



|Research Article

Estimasi Cadangan Endapan Nikel Laterit Pada Sub Blok 4 Blok TAA PT Bumi Nikel Nusantara Kecamatan Andowia Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara

Ita Juita¹, Erwin Anshari^{1✉}, Irfan Saputra¹¹Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: August 6, 2023

Accepted: November 12, 2023

Published: November 19, 2023

Keywords:

nikel laterit
kemiringan lereng
estimasi cadangan
IDW

Corresponding author:

Erwin Anshari

Email: erwin_anshari@uho.ac.id**Read online:**

Scan this QR code
with your smart
phone or mobile
device to read online.

Copyright © 2023 Authors



This work is
licensed under
a Creative Commons

Attribution-ShareAlike 4.0 International
License.

ABSTRAK

Perhitungan cadangan merupakan hal penting dalam proses penambangan sumberdaya mineral. Perhitungan cadangan dijadikan sebagai dasar evaluasi untuk menghasilkan keputusan suatu endapan layak atau tidak layak ditambang. Pada penelitian ini, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Micromine 2021.5*. Berdasarkan hasil pengolahan data diperoleh nilai *coefficient of varians* (CV) assay zona limonit adalah 0,37 dan zona saprolit 0,33 sedangkan nilai CV komposit zona limonit adalah 0,35 dan zona saprolit 0,30 dan hasil variogram kadar nikel menghasilkan anisotropi geometri yang menggambarkan daerah pengaruh (*range*) sebaran endapan nikel untuk zona limonit sepanjang 48,02 m dan berarah N139,6°E sedangkan *range* untuk zona saprolit sepanjang 50,45 m dan berarah N140,1°E, yang berarah Tenggara-Baratlaut untuk zona limonit berarah Tenggara-Baratlaut untuk zona saprolit. Estimasi sumberdaya dilakukan menggunakan metode *Inverse Distance Weight* (IDW) Power 4 yang diperoleh melalui analisis hasil penaksiran menggunakan parameter *root mean square error* (RMSE) dengan total volume cadangan pada Sub Blok 4 Blok TAA adalah sebesar 276.350 m³ dan memiliki tonase sebesar 429.893 ton dengan nilai rata-rata kadar Ni adalah 1,68%.

ABSTRACT

Reserve calculation is vital in the process of mining mineral resources. The calculation of reserves is used to evaluate whether a deposit is feasible to mine. In this study, data processing was carried out using Micromine 2021.5. Based on the data processing results, the limonite zone's coefficient of variance (CV) assay value is 0.37. The saprolite zone is 0.33, the composite CV value of the limonite zone is 0.35, and the saprolite zone is 0.30. The variogram of nickel grade results shows geometric anisotropy, which shows the range of nickel deposits in the limonite zone, which runs for 48.02 meters and is oriented 139.6°E. In comparison, the range for the saprolite zone along 50.45 m and oriented N140.1°E is oriented southeast-northwest for the limonite zone and southeast-northwest for the saprolite zone. The Inverse Distance Weight (IDW) Power 4 method estimates resources. The assessment results are looked at using the Root Mean Square Error (RMSE) parameter; and there are 276,350 m³ of reserves in Sub Block 4 of the TAA Block. It has a tonnage of 429,893 tons with an average Ni content of 1.68%.

How to cite: Juita, I., Anshari, E., dan Saputra, I. (2023). Estimasi cadangan endapan nikel laterit pada Sub Blok 4 Blok TAA PT Bumi Nikel Nusantara Kecamatan Andowia Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 5(2), p35-43. <https://doi.org/10.56099/ophi.v5i2.p35-43>

1 Pendahuluan

Endapan nikel laterit merupakan suatu endapan yang terbentuk karena adanya proses konsentrasi mineral-mineral berharga yang mengandung nikel yang berasal dari pelapukan batuan asal (*host rock*) oleh gaya-gaya eksogen, seperti pelapukan akibat sinar matahari, curah hujan, dan lain-lain (Ahmad, 2001). Sumber utama endapan nikel laterit adalah batuan ultramafik. Di Indonesia, batuan ultramafik tersebar di pulau Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua. Batuan ultramafik dapat mengalami pelapukan karena beberapa faktor penting, salah satunya adalah tatanan geologi setempat (Arif, 2018). Tatanan geologi di pulau Sulawesi merupakan salah satu contoh geologi yang kompleks karena merupakan daerah pertemuan tiga buah lempeng, yaitu lempeng Eurasia yang bergerak ke arah selatan dan tenggara, lempeng Filipina dan samudera Pasifik yang bergerak ke arah barat, serta lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara (Surono dan Hartono, 2013).

Salah satu daerah di pulau Sulawesi yang memiliki potensi sumber daya dan cadangan endapan nikel laterit yaitu Sulawesi Tenggara khususnya di daerah Konawe Utara. Salah satu perusahaan yang dapat dijumpai yaitu PT. Bumi Nikel Nusantara. Perusahaan saat ini berencana untuk membuka pit penambangan baru (Sub Blok 4) untuk meneruskan kegiatan operasi penambangan pada pit 1, 2, dan 3 yang saat ini sedang berlangsung. Pihak perusahaan harus membuat perencanaan yang matang untuk mengestimasi cadangan yang ada pada Sub Blok 4 tersebut. Perhitungan cadangan merupakan suatu hal yang sangat penting dalam tahapan penambangan, karena keputusan teknis yang berhubungan dengan kegiatan penambangan sangat tergantung pada jumlah cadangan dan sebaran bijih (Amsah dkk., 2021).

