ITATS

SEMITAN

Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan

https://ejurnal.itats.ac.id/semitan

Estimasi Sumberdaya Endapan Nikel Laterit Sulawesi Tenggara dengan Metode Ordinary Kriging

Muhammad Nuzul Khaq *[1], Waterman Sulistyana Bargawa [1], Eddy Winarno [1]

[1]Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, Yogyakarta

*e-mail: nuzul2601@gmail.com

Info Artikel

Diserahkan:
13 Juli 2022
Direvisi:
8 Agustus 2022
Diterima:
8 Agustus 2022
Diterbitkan:
9 Agustus 2022

Abstrak

Estimasi sumberdaya merupakan salah satu bagian penting dalam industri pertambangan yang secara kolektif menghasilkan model deposit mineral. Metode estimasi yang paling optimal dan sering digunakan saat ini adalah metode *ordinary kriging*. Estimasi sumberdaya endapan nikel laterit pada penelitian ini didasarkan pada data hasil kegiatan pemboran yang kemudian dianalisis dengan metode geostatistik *ordinary kriging*. Tahapan dalam penelitian ini, yaitu melakukan pengumpulan dan validasi data, analisis geostatistik dan estimasi sumberdaya. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran taksiran kuantitas dan kualitas dari endapan nikel laterit, yang pada akhirnya dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan perencanaan penambangan yang tepat.

Kata kunci: estimasi sumberdaya, *ordinary kriging*, nikel laterit

Abstract

Resource estimation is an important part of the mining industry which collectively produces mineral deposit models. The most optimal estimation method and often used is the ordinary kriging method. The estimation of nickel laterite deposit resources in this study is based on data from drilling activities which are then analyzed using the geostatistical ordinary kriging method. The methodology of this research is collecting and validating data, geostatistical analysis, and resource estimation. This study aims to provide an overview of the estimated quantity and quality of laterite nickel deposits, which in turn can be used as a basis for determining the appropriate mining plan.

Keywords: resource estimation, ordinary kriging, nickel laterite

1. Pendahuluan

Industri pertambangan nikel indonesia sebagaian besar tersebar di sulawesi tenggara dengan total 154 IUP operasi produksi pada tahun 2020. Peningkatan kebutuhan dan produksi nikel setiap tahunnya diikuti dengan kegiatan eksplorasi pada wilayah *greenfield* yang berpotensi membawa mineralisasi nikel laterit [1]. Estimasi sumberdaya merupakan tahapan penutup dari kegiatan eksplorasi mineral yang secara kolektif menghasilkan model deposit mineral [2], [3].

Estimasi sumberdaya dilakukan bedasarkan informasi *geoscientific* dengan menggunakan pendekatan matematis.[4] Metode yang paling sering digunakan saat ini adalah metode dengan analisis geostatistik yaitu ordinary kriging [5]–[7]. Estimasi sumberdaya endapan nikel laterit pada penelitian ini didasarkan pada data hasil kegiatan pemboran yang kemudian dianalisis untuk mengetahui dimensi endapan dan persebaran kadar Ni di daerah penelitian.

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara pada 40 titik pemboran berdasarkan zona laterisasi limonit dan saprolit. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan

gambaran taksiran kuantitas dan kualitas dari endapan nikel laterit, yang pada akhirnya dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan perencanaan penambangan yang tepat.

2. Metodologi

Pendekatan penelitian yang dilakukan yaitu dengan metode deskriptif kuantitatif, yaitu dengan mengumpulkan data yang representatif yang dapat digeneralisasikan di daerah penelitian. Kemudian data-data tersebut diolah dan dianalisis menggunakan bantuan *software micromine*. Metodologi penelitian ini yaitu melakukan pengumpulan data, validasi data, analisis statistik dan geostatistik, pemodelan sumberdaya dan estimasi sumberdaya.

Pengambilan data pemboran dilakaukan di Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara pada 40 titik pemboran dengan spasi 50 x 50 meter. Data hasil pemboran yang diperoleh meliputi hasil analisa sampel inti bor, koordinat (easting, northing) dan elevasi lokasi titik bor, kedalaman lubang bor, serta deskripsi litologi dari lubang bor. Selanjutnya adalah melakukan pengolahan data yang meliputi pengolahan basis data, validasi data, analisis statistik, dan analisis geostatistik [8].

