doi: 10.56099/ophi.v7i1.p7-12 http://ophiolite.uho.ac.id/

Vol. 07, No. 01, Tahun 2025: 07–12

OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan

|e-ISSN 2715-4440|

Program Studi Teknik Geologi, Universitas Halu Oleo

|Research Article

Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit dengan Menggunakan Metode Ordinary Kriging di PT. Gerbang Multi Sejahtera, Sulawesi Tenggara

Al Amin Siharis[1*], Hadi Zulkarnain Ladianto[2]

[1]Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Muhammadiyah Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia
[2]Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Halu Oleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:
Received: April 10, 2025
Accepted: July 10, 2025
Published: July 14, 2025

Keywords:
estimasi
kriging
nikel
semivariogram
sumberdaya

Corresponding author:
Al Amin Siharis
Email:
alamin.siharis@umkendari.ac.id

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

Copyright © 2025 Authors

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

ABSTRAK

PT. Gerbang Multi Sejahtera (GMS) adalah perusahaan yang bergerak di bidang penambangan nikel laterit yang beroperasi di wilayah Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara, Indonesia. Berdasarkan lokasi dan topografi daerah Konawes Selatan, potensi nikel laterit pada wilayah izin usaha pertambangan PT. GMS tersebut sangat tinggi sehingga dibutuhkan suatu metode estimasi untuk memperkirakan jumlah sumberdayanya. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode ordinary kriging mengingat metode ini mampu memberikan hasil dengan tingkat akurasi yang tinggi pada kadar nikel daerah studi, karena selain memperhitungkan jarak antar titik, metode ordinary kriging juga memperhitungkan pengauh antar titik terhadap titik yang diestimasi. Analisis semivariogram dilakukan terhadap 65 data bor yang tersedia, secara omni directional yang menghasilkan sill 0,8 dan range 131,8 dengan nugget effect 0,31 untuk zona limonit, sedangkan untuk zona saprolit menghasilkan sill, 0,53, range 126,34 dengan nugget effect 0,63. Hasil estimasi menunjukkan bahwa jumlah sumberdaya pada zona limonit mencapai 33.391.000 tondengan kadar rata-rata nikel sebesar 1,1%, sedangkan pada zona saprolit mencapai 4.213.500 ton dengan kadar rata-rata 1,51%. Secara keseluruhan, jumlah sumberdaya nikel laterit pada blok ini sebesar 7.604.500 ton dengan kadar rata-rata sekitar 1,3%. Pemodelan tiga dimensi dilakukan menggunakan ukuran blok 12,5 x 12,5 x 1 meter, yang merepresentasikan persebaran spasial endapan secara lebih akurat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam perencanaan tambang dan pengambilan keputusan eksplorasi lebih lanjut.

ABSTRACT

PT. Gerbang Multi Sejahtera (GMS) is a company engaged in lateritic nickel mining, operating in the South Konawe Regency area, Southeast Sulawesi, Indonesia. Based on the location and topographical characteristics of South Konawe, the lateritic nickel potential within the mining business permit area of PT. GMS is considered very high, thus requiring an estimation method to predict the number of resources. This study was conducted using the Ordinary Kriging method, as it can produce highly accurate results regarding the nickel grade content in the area. This method not only considers the distance between sample points but also accounts for the influence of neighbouring points on the estimated point. A semivariogram analysis was performed on 65 available drill hole data using an omnidirectional approach, resulting in a sill of 0.8 and a range of 131.8 with a nugget effect of 0.31 for the limonite zone, while the saprolite zone yielded a sill of 0.53, a range of 126.34, and a nugget effect of 0.63. The estimation results indicate that the limonite zone contains approximately 3,391,000 tons with an average nickel grade of 1.1%, whereas the saprolite zone contains approximately 4,213,500 tons with an average grade of 1.51%. Overall, the total estimated lateritic nickel resource in this block amounts to 7,604,500 tons with an average grade of approximately 1.3%. A three-dimensional modelling was carried out using a block size of 12.5 x 12.5 x 1 meters, which represents the spatial distribution of the deposit more accurately. This study is expected to contribute to mine planning and support further exploration decision-making.

