

# APLIKASI ORDINARY KRIGING PADA PERMODELAN 3D ENDAPAN NIKEL

Waterman Sulistyana Bargawa

Magister Teknik PertambanganUPN “Veteran” Yogyakarta

E-mail: waterman.sulistyana@gmail.com, waterman.sb@upnyk.ac.id

## Abstrak

*Permodelan cadangan dalam kegiatan pertambangan merupakan pekerjaan yang penting. Permodelan tersebut memberikan taksiran distribusi kadar mineral dalam bentuk 3D. Penelitian ini mengenalkan suatu prosedur permodelan cadangan 3D dan penggunaan teknik penaksiran ordinary kriging pada cebakan nikel. Penelitian ini menghasilkan pola eksplorasi baru yaitu bentuk pola pengeboran segiempat berukuran 105x60m berdasarkan parameter anisotropi. Pola pengeboran ini memperbaiki pola pengeboran lama yang berjarak 12,5m antar lubang bor menjadi pola pengeboran baru berbentuk segiempat.*

Kata-kata kunci: permodelan, nikel, model blok, ordinary kriging

## Abstract

*Reserve modeling is a significant work in mining operation which giving estimation of grade distribution on 3D depiction. This research introduce a simple procedure in 3D reserve modeling and apply ordinary kriging estimator in nickel deposit. The result of the research based on anisotropy parameter obtain a new exploration design that is a 105x60m rectangular. The design improve a 12.5m drilling pattern into a new rectangular exploration design.*

Keyword: modeling, nickel, block model, ordinary kriging

## PENDAHULUAN

Permodelan cadangan merupakan suatu pekerjaan yang penting dan mempunyai tanggungjawab besar dalam evaluasi suatu potensi endapan mineral. Permodelan cadangan dapat memberikan perkiraan distribusi kadar, bentuk 3D (tiga dimensi), taksiran kuantitas, dan kualitas cadangan yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan tambang.

Penelitian permodelan ini dilakukan di PT. Aneka Tambang Tbk, Unit Bisnis Pertambangan Nikel Operasi Pomalaa. Bentuk topografi daerah Pomalaa berbukit-bukit dengan kemiringan 30–50° yang merupakan perangkap bagi endapan bijih nikel. Struktur geologi yang berkembang adalah rekahan, rayapan, dan patahan dengan ketinggian daerah berkisar 50–30m. Endapan bijih nikel di Pomalaa mempunyai sebaran bijih nikel tidak merata. Endapan pada umumnya ditemukan pada lereng landai di bagian pematang yang merupakan punggung penghubung antara bukit.

Bijih nikel yang terdapat di Pomalaa termasuk jenis nikel laterit yang terjadi akibat pelapukan batuan ultrabasa, seperti peridotit dan serpentin. Jalur batuan ultra basa menyebar ke timur dan ke arah tenggara. Batuan dasar didominasi oleh peridotit dan serpentin dengan sebaran bijih sangat tidak merata. Proses pelapukan menyebabkan menurunnya kadar Al dan Ca dalam batuan, sebaliknya kadar Fe, Mg, Ni dan Co tinggi. Kandungan Ni yang larut karena pengaruh air tanah dan Mg dalam proses pelapukan akan mengendap kembali membentuk mineral garnierit  $H_4(Mg,Ni)_3SiO_9$  atau  $H_2(Ni,Mg) SiO_4 \cdot n H_2O$  dan mengisi celah atau rekahan dalam batuan.

Penelitian ini bertujuan memodelkan bentuk 3D cadangan nikel untuk menentukan distribusi kadar nikel, dan menaksir jumlah cadangan nikel *low grade* (1,9–2,3% Ni) dan *high grade* (> 2,3% Ni) dengan memakai metode *ordinary kriging*. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah model cadangan nikel secara 3D yang dihasilkan dapat dipakai untuk perencanaan tambang.

## PERMODELAN CADANGAN NIKEL

Prosedur permodelan cadangan secara umum meliputi: pemasukan dan pengecekan data, permodelan geologi, permodelan topografi, analisis statistik, konstruksi model dan presentasi model (selengkapnya lihat Gambar 1).

