

# Estimasi Sumberdaya Nikel Menggunakan Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) Berdasarkan Data Eksplorasi Daerah X Kecamatan Nuha Kabupaten Luwu Timur Sulawesi Selatan

<sup>1,2\*</sup>Gagak Lulus Prasetyo, <sup>2</sup>Piter Lepong, <sup>2</sup>Wahidah

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

<sup>2</sup>Laboratorium Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman

\*Email: [gaguklulusprasetyo11@gmail.com](mailto:gaguklulusprasetyo11@gmail.com)

Manuscript received: 4 Mei 2023; Received in revised form: 23 Mei 2023; Accepted: 30 Agustus 2023

## ABSTRACT

Resource estimation plays an important role in determining the quality and quantity of a deposit in an exploration area, especially laterite nickel deposits because good and accurate estimation results can determine the results of mining to be carried out. In this case, an estimation method is needed that is adjusted to the geological conditions and mineralization. This study aims to determine the estimation of nickel resources using the Inverse distance Weighted method in X area, Nuha District, East Luwu Regency, South Sulawesi. The number of drill points used in resource calculations is 125 drill points. From these data an initial block model of the limonite and saprolite boundaries was created, then IDW interpolation was used in the block model to produce resource estimates. The results of nickel resource estimation using IDW show a tonnage of Ni resources of 1,899,938 tons with an average Ni content of 2.07%. From the results of the resource classification, most of the drill points are classified as measured resources. From the results of the classification of inferred resources with a radius of 1000 m<sup>2</sup>, a volume of 1,205,434 m<sup>3</sup> and a tonnage of 1,808,151 tons is obtained, an indicated resource with a radius of 500 m<sup>2</sup> obtains a volume of 487,668.56 m<sup>3</sup> and a tonnage of 731,502.84 tons, and for a measured resource with a radius of 250 m<sup>2</sup>, a volume of 240,445.03 m<sup>3</sup> and a tonnage of 360,667.54 tons are obtained. The results above show that most of the distribution points are classified as measured resources.

**Keywords:** Estimation, Resources, Measured Resources, Inverse Distance Weighted, Nickel Laterite.

## ABSTRAK

Estimasi sumberdaya berperan penting dalam penentuan kualitas dan kuantitas dari suatu endapan di suatu daerah eksplorasi khususnya endapan nikel laterit karena dari hasil estimasi yang baik dan akurat dapat menentukan hasil penambangan yang akan dilakukan. Dalam hal ini dibutuhkan metode estimasi yang disesuaikan dengan kondisi geologi dan mineralisasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan estimasi sumberdaya nikel dengan menggunakan metode *Inverse distance Weighted* di daerah X Kecamatan Nuha Kabupaten Luwu Timur Sulawesi Selatan. Jumlah titik bor yang digunakan dalam perhitungan sumberdaya adalah 125 titik bor. Dari data tersebut dibuat model blok awal dari batas limonit dan saprolit, kemudian digunakan interpolasi *IDW* pada model blok tersebut untuk menghasilkan estimasi sumberdaya. Hasil estimasi sumberdaya nikel menggunakan *IDW*

menunjukkan tonase sumberdaya Ni sebesar 1.899.938 ton dengan rata-rata kadar Ni 2,07%. Dari hasil klasifikasi sumberdaya sebagian besar sebaran titik bor tergolong dalam klasifikasi sumberdaya terukur. Dari hasil klasifikasi sumberdaya teruka dengan radius 1000 m<sup>2</sup> didapatkan volume sebesar 1.205.434 m<sup>3</sup> dan tonase sebesar 1.808.151 ton, sumberdaya terunjuk dengan radius 500 m<sup>2</sup> didapatkan volume sebesar 487.668,56 m<sup>3</sup> dan tonase sebesar 731502.84 ton, dan untuk sumberdaya terukur dengan radius 250 m<sup>2</sup> didapatkan volume sebesar 240.445,03 m<sup>3</sup> dan tonase sebesar 360.667,54 ton. Hasil di atas menunjukkan bahwa sebagian besar titik sebaran tergolong dalam sumberdaya terukur.