How to cite: Siharis, A. dan Ladianto, H.Z. (2025). Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit dengan Menggunakan Metode Ordinary Kriging di PT. Gerbang Multi Sejahtera, Sulawesi Tenggara. *OPHIOLITE*: *Jurnal Geologi Terapan,* *7*(1), pp. 7-12. https://doi.org/10.56099/ophi.v7i1.p7-12

1 Pendahuluan

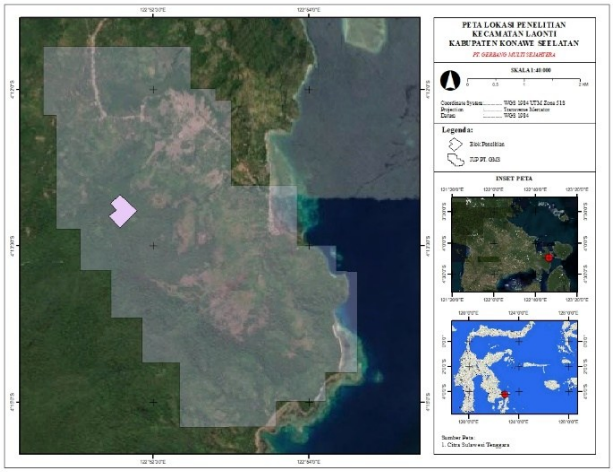
Mineral nikel laterit terbentuk sebagai hasil dari proses pelapukan batuan ultramafik dalam jangka waktu yang sangat lama (Butt dan Cluzel, 2013). Proses ini mendorong terjadinya akumulasi unsur-unsur logam tertentu, terutama nikel, besi, mangan, dan kobalt. Pengkayaan tersebut berlangsung melalui dua mekanisme utama: secara residu di permukaan dan secara sekunder di bawah permukaan. Endapan ini umumnya tampak sebagai tanah berwarna coklat kemerahan yang mengandung oksida logam, terutama nikel (Ni) dan besi (Fe). Namun, pembentukan nikel laterit tidak bisa dilepaskan dari faktor-faktor geologi seperti morfologi wilayah, jenis batuan dasar, dan tingkat pelapukan yang terjadi (Ahmad, 2006). Semakin intens pelapukan yang berlangsung, semakin intens proses laterisasi, maka potensi terbentuknya lapisan kaya nikel akan semakin besar (Golightly, 2010).

Proses laterisasi dimulai saat air meteorik dan air permukaan menyusup pada rekahan batuan ultramafik, lalu melarutkan mineral-mineral hidrosilikat yang tidak stabil. Sementara itu, senyawa stabil seperti besi oksida dan kromit cenderung tertinggal dan mengalami pengayaan residual (Jeanpert dkk., 2019). Unsur-unsur yang bersifat lebih mobile akan terbawa ke bawah, lalu membentuk zona *supergene enrichment*. Uniknya, karakteristik dari endapan nikel laterit di tiap daerah bisa sangat berbeda. Variasi tersebut terlihat dari aspek-aspek di permukaan seperti jenis litologi batuan dasar,, tipe vegetasi lokal, maupun bentuk topografi (Butt dan Cluzel, 2013).

Di Indonesia, Sulawesi Tenggara termasuk daerah dengan potensi nikel laterit yang sangat menjanjikan (Kumalasari dkk., 2024). Persebarannya luas, meliputi Konawe, Konawe Utara, Konawe Kepulauan, Konawe Selatan, dan Bombana. Namun, besarnya potensi tersebut tentu tidak cukup tanpa adanya data yang jelas mengenai jumlah cadangan aktualnya. Oleh sebab itu, estimasi sumber daya menjadi bagian penting dalam proses eksplorasi awal sebelum kegiatan penambangan dimulai (Kumalasari dkk., 2024, Juita dkk., 2023).

