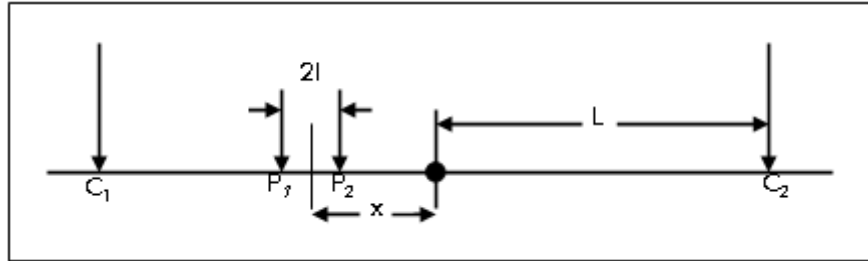
**Keywords:** Model, Nickel Laterite, Resistivity.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu Negara utama penghasil bahan galian nikel laterit (Syafrizal, dkk, 2009; Dzakir, 2022). Berdasarkan karakteristik geologi dan tatanan tektoniknya, beberapa lokasi endapan nikel laterit yang potensial di Indonesia umumnya tersebar di wilayah Indonesia bagian timur (Syahrul dan Dermawan, 2020). Sehubungan dengan itu geologi merupakan salah satu sains untuk aplikasi penambangan, sehingga antara sains dan aplikasi merupakan satuan yang tak terpisahkan untuk menunjang perencanaan dan pengolahan sumber daya alam, serta pengaplikasian ilmu pertambangan dengan bidang-bidang yang terkait seperti halnya pemetaan geologi wilayah yang dapat menunjang proses pencarian bahan galian, atau proses reboisasi oleh bagian kehutanan (Syukran, dkk, 2022). Endapan nikel laterit daerah Soroako terbentuk melalui proses pelapukan yang intensif daerah tropis pada batuan ultrabasa yang mengandung nikel (Dzakir, 2022b). Disamping jenis batuan asal, intensitas pelapukan, relief topografi dan struktur batuan yang sangat mempengaruhi potensi endapan nikel laterit. Endapan nikel laterit daerah Soroako terbentuk melalui proses pelapukan yang intensif batuan ultrabasa yang mengandung nikel (Peridotit, Dunit, Harzburgit dan serpentinit) (Prasad, dkk, 2016; Shaddad, 2022).

Survei elektrik atau geolistrik merupakan survei yang menggunakan arus listrik untuk melakukan pengukuran. Survei elektrik memiliki tiga metode, yaitu : induksi polarisasi (IP), *Self Potensial* (SP), dan resistivitas (Ramli, 2018). Resistivitas berhubungan dengan beberapa parameter geologi, diantaranya : kandungan mineral, kandungan fluida, porositas dan saturasi air (Loke, 2001). Prinsip metode Resistivitas adalah dengan mengalirkan arus listrik menggunakan 2 buah elektroda arus A dan B yang ditancapkan kedalam tanah dengan jarak tertentu. Semakin panjang jarak elektroda AB akan menyebabkan aliran arus listrik bias menembus lapisan batuan lebih dalam (Santoso, 2002). Pengukuran suatu beda potensial antara dua elektroda yaitu tahanan jenis di bawah permukaan tanah elektroda (Todd, 1995) Metode geolistrik tahanan jenis (resistivitas) dapat dibagi menjadi dua berdasarkan tujuan pengukuran di lapangan yaitu Metode Resistivitas *sounding* dan Metode Resistivitas *mapping* (Sheriff, 1986). Dengan asumsi bahwa kedalaman lapisan batuan yang bisa ditembus oleh arus listrik ini sama dengan separuh dari jarak  $C_1C_2$  yang biasa disebut  $C_1C_2/2$

(Santoso, 2002). Untuk susunan elektroda Schlumberger, elektroda arus diberi jarak jauh lebih jauh dari elektroda potensial (Telford, 1990) seperti Gambar 1.



**Gambar 1.** Konfigurasi Elektroda Slumberger

Array ini sering digunakan secara simetris, yaitu  $x = 0$ , dengan rumus yang digunakan pada Konfigurasi Elektroda Schlumberger, maka harga tahanan jenis semu diperoleh pada persamaan (1) adalah sebagai berikut :

