

## Penerapan Metode Kriging Pada Pemodelan Andesit Menggunakan Data Geolistrik Daerah Gunung Kali Songgo Kulon Progo Yogyakarta

Hidayatullah Sidiq<sup>1)</sup>, Andyono B. Santoso<sup>2)</sup>, Rizqi Prastowo<sup>3)</sup>

<sup>1),3)</sup>Jurusan Teknik Pertambangan STTNAS, Yogyakarta

<sup>2)</sup>Jurusan Eksplorasi Tambang ITS Bandung

Korespondensi: hidayatullah@sttnas.ac.id, andyono.santoso@gmail.com

### ABSTRAK

Industri pertambangan khususnya komoditas batuan seperti andesit saat ini sedang meningkat seiring peningkatan pembangunan infrastruktur berkelanjutan di Indonesia. Untuk itu perlu dilakukan eksplorasi dan estimasi sebaran andesit yang optimal, baik menggunakan data awal eksplorasi geolistrik maupun hasil pemboran. Geostatistik merupakan teknik analisis untuk mengukur distribusi suatu fenomena berdasarkan keruangan. Kriging adalah salah satu metode yang digunakan dalam analisis geostatistik dan sering digunakan untuk estimasi sumberdaya berdasarkan data kualitas hasil pemboran. Pada penelitian kali ini, kriging digunakan untuk mengestimasi sebaran andesit yang ada di daerah Kali Songgo, Kulon Progo menggunakan data resistivitas pengukuran lintasan geolistrik. Hasil dari analisis geostatistik menggunakan metode kriging dapat memberikan informasi jarak penyebaran dan volume andesit. Selain itu dapat menjadi referensi rencana pengeboran selanjutnya.

Kata kunci : Andesit, Geostatistik, Kriging

### ABSTRACT

*The mining industry, especially rock commodities such as andesite, is currently increasing along with the increasing development of sustainable infrastructure in Indonesia. For this reason, it is necessary to exploration and estimate optimal distribution of andesite, both using preliminary geoelectric exploration data and drilling results. Geostatistics is an analytical technique for measuring the distribution of a spatial phenomenon. Kriging is one method used in geostatistical analysis and is often used for resources estimation based on drilling quality data. In this study, kriging was used to estimate the distribution of andesites in the Kali Songgo area, Kulon Progo using resistivity data measuring geoelectric line. The results of the geostatistical analysis using the kriging method can provide information on the spacing and volume of the andesite. In addition, it can be a reference to drilling plan.*

*Key word : Andesit, Geostatistics, Kriging*

### 1. PENDAHULUAN

Peningkatan pembangunan infrastruktur setiap daerah di Indonesia menjadi salah satu faktor meningkatnya permintaan atas komoditas andesit dimasing-masing daerah yang memiliki potensi bahan galian andesit salah satunya di daerah Kulon Progo Yogyakarta. Sebelum dilakukan bukaan tambang perlu dilakukan kegiatan eksplorasi guna mengetahui letak posisi, penyebaran dan jumlah dari andesit yang ada pada lokasi penelitian. Agar kegiatan eksplorasi dapat berjalan dengan optimal maka perlu dilakukan interpretasi pola penyebaran andesit. Andesit merupakan komoditas batuan atau termasuk mineral industri dimana untuk melakukan penyelidikan eksplorasi dan pelaporan sumberdaya andesit itu dipandang mudah dan sederhana.

Pemodelan suatu bahan galian dapat dilakukan dengan beberapa metode pendekatan. Saat ini telah banyak metode yang dikembangkan dalam perangkat lunak (*Software*) yang dapat digunakan untuk memodelkan dan menghitung sumberdaya bahan galian, salah satunya dengan menggunakan metode geostatistika. Metode geostatistik merupakan suatu cara yang sering digunakan untuk penaksiran kadar bijih yang akurat sehingga metode tersebut menjadi populer pada industri pertambangan [7]. Metode geostatistika menggunakan beberapa teknik untuk pendekatan salah satunya adalah teknik kriging. Teknik kriging dibedakan menjadi dua, yaitu kriging linier dan kriging non linier. Salah satu contoh kriging linier adalah ordinary kriging, sedangkan salah satu contoh kriging non linier adalah indikator kriging.

Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan metode kriging yang digunakan untuk mengestimasi sebaran andesit yang ada di daerah Kali Songgo, Kulon Progo menggunakan data resistivitas pengukuran lintasan geolistrik. Dan sebagai dasar penentuan rencana pemboran untuk meningkatkan keyakinan geologi dalam penentuan kriteria sumberdaya.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan mengumpulkan dan menganalisis data resistivitas hasil pengukuran geolistrik lapangan. Merubah bentuk pengukuran lintasan menjadi titik-titik simulasi lubang bor dengan memasukan resistivitas sebagai parameter pembacaan jenis batuan. Analisis sebaran andesit dilakukan dengan menggunakan variogram dan kemudian diestimasi dengan menggunakan metode kriging.

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang dapat mengetahui kondisi geologi bawah permukaan berdasarkan sifat kelistrikan batuan. Prinsip dasar dari metode Resistivity ini adalah injeksi arus ke bawah permukaan melalui dua buah titik elektroda pada titik yang lain di sekitar aliran arus diukur sebagai respon dari media bawah permukaan [4]. Metode geolistrik membedakan jenis-jenis batuan di bawah permukaan berdasarkan kontras nilai resistivitasnya. Besarnya resistivity yang terukur akan bervariasi akibat ketidakhomogenan medium. Ketidakhomogenan ini diakibatkan oleh variasi beberapa faktor, antara lain: ukuran butir penyusun batuan, komposisi mineral batuan, kandungan air, kelarutan garam, kepadatan, dan porositas [6]. Nilai resistivity diperoleh melalui perumusan  $\rho_a$ : resistivity (ohmmeter), K: faktor geometri,  $\Delta V$ : beda potensial (mV), dan I: arus (mA).

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \quad (1)$$

Tendensi sentral merupakan teknik pengelompokan nilai yang paling banyak digunakan. Ukuran yang sering digunakan adalah rata-rata ( $m$ ) yang diperoleh dari persamaan:

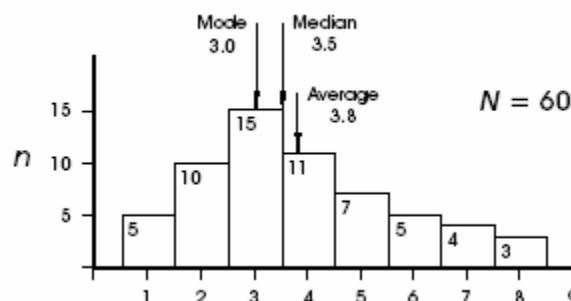
$$m = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2)$$

Jika  $n$  nilai diambil secara acak dari populasi maka rata-rata sampel adalah taksiran takbias dari mean populasi. Nilai mean ini juga diartikan sebagai ekspektasi pengambilan secara acak dari populasi.

Pada perhitungan volume, persoalan yang dihadapi adalah memperkirakan mean kadar populasi dari kadar-kadar sampel yang terbatas dan ukuran sampel yang berbeda-beda. Misalnya terdapat dua lubang bor dengan panjang inti bor yang berbeda. Mean dari dua sampel tersebut dapat ditentukan dengan pembobotan mean masing-masing dengan bobot yang proporsional terhadap volume atau massa sampel.

*Median*, salah satu ukuran tendensi sentral (biasanya digunakan untuk data yang terdistribusi tidak normal). Median yaitu nilai pertengahan data yang telah disusun dari yang besar ke yang kecil atau sebaliknya. Dengan kata lain 50% data bernilai di bawah median dan 50% lagi bernilai di atas median. Untuk jumlah data yang kecil, median menjadi taksiran yang baik untuk tendensi sentral dibandingkan dengan mean.

*Modus* adalah (interval) data yang lebih sering terjadi dibandingkan dengan (interval) data lainnya (dengan kata lain modus adalah puncak dari sebuah histogram). Walaupun nilai modus juga bisa menjadi mean atau median, tetapi ketiga ukuran tendensi sentral ini berbeda (Gambar 1). Untuk kasus distribusi normal, modus, mean, dan median akan bernilai sama.