Pemilihan metode perhitungan sangat menentukan ketepatan hasil. Salah satu metode yang cukup diandalkan dalam dunia geostatistik adalah metode Ordinari Kriging (Shahbeik dkk., 2013). Teknik ini bekerja dengan memanfaatkan keterkaitan spasial antar titik data, sehingga mampu memberikan estimasi yang lebih halus dan realistis dibanding metode interpolasi biasa. Hasil dari metode ini sering kali digunakan sebagai dasar evaluasi awal kelayakan suatu tambang karena memiliki tingkat akurasi yang sangat baik (Ilyas dkk., 2016).

Penelitian ini dilakukan pada wilayah kerja milik PT. Gerbang Multi Sejahtera bertempat di Kecamatan Laonti, Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara (Gambar 1). PT. Gerbang Multi Sejahtera merupakan salah satu perusahaan pertambangan nikel dengan luas Izin Usaha Pertambangan (IUP) ± 2.300 Ha. Perusahaan tersebut telah membuka area baru untuk eksplorasi, dan sebagai langkah awal, diperlukan estimasi jumlah cadangan yang tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui volume dan distribusi sumberdaya nikel laterit di area tersebut dengan menggunakan metode Kriging, serta menyusun model 3D sebagai gambaran sebaran vertikal dan lateral dari endapan yang dimaksud.



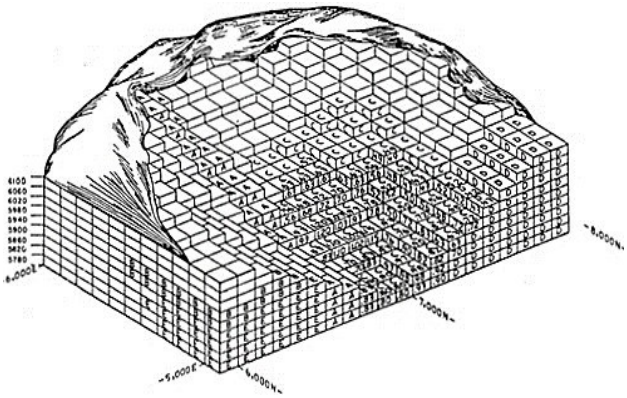
Gambar 1 Peta lokasi blok penelitian

2 Metode Penelitian

Pemodelan dan penaksiran sumberdaya mineral secara komputerisasi didasarkan pada kerangka model blok. Ukuran blok model merupakan fungsi geometri mineralisasi di daerah penelitian dan sistem penambangan yang akan digunakan. Variabel yang diperlukan untuk pemodelan adalah topografi daerah penelitian (topo), informasi geologi, kadar senyawa, jenis batuan, densitas, persentase blok sebagai bagian bijih (ore), dan tonase setiap blok (Bargawa, 2017).

Pusat dari setiap blok mendefinisikan dimensi geometris di setiap sumbu, yaitu koordinat, Y, X, dan Z. Setiap blok berisi atribut untuk masing-masing properti yang akan dimodelkan. Properti atau atribut berisi nilai string numerik atau karakter. Blok dari berbagai ukuran ditentukan oleh pengguna setelah model blok dibuat. Model blok adalah model komputer yang membagi cebakan bijih menjadi blok-blok berukuran seragam (Gambar 2). Pemodelan dan penaksiran sumberdaya mineral secara komputer didasarkan pada kerangka model blok. Model berbentuk balok dengan dimensi tertentu yang diperoleh dari data lubang bor. Blok memberi informasi yang diperoleh dari data lubang bor, seperti

kadar logam, tipe batuan, densitas dan nilai blok (Bargawa, 2018).



