

## PEMODELAN 3D ENDAPAN NIKEL LATERIT BERDASARKAN DATA GEOLISTRIK METODE SOUNDING STUDI KASUS LAPANGAN "D.I.B"

Eka Harris Suryawan<sup>1</sup>, Anik Hilyah, M. Haris Miftakhul Fajar, Agus Pajrin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

<sup>2</sup>PT. Aneka Tambang Tbk.  
e-mail: ekaharriss25@gmail.com

**Abstrak.** Nikel di Indonesia dijumpai dalam bentuk nikel laterit hasil pelapukan batuan ultramafik. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, jumlah rata-rata ekspor nikel dari tahun 2002 hingga 2014 mencapai angka 17.103.785 ton/tahun. Hal itu menunjukkan eksplorasi nikel yang berkelanjutan sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan industri terkait. Salah satu tahapan dalam kegiatan eksplorasi nikel adalah penentuan volume endapan. Pada penelitian ini dilakukan pengolahan terhadap data eksplorasi metode geolistrik *sounding* yang bertujuan untuk menentukan volume endapan nikel laterit di blok selatan daerah Pomalaa, Sulawesi Tenggara. Penentuan volume tersebut didasarkan pada model endapan yang dibuat dari hasil pengolahan metode geolistrik *sounding*. Metode geolistrik *sounding* mampu membedakan kontras resistivitas antara batuan dasar dan endapan nikel laterit. Pada penelitian kali ini digunakan data sekunder resistivitas metode *sounding* sebanyak 4 lintasan yang berarah barat-timur dan data pemboran sebanyak 2 titik. Hasil penelitian ini menunjukkan endapan nikel laterit Pomalaa dapat dibagi menjadi 3 zona berdasarkan nilai resistivitasnya, zona *lateritic soil* dengan nilai resistivitas 5–55 Ohm.m, zona *peridotite boulder* dengan nilai resistivitas 56–170 Ohm.m, dan zona *bedrock* yang merupakan zona terbawah dengan nilai resistivitas 171–3000 Ohm.m. Ketebalan endapan nikel laterit rata-rata berdasarkan data resistivitas didapati sebesar 11,4 meter. Berdasarkan data resistivitas tersebut maka dibuat model 3D dengan volume total endapan sebesar 1.158.000 m<sup>3</sup>. Diharapkan volume endapan berdasarkan hasil eksplorasi geofisika metode *sounding* tersebut mampu memberikan gambaran awal yang akurat mengenai endapan nikel laterit dan menjadi rujukan dalam kegiatan pertambangan selanjutnya.

**Kata Kunci:** geolistrik; nikel laterit; resistivitas; volume

**Abstract.** In Indonesia, Nickel is evidently found in the form of nickel-laterite, resulted from weathering processes of ultramafic rocks. According to data of Statistic Central Agency, the average total of export from nickel from 2002 up to 2014 was 17.103.785 ton/year. It shows, then, that sustained exploration of nickel is highly required to satisfy necessity of related industry. One of phases in this exploration is determining of sedimentation volume. This research is aimed to make determining of nickel-laterite sedimentation's volume in the field of D.I.B, Pomalaa, South-East Sulawesi based on sedimentation model obtained from resistivity method. By this method, it can differentiate resistivity contrast between bedrock and nickel-laterite sedimentation. Hence, the research used secondary data of resistivity sounding method at 4 lines, directed on west-east and drilling data of 2 spots. As result, this research found that nickel-laterite in Pomalaa could be divided into 3 zones based on their resistivity, comprising of lateritic soil's zone having resistivity value of 5-55 ohm.m, peridotite boulder's zone having resistivity value of 56-170 ohm.m, and bedrock's zone becoming the most bottom zone by its resistivity value of 171-3000 ohm.m. The thickness of nickel-laterite sedimentation averagely based on resistivity data was 11,4 meters. According to such resistivity data, 4 models of 3D were, then, made with total of sedimentation volume of 1.158.000 m<sup>3</sup>. It is hoped that sedimentation volume based on exploration of geo-electricity of sounding method could be able to provide early accurate portrayal concerning on nickel-laterite sedimentation and become reference in further mining activity.