Keakuratan metode estimasi sangat penting untuk mengevaluasi tingkat tonase sumber daya dan cadangan. Berbagai metode telah dikembangkan untuk memperkirakan kadar dan kuantitas sumber bijih. Metode estimasi sumber daya konvensional seperti *cross-section*, *triangulation*, *polygon* metode jarang digunakan sedangkan metode *near nearest polygon* (NNP), *inverse distance weighting* (IDW), dan *ordinary kriging* (OK) banyak digunakan dalam mengestimasi kadar bijih sumber daya mineral (Bargawa dan Tobing, 2020). Metode estimasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Inverse Distance Weighted* (IDW). Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) adalah salah satu teknik interpolasi yang paling umum digunakan pada suatu sebaran data sampel (Shahbeik dkk., 2013). Metode ini paling sering digunakan karena dalam proses

penghitungannya, metode ini lebih mudah dimengerti dan lebih sederhana (Purnomo, 2018). Metode IDW ini memiliki asumsi mendasar bahwa permukaan interpolasi harus dipengaruhi paling banyak oleh titik-titik terdekat dan lebih sedikit dipengaruhi oleh titik-titik yang lebih jauh. Permukaan interpolasi adalah rata-rata tertimbang dari titik distribusi dan bobot yang diberikan ke setiap titik distribusi berkurang seiring dengan bertambahnya jarak dari titik interpolasi ke titik distribusi. Nilai ke titik yang tidak diketahui dihitung dengan rata-rata tertimbang dari nilai yang tersedia di titik yang diketahui (Shahbeik dkk., 2013).

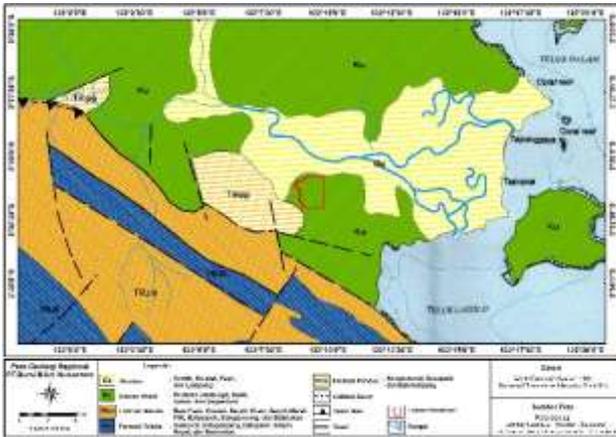
2 Geologi

Surono dan Hartono (2013) menjelaskan bahwa Pulau Sulawesi dan beberapa pulau kecil lain di sekitarnya dapat dibagi menjadi beberapa mendala geologi. Mendala geologi Sulawesi Timur disebut sebagai *non-volcanic arc* meliputi Lengan Tenggara Sulawesi, bagian timur Sulawesi Tengah dan Lengan Timur Sulawesi. Mendala ini di bagian baratnya dicirikan oleh Jalur Malihan Tinondo–Pompangeo dan bagian timurnya dicirikan oleh Jalur Ofiolit Hialu–Balantak.

Geologi regional Lembar Lasusua–Kendari (Rusmana dkk., 1993) tersusun atas kelompok batuan Paleozoikum, Mesozoikum, dan Kenozoikum. Kelompok batuan Paleozoikum berumur Karbon yang terdiri atas batuan intrusi PTR(g) dan batuan metamorf Paleozoikum (Pzm). Kelompok batuan Mesozoikum berumur Trias Akhir terdiri atas Formasi Tokala (TRJt), Kompleks Ultramafik (Ku), dan Formasi Matano (Km). Kelompok batuan Kenozoikum terdiri atas grup molasa Sulawesi berupa Formasi Langkowala (Tml), Formasi Pandua (Tmpp), Formasi Alangga (Qpa), Terumbu Karang Kuartar (Ql), dan endapan aluvium (Qa). Pada daerah penelitian, termasuk ke dalam formasi batuan Kompleks Ultramafik (Ku) (Gambar 1).

Struktur geologi yang berkembang di Lengan Tenggara Sulawesi didominasi oleh sesar berarah barat-laut-tenggara, yang utama terdiri atas Sesar Matano, Kelompok Sesar Kolaka, kelompok Sesar Lawanopo dan kelompok Sesar Lainea. Pada Lengan Tenggara Sulawesi, struktur utama yang terbentuk setelah tumbukan adalah sesar geser mengiri, termasuk sesar Matarombeo, sistem sesar Lawanopo, sistem sesar Konaweaha, Sesar Kolaka, dan banyak sesar lainnya serta liniasi indikasi struktur. Sesar dan liniasi menunjukkan sepasang arah utama tenggara – barat-laut (332°), dan timurlaut – Baratdaya (42°). Arah tenggara – barat-laut merupakan arah umum sesar geser mengiri di Lengan Tenggara Sulawesi termasuk Sesar Lasolo yang meliputi Kecamatan Asera, Kecamatan Molawe, Kecamatan Lasolo, Kecamatan

Lembo, hingga Kecamatan Sawa dan memanjang ke Teluk Lasolo. Sesar Lasolo bahkan masih aktif hingga saat ini (Surono dan Hartono, 2013).



Gambar 1 Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari (Rusmana dkk., 1993)

Kompleks ofiolit tersebar luas di Tenggara Sulawesi, kompleks ini tersebar luas terutama di utara Sesar Lawanopo. Sebagian lainnya dijumpai secara setempat sepanjang pantai timur Teluk Bone dan beberapa pulau di sekitar Lengan Tenggara Sulawesi. Pada pulau-pulau tersebut ofiolit umumnya sudah mengalami deformasi kuat dan teralterasi. Kompleks ini hanya mempunyai ketebalan tipis, sehingga sebagian besar sudah habis tererosi. Kontak antara kompleks ofiolit dengan kepingan benua Sulawesi Tenggara selalu berupa sesar. Zona imbrikasi yang terbentuk karena ofiolit tersesarnaiikkan ke atas kepingan benua dapat dijumpai dari lengan timur hingga ujung lengan Tenggara Sulawesi. Batuan mafik-ultramafik di Lengan Tenggara Sulawesi tersusun oleh peridotit dan piroksenit, serta mikrogabro dan basalt (Surono, 2013).