Pemodelan sumberdaya dilakukan dengan *block model* 3 dimensi yang dibuat berdasarkan model geologi endapan. *Block model* harus melingkupi seluruh domain endapan yang telah dibuat berdasarkan interpretasi geologi data bor dan topografi sebelumnya, dimana dalam penelitian ini terdiri dari dua domain yaitu zona limonit dan saprolit. Dimensi blok estimasi yang dianjurkan adalah lebih kecil dari spasi pemboran dengan ukuran 1/2-1/4 jarak rata-rata lubang bor [9], [10]. Blok estimasi pada penelitian ini dibuat dengan ukuran 12,5 m × 12,5 m × 1 m dengan asumsi ¼ jarak spasi bor, dengan dominasi jarak bor adalah 50 meter.

Penaksiran kadar blok dilakukan dengan metode *ordinary kriging*. *Ordinary kriging* merupakan salah satu analisis geostatistik *linear* untuk memprediksi suatu nilai berdasarkan nilai-nilai di sekitarnya dengan mempertimbangkan komponen spasial. Estimasi dengan metode ordinary *kriging* bersifat B.L.U.E. (*best linear unbiased estimator*) karena menghasilkan penduga yang tidak bias[11].

Nilai taksiran metode *ordinary kriging* ditentukan dengan persamaan (1) berikut :

$$\hat{Z} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i . \; Z_i \;\; \text{dengan} \sum_{i=1}^{n} \lambda_i . = 1 \qquad (1)$$

Sedangkan nilai variansi kriging ditentukan dengan menggunakan persamaan (2) berikut :

$$\sigma^2 = C(0) - ((\sum^{n}{}_{i=1} \lambda_i . C_{i.0}) + \mu) \qquad (2)$$

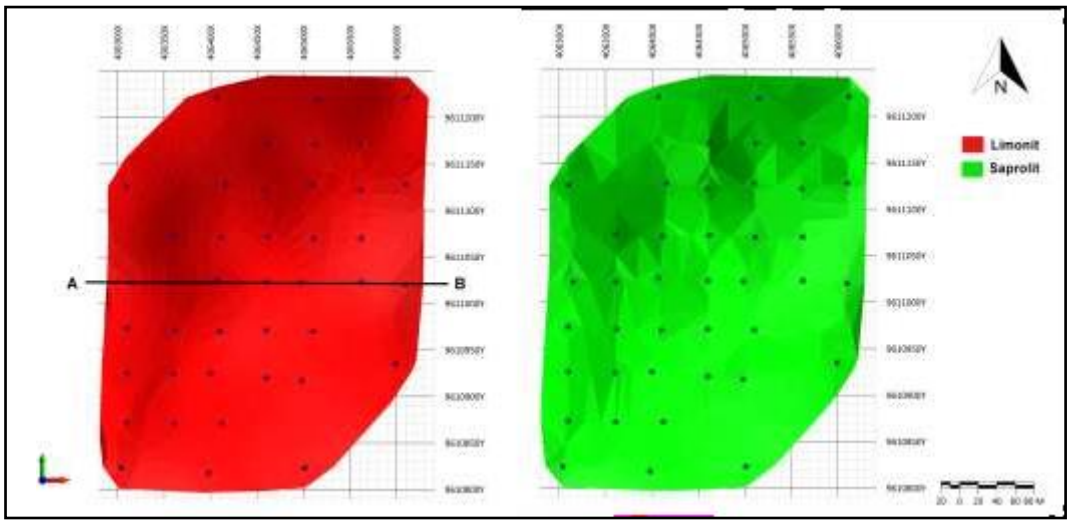
Metode *ordinary kriging* menggunakan beberapa parameter dalam penaksiran kadar. Parameter penaksiran yang diperlukan meliputi luasan daerah pengaruh, yaitu jarak maksimal dari spasial korelasi data dan parameter variogram (*nugget, sill dan range*) dari hasil *fitting variogram*. Tabulasi sumberdaya nikel laterit dinyatakan dalam tonase (ton), dimana tonase diperoleh dari hasil perkalian antara total volume blok dengan densitasnya.

