

Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Menggunakan Metode Inverse Distance Weighting Nearest Neighbour Point dan Ordinary Kriging Pada Blok X Kec Petasia Kab Morowali Utara Provinsi Sulawesi Tengah

Randy Galaxy, Hendro Purnomo, Rizqi Prastowo, Hidayatullah Sidiq

¹ Program Studi Teknik Pertambangan, Insitut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : hendro.purnomo@itny.ac.id

ABSTRAK

Metode estimasi sumberdaya *Inverse Distance Weighting*, *Nearest Neighbour Point*, dan *Ordinary Kriging* memiliki karakter pembobotan yang berbeda sehingga model dan hasil sumberdaya juga akan berbeda. Metode NNP melakukan pembobotan hanya berdasarkan titik terdekat dalam radius area tertentu sedangkan Metode IDW melakukan pembobotan berdasarkan jarak titik ditaksir terhadap titik-titik sampel dalam radius area tertentu, dan metode OK melakukan pembobotan berdasarkan jarak dan data di sekeliling blok. Pada zona limonit metode NNP diperoleh tonase kelas *low grade* 520,750 ton dengan rata-rata kadar 0.85%, kelas *medium grade* 696,750 ton dengan rata-rata kadar 1.21%, dan kelas *high grade* 64,500 ton dengan rata-rata kadar 1.71% dan pada zona saprolit Metode NNP diperoleh tonase kelas *low grade* 551,016 ton dengan rata-rata kadar 0.71%, kelas *medium grade* 718,359 ton dengan rata-rata kadar 1,3%, dan kelas *high grade* 101,484 ton dengan rata-rata kadar 1.67%, dan kelas *very high grade* sebesar 122,344% dengan rata-rata kadar 2.08%. Dari hasil penelitian dilakukan proses evaluasi menggunakan *Root Mean Square Error*, pada zona limonit metode terbaik berdasarkan nilai *error* terkecil adalah metode NNP yang didapatkan nilai *error* 0.0238 dan Pada zona saprolit metode terbaik adalah metode NNP dengan nilai *error* 0.0171. Hasil permodelan dan estimasi sumberdaya terdapat 3 titik yang perlu dilakukan eksplorasi lebih lanjut pada zona saprolit yaitu pada daerah timur laut, barat daya dan tengah. Pada zona limonit keterlanjutan eksplorasi mengikuti zona saprolit karena adanya potensi cebakan nikel dengan kadar Ni yang tinggi.

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

ABSTRACT

Inverse Distance Weighting, *Nearest Neighbor Point*, and *Ordinary Kriging* resource estimation methods have different weighting characters which creates a differential in model and resource calculation. The NNP method is weighted only based on the closest point within certain radius, while the IDW method is weighted based on the estimated point distance to sample points within a certain radius, and the OK method is weighted based on the distance and data around the block. In limonite zone, NNP method obtain 520,750 tons of low Ni class with an average grade of 0.85%, medium grade class 696,750 tons with an average Ni grade of 1.21%, and high grade class 64,500 tons with an average Ni grade of 1.71% and in the saprolite zone, the NNP method obtain 551.016 tons of low Ni class with an average grade of 0.71%, medium class grade 718.359 tons with an average Ni grade of 1.3%, and high class grade 101.484 tons with an average Ni grade of 1.67%, and very high class grade 122.344 tons with an average Ni Grade level of 2.08%. From the results it is evaluated by *Root Mean Square Error*, in limonite zone the best method based with the smallest error value is the NNP method which gets an error value of 0.0089 and as the saprolite zone the best method is NNP method with an error value of 0.0127. From the modeling and resource calculation there are 3 area's that require further exploration in the saprolite zone which is the northeast area, southwest and central area's. As for the limonite zone, exploration continues following the saprolite zone because of the potential for high Ni Grade nickel deposits.

