JURNAL RISET TEKNOLOGI PERTAMBANGAN
Advancing Research in Sustainable Mining Environment Economic and Geotecnical Engineering

Volume 5 Nomor 2/ 2025 / ISSN : 2621-3869
Publish : 22 Desember 2025

PENERAPAN METODE INVERSE DISTANCE WEIGHTING UNTUK MENGKAJI POTENSI SUMBERDAYA NIKEL LATERIT BERDASARKAN DATA PEMBORAN

Hadi Zulkarnain Ladianto[a,*]
[a)]Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,Universitas Halu Oleo
Kampus Bumi Hijau Tri Darma, Andonohu, Kendari, Indonesia
hadi.zulkarnain@uho.ac.id

Intisari

Estimasi sumberdaya mineral merupakan tahapan penting dalam perencanaan tambang karena menjadi dasar evaluasi teknis dan ekonomi suatu endapan. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi potensi sumberdaya nikel laterit berdasarkan data pemboran eksplorasi menggunakan metode Inverse Distance Weighting (IDW). Data yang digunakan terdiri atas 37 titik bor dengan total 593 data kadar Ni yang mencakup informasi koordinat, litologi, dan hasil analisis kadar laboratorium. Seluruh data dikompilasi dan dimodelkan dalam bentuk model blok tiga dimensi menggunakan perangkat lunak Micromine. Estimasi sumberdaya dilakukan dengan menerapkan cut-off grade sebesar 1,5% Ni dan densitas seragam 1,60 ton/m³. Hasil estimasi menunjukkan bahwa zona limonit memiliki total sumberdaya sebesar 2.889.250 ton dengan kadar rata-rata 1,10% Ni, sedangkan zona saprolit memiliki total sumberdaya sebesar 2.218.250 ton dengan kadar rata-rata 2,06% Ni. Distribusi kadar pada zona limonit didominasi oleh kelas kadar rendah hingga menengah, sementara zona saprolit didominasi oleh kelas kadar menengah hingga tinggi dengan sebaran yang relatif kontinu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa zona saprolit memiliki potensi yang lebih prospektif secara ekonomis, sedangkan zona limonit berpotensi dimanfaatkan sebagai material penunjang melalui strategi blending. Metode IDW mampu merepresentasikan variasi spasial kadar nikel secara cukup baik dan dapat digunakan sebagai pendekatan awal dalam estimasi sumberdaya nikel laterit.

Kata Kunci: Estimasi sumberdaya, nikel laterit, inverse distance weighting, kadar nikel.

Abstract

Mineral resource estimation is a crucial stage in mine planning as it provides the basis for technical and economic evaluation of a mineral deposit. This study aims to estimate the potential of lateritic nickel resources based on exploration drilling data using the Inverse Distance Weighting (IDW) method. The dataset consists of 37 drill holes with a total of 593 nickel grade samples, including information on coordinates, lithology, and laboratory assay results. All data were compiled and modeled into a three-dimensional block model using Micromine software. Resource estimation was carried out by applying a cut-off grade of 1.5% Ni and a uniform density of 1.60 ton/m³. The results indicate that the limonite zone contains a total resource of 2,889,250 tons with an average grade of 1.10% Ni, while the saprolite zone contains a total resource of 2,218,250 tons with an average grade of 2.06% Ni. Grade distribution in the limonite zone is dominated by low to medium grades, whereas the saprolite zone is dominated by medium to high grades with relatively good lateral continuity. These results indicate that the saprolite zone is more economically prospective, while the limonite zone can be optimally utilized as supporting material through a blending strategy. The IDW method is able to reasonably represent the spatial variation of nickel grades and can be applied as an initial approach for lateritic nickel resource estimation.

Keywords: *Resource estimation, laterite nickel, inverse distance weighting, grade*

1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan kekayaan sumberdaya mineral yang signifikan, yang tersebar hampir di seluruh wilayah kepulauan dan berkontribusi besar terhadap pembangunan nasional (Sukandarrumidi, 2007). Keberadaan sumberdaya tersebut tidak terlepas dari kondisi geologi regional Indonesia yang dipengaruhi oleh interaksi lempeng tektonik dan proses magmatisme yang intensif, sehingga mendukung pembentukan berbagai endapan mineral logam (Golightly, 1981).

