

PEMODELAN DAN ESTIMASI SUMBERDAYA NIKEL LATERIT MENGGUNAKAN METODE *INVERSE DISTANCE WEIGHTING* DAN *ORDINARY KRIGING* PADA BLOK X SULAWESI TENGGARA

Yosia Daniel Herlambang^{*1}, Hendro Purnomo², Partama Misdiyanta³

^{1,2}Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Jl. Babarsari No 1. Depok, Sleman, Yogyakarta.
Telp: (0274) 485390, 486986 Fax: (0274) 487249

³Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral, ITNY
e-mail : ^{*}yosiadanielh7@gmail.com, ²hendro.purnomo@itny.ac.id, ³pratama@itny.ac.id

Abstrak

Kecamatan Langgikima dipercaya memiliki sumberdaya nikel laterit yang cukup banyak, maka dari itu perlu dilakukan eksplorasi. Kegiatan estimasi sumberdaya sangat penting pada eksplorasi terkhusus untuk nikel laterit yang memiliki kadar heterogen. Oleh karena itu diperlukan metode yang tepat dalam melakukan estimasi. Pada penelitian ini, dilakukan estimasi menggunakan metode *ordinary kriging* dan *inverse distance weighting* (power 2). Evaluasi hasil penaksiran dilakukan menggunakan parameter *root mean square error* untuk melihat nilai error antara hasil taksiran dan aktual. Perhitungan sumberdaya dilakukan menggunakan metode *block model* dengan dimensi 12,5m x 12,5m x 1m. Dengan asumsi densitas pada zona limonit sebesar 1.6 ton/m³, sedangkan pada zona saprolit sebesar 1.5 ton/m³. Berdasarkan hasil perhitungan parameter RMSE, didapatkan bahwa error pada metode IDW sebesar 0.0545, lebih baik pada zona limonit dengan total sumberdaya sebesar 4.603.838 ton dan kadar rata-rata sebesar 1,16%Ni dengan jumlah block sebanyak 18.415 block. Sedangkan pada zona saprolit, nilai error pada metode OK sebesar 0.1728 hal ini menunjukkan bahwa metode OK lebih baik dengan total sumberdaya 2.661.756 ton dengan kadar rata-rata 1.14%Ni dengan jumlah block sebanyak 11.338 block.

Kata kunci: Estimasi, IDW, OK, RMSE, Sumberdaya

Abstract

Langgikima Subdistrict is fixed it to have quite a lot of nickel laterite resources, therefore exploration needs to be done. Resource estimation activities are very important in exploration, especially for laterite nickel which has heterogeneous grades. Therefore we need the right method in making estimates. In this study, estimates were made using the *ordinary kriging* method and *inverse distance weighting* (power 2). Evaluation of the estimation results is carried out using the *root mean square error* parameter to see the error value between the estimated and actual results. The resource calculation is done using the *block model* method with dimensions of 12.5 m x 12.5 m x 1 m. Assuming the density in the limonite zone is 1.6 tons/m³, while in the saprolite zone it is 1.5 tons/m³. Based on the calculation of the RMSE parameter, it was found that the error in the IDW method was 0.0545, better in the limonite zone with a total resource of 4,603,838 tons and an average grade of 1.16%Ni with a total of 18,415 blocks. While in the saprolite zone, the error value in the OK method is 0.1728, this indicates that the OK method is better with a total resource of 2,661,756 tons with an average content of 1.14% Ni with a total of 11,338 blocks.

