



ESTIMASI SUMBERDAYA NIKEL LATERIT DENGAN METODE GEOSTATISTIK ORDINARI KRIGING PADA PT. DHARMA ROSADI INTERNASIONAL KABUPATEN HALMAHERA TENGAH PROVINSI MALUKU UTARA

Rudini Safrudin^{1*} dan Wawan Ak. Conoras^{1,2}

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Khairun, Ternate

²Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik UMMU, Ternate

*Corresponding author: rudinisafurudin6@gmail.com

Article History

Received : 2 Februari 2021

Revised : 14 Maret 2021

Accepted : 1 April 2021

Abstrak

Penelitian ini difokuskan pada estimasi sumberdaya pada endapan nikel laterit dengan tujuan untuk mengetahui penyebaran sumberdaya yang dalam bentuk block model dan juga untuk mengetahui hasil estimasi nikel laterit. Estimasi sumberdaya memperlihatkan bentuk dan juga penyebaran suatu endapan mineral sehingga dapat mempermudah dalam melakukan aktifitas penambangan. Data yang digunakan untuk penelitian ini yaitu data dari hasil eksplorasi. Pada penelitian pendekatan metode yang dipakai untuk estimasi sumberdaya nikel laterit yaitu metode ordinary kriging (OK) dan model blok ukuran 5 m x 5 m tebal blok 2 m. Hasil estimasi sumberdaya nikel laterit dengan metode ordinari kriging (OK) dengan total volume pada zona limonit sebesar 11,075 dan tonase sebesar 17,720 ton kadar Ni 1,31%, kadar Fe 43,48% sedangkan untuk hasil estimasi zona saprolit dengan total volume 2.650 dan tonase sebesar 3,976 ton kadar Ni 1.58%, 21,04%. Dari hasil estimasi dilakukan perbandingan kedua data bor eksplorasi (data komposit kadar Ni, Fe) untuk melihat nilai dari cross validasi. Dari hasil cross validasi menunjukkan nilai sebesar 0,8218 untuk zonah limonit sedangkan untuk zona saprolit sebesar 0,8078 bahwa hasil estimasi suda cukup akurat atau baik.

Kata Kunci: *estimasi sumberdaya, kadar, nikel laterit, tonase, volume*

ABSTRAK

This research is focused on resource estimation in laterite nickel deposits with the aim of knowing the distribution of resources in the form of a block model and also to determine the estimation results of laterite nickel. Resource estimation shows the shape and distribution of a mineral deposit so that it can be easier to carry out mining activities. The data used for this research is data from the results of exploration. In this research, the method used for estimating laterite nickel resources is the ordinary kriging (OK) method and the 5 m x 5 m block 2 M block size model. The estimation results of laterite nickel resources using the ordinary kriging (OK) method with the total volume in the limonite zone of 11,075 and tonnage of 17,720 tonnes of Ni content of 1.31%, Fe content of 43.48%, while the estimation results of the saprolite zone with a total volume of 2650 and tonnage of 3976 tonnes of Ni content of 1.58%, 21.04%. From the estimation results, a comparison of the two exploration drill data (composite data of Ni, Fe content) is carried out to see the value of the validation corss. From the cross validation results, it shows a value of 0.8218 for the limonite zone, while for the saprolite zone it is 0.8078 that the estimation results are quite accurate or good.

Keywords: *resource estimate, grade, nickel laterite, tonnage, volume*

1. Pendahuluan

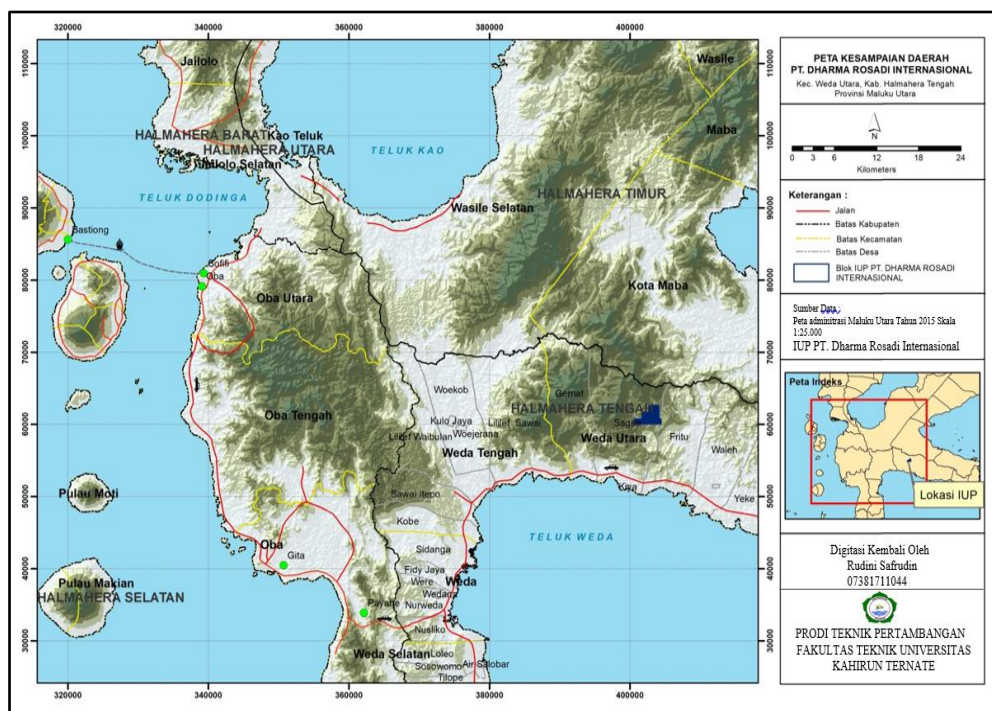
Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam termasuk bahan galian pertambangan yang mempunyai peranan penting dalam perekonomian nasional. Sektor pertambangan Indonesia merupakan sektor yang berfungsi untuk mendapatkan devisa negara paling besar. Salah satu bahan galian tambang yang banyak dikelola oleh industri pertambangan di Indonesia adalah sektor penambangan nikel.