### (i) Pemasukan dan Pengecekan Data

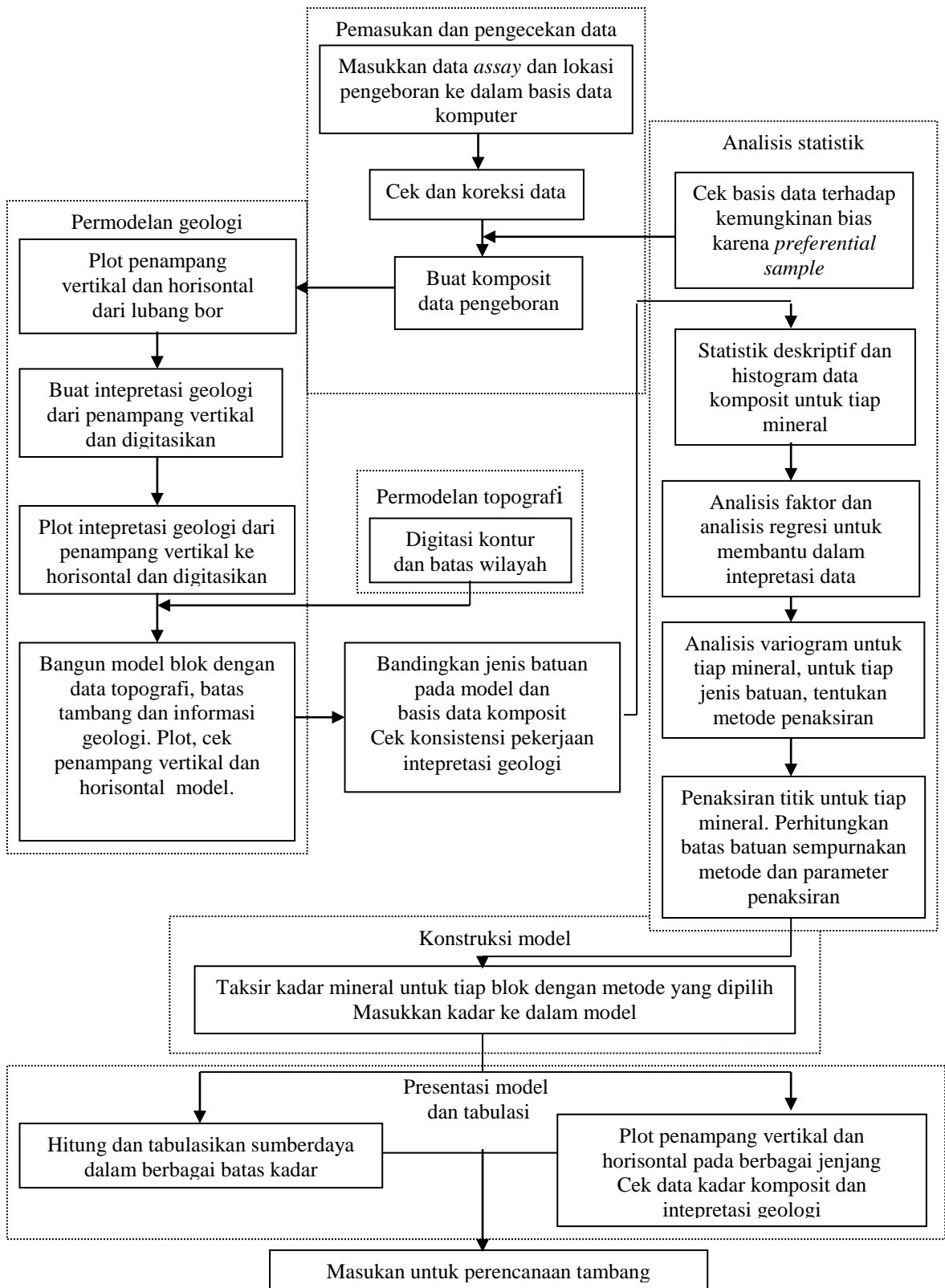
Data masukan untuk membuat permodelan adalah data pemboran. Jumlah lubang bor sebanyak 261 buah dengan jarak antar lubang bor adalah 12,5m. Peubah dalam basis data meliputi: *assay*, *collar*, *survey*, dan densitas tanah sebesar  $1,92t/m^3$ . Efektivitas pola pengeboran 12,5m ini selanjutnya akan dikaji berdasarkan analisis statistik spasial.

