

## ESTIMASI SUMBERDAYA NIKEL LATERIT PADA BLOK 1A PT. XYZ PULAU GEBE

Supriyono<sup>1)</sup>, Jance Murdjani Supit<sup>2)</sup>

<sup>1)2)</sup> Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan  
Universitas Papua  
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari  
Email: <sup>1)</sup>supriyono505@gmail.com

### *Abstract*

*PT. XYZ is a company engaged in the field of lateritic nickel mining, where the Mining Business License Area (WIUP) is located at Desa Umera Kecamatan Pulau Gebe Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara. This study aims to estimate Block 1A lateritic nickel resource and classify the lateritic nickel resources. The analysis conducted is univariate statistical analysis, outliers, semivariogram analysis, variogram validation, ordinary kriging estimation with the results obtained by tonnage of lateritic nickel resources (Ni) and kriging variance values that can be used for determining the classification of resources through Relative Kriging Standard Deviation (RKSD). The result indicated that mineral resources of lateritic nickel in Block 1A is 3,240,730,596 tons.*

**Keywords:** *Estimation, Classification, Ordinary Kriging, Resources*

### **Abstrak**

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan nikel laterit, di mana Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) berlokasi di Desa Umera Kecamatan Pulau Gebe Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara. Penelitian ini mengestimasi sumberdaya nikel laterit Blok 1A, dan mengklasifikasikan sumberdaya nikel laterit tersebut. Analisis yang dilakukan yaitu analisis statistik univarian, pencilan, analisis semivariogram, validasi variogram, estimasi *ordinary kriging* dengan hasil yang diperoleh tonase sumberdaya nikel laterit (Ni) dan nilai *kriging variance* yang dapat digunakan untuk penentuan klasifikasi sumberdaya melalui *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD). Sumberdaya nikel laterit Blok 1A sebesar 3.240.730,596 ton dengan klasifikasi sumberdaya termasuk kedalam sumberdaya terunjuk.

**Kata Kunci:** *Estimasi, Klasifikasi, Ordinary Kriging, Sumberdaya*

## PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang pertambangan nikel laterit, di mana Wilayah Izin Usaha Pertambangan (WIUP) berlokasi di Desa Umera Kecamatan Pulau Gebe Kabupaten Halmahera Tengah Provinsi Maluku Utara.

Penaksiran sumberdaya/cadangan merupakan sebuah langkah kuantifikasi formal terhadap suatu mineral yang keterdapatannya secara alamiah. Penaksiran dilakukan dengan berbagai metode/prosedur didasarkan pada pertimbangan empiris maupun teoritis. Volume, tonase, ketebalan, kadar (kualitas) dan kuantitas mineral merupakan parameter umum yang diperhitungkan.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung besar sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A, dan klasifikasi sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A.

Pada penelitian ini dilakukan estimasi nikel laterit menggunakan metode *ordinary kriging* (OK), klasifikasi sumberdaya menggunakan *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD) yang dipengaruhi oleh tingkat keyakinan geologi yang diwakili oleh tingkat kesalahan dalam pembuatan model geologi dan estimasi sumberdaya. Estimasi dilakukan berdasarkan data pemboran 94 titik dengan spasi rata-rata 50 m dan hanya pada unsur Ni.

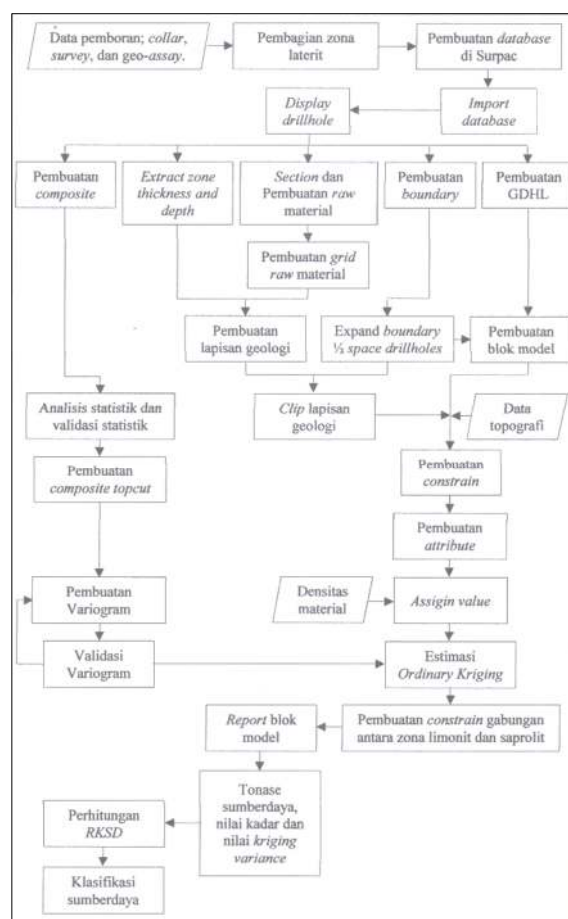
## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian tingkat eksplanasi. Tingkat eksplanasi menurut David Kline (*level of explantion*) adalah tingkat penjelasan. Jadi penelitian menurut tingkat eksplanasi adalah penelitian yang bermaksud menjelaskan kedudukan variabel-variabel yang diteliti serta hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain (Sugiyono, 2003). Lebih spesifiknya berdasarkan penelitian menurut tingkat eksplanasi dalam penelitian ini masuk ke dalam penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri, baik satu variabel atau lebih (independen) tanpa membuat perbandingan, atau menghubungkan antara variabel satu dengan variabel yang lain. Dalam penelitian ini berusaha menjawab besar sumberdaya nikel laterit, dan klasifikasi sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A WIUP PT. XYZ.