Perusahaan PT. Dharma Rosadi Internasional, Kabupaten Halmahera Tengah, Provinsi Maluku Utara merupakan salah satu perusahaan swasta yang menjalankan usaha di bidang pertambangan khususnya bahan galian nikel laterit di Halmahera Tengah. PT. Dharma Rosadi Internasional (DRI) saat ini

sedang melaksanakan aktivitas eksplorasi di lokasi Bukit Cinta. Sebelum menjalankan kegiatan lebih lanjut dalam kegiatan penambangan, maka terlebih dahulu dilakukan eksplorasi untuk mengetahui bentuk, penyebaran, letak, posisi, kadar/kualitas, jumlah endapan, serta geologi. Dalam melakukan eksplorasi untuk mendapatkan data yang lebih akurat dengan tingkat keyakinan geologi yang tinggi maka dilakukan eksplorasi detail, pengambilan *sampling* pada eksplorasi detail dengan jarak yang lebih rapat sehingga dalam tahapan pemodelan dan estimasi sumberdaya mendapatkan hasil yang maksimal dengan bentuk pemodelan sumberdaya yang lebih homogen dan teratur [1]. Oleh karena estimasi sumberdaya nikel yang maksimal diperlukan teknik dan estimasi yang baik dengan menggunakan metode ordinari kriging (OK).

1.1 Lokasi Dan Kesampaian Daerah

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2021 sampai dengan Februari 2021. Lokasi penelitian berada di PT. Dharma Rosadi Internasional (DRI) Secara administratif Lokasi kegiatan pertambangan PT. Dharma Rosadi Internasional berada di Desa Fritu, Kecamatan Weda Utara, Kabupaten Halmahera Tengah, Provinsi Maluku Utara. Adapun lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Lokasi Penelitian

2. Metode

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan pendekatan metoda estimasi geostatistik *ordinary kriging* untuk melihat tingkat akurasi dari penerapan metoda tersebut dalam mengestimasi endapan nikel laterit di daerah penelitian.

2.1 Metode Geostatistik

Metoda geostatistik adalah suatu metoda yang digunakan untuk menaksirkan besarnya nilai karakteristik pada titik lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data titik tersampel di sekitarnya, dengan mempertimbangkan korelasi spasial yang ada dalam data tersebut [2][3][4]. Penggunaan metoda kriging dilakukan dalam dua tahap yaitu, pertama menghitung variogram atau semivariogram dan fungsi covarian dan tahap kedua melakukan penaksiran lokasi yang tidak tersampel [5]. Dalam pemodelan estimasi dengan metoda *ordinary kriging*.

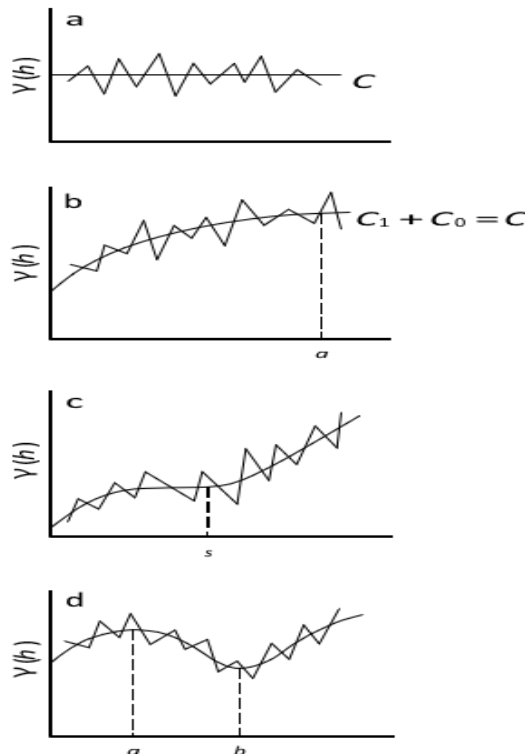
Dalam analisis data geostatistika proses pencocokan antara semivariogram eksperimental dengan semivariogram teoritis ini disebut analisis struktural (*structural analysis*) [6][7]. Selain itu, analisis struktural juga bisa dilakukan dengan beberapa model semivariogram teoritis yang diketahui dan

biasanya digunakan sebagai pembanding kurva dari semivariogram eksperimental, *spherical*, eksponensial, gaussian [8]. Pada penelitian ini menggunakan variogram model tipe *spherical*. Adapun persamaan dan gambar seperti di bawah ini:

$$y(h) = C_0 + C \left(\frac{3|h|}{2a} - \left(\frac{3|h|^3}{2a^3} \right) \right) \text{ for } h < a \quad [2]$$

$$= C_0 + C \text{ untuk } h \geq a$$

$$= 0 \text{ untuk } h = 0$$



Gambar 2. Model Semivariogram Teoritis [2][9].