**Keywords:** geoelectricity; nickel-laterite; resistivity; volume

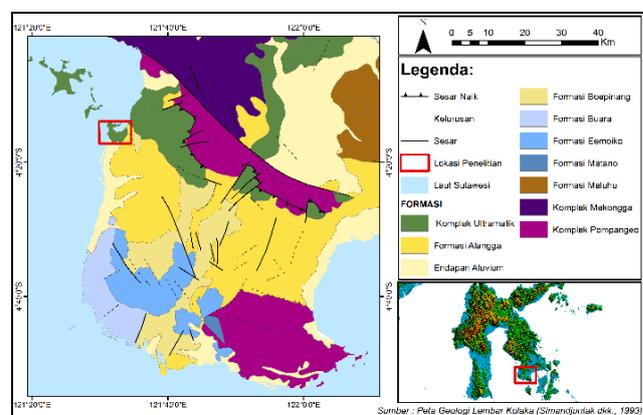
## PENDAHULUAN

Nikel merupakan bahan galian ekonomis yang dibutuhkan industri. Nikel banyak dimanfaatkan untuk industri berat, komponen kendaraan bermotor, peralatan laboratorium, hingga sebagai bahan campuran pembuatan baja tahan karat. Di Indonesia, nikel hanya ditemukan dalam bentuk nikel sekunder atau biasa disebut nikel laterit (Isjudarto, 2013). Kebutuhan industri akan nikel dapat dilihat dari jumlah ekspor nikel Indonesia. Berdasarkan data (Badan Pusat Statistik, 2018), jumlah rata-rata ekspor nikel dari tahun 2002 hingga 2014 mencapai angka 17.103.785 ton/tahun. Hal itu menunjukkan eksplorasi nikel yang berkelanjutan sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan industri terkait.

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 dkk., 2005). Metode geofisika yang terbukti berhasil untuk kegiatan eksplorasi nikel laterit yaitu metode geolistrik *sounding* (Peric, 1981). Metode ini merupakan metode satu dimensi yang bertujuan untuk mendapatkan variasi resistivitas berdasarkan perbedaan kedalaman. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Peric (1981), ketebalan dan resistivitas endapan nikel laterit dapat diketahui berdasarkan interpretasi hasil pengolahan data geolistrik *sounding*. Interpretasi dan penentuan ketebalan endapan nikel juga menggunakan data hasil pemboran dan data profil yang diperoleh melalui observasi geologi juga digunakan laterit. Penggunaan data tambahan tersebut dimaksudkan agar data ketebalan yang diperoleh memiliki tingkat kepercayaan tinggi. Data ketebalan yang diperoleh kemudian digunakan untuk membuat model endapan nikel laterit sehingga volume endapan dapat ditentukan (Jarwinda, 2015).

Lokasi penelitian secara geologi dapat dilihat pada Gambar 1. Lapangan "D.I.B" terletak di atas batuan ultramafik Ofiolit Sulawesi Timur dengan dominasi batuan peridotit (serpentin) (Kamaruddin dkk., 2018). Kompleks Ofiolit Sulawesi Timur diduga berasal dari pecahan lempeng samudra pasifik yang terpecah akibat adanya *mid-oceanic ridge* (MOR) (Kadarusman dkk., 2004). Ditinjau berdasarkan morfologinya, lokasi penelitian mayoritas memiliki morfologi perbukitan bergelombang tinggi dengan

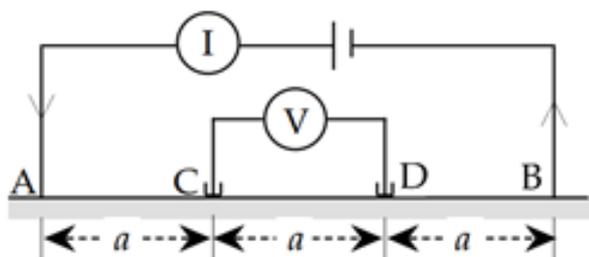
kelerengan mencapai 70°, pada morfologi ini lateritisasi tidak dapat berkembang dengan baik dan dapat dijumpai singkapan batuan dasar di permukaan (Kamaruddin dkk., 2018). Keterdapatannya batuan ultramafik tersebut menjadi sumber utama nikel laterit yang merupakan residu hasil pelapukan kimia pada batuan ultramafik. Proses lateritisasi berlangsung selama jutaan tahun dimulai ketika batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi sampai menghasilkan berupa residu nikel yang dipengaruhi oleh faktor laju pelapukan, struktur geologi, iklim, topografi, reagen-reagen kimia dan vegetasi serta waktu (Sukaesih, 2015).



Gambar 1. Peta geologi regional Sulawesi Tenggara (Simandjuntak dkk., 1993)

## METODOLOGI

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data resistivitas metode *vertical electrical sounding* (VES) dan data pemboran hasil akuisisi oleh Unit Geomin PT. ANTAM Tbk. Titik pemboran berjumlah 17 titik bor yang tersebar di utara-selatan Blok Selatan. Kedalaman titik mencapai 8 meter dan 30 meter. Lintasan pengukuran metode *vertical electrical sounding* (VES) membentang dari arah barat-timur sepanjang 300 meter sejumlah 13 lintasan dengan jarak masing-masing lintasan rata-rata sejauh 100 meter. Konfigurasi yang digunakan ialah konfigurasi wenner dengan jarak antar titik pengukuran VES sejauh 12,5 meter dan spasi elektroda terjauh mencapai 60 meter.