### (ii) Analisis Statistik

Perhitungan statistik univariat dilakukan terhadap peubah (*variable*) kadar nikel. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1. Histogram hasil perhitungan statistik diperlukan untuk mengetahui distribusi dan kesimetrisan data, sehingga dapat digunakan untuk menafsirkan karakter seluruh data secara umum. Histogram *assay* nikel dari hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 2.

**(iii) Permodelan Geologi**

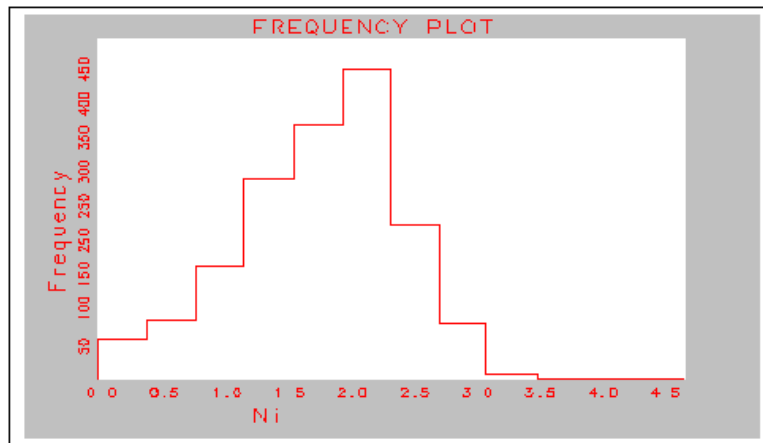
Permodelan geologi dimaksudkan untuk membatasi penaksiran cadangan nikel agar tidak diekstrapolasi di luar blok-blok mineralisasi. Hasil permodelan geologi 3D endapan nikel (warna coklat) dapat dilihat pada Gambar 3.



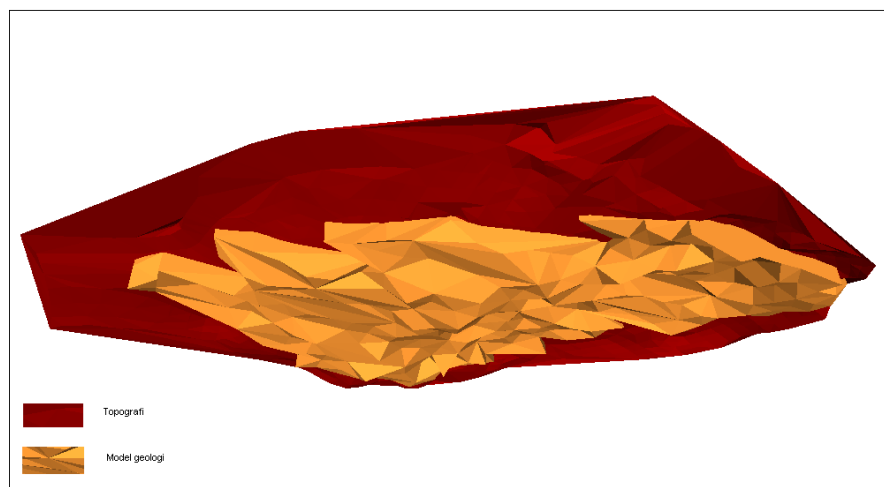
Gambar 1. Bagan alir permodelan cadangan mineral

Tabel 1. Hasil statistik *assay* nikel

No.	Perangkat statistik	
1	Jumlah contoh (N)	1.756
2	Rerata (% Ni)	1,774
3	Variansi	0,428
4	Simpangan baku (% Ni)	0,654
5	Ketaksimetrisan	-0,3352
6	Kurtosis	0,11
7	Minimum (% Ni)	0
8	Maksimum (% Ni)	4,73
9	Nilai tengah (% Ni)	1,87
10	Koefisien variasi	0,369