Data yang diperlukan untuk penelitian ini merupakan data skunder yang diperoleh dari data

hasil eksplorasi dan hasil survey PT. XYZ yang terdiri dari; data situasi topografi, data *collar*, data *survey*, data *geo-assay* dan data densitas materil (*sg*). Data yang telah didapatkan selanjutnya akan diolah menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, dan Surpac.

Pengolahan dan analisis data dalam penelitian ini secara umum terdiri dari analisis statistik univarian, pencilan, analisis semivariogram, validasi variogram, estimasi *ordinary kriging* dengan hasil yang diperoleh tonase sumberdaya nikel laterit (Ni) dan nilai *kriging variance* yang dapat digunakan untuk penentuan klasifikasi sumberdaya melalui *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD) yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Pengolahan Odan Analisis Data

## Analisis Statistik Univarian

Tendensi sentral merupakan ukuran statistik untuk menentukan skor tunggal yang dapat mendefinisikan pusat distribusi. Tujuan mengukur nilai tendensi sentral adalah manentukan skor tunggal yang paling mewakili untuk seluruh kelompok. Jenis tendensi sentral beruba *mean*, *median*, *modus*, *skewness*, dan *kurtosis*.

Mean/rata-rata adalah nilai yang mewakili sekelompok data dan nilainya mempunyai kecenderungan teletak di tengah-tengah kelompok (Haris, 2005).

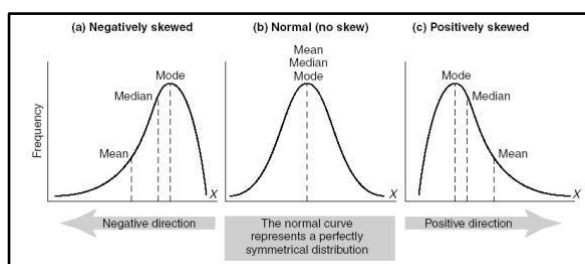
$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n g_i \tag{1}$$

dimana  $\mu$  merupakan *mean*,  $n$  merupakan jumlah/banyaknya data, dan  $g_i$  merupakan nilai data.

*Median (med)* adalah nilai yang terletak di tengah dari suatu kelompok data yang telah diurutkan dalam suatu jajaran.

*Modus* adalah suatu nilai dari kelompok data yang mempunyai frekuensi tertinggi. Modus sangat berperan untuk mengetahui distribusi data kelompok dari dua atau lebih sub populasi (Haris, 2005).

*Skweness* (ukuran kemiringan kurva) adalah kecenderungan distribusi data, distribusi *skweness* positif menunjukkan distribusi data cenderung lebih banyak pada nilai data yang terkecil ( $med < \mu$ ), sedangkan *skweness negative* menunjukkan distribusi data cenderung lebih banyak pada nilai data yang besar ( $med > \mu$ ).



Gambar 2. *Skweness negative* (a), *Skweness normal* (b), *Skweness positif* (c).

*Skweness* dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{\mu - mod}{\sigma} = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \mu)^3}{\sigma^3} \tag{2}$$

dimana  $\alpha$  merupakan *skweness*, *mod* merupakan modus, dan  $\sigma$  merupakan *standard deviation*/simpangan baku.

Kurtosis menggambarkan ukuran keruncingan kurva histogram. Dari tingkat keruncingan, kurva dapat dibedakan menjadi leptokurtis (meruncing) kurtosis  $> 3$ , platykurtis (mendatar) kurtosis  $< 3$ , dan mesokurtis (normal) kurtosis  $= 3$ . Kurva distribusi dikatakan normal jika nilai kurtosis mendekati 3. Kurtosis dapat dinyatakan dengan rumus berikut:

$$Kurtosis = \frac{1}{n} \frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \mu)^4}{\sigma^4} \tag{3}$$

Dispersi adalah ukuran penyebaran (variabilitas) nilai data. Ukuran dispersi yang sering digunakan adalah jarak (*range*), varians (*variance*), simpangan baku (*standard deviation*), dan koefisien varians (*coefficient of variation*).

Jarak (*range*) adalah perbedaan antara data terbesar dengan data terkecil yang terdapat pada sekelompok data. *Range* merupakan salah satu ukuran statistik yang menunjukkan jarak penyebaran data antara nilai terendah ( $g_{min}$ ) dengan nilai tertinggi ( $g_{max}$ ). *Range* merupakan ukuran dispersi paling sederhana dinyatakan dengan rumus seperti yang terdapat pada persamaan 4.

$$Range = g_{max} - g_{min} \tag{4}$$

$R$  merupakan range (jarak antara nilai maksimum dengan nilai minimum),  $g_{max}$  merupakan nilai data tertinggi,  $g_{min}$  merupakan nilai data terendah. Semakin kecil ukuran jarak menunjukkan karakter yang lebih baik, karena berarti data mendekati nilai pusat atau kompak.

Varians dan simpangan baku adalah sebuah ukuran penyebaran yang menunjukkan standar penyimpangan atau deviasi data terhadap nilai rata-ratanya.