**Kata Kunci:** Estimasi, Sumberdaya, Sumberdaya Terukur, *Inverse Distance Weighted*, Nikel Laterit.

## 1. PENDAHULUAN

Nikel laterit merupakan salah satu mineral yang terbentuk dari proses pelapukan kimia pada batuan ultramafik. Proses ini berlangsung sangat lama yaitu jutaan tahun yang dimulai dari batuan ultramafik yang tersingkap pada permukaan bumi dan menghasilkan sebuah residu nikel oleh faktor dari laju reagen-reagen kimia, struktur geologi, pelapukan, topografi, iklim, dan waktu. Pada perubahan iklim yang terjadi di Indonesia mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif dan didukung dari pecahan bentuk geologi *meta- morphic belt* [3]. Bijih dari nikel sendiri terbagi atas dua bagian berdasarkan proses pembentukannya yaitu nikel sulfida dan juga nikel laterit. Endapan nikel yang terdapat di Pomala termasuk kedalam nikel laterit, begitu juga endapan nikel yang terdapat di daerah Sulawesi selatan. Endapan nikel ini menyumbang  $\pm 40$  % produksi tahunan nikel di dunia [7].

Sumberdaya nikel di Indonesia yang

tergolong banyak, yang tersebar hampir di seluruh nusantara juga merupakan modal dalam suatu kegiatan pembangunan. Hal ini dapat dilihat dalam sektor pertambangan yang ada di Indonesia dan kaya akan sumberdaya mineralnya dalam menghasilkan pemasukan yang lumayan besar untuk negara melalui pajak dan juga royalti pada setiap tahunnya. Menurut Butt serta Morris [3] keberadaan endapan nikel laterit banyak tersebar di daerah-daerah seperti Sulawesi Selatan. Potensi nikel dengan jumlah yang besar dan juga terus bertambah sehingga dalam proses produksi dan eksplorasinya harus tepat dan ramah lingkungan agar memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

Berdasarkan penjelasan di atas penelitian ini dilakukan makin meningkat suatu alih fungsi lahan yang tak terbangun kemudian menjadi lahan terbangun akibat dari adanya proses pembangunan menjadi pemicu perubahan tutupan lahan dan perubahan suhu permukaan. Oleh karena itu tujuan dari

penelitian ini adalah Menghitung estimasi sumberdaya nikel dari model 3 dimensi menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* serta Membuat klasifikasi sumberdaya berdasarkan data pemboran pada Daerah X Sulawesi Selatan. Penelitian tentang estimasi sumberdaya nikel laterit dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* di Daerah X Sulawesi Selatan diharapkan menjadi informasi penting dalam kegiatan penambangan nikel dan juga menjadi referensi untuk penggunaan metode *IDW* dalam penentuan sumberdaya mineral.

## 2. MATERI DAN METODE

### 2.1 Kondisi Geologi Pulau Sulawesi

Sulawesi merupakan wilayah yang tergolong wilayah yang kompleks, hal ini dikarenakan karena tempat pertemuan dari tiga lempeng besar yang terdiri dari lempeng Pasifik, Eurasia, Indi-Australia, dan juga lempeng Filipina. Akibat proses tumbukan tersebut ke empat lempeng ini, yang menyebabkan Sulawesi mempunyai empat buah lengan dengan proses tektonik yang berbeda pada setiap wilayah. Berdasarkan dari struktur litotektonik, Pulau Sulawesi dibagi atas empat bagian, yaitu Mandala barat sebagai jalur magmatik yang merupakan bagian ujung timur Paparan Sunda, Mandala Tengah adalah batuan malihan yang ditumpangi oleh batuan bancuh bagian dari

blok dar Australia, Mandala timur berupa batuan ofiolit dan batuan sedimen yang berumur *Trias- Miosen*, Fragmen Benua Banggai Sula yang merupakan pecahan dari benua yang berpindah dari arah barat karena *strike-slipfault*[1].

### 2.2 Teori Dasar Nikel

Nikel adalah logam berwarna putih perak yang keras dan juga anti karat. Nikel juga membantu proses pengubahan beberapa logam dalam bentuk larutan dan menghasilkan energi panas. Selain itu nikel juga berperan penting dalam proses pengendapan dari logam keras dalam bentuk paduan logam seperti *stainless steel*. Nikel ini juga umumnya berwarna hijau dan juga biru yang dapat diperoleh dari endapan yang terbentuk akibat dari proses oksidasi dan juga pelapukan batuan ultramafik yang mengandung nikel 0,2 sampai 0,4 %. [7].

Laterit merupakan nama umum dari mineral berupa tanah merah sebagai akibat dari pelapukan batuan asal di daerah iklim tropis atau iklim sub tropis. Nikel laterit kaya akan *goethite*, *kaonilit*, dan juga kwarsa, sehingga komposisi dari nikel laterit sangat kompleks. Laterit dicirikan oleh adanya besi, nikel, dan juga silika sebagai sisa-sisa dari proses pelapukan batuan. [7].