2.2 Estimasi Block Metode Ordinary Kriging

Penaksiran kadar dengan teknik *ordinary kriging* (OK) banyak digunakan. Penaksiran kadar akan menghasilkan penaksiran sumberdaya yang akurat apabila dilakukan pada nilai koefisien variansi yang kecil. Menurut Journel (1983) penggunaan koefisien variasi data sebagai kriteria untuk penggunaan metode geostatistik linear dan *nonlinear*. Kim (1988) menyarankan untuk berhati-hati menggunakan kriging linear pada koefisien variasi antara 0,5-1,5. Penggunaan teknik OK pada koefisien variasi kurang dari 0,5 menghasilkan taksiran yang dapat dipercaya. Apabila data mempunyai koefisien variasi lebih dari 1,5 teknik kriging linear tidak memberikan hasil yang memuaskan sehingga harus menggunakan metode geostatistik *nonlinear* [10].

Berdasarkan cara estimasi dan proses pengolahan, metode *ordinary kriging* dibagi menjadi dua macam yaitu *block kriging* dan *point kriging*. Metode *point kriging* adalah metode kriging yang mempunyai ukuran blok/area sangat kecil atau berupa titik, sedangkan metode *block kriging* merupakan susunan dari beberapa titik yang membentuk blok-blok ukuran besar sesuai dengan ukuran dimensi estimasi yang diinginkan [11].

$$Z^*(v) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(x_i)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Dimana:

λ_i adalah faktor bobot

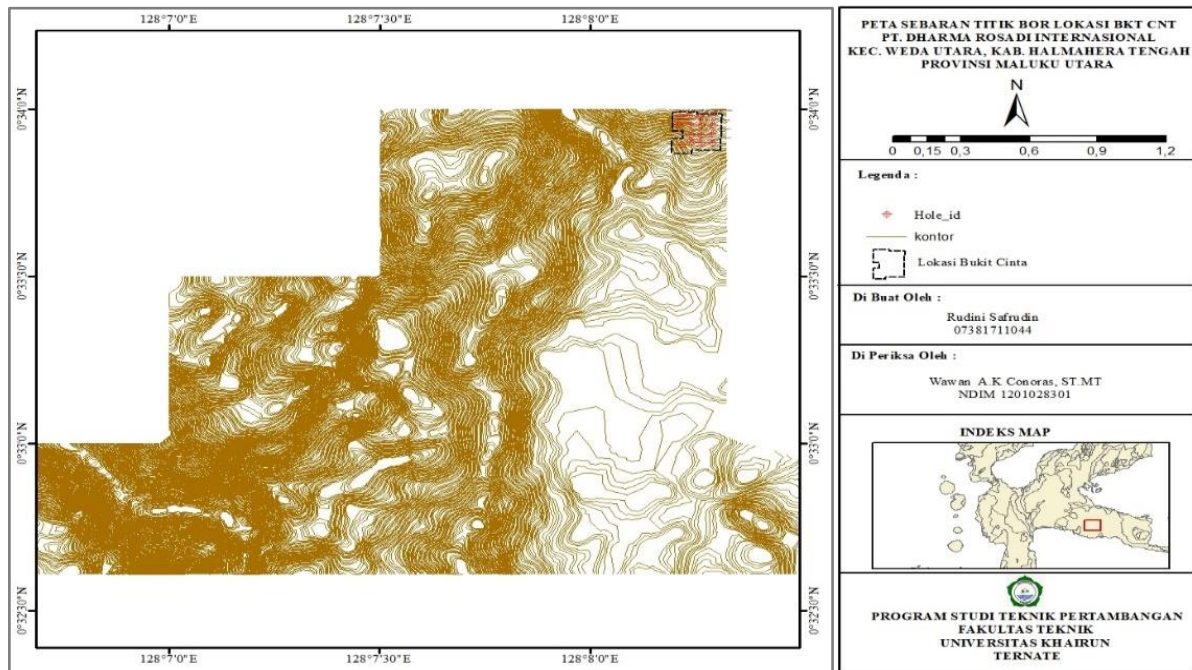
$Z(x_i)$ adalah nilai pengamatan ke- i sehingga

Z^* merupakan nilai taksiran pada titik yang tidak tersampel

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Bukit Cinta di Desa Fritu, Kecamatan Weda Utara, Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara. Pada lokasi penelitian Bukit Cinta Blok 2, nikel laterit terdiri dari beberapa lapisan material yang merupakan zona tanah penutup, zona limonit dan zona saprolit. Sebaran titik bor pada Blok 2 PT. DRI berjumlah 90 titik bor. Dari jumlah 90 titik bor pada Blok 2 pihak perusahaan PT.DRI memberikan 15 titik bor dengan spasi 50 meter untuk diteliti. Data yang digunakan adalah data hasil eksplorasi dengan jumlah data bor 15 titik yang sebaran titik bornya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Sebaran Titik Bor