Varians adalah rata-rata hitung deviasi kuadrat setiap data terhadap rata-rata hitungannya. Varians adalah kuadrat dari simpangan baku dan dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \mu)^2}{n-1} \tag{5}$$

dimana  $\sigma^2$  merupakan variance.

Akar dari variansi disebut *standard deviation*/simpangan baku ( $\sigma$ ), merupakan dispersi yang lebih sering digunakan karena satuannya sama dengan variabel, dinyatakan dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \mu)^2}{n-1}} \tag{6}$$

Simpangan baku menunjukkan tingkat atau derajat variansi kelompok data dari rata-ratanya. Simpangan baku ini digunakan untuk memperlihatkan seberapa besar perbedaan data yang ada dibandingkan dari rata-rata data itu sendiri.

Koefisien varians adalah perbandingan antara standar deviasi dengan harga mean (rata-

rata) yang dinyatakan dalam angka persentase (%), sehingga dapat dinyatakan ke dalam persamaan 7 di bawah ini. Kegunaan dari koefisien variansi untuk mengamati variasi atau sebaran data dari rata-ratanya. Semakin kecil koefisien variansinya maka data semakin seragam (homogen), sebaliknya semakin besar koefisien variansi maka data semakin bervariasi (heterogen).

$$KV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100\% \quad (7)$$

dimana  $KV$  merupakan koefisien variansi.

### Pencilan (*outlier*)

Pencilan adalah suatu data yang jauh berbeda dibandingkan terhadap keseluruhan data. Data yang jauh berbeda ini disebabkan oleh kesalahan pada saat *sampling*, analisis, atau terjadi penyaringan. Dengan kata lain data pencilan juga dapat dianggap sebagai data dengan populasi yang berbeda terhadap populasi keseluruhan data. Dengan demikian data pencilan akan mengganggu dalam proses analisis data dan harus dihindari dalam banyak hal.

Di dalam surpac sendiri populasi yang berbeda terhadap populasi keseluruhan data perlu dilakukan *cutoff* (pemotongan). Peranan *cutoff* ini sangat penting mengingat hal ini untuk menghindari *over estimate* dalam melakukan perhitungan cadangan. Dalam melakukan perhitungan nilai *cutoff*, dengan mengetahui nilai mean dan standar deviasi dari data. Perhitungan nilai pada surpac, nilai mean dan standar deviasi dapat diketahui dengan melakukan analisis statistik data. Untuk menentukan nilai *cutoff*, dengan menggunakan nilai *confidence interval* (CI) (persamaan 8) di bawah ini.

$$95\% CI = \mu + (1.96 \times \sigma) \quad (8)$$

dimana 95% CI merupakan nilai *cutoff*.

### Variogram dan Semivariogram

Variogram merupakan perangkat statistik yang diperlukan untuk melakukan pendugaan pada data spasial, karena jika ada dua buah nilai spasial yang letaknya berdekatan, maka akan relatif bernilai sama dibandingkan dengan dua buah nilai spasial yang letaknya berjauhan (Cressie, 1993 dalam Rozalia, dkk., 2016). Untuk melakukan pendugaan pada data spasial, digunakan suatu perangkat untuk menggambarkan, memodelkan, dan menghitung korelasi spasial antara variabel *random*  $z(x_i)$  dan  $z(x_{i+h})$ , yang disebut dengan semivariogram yang besarnya setengah dari nilai

variogram. Semivariogram dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [z(x_i) - z(x_{i+h})]^2 \quad (9)$$

dimana  $\gamma(h)$  merupakan semivariogram,  $x_i$  merupakan lokasi titik sampel,  $z(x_i)$  merupakan nilai data pada lokasi  $x_i$ ,  $h$  merupakan jarak antara dua titik sampel,  $z(x_{i+h})$  merupakan nilai data pada titik yang berjarak  $h$  lokasi  $x_i$ , dan  $N(h)$  merupakan banyaknya pasangan data yang memiliki jarak  $h$ .

Setelah diperoleh nilai semivariogram eksperimental, maka dapat dihitung parameter-parameter yang akan digunakan untuk perhitungan semivariogram teoritis. Beberapa parameter yang digunakan untuk mencari nilai dalam semivariogram teoritis adalah *nugget effect*, *sill*, dan *range*.

### Ordinary Kriging

Royle & Newton (1972) dalam Agusman (2009) telah menyelidiki bermacam-macam model koreksi dan menghasilkan solusi bahwa proses kriging ini memberikan harga-harga penaksiran kadar-kadar blok yang terbaik berdasarkan kadar-kadar conto yang telah terkoreksi.

*Ordinary kriging* (OK) dikenal sebagai *Best Linier Unbiased Estimator* (BLUE). OK linier karena estimasinya dilakukan dengan pembobotan linier kombinasi data yang ada. *OK unbiased* karena OK berusaha untuk memiliki *mean error* ( $\mu_E$ ), sama dengan nol. *OK best* karena tujuannya untuk meminimalkan *variance error* ( $\sigma_E^2$ ).

Estimasi *kriging* ( $Z^*(x_i)$ ) merupakan hasil taksiran harga terhadap suatu kadar  $Z(x_i)$  dari volume  $V$ . Harga estimasi kadar ini dapat dihitung melalui pembobotan rata-rata tertimbang (*weighted average*) kadar conto  $Z(x_i)$  yang diketahui atau ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$Z^*(x_i) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (10)$$

dimana  $\lambda_i$  merupakan faktor/koefisien pembobot dari  $Z(x_i)$  dengan  $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$ , dan  $Z(x_i)$  merupakan nilai data pengamatan/pemboran di titik  $x_i$ . Jumlah faktor pembobot dibuat sedemikian rupa sehingga sama dengan satu.