3 Metode

Secara administratif daerah penelitian terletak di Kecamatan Andowia, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara yang dapat ditempuh dengan transportasi jalur darat selama ± 4 jam dari Kota Kendari. Metode penelitian berupa metode kuantitatif.

Tahap pertama yaitu tahap pengambilan dan pengumpulan data. Hasil tahap ini meliputi pengambilan dan pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer yaitu data yang diambil di lapangan berupa data struktur, dengan menganalisis pola kelurusan (*lineament*) dengan menggunakan citra *Digital Elevation Model* (DEM). dan data morfologi dengan mengamati secara langsung kondisi satuan morfologi lapangan serta menyelaraskan dengan bentuk data citra *Digital Elevation Model* (DEM) berdasarkan klasifikasi van Zuidam (1986).

Data sekunder yang diambil pada penelitian ini berupa data topografi, data *logging bor*, nilai *density* material tiap lapisan geologi PT. Bumi Nikel Nusantara, data *cut off grade* (CoG), Luas IUP dan batas blok penelitian PT. Bumi Nikel Nusantara, data *economic stripping ratio* (SR), dan data litologi.

Tahapan pengolahan data yang dilakukan berupa pembuatan *database logging bor* berupa data *collar* sebanyak 46 titik dengan jumlah sampel sebanyak 795 data, pembuatan data komposit digunakan sebagai basis data dalam estimasi sumber daya menggunakan piranti lunak Micromine 2021.5, analisis statistik untuk melihat sebaran data, pembuatan *wireframe* model geologi yang mencakup bentuk geometri endapan berdasarkan korelasi titik bor dalam bentuk *wireframe* atau DTM (*Digital Terrain Model*), pembuatan blok model ukuran $5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$, dan estimasi menggunakan metode yang sesuai yaitu metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) serta menghitung nilai prediksi menggunakan *cross validasi* dan uji *error* menggunakan RMSE.

Tahapan terakhir yaitu analisis data berupa menganalisis data struktur, morfologi dan litologi untuk mengetahui karakteristik daerah penelitian, korelasi sebaran nikel laterit berdasarkan data titik bor dan data geologi sehingga akan diperoleh penampang 3D untuk sebaran nikel laterit, penentuan metode estimasi sumberdaya (yang mencakup geometri endapan dan nilai *coefficient of variance* (CV) hasil analisis statistik), dan validasi hasil estimasi (keakuratan hasil estimasi yang dilakukan dengan cara membandingkan data hasil estimasi pada suatu sampel dengan data sampel sebenarnya pada lokasi penelitian) serta penentuan perubahan sumber daya nikel laterit menjadi cadangan nikel laterit dengan mempertimbangkan tingkat keyakinan geologi dan faktor pengubah berupa faktor ekonomis yaitu kriteria *cut-off grade* (COG) dan faktor penambangan yaitu nilai *economic stripping ratio* (SR).

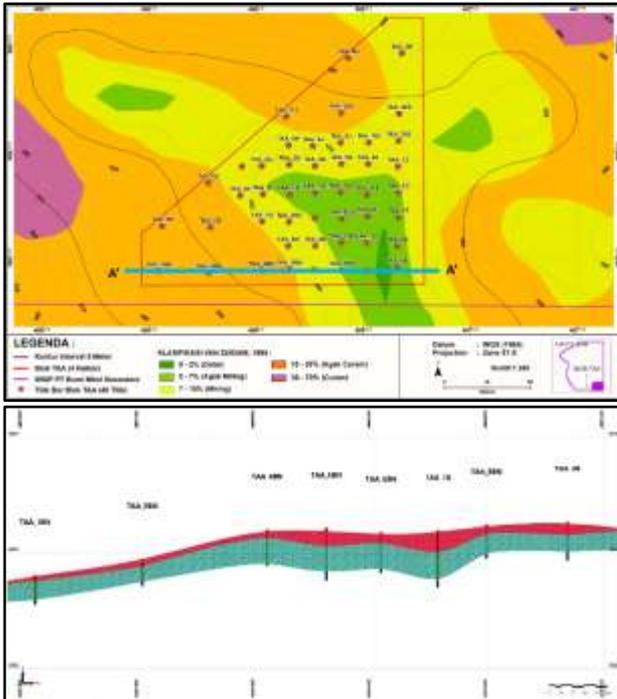
4 Hasil dan Pembahasan

4.1 Model Geologi Endapan Nikel Laterit

Pembuatan mode geologi endapan nikel laterit ditentukan dari data lubang bor yang diinput yang terdiri dari 47 lubang bor dan digunakan untuk menganalisis bentuk penyebaran endapan bijih nikel laterit, dengan kedalaman lubang bor yang bervariasi yaitu kedalaman 12 – 27 meter.

Bentuk perlapisan endapan nikel laterit umumnya mengikuti bentuk dari keadaan morfologinya. Berdasarkan korelasi penampang topografi dan profil endapan nikel laterit A–A' dengan arah sayatan berarah timur – barat (Gambar 2), berada pada kondisi lereng datar hingga agak curam. Bentuk dan arah penyebaran endapan nikel laterit dari hasil

pemodelan tersebar secara tidak merata dengan ketebalan yang bervariasi (Gambar 3). Hal tersebut sesuai dengan kondisi morfologi daerah penelitian. Pada bagian timur, beberapa titik bor di sisi punggung bukit yang relatif landai cenderung membentuk badan bijih yang menebal (Gambar 2).