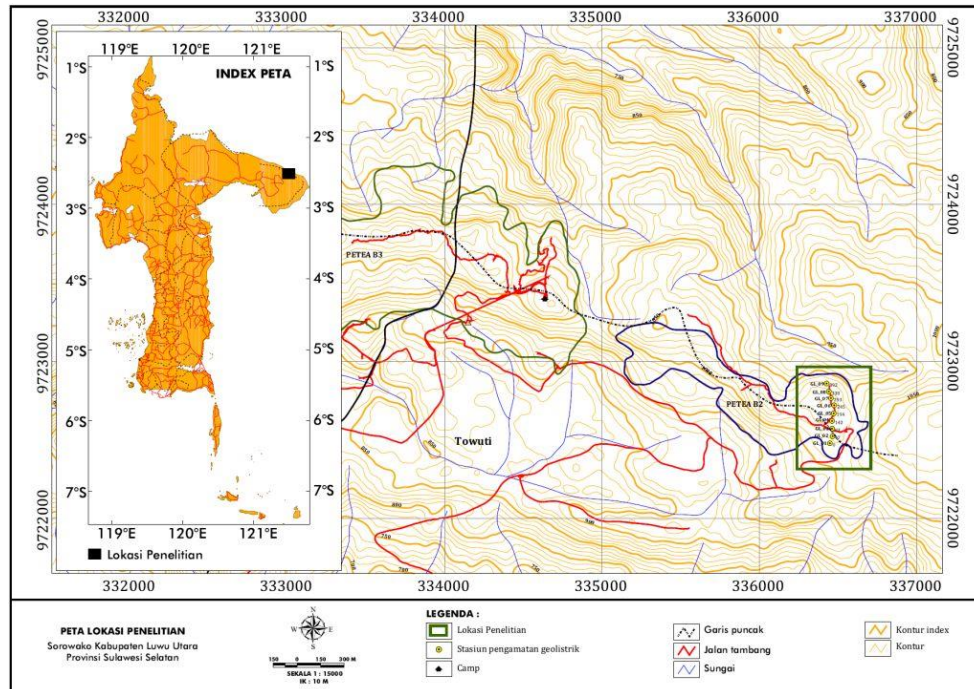
$$\rho = \frac{\pi L^2}{2l} \left( \frac{\Delta V}{I} \right)$$

Dimana hal ini  $L = \frac{1}{2} C_1 C_2$ ,  $l = \frac{1}{2} P_1 P_2$ . Dalam pengambilan data sounding, elektroda potensial tetap sementara jarak elektroda arus diperpanjang terhadap pusat penyebaran. Untuk ini L yang besar untuk meningkatkan I juga untuk mempertahankan jarak potensial (Telford, 1990). Data yang dihasilkan harus diinterpretasi dengan cara melihat tabel nilai tahanan jenis tiap batuan seperti Tabel 1, Interpretasi dilakukan untuk mengetahui jenis dan susunan material berdasarkan nilai resistivitas dan pola distribusinya. Interpretasi dilakukan berdasarkan tabel resistivitas material (Telford, 1990).

**Tabel 1.** Tabel Resistivitas dari Berbagai Jenis Batuan (Telford,1990)

Rock Type	Resistivity Range
Granite	$3 \times 10^2 - 10^6$
Granite Porphyry	$4.5 \times 10^3$ (wet) – $1.3 \times 10^6$ (dry)
Feldspar Porphyry	$4 \times 10^3$ (wet)
Lavas	$10^2 - 5 \times 10^4$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1.3 \times 10^7$ (dry)
Olivine Norite	$10^3 - 6 \times 10^4$ (wet)
Peridotite	$3 \times 10^3$ (wet) – $6.5 \times 10^3$ (dry)
Hornfels	$8 \times 10^3$ (wet) – $6 \times 10^7$ (dry)
Schists (calcareous and mica)	$20 - 10^4$
Quartzites (various)	$10 - 2 \times 10^8$

Daerah penelitian secara administrative terletak pada daerah Soroako wilayah konsesi pertambangan PT. Vale Indonesia,Tbk. Kecamatan Towuti Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan. Daerah penelitian berjarak  $\pm 740$  km dari kota Makassar, dapat dicapai melalui jalur darat baik menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat, selain itu juga dapat ditempuh dengan jalur udara (**Gambar 2**).



**Gambar 2.** Peta Lokasi Penelitian

## METODE PENELITIAN

### Persiapan

Tahap persiapan dilakukan diawal penelitian yang meliputi studi literatur dari peneliti terdahulu serta buku-buku yang berhubungan dengan topik penelitian, mengumpulkan data yang ada yang dapat menunjang pelaksanaan penelitian (peta topografi, peta geologi), mempersiapkan personil, peralatan dan perlengkapan untuk setiap personil lapangan serta mengkalibrasi peralatan yang akan digunakan, orientasi lapangan seperti morfologi dan penempatan arah lintasan dengan melakukan survei langsung dilapangan (**Gambar 2**).



**Gambar 2.** Orientasi lapangan penentuan titik pengukuran geolistrik resistivitas

## Pengambilan Data Lapangan

Penelitian dilakukan dengan pengambilan data secara langsung dilapangan yaitu pengukuran geolistrik dan pengamatan geologi. Pengukuran geolistrik dengan menggunakan peralatan geofisika seperti *resistivity meter singgel chanel*, palu, kompas, GPS, roll kabel, elektroda, meteran @50 m, accu, serta beberapa peralatan lain seperti kantong sampel, patok bantu dan kamera. Pengambilan data geologi berupa litologi atau endpan nikel lateri dengan menggunakan palu geologi, kantong sampel dan alat tulis.