Salah satu komoditas mineral yang memiliki nilai strategis tinggi adalah nikel. Logam ini banyak digunakan dalam industri baja tahan karat, paduan logam, serta teknologi modern seperti

baterai dan energi terbarukan (Dalvi et al., 2004). Endapan nikel laterit umumnya berkembang di daerah tropis melalui proses pelapukan kimia yang intensif terhadap batuan ultramafik, menghasilkan zona limonit dan saprolit dengan karakteristik kadar dan mineralogi yang berbeda (Elias, 2002).

Dalam kegiatan pertambangan, informasi mengenai jumlah dan kualitas endapan sangat diperlukan sebelum proses penambangan dilakukan. Oleh karena itu, estimasi sumberdaya menjadi tahapan penting untuk meminimalkan risiko teknis dan ekonomi dalam pengembangan tambang (Bankes, 2003). Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi sumberdaya nikel laterit menggunakan metode IDW berdasarkan data pemboran eksplorasi di Kec. Lasolo Kepulauan, Kab. Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara.

2. METODE PENELITIAN

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode estimasi deterministik *Inverse Distance Weighting* (IDW). Metode ini mengasumsikan bahwa nilai kadar pada suatu lokasi dipengaruhi oleh data di sekitarnya, dengan pengaruh yang menurun seiring bertambahnya jarak (Isaaks & Srivastava, 1989).

Data yang digunakan terdiri atas data primer dan sekunder hasil kegiatan eksplorasi, yang meliputi:

- data koordinat dan elevasi titik bor (*collar*),
- data kedalaman dan arah pemboran (*survey*),
- data litologi zona nikel laterit (limonit, saprolit, dan bedrock),
- serta data kadar Ni hasil analisis laboratorium (assay).
- data topografi blok penambangan

Seluruh data dikompilasi dalam basis data menggunakan *Microsoft Excel*, kemudian diimpor ke perangkat lunak *Micromine* untuk dilakukan pemodelan tiga dimensi dan estimasi sumberdaya (Henley, 2000).

Metode *inverse distance* merupakan kombinasi linier atau harga rerata tertimbang (weigthed average) dari kadar komposit di sekitar blok. Prinsip dasar metode ini adalah menentukan bobot conto (wi) sebagai fungsi dari jarak conto terhadap blok yang ditaksir. (Bargawa, 2017)

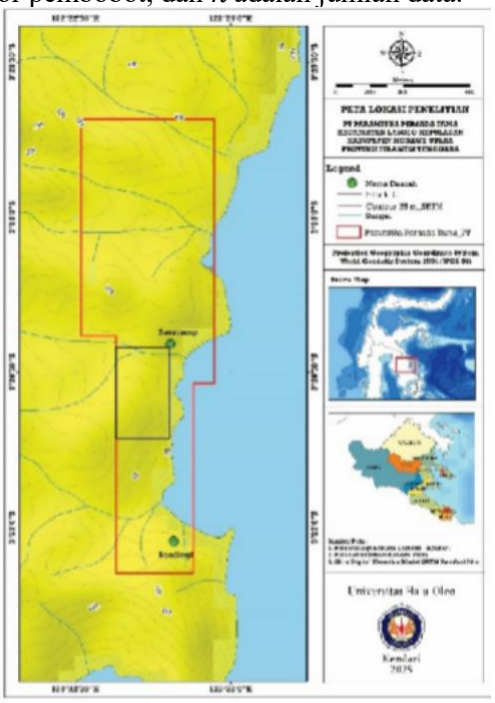
$$Z^* = \sum_{i=1}^{n} w_i \, z_i \qquad (1)$$

Keterangan : Z^* = kadar yang ditaksir
w_i = bobot conto
z_i = kadar conto

Secara matematis, estimasi kadar dengan metode IDW dinyatakan sebagai berikut (Davis, 2002):

$$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{z_i}{d_i^k} \right)}{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{1}{d_i^k} \right)} \qquad (2)$$

di mana Z^*merupakan kadar estimasi, $Z_i$adalah kadar contoh, $d_i$adalah jarak antar titik, k adalah faktor pembobot, dan n adalah jumlah data.



