

MODEL ENDAPAN NIKEL LATERIT DAERAH MOLAWE KABUPATEN KONAWE UTARA PROVINSI SULAWESI TENGGAHA

Model of Laterite Nickel Deposit In The Molawe Area North Konawe District Southeast Sulawesi Province

RAIVEL¹, HASRIANTO²

¹. Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sulawesi Tenggara, Kendari

². Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi dan Bisnis Arung Palakka, Bone

Korespondensi e-mail: raivelgeologi011@gmail.com

ABSTRAK

Sulawesi Tenggara merupakan daerah yang memiliki cadangan nikel laterit terbesar nomor satu di Indonesia dan terdapat perusahaan industri dalam pengolahan nikel laterit. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model nikel laterit sebagai salah satu acuan dalam eksplorasi dan penambangan. Metode penelitian yang digunakan yaitu pengamatan lapangan melalui data pengeboran dan pemodelan endapan nikel dengan *software surpac* 6.5.1, sedangkan analisis laboratorium menggunakan XRF (*X-Ray Fluorescence*). Hasil penelitian menunjukkan lapisan limonit, saprolit dan *badrock* memiliki ketebalan dan kadar Ni yang berbeda-beda setiap lapisan dan titik bor. Lapisan limonit memiliki ketebalan 3 -10 meter dengan kadar Ni 0,29 - 1,38 % dan Fe 19 - 53 %, saprolit memiliki ketebalan 2 - 13 dengan kadar Ni 1,40 - 2,34 % dan Fe 5,79 - 40,44 %. Berdasarkan blok model endapan nikel total volume dan tonase pada COG Ni 1,4 % yaitu 98.573 M³ dan 128.145 WMT dengan total kadar Ni 1,61 %, total volume dan tonase pada COG Ni 1,6 % yaitu 51.342 M³ dan 66.745 WMT dengan total kadar Ni 1,71 %, total volume dan tonase pada COG Ni 1,6 % yaitu 51.342 M³ dan 66.745 WMT dengan total kadar Ni 1,71 %.

Kata kunci: Model, Nikel Laterit, Konawe Utara

ABSTRACT

*Southeast Sulawesi is an area that has the number one largest laterite nickel reserves in Indonesia and there are industrial companies in laterite nickel processing. This study aims to determine the nickel laterite model as a reference in exploration and mining. The research method used was field observation through drilling data and modeling of nickel deposits with *surpac* 6.5.1 software, while laboratory analysis used XRF (*X-Ray Fluorescence*). The results showed that the limonite, saprolite and *badrock* layers had different thicknesses and Ni levels for each layer and drill point. The limonite layer has a thickness of 3 -10 meters with a Ni content of 0.29 - 1.38% and Fe 19 - 53%, saprolite has a thickness of 2 - 13 with a Ni content of 1.40 - 2.34 % and Fe 5.79 - 40,44 %. Based on the nickel deposit block model, the total volume and tonnage at COG Ni 1.4% is 98,573 M3 and 128,145 WMT with a total Ni content of 1.61%, the total volume and tonnage at COG Ni 1.6% is 51,342 M3 and 66,745 WMT with a total Ni content is 1.71%, total volume and tonnage at COG Ni 1.6% is 51,342 M3 and 66,745 WMT with a total Ni content of 1.71%.*

Keywords: Model, Laterite Nickel, North Konawe

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 01 April 2023
Received in from 02 April 2023
Accepted 03 April 2023

Licensed By:

Creative Commons Attribution 4.0 International License.

How to Cite:

Raivel, R., Hasrianto, H. 2023. Model Endapan Nikel Laterit Daerah Molawe Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. *Mining Science and Technology Journal*, 2 (1): 70-81.

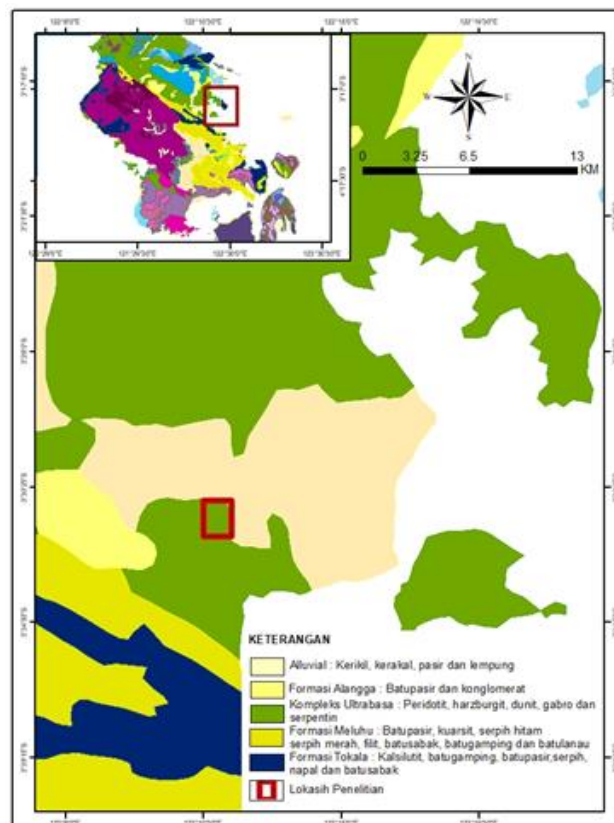
Raivel, R., Hasrianto, H. 2023. *Model of Laterite Nickel Deposit In The Molawe Area North Konawe District Southeast Sulawesi Province*. *Mining Science and Technology Journal*, 2 (1): 70-81.