Gambar 2. Skema susunan elektroda konfigurasi Wenner (Lowrie, 2007)

Konfigurasi Wenner yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2, memiliki ciri khas yaitu elektroda potensial (CD) dan elektroda arus (AB) memiliki titik tengah yang sama serta jarak antar elektroda yang bersebelahan adalah sama, maka  $r_{AC}=r_{DB}=a$  dan  $r_{CB}=r_{AD}=2a$ . Konstanta geometri dan *apparent resistivity* konfigurasi Wenner disajikan dalam persamaan berikut ini:

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

$$\rho_a = 2\pi a \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

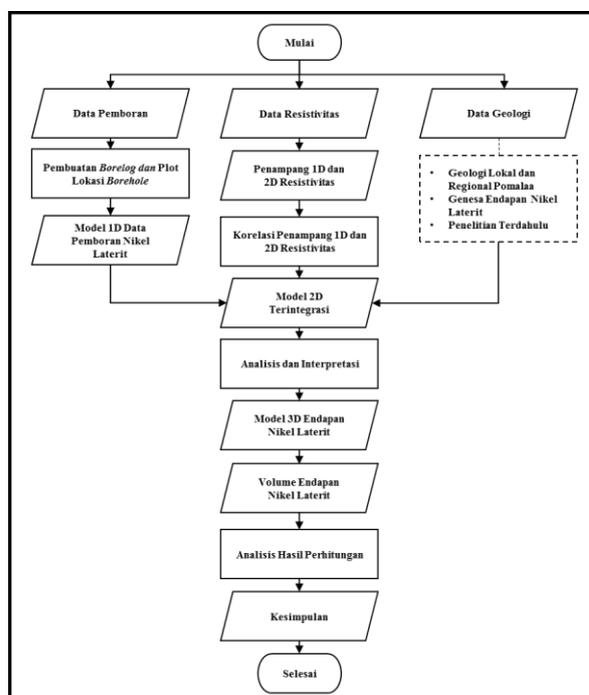
Konfigurasi Wenner digunakan karena memiliki *signal to noise ratio* yang baik dan berdasarkan beberapa penelitian terdahulu sangat baik untuk memetakan lapisan berlapis vertikal (Loke, 2015; Reynolds, 1997).

Tahapan pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu melakukan pengolahan data pemboran. Pengolahan data pemboran dilakukan hingga menghasilkan model 1D dan *borehole profile* lengkap dengan informasi yang mendukung tujuan penelitian ini. Model 1D dan *borehole profile* tersebut digunakan sebagai acuan utama dalam melakukan interpretasi dan analisis penampang resistivitas endapan nikel laterit.

Tahapan berikutnya adalah melakukan pengolahan data resistivitas. Data resistivitas yang mengandung informasi spasi elektroda dan *apparent resistivity* masing-masing titik pengukuran diolah secara 1D dan 2D. Pengolahan secara 1D maupun 2D sama-sama bertujuan untuk mendapatkan nilai *true resistivity*. Pengolahan secara 2D dilakukan dengan melakukan proses inversi algoritma *least-square with smoothness constraint* menggunakan perangkat lunak kemudian dilakukan pula pengaturan skala warna untuk setiap lintasan pengukuran resistivitas. Pengolahan 1D

yang menggunakan algoritma non-linear optimization method dilakukan sebagai kontrol dari hasil pengolahan secara 2D. Pengolahan bertujuan mendapatkan penampang resistivitas 1D yang kemudian akan dikorelasikan dengan penampang resistivitas 2D, dengan harapan ditemukan kecocokan yang tinggi antara kedua penampang. Hasil model 1D data pemboran kemudian digabungkan dengan penampang 1D dan 2D agar dihasilkan sebuah penampang 2D terintegrasi dari endapan nikel laterit daerah penelitian. Interpretasi dilakukan berdasarkan penampang 2D terintegrasi pada setiap lintasan pengukuran resistivitas untuk mengidentifikasi endapan nikel laterit, kemudian dilakukan pembuatan data ketebalan endapan di tiap lintasan.