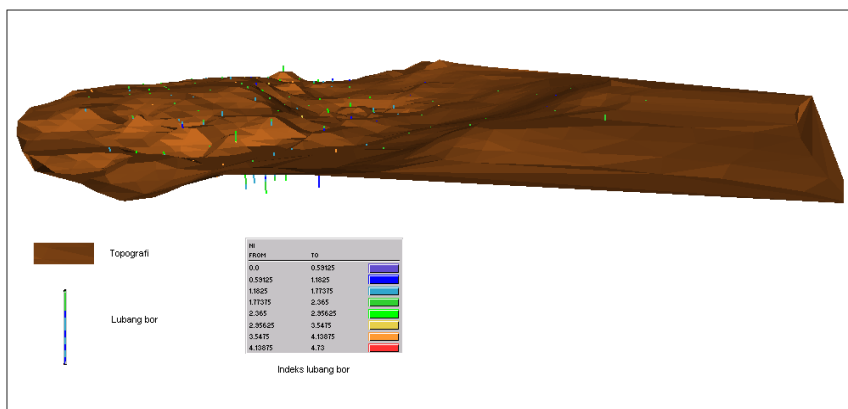
Gambar 2. Histogram *assay* nikel



Gambar 3. Model geologi 3D endapan nikel

**(iv) Permodelan Topografi**

Pembuatan model topografi memerlukan data koordinat (x, y, z) dari hasil digitasi peta daerah penelitian. Proses integrasi model topografi dilakukan dengan menggunakan program *Datamine*. Model topografi 3D (warna coklat) dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Model topografi daerah penelitian

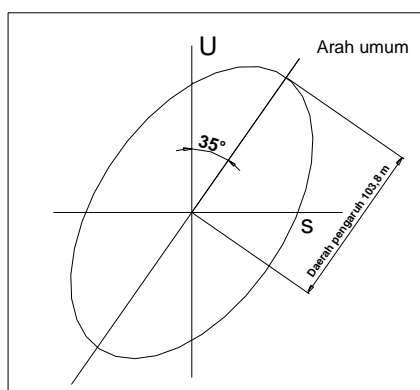
**(v) Metode Penaksiran Kadar**

Metode penaksiran cadangan pada penelitian ini adalah OK (*ordinary kriging*). Sebelum dilakukan penaksiran cadangan terlebih dahulu dilakukan studi variografi. Studi variografi dilakukan menggunakan basis data *assay* dengan tujuan untuk mengetahui korelasi spasial antar contoh. Berdasarkan koreksi spasial tersebut dapat diketahui arah dan jarak penyebaran kadar nikel di daerah penelitian. Hasil studi variografi dengan bantuan program GeoEast Versi 1.2.1 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil variogram nikel

		Paramater Variogram		
		<i>Nugget</i> (g/t) <sup>2</sup>	<i>Sill</i> (g/t) <sup>2</sup>	<i>Range</i> (m)
ARAH	0 <sup>0</sup>	0.3	0.45	82
	45 <sup>0</sup>	0.3	0.45	100
	90 <sup>0</sup>	0.3	0.45	65
	135 <sup>0</sup>	0.3	0.45	75

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui arah mayor penyebaran kadar nikel adalah N 35<sup>0</sup> E dengan jarak pengaruh sebesar 103,8m (Gambar 5), arah minor adalah N125<sup>0</sup>E dengan jarak pengaruh sekitar 60m. Jarak pengaruh ini berbentuk segiempat yang merupakan pola pengeboran yang diusulkan untuk diterapkan pada cebakan nikel di Pomalaa tersebut.