Keyword : Estimation, Resource, IDW, NNP, OK

1. PENDAHULUAN

Banyak negara merencanakan untuk menghentikan produksi mobil konvensional berbahan bakar minyak dan gas pada sekitar tahun 2030, Oleh karena itu saat ini industri mobil listrik sedang giat dikembangkan untuk menjawab target penggantian mobil konvensional dalam jangka menengah maupun jangka panjang sampai benar-benar semua kendaraan penumpang merupakan mobil listrik [1]. Pada lokasi penelitian memiliki potensi sumberdaya nikel laterit dikarenakan daerah tersebut termasuk dalam kompleks ultramafik dan sebagian besar endapan nikel laterit terbentuk hasil dari pelapukan kimia batuan dasar peridotit yang termasuk dalam batuan beku ultramafik [2] karena itu diperlukan proses estimasi sumberdaya untuk dapat menyelidiki komoditas

bahan tambang apa yang berpotensi di suatu daerah, di mana saja bahan galian tambang tersebut terendapkan, seberapa besar potensi sumberdaya bahan galian tersebut, dan bagaimana kemenerusan endapan dan kualitas bahan galian tersebut [3]

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan penaksiran dan permodelan sumberdaya menggunakan metode *Inverse Distance Weighting*, *Nearest Neighbour Point*, dan *Ordinary Kriging*. Untuk dilakukan proses penaksiran dan permodelan sumberdaya dibutuhkan 4 basis data yaitu :

- a. *Assay*, berisikan data kadar.
- b. *Lithology*, berisikan keterangan zona.
- c. *Collar*, berisikan data koordinat titik bor.
- d. *Survey*, berisikan data arah dari titik bor.

Kemudian basis data diolah menggunakan *software 3Dmine*, Pada proses pengolahan data, dilakukan proses *kompositing* data terhadap data assay yang semula interval kelas kadar bervariasi dirata-ratakan menjadi per-1 meter, pembuatan litologi zona untuk membatasi antara zona limonit dan saprolit, kemudian analisa statistik pada zona limonit dan saprolit untuk mengetahui nilai statistik dari distribusi data.

Proses estimasi menggunakan metode *Ordinary Kriging* dibutuhkan sebuah variogram. Proses penaksiran nilai variansi menggunakan bantuan variogram, dan perhitungan kriging juga terdapat parameter dari variogram sendiri maka variogram memegang peranan penting dalam metode penaksiran kriging [4]. Ada 3 model variogram teoritis yang populer digunakan yaitu model variogram sferis, eksponensial, dan *gaussian* Bargawa [5].

1. Metode *Inverse Distance Weighting*.

Pada metode IDW, diasumsikan bahwa tingkat korelasi dan kemiripan antara titik yang ditaksir dengan data penaksir adalah proporsional terhadap jarak. Bobot akan berubah secara linier, sebagai fungsi sepejar jarak, sesuai dengan jaraknya terhadap data penaksir [6]. Rumus dari pembobotan metode IDW yaitu [7]:

$$W_i = \frac{\frac{1}{d_i^p}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (1)$$

2. Metode *Nearest Neighbour Point*

Metode NNP disebut juga metode poligon, ada 2 macam metode poligon yaitu metode poligon tradisional dan metode poligon contoh terdekat. Metode NNP adalah metode dimana titik terdekat dari blok yang ditaksir memiliki pengaruh sepenuhnya terhadap blok tersebut, jadi titik-titik lain di dalam search radius selain titik terdekat tidak ada pengaruh terhadap blok yang ditaksir [5].