PENDAHULUAN

Nikel laterit adalah mineral logam yang terbentuk dari proses pelapukan batuan ultramafik yang menyebabkan terjadinya pengkayaan unsur Ni, Fe, Mn, dan Co secara residual dan sekunder (Syafriзал, dkk, 2011). Proses pelapukan ini telah berlangsung selama jutaan tahun yang dimulai sejak batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi. Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit adalah topografi, batuan asal dan tingkat pelapukan (Kurniadi, dkk, 2017; Maulana, 2017). Faktor lain yang juga menentukan laju pelapukan dan laterisasi pada batuan ultrabasa membentuk endapan nikel laterit yaitu struktur geologi (Hasria, dkk, 2019; 2021). Endapan ini mempunyai banyak manfaat antara lain sebagai bahan *stainless steel* atau baja tahan karat yang diaplikasikan untuk peralatan rumah tangga (seperti, sendok, garpu dan peralatan masak lainnya), ornamen-ornamen rumah dan komponen industri lainnya (Sukandarrumidi, 2007).

Sulawesi Lengan Tenggara merupakan salah satu daerah yang memiliki sumber daya nikel laterit terbesar di Indonesia (Prasetyo, 2016), yang tersebar di beberapa daerah khususnya Konawe Utara. Daerah ini terdapat banyak perusahaan yang memiliki Izin Usaha Pertambangan (IUP) dan melakukan aktivitas pertambangan diantaranya PT. Aneka Tambang Tbk, PT. Cinta Jaya, PT. Kabaena Kromit Prathama, PT. Rizqi Biokas Pratama, PT. Bumi Konawe Minerina, PT. Bumi Nikel Nusantara dan PT. Sumber Bumi Putera. Selain itu, di Sulawesi Tenggara dilengkapi dengan pabrik pengolahan dan pemurnian nikel laterit (smelter) yang berada di Morosi Kabupaten Konawe yang berbatasan langsung dengan Konawe Utara yaitu *Virtu Dragon Nickel Industry* dan *Obsidian Stainless Steel*.

Secara geologi regional daerah penelitian berada pada geomorfologi pegunungan yang disusun oleh batuan kompleks ultrabasa (**Gambar 1**) seperti peridotit, harzburgit, dunit, gabro dan serpentin yang berumur Kapur (Rusmana, dkk, 1993; Surono, 2013) dan beberapa formasi batuan sedimen di sekitarnya seperti Formasi Meluhu dan Formasi Tokala yang berumur Trias hingga Jura serta Formasi Alangga yang berumur Plistosen (Rusmana, dkk, 1993; Surono, 2013). Struktur daerah ini dilalui dan dikontrol oleh Sesar Lawanopo (Surono, 2013; Surono dan Hartono, 2013) dan Sesar Lasolo (Surono dan Hartono, 2013)



Gambar 1. Peta geologi dan lokasi penelitian

Explorasi dan pemodelan endapan nikel laterit sangat penting untuk mencapai efisiensi dalam aktivitas penambangan baik waktu maupun biaya. Sebab, setiap daerah yang memiliki endapan nikel laterit memiliki pola sebaran dan model yang berbeda. Menurut Kusuma, dkk, 2019, topografi mengontrol arah sebaran dari endapan nikel laterit utamanya sebaran secara lateral maupun secara vertikal. Ketebalan endapan nikel laterit dipengaruhi oleh kondisi geomorfologi area atau lokasi setempat. Proses lateritisasi akan terbentuk dengan baik pada morfologi landai, karena memungkinkan terbentuknya endapan nikel laterit yang cukup tebal di zona saprolit. Profil endapan nikel laterit terdiri dari tanah penutup, zona limonit, zona transisi, zona saprolit dan batuan dasar.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model endapan nikel laterit sebagai salah satu acuan dalam explorasi dan penambangan pada daerah yang memiliki potensi endapan nikel laterit sebelum dilakukan proses penambangan. Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu memberikan solusi terhadap permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan yang berkaitan dengan estimasi sumberdaya sebelum melakukan kegiatan pertambangan.

Daerah penelitian secara administrasi terletak pada daerah Puusuli wilayah konsesi pertambangan PT. Sumber Bumi Putra Kecamatan Molawe Kabupaten Utara, Sulawesi Tenggara. Daerah penelitian berjarak ± 98 km dari kota Kendari, dapat dicapai melalui jalur darat baik menggunakan kendaraan roda dua maupun roda empat (**Gambar 1**).

METODE PENELITIAN

Persiapan

Tahap persiapan yaitu studi literatur dari peneliti terdahulu seperti jurnal dan buku-buku yang berkaitan dengan topik penelitian serta mengumpulkan data untuk menunjang pelaksanaan penelitian seperti peta topografi dan peta geologi regional.