**Gambar 3.** Pengambilan data geolistrik resistivitas

Pengambilan data geolistrik meliputi pengambilan data kuat arus (I) dan beda potensial (P) untuk menentukan resistivitas semu setiap titik duga geolistrik. Pengambilan data geolistrik di lapangan dengan melakukan pengukuran geolistrik sebanyak sembilan titik pengukuran (GL\_01, GL\_02, GL\_03, GL\_04, GL\_05, GL\_06, GL\_07, GL\_08 dan GL\_09). Panjang lintasan pengukuran yaitu 400 meter dengan jarak setiap titik pengamatan 50 meter. Selain itu, dilakukan pula pengambilan data geologi langsung di lapangan dengan pengamatan setiap singkapan, melakukan pengamatan morfologi, struktur geologi dan endapan nikel laterit serta pengambilan sampel di area pengukuran geolistrik (**Gambar 3**).

## Analisa Data

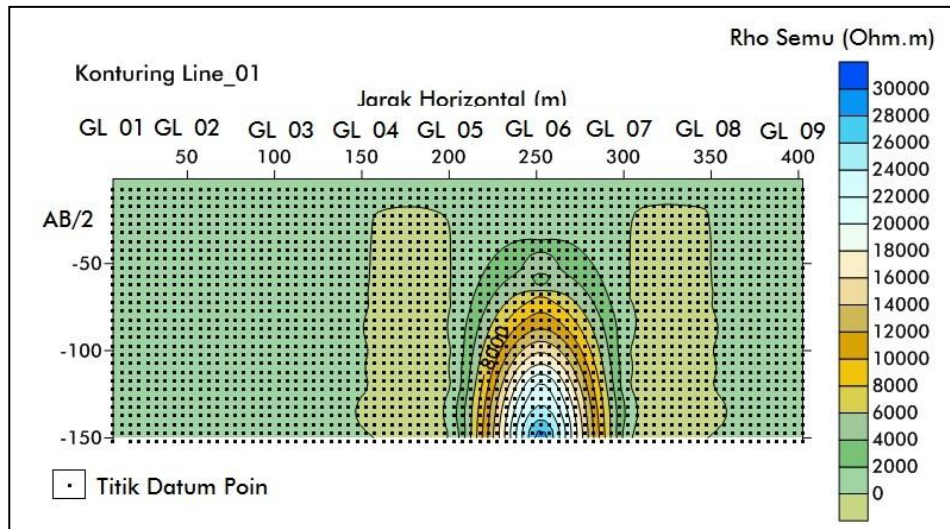
Analisa data dilakukan berdasarkan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Pengolahan data titik koordinat dan lisanan pengukuran geolistrik pada sebuah peta titik pengukuran geolistrik dengan menggunakan *software Arc GIS*.
2. Data yang diperoleh dari pengukuran berupa harga besar arus (I) dan beda potensial (V) setiap titik pengukuran.
3. Harga resistivitas semu dihitung dari faktor konfigurasi pengukuran dan perbandingan harga beda potensial (V) dan kuat arus (I) pengukuran, kofigurasi pengukuran schlumberger.

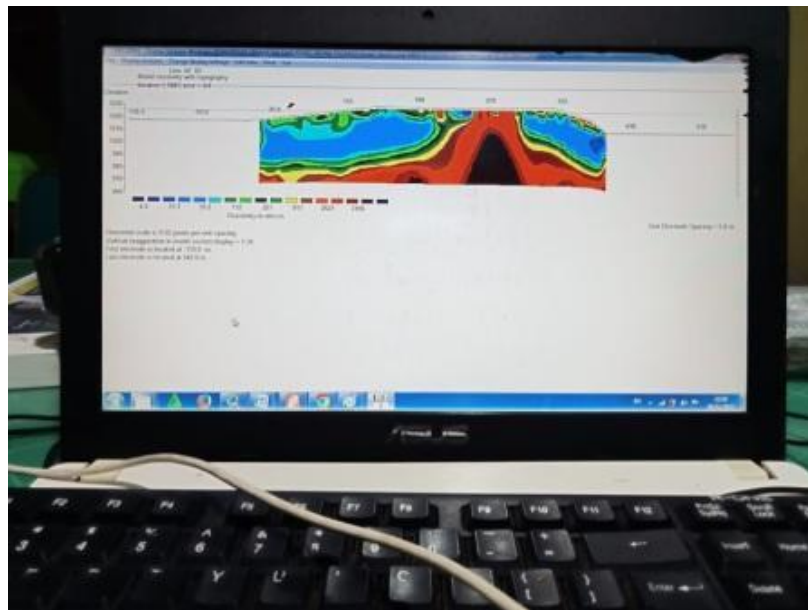
4. Harga resistivitas semu hasil perhitungan di plot dalam bentuk grafik pengukuran (log-log) untuk setiap titik pengukuran, kemudian dilakukan penghalusan data (*smoothing*) sehingga diperoleh harga resistivitas semu hasil penghalusan untuk setiap lokasi titik pengukuran.
5. Harga resistivitas semu dari 9 (sembilan) titik pengamatan geolistrik dengan jarak setiap titik pengamatan 50 meter tersebut dipetakan terhadap kedalaman semu (setengah panjang bentangan kabel,  $AB/2$ ), kemudian dilakukan konturing dengan bantuan *software surfer* dengan metode krigging sehingga diperoleh penampang harga resistivitas semu terhadap kedalaman semu untuk setiap lintasan pengukuran (**Gambar 4 & 5**).
6. Kontur harga resistivitas semu dilakukan overlay dengan *stcking chart* yang telah dibuat dengan spasi terkecil 5 meter dengan jumlah titik datum sebanyak 5123 titik dengan stasiun pengamatan (n) sebanyak 31 n (**Gambar 4 & 5**).
7. Penentuan resistivitas semu setiap titik datum tersebut terhadap kontur resistivitas semu.
8. Penampang resistivitas semu di atas digunakan untuk menginterpolasi data resistivitas semu ideal dengan asumsi perlapisan bawah permukaan antar titik pengukuran saling berhubungan.
9. Hasil interpolasi dijadikan input data untuk melakukan pemodelan lapisan resistivitas tanah bawah permukaan dengan bantuan computer.
10. Pemodelan resistivitas bawah permukaan dilakukan menggunakan inversi metode beda, hingga (*finite difference*) untuk setiap lintasan akan diperoleh penampang model perlapisan resistivitas listrik lapisan tanah/batuan di bawah permukaan dengan bantuan *Software Res2Dinv* (**Gambar 6**).
11. Hasil penampang *iversi* Res2Dinv dilakukan interpretasi litologi berdasarkan range resistivitas.