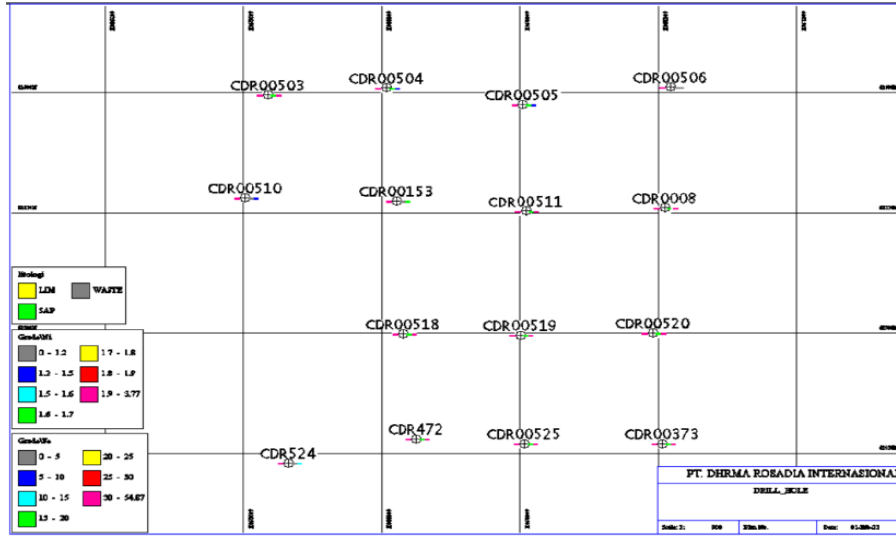
3.1.1 Penyusunan Database

Dalam Tahapan estimasi sumberdaya dengan *block model* menggunakan metode estimasi *Ordinary Kriging*, terdapat beragam tahapan dalam melakukan penyusunan *database*. Data log bor eksplorasi sebagai data awal dalam tahapan penyusunan *database*, sehingga perhitungan cadangan pun dapat dilakukan berdasarkan data awal, sehingga sesuai dengan hasil yang diharapkan untuk melakukan proses penambangan. Tahapan penyusunan *database* dengan kedua metode ini tidak memiliki perbedaan perilaku penyusunan *database*, akan tetapi perbedaan diantara kedua metode ini adalah pada tahapan estimasi dimana pada proses estimasi kedua metode disesuaikan dengan parameter dan cara estimasi yang disesuaikan dengan penggunaan rumus kedua metode. Adapun terdapat beberapa tahapan dalam penyusunan *database* yaitu:

- Data survei yang berisi data posisi/kordinat lubang bor berupa Northing, Easting, dan elevasi.
- Data assay yang berisi informasi mengenai kadar pada tiap-tiap interval kedalaman tertentu sesuai dengan analisis kadar yang dilakukan.
- Data geologi berisi informasi lithologi pada tiap titik bor.
- Data collar berisi informasi mengenai total depth, dip, azimuth

Hasil yang akan diperoleh dari pengolahan data yang telah diimport kedalam software Surpac 6.6.2 yaitu berupa sebaran titik bor dimensi dimana gambar titik bor dimensi ini menampilkan gambaran

sebaran kadar dari bijih serta bentuk lapisan dari endapan bijih itu sendiri, dapat dilihat pada Gambar 4.



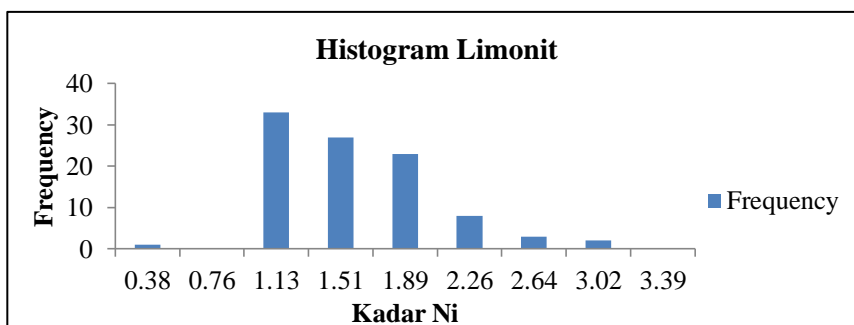
Gambar 4. Data Drill Hole

3.1.2 Analisis Statistik Deskriptif

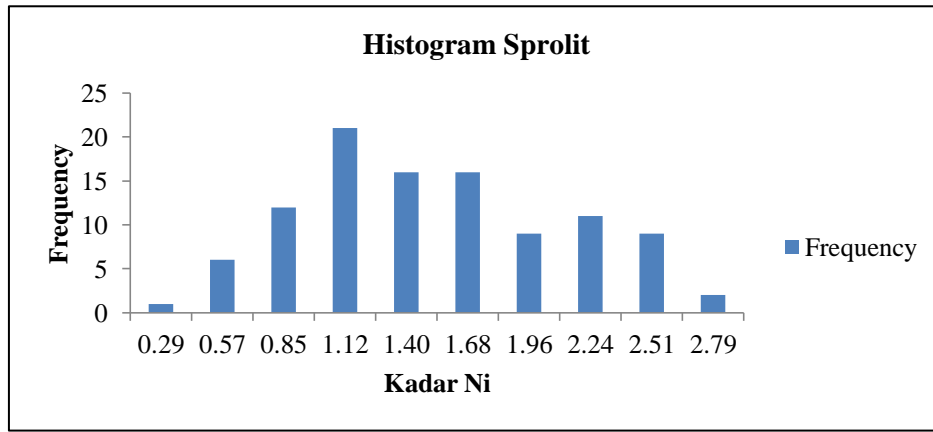
Analisis statistik digunakan untuk memberikan gambaran dan kecenderungan dari populasi data awal dan data hasil olahan. Dengan melakukan pendekatan statistik maka akan didapatkan batas penciliran data dengan tujuan verifikasi data awal. Analisis statistik deskriptif yang dilakukan pada penelitian ini hanya dilakukan pada data kadar Ni dan Fe untuk lapisan limonit dan saprolit. Hasil analisis statistik univarian untuk kadar Ni pada lapisan limonit dan saprolit menghasilkan nilai mean atau rata-rata kadar Ni yang berbeda yang menunjukkan bahwa data kadar Ni lebih tinggi pada lapisan saprolit dibandingkan pada lapisan limonit. Sedangkan untuk distribusi sebaran data dari nilai skewness yang didapatkan hampir sama yaitu skewness positif yang menunjukkan data terdistribusi pada populasi nilai yang rendah.

