

Analisis Sebaran dan Estimasi Tonase Nikel Laterit Berbasis IDW(*nverse Distance Weighted*) Di PT. Tiran Indonesia

B. Arman Makkarakka¹, Wilhelmus William Betteng²

^{1,2}Program Studi Teknik Pertambangan, Institut Teknologi dan Bisnis Nobel Indonesia

Corresponding Author: B. Arman, Makkarakka, E-Mail: Arman@nobel.ac.id

Published: June, 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menilai dan menghitung jumlah sumber daya bijih nikel laterit sebelum dilaksanakannya aktivitas penambangan di area kerja PT. Tiran Indonesia yang berada di Sulawesi Tenggara. Estimasi dilakukan menggunakan metode Inverse Distance Weighted (IDW), yang dikenal efektif dalam memetakan variasi spasial kadar dan tonase bijih berdasarkan data titik bor eksplorasi. **Metode Penelitian** : Penelitian ini memanfaatkan data primer dan sekunder. Data primer mencakup identitas titik bor (hole ID), koordinat collar (easting, northing, elevasi), serta hasil analisis kadar nikel (Ni). Data sekunder berupa peta lokasi penelitian dan kedalaman bor. Seluruh data diolah dengan software Surpac versi 6.5.1 menggunakan pendekatan model blok tiga dimensi serta cut-off grade (COG) sebesar 1,5%. Estimasi dilakukan dengan metode IDW yang memberikan bobot lebih besar pada data yang berjarak lebih dekat. **Hasil** : Berdasarkan 45 titik bor dan 805 data kadar, diperoleh estimasi sumber daya bijih nikel laterit sebesar 2.936.000 ton. Rata-rata kadar nikel yang diperoleh sebesar 1,98%, dengan ketebalan lapisan bijih berkisar antara 2 hingga 23 meter. Hasil ini menunjukkan distribusi endapan nikel laterit yang cukup merata di zona saprolit, yang layak untuk dieksploitasi. **Kesimpulan** : Metode IDW terbukti menjadi pendekatan estimasi sumber daya yang efektif dalam mengolah data eksplorasi titik bor. Hasil estimasi menunjukkan jumlah tonase yang signifikan dan dapat dijadikan acuan dalam rencana kegiatan penambangan.

Kata Kunci : Nikel laterit, Estimasi Sumber Daya, IDW, Surpac, Tonase.

ABSTRACT

*This research aims to assess and estimate the volume of nickel laterite ore resources prior to mining activities within the PT Tiran Indonesia concession area in Southeast Sulawesi. The estimation employs the Inverse Distance Weighted (IDW) method, which is recognized for its effectiveness in illustrating the spatial variation of grade and ore tonnage based on drill hole exploration data. **Materials and methods** : The research utilized both primary and secondary data. Primary data included drilling point identifiers (hole IDs), collar coordinates (easting, northing, elevation), and analytical results of nickel (Ni) grade. Secondary data consisted of a site location map and drilling depth records. All data were processed using Surpac 6.5.1 software, applying a three-dimensional block modeling approach with a cut-off grade (COG) of 1.5%. The IDW method was used to perform the estimation, giving more weight to nearby data points. **Results** : Using data from 45 drill holes and 805 grade records, the estimated nickel laterite ore resources totaled approximately 2,936,000 tons. The average Ni grade was calculated at 1.98%, with ore thickness ranging from 2 to 23 meters. These findings suggest a well-distributed deposit of lateritic nickel in the saprolite zone, making it potentially viable for mining. **Conclusions** : The IDW method has proven to be a practical tool for estimating mineral resources based on drill hole data. The estimation produced a significant tonnage that can serve as a key reference for mining exploitation plans.*

Keywords: Nickel laterite, Resource Estimation, IDW, Surpac, Tonnage.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

PENDAHULUAN

Indonesia pada dasarnya merupakan wilayah yang kaya akan sumber daya alam, terutama bahan tambang yang tergolong sebagai sumber daya yang tidak dapat diperbarui. Salah satu sumber daya yang sangat penting adalah mineral, yang menjadi bahan baku utama dalam industri pertambangan. Namun,

dalam beberapa dekade terakhir, industri pertambangan dihadapkan pada tantangan serius, yaitu semakin menipisnya cadangan mineral di beberapa lokasi, yang pada akhirnya dapat menghentikan operasi tambang di wilayah tersebut. Pengelolaan sumber daya alam di sektor pertambangan membutuhkan tenaga kerja yang terampil dan kompeten, khususnya dalam bidang ilmu kebumih dan teknik pertambangan. Oleh karena itu, para profesional di bidang ini dituntut untuk tidak hanya menguasai teori, tetapi juga memiliki keterampilan lapangan yang kuat guna menunjang proses eksplorasi dan produksi yang efisien.