Pengambilan Data Lapangan

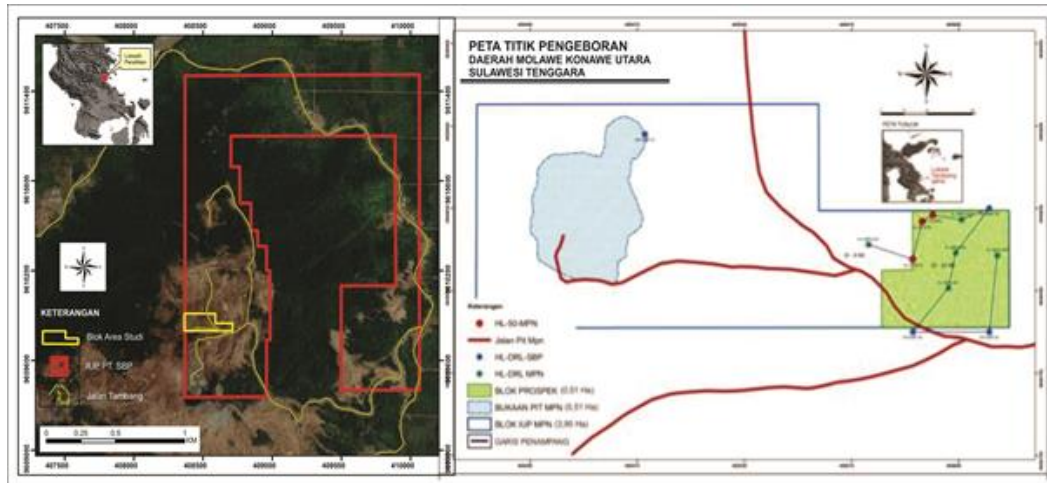
Penelitian dilakukan dengan pengambilan data secara langsung di lapangan yaitu melakukan pengeboran. Alat bor yang digunakan yaitu jenis bor MD (*Middle Dept*) untuk mengetahui karakteristik dan ketebalan endapan nikel laterit dibawah permukaan seperti *top soil*, limonit, saprolit dan *badrock* (**Gambar 2**).



Gambar 2. Aktivitas pengeboran nikel laterit daerah penelitian

Pengolahan dan Analisis Data

Analisis yang digunakan yaitu analisis XRF (*X-Ray Fluorescence*). Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kadar nikel laterit dan unsur lainnya pada lapisan *top soil*, limonit dan saprolit hingga *badrock*. Hasil data pengeboran berupa data collar, geologi, survey dan assay diolah dengan menggunakan software surpac 6.5.1 dengan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW). Data – data tersebut dipastikan lengkap, kemudian dilakukan pembuatan database. Data yang telah di input ke database menunjukan nol (0) *records* yang menandakan bahwa tidak adanya error dalam penginputan data logging bor ke database.

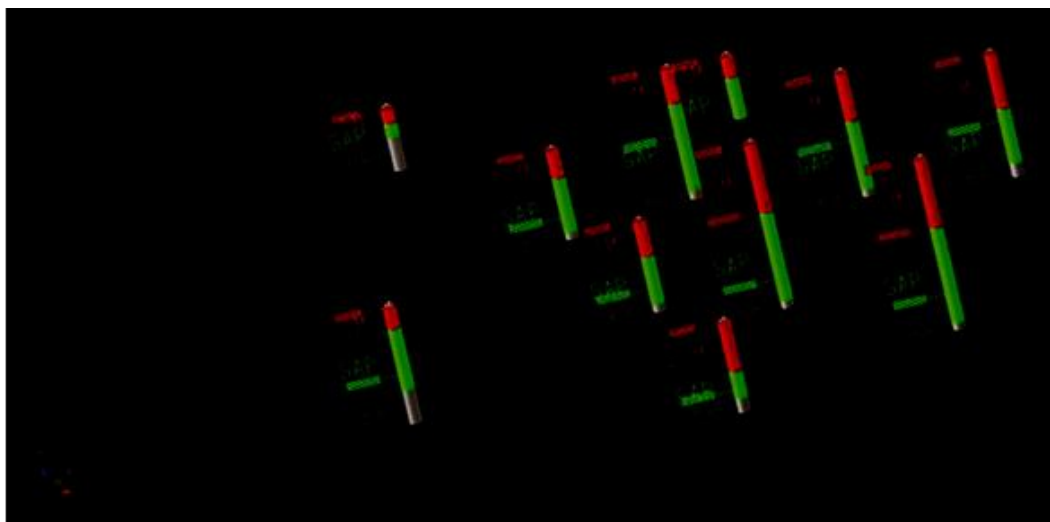


Gambar 3. Peta titik pengeboran daerah penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Endapan Nikel Laterit

Hasil pengamatan lapangan pada *core box* hasil pengeboran, susunan endapan nikel laterit yang dijumpai di daerah penelitian terbagi menjadi empat lapisan yaitu *top soil*, limonit, saprolit dan *badrock* (Gambar 4&9). Profil endapan nikel laterit yang terbentuk merupakan profil endapan yang normal tanpa endapan sedimen di bagian *overburden* (Raivel dan Firman, 2020).



Gambar 4. Profil endapan nikel laterit (*top soil*, limonit, saprolit dan *badrock*) daerah penelitian

a. *Top soil*

Lapisan *top soil* ini (**Gambar 5**) merupakan lapisan yang berada bagian paling atas dari profil endapan nikel laterit di daerah penelitian. Lapisan ini memiliki ketebalan 0,3 – 1 meter dengan karakteristik yaitu terdapat tumbuhan dan akar tanaman di dalam lapisan, berwarna merah, bertekstur halus dan memiliki komposisi mineral hematit.