3. Metode *Ordinary Kriging*

Kriging adalah teknik penaksiran spasial yang memberikan nilai taksiran tidak bias dengan rata-rata kesalahan yang minimum. Teknik penaksiran kriging memberikan nilai spasial distribusi dari variabel sebagai ukuran keandalan (*reliability*) atau nilai ketidakpastian (*uncertainty*) yang merupakan indikasi seberapa akurat suatu hasil taksiran [8]. OK merupakan metode yang praktis dan sederhana dalam konsep model stasionaritas untuk menaksir kadar menggunakan data di sekeliling blok [5]. Perangkat dasar dalam penaksiran kriging adalah variogram yang digunakan untuk mengkuantifikasi korelasi spasial antar contoh [4]. Variogram eksperimental didefinisikan sebagai setengah rerata penjumlahan selisih kuadrat pasangan data yang dinyatakan dengan persamaan berikut [7]:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2 \quad (2)$$

Kemudian dari variogram experimental dilakukan pencocokan dengan model variogram dengan proses *fitting* untuk mendapatkan nilai dari parameter variogram, Berikut ketiga model variogram yang umum digunakan [5]:

a. Model Sferis

Model variogram sferis merupakan model variogram yang paling sering digunakan dan diberikan persamaan sebagai berikut :

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

b. Model Eksponensial

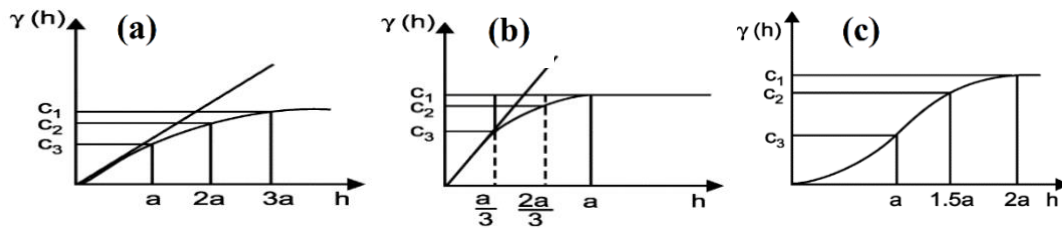
Model ini laju kenaikannya lebih lambat dari pada model sferis dan jarang ditemukan dalam praktek pertambangan [5].

$$\gamma(h) = (C_0 + C) \times \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{3a}\right) \right] \quad h < a \quad (4)$$

c. Model *Gaussian*

Dinyatakan dalam persamaan :

$$\gamma(h) = C_0 + C [1 - \exp(-\frac{h^2}{a^2})] \tag{5}$$



Gambar 1 (a) variogram sferis (b) variogram eksponensial (c) variogram gaussian

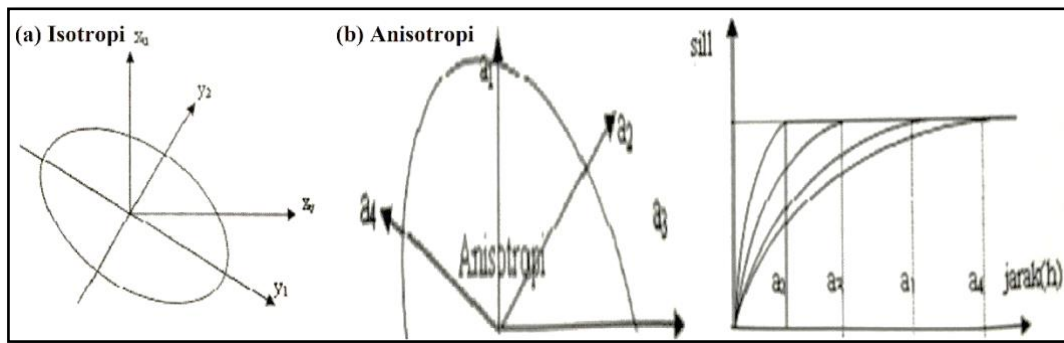
Setelah dilakukan proses *fitting* maka dilakukan penentuan geometri variogram, geometri variogram terbagi menjadi dua yaitu :

1. Geometri Isotropi

Variogram dikatakan isotropi jika fungsi model struktural $\gamma(h)$ adalah bernilai sama untuk setiap arah vektor h dan mempunyai range eksperimental yang sama [5]. Pada penelitian ini menggunakan geometri isotropi dengan rasio mayor-semi mayor 1:1) [4].