3. Hasil dan pembahasan

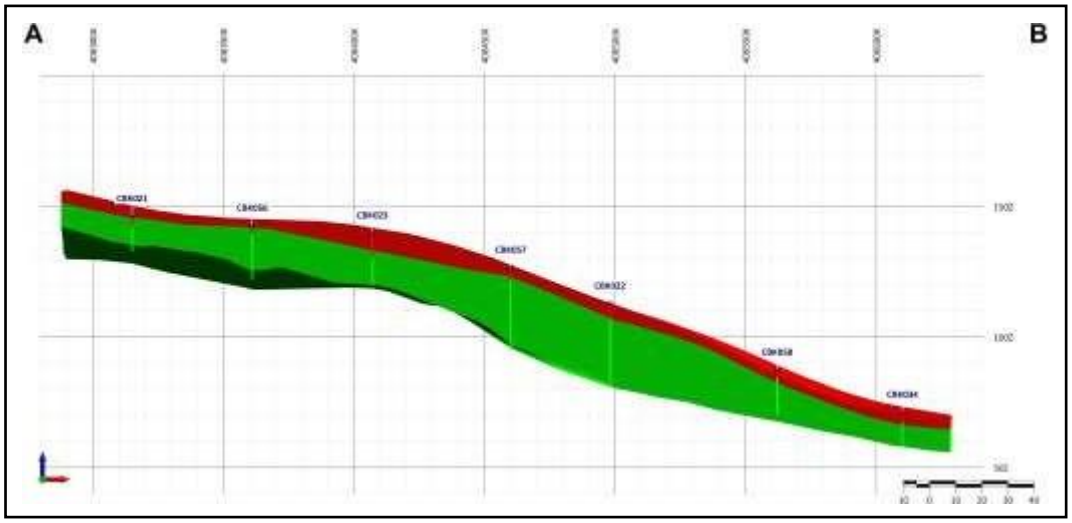
3.1. Model Sumberdaya

Membuat model sumberdaya merupakan cara untuk membatasi penaksiran kadar nikel pada suatu populasi di daerah penelitian, sehingga hasil taksiran kadar tidak terjadi ekstrapolasi terlalu jauh keluar batas mineralisasi. Model sumberdaya harus mendekati model sebenarnya agar dapat memberikan hasil estimasi yang akurat.

Model sumberdaya dibuat berdasarkan model geologi hasil interpetrasi data bor. Model endapan nikel laterit membentuk zona pengkayaan mineral/zona laterisasi yaitu zona limonit, saprolit dan badrock, namun pada penelitian ini pemodelan sumberdaya nikel laterit dilakukan hanya pada zona limonit dan saprolit seperti pada gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 1. Model geologi zona limonit (kiri) dan zona saprolit (kanan)



Gambar 2. Penampang barat-timur zona limonit dan saprolit

3.2. Analisis statistik

Analisis statistik dilakukan terhadap data assay unsur Ni pada zona limonit dan saprolit. Analisis ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan memberikan gambaran tentang distribusi data. Hasil statistik kadar Ni dapat dilihat pada tabel 1.

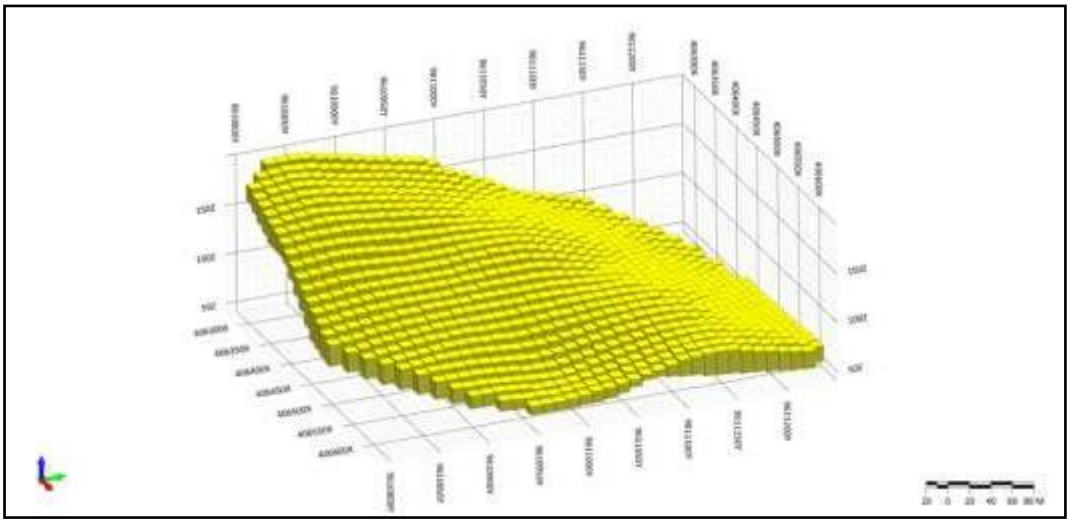
Tabel 1. Hasil analisis statistik unsur Ni zona limonit dan saprolit