Gambar 5. Lapisan top soil dan limonit daerah penelitian

b. Lapisan Limonit

Lapisan limonit (**Gambar 5&6**) merupakan lapisan kedua yang terletak di bagian atas lapisan saprolit dan di bagian bawah lapisan *top soil* pada profil laterit daerah penelitian. Lapisan ini memiliki ketebalan 3 -10 meter dengan karakteristik sebagai berikut; berwarna merah hingga kecoklatan, bertekstur halus dan memiliki komposisi mineral hematit dan goetit. Mineral hematit merupakan mineral yang paling dominan sehingga lapisan ini disebut *red limonite* dengan kadar Ni 0,29 – 1, 38 % dan Fe 19 – 53 %. Berdasarkan hasil geokimia menunjukan lapisan ini presentasi kadar Fe paling tinggi dan kadar Ni paling rendah dari pada lapisan saprolit. Hal ini di sebabkan unsur Fe merupakan unsur kimia yang memiliki sifat mobilitas rendah (*non-mobile*) (Kusuma dkk., 2019).



Gambar 6. Lapisan limonit daerah penelitian

c. Lapisan saprolit

Lapisan saprolit (**Gambar 7**) merupakan lapisan ketiga yang terletak di bagian bawah lapisan limonit dan di atas lapisan *bed rock*. Lapisan ini memiliki ketebalan 2 – 13 meter dengan karakteristik sebagai berikut; warna coklat kekuningan sedikit kehijauan, tekstur dan struktur serta mineral penyusun batuan asal masih tampak jelas. Ukuran butir dari saprolit

yakni lempung sampai material batuan yang muncul diantara material halus dengan kandungan kadar Ni 1,40 – 2,34 % dan Fe 5,79 – 40,44 %. Unsur Ni terkayakan bagian tengah lapisan saprolit dengan kadar 1,70 – 2,34 %, sedangkan unsur Fe terkayakan pada bagian atas lapisan saprolit atau kontak antara lapisan limonit dengan saprolit dengan kadar 40,44 % dan semakin berkurang dekat lapisan *badrock* dengan kadar Fe 1,41 %. Hal ini disebabkan unsur Fe merupakan unsur kimia yang memiliki sifat mobilitas rendah (*non-mobile*), sedangkan unsur Ni memiliki sifat mobilitas tinggi (Kusuma dkk., 2019). Komposisi mineral lapisan ini yaitu serpentin, silika dan geotit. Mineral geotit merupakan mineral yang paling dominan, sedangkan mineral garnerit hampir tidak terlihat pada semua lapisan ini. Hal ini menunjukkan tipe dari endapan nikel laterit ini merupakan *oxide laterite nickel*.



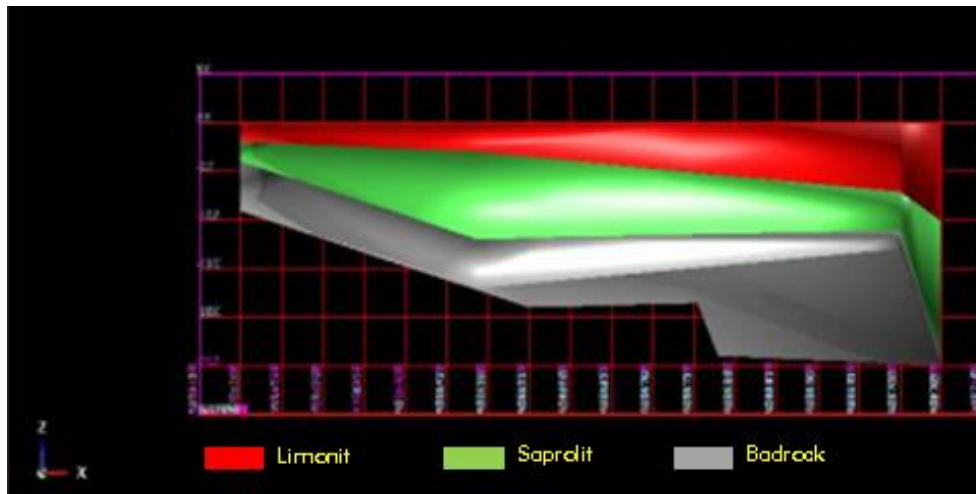
Gambar 7. Lapisan saprolit daerah penelitian

d. Batuan dasar (*Badrock*)

Lapisan *badrock* adalah lapisan paling bawah dari profil endapan nikel laterit yang terdiri dari batuan induk yang relatif belum mengalami pelapukan atau belum mengalami perubahan baik secara fisika maupun kimia (Ahmad, 2008). Lapisan ini di jumpai dibagian bawah lapisan saprolit dengan ketebalan kurang lebih satu meter dengan karakteristik sebagai berikut; memiliki warna lapuk coklat, warna segar hijau kehitaman, tekstur kristalin dan struktur massif hingga terdapat struktur kekar. Komposisi mineral lapisan ini berupa olivin, piroksin, serpentin. Lapisan ini memiliki kadar Ni 0,23 – 1,38 % dan Fe 4,0 – 19,07 % (**Gambar 7**).