2. Geometri Anisotropi

Geometri dikatakan anisotropi apabila fungsi model struktur $\gamma(h)$ dan nilai range eksperimental tidak bernilai sama untuk setiap arah vektor h . Secara fisik, anisotropi ini menggambarkan kecenderungan variabilitas penyebaran endapan [5].



Gambar 2 Geometri (a) Isotropi (b) Anisotropi [5]

Kemudian setelah melakukan *fitting* variogram dan memilih geometri variogram, dilakukan proses pembobotan dengan menggunakan rumus 5 [5] :

$$Z = \sum_{i=1}^n W_i Z_i \dots \tag{6}$$

Bobot W_1 dipecahkan dengan persamaan dengan rumus 7 [5] :

$$\sum_{i=1}^n w_1 \bar{y}(v, v) + \mu = \bar{y}(v, V) \text{ dengan } \sum_{i=1}^n W_1 = 1 \dots \tag{7}$$

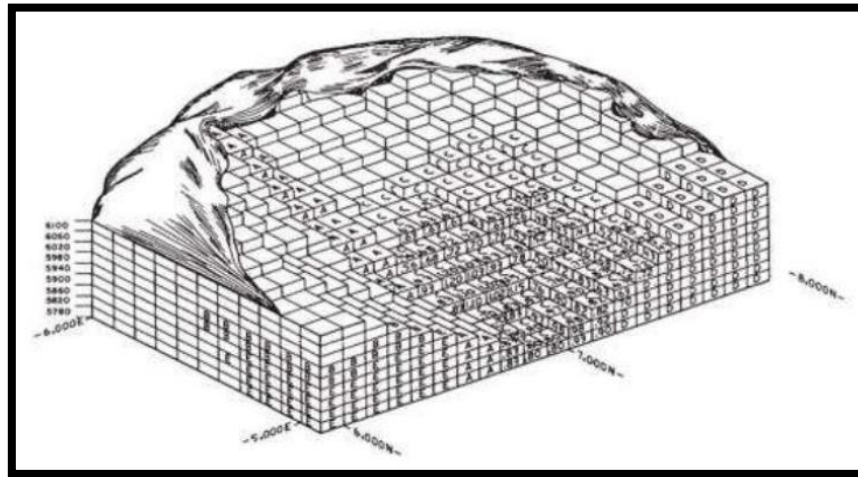
Sedangkan variansi kriging dapat dinyatakan dalam persamaan rumus 8 [5] :

$$\sigma_k^2 = \sum_i w_1 \bar{y}(v, v) - \bar{y}(V, V) + \mu \tag{8}$$

Pada penaksiran kriging yang terpenting adalah mencari nilai γ_1 dan μ_1 . Sistem kriging menggunakan persamaan matriks dengan rumus 9 [5] :

$$[A] \cdot [X] = [B] \tag{9}$$

Permodelan dan penaksiran sumberdaya pada penelitian ini menggunakan metode blok model tiga dimensi dari *software 3Dmine* untuk menghasilkan model dan kadar dari hasil penaksiran. Ukuran blok dari penelitian ini menggunakan ukuran 12.5x12.5x1 dengan interval titik bor 50m, dari penelitian david (1979) menyarankan untuk minimal ukuran blok tidak boleh kurang dari 1/4 interval dari titik bor [9]



Gambar 3 Blok Model [10]

3. HASIL DAN ANALISIS

Pada penelitian ini estimasi sumberdaya disajikan dengan membagi hasil estimasi sumberdaya berdasarkan kelas kadar untuk mengetahui bagaimana karakter pembobotan estimasi sumberdaya mempengaruhi hasil model dan estimasi sumberdaya. Estimasi sumberdaya dilakukan dengan parameter penaksiran yang sama sebagaimana pada tabel 1.