Tabel 1. Analisa Statistik Kadar Ni zona Limonit dan Saprolit

Paramater	Statistik Kadar Ni (%)	
	Limonit	Saptolit
Mean	1,41	1,47
Median	1,32	1,34
Minimum	0,38	0,29
Maximum	3,77	3,07
Skewness	1,44	0,46
Jumlah Data	98	109



Gambar 5. Histogram Kadar Ni Zona Limonit



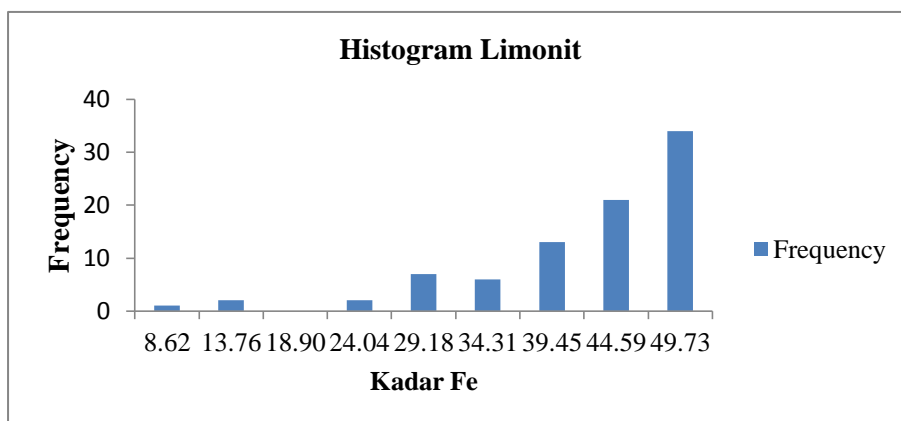
Gambar 6. Histogram kadar Ni zona Saproлит

Histogram kadar Ni pada zona limonit menunjukkan data tersebar pada populasi data dengan nilai yang relatif rendah. Dapat juga dilihat dari nilai skewness positif yang menunjukkan data cenderung ke arah kiri atau kadar rendah. Sedangkan histogram kadar Ni pada zona saproлит terlihat data berkumpul pada populasi dengan nilai relatif rendah terlihat dari nilai skewness positif yang digambarkan oleh histogram tetapi pada lapisan saproлит nilai yang ditunjukkan menunjukkan peningkatan yaitu dari nilai mean atau rata-rata, dimana Ni pada zona limonit 1,41% meningkat menjadi 1,47% pada zona saproлит.

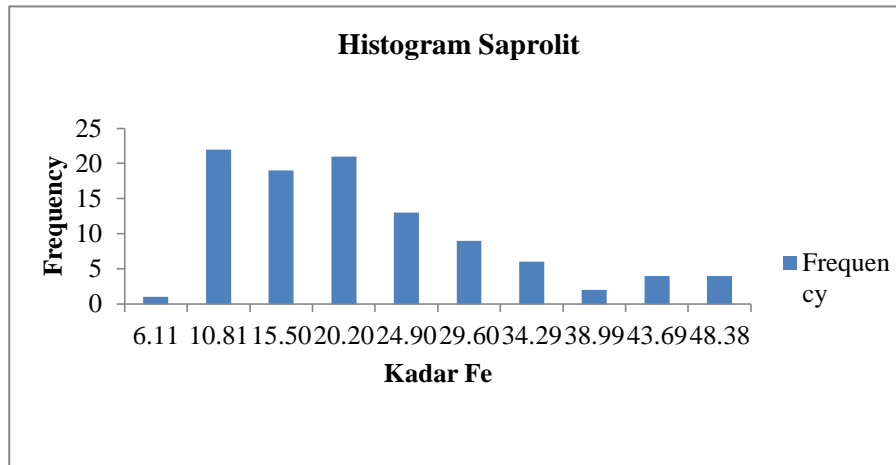
Tabel 2. Analisa Statistik Kadar Fe Zona Limonit dan Saproлит

Paramater	Statistik Kadar Fe (%)	
	Limonit	Saproлит
Mean	41,27	21,83
Median	44,06	18,93
Minimum	8,62	6,11
Maximum	54,87	53,08
Skewness	-1,33	1,01
Jumlah Data	98	109

Hasil analisis statistik univarian untuk kadar Fe pada lapisan limonit dan saproлит terlihat jelas perbandingan nilai data yang berbanding terbalik. Terlihat juga dari nilai skewness yang dimana pada kadar Fe lapisan limonit menunjukkan nilai skewness negatif dan pada lapisan saproлит nilai skewness positif.



Gambar 7. Histogram kadar Fe dari zona limonit



Gambar 8. Histogram kadar Fe dari zona saproilit

Histogram untuk kadar Fe ini menunjukkan perbandingan yang sangat jelas dimana nilai skewnees pada kedua kadar berbanding terbalik pada zona limonit dan saproilit. Dimana pada lapisan limonit terlihat data menyebar ke populasi dengan nilai kadar yang relatif tinggi bila dibandingkan dengan lapisan saproilit yang menggambarkan arah penyebaran data berada pada populasi dengan data nilai kadar Fe yang relatif rendah. Nilai mean atau rata-rata kadar Fe pada kedua lapisan ada perbedaan, dimana kadar Fe pada lapisan limonit sebesar 41,27 % sedangkan pada lapisan saproilit lebih rendah, yaitu sebesar 21,83 %.