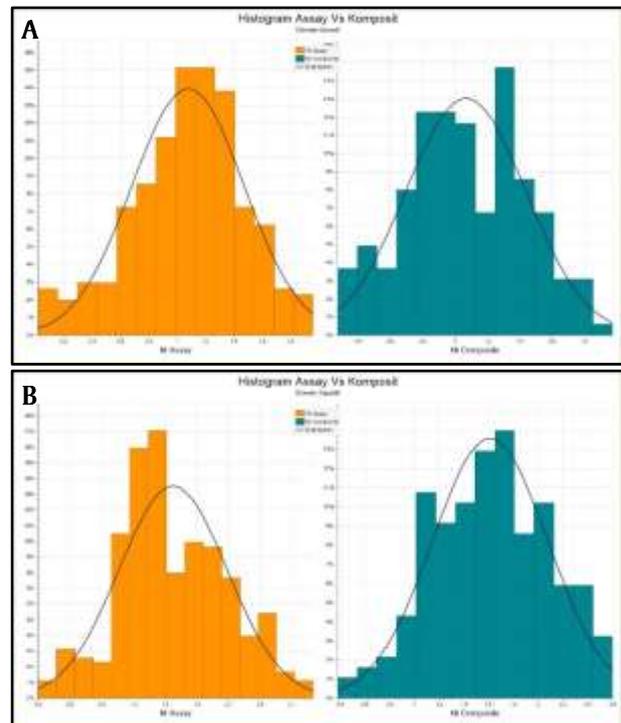


Gambar 2 Sebaran kelas kemiringan lereng dan penampang berarah timur – barat yang menunjukkan penebalan laterit pada punggung landau di bagian timur

4.2 Analisis Statistik Deskriptif

Analisis statistik dasar dilakukan untuk melihat sebaran data pada zona limonit dan zona saprolit. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui bentuk distribusi data yang digunakan. Analisis statistik dilakukan terhadap data assay dan komposit. Data assay merupakan data yang memuat nilai kadar unsur nikel dari setiap titik bor sedangkan data komposit merupakan rerata kadar unsur nikel pada selang tertentu dari setiap titik bor yang bertujuan untuk menyamakan selang (interval) data sehingga mempunyai volume (*support*) yang sama. Pembuatan data komposit dilakukan untuk merata-ratakan nilai data assay terutama jika terdapat nilai interval sampel yang tidak seragam atau untuk menyamakan interval data sehingga mempunyai volume yang sama dan menghilangkan variansi yang tinggi dari data assay (Faza dkk., 2022). Komposit dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode dasar yaitu *composite downhole* dan *composite by bench*. Pada penelitian ini, metode komposit yang digunakan adalah *composite downhole*. *Composite downhole* adalah

metode komposit untuk mendapatkan rerata kadar unsur Ni dari setiap lubang bor secara vertikal sepanjang kedalaman lubang bor dengan interval tertentu (Rossi dan Deutsch, 2014). Histogram hasil statistik nikel pada zona limonit dan saprolit ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan analisis statistik dirangkum pada Tabel 1.



Gambar 3 Histogram data kadar assay dan komposit nikel laterit (Ni) pada lapisan (A) limonit dan (B) saprolit

Tabel 1 Hasil Analisis Statistik Assay dan Komposit Pada Zona Limonit dan Zona Saprolit

Parameter	Assay		Komposit	
	Limonit	Saprolit	Limonit	Saprolit
Minimum	0,02	0,3	0,28	0,38
Maximum	2,1	2,9	2,1	2,76
N	306	352	164	189
Mean	1,08	1,57	1,08	1,63
Median	1,11	1,5	1,06	1,6
SD	1,4	0,51	0,4	0,48
CV	0,37	0,33	0,35	0,3
Skewness	-0,34	0,18	0,03	0,05

Data assay dan komposit dipisahkan berdasarkan zona profil, yaitu zona limonit dan saprolit. Analisis pada masing-masing zona dilakukan terpisah karena populasi pada masing-masing zona berbeda. Zona limonit merupakan zona dengan kadar nikel yang cenderung rendah, dan zona saprolit merupakan zona dengan kadar nikel lebih tinggi. Zona limonit ini juga harus diperhitungkan karena pada zona limonit terdapat kadar yang bernilai ekonomis.

Berdasarkan Tabel 1, perbandingan antara data assay dan data komposit pada masing-masing zona,

dapat dilihat nilai *skewness* data assay pada zona limonit bernilai negatif artinya penyebaran data pada zona limonit didominasi oleh kadar tinggi dan distribusi negatif tersebut juga dapat dicirikan dari nilai mean (1,08) yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai median (1,11). Sebaliknya, pada zona saprolit nilai *skewness* bernilai positif artinya penyebaran data pada zona saprolit didominasi oleh kadar rendah dan distribusi positif tersebut juga dapat dicirikan dari nilai mean (1,57) yang lebih besar dibandingkan dengan nilai median (1,50). Pada data komposit nilai *skewness* di zona limonit bernilai positif dan mendekati nol, artinya penyebaran data kadar pada zona limonit hampir merata antara kadar tinggi dan kadar rendah. Sedangkan pada zona saprolit data komposit bernilai positif dan mendekati nol, artinya penyebaran data kadar pada zona saprolit hampir merata antara kadar tinggi dan kadar rendah.