Parameter	Limonit	Saprolit
N (jumlah data)	205	610
Minimum Value	0,72	0,43
Maximum Value	2,20	3,50
Mean	1,46	1,82
Median	1,48	1,84
Variance	0,085	0,319
Standard Deviation	0,29	0,56
Coeff. Of Variation	0,20	0,31

3.3. Block model

Block model berupa blok 3 dimensi yang dibuat berdasarkan model geologi endapan. *Block model* harus melingkupi seluruh domain endapan yang telah dibuat berdasarkan interpretasi geologi data bor dan

topografi. Dimensi blok yang digunakan dalam mengestimasi sumberdaya adalah 12,5 m x 12,5 m x 1 m yang dapat dilihat pada gambar 3.

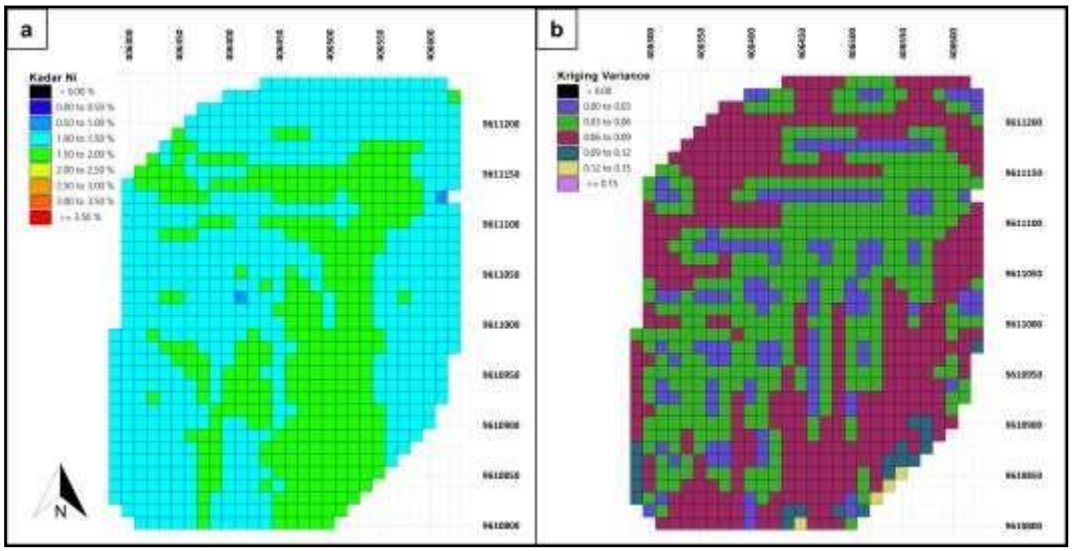


Gambar 3. *Block model* sumberdaya

3.4. Estimasi Ordinary Kriging

Estimasi dilakukan pada tiap *cell* blok zona limonit dan saprolit. Estimasi sumberdaya dilakukan berdasarkan data sampel kadar Ni dengan menggunakan metode *ordinary kriging*. Estimasi *ordinary kriging* menampilkan hasil nilai taksiran kadar Ni dan *kriging variannce*.

Hasil estimasi *ordinary kriging* zona limonit pada permukaan blok memperlihatkan pola sebaran didominasi kadar Ni 1,00% - 1,50% yang menempati bagian tepi dari *block model*, dan kadar 1,50% - 2,00% terlihat pada bagian tengah dengan arah sebaran utara-selatan, sedangkan kadar 0,50% - 1,00% terlihat pada sebagian kecil *block model*. Sebaran hasil taksiran kadar Ni zona limonit dapat dilihat pada gambar 4.