Gambar 1 Histogram data hipotetik, dengan memperlihatkan modus, median dan rata-ratanya.

Akar dari variansi disebut simpangan baku (*standart deviation*) merupakan parameter dispersi yang lebih sering digunakan sebagai pengganti varian, karena satuannya sama dengan variabel [2]. Simpangan baku  $S$  dinyatakan dengan persamaan:

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - m)^2}{n-1}} \dots\dots\dots(3)$$

Simpangan baku menggambarkan sebaran data terhadap nilai rata ratanya. Nilai simpangan baku yang kecil menunjukkan sampel menyebar merata dan cenderung mendekati nilai rata ratanya. *Skewness* adalah kecenderungan terdapatnya ‘ekor’ dari kumpulan data. Distribusi *skewness* positif mempunyai ekor di sekitar nilai-nilai yang tinggi, sedangkan distribusi *skewness* negatif mempunyai ekor pada nilai-nilai yang rendah.

Kurtosis adalah ukuran untuk menunjukkan kecenderungan keruncingan puncak data. *Skewness* dan *kurtosis* ini jarang digunakan dalam perhitungan cadangan secara mendalam. Ukuran ini digunakan untuk menunjukkan apakah data terdistribusi normal atau tidak. Secara praktis umumnya koefisien korelasi (*CV*) digunakan untuk mengetahui tipe distribusi data.

$$CV = s / m$$

Jika *CV* kurang dari 0,5 umumnya lebih mendekati distribusi normal sedangkan jika lebih dari 0,5 umumnya data terdistribusi dengan *skewness*.

Variogram merupakan perangkat dasar dari statistik ruang (geostatistik) yang digunakan untuk mengkuantifikasi korelasi ruang antar contoh. Variogram eksperimental adalah variogram yang diperoleh dari data yang diamati atau data hasil pengukuran, sedangkan variogram model merupakan model matematis secara teoritis. Variogram merupakan suatu fungsi vektor yang dapat mengkuantifikasikan tingkat kemiripan antara dua contoh yang terpisah oleh jarak *h*. Variogram eksperimental didefinisikan sebagai setengah rerata penjumlahan selisih kuadrat pasangan data yang di nyatakan dengan persamaan berikut [2].

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

$\gamma(h)$ : Fungsi variogram.

*n* (*h*): Jumlah pasangan data

*Z*(*x<sub>i</sub>* + *h*) : Nilai kadar pada lokasi (*x<sub>i</sub>* + *h*)

*Z*(*x<sub>i</sub>*): Nilai kadar pada lokasi *x<sub>i</sub>*

*h* : Merupakan suatu vektor yang menyatakan jarak antara dua titik sesuai dengan nilai lag untuk perhitungan variogram eksperimental.

Hubungan antara variogram eksperimental dan variogram model adalah merupakan parameter kecocokan. Langkah yang dilakukan untuk mendapatkan hubungan antara variogram eksperimental dan variogram model sehingga diperoleh nilai parameter kecocokan adalah dengan cara *fitting* (pencocokan) variogram. Proses pencocokan ini disebut dengan analisis struktural (*structural analysis*).

Kriging merupakan suatu metode interpolasi yang menghasilkan prediksi atau estimasi tak bias dan memiliki kesalahan minimum. Metode estimasi ini menggunakan semivariogram yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data.

Indikator kriging adalah suatu metode estimasi dalam dunia industri tambang dan bahkan telah digunakan oleh para ahli lingkungan untuk memetakan daerah rawan bencana. Indikator kriging tidak membutuhkan asumsi normalitas data dan juga dapat digunakan untuk mengatasi data yang mempunyai outlier yang signifikan. Estimasi dengan menggunakan indikator kriging adalah nilai data tersampel akan dikodifikasi ke dalam nilai indikator berdasarkan nilai ambang batas (threshold) yang telah ditentukan. Nilai yang melebihi nilai batas yang telah ditentukan diberi kode 0, sedangkan untuk nilai yang berada di bawah ambang batas diberi kode 1. Indikator kriging tidak membutuhkan asumsi normalitas data dan juga dapat digunakan untuk mengatasi data yang mempunyai outlier yang signifikan [1].