### **2.3 Proses Terbentuknya Endapan Nikel Laterit**

Endapan nikel laterit yang merupakan hasil pelapukan lanjut batuan ultra basa pembawa Ni sampai Silikat yang umumnya terjadi pada daerah yang beriklim tropis sampai dengan subtropis. Pencucian yang terjadi pada batuan yang tidak resisten dapat mengakibatkan terjadinya pengkayaan in-situ pada Al, Cr, Fe, Ni dan Co pada batuan periodit. Proses pencucian ini yang mudah larut dari profil soil pada jangkauan lingkungan yang bersifat asam, hangat dan juga lembab disebut sebagai proses laterisasi [2].

### **2.3 Faktor Pembentukan Endapan Nikel Laterit**

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit yaitu batuan asal, iklim dan curah hujan, Reagen-Reagen Kimia dan Vegetasi, Struktur Geologi, Topografi, dan Waktu [10].

### **2.4 Sumberdaya Mineral Tereka**

Sumberdaya mineral tereka adalah bagian dari sumberdaya dengan tonase, kadar, dan kandungan mineral yang dapat diestimasi dengan tingkat kepercayaan rendah. Hal diasumsikan dari adanya bukti geologi, tidak diverifikasi kemenerusannya dan hanya berdasarkan dari informasi yang diperoleh dari teknik yang memadai dan lokasi

mineralisasi seperti singkapan, puritan uji, sumuran uji, dan juga lubang bor tetapi kualitas dan tingkat kepercayaan yang terbatas atau tidak jelas [4].

### **2.5 Sumberdaya Mineral Terunjuk**

Sumberdaya terunjuk merupakan bagian dari sumberdaya mineral dengan tonase, densitas, bentuk, karakteristik fisik, kadar dan kandungan mineral yang dapat diestimasi dengan tingkat kepercayaan wajar. Hal ini didasarkan dari hasil eksplorasi, dan juga informasi dalam pengambilan dan pengujian dengan contoh yang didapatkan dari lokasi mineralisasi seperti singkapan, puritan uji, terowongan uji dan juga lubang bor [4].

### **2.6 Sumberdaya Mineral Terukur**

Sumberdaya terukur merupakan sumberdaya mineral dengan tonase, densitas, bentuk, karakteristik fisik, kadar dan juga kandungan mineral yang dapat diestimasi dengan tingkat kepercayaan tinggi. Hal ini juga didasarkan pada hasil eksplorasi yang rinci, terpercaya, dan juga informasi mengenai pengambilan dan pengujian contoh yang diperoleh melalui teknik yang tepat dari lokasi mineralisasi seperti singkapan, paritan uji, sumuran uji, terowongan uji dan juga lubang bor. Lokasi informasi dari kategori ini secara meruang adalah cukup rapat untuk memastikan kemenerusan geologi dan kadarnya [4].

**Tabel 1** Klasifikasi Sumberdaya Berdasarkan Kondisi Geologi [5].

Kondisi Geologi	Kriteria (m)	Sumberdaya			
		Hipo- tetik	Ter- eka	Ter- tunjuk	Ter- ukur
Sederhana	Jarak titik	Tidak	100 <	500 <	X ≤
	informasi	Ter- batas	X ≤	X ≤	500
Moderat	Jarak titik	Tidak	500 <	250 <	X ≤
	informasi	Ter- batas	X ≤	X ≤	250
Komplek	Jarak titik	Tidak	200 <	100 <	X ≤
	informasi	Ter- batas	X ≤	X ≤	100

## 2.7 Estimasi Sumberdaya

Kualitas estimasi secara langsung bergantung pada kualitas pengumpulan data dan juga prosedur penanganannya. Konsep ini digunakan secara pragmatis. Dimana sebuah konsep yaitu data atau sampel dari volume tertentu akan dikumpulkan dan akan digunakan untuk memprediksi tonase dan juga kadar elemen yang dianalisis [10].

## 2.8 Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW)

Metode *Inverse Distance Weighted* merupakan salah satu dari metode penaksiran dengan pendekatan *block model* yang sederhana dan juga mempertimbangkan titik sekitarnya. Asumsi dari metode ini yaitu nilai interpolasi akan lebih mirip dengan data sampel yang dekat daripada yang jauh. Bobot akan berubah secara linier sesuai dengan jaraknya dan dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel. Metode ini biasa digunakan dalam industri pertambangan karena mudah untuk

digunakan. Pemilihan nilai pada power sangat mempengaruhi hasil interpolasi [9].