**Gambar 4.** Pengolahan data lapangan geolistrik resistivitas



**Gambar 5.** Penampang Hubungan AB/2 dengan Rho Semu menggunakan *software Surfer*



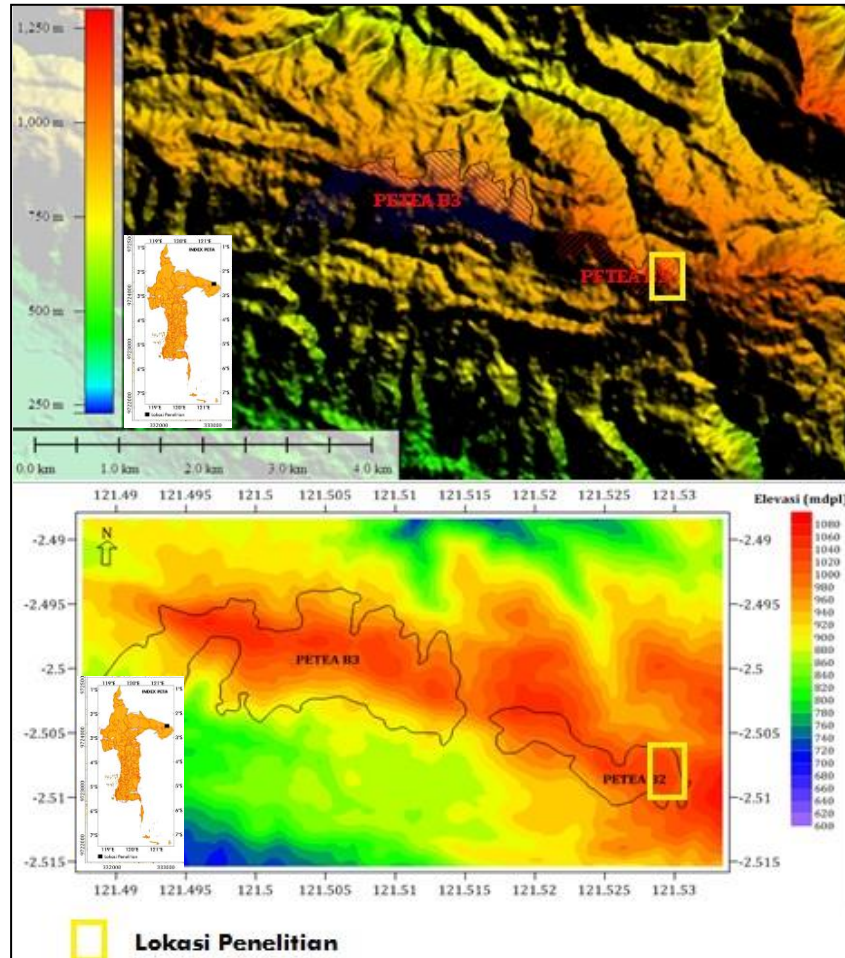
**Gambar 6.** Proses *inversi* menggunakan *software Res2Dinv*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