Keywords: Estimation, IDW, OK, RMSE, Resources

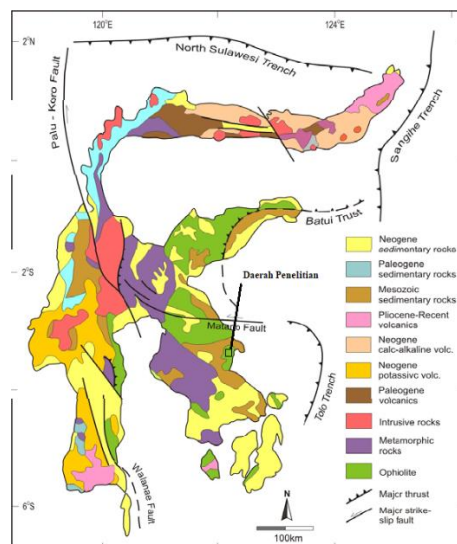
1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi tambang mineral yang besar dengan kualitas yang baik. Potensi ini perlu dipertimbangkan untuk masa yang akan datang. Untuk mengetahui potensi jumlah potensi tambang nikel, perlu dilakukan kegiatan estimasi. Dalam pemodelan dan estimasi sumberdaya mineral, salah satu faktor yang perlu diperhatikan adalah pemilihan metode estimasi yang optimal untuk memprediksi kadar serta jumlah sumberdaya pada lokasi yang tidak dilakukan pengambilan contoh. Terdapat beberapa metode yang telah umum dilakukan menggunakan software yang dapat menaksirkan kadar dan sumberdaya diantaranya adalah metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) dan *Ordinary Kriging* (OK). Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan kedua metode interpolasi tersebut menggunakan parameter *root mean square error* (RMSE).

Secara umum, profil endapan nikel laterit terdiri dari zona limonit dan zona saprolit. Zona limonit berada diatas zona saprolit dengan kadar Ni lebih rendah sedangkan zona saprolit memiliki kadar Ni yang lebih tinggi (Elias, 2002). Nikel laterit terbentuk akibat kegiatan residu pada pelapukan batuan ultra basa yang kaya akan mineral olivine dengan kandungan Ni 0,2 – 0,4% (Brand dkk, 1998)

Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pemodelan dan estimasi sumberdaya nikel laterit dengan klasifikasi kadar berdasarkan tingkatan kadarnya mulai dari *very low grade*, *low grade*, *medium grade*, *high grade*, dan *very high grade*. Serta menentukan metode mana yang terbaik pada hasil penaksiran berdasarkan hasil parameter *root mean square error*.

Penelitian ini dilakukan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari hasil pemboran pada Blok X, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara geologi, daerah penelitian berada di bagian tenggara pulau Sulawesi dengan formasi batuan ofiolit (Van Leeuwen, dkk, 2011). Batuan penyusun pada pkecamatan langgikima adalah batuan peridotite yang mana merupakan batuan awal pembentukan nikel laterit (Simanjuntak, dkk, 1993)



Gambar 1. Peta Geologi Regional Sulawesi (Van Leeuwen, dkk, 2011)

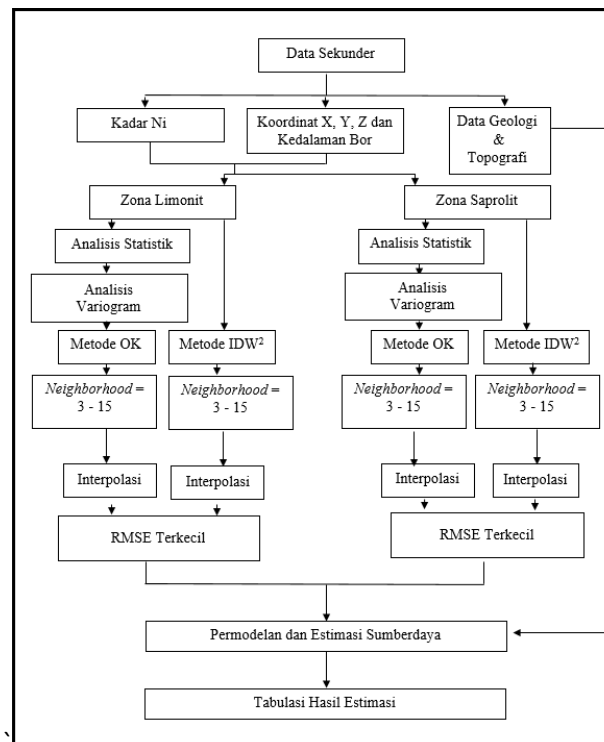
2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan berdasarkan data sekunder hasil dari pemboran pada Blok X, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. Kegiatan pemboran dilakukan sebanyak 250 titik bor. Secara sederhana, penelitian dilakukan meliputi:

1. Pengumpulan basis data awal yang terdiri dari data *assay*, data *collar*, data *lithologi*, data *survey* dan data *topografi*.