Salah satu wilayah yang memiliki potensi sumber daya mineral yang besar adalah Indonesia Timur, khususnya di Sulawesi Tenggara. Di daerah Konawe Utara terdapat endapan bijih nikel laterit yang terbentuk melalui proses pelapukan batuan ultrabasa seperti peridotit, dunit, dan serpentinit yang kaya akan kandungan nikel hingga 2% (Elias & Santos, 1981; Butt & Zeegers, 1992). Endapan ini berpotensi besar untuk dieksploitasi secara ekonomis. Namun, untuk menunjang kegiatan eksploitasi tersebut, diperlukan estimasi sumber daya yang akurat dan terukur.

Dalam hal ini, salah satu metode estimasi yang umum digunakan adalah Inverse Distance Weighted (IDW), yakni metode interpolasi yang berbasis pada asumsi bahwa nilai data di suatu lokasi dipengaruhi lebih besar oleh data terdekat dibandingkan yang lebih jauh (National Center for Geographic Information and Analysis, 2007; Latif, 2008). Metode ini telah banyak diterapkan untuk memperkirakan sumber daya mineral yang memiliki sebaran kadar sederhana seperti nikel laterit (Waheed, 2006). IDW juga memungkinkan pembangunan block model tiga dimensi dengan bantuan perangkat lunak seperti Surpac, yang membantu dalam perhitungan tonase dan kadar bijih (Widayat, 2005; Sutisna, 2006).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan di wilayah kerja PT. Tiran Indonesia untuk mengestimasi sumber daya bijih nikel laterit menggunakan metode IDW dengan dukungan perangkat lunak Surpac 6.5.1. Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam perencanaan kegiatan penambangan yang efektif, efisien, dan berkelanjutan (KCMI, 2011; Pramono, 2008; Kalatidha, 2015).

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, ada beberapa tahapan yang dapat dilakukan yaitu:

Tahap Pengambilan Data

Pengumpulan data disesuaikan dengan judul dan fokus penelitian yang dilaksanakan, serta mencakup data pendukung lainnya yang diperlukan untuk memperoleh hasil akhir yang optimal dalam penyusunan penelitian.

1. Data Primer

Data primer diperoleh dari basis data eksplorasi dan disusun dalam bentuk spreadsheet, yang terdiri atas:

- a) Data *Hole Id*
- b) Data *Collar* (koordinat easting, northing dan elevasi).
- c) Data analisis kadar (Ni)

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan informasi pendukung yang diperlukan untuk melengkapi proses penelitian, meliputi:

- a) Peta lokasi daerah penelitian
- b) Data kedalaman titik bor (*End Of Hole*).

Tahap Pengolahan Data Dan Analisis Data

Setelah data terkumpul, dilakukan proses pengolahan dan analisis. Data dalam bentuk spreadsheet diolah secara manual menggunakan program Microsoft Excel, dengan penyesuaian terhadap nilai Cut Off Grade (COG) sebesar 1,5%. Tujuannya adalah untuk mengetahui keberadaan ore pada masing-masing titik bor dalam area penelitian. Kandungan ore pada setiap Hole ID kemudian dianalisis lebih lanjut untuk menentukan tebal lapisan ore (m), tebal overburden, serta kadar kandungan Ni dan Fe pada setiap titik bor.