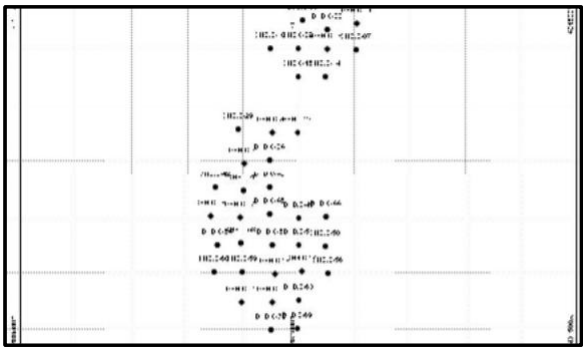
Gambar 1. Lokasi penelitian

3. HASIL PEMBAHASAN

3.1 Data Pemboran dan Kadar

Estimasi sumberdaya didasarkan pada 37 titik bor dengan total 593 data kadar Ni. Data tersebut diperoleh dari hasil pemboran inti (core drilling) yang merepresentasikan kondisi bawah permukaan secara vertikal dan lateral. Hasil analisis kadar dilakukan di laboratorium untuk memastikan akurasi data geokimia yang digunakan dalam estimasi (Henley, 2000).

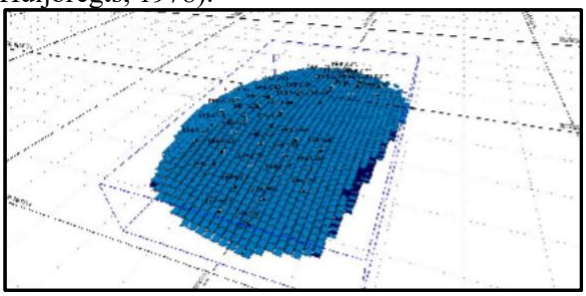
Seluruh data disusun dalam sistem basis data terintegrasi yang berfungsi sebagai dasar dalam proses pemodelan geologi dan estimasi sumberdaya (Sinclair & Blackwell, 2002).



Gambar 2. Titik bor (*plan view*)

3.2 Model Blok

Model blok disusun sebagai representasi spasial endapan nikel laterit berdasarkan distribusi data pemboran. Setiap blok diberikan atribut berupa volume, kadar, dan jenis litologi, sehingga memungkinkan perhitungan tonase serta evaluasi sebaran kadar secara tiga dimensi (Journel & Huijbregts, 1978).



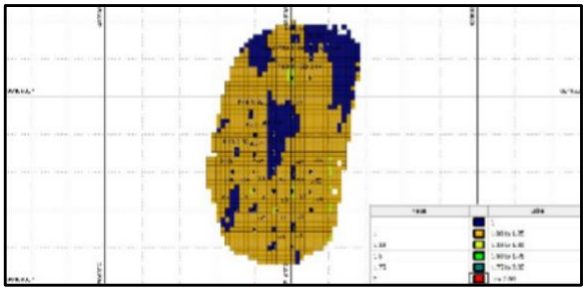
Gambar 3. Konstruksi model blok

3.3 Estimasi Sumberdaya Metode IDW

Proses estimasi dilakukan dengan menerapkan cut off grade sebesar 1,5% Ni, sesuai dengan kriteria operasional perusahaan. Metode IDW memberikan bobot lebih besar pada data yang berjarak lebih dekat dari blok yang diestimasi, sehingga variasi lokal kadar nikel dapat terakomodasi dengan baik meskipun metode ini belum mempertimbangkan struktur variogram (Isaaks & Srivastava, 1989).

Tabel 1.
Hasil estimasi kadar Ni zona limonit

CLASS (%)		*VOLUME* (m^3)	*TONNES* (t)	*DENSITY* (ton/m^3)	ni (%)
0,00	1,00	253.125	405.000	1,60	0,96
1,00	1,50	1.552.656	2.484.250	1,60	1,12
Total		1.805.781	2.889.250	1,60	1,10



Gambar 4. Model blok hasil estimasi Ni zona limonit

Berdasarkan hasil estimasi sumberdaya, zona limonit memiliki total volume sebesar 1.805.781 m^3 dengan total tonase mencapai 2.889.250 ton, menggunakan densitas seragam 1,60 ton/m^3. Distribusi kadar nikel (Ni) pada zona ini terbagi ke dalam dua kelas utama, yaitu 0,00–1,00% Ni dan 1,00–1,50% Ni, dengan kadar rata-rata tertimbang sebesar 1,10% Ni. Nilai ini mencerminkan karakteristik umum zona limonit pada endapan nikel laterit yang umumnya didominasi oleh kadar rendah hingga menengah.