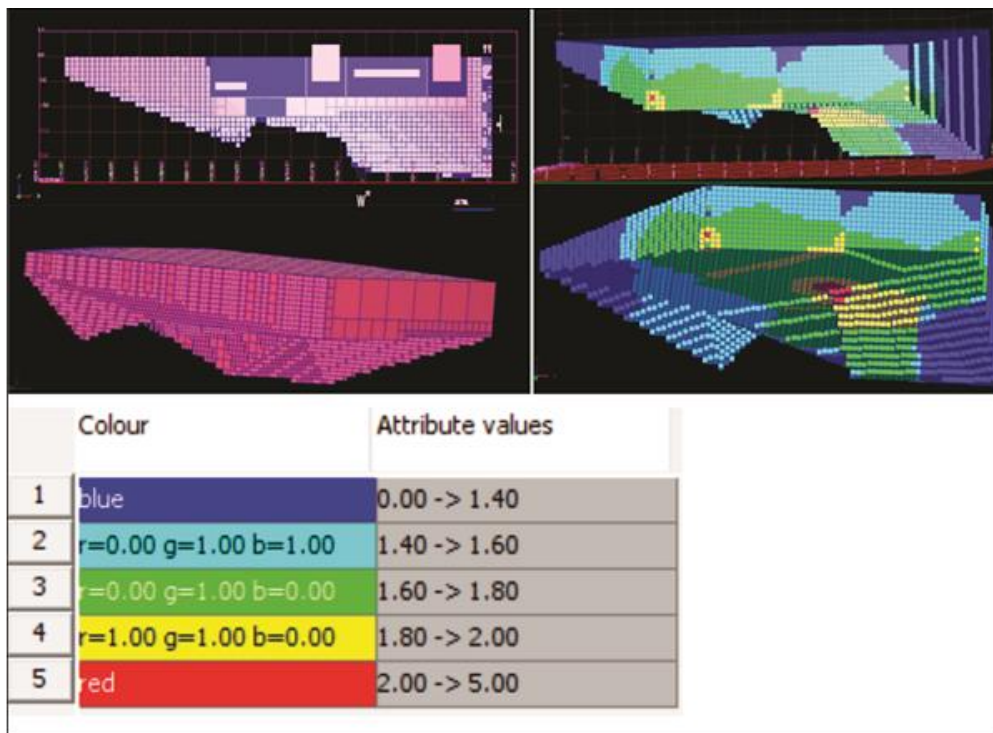
Gambar 8. *Badrock* (batuan peridotit) dan saprolit daerah penelitian



Gambar 9. Block model profil lapisan endapan nikel laterit daerah penelitian

Model Endapan Nikel Laterit

Penelitian ini menggunakan data pengeboran sebanyak 11 titik bor dan diolah dengan menggunakan software surpac 6.5.1 untuk menghasilkan model endapan nikel laterit (**Gambar 3&10**). Data yang dibutuhkan dalam pemodelan ini yaitu data collar, data geologi, data survey dan data assay.



Gambar 10. Block model dari lapisan ore (lapisan limonit dan saprolit)

Data collar merupakan data titik koordinat dan elevasi setiap titik bor. Pengambilan titik koordinat dan elevasi dengan menggunakan GPS (*Global Position System*). Data Geologi merupakan data lapisan endapan nikel laterit hasil deskripsi setiap meter material yang terdapat pada *core box*. Data survey merupakan data azimuth dan dip setiap titik bor. Sedangkan, data assay merupakan data hasil analisis kimia pada material yang telah di

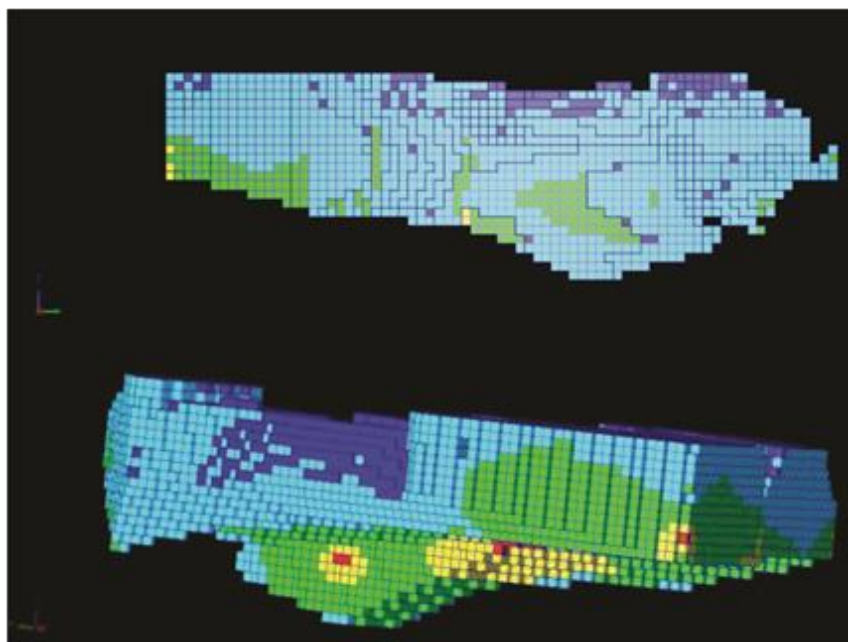
deksripsi setiap meter dan lapisan. Gambar 10 merupakan model dari pengolahan data koordinat titik bor, kedalaman lubang bor beserta kadar nikelnnya yang telah dibuat dari database yang ada.