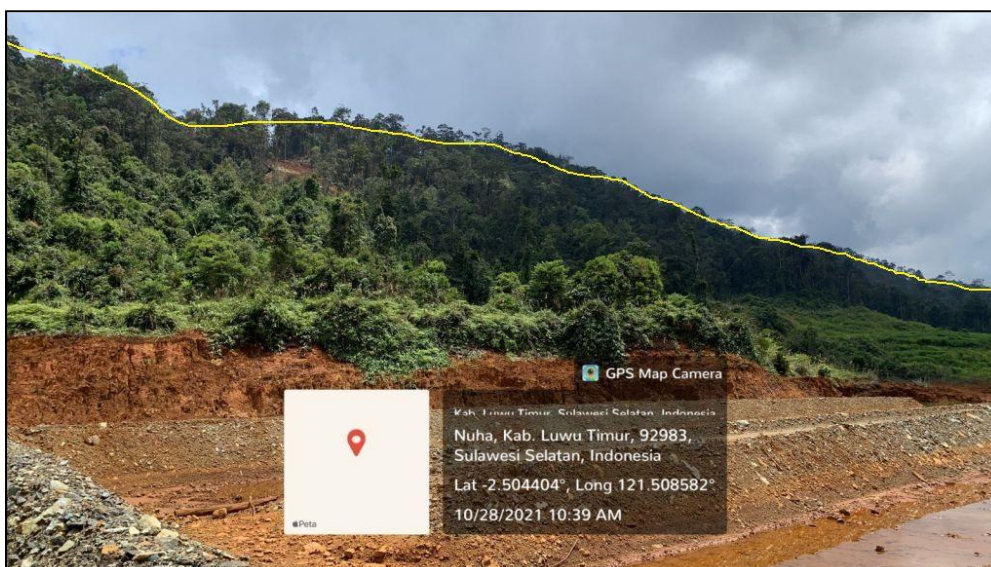
### Geologi Daerah Penelitian

#### 1. Morfologi

Berdasarkan hasil analisis citra SRTM, satuan morfologi daerah penelitian termasuk dalam Morfologi Pegunungan dengan topografi curam hingga sangat curam yang berada pada ketinggian 900 – 1060 mdpl (**Gambar 7**). Sedangkan berdasarkan hasil pengamatan lapangan, daerah penelitian masih ditemukan Morfologi Pegunungan dengan lereng yang relatif landai yang sangat potensi sebagai area pembentukan endapan nikel laterit (**Gambar 8**).



**Gambar 7.** Citra SRTM yang menunjukkan Bentuk Morfologi dari Daerah Penelitian

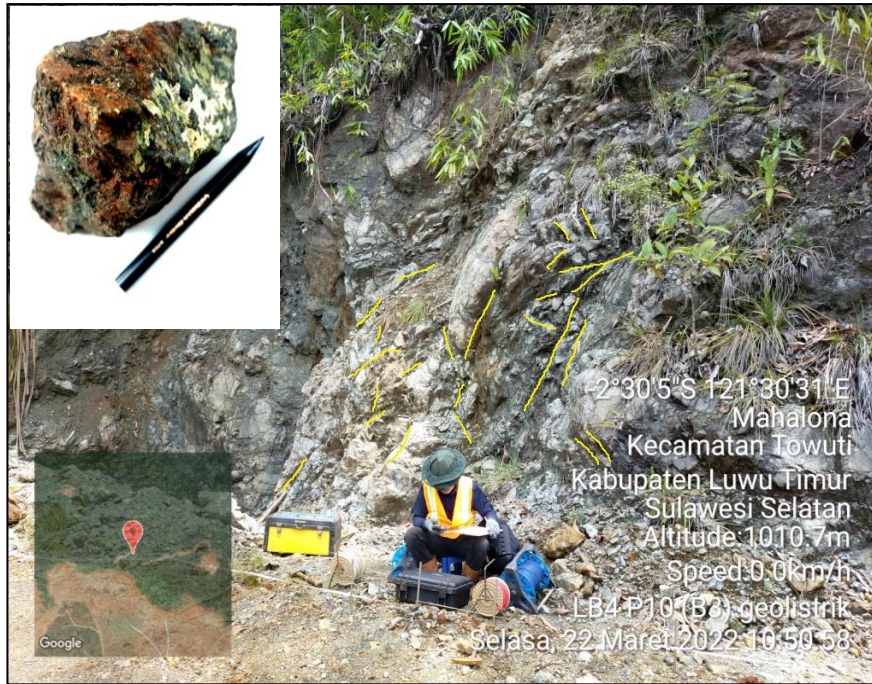


**Gambar 8.** Bentuk Morfologi dan Bentang Alam dari Daerah Penelitian



## 2. Litologi

Litologi daerah penelitian disusun oleh batuan peridotit (**Gambar 9**). Batuan ini dijumpai tersingkap baik yang memiliki warna lapuk coklat dan warna segar hijau kehitaman. Tekstur batuan yaitu kristalinitas holokristalin, graualitas faneritik, bentuk mineral subhedral-anhedral. Struktur batuan massif disusun oleh mineral olivin dan piroksin. berdasarkan deskripsi tersebut dan diklasifikasikan Streckeisen (1973) maka batuan tersebut adalah peridotit.