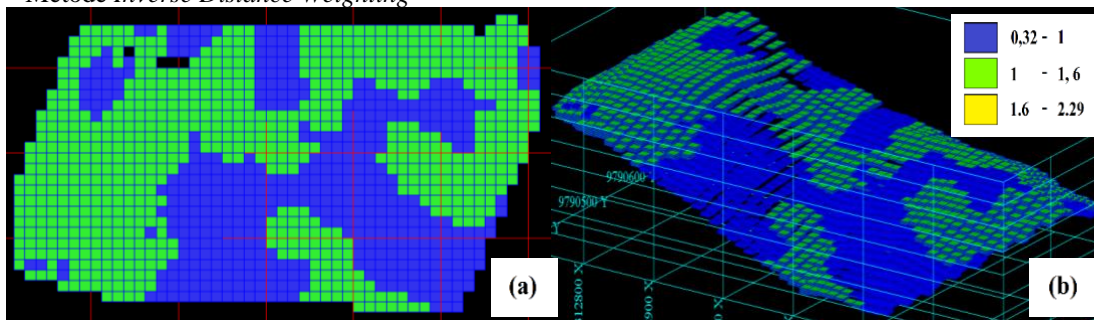
Tabel 1 Parameter Estimasi Sumberdaya

Parameter	Limonit	Saprolit
Minimal Data	3	3
Maksimal Data	15	15
Radius Pencarian Horizontal	92.92	95.21
Radius Pencarian Vertikal	17	26
Primary Axis Azimuth	135	0
Major Plunge	0	0
Secondary Axis Dip	0	0
Primary Axis/Secondary Axis	1	1
Primary Axis/Minor Axis	1	1

3.1 Zona Limonit

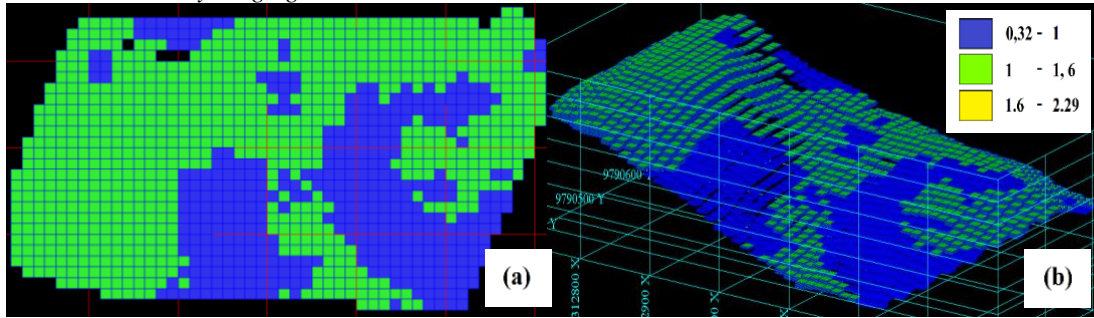
Pada zona limonit terdapat 343 data sampel, data yang digunakan adalah data komposit dan proses estimasi menggunakan *software 3DMine*. Berat jenis dari zona limonit adalah 1.6 [11]

1. Metode *Inverse Distance Weighting*



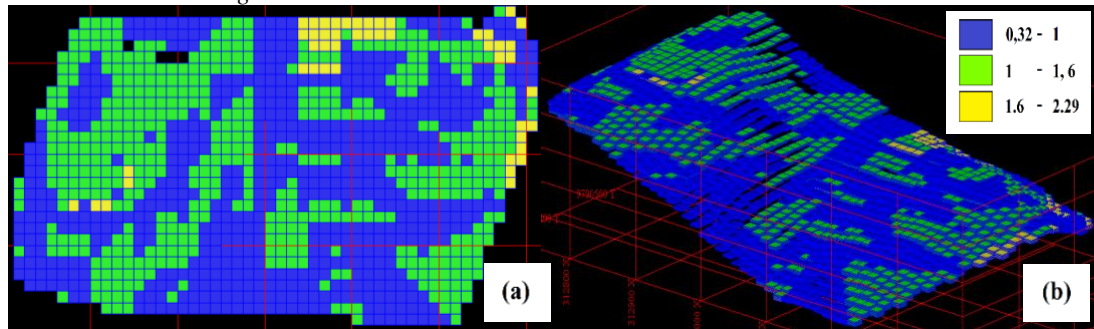
Gambar 4 Hasil Estimasi IDW Limonit (a) 2 Dimensi dan (b) 3 Dimensi