2. Dilakukan perhitungan basis data komposit menggunakan perangkat lunak . Kemudian dilakukan pemisahan data berdasarkan zona limonit dan zona saprolit.
3. Perhitungan analisis statistik pada tiap-tiap zona berdasarkan parameter statistika dasar.
4. Analisis variogram pada tiap zona dengan melakukan *fitting* variogram menggunakan model *spherical*, model *exponential*, dan model *gaussian*.
5. Estimasi dilakukan menggunakan metode *ordinary kriging* dan metode *inverse distance weighting (power 2)* dengan batas data 3 – 15 pada zona limonit dan zona saprolit.
6. Evaluasi hasil interpolasi berdasarkan nilai *root mean square error (RMSE)*. Nilai rmse terkecil menunjukkan hasil interpolasi terbaik.
7. Tabulasi hasil estimasi terbaik nikel laterit.

Diagram alir pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 2. berikut.



Gambar 2. Diagram Alir Pengolahan Data

A. Metode Ordinary Kriging

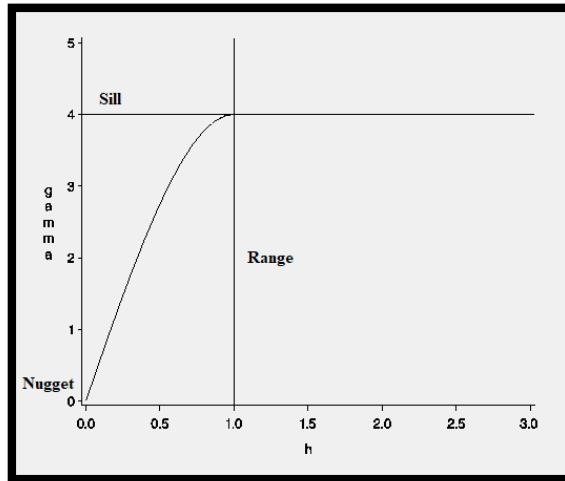
Metode *ordinary kriging* adalah metode *stochastic* yang mirip dengan IDW dimana menggunakan kombinasi linier dari *weight* untuk memperkirakan nilai antar sampel data (Pramono, 2008). Metode ini ditemukan oleh D.L. Krige untuk memperkirakan nilai dari bahan tambang. Asumsi dari metode ini merupakan jarak dan orientasi antar sampel data menunjukkan korelasi spasial dalam hasil interpolasi (ESRI, 1996). Berbeda dengan metode IDW, metode OK memerlukan analisis variogram. Model variogram dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C \left[\left(\frac{3h}{2a} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right] + C_0, & \text{Untuk } h < a \\ C + C_0, & \text{Untuk } h > a \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan:

- C0 : Nugget effect
- C : Partial sill

$C_0 + C$: Sill
 a : Range



Gambar 3. Model Variogram Spherical (Jhon, 1999)

Dalam perhitungan matematis, penaksiran menggunakan metode OK dapat didefinisikan sebagai:

$$\hat{Z} = \sum_{i=1}^n W_i \times Z_i, \quad i = 1, \dots, n \tag{2}$$

Keterangan:

- \hat{Z} : Kadar yang ditaksir
- W_i : Weight (bobot) pada titik i
- Z_i : Kadar acuan pada titik i

Secara sederhana untuk memperoleh suatu taksiran pada suatu titik dari titik observasi sekitarnya (Z_1, Z_2, \dots, Z_n) dengan bobot masing-masing (W_1, W_2, \dots, W_n) untuk persamaan Ordinary Kriging dapat dilakukan dengan cara berikut.

$$[A][X] = [B] \tag{3}$$

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1n} & -1 \\ C_{21} & C_{22} & \dots & C_{2n} & -1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{n1} & C_{n2} & \dots & C_{nn} & -1 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \dots \\ W_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{10} \\ C_{20} \\ \dots \\ C_{n0} \\ 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

Keterangan:

- [A] : Matriks kolom simetri yang menyatakan kovariansi antara contoh dengan contoh.
- [X] : Matrik kolom bobot persamaan
- [B] : Matrik kolom yang menyatakan kovariansi antara contoh dengan titik atau blok yang ditaksir.