Secara lanjut dapat dijelaskan dengan rumus berikut. Jika  $d$  adalah jarak titik yang ditaksir,  $z$ , dengan titik data, maka faktor pembobotan  $w$  adalah :

- Untuk ID pangkat satu (*Inverse Distance*)

$$w_j = \frac{\frac{1}{d_j}}{\sum_{i=1}^j \frac{1}{d_i}} \quad (1)$$

- Untuk ID pangkat dua (*Inverse Distance Square*)

$$w_j = \frac{\frac{1}{d_j^2}}{\sum_{i=1}^j \frac{1}{d_i^2}} \quad (2)$$

- Untuk ID pangkat tiga (*Inverse Distance Cubed*)

$$w_j = \frac{\frac{1}{d_j^3}}{\sum_{i=1}^j \frac{1}{d_i^3}} \quad (3)$$

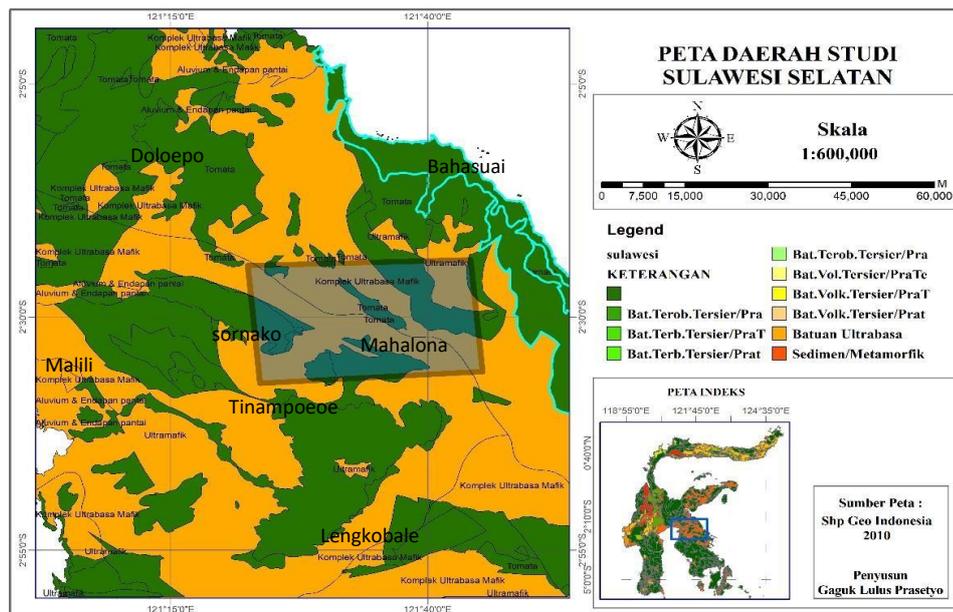
- Maka hasil taksiran  $z$

$$z = \sum_{i=1}^j w_i z_i \quad (4)$$

[6].

## 2.9 METODOLOGI PENELITIAN

Gambar 1 merupakan lokasi area penelitian yang berada Kecamatan Nuha Kabupaten Luwu Timur di Sulawesi Selatan. Penelitian ini merupakan penyelidikan estimasi sumberdaya nikel laterit di Daerah X Sulawesi Selatan. Tahap pertama yang dilakukan yaitu membuat database yang digunakan sebagai data dasar untuk membuat model sumberdaya.



**Gambar 1.** Peta Lokasi Penelitian, Daerah X, Sulawesi Selatan

Tahap selanjutnya adalah membuat sebaran titik bor dari *database* yang sudah dibuat. Tahap selanjutnya membuat model 3 dimensi sumberdaya mineral dengan menggunakan *block model* dan menentukan ukuran dari *block model* yang digunakan. Tahap selanjutnya adalah penggunaan interpolasi *IDW* pada model 3 dimensi yang sudah dibuat, sehingga dihasilkan model 3 dimensi sebaran Ni dan juga hasil estimasi berupa tabel sumberdaya. Tahap selanjutnya adalah membuat klasifikasi sumberdaya berdasarkan titik informasi setiap kondisi geologi dan kelas sumberdaya, sehingga didapatkan hasil klasifikasi sumberdaya tereka, terunjuk dan juga terukur. Tahap terakhir adalah menentukan hasil klasifikasi dalam bentuk tabel klasifikasi yang berisi