**Gambar 9.** Batuan jenis peridotit penyusun daerah penelitian

### Profil Endapan Nikel Laterit

Hasil pengamatan lapangan, susunan endapan nikel laterit yang dijumpai di daerah penelitian terbagi menjadi empat lapisan yaitu *top soil*, limonit, saprolit dan *bed rock*. Profil endapan nikel laterit yang terbentuk merupakan profil endapan yang normal tanpa endapan sedimen di bagian *overburden* (Raivel dan Firman, 2020).

#### a. *Top soil*

Lapisan *top soil* ini (**Gambar 10**) merupakan lapisan yang berada bagian atas dari profil endapan nikel laterit di daerah penelitian. Lapisan ini memiliki karakteristik yaitu terdapat tumbuhan dan akar tanaman di dalam lapisan, berwarna merah, bertekstur halus dan memiliki komposisi mineral hematit.

#### b. Lapisan Limonit

Lapisan limonit (**Gambar 10**) adalah bagian yang terletak di bagian atas lapisan saprolite dan di bagian bawah lapisan *top soil* pada profil laterit daerah penelitian. Lapisan ini memiliki karakteristik yaitu, berwarna merah hingga kecoklatan, bertekstur halus dan memiliki komposisi mineral hematit dan goetit.

#### c. Lapisan saprolit

Lapisan saprolit (**Gambar 10**) adalah lapisan yang berada di bagian bawah lapisan limonit dan di atas lapisan *bed rock*. Lapisan ini memiliki warna coklat kekuningan dan abu – abu kehijauan, tekstur dan struktur serta mineral penyusun batuan asal masih tampak jelas

ukuran butir dari saprolit yakni lempung sampai bongkah/*boulder*. Komposisi mineral lapisan ini yaitu *garnierit*, *serpentin*, *silika berupa krisopras*.



**Gambar 10.** Lapisan Limonit dan Saprolit Daerah Penelitian

#### d. Batuan dasar (*Bed rock*)

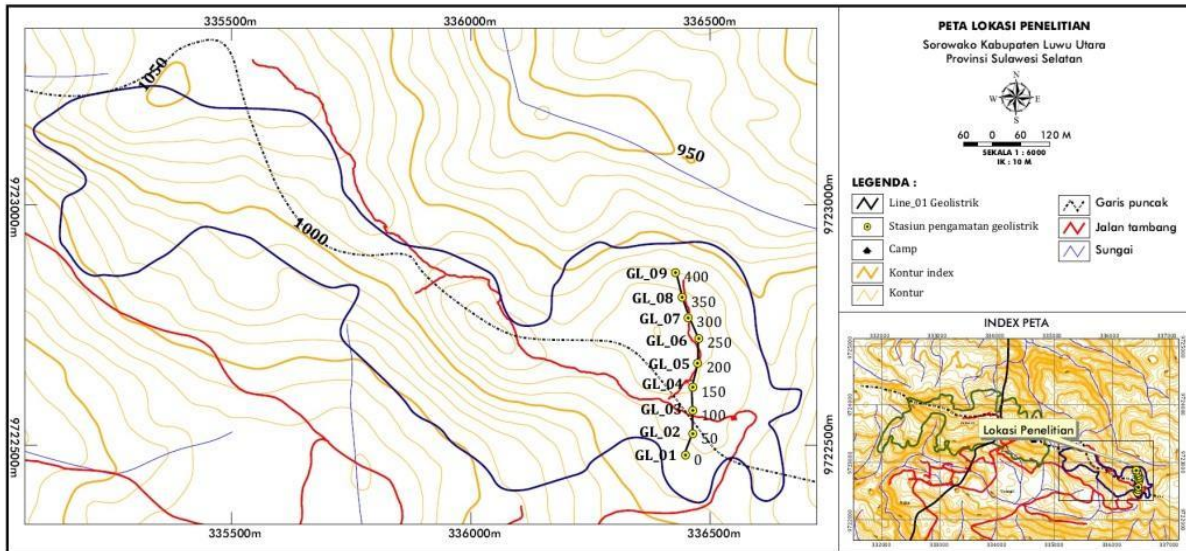
Lapisan *bed rock* adalah lapisan paling bawah dari profil endapan nikel laterit (Ahmad, 2008) yang terdiri dari batuan induk yang relatif belum mengalami pelapukan atau belum mengalami perubahan baik secara fisika maupun kimia (Waheed, 2008). Lapisan ini di jumpai terpisah dengan lapisan limonit dan saprolit. Hal ini disebabkan area penelitian masih *virgin* dan belum terbuka oleh aktivitas penambangan (**Gambar 11**).