3.1.3 Analisa Variogram

Variogram model adalah salah satu syarat dalam melakukan estimasi dengan metode *ordinary Kriging*, karena variogram sangat menentukan tinggi rendah tingkat variabilitas dari model estimasi Kriging. Oleh karena itu harus dilakukan *fitting* variogram sebelum melakukan estimasi tiap zona pada lapisan. Fiting variogram dilakukan sebanyak dua kali berdasarkan data sampel bor yaitu fitting variogram untuk kadar Ni dan kadar Fe dengan hasil fitting variogram dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Data Hasil Fiting Variogram Model

Zona	Unsur	Nugget	Sill	Range
Limonit	Ni	0,06	0,58	3,44
			0,12	5,05
	Fe	0,14	0,63	6,34
			0,70	11,30
Saproilit	Ni	0,04	0,44	6,18
			0,52	6,20
	Fe	0,10	0,93	6,18
			0,15	6,09

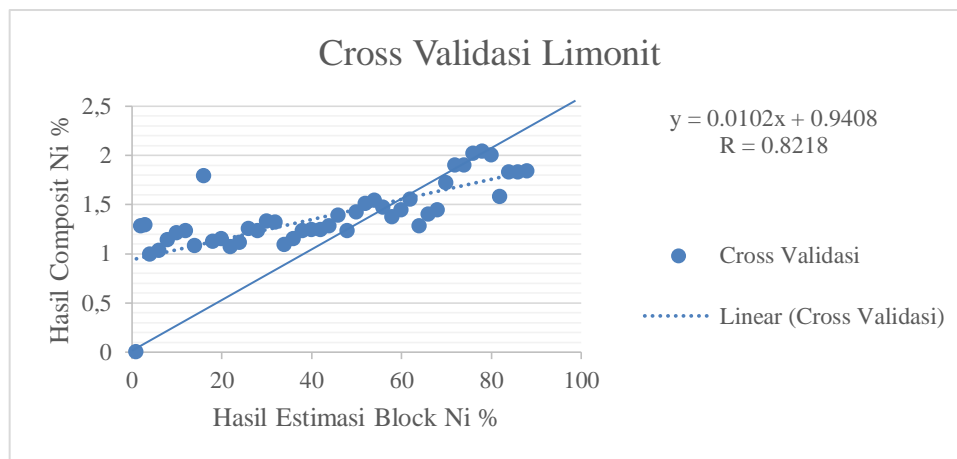
3.1.4 Block Model Sumberdaya

Estimasi sumberdaya dalam penelitian ini dilakukan dengan cara data terlebih dahulu dilakukan pembuatan *block model*. Pembuatan *block model* ini bertujuan agar data yang telah ditaksir dengan ketetapan titik bor dapat diestimasi dengan membuat *block-block* kecil yang telah ditetapkan ukurannya dari perusahaan dengan tujuan untuk memperlihatkan kandungan dari suatu logam seperti Ni, Fe dan lain-lain. Pemodelan blok yang dibuat disesuaikan dengan spasi titik bor 25 m sehingga ukuran *block model* akan sesuai dengan spasi titik bor. Model blok yang dibuat hanya lapisan limonit

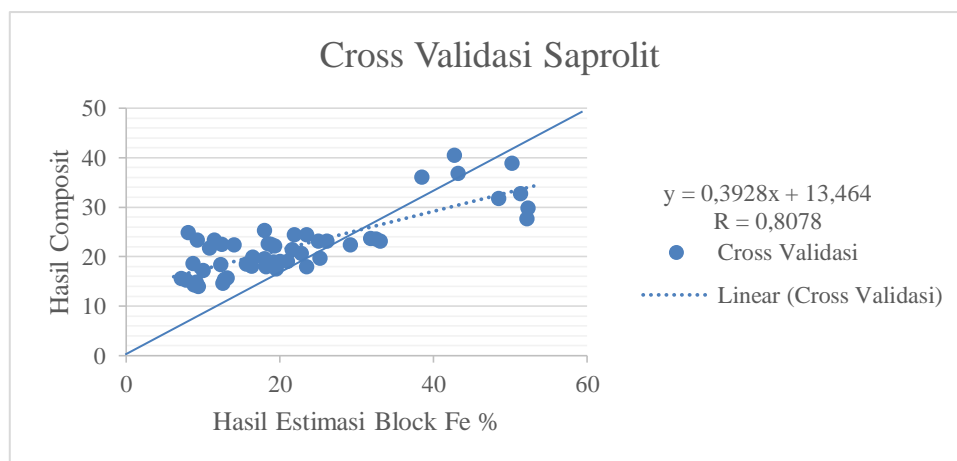
dan saprolit, dengan pertimbangan pada lapisan *bedrock* sudah tidak memiliki kadar atau kandungan nikel yang bernilai ekonomis untuk ditambang. Pembuatan *block model* ini bertujuan agar data yang telah ditaksir pada titik bor dapat diestimasi pada tiap-tiap lapisan dari zona limonit dan saprolit untuk mengetahui kadar Ni dan Fe. Selain itu pembuatan *block model* disesuaikan dengan perencanaan penambangan dan metode penambangan yang digunakan perusahaan serta disesuaikan dengan penyebaran endapan bahan galian. Pembuatan model blok sumberdaya yang dibuat dengan dimensi $X = \frac{1}{2}$ dari jarak spasi bor ($\frac{1}{2} \times 50$ m), $Y = \frac{1}{2}$ dari jarak spasi bor ($\frac{1}{2} \times 50$ m) dan $Z = 1$