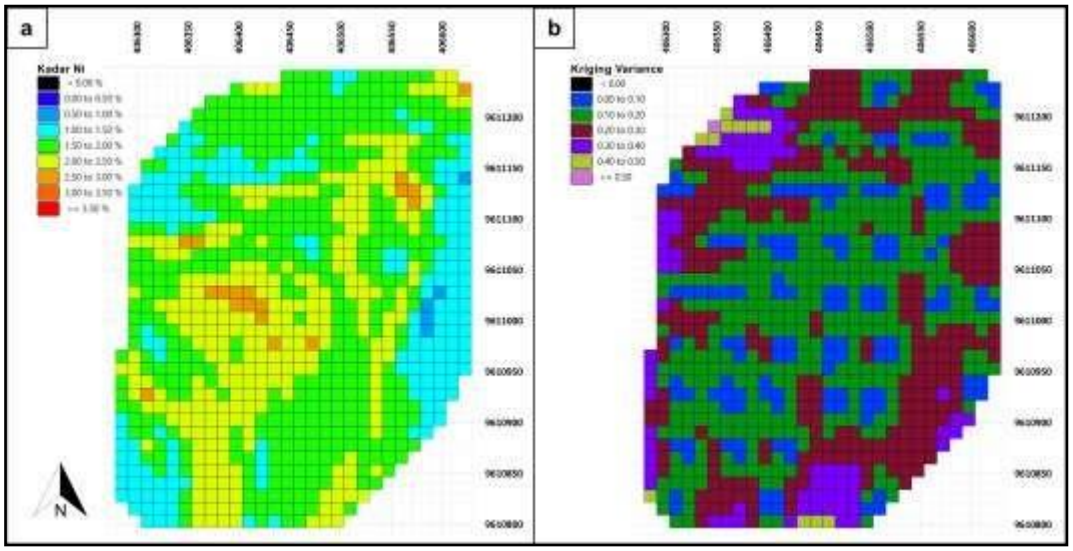
Gambar 4. *Block model* zona limonit : (a) taksiran kadar Ni, (b) *kriging variance*

Hasil estimasi ordinary kriging pada zona saprolit, memperlihatkan pola sebaran Ni pada permukaan blok didominasi kadar Ni 1,50% - 2,00% dengan arah sebaran utara-selatan dari *block model*, dan kadar 2,00%- 2,50% terlihat pada bagian tengah dengan arah sebaran yang sama. Sedangkan kadar 1,00% - 1,50% terlihat pada bagian timur, barat daya dan barat laut *block model* dan kadar 2,50-3,00 terlihat

pada sebagian kecil *block model.* Sebaran hasil taksiran kadar Ni zona saprolit dapat dilihat pada gambar 5.

Tabel 2. Tabulasi jumlah sumberdaya estimasi *Ordinary Kriging* zona limonit

Kadar (%)	Volume (m^3)	Tonase (ton)	Rata-rata kadar (%)
0,00 - 0,50	-	-	-
0,50 - 1,00	937,5	1.500	0,97
1,00 - 1,50	425.468,75	680.750	1,36
1,50 - 2,00	289.062,5	462.500	1,60
2,00 - 2,50	156,25	250	2,04
2,50 - 3,00	-	-	-
3,00 - 3,50	-	-	-
Total	**715.625**	**1.145.000**	**1,46**



Gambar 5. *Block model* zona saprolit : (a) taksiran kadar Ni, (b) *kriging variance*

Tabel 3. Tabulasi jumlah sumberdaya estimasi *ordinary kriging* zona saprolit

Kadar (%)	Volume (m^3)	Tonase (ton)	Rata-rata kadar (%)
0,00 - 0,50	-	-	-
0,50 - 1,00	23.125	37.000	0,90
1,00 - 1,50	446.250	714.000	1,32
1,50 - 2,00	84.531,25	1.575.250	1,77
2,00 - 2,50	30.937,50	849.500	2,18
2,50 - 3,00	39.687,50	63.500	2,61
3,00 - 3,50	312,50	500	3,08
Total	**2.024.844**	**3.239.750**	**1,78**

Berdasarkan tabulasi jumlah sumberdaya estimasi *ordinary kriging* pada table 2 dan table 3, diketahui jumlah sumberdaya pada zona limonit adalah 1.145.000 ton dengan rata-rata kadar Ni 1,46%. Sedangkan jumlah sumberdaya pada zona saprolit adalah 3.239.750 ton dengan rata-rata kadar Ni 1,78%.