Gambar 5. Hasil analisis anisotropi kadar nikel

Penaksiran kadar blok menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\bullet \quad Z^* = \sum_i w_i z_i \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

Bobot ( $w_i$ ) diselesaikan dengan rumus *ordinary kriging* :

$$\bullet \quad \sum_{i=1}^n w_j \cdot \sigma_{ij} - \mu = \sigma_{01} \quad (2)$$

$$\bullet \quad \sum_i w_i = 1 \quad (3)$$

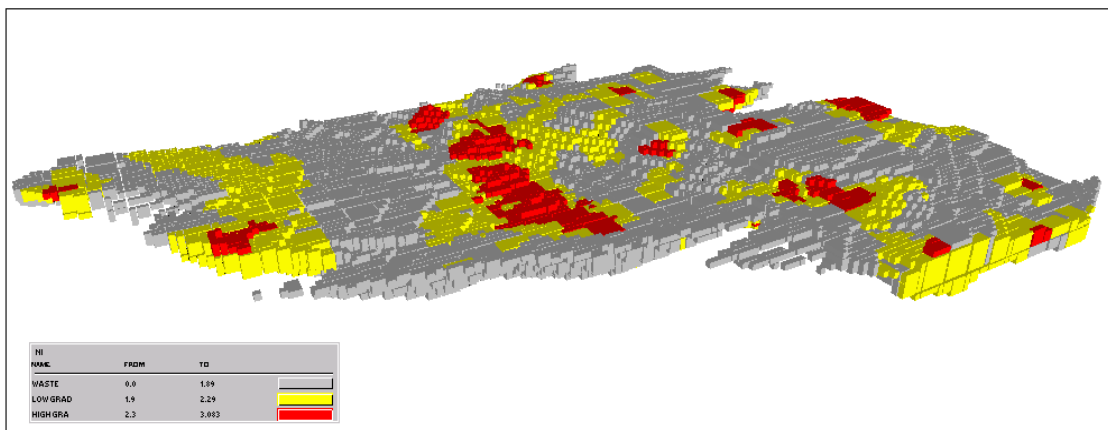
Keterangan :

$\sigma_{ij}$  : kovariansi sampel dengan sampel

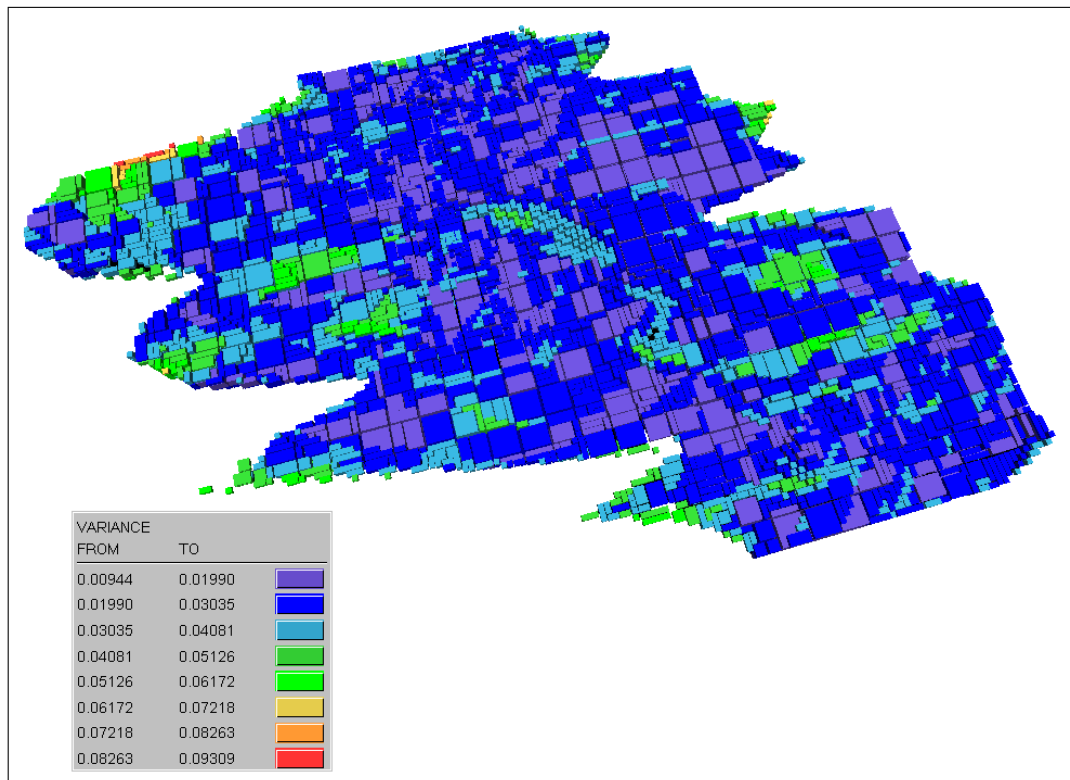
$\sigma_{01}$  : kovariansi blok dengan sampel

**(vi) Dimensi Model Blok**

Permodelan pada penelitian ini menggunakan ukuran blok (10x10x6) m. Berdasarkan permodelan 3D memakai *software Datamine* dihasilkan taksiran kadar nikel (Gambar 5) dan variansi kriging (Gambar 6).