Berdasarkan hasil pemodelan menunjukan bahwa endapan nikel laterit yang terbentuk pada daerah penelitian tidak memiliki ketebalan yang konstan setiap titik atau area. Endapan nikel laterit yang memiliki ketebalan yang paling besar berada dibagian tengah hingga ketimur yaitu 5 - 13 meter, sedangkan bagian barat memiliki ketebalan yang tipis hingga sangat tipis 1 - 2 meter (**Gambar 9**). Selain itu, distribusi kadar nikel yang terbentuk mengikuti pola ketebalan endapan nikel. Kadar yang tinggi 1,41 – 2,34 % berada bagian tengah hingga ke timur dan kadar rendah berada dibagian barat area penelitian yaitu 1,1 – 1,2 % (**Gambar 10**). Hal ini disebabkan oleh posisi area pengendapan yaitu bagian tengah hingga timur merupakan area pertemuan kaki gunung sedangkan bagian barat merupakan area kearah lereng gunung. Selain posisi endapan, struktur geologi juga ikut berperan. Dibagian timur terdapat indikasi patahan yang dapat memungkinkan terjadi infiltrasi air lebih besar kedalam batuan dan memperkaya ketebalan endapan dan kadar nikel laterit (**Gambar 9**).

Besar sumber daya endapan nikel laterit daerah penelitian dibagi menjadi 3 berdasarkan kadar *Cut Off Grade* (COG) yaitu sebagai berikut :

Kadar COG Ni 1,4 %

Berdasarkan model dan perhitungan cadangan pada *Cut Off Grade* (COG) Ni 1,4% (**Gambar 11**) memiliki volume dan tonage yang sangat besar dengan distribusi sebagai berikut: kadar Ni 1,4 % memiliki volume 907 M³ dengan tonage 1.179 WMT, Ni 1,51 % memiliki volume 47.253 M³ dengan tonage 61.429 WMT, Ni 1,69 % memiliki volume 44.490 M³ dengan tonage 57.837 WMT, Ni 1,86 % memiliki volume 5.756 M³ dengan tonage 7.483 WMT, Ni 2,08 % memiliki volume 167 M³ dengan tonage 217 WMT (Tabel 1). Dengan demikian, total volume dan tonage pada COG Ni 1,4 % yaitu 98.573 M³ dan 128.145 WMT dengan total kadar Ni 1,61 % (Tabel 1).



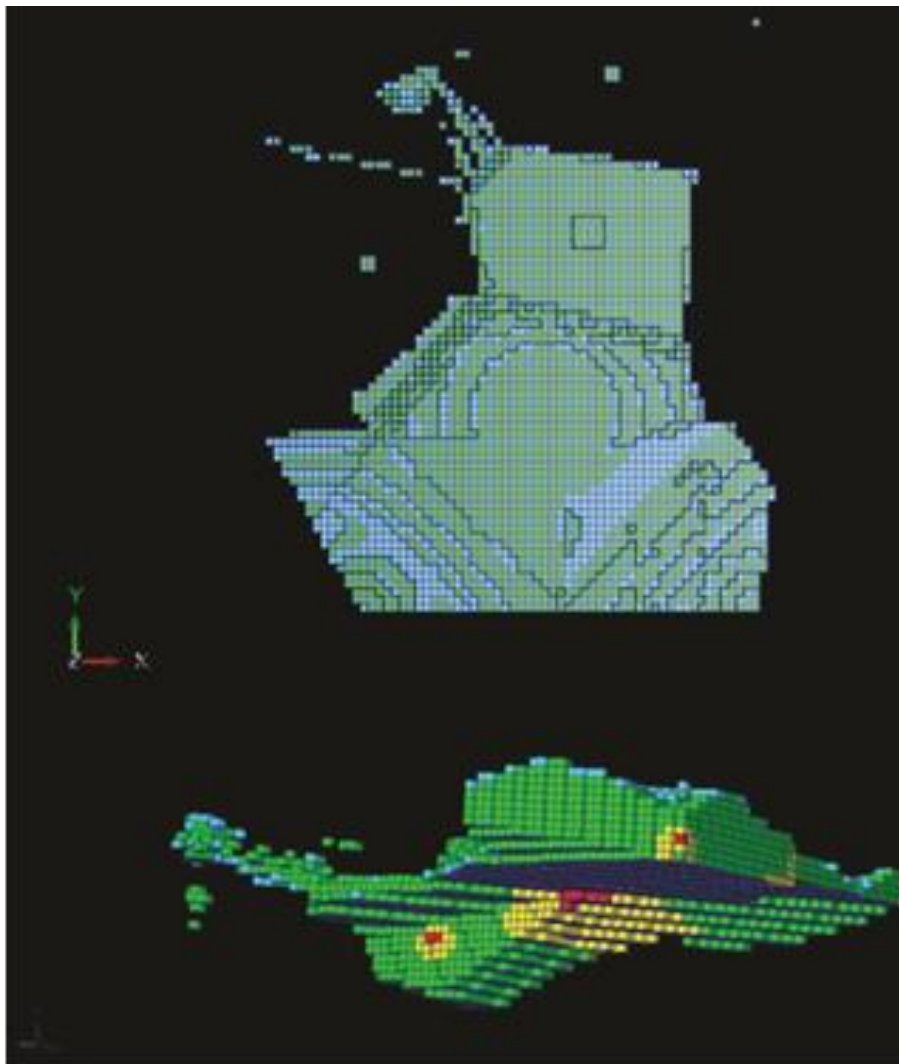
Gambar 11. Block model dari lapisan ore (saprolit) dengan COG Ni 1,4 %