Nilai CV assay zona limonit adalah 0,37 dan zona saprolit 0,33 sedangkan nilai *coefficient of varians* (CV) komposit zona limonit adalah 0,35 dan zona saprolit 0,30. Nilai CV pada semua zona menunjukkan angka dibawah 0,5, hal ini menunjukkan bahwa hasil estimasi akan lebih baik dan dapat dipercaya karena CV merupakan parameter yang menunjukkan sifat keheterogenan suatu kelompok data, nilai CV yang tinggi menunjukkan nilai data yang melebar. Secara umum nilai $CV < 0,5$ menunjukkan penyebaran normal dan nilai CV di atas 0,5 akan menunjukkan variabilitas nilai data tidak teratur, dapat mempengaruhi hasil estimasi (Kim, 1988).

4.3 Analisis Geostatistik

Geostatistik adalah disiplin ilmu tentang teknik analisis untuk menentukan distribusi suatu fenomena dalam aspek spasial (Amri dkk., 2018). Geostatistik menyajikan pendekatan kuantitatif terhadap korelasi antara dua nilai data pada jarak tertentu dan menggunakan korelasi ini untuk membuat prediksi pada zona dengan nilai yang tidak terukur (Bargawa, 2017).

Penentuan model variogram merupakan bagian utama dalam pemodelan geostatistik. Dalam melakukan analisis variogram, dibutuhkan data kadar komposit nikel yang bertujuan untuk memperoleh korelasi antar sampel agar diketahui jarak sampel yang kemenerusannya masih saling mempengaruhi karena akan menjadi patokan interpolasi kadar. Kriteria variogram lebih sensitif terhadap perubahan arah vertikal dibandingkan dengan arah horizontal. Maka dari itu, perlunya mengetahui kondisi anisotropi dari suatu data analisis, atau menentukan orientasi data yang mempunyai kemenerusan paling besar melalui uji suai model variogram (Rizky dan Yulhendra, 2022).

Analisis variogram dilakukan pada masing-masing zona yaitu zona limonit dan zona saprolit. Parameter arah yang digunakan berdasarkan proses eksperimental yang dilakukan pada berbagai arah. Parameter arah yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil analisis variogram pada zona limonit dan zona saprolit

Limonit		Saprolit	
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
Plunge (°)	-7,65	Plunge (°)	-7,70
Bearing (°)	139,60	Bearing (°)	140,10
Dip (°)	-0,28	Dip (°)	-10,86
major/ semi-major (°)	1,12	major/ semi-major (°)	1,00
major/minor (°)	8,77	major/minor (°)	0,16
Range (m)	48,02	Range (m)	50,45

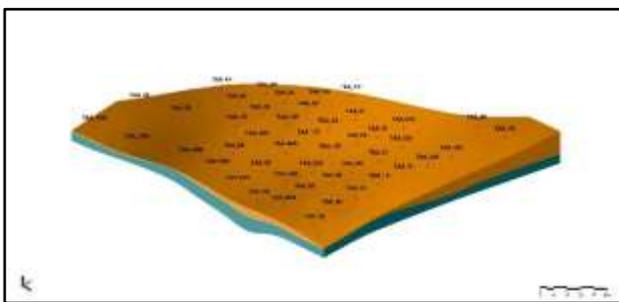
Berdasarkan analisis anisotropi yang dilakukan, hasil yang diperoleh memberikan anisotropi geometri bentuk elips untuk kadar nikel dengan range terpanjang untuk zona limonit 48,02 m dan berarah N139,6°E sedangkan range terpanjang untuk zona saprolit 50,45 m dan berarah N140,1°E. Kondisi ini merupakan kondisi terbaik dari beberapa arah yang telah diamati. Bentuk dari anisotropi ini menggambarkan range atau daerah pengaruh dimana nilai variogram masih memiliki korelasi spasial atau kondisi seperti ini dapat dijabarkan sebagai pola penyebaran kadar nikel yang menempati areal sepanjang 48,02 m yang berarah tenggara-baratlaut untuk zona limonit dan sepanjang 50,45 m yang berarah tenggara-baratlaut untuk zona saprolit.

4.4 Model Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit

Penentuan metode estimasi sumberdaya yang digunakan ditentukan berdasarkan kondisi geologi daerah penelitian serta nilai *coefficient of variation* (CV) sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan (Darling, 2011). Berdasarkan pengamatan lapangan dan analisis data yang dilakukan diketahui bahwa kondisi geologi dan geometri endapan daerah penelitian berada dalam kategori sedang. Hal ini sejalan dengan hasil analisis statistik yang juga menunjukkan nilai *coefficient of variation* (CV) pada zona limonit adalah 0,35 dan pada zona saprolit adalah 0,30 yang berarti nilai tersebut masuk dalam kategori variabilitas sedang (kadar seragam tapi ketebalannya tidak menentu), sehingga metode estimasi yang tepat digunakan adalah metode *Inverse Distance Weighting* (IDW).

Pemodelan geologi bertujuan untuk mendapatkan data dalam penaksiran sumberdaya terukur atau cadangan endapan bijih nikel.