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (11)$$

Dengan demikian taksiran ini tidak bias, artinya harga yang diharapkan untuk perbedaan  $Z(x_i)$  dan  $Z^*(x_i)$  adalah nol.

$$E[Z(x_i) - Z^*(x_i)] = 0 \quad (12)$$

Selanjutnya didapat sistem persamaan linier (*kriging system*) sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(v, v) + \varphi = \gamma(v, V) \quad (13)$$

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

dimana  $\gamma(v, v)$  merupakan rata-rata  $\gamma(x - y)$  dimana  $x$  dan  $y$  adalah titik-titik di posisi yang tidak tergantung satu sama lain pada volume  $v$ ,  $\varphi$  merupakan pengali lagrange, dan  $\gamma(v, V)$  merupakan rata-rata  $\gamma(x - y)$  dimana  $x$  dan  $y$  masing-masing titik tidak tergantung satu sama lain pada volume  $v$  dan  $V$ . Sistem persamaan ini cukup untuk menentukan harga-harga  $\lambda_i$  dan  $\varphi$  yang akan menghasilkan suatu varian minimum.

Varians estimasi (*kriging variance*) akan diekspresikan melalui persamaan berikut ini:

$$\sigma_E^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma(v, V) - \gamma(V, V) + \varphi \quad (14)$$

dimana  $\sigma_E^2$  merupakan varians estimasi (*kriging variance*) dan  $\gamma(V, V)$  merupakan rata-rata  $\gamma(x - y)$  dimana  $x$  dan  $y$  adalah titik-titik di posisi yang tidak tergantung satu sama lain pada volume  $V$ .

### Klasifikasi Sumberdaya

Klasifikasi sumberdaya dapat diklasifikasikan berdasarkan hanya dipengaruhi oleh tingkat keyakinan geologi yang diwakili oleh tingkat kesalahan dalam pembuatan model geologi dan estimasi sumberdaya. Tingkat kesalahan diukur dengan *kriging variance* atau *error variance* yang berasal dari estimasi dengan menggunakan *ordinary kriging*. *Error* diasumsikan memiliki distribusi normal dan memiliki selang kepercayaan 95%. (Masuara, dkk, 2011).

Menurut Sinclair dan Blackwell, 2005 dalam Masuara, dkk, 2011, hubungan antara sumberdaya *measured*, *indicated*, dan *inferred* berdasarkan *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Measured } 0,3 \leq \text{Indicated } 0,5 \leq \text{Inferred} \quad (15)$$

dimana RKSD dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{RKSD} = \pm 1,96 \times \left( \frac{\sigma_E}{Z^*(x_i)} \right) \quad (16)$$

dimana  $\sigma_E$  merupakan *kriging standard deviation* dan  $Z^*(x_i)$  merupakan nilai estimasi *kriging* pada titik sampel  $x_i$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Statistik Univarian

Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui karakteristik endapan secara umum tanpa mempertimbangkan posisi dari sampel yang diambil. Analisis statistik ini dilakukan berdasarkan data hasil *composite* setiap 1 (satu) meter pada masing-masing zona laterit. Setiap zona laterit memiliki karakteristik yang berbeda antara satu dengan yang lain. Oleh sebab itu dalam penelitian ini analisis pada setiap zona harus dilakukan masing-masing. Hasil dari analisis statistik univarian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter statistik unsur Ni pada zona laterit.

Parameter	Limonit	Saprolit	Bedrock
Banyaknya data (n)	474	535	371
Nilai minimum (gmin)	0,154	0,470	0,164
Nilai maksimum (gmax)	2,920	3,013	2,298
Range (R)	2,766	2,543	2,134
Banyaknya kelas (k)	10	11	10
Interval Kelas ( $\Delta$ )	0,277	0,231	0,213
Mean ( $\mu$ )	1,202	1,897	0,504
Median (Med)	1,184	1,912	0,370
Modus (Mod)	1,497	2,356	0,275
Kuartil 1 (Q1)	0,872	1,549	0,294
Kuartil 3 (Q3)	1,447	2,242	0,639
Variance ( $\sigma^2$ )	0,201	0,220	0,100
Simpangan Baku ( $\sigma$ )	0,448	0,469	0,315
Koefisien Varians (KV)	37,29%	24,74%	62,59%
Skewness (a)	0,750	-0,195	2,138
Kurtosis	4,189	2,383	9,352

Sumber: Data diolah.

Seiring dengan perubahan zonasi laterit penyebaran data unsur Ni pun berubah, dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa kecenderungan penyebaran data yang semakin membesar menuju zona saprolit dan berikutnya penyebaran data yang semakin mengecil lagi menuju zona *bedrock*, hal tersebut dapat dilihat dari perubahan nilai rata-rata dan *skewness* di setiap zona laterit. Hasil yang diperoleh berarti senada dengan teori yang ada, yang menyatakan bahwa unsur Ni pada laterit akan mengalami pengayaan pada zona saprolit.

Seiring dengan perubahan zonasi laterit homogenitas data unsur Ni pun berubah, dari hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa zona saprolit memiliki homogenitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan zona limonit dan zona *bedrock*.