B. Metode Inverse Distance Weighting

Metode Inverse Distance Weighting merupakan salah satu metode interpolasi untuk penaksiran suatu nilai kadar pada lokasi yang tidak diambil sampelnya pada saat kegiatan eksplorasi rinci dilaksanakan. Faktor yang mempengaruhi hasil penaksiran adalah power dan radius sekitarnya. Menurut Yasrebi dkk (2009), nilai parameter power yang umum digunakan adalah 1, 2, 3, 4, dan 5. Dalam penaksiran sumberdaya menggunakan metode Inverse Distance Weighting diperlukan data

collar pada titik bor disekitar titik yang ingin ditaksir. Persamaan Inverse Distance Weighting yang digunakan dalam pembobotan adalah sebagai berikut (Isaaks and Srivastava, 1989):

$$\widehat{Z}_0 = \sum_{i=1}^n W_i \times Z_i \tag{5}$$

$$W_i = \frac{\frac{1}{d_i^P}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^P}} \tag{6}$$

Keterangan:

- \widehat{Z}_0 : Nilai titik bor yang ditaksir
- W_i : Faktor bobot dari titik I (penaksir)
- Z_i : Nilai titik area sekitar (penaksir)
- d_i : Jarak antar titik i dengan titik yang ditaksir
- P : Nilai power pada metode IDW

C. Evaluasi Hasil Interpolasi

Cross validation dilakukan untuk menguji hasil interpolasi menggunakan metode ok dan idw dengan tujuan mengetahui tingkat ketepatannya (Isaak dan Srivastava, 1989). *Cross validation* merupakan statistik *bicariate* yang dilakukan analisis distribusi dua buah data yang berbeda tetapi terletak pada tempat yang sama (Purnomo, 2017). Evaluasi hasil interpolasi dilakukan menggunakan metode RMSE (*root mean square error*). Nilai RMSE pada setiap hasil percobaan diamati untuk mengentahui model dengan RMSE paling rendah. Semakin rendah nilai RMSE makan semakin akuran model interpolasi yang dihasilkan. Secara matematis, RMSE dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{\widehat{Z}(x_i) - Z(x_i)\}^2}{n}} \tag{7}$$

Keterangan

- $\widehat{Z}(x_i)$: Nilai titik bor yang ditaksir (titik i)
- $Z(x_i)$: Nilai titik disekitar titik i
- n : Jumlah data

D. Penaksiran Sumberdaya

Penaksiran sumberdaya dilakukan menggunakan metode *block model*. Metode ini memanfaatkan *block* berupa bidang tiga dimensi berbentuk balok yang memiliki ruang serta panjang, lebar, dan tinggi. Perhitungan sumberdaya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Tonnase = P \times L \times T \times Densitas \tag{8}$$

Keterangan:

- P : Panjang
- L : Lebar
- T : Tinggi
- Densitas : Berat jeni

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan pada basis data komposit Ni pada zona limonit dan zona saprolit. Hasil analisis statistik digunakan untuk mengetahui karakteristik data yang digunakan pada penaksiran menggunakan metode ok dan metode idw (*power 2*). Tabel 1 menunjukkan hasil analisis statistik.