Pemodelan geologi ini juga bertujuan untuk mengetahui bentuk penyebaran endapan bijih nikel, baik geometri secara umum, letak/ posisi, kedalaman, kemiringan, serta penyebaran dari tanah penutup. Pemodelan sebaran endapan nikel laterit dilakukan berdasarkan hasil validasi pada geologi *database* yang terbagi menjadi dua zona/layer yaitu zona limonit dan zona saprolit. Berdasarkan model tiga dimensi untuk tiap domain, dimana warna coklat menunjukkan zona limonit dan warna hijau menunjukan zona saprolit yang memiliki ketebalan yang berbeda-beda antar setiap lapisan yang dipengaruhi oleh keadaan topografi sekitar lokasi lubang bor. Model endapan nikel laterit dibuat dalam bentuk solid *Digital Terrain Model* (DTM) ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4 Model endapan nikel laterit yang dibagi menjadi zona limonit (cokelat) dan zona saprolite (hijau)

Blok model merupakan fungsi geometri mineralisasi di daerah telitian dan sistem penambangan yang akan digunakan (Bargawa, 2018). Blok model diperoleh dari tubuh bijih (*ore body*) berupa blok 3 dimensi. Blok model harus dibuat melingkupi seluruh domain bijih yang telah dibuat berdasarkan data bor dan topografi sebelumnya. Model blok merupakan bentuk atau media untuk menampilkan data-data yang dihasilkan dari database geologi dengan tujuan dapat mengetahui hasil, nilai atau model yang akan dibuat untuk menaksir besar sumberdaya dari kadar yang telah ditentukan sesuai dengan COG dari perusahaan sebagai acuan dalam estimasi sumberdaya berdasarkan penyebaran titik bor. Tabel 3 menunjukan ukuran kerangka blok model. Ukuran dimensi blok dalam penelitian ini adalah 5 m × 5 m × 1 m berdasarkan konsep model blok dimana ukuran blok model tidak kurang dari ¼ interval rata-rata log bor yaitu 25 m (Hustrulid dkk., 2013).

4.5 Validasi Hasil Estimasi

Validasi hasil estimasi sumberdaya nikel laterit dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil estimasi yang dilakukan dengan cara membandingkan data hasil estimasi pada suatu sampel dengan data sampel sbenarnya pada suatu lokasi tersebut. Akurasi metode estimasi dilakukan dengan menggunakan validasi silang (*cross*

validation), regresi linear, dan *root mean square error* (RMSE). Hasil estimasi dibandingkan dengan data komposit pada penampang yang sama kemudian dilakukan uji validasi.

RMSE merupakan metode pengukuran dengan mengukur perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. Keakuratan hasil estimasi ditandai dengan adanya nilai RMSE yang semakin kecil (mendekati nol) (Respatti dkk., 2014). Hasil dari analisis RMSE diperoleh dari selisih data test dengan regresi linier adalah error dari tiap data, maka dapat diketahui nilai error tiap estimasi dengan menggunakan variasi nilai power 1, 2, 3, 4, dan 5. Nilai error tiap estimasi dapat dilihat pada **Tabel 3** yang menunjukkan estimasi dengan menggunakan power 4 menghasilkan nilai error terkecil sebesar 0,103.

Tabel 3 Nilai RMSE (*root mean square error*) pada tiap variasi nilai power pada IDW

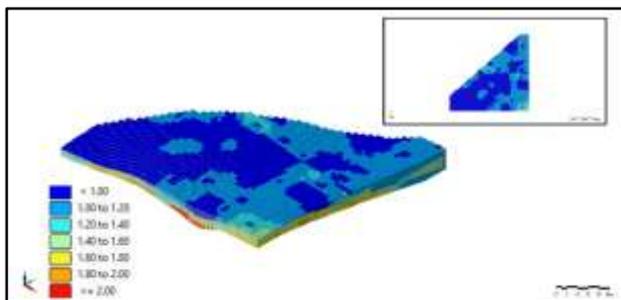
Power IDW	RMSE
Power 1	0,455
Power 2	0,246
Power 3	0,153
Power 4	0,103
Power 5	0,585

4.6 Hasil Estimasi Sumberdaya dan Cadangan

Estimasi sumberdaya dilakukan dengan menggunakan piranti lunak Micromine 2021.5 dalam bentuk model blok tiga dimensi yang mengikuti bentuk geometri sebaran endapan nikel laterit pada daerah lubang bor. Model blok tersebut memuat koordinat serta memberikan informasi mengenai *volume*, tonase, *density*, litologi, dan kadar rata-rata dari setiap blok. Ukuran model blok 5 m x 5 m (x, y) yang digunakan berdasarkan pembagian dari jarak horizontal antara titik pemboran, sedangkan 1 m (z) adalah jarak vertikal setiap pengambilan sampel, dimana rata-rata jarak horizontal antar titik bor tersebut adalah 25 meter dan jarak vertikal setiap pengambilan sampel adalah per 1 meter. Dimana dalam perhitungannya digunakan nilai *density* yang berbeda antara zona limonit sebesar 1,60 ton/m³ dan zona saprolit sebesar 1,55 ton/m³ yang diperoleh dari uji petik yang telah dilakukan oleh perusahaan. Model blok sumberdaya pada Sub Blok 4 Blok TAA yang menunjukkan sebaran endapan bijih nikel menggunakan sistem *block* dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Hasil estimasi sumberdaya dengan Metode IDW pada blok penelitian dapat diklasifikasikan ke dalam kategori sumber daya mineral terukur. Sumberdaya mineral terukur merupakan sumberdaya mineral dengan kuantitas, kualitas, kerapatan, bentuk, dan karakteristik endapannya dapat diestimasi dengan

tingkat keyakinan yang memadai untuk memungkinkan penggunaan faktor pengubah dalam perencanaan tambang detail dan kelayakan ekonomi cebakan mineral pada evaluasi akhir (KCMII, 2017). Bukti geologi dianalisis dari eksplorasi, pengambilan contoh dan pengujian yang yang rinci dan akurat untuk menentukan arah anisotropi sebaran endapan dan kualitas kadarnya pada blok penambangan. Data rinci diperoleh melalui pengujian sampel hasil pengeboran, dengan spasi cukup rapat hingga rata-rata 25 meter.