Gambar 2 Perhitungan sumberdaya dengan blok model (Notosiswoyo dkk., 2005)

Kriging merupakan salah satu pendekatan dalam geostatistik yang digunakan untuk memperkirakan nilai suatu parameter yang belum diketahui dengan menggunakan Teknik interpolasi terhadap data dari titik-titik terdekat yang diketahui. Estimasi ini memperhatikan hubungan spasial antar titik, yang tercermin dari pola persebaran nilai dalam ruang. Proses kriging biasanya dilakukan melalui dua tahapan utama. Pertama, dilakukan analisis variogram atau semivariogram serta fungsi kovarian dari data yang ada. Kedua, hasil tersebut digunakan untuk memperkirakan nilai di lokasi yang tidak memiliki data pengamatan langsung (Notosiswoyo dkk., 2005)

2.1 Prinsip semivariogram

Semivariogram digunakan untuk mengukur variasi spasial dari suatu parameter. Konsepnya adalah menghitung rata-rata perbedaan nilai antara dua titik yang dipisahkan oleh jarak tertentu dalam arah yang spesifik (Bargawa, 2022). Semivariogram eksperimental diperoleh langsung dari hasil pengukuran data di lapangan. Nilai semivariogram menunjukkan sejauh mana kesamaan atau perbedaan antar titik data yang dipisahkan oleh jarak tertentu, yang dinyatakan dengan persamaan 1 oleh Matheron (1973):

$$\gamma(h)=\frac{1}{2N(h)}\sum_{i=1}^{N}[z(x_1)-z(x_1+h)]^2 \qquad (1)$$

Keterangan:

γ(h) = nilai semivariogram pada jarak h,
h = lag atau jarak antar titik data,
z(xi) = nilai pada titik xix_ixi,
z(xi+h) = nilai pada titik yang berjarak h dari xi
N(h) = jumlah pasangan data yang dipisahkan oleh jarak h

Dalam analisis geostatistik, penting untuk mencocokkan bentuk semivariogram eksperimental dengan semivariogram teoritis agar model prediksi menjadi lebih akurat. Beberapa model semivariogram teoritis yang sering digunakan untuk keperluan ini antara lain model spherical, gaussian, dan eksponensial (Ilyas dan Koike, 2012). Melalui pencocokan ini, dapat ditentukan parameter penting seperti nilai nugget (Co), range (a), dan sill (C) yang akan digunakan dalam perhitungan kriging.

2.2 Ordinary Kriging

Ordinary kriging adalah metode kriging paling sederhana yang terdapat pada geostatistik. Metode ini mengasumsikan bahwa rata-rata tidak diketahui dan bernilai konstan. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengolahan data dengan metode ordinary kriging antara lain (Usman dkk., 2021):

1. Mencari nilai rata-rata di seluruh blok. Bila harga taksiran suatu kadar Z dari suatu volume adalah $\hat{Z}x$ maka taksiran kadar dapat dihitung melalui pembobotan tertimbang kadar-kadar conto Zxi (persamaan 2)

$$\hat{Z}_x=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i \times Z_{xi} \quad \sum_{1}^{n}\lambda_i = 1 \quad i = 1,2,3,\dots,n \qquad (2)$$

2. Mempertimbangkan kondisi tak bias dengan menentukan jumlah faktor pembobot sama dengan satu. $\lambda i = 1\ n\ i$
   Dimana:
   $\hat{Z}x$ = nilai estimasi kadar di lokasi x
   λi = faktor pembobot
   Zxi = nilai kadar di lokasi xi,
   n = jumlah sampel.
3. Nilai yang diharapkan untuk perbedaan antara $\hat{Z}x$ dan Z adalah sama dengan nol ($\hat{Z}_x - Z = 0$).