Tahapan terakhir dilakukan setelah didapatkan data ketebalan endapan nikel laterit di tiap lintasan. Data tersebut digunakan untuk membuat model 3D dari endapan nikel secara keseluruhan. Dari model 3D didapatkan pula luasan model serta volume endapan nikel yang kemudian dapat dilakukan analisis dan interpretasi secara keseluruhan terhadap endapan nikel laterit di daerah penelitian.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan 2 buah data pemboran yaitu berupa sebuah penampang profil endapan nikel laterit blok selatan Pomalaa yang ditampilkan dalam

Gambar 5a dan 5b. Data pemboran pada lintasan 1 menunjukkan terdapat zona *saprolite* pada kedalaman 0-3 m, zona *boulder* pada kedalaman 3-6 m dan zona *bedrock* pada kedalaman 6-8 m. Pada lintasan 2, berdasarkan data pemboran didapati zona *saprolite* pada kedalaman 0-8 m, kemudian terdapat sisipan zona *boulder* setebal 1 meter yang diikuti zona *saprolite* pada kedalaman 9-10 m dan zona *boulder* kembali dijumpai hingga kedalaman 18 m. Proses inversi secara 2D menghasilkan penampang resistivitas (Gambar 6 – Gambar 9) dengan variasi nilai sebesar 2.87 Ohm.m hingga 3000 Ohm.m. Seluruh penampang menunjukkan adanya gradasi dan perubahan nilai resistivitas dominan secara vertikal. Hal tersebut sesuai dengan tipe geologi endapan nikel laterit yang berupa lapisan endapan yang menerus horizontal. Batas toleransi nilai RMS error untuk hasil inversi 2D dalam penelitian ini yaitu sebesar 10%. Nilai RMS error tersebut menjadi salah satu parameter tingkat kepercayaan hasil inversi 2D. Hasil pengolahan secara 1D menghasilkan penampang 1D sebanyak 24 buah yang tersebar di 4 lintasan dengan spasi antar titik  $\pm 50$  meter. Penampang 1D yang berupa resistivity log tersebut kemudian diubah menjadi menjadi log sederhana dengan simbol warna tertentu kemudian dilakukan *plotting* pada penampang 2D.

Pada penelitian kali ini didapatkan hasil yang menunjukkan endapan nikel laterit di daerah penelitian dibagi menjadi 3 zona berdasarkan nilai resistivitasnya (*geolectric layer*). Zona tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Zona laterit (*lateritic soil*)

Zona ini merupakan lapisan paling atas dengan nilai resistivitas 5 – 55 Ohm.m. Lapisan ini memiliki ketebalan rata-rata 9 m. Berdasarkan nilai resistivitasnya, lapisan ini diinterpretasikan sebagai lapisan endapan nikel laterit (*lateritic soil*) yang bila dikorelasikan dengan data pemboran terdiri dari zona *limonite* dan zona *saprolite*, namun pada penelitian kali ini zona *lateritic soil* tersebut didominasi oleh zona *saprolite*. Nilai resistivitas rendah pada zona ini disebabkan karena zona ini

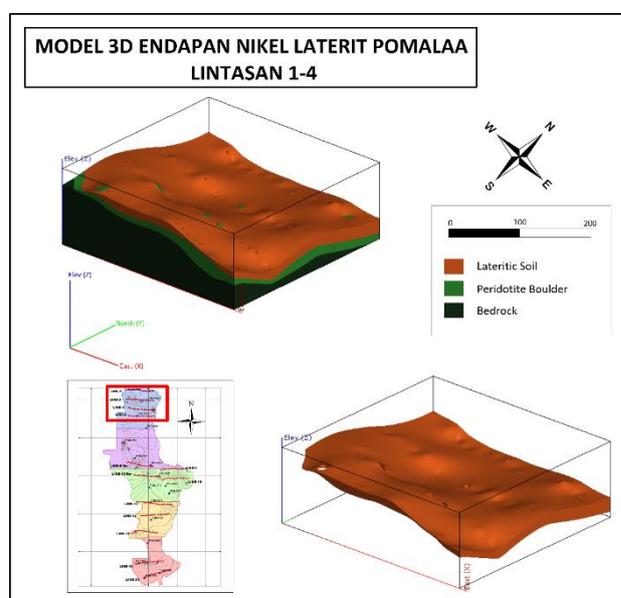
kaya dengan mineral lempung yang bersifat konduktif (Peric, 1981; Savin dkk., 2003).

b. Zona *peridotite boulder*

Zona ini berada tepat di bawah zona lateritic soil, dengan nilai resistivitas 56 – 170 Ohm.m. Adanya bongkah batuan peridotit berukuran *boulder* diatas *bedrock* menjadi ciri khas endapan nikel laterit blok selatan (Kamaruddin dkk., 2018). Keberadaan zona ini divalidasi oleh semua data pemboran. Boulder batuan peridotit pada zona ini masih memiliki sifat fisis dari batuan asalnya sehingga memiliki nilai resistivitas yang lebih tinggi dari pada endapan laterit. Ketebalan dari zona ini berkisar 7 hingga 15 meter.