**Gambar 11.** *Bed rock* dari Batuan Peridotit Daerah Penelitian

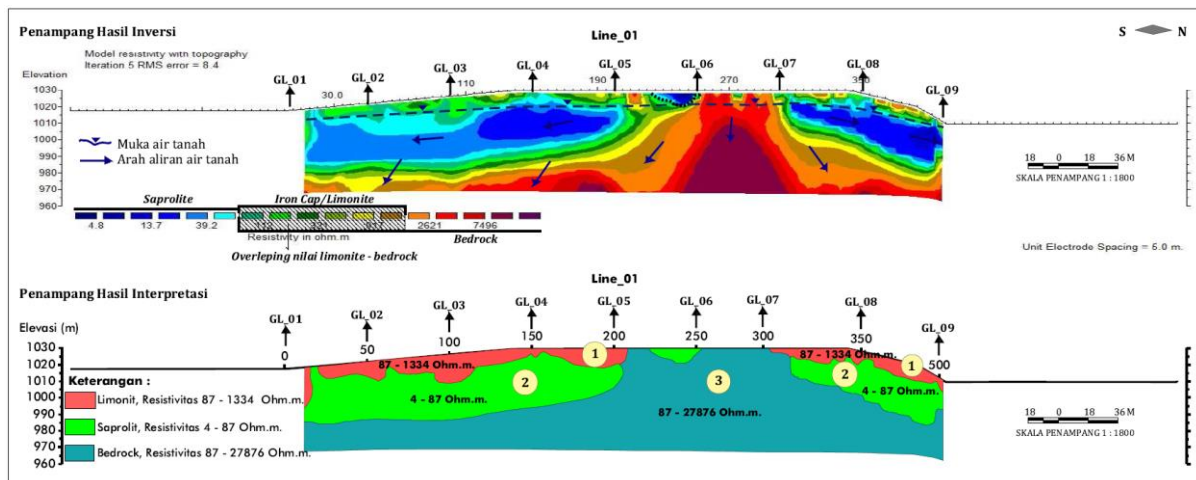
## Interpretasi Lintasan Line\_01 Geolistrik

Lintasan geolistrik Line\_01 terdiri dari 9 titik pengukuran geolistrik (GL\_01, GL\_02, GL\_03, GL\_04, GL\_05, GL\_06, GL\_07, GL\_08 dan GL\_09) tersebut terletak di sepanjang lintasan 400 meter dari arah selatan ke utara dengan jarak setiap titik pengamatan geolistrik 50 meter (**Gamabr 12**).



**Gambar 12.** Peta Lintasan Geolistrik Resistivitas

Berdasarkan hasil pengukuran geolistrik dilapangan, maka dihasilkan 1 (satu) penampang hasil korelasi dari 9 titik pengukuran geolistrik dengan Konfigurasi Elektroda *Scumberger* dengan panjang lintasan korelasi 400 meter dan jarak setiap titik pengamatan 50 meter. Spasi terkecil lintasan korelasi yang digunakan dari hasil interpolasi yaitu 5 meter. Berdasarkan hasil pengukuran, rentang resistivitas ( $\rho$ ) dari lapisan laterit/batuan yaitu antara 3.68 – 27876.00  $\Omega$ m. Penampang hasil *inversi software* Res2Dinv dan penampang hasil interpretasi dapat dilihat pada (**Gambar 13**), sebagai berikut.



**Gambar 13.** Penampang 2D Hasil *Inversi* dan Interpretasi Geolistrik Line\_01

**Tabel 2.** Hasil Interpretasi Geolistrik Resistivitas Line 1

Lpsn.	Litologi	Resistivitas (Ohm.m)	Ketebalan (m)									Luas (m <sup>2</sup> )
			0 (m)	50 (m)	100 (m)	150 (m)	200 (m)	250 (m)	300 (m)	350 (m)	400 (m)	
1	Liminit	87 - 1334	20	8	17	4	9	1	1	6	6	969
2	Saprolit	3.68 - 87	12	26	23	32	15	1	1	20	12	6841
3	Bed rock	87 - 27876	17	17	16	24	37	59	59	34	29	14850

Berdasarkan hasil pengolahan data pengukuran lapangan didapatkan rentang resistivitas semu dari lapisan endapan nikel laterit/batuan yaitu antara 3.68 – 27876.00  $\Omega$ m. Secara umum nilai resistivitas dapat di bagi menjadi 3 (tiga) bagian yaitu lapisan limonit, saprolite dan *bed rock*.

1. Lapisan pertama merupakan lapisan limonit atau lapisan permukaan dengan nilai resistivitas antara 87 – 1334  $\Omega$ m dan ketebalan 1 – 20 meter (**Gambar 13** dan **Tabel 2**).
2. Lapisan kedua merupakan lapisan Saprolit atau lapisan yang mengandung Ni dengan nilai resistivitas antara 3.68 – 87  $\Omega$ m dan ketebalan 1 – 32 meter (**Gambar 13** dan **Tabel 2**).
3. Lapisan ketiga merupakan lapisan *bed rock* atau lapisan batuan dasar dengan nilai resistivitas antara 87 – 27876  $\Omega$ m dan ketebalan 16 – 59 meter (**Gambar 13** dan **Tabel 2**).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data pengukuran geolistrik endapan nikel laterit daerah penelitian dapat disimpulkan yaitu sebagai berikut :