3 Hasil dan Pembahasan

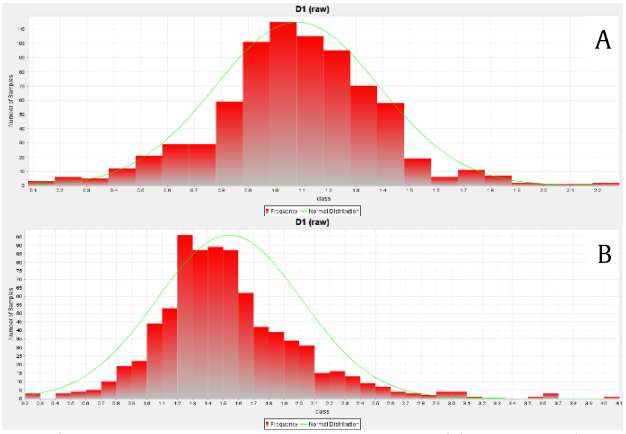
Analisis statistik dilakukan pada 65 data titikbor dengan spasi 50 meter yang tersebar pada area seluas 15 Ha. Estimasi pada kadar nikel dilakukan hanya untuk pada zona limonit dan saprolit, sedangkan pada batuan dasar tidak dilakukan analisis. Sebelum dilakukan estimasi, data lebih dulu dioleh secara statistik untuk melihat sebaran dan distribusi data untuk kemudian dilakukan *fitting* variogram dan estimasi dengan metode ordinary kriging. Data yang digunakan pada proses estimasi adalah data komposit hasil olahan sebelumnya.

3.1 Distribusi Data Kadar Nikel

Penyajian distribusi data kadar nikel dinyatakan dalam histogram dan rangkuman statistik deskriptif. Histogram data nikel (Ni) dilakukan pada zona limonit dan saprolit guna mengetahui penyebarannya pada tiap zona. Hasil histogram zona limonit dan saprolit

Copyright © 2025 Siharis dan Ladianto
This work is licensed under the CC-BY-SA license

dapat dilihat pada Gambar 3. Grafik histogram hasil komposit kadar Ni pada zona limonit yang dihasilkan menunjukkan penyebaran data yang terdistribusi secara normal, ditunjukan dengan garis distribusi membentuk *skewness* normal -0,01 dan kurtosis 3,91. Pada zona saprolit histogram yang dihasilkan juga menunjukkan penyebaran data terdistribusi normal, hal ini ditunjukan dengan garis distribusi membentuk *skewness* normal yang memiliki nilai *skewness* 1,08 dan kurtosis 6,01 (Tabel 1).



Gambar 3 Histogram yang menunjukkan distribusi kadar nikel pada (A) limonit dan (B) saprolit

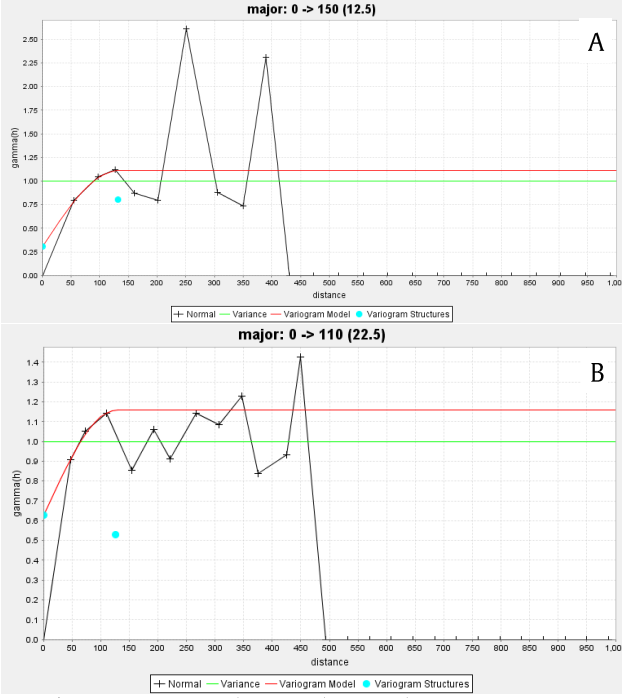
Tabel 1 Parameter statistik deskriptif kadar nikel pada lapisan limonit dan saprolit

Parameter	Limonit	Saprolit
Minimum Value	0,08	0,20
Maximum Value	2,19	4,07
N (jumlah data)	757	813
Mean	1,08	1,54
Variance	0,09	0,23
Standard Deviation	0,31	0,47
Coeff. Of Variation	0,28	0,31
Median	1,08	1,47
Skewness	-0,01	1,08
Kurtosis	3,91	6,01

3.2 Analisis Variogram

Pengolahan data kadar Ni dengan nilai semivariogram digunakan untuk mengetahui arah penyebaran kontinuitas secara horisontal. Arah penyebaran secara horisontal diketahui berdasarkan jarak (*range*) pada setiap azimuth arah pada variogram (Gambar 4).