c. Zona *bedrock*

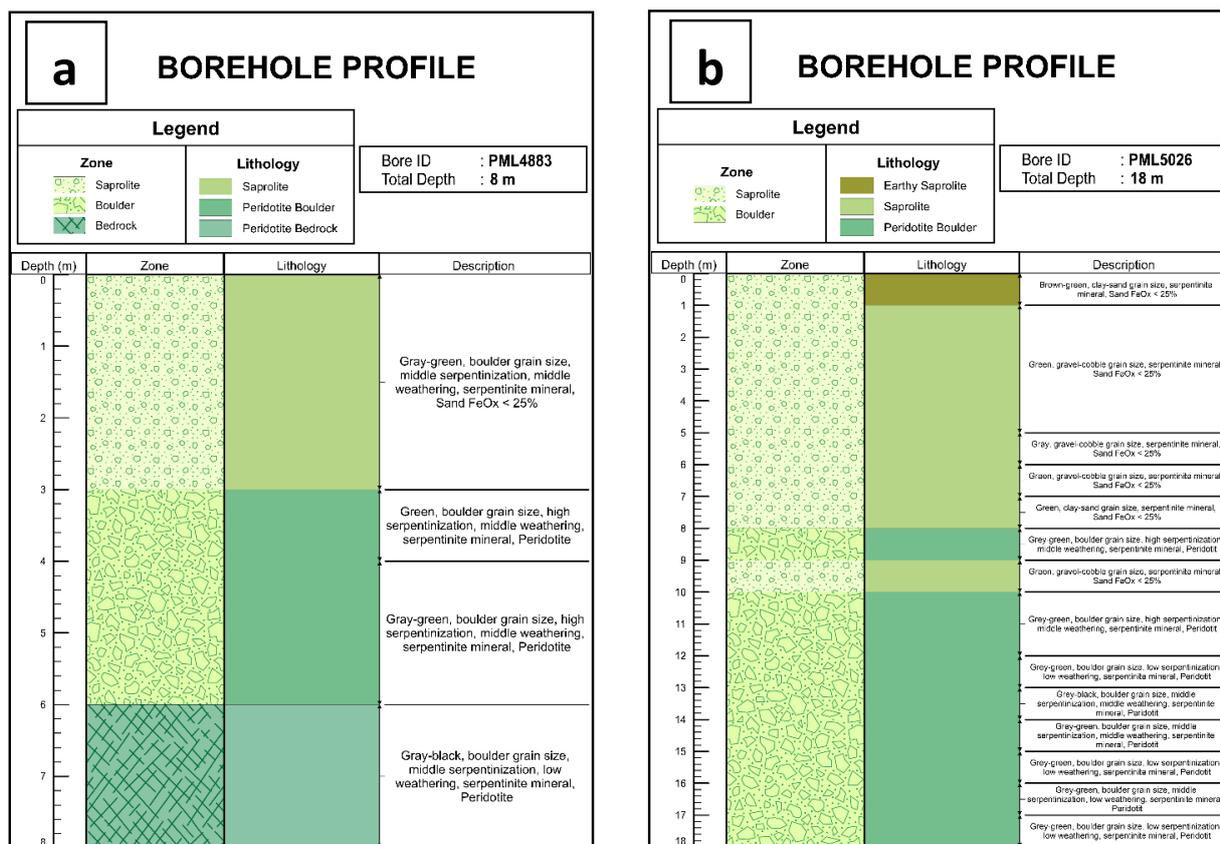
Zona ini didapati pada kedalaman 25 – 30 meter dari permukaan. Nilai resistivitas zona ini sangat tinggi berkisar antara 171 Ohm.m hingga 3000 Ohm.m. Berdasarkan data pemboran dan data geologi maka zona ini dapat diinterpretasikan sebagai *bedrock* dengan litologi berupa batuan peridotit masif dengan tingkat pelapukan yang rendah.