2. Metode *Ordinary Kriging*



Gambar 5 Hasil Estimasi OK Limonit (a) 2 Dimensi dan (b) 3 Dimensi

3. Metode *Nearest Neighbour Point*



Gambar 6 Hasil Estimasi NNP Limonit (a) 2 Dimensi dan (b) 3 Dimensi

Hasil estimasi sumberdaya pada zona limonit dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil estimasi sumberdaya zona limonit

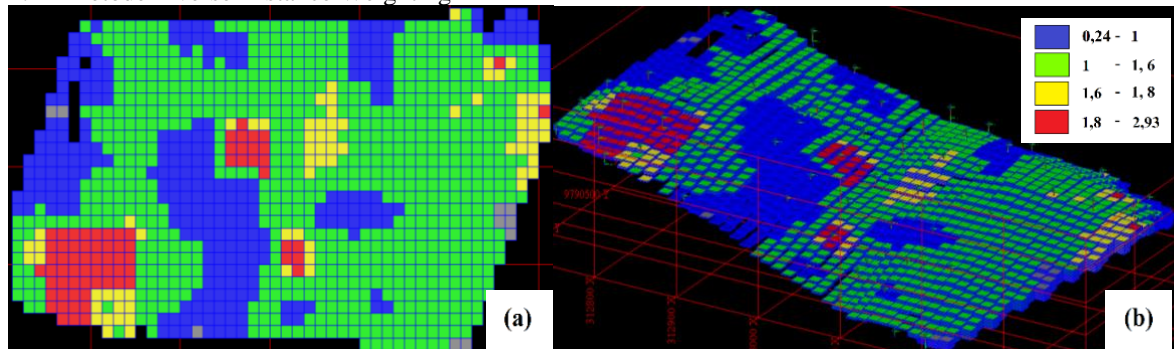
Parameter	IDW	Rata-rata	OK	Rata-rata	NNP	Rata-rata
		Kadar Ni		Kadar Ni		Kadar Ni
<i>Low</i>	411,750	0.94	347,250	0.95	520,750	0.85
<i>Medium</i>	864,250	1.14	934,750	1.12	696,750	1.21
<i>High</i>	250	1.61	0	0	64,500	1.71
Total	1,276,250	1.08	1,282,000	1.07	1,282,000	1.09

Pada zona limonit terdapat perbedaan jumlah sumberdaya pada tiap kelas Ni dan rata-rata nilai Ni pada tiap kelas, ini membuktikan bagaimana karakter pembobotan tiap metode akan menghasilkan perbedaan pada hasil estimasi sumberdaya. Perbedaan dari hasil estimasi. Dominasi perbedaan pada hasil estimasi sumberdaya terlihat pada metode NNP yang menghasilkan tonase kelas *high* sebesar 64,500 ton.