Tabel 1. Hasil Analisis Statistik

Parameter Statistik	Zona Limonit	Zona Saprolit
Minimum	0.09	0.03
Maksimum	2.6	4.17
Rata-Rata	1.18	1.18
Standar Deviasi	0.318	1.454
Skewness	0.224	0.28
CV	0.269	0.384
Jumlah Data	2581	1834

B. Hasil Penaksiran Zona Limonit

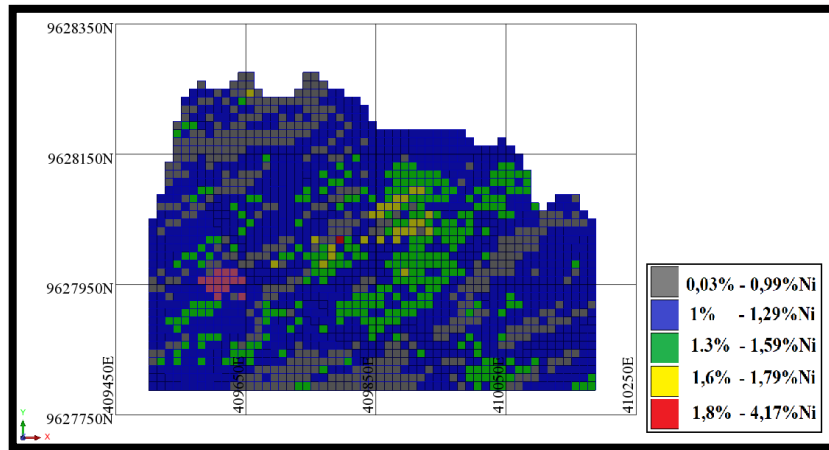
Pada zona limonit terdapat 2581 data yang dilakukan penaksiran menggunakan metode ok dan idw (*power 2*) dengan parameter seperti pada tabel 2. berikut.

Tabel 2. Parameter Penaksiran

Parameter	Zona Limonit	Zona Saprolit
Minimal Data	3	3
Maksimal data	15	15
Maksimal radius horizontal	55.092 m	51.004 m
Maksimal radius vertikal	35 m	42 m
Bearing	60	60
Plunge	0	0
Dip	-90	-90
Major/Semi-major	1.571	1.201
Major/Minor	6.93	3.973

1. Metode Ordinary Kriging

Penaksiran menggunakan metode ordinary kriging dilakukan berdasarkan rumus 2, dan didapatkan hasil seperti pada gambar 5.



Gambar 4. Hasil Penaksiran Limonit Dengan OK

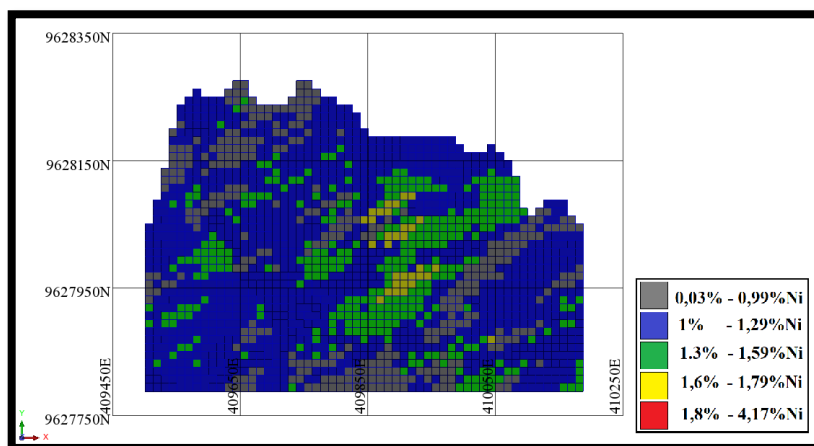
Hasil dari penaksiran menggunakan metode OK didapatkan jumlah sumberdaya pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Sumberdaya Limonit Dengan OK

Kadar Nikel (%Ni)	Volume (m ³)	Tonnes (ton)	Kadar Rata-Rata Nikel (%Ni)
0.03 - 0.99	627261	1003618	0.85
1.0 - 1.29	1496005	2393608	1.15
1.3 - 1.59	647665	1036264	1.4
1.6 - 1.79	76326	122122	1.67
1.8 - 4.17	6685	10697	1.84
Grand Total	2853943	4566309	1.16

2. *Metode Inverse Distance Weighting*

Penaksiran menggunakan metode ordinary kriging dilakukan berdasarkan rumus 5, dan didapatkan hasil seperti pada gambar 6.



Gambar 5. Hasil Penaksiran Limonit Dengan IDW

Hasil dari penaksiran menggunakan metode OK didapatkan jumlah sumberdaya pada tabel 4.