Hasil analisis variogram kadar nikel pada limonit yang dilakukan menunjukan model anisotropi penyebaran kadar Ni yang mempunyai korelasi. Variogram omni directional yang dilakukan pada segala arah mempunyai *range* 131,80 meter dengan *nugget effect* 0,31 dan *sill* 0,80. Sedangkan hasil analisis variogram Ni saprolit yang dilakukan menunjukan model anisotropi penyebaran kadar Ni yang mempunyai korelasi. Variogram omni directional yang dilakukan pada segala arah mempunyai *range* 126,34 meter, dengan *nugget effect* 0,63 dan *sill* 0,53 (Tabel 2).



Gambar 4 Hasil analisis kurva variogram omnidirectional kadar nikel (Ni) pada (A) limonit dan (B) saprolit

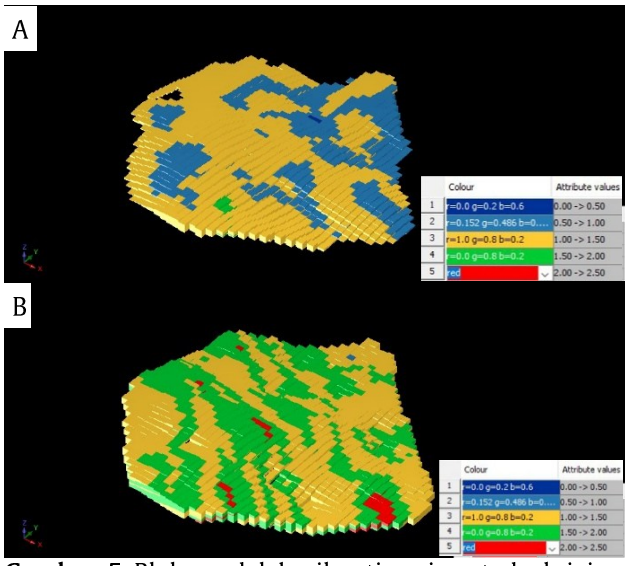
Tabel 2 Parameter variogram pada lapisan limonit dan saprolit

Limonite Zone Variogram Model		Saprolite Zone Variogram Model	
Nugget	0,31	Nugget	0,63
Sill	0,80	Sill	0,53
Range	131,80	Range	126,34
Bearing	150	Bearing	110
Plunge	0	Plunge	0
Dip	20	Dip	10

3.3 Hasil Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit

Secara umum dasar ukuran blok model disesuaikan dengan geometri pengeboran dan model penambangan. Pada penelitian ini geometri lubang bor yaitu jarak spasi 50 meter. Ukuran blok model yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 12,5 x 12,5 x 1 meter (Gambar 5).

Jumlah tonase hasil estimasi di zona limonit dan saprolit memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Pada zona limonit menghasilkan volume 2.119.375 m^3 dan tonase 3.391.000 ton. Sedangkan pada zona saprolit menghasilkan volume 2.633.438 m^3 dan tonase 4.213.500 ton (Tabel 3).