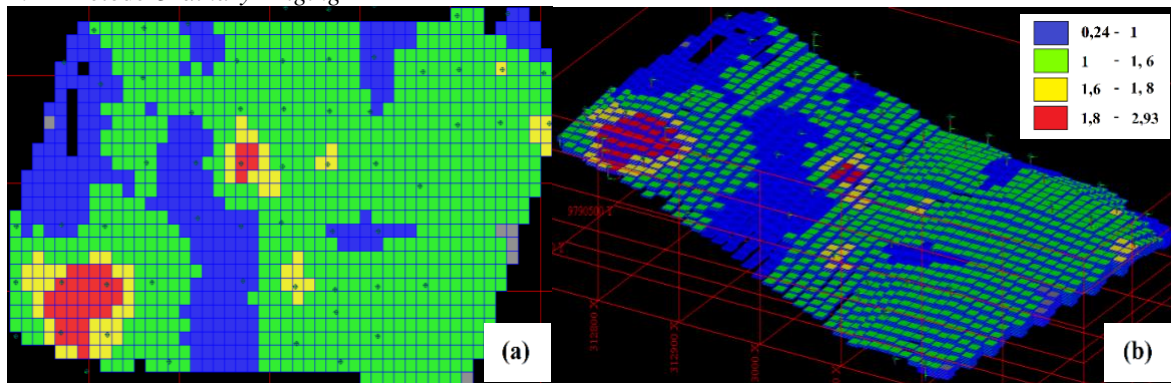
3.2 Zona Saprolit

Pada zona saprolit terdapat 302 data yang didapatkan dari komposisi data, Pada zona saprolit kadar Ni cenderung lebih tinggi dari pada zona limonit. Estimasi dilakukan menggunakan *Software 3DMine* untuk metode *Inverse Distance Weighting*, *Ordinary Kriging*, dan *Nearest Neighbour Point* dan tonase pada zona saprolit adalah 1.5 [11]

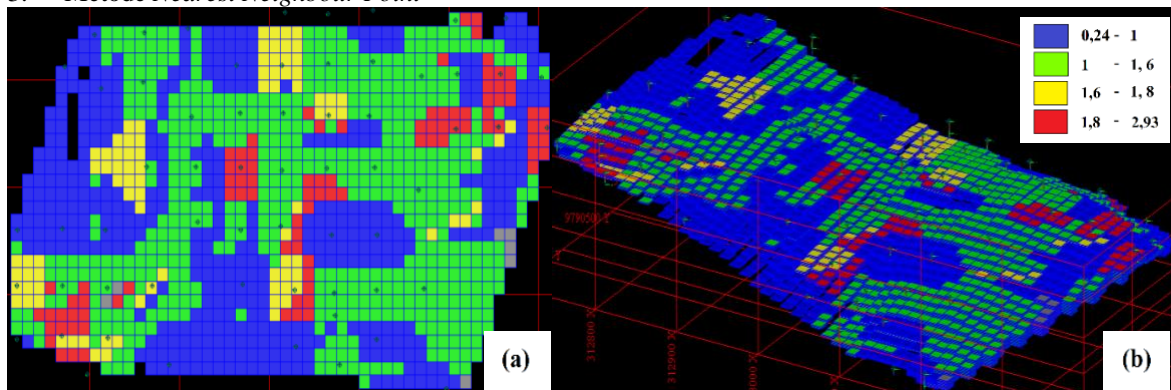
1. Metode *Inverse Distance Weighting*



2. Metode *Ordinary Kriging*



3. Metode *Nearest Neighbour Point*



Hasil estimasi sumberdaya pada zona limonit dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil estimasi sumberdaya zona saprolit

Parameter	IDW	Rata-rata	OK	Rata-rata	NNP	Rata-rata
		Kadar Ni		Kadar Ni		Kadar Ni
<i>Low</i>	290,156.25	0.94	252,187.50	0.87	551,015.63	0.71
<i>Medium</i>	1,001,484.38	1.14	1,117,968.75	1.25	718,359.38	1.3
<i>High</i>	92,109.38	1.61	65,390.63	1.7	101,484.38	1.67
<i>Very High</i>	105,234.38	1.93	58,593.75	1.93	122,343.75	2.08
Total	1,488,984.38	1.26	1,494,140.63	1.24	1,493,203.13	1.17

Pada zona saprolit terdapat perbedaan yang sama seperti pada zona limonit, perbedaan ditunjukkan pada jumlah sumberdaya tiap kelas dan rata-rata kadar. Ini kembali menunjukkan bagaimana karakter pembobotan metode estimasi akan mempengaruhi hasil estimasi sumberdaya.