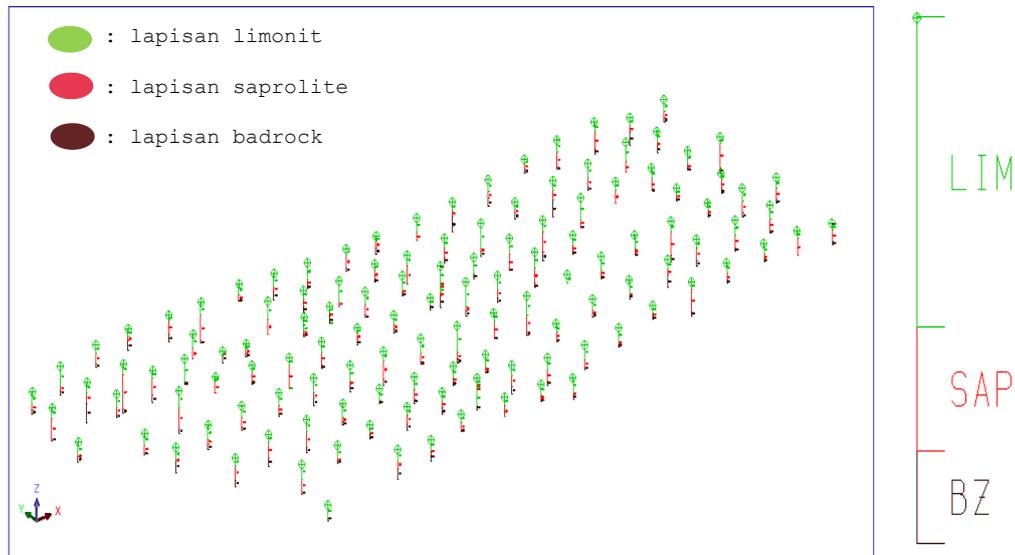
informasi volume, luasan, dan juga tonase dari sumberdaya mineral.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Data Titik Bor

**Gambar 2** merupakan sebaran titik bor sebanyak 125 titik bor dengan jarak antar titik bor 48-52 m dan juga terdapat sebanyak 3205 data kadar mineral. Data ini dihasilkan dari *database* sehingga didapatkan perlapisan dari nikel laterit dengan warna yang berbeda dimana hijau menunjukkan perlapisan dari limonit, warna merah menunjukkan perlapisan dari saprolit dan warna coklat menunjukkan lapisan *bedrock*. Perbedaan warna pada perlapisan tersebut ditujukan dalam mempermudah untuk melakukan estimasi

sumberdaya dengan memisahkan kadar mineral dari masing masing titik yang ada.

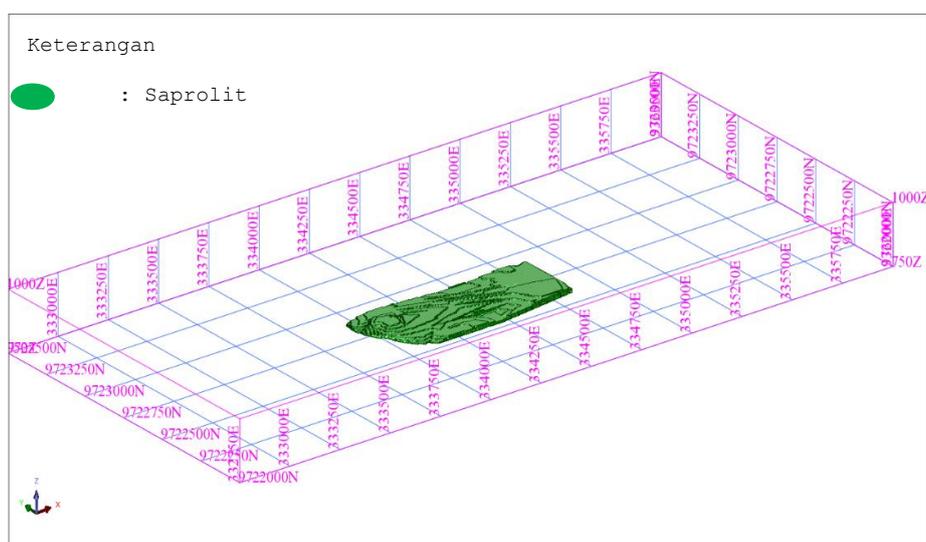


**Gambar 2** Plotting Sebaran Titik Bor

### 3.2 Block Model Sumberdaya Nikel

Blok model pada **Gambar 3** merupakan bentuk model dari lapisan saprolite yang merupakan lapisan yang kaya akan nikel yang terdapat pada lapisan yang lebih dalam

setelah lapisan limonit. Kadar nikel pada lapisan saprolit biasanya di atas 1.79% sampai dengan 2.98 % [7]