Gambar 5 Diagram model blok estimasi sumberdaya nikel laterit pada blok daerah penelitian

Tabel 4 Hasil estimasi (tonase dan kadar nikel rata-rata) sumberdaya pada lapisan limonit dan saprolit

Zona	Range Ni (%)	Hasil Estimasi Sumberdaya		
		Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
Limonit	0-1	93.600	149.760	0,84
	1-1,2	131.275	210.040	1,10
	1,2-1,4	55.500	88.800	1,28
	1,4-1,6	28.225	45.160	1,50
	1,6-1,8	2.675	4.280	1,65
	1,8-2	100	160	1,86
>2	-	-	-	-
Subtotal		311.375	498.200	1,10
Saprolit	0-1	1.175	1.821,3	0,90
	1-1,2	20.850	32.317,5	1,11
	1,2-1,4	51.425	79.708,8	1,30
	1,4-1,6	75.275	116.676,3	1,50
	1,6-1,8	100.075	155.116,3	1,70
	1,8-2	53.950	83.622,5	1,88
>2	16.050	24.877,5	2,11	
Subtotal		318.800	494.140	1,60
Grand total		941.550	992.340	1,35

Berdasarkan hasil estimasi model blok sumberdaya terukur menggunakan Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) didapatkan total jumlah volume sumberdaya terukur sebesar 941.550 m³ dengan jumlah tonase sebesar 992.340 ton. Pada zona limonit, didapatkan jumlah volume sumberdaya terukur sebesar 311.375 m³ dengan jumlah tonase sebesar 498.200 ton, sementara pada zona saprolit, didapatkan jumlah volume sumberdaya terukur sebesar 318.800 m³ dengan jumlah tonase sebesar 494.140 ton. Hasil estimasi model blok sumberdaya

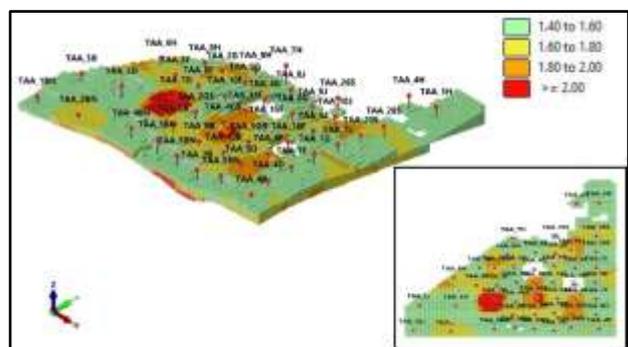
terukur pada Sub Blok 4 Blok TAA PT. Bumi Nikel Nusantara secara rinci dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Pada estimasi cadangan, PT. Bumi Nikel Nusantara menetapkan batas kadar rata-rata nikel yang secara ekonomi masih dapat ditambang nilai *cut-off grade* (COG) sebesar 1,40% kadar nikel (Ni). Hasil estimasi cadangan dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5 Hasil estimasi cadangan Sub Blok 4 Blok TAA PT. Bumi Nikel Nusantara

Zona	Hasil Estimasi		
	Volume (m ³)	Tonase (ton)	Ni (%)
Limonit	31.000	49.600	1,51
Saprolit	245.350	380.292,50	1,71
Total	276.350	429.893	1,68

Berdasarkan hasil estimasi model blok cadangan yang dilakukan pada Sub Blok 4 Blok TAA (**Gambar 6**) menggunakan Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) pada zona limonit diperoleh volume sebesar 31.000 m³ dan jumlah tonase sebesar 49.600 ton dengan nilai rata-rata kadar Ni adalah 1,51 %. Pada zona saprolit diperoleh volume sebesar 245.350 m³ dan jumlah tonase sebesar 380.292,50 ton dengan nilai rata-rata kadar nikel adalah 1,71%. Berdasarkan rincian tersebut, diperoleh total volume cadangan pada Sub Blok 4 Blok TAA adalah sebesar 276.350 m³ dan memiliki tonase sebesar 429.893 ton dengan nilai rata-rata kadar nikel adalah 1,68%.



Gambar 6 Model blok cadangan nikel laterit pada Sub Blok 4 Blok TAA PT. Bumi Nikel Nusantara

4.7 Pengkajian Layak Tambang

Secara non teknis pengkajian layak tambang pada Sub Blok 4 Blok TAA PT. Bumi Nikel Nusantara telah memenuhi syarat faktor ekonomis berupa kriteria *cut-off grade* (COG) dan untuk faktor penambangan berupa nilai *economic stripping ratio* (SR) yang diperoleh 1:1,28 sudah memenuhi standar minimal kelayakan perusahaan sebesar 1:2,5 sehingga dapat dikategorikan sebagai cadangan.

Secara teknis tingkat keyakinan geologi pada Sub Blok 4 Blok TAA PT. Bumi Nikel Nusantara tergolong sangat tinggi karena kerapatan jarak spasi antar titik

bor yaitu rata-rata 25 meter sehingga secara teknis sudah legal dikategorikan menjadi cadangan karena tingkat keyakinan geologi pada data bor yang jaraknya 25 meter sangat tergolong baik dan juga ditinjau dari faktor morfologi, litologi, dan struktur yang ada menunjukkan proses pengkayaan nikel pada Sub Blok 4 Blok TAA tergolong baik. Dari kajian-kajian tersebut sumber daya pada Sub Blok 4 Blok TAA PT. Bumi Nikel Nusantara dapat dikategorikan sebagai cadangan terkira.