4. KESIMPULAN

Hasil estimasi sumberdaya zona limonit pada metode IDW diperoleh tonase kelas low 411,750 ton dengan kadar rata-rata 0.94%, kelas medium 864,250 ton dengan rata-rata kadar 1.14%, dan kelas high 250 ton dengan rata-rata kadar 1.61%. Metode OK diperoleh tonase kelas low 347,250 ton dengan rata-rata kadar 0.95%, kelas medium 934,750 ton dengan rata-rata kadar 1.12%, dan tidak diperoleh sumberdaya kelas high. Metode NNP diperoleh tonase kelas low 520,750 ton dengan rata-rata kadar 0.85%, kelas medium 696,750 ton dengan rata-rata kadar 1.21%, dan kelas high 64,500 ton dengan rata-rata kadar 1.71%. Kemudian hasil estimasi sumberdaya zona saprolit pada metode IDW diperoleh tonase kelas low 290,156 ton dengan kadar rata-rata 0.94%, kelas medium 1,001,484 ton dengan rata-rata kadar 1.14%, kelas high 92,109 ton dengan rata-rata kadar 1.61%, dan kelas very high 105,234 ton dengan rata-rata kadar 1.93%. Metode OK diperoleh tonase kelas low 252,187 ton dengan rata-rata kadar 0.87%, kelas medium 1,117,968 ton dengan rata-rata kadar 1.25%, dan kelas high 65,390 ton dengan rata-rata kadar 1.7%, dan kelas very high 58,593 ton dengan rata-rata kadar 1.93%. Metode NNP diperoleh tonase kelas low 551,015 ton dengan rata-rata kadar 0.71%, kelas medium 718,359 ton dengan rata-rata kadar 1,3%, dan kelas high 101,484 ton dengan rata-rata kadar 1.67%, dan kelas very high sebesar 122,343 ton dengan rata-rata kadar 2.08%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada PT. Pakubumi Inti Mineral yang telah memberikan kesempatan, memfasilitasi, dan membimbing peneliti sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ernowo. Sunuhadi DN. Awaludin M. ESDM.Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi. 2017.
- [2] Golightly JP. Nickeliferous Laterite Deposits. Seventy-Fifth Anniv Vol 1981
- [3] Arif I. Nikel Indonesia. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. ISBN : 06-1935-4. 2018:280.
- [4] Bardossy A. Introduction To Geostatistic. University of Stuttgart 1997.
- [5] Bargawa WS. Geostatistik. Kilau Book. ISBN 978-623-7594-42-0. 2018.
- [6] Almasi A, Jalalian A, Toomanian N. Using OK and IDW methods for prediction the spatial variability of a horizon depth and OM in soils of Shahrekord, Iran, Journal of Environment and Earth Science, Vol.4 No.15. 20144.
- [7] Isaaks, E.H. and Srivastava RM. An Introduction to Applied Geostatistics. vol. 11. 1989. <https://doi.org/10.1177/1748895811401979>.
- [8] Mousavifazl H. Alizadh A. Ghahraman B. Application of Geostatistical Methods for Determining Nitrate Concentrations in Groundwater (Case Study of Mashhad Plain, Iran). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. IJACS/2013/5-4/318-328 2013.
- [9] Hekmat A, Osanloo M, Moarefvand P. Block size selection with the objective of minimizing the discrepancy in real and estimated block grade, Saudi Society for Geosciences 2011. <https://doi.org/10.1007/s12517-011-0321-8>.
- [10] Hustrulid W. Kuchta. M. Open pit mine planning & design: Fundamentals vol 1. Balkema 1995. ISBN 0415407370, 9780415407373.
- [11] Purnomo H. Comparison the Performance of Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighting Methods for Mapping Nickel Laterite Properties. Kurvatek 2019. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v4i1.1116>.