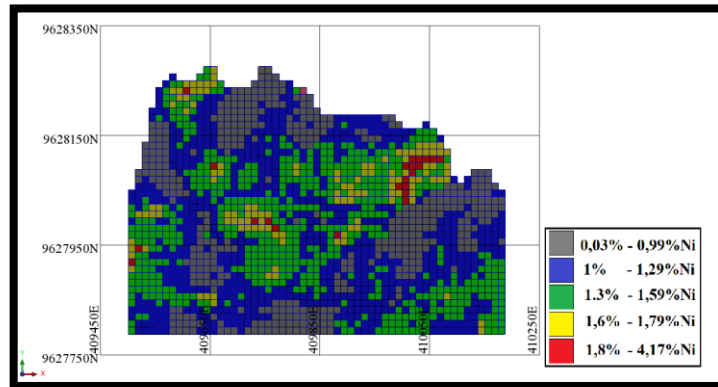
Tabel 4. Hasil Sumberdaya Limonit Dengan OK

Kadar Nikel (%Ni)	Volume (m ³)	Tonnes (ton)	Kadar Rata-Rata Nikel (%Ni)
0.03 - 0.99	457495	731993	0.86
1.0 - 1.29	1646232	2633971	1.15
1.3 - 1.59	731547	1170476	1.4
1.6 - 1.79	41833	66934	1.64
1.8 - 4.17	291	465	1.97
Grand Total	2877399	4603838	1.18

C. Hasil Penaksiran Zona Saprolit

1. Metode *Ordinary Kriging*

Penaksiran menggunakan metode ordinary kriging dilakukan berdasarkan rumus 2, dan didapatkan hasil seperti pada gambar 7.



Gambar 6. Hasil Penaksiran Saprolit Dengan OK

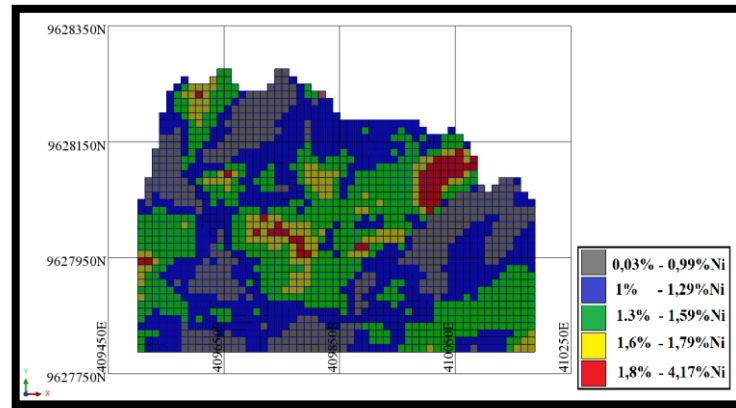
Hasil dari penaksiran menggunakan metode OK didapatkan jumlah sumberdaya pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Sumberdaya Saprolit Dengan OK

Kadar Nikel (%Ni)	Volume (m ³)	Tonnes (ton)	Kadar Rata-Rata Nikel (%Ni)
0.03 - 0.99	571642	857464	0.8
1.0 - 1.29	650315	975473	1.14
1.3 - 1.59	439290	658934	1.42
1.6 - 1.79	83055	124583	1.68
1.8 - 4.17	30201	45302	1.96
Grand Total	1774504	2661756	1.14

2. Metode *Inverse Distance Weighting*

Penaksiran menggunakan metode ordinary kriging dilakukan berdasarkan rumus 5, dan didapatkan hasil seperti pada gambar 8.