Setelah seluruh data titik bor dalam area studi diolah, analisis dilanjutkan dengan menggunakan perangkat lunak Surpac 6.5.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Titik Bor dan Kadar (Assay)

Data yang digunakan untuk melakukan estimasi sumber daya berasal dari kegiatan eksplorasi di blok satu, yang telah dilakukan dalam kegiatan penambangan oleh PT. Tiran Indonesia. Terdapat sebanyak 45 titik bor dengan total 805 data kadar. Informasi yang diperoleh mencakup data hole ID, koordinat easting, northing, elevasi, dan kedalaman (depth), serta kemiringan bor (dip). Data kadar (assay) diperoleh dari hasil analisis laboratorium. Estimasi sumber daya dilakukan menggunakan metode IDW dengan Cut Off Grade (COG) $\text{Ni} \geq 1,5\%$. Semua data ini dikompilasi ke dalam spreadsheet, kemudian diolah menggunakan Microsoft Excel (lihat Lampiran A), dan selanjutnya diimpor ke dalam perangkat lunak Surpac 6.5.1 untuk proses estimasi sumber daya nikel laterit.

Estimasi Sumberdaya Nikel laterit

Langkah-langkah estimasi sumber daya yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan Database

Pembuatan sistem database bertujuan untuk menyusun data pemboran menjadi sistematis agar memudahkan dalam pengelolaan data, mulai dari input, pembaruan, pemrosesan, hingga output dan

tata letak data. Hal ini dilakukan untuk mengetahui potensi sumber daya mineral di area studi. Proses ini juga bertujuan untuk melakukan koreksi terhadap pengelompokan dan validitas data eksplorasi, sehingga dapat menggambarkan sebaran titik bor yang akan digunakan dalam proses estimasi.

Desain sistem estimasi memperhatikan parameter-parameter penting sebagai acuan dalam perhitungan dan standar data eksplorasi. Database disusun berdasarkan variabel seperti hole ID, koordinat (easting, northing, elevasi/x, y, z), litologi nikel laterit (Over Burden/OB, limonit/LIM, saprolit/SAP, dan batuan dasar/BR), kedalaman lubang bor (EOH/end of hole), ketebalan masing-masing lapisan (depth from – depth to), data kadar Ni, dan nilai Cut Off Grade (COG). Seluruh data ini kemudian diimpor ke dalam software Surpac 6.5.1.

Hasil dari pengolahan data dalam Surpac 6.5.1 berupa visualisasi tiga dimensi titik bor, yang memperlihatkan distribusi kadar bijih serta bentuk lapisan endapan. Visualisasi tersebut dapat dilihat pada Lampiran C (Peta Drill Hole). Peta ini menampilkan warna yang berbeda untuk setiap jenis litologi (limonit, saprolit, dan batuan dasar), guna mempermudah pembatasan wilayah sebaran bijih pada tiap lapisan. Warna juga digunakan untuk membedakan kadar ore di atas COG Ni $\geq 1,5\%$ pada setiap titik bor. Warna kuning digunakan untuk limonit, merah untuk saprolit, dan hijau untuk batuan dasar, seperti yang ditunjukkan dalam Lampiran C (Drill Hole).

2. Model Blok

Model blok merupakan media yang digunakan untuk memvisualisasikan data hasil dari database geologi, dengan tujuan untuk memprediksi jumlah sumber daya berdasarkan kadar yang telah ditentukan, yaitu COG Ni $\geq 1,5\%$. Penyebaran titik bor yang telah diklasifikasi kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis bijih (lapisan) sesuai dengan klasifikasi yang ditetapkan, guna memperoleh hasil estimasi yang lebih akurat.

Estimasi Sumberdaya dengan Metode IDW

Teknik estimasi ini dilakukan untuk mengetahui potensi sumber daya nikel laterit dalam hal volume, tonase, serta kualitas kadar nikel dari hasil eksplorasi. Estimasi didasarkan pada data pemboran yang diperoleh dari survei lapangan. Nikel laterit memiliki sebaran kadar dan geometri yang sederhana, sehingga hampir semua metode estimasi dapat diterapkan. Karena estimasi merupakan pendekatan terhadap kondisi sebenarnya, maka hasil perhitungannya tetap mengandung ketidakpastian. Oleh karena itu, estimasi harus mampu menggambarkan kondisi geologi serta karakteristik mineralisasi dengan baik.