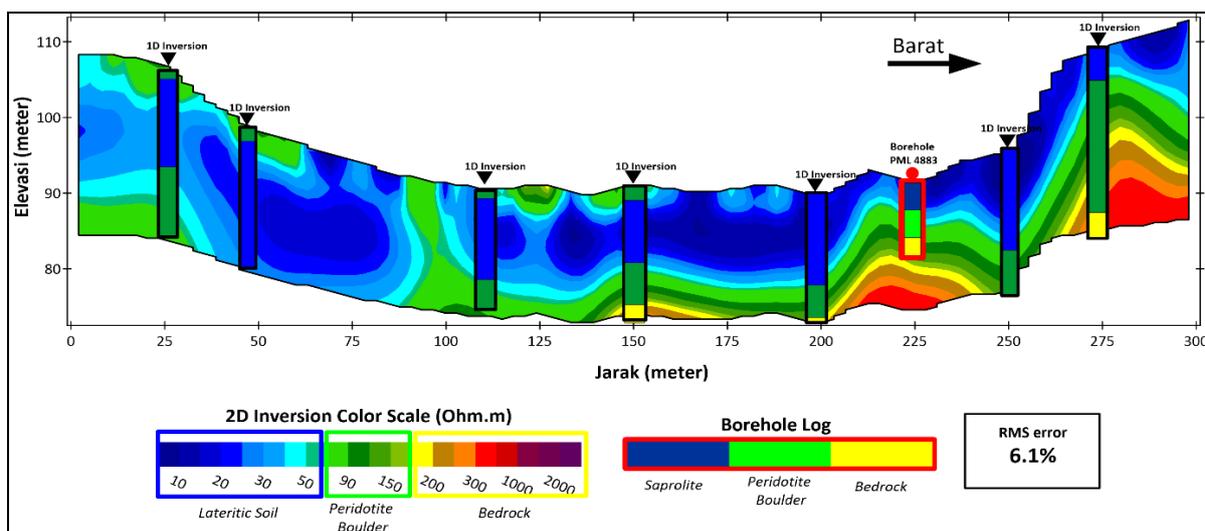
Gambar 4. Model 3D endapan nikel laterit lapangan “D.I.B” yang dibuat berdasarkan data geolistrik lintasan 1,2,3 dan 4

Berdasarkan data resistivitas dan data pemboran maka diketahui ketebalan nikel lintasan 1, 2, 3, dan 4 rata-rata setebal 11,4 meter. Untuk mengetahui volume endapan nikel laterit maka dilakukan pemodelan terhadap seluruh lintasan pengukuran resistivitas. Model 3D yang dibuat berdasarkan data resistivitas lintasan 1,2,3, dan 4 (Gambar 4) menggambarkan 3 buah zona laterit sesuai dengan interpretasi penampang 2D yaitu zona *lateritic soil* yang merupakan zona endapan nikel laterit, zona *peridotite boulder* yang

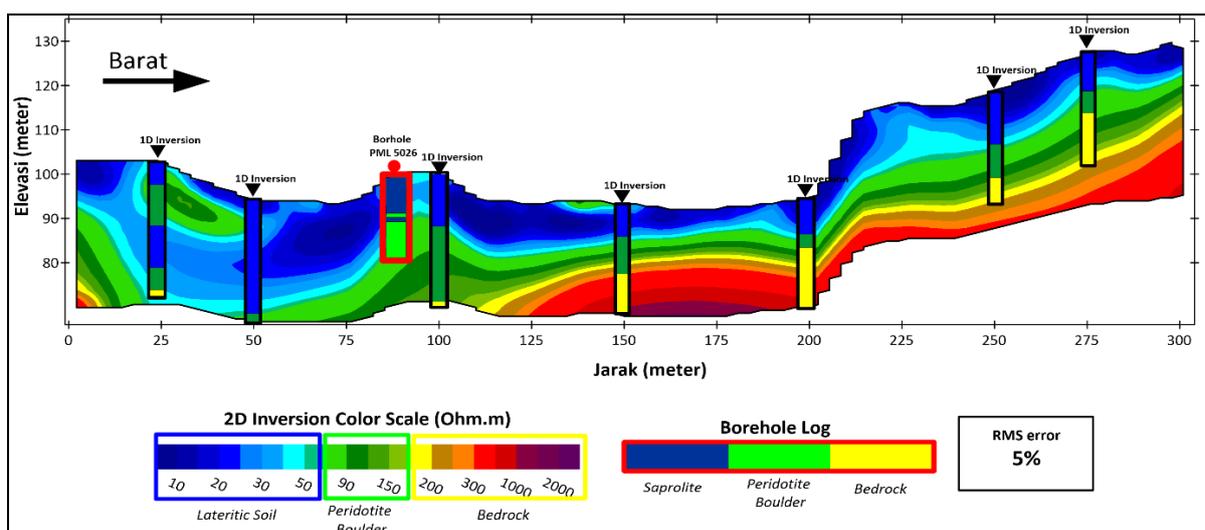
merupakan zona batuan peridotit berukuran *boulder* yang tepat berada diatas zona terkahir yaitu zona *bedrock* atau batuan induk. Luasan model 3D yang didapatkan sebesar 219.210 m<sup>2</sup> dengan volume endapan diketahui sebesar 1.158.000 m<sup>3</sup>.