**Pencilan (outlier)**

Pencilan (*outlier*) yang merupakan suatu data yang jauh berbeda dibandingkan terhadap keseluruhan data dalam penelitian ini akan dipotong (*cutoff*). Telah dijelaskan sebelumnya pada dasar teori bahwa *cutoff* berperan untuk menghindari *over estimate* (estimasi yang berlebihan) dalam melakukan perhitungan cadangan. Perhitungan nilai *cutoff* dalam penelitian ini menggunakan perhitungan *convidence interval* seperti yang terdapat pada persamaan 8. Perhitungan didasarkan dari nilai rata-rata dan simpangan baku untuk semua, sehingga diperoleh hasilnya sebagai berikut yang dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Selanjutnya nilai *cutoff* tersebut akan digunakan untuk pembuatan *composite\_topcut*. Nilai dari *composite* yang bernilai lebih dari nilai-nilai *cutoff* akan diturun sesuai dengan nilai *cutoff* tersebut, ini berarti nilai maksimum dari setiap unsur akan sama dengan nilai *cutoff* tersebut.

Tabel 2. Nilai *cutoff* berdasarkan hasil perhitungan nilai *convidence interval*.

Zona Laterit	Nilai <i>cutoff</i>
Zona limonit	2,081
Zona saprolit	2,819
Zona <i>bedrock</i>	1,128

Sumber: Data diolah.

**Variogram dan Semivariogram**

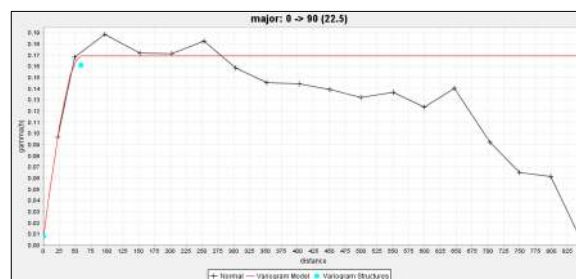
Analisis ini dilakukan pada lima arah utama horizontal dengan parameter yang dapat dilihat

pada tabel 3. Analisis ini dilakukan pada zona laterit yang akan diestimasi sumberdayanya saja, yaitu zona limonit dan zona saprolit, sedangkan zona *bedrock* tidak.

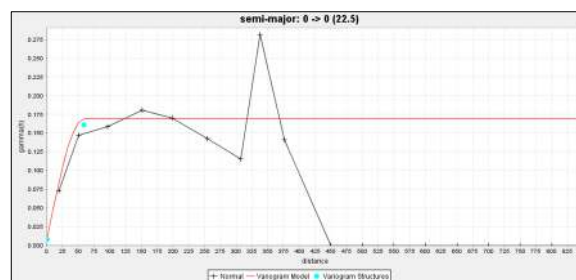
Tabel 3. Parameter variogram.

Arah	Azimuth	Plunge	Spread
Semua Arah ( <i>Omnidirectional</i> )	0	0	90
N – S	0	0	22.5
NE – SW	45	0	22.5
E – W	90	0	22.5
SE - NW	135	0	22.5

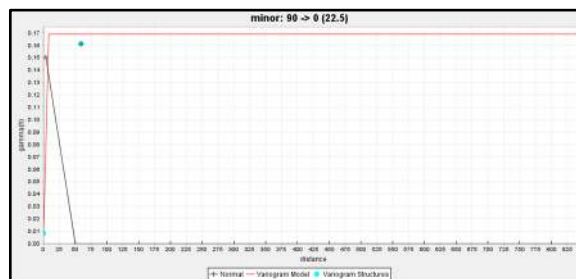
Berikut ini model variogram yang sudah terbentuk untuk masing-masing unsur untuk zona limonit dan zona saprolit, yang dapat dilihat pada gambar 3 – 10.



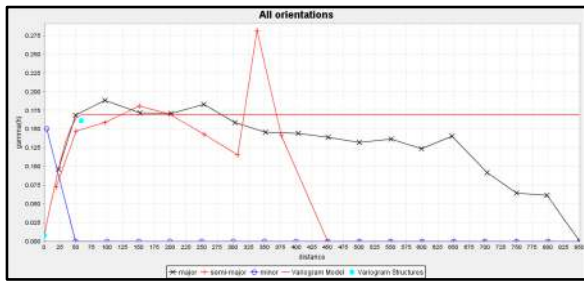
Gambar 3. Model variogram major unsur Ni pada zona limonit.



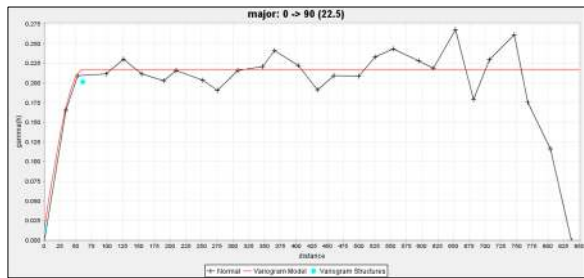
Gambar 4. Model variogram semi-major unsur Ni pada zona limonit.