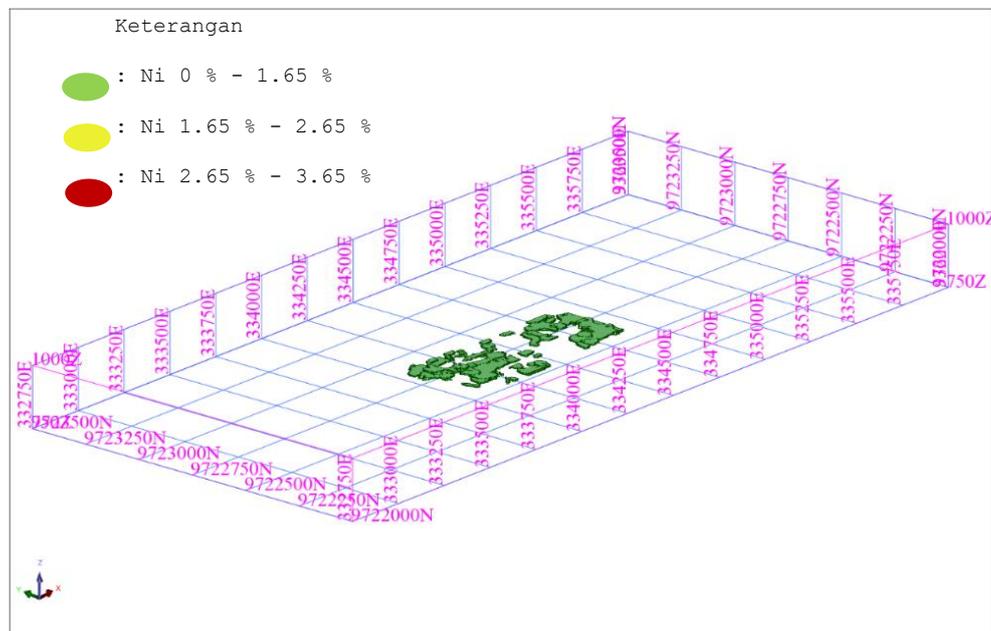


**Gambar 3** Block Model Sumberdaya

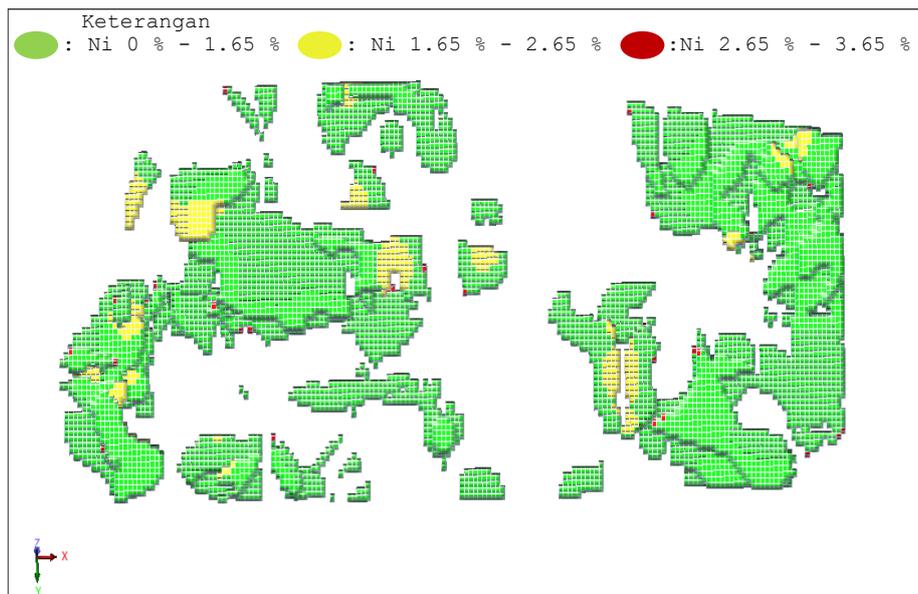
### 3.3 Estimasi Sumberdaya Menggunakan Metode IDW

Penelitian ini dilakukan untuk mengestimasi sumberdaya dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weighted*, dimana metode ini menaksirkan suatu nilai pada lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data sekitarnya. Metode ini didasarkan pada estimasi titik dan tidak bergantung pada ukuran blok dan hanya memperhatikan jarak, sehingga pada data dengan jarak yang sama dan memiliki pola sebaran yang berbeda akan memberikan hasil sama.

**Gambar 4 (a)** dan **(b)** di bawah merupakan model blok dengan metode IDW dimana dari model blok tersebut terdapat perbedaan warna. Perbedaan warna tersebut menunjukkan tingkat kadar dari Ni dimana warna hijau menunjukkan persebaran Ni pada rentan 0 % - 1.65 %, warna kuning menunjukkan persebaran kadar Ni direntan 1.65 % - 2.65 %, dan untuk warna merah menunjukkan persebaran Ni pada rentan 2.65 % - 3.65 % batas tertinggi.