1. Geologi daerah penelitian terletak pada morfologi pegunungan landai hingga terjal yang disusun oleh batuan beku jenis peridotit.
2. Profil endapan nikel laterit dibagi atas 3 (tiga) bagian lapisan yaitu limonit, saprolit dan *bed rock*. Lapisan limonit atau lapisan permukaan memiliki nilai resistivitas antara 87 – 1334  $\Omega$ m dengan ketebalan antara 1 – 20 meter. Lapisan saprolit memiliki nilai resistivitas antara 3.68 – 87  $\Omega$ m dengan ketebalan antara 1 – 32 meter. Lapisan *bed rock* memiliki nilai resistivitas antara 87 – 27876  $\Omega$ m dengan ketebalan antara 16 – 59 meter.
3. Lapisan limonit dengan lapisan *bed rock* memiliki nilai resistivitas yang *overleping* namun bisa dibedakan berdasarkan stratigrafi bawah lapisan limonit berada pada permukaan, sedangkan lapisan *bedrock* berada di bawah dari lapisan saprolit.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pimpinan dan semua staf pada PT. Vale Indonesia,Tbk, Sorowako Provinsi Sulawesi Selatan yang telah memberikan kesempatan, bantuan fasilitas, dan masukan selama kegiatan penelitian berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, W. 2008. *W Fundamentals of chemistry, mineralogy, weathering processes, formation, and exploration*.
- Dzakir, L.O., Amir, M.K., Priyanata, L.O, Kadar, M.I., 2022. Analisis Perbandingan Kadar MgO dan SiO<sub>2</sub> pada Nikel Kadar Rendah di Kabupaten Kolaka dan Kabupaten Kolaka Utara. *Jurnal Geomine*, 10 (1): 43-50.



- Dzakir, L.O., Ode, A.T.L., Hariono, H., Dullah, N.M., Amir, M.K., Hidayat, A., Masgode, M.B., Purnama, H., 2022. Studi Perbandingan Nilai Kohesi dan Sudut Gesek Dalam Material Tanah Limonit dan Saprolit Pada Penambangan Bijih Nikel Desa Belalo, Kecamatan Lasolo, Konawe Utara. *Mining Science and Technology Journal*, 1 (1): 70-76.
- Loke, M.H. 2001. *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*. Malaysia: Geotomo Software.
- Prasad, R., Irfan, U., R., Malulana, A., 2016. Studi Hubungan Jenis Batuan Dasar Dengan Distribusi Unsur Scandium (SC) Pada Endapan Laterit Sorowako. *Jurnal Geosains*, 12 (2) : 98 – 103.
- Raivel dan Firman 2020. Karakteristik Endapan Nikel Laterit di Bawah Molasa Sulawesi Daerah Tinanggea, Sulawesi Tenggara. *Jurnal GEOMining Teknik Pertambangan Unkhair*, Vol.1 No. 1 (2020): 25-37
- Ramli, M., Aryanti, V.A., Nur, I., Thamrin, M. & Widodo, S., 2018. Survei Geolistrik untuk Pengembangan Irigasi Air Tanah di Kelurahan Lamatti Rilau - Sinjai , Sulawesi Selatan, *J. TEPAT Teknol. Terap. untuk Pengabd. Masy.*, vol. 1, pp. 137–146, 2018.
- Santoso, D. 2002. *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: ITB, 2002.
- Shaddad, A.R., Dzakir, L.O., 2022. Pengaruh Tingkat Pelapukan Terhadap Distribusi Ukuran Butir Pada Sampel Tanah Limonit dan Saprolit di Lokasi Penambangan Bijih Nikel Kecamatan Lasolo. *Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi (INSTEK)*, 5 (1): 12-15.
- Sheriff, R. 1986. *Prospecting Geophysical Method*. London: Cambridge University Press.
- Strecheisen. 1973. *Klasifikasi Batuan Ultramafik dalam British Geological Survey: Classification of igneous rocks*. Nottingham: UK
- Syafrizal., Heriawan, M.N., Notosiswoyo S., Anggayana K. 2009. Morphology and Geologic Structure Control of Nickel Laterite Deposition: Case Study Nickel Laterite Deposit in the Gee Island and Pakal Island, East Halmahera, North Maluku. *International Conference Earth Science and Technology (Volume 1)*. Yogyakarta, Indonesia Department of Geological Engineering, Gadjah Mada University.
- Syahrul, S., Dermawan, A., 2020. Penyebaran Nikel Laterit Menggunakan Korelasi Lapisan Pada PT. Vale Indonesia Site Pomalaa Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 8(1): 44 – 50.
- Syukran, M., Bakri, H., Djameluddin, Yudha, W., 2022. Model Sebaran Kadar Nikel Laterit Di PT. Sinar Jaya Sultara Utama. *Jurnal MINETECH (Volume 1)*. Kendari, Indonesia, Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Sulawesi Tenggara.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., & Keys, D.A. 1990. *Applied Geophysic*. Cambridge University Press, London.
- Todd, D. 1995. *Grounwater Hydrology, Associate Professor of Civil Eninnering*. California University.