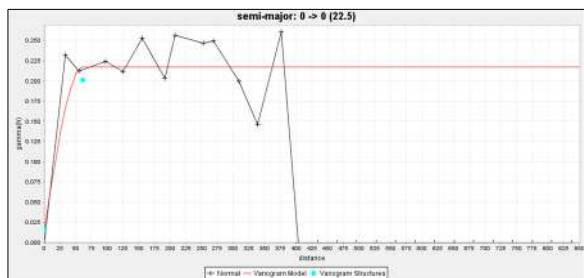
Gambar 5. Model variogram minor unsur Ni pada zona limonit.



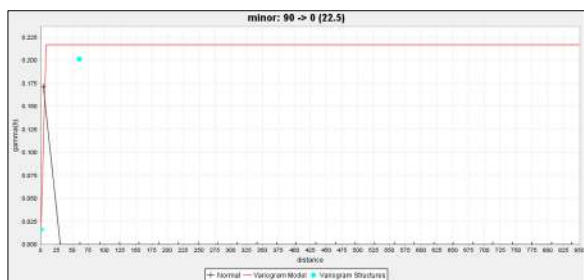
Gambar 6. Model variogram all-orientation unsur Ni pada zona limonit.



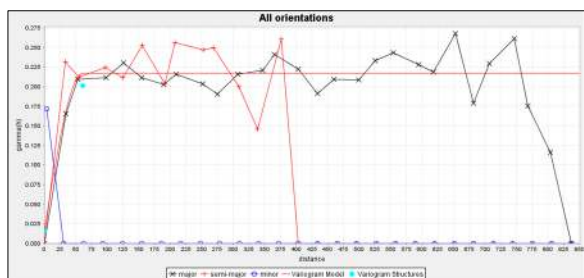
Gambar 7. Model variogram major unsur Ni pada zona saprolit.



Gambar 8. Model variogram semi-major unsur Ni pada zona saprolit.



Gambar 9. Model variogram minor unsur Ni pada zona saprolit.



Gambar 10. Model variogram all-orientation unsur Ni pada zona saprolit.

Hasil yang diperoleh dari proses *fitting variogram* tersebut berupa parameter *bearing*, *plunge*, *dip*, *range (a)*, *sill (C)*, *nugget effect (C<sub>0</sub>)*, dan rasio perbandingan *major/semi-major*, serta *major/minor* yang akan digunakan pada proses selanjutnya, yaitu estimasi data kadar menggunakan metode *ordinary kriging*. Adapun parameter-parameter hasil proses *fitting variogram* dari data unsur Ni pada zona limonit dan zona saprolit ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai parameter hasil *fitting variogram*.

Parameter	Limonit	Saprolit
<i>Bearing</i>	90	90
<i>Plunge</i>	0	0
<i>Dip</i>	0	0
<i>Major/semi-major</i>	1,000	1,000
<i>Major/minor</i>	9,361	15,985
<i>Nugget effect (C<sub>0</sub>)</i>	0,008	0,016
<i>Sill (C)</i>	0,161	0,201
<i>Total Sill (C<sub>0</sub> + C)</i>	0,169	0,217
<i>Range (a)</i>	59,000	61,000
<i>Rasio nugget</i>	4,734%	7,373%

Sumber: Data diolah.

Analisis variogram ini dilakukan untuk melengkapi hasil analisis statistik univarian, dimana dalam analisis variogram ini telah memperhatikan posisi (sebaran) data. Posisi (sebaran) data sangat mempengaruhi hasil dari analisis variogram sedangkan pada analisis statistik univarian tidak, artinya dapat dikatakan bahwa apabila terjadi perubahan posisi (sebaran) data maka hasil analisis variogram akan berubah, sedangkan dalam analisis statistik univarian perubahan posisi (sebaran) data sedemikian rupun maka tetap akan memberikan hasil yang sama.

Analisis variogram ini dilakukan untuk melengkapi hasil analisis statistik univarian, dimana dalam analisis variogram ini telah memperhatikan posisi (sebaran) data. Unsur-unsur yang terdapat dalam nikel laterit seperti Ni terdistribusi di dalam runag. Posisi (sebaran) data sangat mempengaruhi hasil dari analisis variogram sedangkan pada analisis statistik univarian tidak,

artinya dapat dikatakan bahwa apabila terjadi perubahan posisi (sebaran) data maka hasil analisis variogram akan berubah, sedangkan dalam analisis statistik univarian perubahan posisi (sebaran) data sedemikian rupapun maka tetap akan memberikan hasil yang sama.

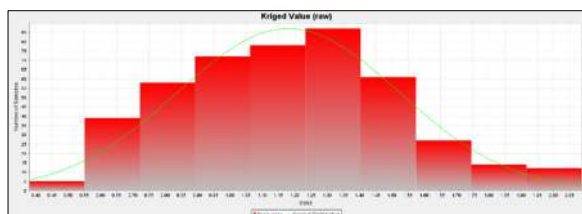
Dari hasil yang didapatkan (tabel 4), nilai *rasio nugget effect* berkisar antara *low* sampai *medium negget effect*, dimana pada zona saprolit nilai *rasio nugget effect* lebih besar jika dibandingkan pada zona limonit.

*Nugget effect* menggambarkan variabilitas data pada jarak dekat, semakin besar nilai *nugget*, maka variansi antar data dalam jarak dekat akan semakin besar. Besar kecilnya nilai *nugget* bisa juga dipengaruhi oleh kesalahan analisis sampel, untuk memperkecil nilai *nugget* dapat dilakukan dengan cara memperkecil jarak pengambilan contoh.