**Gambar 4 (a)** Block Model IDW (Tampak Jauh)



**Gambar 4 (b)** Block Model IDW (Tampak Dekat)

### 3.4 Hasil Perhitungan Sumberdaya dengan Metode IDW

Hasil perhitungan volume dilakukan dengan menghitung ketebalan blok dari lapisan saprolit, dari jumlah volume yang sudah didapat kemudian dikalikan dengan

densitas dari material yang dicari sehingga didapatkan nilai tonase yang menjadi perhitungan dari sumberdaya. Hasil dari perhitungan sumberdaya menggunakan metode *IDW* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut [8].

**Tabel 2** Hasil estimasi dengan Metode *IDW*

Ni	Volume ( $m^2$ )	Tonase (ton)	Ni (%)
0.0 – 1.65	7625	11438	1.65
1.65 – 2.65	1169250	1753875	2.02
2.65 – 3.65	89750	134625	2.86
<b>Grand Total</b>	<b>1266625</b>	<b>1899938</b>	<b>2.07</b>

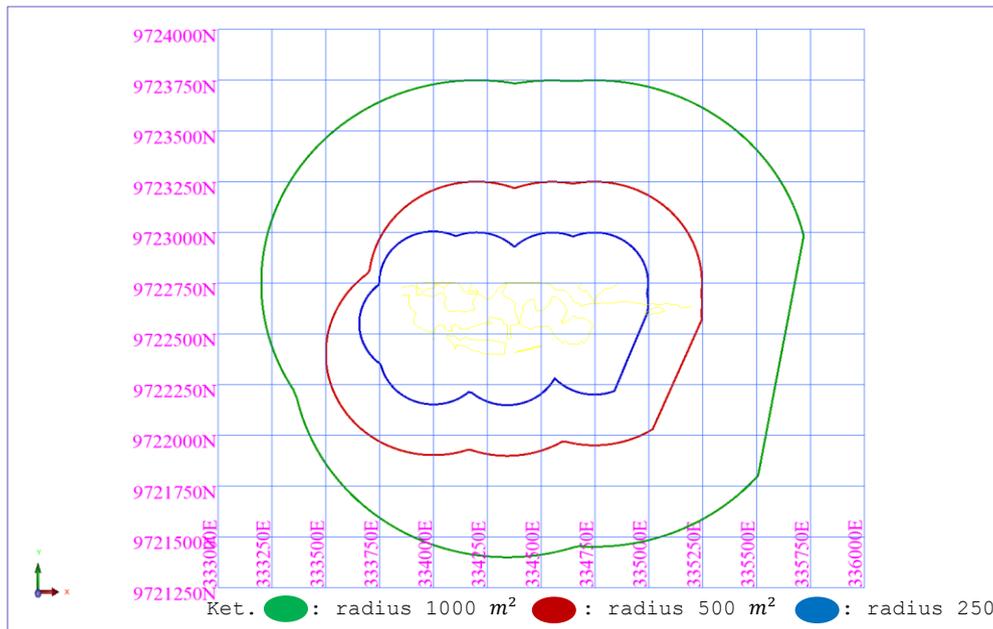
Dari hasil estimasi sumberdaya dengan metode *Inverse Distance Weighted* yang dapat dilihat pada Tabel 3 didapatkan bahwa volume dari mineral Ni adalah  $1.266.625 m^3$

dan tonase yang diperoleh dari mineral Ni adalah sebesar 1.899.938 ton dengan rata-rata kadar yang didapatkan dari jumlah Ni optimal yaitu rentan 1.79 sampai 2.98 sehingga didapatkan Ni rata-rata sebesar 2,07 %.

### 3.5 Klasifikasi Sumberdaya

Perhitungan sumberdaya merupakan tahapan setelah proses eksplorasi selesai. Hasil perhitungan sumberdaya kemudian akan digunakan untuk mengetahui tingkat ketersediaan sumberdaya, dengan

pengelompokan berdasarkan jarak titik sumberdaya terukur dengan tingkat informasi untuk setiap kondisi geologi dan kepercayaan tinggi. dengan melakukan tingkat kepercayaan klasifikasi yaitu, pengelompokan sumberdaya berdasarkan sumberdaya tereka dengan tingkat hasil eksplorasi seperti yang terdapat pada kepercayaan rendah, sumberdaya terunjuk **Gambar 5** berikut. dengan tingkat kepercayaan wajar, dan



**Gambar 5** Klasifikasi Sumberdaya Mineral

**Gambar 5** di atas merupakan klasifikasi sumberdaya terunjuk dengan radius 500 m<sup>2</sup> sumberdaya mineral berdasarkan tingkat keyakinan geologi dalam kategori merah, dan sumberdaya terukur dengan radius sumberdaya tereka dengan radius 1000 m<sup>2</sup> 250 m<sup>2</sup> yang ditunjukkan oleh poligon yang ditunjukkan oleh poligon berwarna hijau, berwarna biru.