Gambar 7. Hasil Penaksiran Saprolit Dengan IDW

Hasil dari penaksiran menggunakan metode OK didapatkan jumlah sumberdaya pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Sumberdaya Saprolit Dengan IDW

Kadar Nikel (%Ni)	Volume (m ³)	Tonnes (ton)	Kadar Rata-Rata Nikel (%Ni)
0.03 - 0.99	414277	322014	0.82
1.0 - 1.29	670747	766623	1.15
1.3 - 1.59	499246	709252	1.43
1.6 - 1.79	134260	226085	1.69
1.8 - 4.17	55975	110440	1.98
Grand Total	1774504	2134413	1.29

D. Hasil Evaluasi Interpolasi

Setelah dilakukan dilakukan interpolasi dengan metode Inverse Distance Weighting dan Ordinary Kriging, maka diperlukan evaluasi terkait metode mana yang paling akurat menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE) dengan membandingkan hasil taksiran dengan hasil aktual menggunakan rumus 7 dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel 2016. Perhitungan RMSE dilakukan pada 10 titik bor. Hasil dari perhitungan RMSE didapatkan seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Evaluasi Interpolasi

Parameter	Zona	Metode Estimasi	
		IDW	OK
RMSE	Limonit	0.0545	0.0985
	Saprolit	0.1750	0.1728

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang sudah dipaparkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

- 1 Hasil dari penaksiran nikel laterit pada zona limonit menggunakan metode ordinary kriging didapatkan jumlah tonase sebesar 4.566.309 Ton dengan kadar rata-rata 1,17%Ni. Sedangkan dengan metode inverse distance weighting didapatkan jumlah tonase sebesar 4.603.838 Ton dengan kadar rata-rata 1.18%Ni. Pada zona saprolit menggunakan metode ordinary kriging didapatkan jumlah tonase sebesar 2.661.756 Ton dengan kadar rata-rata 1.14%Ni, sedangkan

dengan metode inverse distance weighting didapatkan tonase sebesar 2.134.413Ton dengan kadar rata-rata 1.29%Ni.

- 2 Berdasarkan hasil evaluasi interpolasi menggunakan metode RMSE metode yang akurat didapatkan bahwa metode IDW pada zona limonit memiliki nilai RMSE terkecil yaitu sebesar 0.0545. Sedangkan pada zona saprolit, metode OK memiliki nilai RMSE terkecil yaitu sebesar 0.1728.

5. SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, maka saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

- 1 Pada zona llimonit, nikel laterit dengan klasifikasi medium grade tersebar diarea timur laut. Peneliti menyarankan pengambilan conto mendetail pada arah timur laut karena diduga terdapat nikel laterit dengan kadar medium grade pada zona limonit .
- 2 Pada zona saprolit, nikel laterit dengan klasifikasi kadar medium grade tersebar di area timur laut, barat, serta tenggara. Perlu dilakukan pengambilan conto mendetail pada area lanjutan pada arah timur laut, barat, dan tenggara.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada dosen pembimbing 1 dan 2 yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama Menyusun tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Brand, N. W., butt, C.R.M., Elias, M., 1998, Nickle Laterite: Classification Features. AGSO Journal of Australia Geology & Geophysics.
- Elias, M., 2002, Nickel Laterite Deposit – A Geological Overview, Resources, and Exploration. Center for Ore Deposit Research, University of Tasmania, Hobart, Special Publication 4.
- ESRI. 1996. Using the ArcView Spatial Analyst. Redlands, Environmental Systems Research Institute, Inc.
- Isaaks, E.H. and R.M Srivastava., 1989, Applied geostatistics, Oxford University Press, New York.
- Jhon, 1999, The Krige2D Procedure, USA.
- Purnomo, H., 2018, Aplikasi Metode Interpolasi Inverse Distance Weighting Dalam Penaksiran Sumberdaya Laterit Nikel, Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi, ANGKASA Volume X, Nomor 1, Yogyakarta.
- Pramono, G.G., 2008, Akurasi Metode IDW dan Kriging untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi, Forum Geografi, Vol. 22, No. 1, Hal: 99 – 100.
- Van Leeuwen, T.M. and Peters, P.E., 2011, Minerals Deposits of Sulawesi. Proceeding of The Sulawesi Minerals Resources, Seminar MGEI-IAGI
- Yasrebi J., Saffari M., Fathi H., Karimian N., Moazallahi M., dan Gazni R., 2009, “Evaluation and Comparison of Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighting Method For Prediction Of Spatial Variability Of Some Soil Chemical Parameters Research Journal of Biological Science.