Tabel 1. Volume, Tonage dan Kadar Ni pada COG Ni 1,4 %

Kadar Ni	Volume	Tonnes	Kadar Ni Rata - rata
0,0 -> 1,4	907	1179	1,40
1,4 -> 1,6	47253	61429	1,51
1,6 -> 1,8	44490	57837	1,69
1,8 -> 2,0	5756	7483	1,86
2,0 -> 5,0	167	217	2,08
Grand Total	98573	128145	1,61

Kadar COG Ni 1,6 %

Berdasarkan model dan perhitungan cadangan pada *Cut Off Grade* (COG) Ni 1,6% (**Gambar 12**) memiliki volume dan tonage yang sangat besar dengan distribusi sebagai berikut: kadar Ni 1,6 % memiliki volume 929 M³ dengan tonage 1.208 WMT, Ni 1,69 % memiliki volume 44.490 M³ dengan tonage 57.837 WMT, Ni 1,86 % memiliki volume 5.756 M³ dengan tonage 7.483 WMT, Ni 2,08 % memiliki volume 167 M³ dengan tonage 217 WMT (Tabel 2). Dengan demikian, total volume dan tonage pada COG Ni 1,6 % yaitu 51.342 M³ dan 66.745 WMT dengan total kadar Ni 1,71 % (Tabel 2).



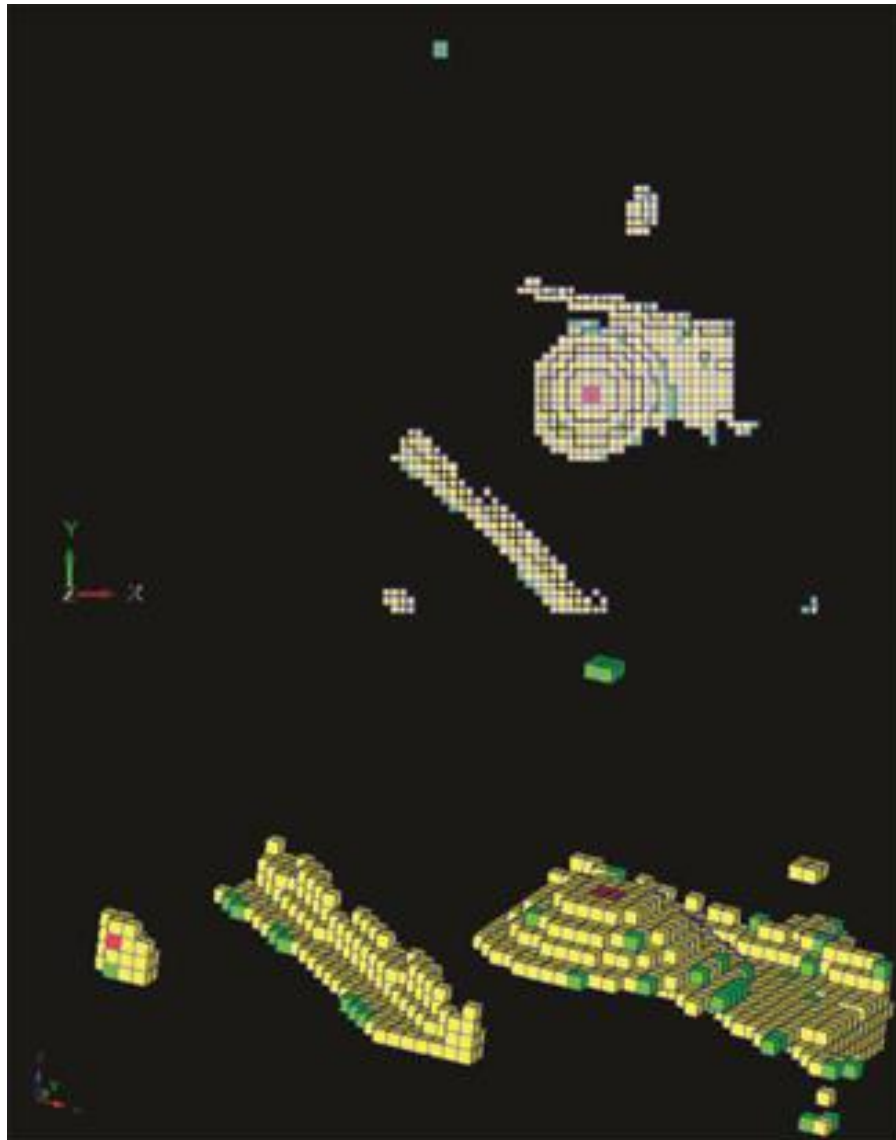
Gambar 12. Block model dari lapisan ore (saprolit) dengan COG Ni 1,6 %

Tabel 2. Voleme, Tonage dan Kadar Ni pada COG Ni 1,6 %

Kadar Ni	Volume	Tonnes	Kadar Ni Rata - rata
0,0 -> 1,4	0	0	0
1,4 -> 1,6	929	1208	1,60
1,6 -> 1,8	44490	57837	1,69
1,8 -> 2,0	5756	7483	1,86
2,0 -> 5,0	167	217	2,08
Grand Total	51342	66745	1,71