3.1.5 Validasi Data

Validasi data yang dilakukan adalah dua zona limonit dan saprolit pada data kadar Ni dan Fe. Validasi yang dilakukan menggunakan diagram pencar dengan sampel data sebanyak 41 data pada zona limonit sedangkan untuk diagram pencer zona saprolit dengan sampel data sebanyak 40 data pada kadar Fe. Validasi data yang dilakukan adalah validasi data Ni komposit bor eksplorasi dengan data Ni *block* hasil estimasi OK. Hasil analisis menunjukkan bahwa validasi data yang akurat atau memiliki distribusi data yang normal adalah hasil estimasi OK dengan komposit data bor. Hal ini dapat dilihat berdasarkan nilai R. Apabila nilai R sama dengan satu (1) atau mendekati 1 maka data tersebut dikategorikan data dengan distribusi normal/valid atau memiliki korelasi positif. Tingkat korelasi data hasil estimasi terhadap data komposit bor dan hasil estimasi dapat dilihat pada Gambar 9, Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 9. Cross Validasi Ni Zona Limonit

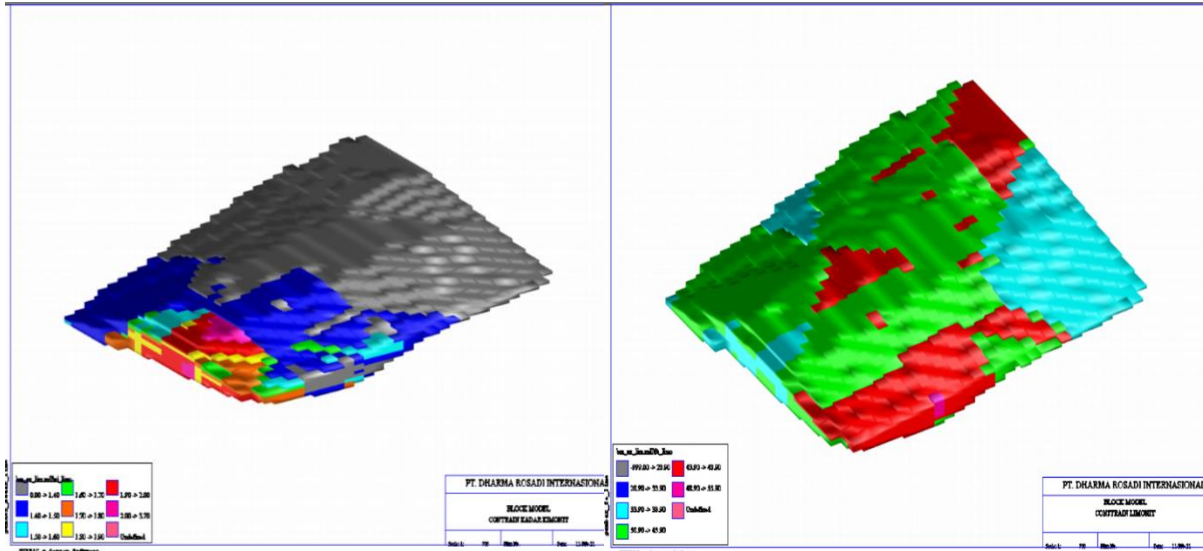


Gambar 10. Cross Validasi Fe Zona Saprolit

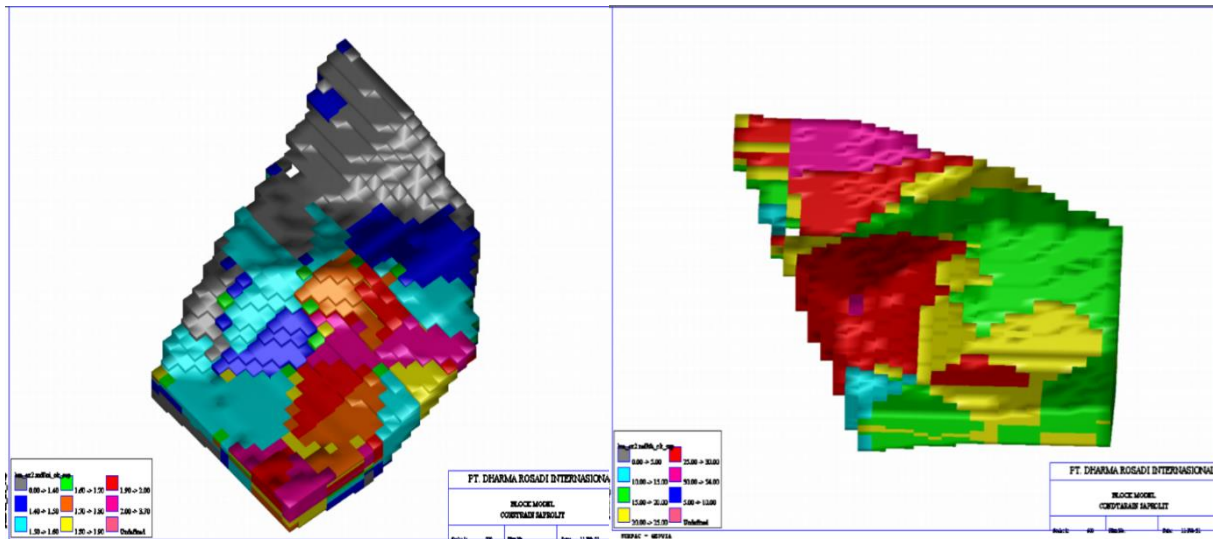
3.2 Block Model Hasil Estimasi

Setelah model blok telah jadi kemudian dilakukan estimasi kadar pada tiap-tiap blok berdasarkan data kadar assay. Data kadar dari hasil eksplorasi yang disiapkan untuk dilakukan komposit terlebih

dahulu. Setelah data dikomposit dengan interval yang cukup merata setiap 1 meter, maka data kadar siap digunakan untuk mengisi tiap-tiap model blok. Estimasi pada model blok digunakan metode *Ordinary Kriging* pada kedua zona, yaitu zona limonit dan saprolit. Hasil estimasi block sumberdaya dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 11. Block Model Kadar Ni% dan Fe% Zonah Limonit