Kelas kadar 1,00–1,50% Ni merupakan komponen dominan zona limonit, dengan volume 1.552.656 m^3 dan tonase 2.484.250 ton, serta kadar rata-rata 1,12% Ni. Dominasi kelas ini menunjukkan bahwa sebagian besar material limonit berada pada kadar yang relatif homogen dan berpotensi sebagai material penunjang (blending) dalam skema penambangan. Sementara itu, kelas kadar 0,00–1,00% Ni hanya berkontribusi kecil, dengan volume 253.125 m^3 dan tonase 405.000 ton, serta kadar rata-rata 0,96% Ni, yang mengindikasikan zona-zona dengan tingkat pengayaan nikel yang lebih rendah.

Pola distribusi kadar tersebut sejalan dengan hasil visualisasi blok model pada peta sebaran kadar Ni zona limonit. Blok-blok dengan kadar 1,00–1,25% Ni hingga 1,25–1,50% Ni terlihat mendominasi dan membentuk tubuh utama endapan. Sebaliknya, blok berkadar rendah (<1,00% Ni) cenderung berkembang secara lokal, terutama di bagian tepi endapan dan beberapa zona internal yang bersifat tidak menerus. Pola ini mencerminkan variasi tingkat pelapukan dan pencucian unsur nikel yang dipengaruhi oleh kondisi topografi, drainase, serta ketebalan profil laterit.

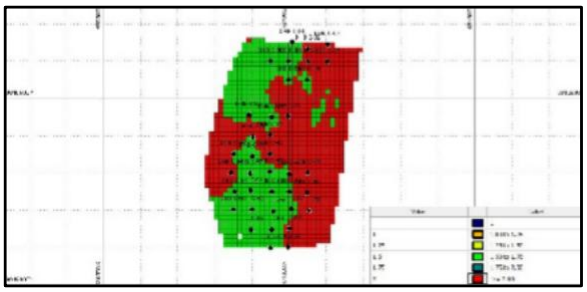
Sebaran kadar yang relatif merata dan tidak menunjukkan anomali kadar tinggi yang signifikan mengindikasikan bahwa proses lateritisasi pada zona limonit berlangsung cukup stabil, namun pengayaan nikel maksimum belum berkembang secara optimal pada zona ini. Kondisi tersebut mempertegas peran zona limonit sebagai lapisan transisi dengan kadar menengah, di mana konsentrasi nikel lebih tinggi umumnya berkembang pada zona saprolit di bawahnya.

Secara keseluruhan, kesesuaian antara hasil estimasi kuantitatif pada tabel dan interpretasi spasial dari peta blok model memperkuat keyakinan terhadap hasil pemodelan dan estimasi yang dilakukan. Zona limonit pada daerah penelitian memiliki potensi sumberdaya yang cukup signifikan dari sisi volume dan tonase, meskipun dengan kadar rata-rata yang relatif sedang. Oleh karena itu, pemanfaatan zona ini lebih optimal apabila dikombinasikan dengan

material berkadar lebih tinggi melalui strategi blending, dengan tetap mempertimbangkan batas kadar ekonomis (cut-off grade), metode penambangan, dan aspek teknis lainnya.

Tabel 2.
Hasil estimasi kadar Ni zona saprolit

CLASS (%)		*VOLUME* (m^3)	*TONNES* (t)	*DENSITY* (ton/m^3)	ni (%)
0,00	1,00	0	0	1,60	-
1,00	1,50	0	0	1,60	-
1,50	2,00	520.625	833.000	1,60	1,88
2,00	2,50	853.281,25	1.365.250	1,60	2,16
2,50	3,00	12.500	20.000	1,60	2,56
Total		1.386.406	2.218.250	1,60	2,06



Gambar 5. Model blok hasil estimasi Ni zona saprolit

Berdasarkan hasil estimasi kadar nikel (Ni) pada zona saprolit yang disajikan pada Tabel 2 serta visualisasi sebaran kadar Ni pada model blok, dapat diketahui bahwa zona saprolit di area penelitian didominasi oleh material berkadar menengah hingga tinggi. Kelas kadar 2,00–2,50% Ni memberikan kontribusi volume terbesar sebesar 853.281,25 m³ dengan tonase mencapai 1.365.250 ton pada densitas 1,60 ton/m³, yang diikuti oleh kelas kadar 2,50–3,00% Ni meskipun dengan volume dan tonase yang relatif lebih kecil. Sementara itu, material dengan kadar di bawah 1,50% Ni hampir tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap total sumber daya.