4. Kesimpulan

Hasil estimasi sumberdaya enadapan nikel laterit dengan metode *ordinary kriging* pada zona limonit memiliki jumlah dan rata-rata kadar yang lebih kecil dibandingkan hasil estimasi pada zona saprolit. Pada zona limonit endapan nikel laterit didominasi oleh kadar 1,00% - 1,50% sedangkan di zona

saprolite didominasi oleh kadar 1,50%-2,00%. Total sumberdaya nikel laterit pada daerah penelitian adalah 4.384.750 ton dengan rata-rata kadar 1,70%.

Ucapan Terima Kasih
Dalam penyusunan paper ini penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak khususnya Kepada Prodi Magister Teknik Pertambanagan UPN "Veteran"Yogyakarta. Serta penulis menyampaikan terimakasih kepada dosen pembimbing atas arahan dan masukkan dalam menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka:

[1] Badan Geologi, *Neraca Sumberdaya dan Cadangan Mineral, Batubara dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2020*. Bandung: Pusat Sumberdaya Mineral Batubara dan Panas Bumi, 2021.

[2] M. Khaidir Noor, "Ore Reserve Estimation of Saprolite Nickel Using Inverse Distance Method in PIT Block 3A Banggai Area Central Sulawesi," in *Journal of Physics: Conference Series*, Mar. 2018, vol. 979, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/979/1/012047.

[3] M. F. Gazley, L. A. , Fisher, and A. C. Edwards, *Mineral resource and ore reserve estimation - the AusIMM guide to good practice*, 2nd ed. Carlton Victoria: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2014.

[4] S. M. Gandhi and B. C. Sarkar, *Essentials of Mineral Exploration and Evaluation*. Amsterdam: Elsevier, 2016. doi: 10.1016/C2015-0-04648-2.

[5] A. Lamamra, D. L. Neguritsa, and M. Mazari, "Geostatistical Modeling by the Ordinary Kriging in the Estimation of Mineral Resources on the Kieselguhr Mine, Algeria," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Nov. 2019, vol. 362, no. 1. doi: 10.1088/1755-1315/362/1/012051.

[6] W. S. Bargawa, S. P. Nugroho, R. Hariyanto, W. Lusantono, and R. Fikral Bramida, "Geostatistical Modeling of Ore Grade In A Laterite Nickel Deposit," *Yogyakarta Conference Series Proceeding on Engineering and Science Series (ESS)*, vol. 1, no. 1, pp. 301–310, 2020, doi: 10.31098/ess.v1i1.123.

[7] A. A. Daya and H. Bejari, "A comparative study between simple kriging and ordinary kriging for estimating and modeling the Cu concentration in Chehlkureh deposit, SE Iran," *Arabian Journal of Geosciences*, vol. 8, no. 8, pp. 6003–6020, Aug. 2015, doi: 10.1007/s12517-014-1618-1.

[8] P. Sri Suryani, Y. Sibaroni, and M. Nur Heriawan, "Spatial analysis 3D geology nickel using ordinary kriging method," *Jurnal Teknologi*, vol. 78, no. 5, pp. 373–379, 2016, doi: 10.11113/jt.v78.8340.

[9] M. E. Rossi and C. v. Deutsch, *Mineral resource estimation*. New York: Springer, 2014. doi: 10.1007/978-1-4020-5717-5.

[10] E. Winarno, G. Nusanto, and P. E. Rosadi, "The Accuracy Of Ore Reserves Estimation Case Study : Laterite Nickel Deposits," in *Proceeding Of 3rd International Conference On Research, Implementation And Education Of Mathematics And Science*, 2016, pp. 17–24.

[11] E. H. Isaaks and R. M. Srivastava, *Applied Geostatistics*. New York: Oxford University Press, 1989.