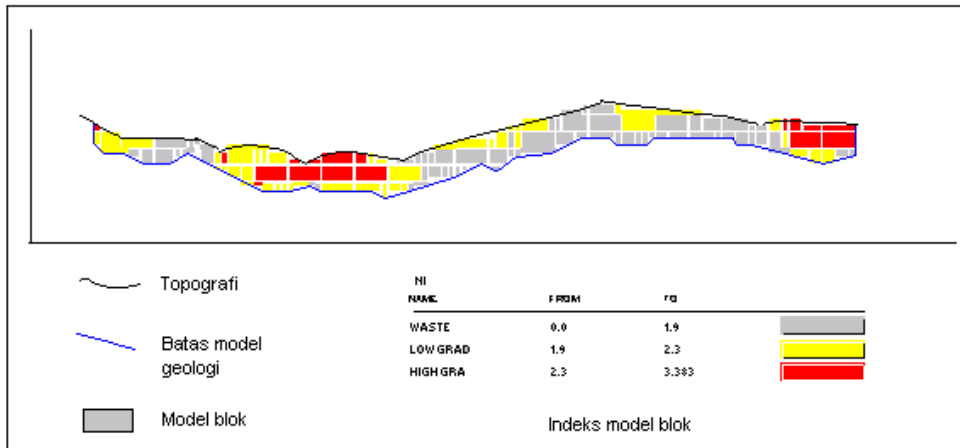
Gambar 5. Model blok 3D menunjukkan distribusi kadar nikel



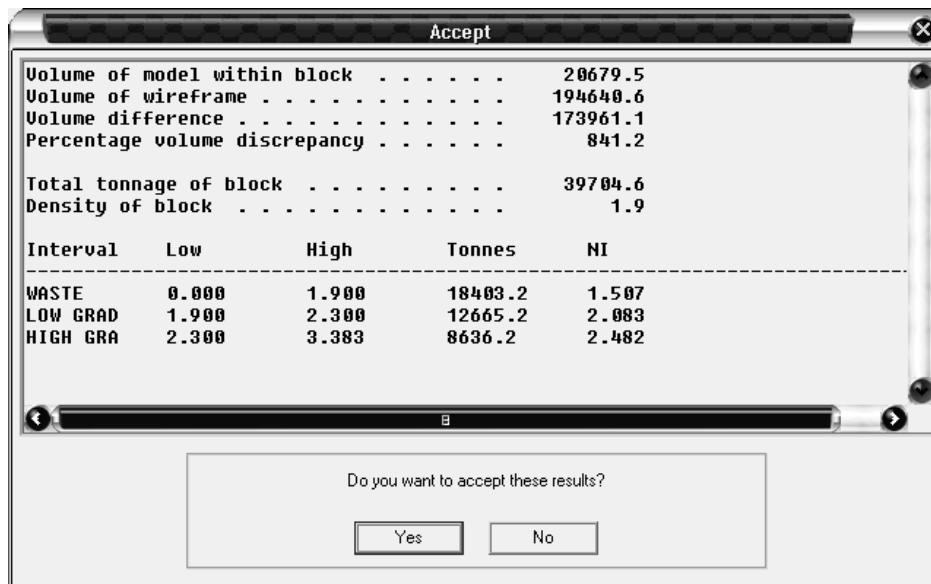
Gambar 6. Variansi kriging menunjukkan indeks konfigurasi sampel

**(vii) Presentasi Model dan Tabulasi**

Presentasi model dilakukan dengan menampilkan setiap penampang potong (Gambar 7). Penaksiran tonase cadangan dilakukan dengan cara mengalikan volume blok dengan densitas batuan (Gambar 8).