Total volume zona saprolit yang terestimasi sebesar 1.386.406 m³ dengan total tonase 2.218.250 ton menghasilkan kadar rata-rata tertimbang sebesar 2,06% Ni, yang menunjukkan bahwa zona saprolit tersebut tergolong prospektif dan berada di atas batas kadar ekonomis penambangan nikel laterit. Kondisi ini tercermin secara spasial pada model sebaran kadar Ni, di mana zona berkadar tinggi yang ditunjukkan oleh warna merah hingga hijau tua (≥1,75% hingga ≥2,00% Ni) mendominasi bagian tengah hingga timur area penelitian dan memiliki kontinuitas lateral yang baik. Sebaran ini berasosiasi dengan kepadatan titik bor yang relatif rapat, sehingga meningkatkan tingkat kepercayaan terhadap hasil estimasi.

Pada bagian barat area, kadar Ni umumnya berada pada kisaran menengah (1,50–1,75% Ni), membentuk zona transisi yang masih ekonomis dan menunjukkan karakter lateritisasi yang relatif homogen. Kesesuaian antara dominasi kelas kadar tinggi pada tabel estimasi dan pola sebaran warna pada model blok mengindikasikan bahwa metode estimasi yang digunakan telah merepresentasikan kondisi geologi dan distribusi mineralisasi nikel secara realistis. Secara keseluruhan, zona saprolit pada area penelitian memiliki potensi sumber daya nikel yang signifikan, dengan sebaran kadar yang relatif kontinu dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut dalam perencanaan penambangan terbuka dengan tetap mempertimbangkan aspek teknis dan lingkungan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode Inverse Distance Weighting (IDW) dapat digunakan secara efektif untuk mengestimasi sumberdaya nikel laterit berdasarkan data pemboran, dengan mempertimbangkan pengaruh jarak antar titik data terhadap hasil estimasi kadar.
2. Zona limonit pada daerah penelitian memiliki total sumberdaya sebesar 2.889.250 ton dengan kadar rata-rata 1,10% Ni, yang didominasi oleh kelas kadar 1,00–1,50% Ni dan mencerminkan karakteristik umum zona limonit dengan kadar rendah hingga menengah.
3. Zona saprolit memiliki total sumberdaya sebesar 2.218.250 ton dengan kadar rata-rata 2,06% Ni, didominasi oleh kelas kadar 2,00–2,50% Ni, sehingga tergolong prospektif dan berada di atas batas kadar ekonomis penambangan nikel laterit.
4. Distribusi spasial kadar Ni pada model blok menunjukkan kontinuitas lateral yang cukup baik, terutama pada zona saprolit, yang mengindikasikan proses lateritisasi dan pengayaan nikel yang berkembang secara optimal pada zona tersebut.
5. Secara keseluruhan, zona saprolit merupakan target utama pengembangan penambangan, sedangkan zona limonit lebih optimal dimanfaatkan melalui strategi blending dengan material berkadar lebih tinggi, dengan tetap mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Bankes, N. *Estimation of Mineral Resources and Mineral Reserves Best Practice Guidelines*. *Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum.* Canada. November 2003. [*online*].

https://mrmr.cim.org/media/1146/cim-mrmr-bp-guidelines_2019_may2022.pdf
[2] Bargawa, W., S. Geostatistik. Prodi Teknik Pertambangan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta. 2017. Halaman 7
[3] Dalvi, A. D., Bacon, W. G., & Osborne, R. C. *The Past and the Future of Nickel Laterites.* 2004. doi:10.30544/51
[4] Davis, J. C. *Statistics and Data Analysis in Geology*. 2002
[5] Elias, M. *Nickel Laterite Deposits: Geological Overview*. 2002
[6] Golightly, J. P. *Nickeliferous Laterite Deposits*. 1981
[7] Henley, S. *Resource Estimation in Mining*. 2000
[8] Isaaks, E. H., & Srivastava, R. M. *An Introduction to Applied Geostatistics*. 1989
[9] Journel, A. G., & Huijbregts, C. J. *Mining Geostatistics*. 1978
[10] Sinclair, A. J., & Blackwell, G. H. *Applied Mineral Inventory Estimation*. 2002
[11] Sukandarrumidi. *Geologi Mineral Logam*. Gadjah Mada University Press. 2007