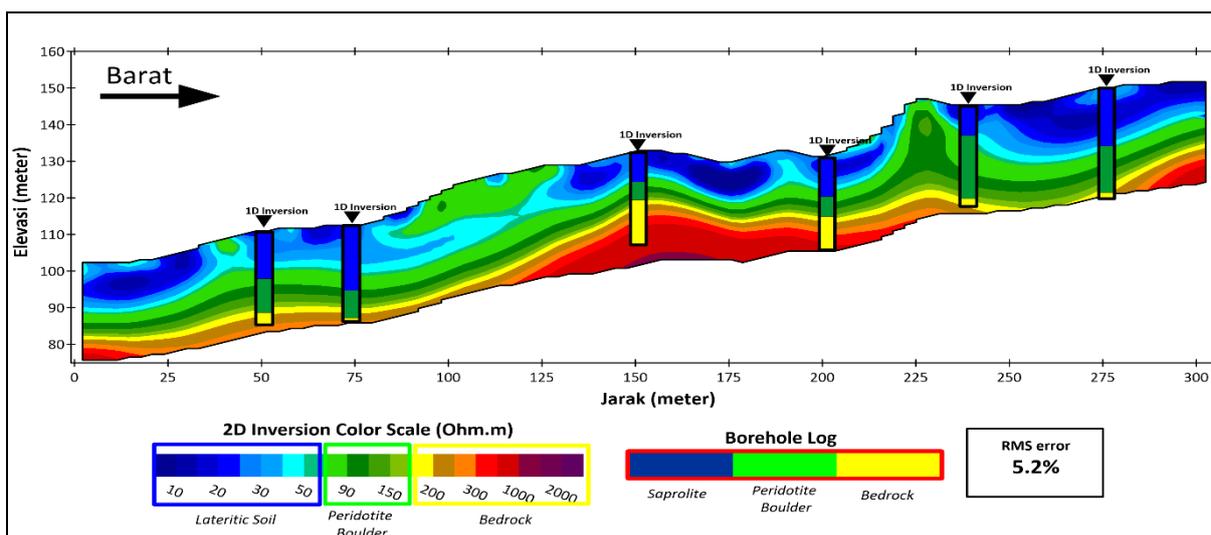
Gambar 5. Penampang *borehole profile* titik pemboran PML4883 lintasan 1 (a) titik pemboran PML5026 lintasan 2 (b)



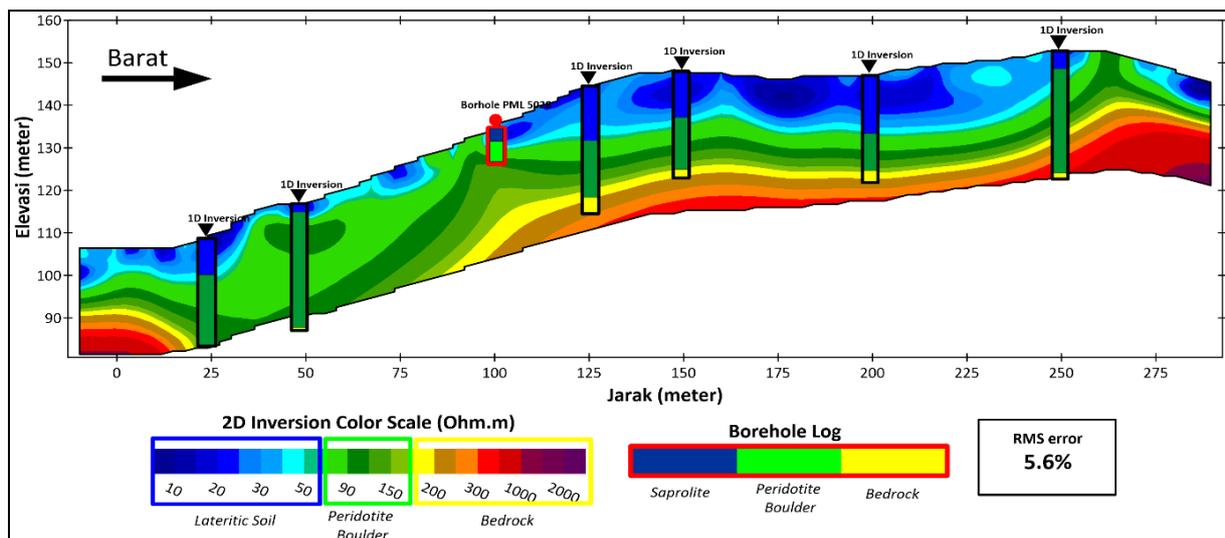
Gambar 6. Penampang 2D terintegrasi hasil inversi 1D dan data pemboran lintasan 1