**Tabel 3** Klasifikasi Sumberdaya Mineral

Sumberdaya	Luas (m <sup>2</sup> )	Tebal Asli	Volume (m <sup>3</sup> )	Ton ((x1.5) Densitas)
Tereka	4821736.03	0.25	1205434	1808151
Terunjuk	1950674.25	0.25	487668.56	731502.84
Terukur	961780.13	0.25	240445.03	360667.54

Dari hasil klasifikasi sumberdaya pada Tabel 4.2 didapatkan sumberdaya tereka dengan luas  $4.821.736,03 \text{ m}^2$  dihasilkan tonase yaitu 1.808.151 ton, pada sumberdaya terunjuk dengan luas  $1.950.674,25 \text{ m}^2$  dihasilkan tonase yaitu 731.502,84 ton, dan pada sumberdaya terukur dengan luas  $961.780,12 \text{ m}^2$  dihasilkan tonase sebesar 360667.54 ton. Hasil tersebut didapatkan dari perhitungan polygon sehingga diketahui luasan dari masing-masing poligon. Dari luasan poligon kemudian didapatkan volume dan juga tonase dari setiap klasifikasi sumberdaya. Hasil klasifikasi di atas menunjukkan bahwa sebagian besar persebaran titik masuk dalam kategori sumberdaya terukur.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari model 3 dimensi menggunakan metode *Inverse Distance Weighted* didapatkan nilai volume dari mineral Ni sebesar  $1.266.625 \text{ m}^3$  dan juga nilai tonase dari kadar Ni sebesar 1.899.938 ton dengan rata-rata kadar Ni sebesar 2.07 %.

Dari hasil klasifikasi sumberdaya tereka dengan radius  $1000 \text{ m}^2$  didapatkan volume sebesar  $1.205.434 \text{ m}^3$  dan tonase sebesar 1.808.151 ton, sumberdaya terunjuk dengan radius  $500 \text{ m}^2$  didapatkan volume sebesar

$487.668,56 \text{ m}^3$  dan tonase sebesar 731502.84 ton, dan untuk sumberdaya terukur dengan radius  $250 \text{ m}^2$  didapatkan volume sebesar  $240.445,03 \text{ m}^3$  dan tonase sebesar 360.667,54 ton. Hasil di atas menunjukkan bahwa sebagian besar titik sebaran tergolong dalam sumberdaya terukur.

#### 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada berbagai pihak, diantaranya, Bapak Dr. Supriyanto, dan Ibu Rahmiati, S. Si., M. Sc serta seluruh pihak yang telah membantu saya yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Armstrong F. Sompotan, 2012. *Struktur Geologi Sulawesi*. Perpustakaan Sains Kebumihan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [2] Asy'ari.M.A, Hidayatullah Zulfadli, 2013. *Geologi dan Estimasi Nikel Laterit Menggunakan Ordinary Kriging di PT. Aneka Tambang*, Tbk. Jurnal INTEKA, Tahun XIII, No. 1, hal : 7-15.
- [3] Butt, C.R. M., 2005. *Nickel Laterites*. Kalgoorlie, CRC LEME-GSWA Mineral Exploration, Hal. 58-59.

- [4] KCMi, 2017. *Kode Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumberdaya Mineral dan Cadangan Bijih*, Jakarta. Hal. 10-16. Springer Dordrecht Helderberg. New York, London.
- [5] Kepala Badan Standarisasi Nasional. 5015. *Tentang Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumberdaya dan Cadangan Batubara*. Jakarta. BSN. 2019.
- [6] Latif, A. A., 2008. *Studi Perbandingan Metode Nearest Neighbourhood Point (NNP), Inverse Distance Weighted (IDW) dan Kriging pada perhitungan Cadangan Nikel Laterit*.
- [7] Lintjewas, L., Setiawan, I. and Al Kausar, A. 2019. *Profil Endapan Nikel Laterit di Daerah Palangga, Provinsi Sulawesi Tenggara*. Riset Geologi dan Pertambangan, 29(1),pp 91-104.
- [8] Manalu, W. 2017. *Perhitungan Sumberdaya dan Cadangan Batubara Dengan Metode Circular pada aplikasi Surpac*. Jurusan Teknik UNMUL. Samarinda
- [9] NCGIA. 2007. Interpolation: Inverse Distance Weighted. <http://www.ncgia.ucsb.edu/pubs/spherekit/inverse.html> (23 Juni 2008).
- [10] Rossi, ME and Clayton V. Deutsch 2014. *Mineral Resources Estimation*.