Gambar 7. Presentasi model pada penampang potong dengan koordinat N 4721<sup>0</sup> E



Gambar 8. Tampilan penaksiran cadangan

Hasil penaksiran cadangan bijih nikel memakai metode *ordinary kriging* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil penaksiran cadangan bijih nikel

Waste		Low Grade		High Grade	
Kadar (% Ni)	Tonase	Kadar (% Ni)	Tonase (Ton)	Kadar (% Ni)	Tonase
1,46	349.014	2,08	171.400	2,43	43.482

**PEMBAHASAN**

Analisis statistik deskriptif terhadap data pengeboran sebanyak 261 buah dengan jarak antar lubang bor 12,5m memberikan koefisien korelasi sebesar 0,369, namun berdasarkan statistik spasial memberikan nilai nugget yang cukup tinggi sebesar 0,3 dan sill sebesar 0,45. Arah anisotropi mayor dan minor yang dihasilkan statistik spasial cukup jelas, sehingga dapat diusulkan pola sampling berbentuk persegi panjang. Pada tulisan ini dipilih metode penaksiran kadar yaitu *ordinary kriging* berdasarkan nilai koefisien korelasi yang cukup rendah. Namun hasil statistik spasial menunjukkan bahwa data kadar nikel

cukup eratik dan harus berhati-hati terhadap metode penaksiran yang dipilih. Digitasi zone limonit dan zone saprolit melalui permodelan topografi dan geologi dilakukan dengan *hard boundary* dan penaksiran kadar dilaksanakan sesuai batas model geologi tersebut. Hasil permodelan sumberdaya nikel cukup baik dengan persentasi model yang mencerminkan kondisi topografi dan geologi daerah penelitian. Zone kadar rendah dan kadar tinggi dapat terlihat jelas sehingga dapat dipertimbangkan untuk pekerjaan selanjutnya yaitu perancangan tambang nikel.

#### KESIMPULAN

1. Arah anisotropi mayor dan minor berturut-turut N 35° E dan N125°E dengan jarak pengaruh sebesar 103,8 m dan 60 m. Berdasarkan arah anisotropi tersebut diusulkan pola eksplorasi adalah segiempat dengan ukuran 105x60m.
2. Permodelan 3D memakai metode OK menghasilkan jumlah *high grade* berkadar rata-rata 2,43% Ni sebesar 43.482ton, jumlah *low grade* berkadar rata-rata 2,08% Ni sebesar 171.400 ton, dan *waste* berkadar rata-rata 1,46% Ni sebesar 349.014 ton.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Berger, V.I, Donald A. Singer, D.A., Bliss, J.D., and Barry C. Moring, B.C. (2011). Ni-Co Laterite Deposits of the World— Database and Grade and Tonnage, *Models U.S. Geological Survey Open-File Report 2011-1058*.
- Duke, J.M. (1990). Mineral deposit models: nickel sulfide deposits of the Kambalda type, Geological Survey of Canada, 601Booth, Street, Ottawa, Ontario, KIA, E0E8, *Canadian Mineralogist Vol. 28*, pp.379-388 (1990).
- Hastrulid, et.al, (1995). *Open Pit Mine Planning and Design*, Volume I Fundamental, A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield.
- Qiu, H, Vijver M.G, van Geste, I C.A, He. E, Peijnenburg, W.J. (2014). Modeling cadmium and nickel toxicity to earthworms with the free ion approach, *Environ Toxicol Chem. 2014 Feb;33(2):438-46*. doi: 10.1002/etc.2454, Epub 2014 Jan 13.
- Waterman, S.B., (1999). Aplikasi kriging indikator dalam permodelan urat bijih emas Cikadang Jawa Barat, *Tesis Magister*, Program Studi Rekayasa Pertambangan, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- \_\_\_\_\_, (2000). Laporan Lima Tahunan Rencana Produksi PT. Aneka Tambang Tbk, UPBNO Pomalaa Tahun 2000 – 2005, Biro Eksplorasi, Pomalaa.
- \_\_\_\_\_, (2004). Buletin PT. Aneka Tambang Tbk., Biro Umum, Pomalaa.