Dalam penelitian ini, estimasi dilakukan dengan metode IDW dan menggunakan COG Ni $\geq 1,5\%$. Metode ini memperhitungkan jarak antar data, namun belum mempertimbangkan pola distribusi data secara menyeluruh. Oleh karena itu, data dengan jarak yang sama namun distribusi yang berbeda tetap dapat memberikan hasil yang serupa. Model blok yang dihasilkan dari data tersebut, khususnya untuk endapan saprolit, dapat dilihat pada Lampiran D dan Lampiran E.

Hasil Perhitungan Sumberdaya Mineral dengan Metode IDW

Volume dihitung dengan menjumlahkan ketebalan masing-masing blok pada lapisan saprolit. Volume tersebut kemudian dikalikan dengan nilai densitas material untuk mendapatkan tonase endapan. Tonase inilah yang dianggap sebagai jumlah sumber daya.

Tabel hasil perhitungan estimasi sumber daya nikel laterit menggunakan metode IDW adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Metode IDW

Ni (%)	Volume (m ³)	Tonnes (ton)	Ni (%)
1.5 -> 1.8	677.500	1.084.000	1.67
1.8 -> 2.1	587.500	940.000	1.93
2.1 -> 2.4	420.000	672.000	2.22
2.4 -> 2.7	145.000	232.000	2.47
2.7 -> 3.0	5.000	8.000	2.98
Grand Total	1.835.000	2.936.000	1.98

Berdasarkan hasil estimasi dengan metode IDW, diperoleh total sumber daya sebesar 2.936.000 ton..

Pembahasan

Metode Estimasi Sumberdaya

Penentuan apakah suatu endapan nikel laterit layak ditambang sangat bergantung pada hasil eksplorasi yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk mengetahui kelayakan tersebut, dilakukan perhitungan estimasi terhadap sumber daya yang ada. Namun, sebelum proses estimasi dilakukan, diperlukan identifikasi terhadap sejumlah parameter penting guna memastikan akurasi perhitungan. Salah satu parameter utama adalah densitas material. Densitas ini sangat penting karena menjadi dasar dalam konversi volume menjadi tonase, yakni dengan cara mengalikan volume endapan dengan nilai densitas material tersebut. Pada PT. Tiran Indonesia, densitas bijih nikel yang digunakan dalam estimasi adalah 1,6 kg/m³.

Selain itu, estimasi bijih juga memperhatikan nilai batas kadar minimal yang dianggap layak tambang, yaitu cut off grade (COG) sebesar $\text{Ni} \geq 1,5\%$. Dengan parameter-parameter ini, perhitungan

estimasi sumber daya menggunakan metode Inverse Distance Weighted (IDW) dapat dilaksanakan dengan bantuan software Surpac 6.5.1. Estimasi ini dilakukan berdasarkan data pemboran yang telah diperoleh dari kegiatan eksplorasi di lapangan, khususnya dari zona saprolit, dan dengan jarak spasi titik bor sekitar 200 meter.

Sebelum proses estimasi dilakukan, terlebih dahulu dibuat model blok. Sistem block model ini berfungsi sebagai media geometri 3D yang digunakan untuk memperkirakan nilai kadar nikel pada setiap blok dalam estimasi. Model blok ini berbentuk tiga dimensi, yang terdiri dari panjang, lebar, dan tinggi, dan mencakup seluruh titik bor dalam area kajian. Model ini memungkinkan untuk memperkirakan jumlah sumber daya dalam bentuk tonase, berdasarkan kadar yang telah ditentukan sebagai referensi perusahaan.

Estimasi dilakukan secara khusus pada zona saprolit, karena lapisan ini diketahui memiliki kandungan nikel yang cukup potensial untuk ditambang. COG yang diterapkan adalah $Ni \geq 1,5\%$, dengan densitas zona saprolit di PT. Tiran Indonesia sebesar $1,6 \text{ kg/m}^3$. Teknik estimasi yang digunakan adalah metode IDW, yang mempertimbangkan hubungan spasial antara titik data, dengan prinsip pembobotan berdasarkan kedekatan jarak. Titik data yang lebih dekat dengan titik estimasi akan memiliki pengaruh atau bobot yang lebih besar dibandingkan titik data yang lebih jauh. Nilai estimasi yang diperoleh merupakan hasil rata-rata berbobot dari titik-titik data sekitarnya..