Kadar COG Ni 1,8 %

Berdasarkan model dan perhitungan cadangan pada *Cut Off Grade* (COG) Ni 1,8% (**Gambar 13**) memiliki volume dan tonage yang sangat rendah dengan distribusi sebagai berikut: kadar Ni 1,8 % memiliki volume 328 M³ dengan tonage 426 WMT, Ni 1,86 % memiliki volume 5.756 M³ dengan tonage 7.483 WMT, Ni 2,08 % memiliki volume 167 M³ dengan tonage 217 WMT (Tabel 3). Dengan demikian, total volume dan tonage pada COG Ni 1,8 % yaitu 6.251 M³ dan 8.126 WMT dengan total kadar Ni 1,87 % (Tabel 3).



Gambar 13. Block model dari lapisan ore (saprolit) dengan COG Ni 1,8 %

Tabel 3. Voleme, Tonage dan Kadar Ni pada COG Ni 1,8 %

Kadar Ni	Volume	Tonnes	Kadar Ni Rata - rata
0,0 -> 1,4	0	0	0
1,4 -> 1,6	0	0	0
1,6 -> 1,8	328	426	1,80
1,8 -> 2,0	5756	7483	1,86
2,0 -> 5.0	167	217	2,08
Grand Total	6251	8126	1,87

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengolahan data pengeboran terhadap endapan nikel laterit yang terbentuk pada daerah penelitian, maka dapat disimpulkan yaitu sebagai berikut:

1. Profil endapan nikel laterit daerah penelitian secara teratur dari atas kebawah yaitu terdiri dari lapisan top soil, limonit, saprolit dan badrock.
2. Model endapan nikel laterit setiap lapisan terjadi perbedaan ketebalan setiap lapisan dan hole. Lapisan limonit memiliki ketebalan 3 - 10 meter dengan kadar Ni 0,29 – 1, 38 % dan Fe 19 – 53 %, sedangkan saprolit memiliki ketebalan 2 – 13 meter dengan kadar Ni 1,40 – 2,34 % dan Fe 5,79 – 40,44 %.
3. Lapisan saprolit memiliki total volume dan tonage pada COG Ni 1,4 % yaitu 98.573 M³ dan 128.145 WMT dengan total kadar Ni 1,61 %, volume dan tonage pada COG Ni 1,6 % yaitu 51.342 M³ dan 66.745 WMT dengan total kadar Ni 1,71 %, total volume dan tonage pada COG Ni 1,8 % yaitu 6.251 M³ dan 8.126 WMT dengan total kadar Ni 1,87 %

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pimpinan dan semua staf pada PT. Multi Prosper Nikel yang telah memberikan kesempatan, bantuan fasilitas, dan masukan selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, W. (2008). Nickel Laterites: Fundamental of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes, Formation, and Exploration. Vale Inco – VITSL.
- Hasria, Anshari, E., Muliddin., Restele, L.O, dan Zulkifli, L.O.M. 2019. Pengaruh Struktur Geologi terhadap Sebaran Kadar Nikel (Ni) dan Besi (Fe) pada Endapan Nikel Laterit Zona Saprolit PT. Manunggal Sarana Surya Pratama, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. J. Riset dan pertambangan (J-Ristam).
- Hasria, Anshari, E., Restele, L.O., Deniyatno, Firdaus, Muliddin, Okto, A, dan Suparwi. 2021. Pengaruh Struktur Geologi Terhadap Endapan Nikel Laterit Di Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. JAGAT (Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi): Vol.5, No.1. 2021.
- Kurniadi, A., Rosana, F. M., Yuningsih, T. E., dan Pambudi, L., 2017. Karakteristik Batuan Asal Pembentukan Endapan Nikel Laterit Di Daerah Madang dan Serakaman Tengah. Padjadjaran Geoscience Journal, 1(2).
- Kusuma, A.R.I, Kamaruddin, H, Rosana, M.F, dan Yuningsih. F.T., 2019. Geokimia Endapan Nikel Laterit di Tambang Utara, Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral Vol.20. No.2 Mei 2019 hal 85 – 92.
- Maulana, A. 2017. Endapan Mineral. Penerbit Ombak, Yogyakarta.
- Prasetyo, P., 2016. Sumber Daya Mineral di Indonesia Khususnya Bijih Nikel Laterit dan Masalah Pengolahannya Sehubungan dengan UU Minerba 2009, in: Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jakarta, hal. 1–10.



- Raivel, R., dan Firman, F. 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.
- Rusmana, E., Sukido, Sukarna, D., Haryono, E., dan Simandjuntak, T.O. 1993. Peta Geologi Lembar Lasusua– Kendari, Sulawesi, skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sukandarrumidi. 2007. *Geologi Mineral Logam*. Yogyakarta: Penerbit Gadjah Mada University Press.
- Surono. 2013. Geologi Lengan Tenggara Sulawesi. Bandung: Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Surono dan Hartono. 2013. Geologi Sulawesi. Bandung: Badan Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Syafrizal, 2011. Karakterisasi Mineralogi Endapan Nikel Laterit di daerah Tinanggea Kabupaten Palangga Provinsi Sulawesi Tenggara. JTM. XVIII (4/2011).