Gambar 7. Penampang 2D terintegrasi hasil inversi 1D dan data pemboran lintasan 2



Gambar 8. Penampang 2D terintegrasi hasil inversi 1D dan data pemboran lintasan 3



Gambar 9. Penampang 2D terintegrasi hasil inversi 1D dan data pembooran lintasan 4

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas maka didapat beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Metode *vertical electrical sounding* (VES) mampu mengidentifikasi endapan nikel laterit berdasarkan kontras nilai resistivitas secara baik dan sejalan dengan data pendukung berupa data pembooran
2. Berdasarkan nilai resistivitasnya maka endapan nikel laterit daerah penelitian dapat dibagi menjadi 3 *geolectrical layer* yaitu zona resistivitas rendah (5 – 55 Ohm.m) yang diinterpretasikan sebagai *zona lateritic soil* atau zona dimana terdapat endapan nikel laterit, zona resistivitas sedang (56 – 170 Ohm.m) yang diduga sebagai zona *peridotite boulder* dan zona resistivitas tinggi (171 – 3000 Ohm.m) yang diduga sebagai *bedrock* dengan litologi berupa batuan peridotit.
3. Didapatkan volume total endapan nikel laterit daerah penelitian sebesar 1.158.000 m<sup>3</sup>.

### Saran

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis pada penelitian ini, penulis memiliki saran sebagai berikut:

1. Perlu ditambahkan titik pembooran yang lebih banyak di setiap lintasan agar interpretasi yang dilakukan dapat lebih

akurat dan mampu didapatkan kesesuaian profil endapan nikel laterit secara geologi dan geofisika.

2. Sebaiknya ditambahkan data-data yang menunjukkan kualitas endapan dalam proses pemodelan 3D nikel laterit seperti data kadar untuk mendukung data geofisika agar didapatkan model endapan dengan akurasi dan tingkat kepercayaan yang tinggi.
3. Bila akan dilakukan perhitungan volume menggunakan metode geofisika perlu dilakukan penyesuaian kembali terhadap lintasan pengukuran. Sebaiknya dilakukan pengukuran dalam bentuk grid sehingga didapatkan data yang lebih rapat dan memiliki distribusi yang lebih ideal.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih PT. ANTAM Tbk. atas terlaksananya penelitian ini dan persetujuan yang diberikan sehingga artikel ini dapat terselesaikan.

### DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik (2018), *Ekspor Biji Nikel Menurut Negara Tujuan Utama, 2002-2015*. Diambil 1 November 2019, dari <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/>

1033/ekspor-bijih-nikel-menurut-negara-tujuan-utama-2002-2015.html.

Isjudarto, A. (2013), "Pengaruh Morfologi Lokal Terhadap Pembentukan Nikel Laterit", *Seminar Nasional ke 8 : Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*,.

Jarwinda (2015), *Penentuan Volume Lapisan Saprolit Daerah Penelitian Dengan Menggunakan Metode ERT (Electrical Resistivity Tomography)*,.

Kadarusman, A., Miyashita, S., Maruyama, S., Parkinson, C.D. dan Ishikawa, A. (2004), "Petrology, Geochemistry and Paleogeographic Reconstruction of the East Sulawesi Ophiolite, Indonesia", *Tectonophysics*, Vol.392, No.1-4, hal. 55-83.  
<http://doi.org/10.1016/j.tecto.2004.04.008>.

Kamaruddin, H., Mega F Rosana dan Sulaksana, N. (2018), "Profil Endapan Laterit Nikel Di Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara", *Buletin Sumber Daya Geologi*, Vol.13.

Loke, D.M.H. (2015), *Tutorial: 2-D and 3-D Electrical Imaging Surveys*, hal. 136.

Notosiswoyo, S., Lilah, S., Mt, S., Heriawan, M.N., Mt, S., Widayat, A.H. dan Mt, S. (2005), *Metode Perhitungan Cadangan*, Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Ilmu Kebumihan dan Teknologi Mineral Institut Teknologi Bandung.

Peric, M. (1981), "EXPLORATION OF BURUNDI NICKELIFEROUS LATERITES BY ELECTRICAL METHODS\*", *Geophysical Prospecting*, Vol.29, No.2, hal. 274-287.  
<http://doi.org/10.1111/j.1365-2478.1981.tb00405.x>.

Reynolds, J.M. (1997), *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*, John Wiley, Chichester ; New York.

Simandjuntak, Surono dan Sukido (1993), *Peta Geologi Regional Lembar Kolaka, Sulawesi*,.

Sukaesih (2015), *Atlas Mineral dan Batuan Endapan Nikel ESDM*, Diambil dari <http://psdg.bgl.esdm.go.id/kolokium/2015/sartek/1.pdf>.