Dasar Pemilihan Metode

Dalam penelitian ini, metode IDW dipilih karena memiliki sejumlah keunggulan, antara lain:

1. Metode ini cocok digunakan untuk memperkirakan sumber daya mineral.
2. Sudah mempertimbangkan hubungan spasial antar titik data, sehingga hasilnya bisa lebih mendekati kenyataan.
3. Perhitungan dilakukan berdasarkan kombinasi linear atau rata-rata berbobot dari nilai titik-titik data yang ada di sekitarnya.

Kekurangan dan Kelebihan Metode IDW

1. Kelebihan
 - a. Mempertimbangkan faktor jarak atau hubungan spasial antar titik data.
 - b. Menggunakan pendekatan rata-rata tertimbang (weighting average).
 - c. Titik data yang lebih dekat memberikan bobot yang lebih besar terhadap hasil estimasi.
 - d. Dapat disesuaikan menggunakan pangkat (power factor) untuk mengatur efek pemerataan.
 - e. Pangkat yang lebih tinggi meningkatkan pengaruh titik data terdekat, sehingga memberikan hasil yang lebih mendekati kenyataan.

2. Kelemahan

- a. Tidak mempertimbangkan hubungan antara jarak dan range seperti dalam variogram.
- b. Perlakuan yang sama diterapkan pada deposit yang tidak teratur (irregular) maupun deposit yang luas, meskipun karakteristiknya berbeda.
- c. Tidak dapat digunakan jika titik referensinya adalah lubang bor dengan pembobotan yang mendekati tak hingga.
- d. Sensitif terhadap ukuran blok yang digunakan.
- e. Tidak mempertimbangkan pola distribusi data, sehingga dua dataset dengan pola sebaran berbeda tapi jarak yang sama bisa menghasilkan estimasi serupa.
- f. Belum mampu menggambarkan korelasi spasial antar titik data secara utuh.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh bahwa perhitungan estimasi cadangan menggunakan metode IDW menghasilkan volume sumber daya dari endapan mineral dengan cut off grade 1,5% sebesar **2.936.000 ton**, yang diperoleh dari total 45 titik bor.

Saran

1. Dalam menentukan besaran sumber daya dari suatu endapan mineral dengan COG 1,5%, diperlukan ketelitian tinggi karena hasil estimasi sangat bergantung pada akurasi data yang digunakan.
2. Saat menerapkan metode IDW dalam proses estimasi sumber daya, disarankan untuk melakukan input data dengan sangat cermat. Kesalahan kecil dalam proses pengisian data dapat berdampak besar terhadap akurasi hasil perhitungan akhir

DAFTAR PUSTAKA

Butt, C. R. M., & Zeegers, H. (1992). *Weathering and weathering profiles*. Elsevier.

Elias, M., & Santos, F. (1981). *Profil umum penyebaran zona laterit*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.

Kalatidha. (2015, September 14). *Proses laterisasi nikel*. Retrieved from <https://www.geosains.com/proses-laterisasi-nikel>

KCMI. (2011). *Kode pelaporan hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan bijih Indonesia*. Jakarta: IAGI-Perhapi.

Latif, A. A. (2008). *Studi perbandingan metode nearest neighbourhood point (NNP), inverse distance weighted (IDW), dan kriging pada perhitungan cadangan nikel laterit* (Unpublished undergraduate thesis). Institut Teknologi Bandung.

National Center for Geographic Information and Analysis. (2007). Interpolation: Inverse distance weighting. NCGIA.

Pramono, G. H. (2008). Akurasi metode IDW dan kriging untuk interpolasi sebaran. *Jurnal Geologi Pertambangan*, 19(2), 45–52.

Sutisna, D. T. (2006). Perencanaan eksplorasi cebakan nikel laterit di daerah Wayamli, Halmahera Timur (Unpublished report). Lembaga Geologi.

Waheed, A. (2006). Unsur-unsur dalam profil laterit dengan konsentrat. Bandung: Pusat Penelitian Geologi.

Widayat, A. H. (2005). Modul responsi TE323: Metode perhitungan cadangan. Bandung: ITB.