Gambar 12. Block Model Kadar Ni dan Fe Zona Saprolit

3.2.1 Hasil Estimasi Metode Ordinar Kriging

Dari hasil pemodelan dan estimasi kadar pada model blok yang telah dibuat, dikumpulkan dan diakumulasikan dalam suatu tabulasi hasil estimasi sumberdaya endapan nikel laterit dengan menggunakan metode ordinari kriging menghasilkan jumlah volume, tonase, serta kadar pada lapisan limonit dan saprolit pada daerah penelitian. Hasil estimasi dapat dilihat Pada Tabel 4 dan 5 di bawah ini:

Tabel 4. Hasil Estimasi Kadar Ni dan Fe Lapisan Limonit

COG	Volume (m ³)	SG	Tonase	Ni (%)	Fe (%)
LGL	9.375	1,6	15000	1,26	43,47
HGL	700,0	1,6	1120	1,51	44,89

HGL1	950,0	1,6	1520	1,67	42,86
HGL2	50,0	1,6	80,0	2,18	36,72
TOTAL	11.075		17,720	1,31	43,48

Tabel 5. Hasil Estimasi Kadar Ni dan Fe Lapisan Saprolit

COG	Volume (m ³)	SG	Tonase	Ni (%)	Fe (%)
LGS	675	1,5	1.013	1,33	18.84
HGS	1.325	1,5	1.987,5	1,52	22.70
HGS1	275	1,5	412,5	1,85	20.60
HGS2	375	1,5	562,5	2,02	19.44
TOTAL	2.650		3.975,5	1,58	21.04

4. Kesimpulan

- Pembuatan database yang merupakan data awal dalam tahapan estimasi menggunakan metode ordinary kriging dimana pembuatan database merupakan data dari hasil eksplorasi.
- Pembuatan *drill hole* yang terdiri data assay, geologi, collar, survey yang bertujuan agar mempermudah kita untuk mengetahui sebaran kadar pada titik bor.
- Pembuatan block model dengan ukuran panjang 5 m, lebar 5 m, tinggi 1 m, setelah itu pembuatan variogram eksperimental dan fitting variogram zona limonit dan zona saprolit.
- Estimasi sumberdaya dengan menggunakan metode *ordinary kriging* untuk memperoleh volume, tonase dan kadar rata-rata pada zona limonit dan saprolit, diperoleh volume untuk zona limonit sebesar 11.075; tonase 17.720 dan kadar rata-rata Ni 1,66 %; Fe 41,98%. Volume pada zona saprolit sebesar 2.650 m³; tonase 3975,5 dan kadar rata-rata Ni 1,68 %; Fe 20,39 %.

5. Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini, penulis sampaikan banyak terima kasih kepada Bapak Gusti Talib selaku Kepala Teknik Pertambangan (KTT) pada PT. Dharma Rosadi Internasional (IDR) serta seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

6. Referensi

- [1] Conoras, W.A., Rasai, J. Dan Djin, A. 2020. Pemodelan Litologi dan Estimasi Sumberdaya Au Epitrmal Daerah Loloda, Halmahera Barat Dengan Pendekatan Metode Estimasi Inverse Distance Weight. *DINTEK*. Vol. 13 No. 1: Hal 28-29.
- [2] Conoras, W.A. dan Tabaika, W. 2017. Pemodelan Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Site Pulau Pakal PT. ANTAM (PERSERO) TBK UBP NICEL Maluku Utara Menggunakan Metode Inverse Distance Weight dan Ordinary Kriging, *Dintek*, Volume 12. Nomor 1: Hal 19-28.
- [3] Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Dengan Membandingkan Metode Nearest Neighbour Point Dan Inverse Distance Weighting
- [4] Sinclair, A.J., dan Blackwell, G.H. 2005. *Applied Mineral Inventory Estimation*. CambridgeUniversity Press.
- [5] Agustinus, Y.W. 2017. Perhitungan volume surface sumber daya batu granit secara teristris di PT Vitrama Properti, desa Air Mesu, Kabupaten Bangka Tengah. Diss. Universitas Bangka Belitung.
- [6] Rustam, M., Idrus, A., dan Setijadji, L.D. 2017. Geologi dan Estimasi Sumberdaya dengan Metode Ordinary Kriging pada Endapan Bauksit di Kecamatan Anjongan dan Toho, Kabupaten Mempawah, Provinsi Kalimantan Barat.
- [7] Kurniawan, A.R., dan Amri, N.A. 2019. Estimasi Sumberdaya Emas Menggunakan Metode Ordinary Kriging Pada Pit X, Pt. Indo Muro Kencana, Kec. Tanah Siang, Kab. Murung Raya, Kalimantan Tengah.

- [8] Hardyanto, S.W, dan Nurwaskito, A. 2015. Pemodelan Endapan Nikel Laterit, Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah.
- [9] Irzan M.Z, dan Yuliadi, D.G. 2018. Pemodelan dan Estimasi Sumber Daya Nikel, Menggunakan Software Vulcan 9.1 di PT Vale Indonesia Tbk, Desa Soroako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan.
- [10] Rafsanjani, M.R., dan Djamaluddin, H.B. 2016. Estimasi Sumberdaya Bijih Nikel Laterit Dengan Menggunakan Metode IDW Provinsi Sulawesi Tenggara.
- [11] Diansyah, A, dan Djamaluddin, H.B. 2017. Pemodelan Dan Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Daerah “X” Menggunakan Software Datamine Studio 3 Pada PT. Vale Indonesia Liwi Timur Sulawesi Selatan.