5 Kesimpulan

Model geologi endapan nikel laterit mengikuti bentuk kemiringan lereng. Berdasarkan hasil interpretasi diperoleh bahwa titik bor yang berada pada kemiringan lereng agak curam memiliki ketebalan laterit yang tipis sedangkan pada kondisi kemiringan lereng agak miring sampai miring memiliki ketebalan laterit yang lebih tebal. Berdasarkan hasil analisis statistik untuk data assay dan data komposit diperoleh nilai *coefficient of varians* (CV) assay zona limonit adalah 0,37 dan zona

saprolit 0,33 sedangkan nilai *coefficient of varians* (CV) komposit zona limonit adalah 0,35 dan zona saprolit 0,30. Nilai CV < 0,5 menunjukkan data terdistribusi normal dan nilai CV di atas 0,5 akan menunjukkan variabilitas nilai data tidak teratur sehingga dapat mempengaruhi hasil estimasi. Estimasi sumberdaya pada penelitian ini dilakukan dengan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) dengan nilai *error* paling kecil pada power 4 yaitu 0,1034 berdasarkan hasil validasi. Berdasarkan tingkat keyakinan geologi, daerah penelitian termasuk ke dalam sumberdaya terukur dikarenakan lokasi informasi pada lubang bor ini cukup rapat dengan spasi rata-rata 25 meter sehingga dapat dikonversi menjadi cadangan terkira karena hanya beberapa faktor pengubah yang digunakan sebagai pertimbangan pada saat mengkonversi. Faktor pengubah yang digunakan berupa faktor ekonomis yaitu kriteria *cut-off grade* (COG) dan untuk faktor penambangan yaitu nilai *economic stripping ratio* (SR) yang diperoleh 1:1,28 sudah memenuhi standar kelayakan minimal perusahaan, sehingga dapat dikategorikan sebagai cadangan.

Referensi

- Ahmad, W. 2001. Nickel laterites: Chemistry, Mineralogy & formation of Ni Laterites. VITSL INCO, Ltd, Training Manual.
- Amri, N. A., Hartono & Siri, H. T. 2018. Kriging by partition: case of Ciurug Quartz Gold Vein. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 212. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/212/1/012056>
- Amsah, L. O. M. Y., Samanlangi, A. I. & Noor, M. K. 2021. Estimasi Cadangan Terukur Endapan Nikel Laterit COG 1,5 Menggunakan Metode Daerah Pengaruh di Kab. Morowali. Jurnal Gecelebes, 5(2), pp. 169-172. <https://doi.org/10.20956/geocelebes.v5i2.13861>
- Arif, I. 2018. Nikel Indonesia. Jakarta, Gramedia Pustaka Utama.
- Bargawa, W. S. 2017. Geostatistik (2 ed.). Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Bargawa, W. S. 2018. Perencanaan Tambang. Yogyakarta, Kilau Book.
- Bargawa, W. S. & Tobing, R. F. 2020. Iron ore resource modeling and estimation using geostatistics. AIP Conference Proceedings, 2245, pp. 070016. <https://doi.org/10.1063/5.0006928>
- Darling, P. 2011. SME Mining Engineering Handbook (3 ed.). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.
- Faza, N., Yunus, A. & Khorniawan, W. B. 2022. Estimasi Sumberdaya Bauksit Menggunakan Metode Geostatistik di PT. XYZ Kabupaten Mempawah. Jurnal Riset Teknik Pertambangan, 2(2), pp. 91-98. <https://doi.org/10.29313/jrtp.v2i2.1141>
- Hustrulid, W. A., Kuchta, M. & Martin, R. K. 2013. Open Pit Mine Planning and Design (3 ed.). Balkema, CRC Press.
- KCMI 2017. Kode Pelaporan Hasil Eksplorasi Sumberdaya Mineral dan Cadangan Bijih Indonesia. Perhimpunan Ahli Pertambangan Indonesia dan Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Kim, Y. C. 1988. Advanced geostatistics for highly skewed data (short course notes). Department of Mining and Geological Engineering, University of Arizona.
- Purnomo, H. 2018. Aplikasi Metode Interpolasi *Inverse Distance Weighting* dalam Penaksiran Sumberdaya Laterit Nikel (Studi Kasus di Blok R, Kabupaten Konawe-Sulawesi Tenggara). Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi, 10(1), pp. 49-60. <https://doi.org/10.28989/angkasa.v10i1.221>
- Respatti, E., Goejantoro, R. & Wahyuningsih, S. 2014. Perbandingan Metode Ordinary Kriging dan Inverse Distance Weighted untuk Estimasi Elevasi Pada Data Topografi (Studi Kasus : Topografi Wilayah FMIPA Universitas Mulawarman). Jurnal EKSPONENSIAL, 5(2), pp. 163-170.

- Rizky, M. & Yulhendra, D. 2022. Estimasi Sumber Daya Bijih Besi Menggunakan Metode Inverse Distance Weighted dan Ordinary Kriging di PT.KUATASSI, Kabupaten Solok, Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, 7(1), pp. 96-106. <https://doi.org/10.24036/bt.v7i1.117752>
- Rossi, M. E. & Deutsch, C. V. 2014. *Mineral Resource Estimation*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5717-5>
- Rusmana, E., Sukido, Sukarna, D., Haryono, E. & Simandjuntak, T. O. 1993. *Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi, skala 1 : 250.000*. Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Shahbeik, S., Afzal, P., Moarefvand, P. & Qumarsy, M. 2013. Comparison between ordinary kriging (OK) and inverse distance weighted (IDW) based on estimation error. Case study: Dardevey iron ore deposit, NE Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 7(9), pp. 3693-3704. <https://doi.org/10.1007/s12517-013-0978-2>
- Surono 2013. *Geologi Lengan Tenggara Sulawesi (2 ed.)*. Bandung, Badan Geologi.
- Surono & Hartono, U. 2013. *Geologi Sulawesi (1 ed.)*. Jakarta, LIPI Press.
- van Zuidam, R. A. 1986. *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*. Netherland, Publisher The Hague.