Gambar 5 Blok model hasil estimasi metode kriging yang dibagi menjadi 5 kelas pada (A) limonit dan (B) saprolit

Tabel 3 Hasil estimasi sumberdaya (kadar dan tonase nikel laterit) pada lapisan limonit dan saprolit menggunakan metode kriging

Zona	Range (%)	Volume (m^3)	Tonase (ton)	Kadar (%)
Limonit	0 - 1,4	2.030.312	3.248.499	0,82
	1,4–1,6	72.188	115.501	1,47
	>1,6	16.875	27.000	1,66
Total		2.119.375	3.391.000	1,10
Saprolit	0 - 1,4	696.094	1.113.750	1,02
	1,4–1,6	1.069.063	1.710.500	1,49
	1,6–1,8	594.844	951.750	1,68
	1,8 – 2	207.031	331.250	1,87
	>2	66.406	106.250	2,16
Total		2.633.438	4.213.500	1,52
Grand Total		**4.752.813**	**7.604.500**	

4 Kesimpulan

Berdasarkan estimasi menggunakan metode ordinary kriging, area studi memiliki sumberdaya nikel laterit sebanyak 7.604.500 ton yang terbagi menjadi 3.391.000 ton limonit dengan kadar 1,10% dan 4.213.500 ton saprolit dengan kadar 1,52%.

Referensi

Ahmad, W. 2006. Fundamentals of Chemistry, Mineralogy, Weathering Processes and Laterite Formation. ITSL INCO, Ltd, Training Manual.

Bargawa, W. S. 2017. Geostatistik (2 ed.). Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"Yogyakarta.

Bargawa, W. S. 2018. Geostatistik (3 ed.). Yogyakarta, Kilau Book.

Bargawa, W. S. 2022. The performance of estimation techniques for nickel laterite resource modeling. Jurnal Teknologi, 84(4), pp. 1-8. https://doi.org/10.11113/jurnalteknologi.v84.17560

Butt, C. R. M. & Cluzel, D. 2013. Nickel Laterite Ore Deposits: Weathered Serpentinites. Elements, 9(2), pp. 123-128. https://doi.org/10.2113/gselements.9.2.123

Golightly, J. P. 2010. Progress in Understanding the Evolution of Nickel Laterites. Society of Economic Geologists. pp. 451-485. https://doi.org/10.5382/SP.15.2.07

Ilyas, A., Kashiwaya, K. & Koike, K. 2016. Ni grade distribution in laterite characterized from geostatistics, topography and the paleo-groundwater system in Sorowako, Indonesia. Journal of Geochemical Exploration, 165, pp. 174-188. https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.03.002

Ilyas, A. & Koike, K. 2012. Geostatistical Modeling of Ore Grade Distribution from Geomorphic Characterization in a Laterite Nickel Deposit. Natural Resources Research, 21(2), pp. 177-191. https://doi.org/10.1007/s11053-012-9170-8

Jeanpert, J., Iseppi, M., Adler, P. M., Genthon, P., Sevin, B., Thovert, J. F., Dewandel, B. & Join, J. L. 2019. Fracture controlled permeability of ultramafic basement aquifers. Inferences from the Koniambo massif, New Caledonia. Engineering Geology, 256, pp. 67-83. https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.05.006

Juita, I., Anshari, E. & 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), pp. 35-43. https://doi.org/10.56099/ophi.v5i2.p35-43

Kumalasari, R., Syahrul, S. & Safarudin, L. O. 2024. Estimasi Cadangan Nikel Laterit Menggunakan Metode Inverse Distance Weight dan Kriging di Blok X pada PT. Tambang Bumi Sulawesi, Kabaena Selatan Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara. Mining Science And Technology Journal, 3(1), pp. 39-50. https://doi.org/10.54297/minetech-journal.v3i1.601

Matheron, G. 1973. The intrinsic random functions and their applications. Advances in Applied Probability, 5(03), pp. 439-468. https://doi.org/10.1017/s0001867800039379

Notosiswoyo, S., Lilah, S., Heriawan, M. N. & Widayat, A. H. 2005. Metode Perhitungan Cadangan. Bandung, Institut Teknologi Bandung.

Copyright © 2025 Siharis dan Ladianto
This work is licensed under the CC-BY-SA license

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

Usman, F., Tinungki, G. M. & Herdiani, E. T. 2021. Efficiency of Ni Content in Laterite Nickel Deposits through The Least Square Method Approach on Semivariogram. Journal of Physics: Conference Series, 2123(1), pp. 012015. https://doi.org/10.1088/1742-6596/2123/1/012015