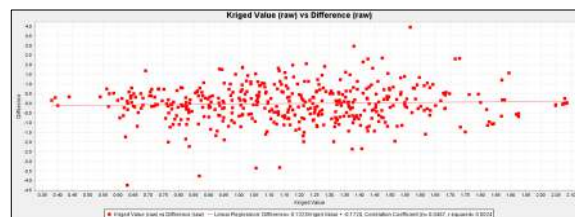
Dari hasil fitting variogram (tabel 4) didapatkan nilai *range* kurang dari 100. *Range* mencerminkan jarak pengaruh antar data, sejauh mana nilai data tersebut dapat mempengaruhi nilai data yang lainnya. Kontinuitas (homogenitas) yang tinggi ditunjukkan dari *range* variogram yang semakin tinggi pula. Unsur Ni pada zona saprolit lebih homogen jika dibandingkan pada zona limonit.

Hasil yang diperoleh dari proses fitting variogram divalidasi terlebih dahulu sebelum digunakan untuk tahapan estimasi. Validasi variogram menghasilkan data *composite* yang sudah tervalidasi, yang nantinya akan digunakan untuk tahapan estimasi. Selain itu validasi variogram menyajikan histogram dari nilai *kriging*, *scetter plot* dari nilai *kriging* dengan *residual*, dan bisa ditampilkan *scetter plot* dari nilai *kriging* dengan nilai *difference*.

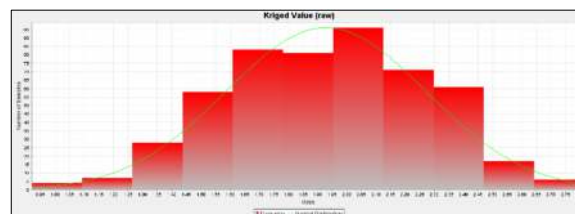
Histogram dari nilai *kriging*, dan *scetter plot* dari nilai *kriging* dengan nilai *difference* dari unsur Ni pada setiap zona limonit dan zona saprolit dapat dilihat pada gambar 11 - 14. Sedangkan nilai dari koefisien korelasi antara nilai *kriging* dengan nilai *difference* dapat dilihat pada tabel 5.



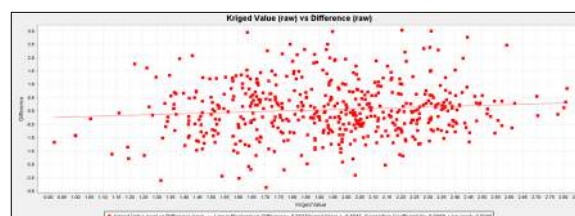
Gambar 11. Histogram nilai kriging unsur Ni pada zona limonit.



Gambar 12. Diagram pancar nilai *kriging* unsur Ni dengan *difference* pada zona limonit.



Gambar 13. Histogram nilai *kriging* unsur Ni pada zona saprolit.



Gambar 14. Diagram pancar nilai *kriging* unsur Ni dengan *difference* pada zona saprolit.

Tabel 5. Nilai koefisien korelasi antara nilai *kriging* dengan nilai *difference*.

Zona	Koefisien Korelasi Nilai <i>Kriging</i> dengan Nilai <i>Difference</i>
Limonit	0,0487
Saprolit	0,0988

Sumber: Data diolah.

Berdasarkan hasil validasi variogram (tabel 5), maka dapat dikatakan bahwa nilai koefisien korelasi antara nilai *kriging* dengan nilai *difference* sudah cukup baik karena nilainya kurang dari 0,200. Nilai hasil validasi variogram bagus apabila nilai *kriging* mendekati grafik histogram normal, nilai koefisien korelasi antara nilai *kriging* dengan nilai *difference* mendekati nilai 0 (nol).

### Estimasi Ordinary Kriging

Sebelum dilakukan estimasi terlebih dahulu dibuat blok model terlebih dahulu, dalam penelitian ini luas koordinat blok model dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Luas koordinat block model.

Koordinat	Nilai
North max	9.981.850,153
North min	9.981.391,459
East max	557.860,064
East min	557.004,866
Elevasi max	54,752
Elevasi min	2,157

Sumber: Data diolah.

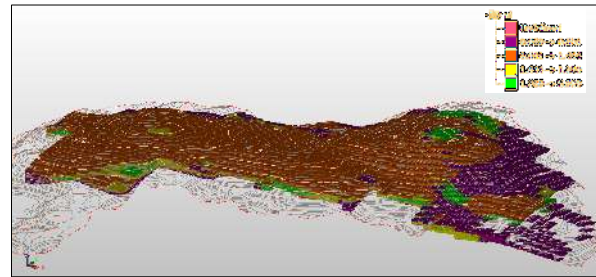
Blok model yang akan dibuat terdiri dari satu ukuran, yaitu satu blok *parent cell* memiliki dimensi ukuran sebesar 12,5x12,5x0,25 m<sup>3</sup> (gambar 15). Atribut-atribut yang dibuat dalam blok model, yaitu Ni, densitas material (*sg*), dan zona. Adapun densitas material (*sg*) yang dipakai dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari tempat pengambilan data yang dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Densitas material.

Mataerial	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )
Limonit	1,7
Saprolit	1,6

Sumber: PT. XYZ.

Parameter-parameter yang dimasukkan dalam tahapan estimasi ini adalah parameter yang dihasilkan dari *fitting variogram* dan *composait* yang sudah tervalidasi. Proses estimasi radius pencarian ditetapkan sesuai dengan nilai *range* hasil *fitting variogram* pada masing-masing unsur, selain itu *minimum number of samples to select* (jumlah sampel minimum yang digunakan untuk estimasi 1 blok) yang di tetapkan adalah 3 sampel dan *maximum number of samples to select* (jumlah sampel maksimum yang digunakan untuk estimasi 1 blok) yang di tetapkan adalah 12 sampel. Secara visual pada gambar 14 (merupakan bentuk blok model 3D dari endapan nikel laterit untuk zona limonit dan zona saprolit (*constraint* gabungan antara zona limonit dengan zona saprolit)) dapat dilihat blok model hasil estimasi yang sudah dilakukan. Sedangkan tonase sumberdaya hasil estimasi zona limonit dan zona saprolit dapat dilihat pada tabel 7 dan nilai *kriging* varians dari hasil estimasi zona limonit dan zona saprolit dapat dilihat pada tabel 8.



Gambar 15. Penyebaran unsur Ni hasil estimasi *ordinary kriging*.

Tabel 7. Tonase hasil estimasi sumberdaya blok 1A.

Interval Ni	Volume	Tonnes	Ni
0,000 ≤ Ni < 0,001	230.117,188	375.570,313	0,00
0,280 ≤ Ni < 2,795	1.966.992,785	3.240.730,596	1,55

Sumber: Data diolah.

Tabel 8. *Kriging* varians ( $\sigma_E^2$ ) hasil estimasi sumberdaya blok 1A.

Interval Ni	<i>Kriging</i> varians
0,000 ≤ Ni < 0,001	-99,000
0,280 ≤ Ni < 2,795	0,106

Sumber: Data diolah.

Dalam gambar 15 dapat dilihat bahwa blok model sudah diberikan pewarnaan sesuai dengan klasifikasi kadar Ni yang dibagi menjadi 4 (empat), yaitu:

1. Warna ungu merupakan klasifikasi berdasarkan kadar Ni 0.000% - 0.001%.
2. Warna *orange* merupakan klasifikasi berdasarkan kadar Ni 0.280% - 1.444%.
3. Warna kuning merupakan klasifikasi berdasarkan kadar Ni 1.444% - 1.800%.
4. Warna hijau merupakan klasifikasi berdasarkan kadar Ni 1.800% - 5.000%.

Untuk blok model yang berwarna ungu merupakan blok model yang tidak terestimasi, hal ini dikarenakan jumlah sampel minimum untuk mengestimasi blok tersebut kurang dari *minimum number of samples to select* (jumlah sampel minimum yang digunakan untuk estimasi 1 blok) yang di tetapkan dengan radius pencarian yang telah ditetapkan.

### Klasifikasi Sumberdaya

Dari tabel 7 dan tabel 8 di atas dapat dicari *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD) menggunakan persamaan 16 dengan mengakarkan terlebih dahulu nilai *kriging variance* sehingga menjadi *kriging standard deviation*, sehingga hasil perhitungan RKSD dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. *Relative kriging standard deviation* (RKSD) hasil estimasi sumberdaya blok 1A.

Interval Ni	RKSD
$0,000 \leq Ni < 0,001$	-
$0,280 \leq Ni < 2,795$	0,41

Sumber: Data diolah.

Dari tabel 9 dapat diperoleh klasifikasi sumberdaya yang dipengaruhi oleh tingkat keyakinan geologi yang diwakili oleh tingkat kesalahan dalam pembuatan model geologi dan estimasi sumberdaya. Klasifikasi sumberdaya yang diperoleh adalah sumberdaya terunjuk, untuk dapat meningkatkan status klasifikasi sumberdaya tersebut estimasi dapat dilakukan dengan data yang memiliki jarak pemboran yang lebih rapat.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan data pemboran 94 titik dengan spasi rata-rata 50 m, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Besar sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A PT. XYZ, yaitu 3.240.730,596 ton.
2. Sumberdaya nikel laterit pada Blok 1A PT. XYZ termasuk kedalam sumberdaya terunjuk.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agusman R. 2009. *Analisis Ketidakpastian dalam Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Menggunakan Metode Geostatistik Studi Kasus: Endapan Nikel Laterit di Pulau Pakal Halmahera Timur, Maluku Utara*. Tesis Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan Institut Teknologi Bandung.
- Haris A. 2005. *Modul Responsi TE-3231, Metode Perhitungan Cadangan*. Institut Teknologi Bandung.
- Masuara A.H., Heriawan M.N., dan Syafrizal. 2011. *Perbandingan antara Pendekatan Direct Grade dan Accumulation Grade pada Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit dengan*

*Metode Geostatistik*. Jurnal Teknologi Mineral. Volume 18, Nomor 1, JTM Vol XVIII No. 1/20011.

Rozalia G., Yasin H., dan Ispriyanti D. 2016. *Penerapan Metode Ordinary Kriging pada Pendugaan Kadar NO2 di Udara (Studi Kasus: Pencemaran Udara di Kota Semarang)*. Jurnal Gaussian, Volume 5, Nomor 1, Tahun 2016, Halaman 113-121, ISSN:2339-2541.

Sugiyono. 2003. *Metode Penelitian Administrasi Dilengkapi dengan Metode R&D Edisi Revisi Dilengkapi dengan Metode R&D*. Alfabeta. Bandung.