$$I(s, z_T) = \begin{cases} 1 & \text{if } Z(s) \leq z_T \\ 0 & \text{if } Z(s) > z_T \end{cases} \dots\dots\dots(5)$$

Tujuan utama dari indikator kriging adalah estimasi distribusi *rf* yang diteliti pada titik yang tidak diamati (atau blok) dalam domain yang dipertimbangkan. Itu titik awal dari metode ini adalah fungsi indikator *I* (*s*, *Z<sub>T</sub>*) yang ditentukan, di lokasi *s* dan untuk cut-off *Z<sub>T</sub>*, sebagai fungsi biner yang mengasumsikan nilai 0 atau 1.

Menilai tingkat akurasi hasil penaksiran dari setiap metode dilakukan dengan pengujian dengan menggunakan *cross validation* [2]. *Cross validation* merupakan statistik bivariat. Metode ini menganalisis distribusi dua buah variabel yang berbeda tetapi terletak pada lokasi yang sama untuk mengetahui hubungan dan ketergantungan antar variabel. Prosedur *cross validation* dilakukan dengan cara mengambil salah satu data contoh secara bergantian dari kelompok data untuk tidak diikutkan dalam proses penaksiran. Nilai dari lokasi contoh yang

telah diambil kemudian diestimasi dengan menggunakan data contoh yang tersisa. Ketika estimasi telah dilakukan maka nilai hasil estimasi tersebut dapat dibandingkan dengan nilai data sebenarnya di lokasi data contoh yang telah dikeluarkan dari kelompok data. Selisih antara nilai data contoh dengan nilai hasil estimasi merupakan nilai kesalahan (*error*) di titik tersebut. Untuk membandingkan hasil penaksiran dari setiap metode dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter statistik yang umum digunakan yaitu: *Mean Error* (ME) dan *Mean Square Error* (MSE) [5]. Melalui persamaan rumus  $Z(S_i)$  = Nilai Pengukuran,  $\hat{Z}(S_i)$  = Nilai prediksi,  $n$  = Jumlah prediksi.

Prediksi Mean Error :

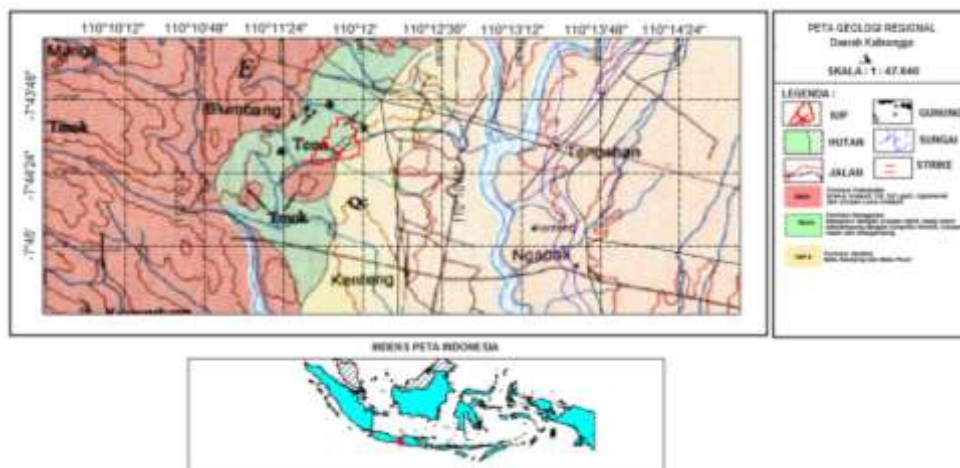
$$ME = \frac{1}{n} \sum_i^n (Z(S_i) - \hat{Z}(S_i)) \quad (6)$$

Prediksi Mean Squared Error :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_i^n (Z(S_i) - \hat{Z}(S_i))^2 \quad (7)$$

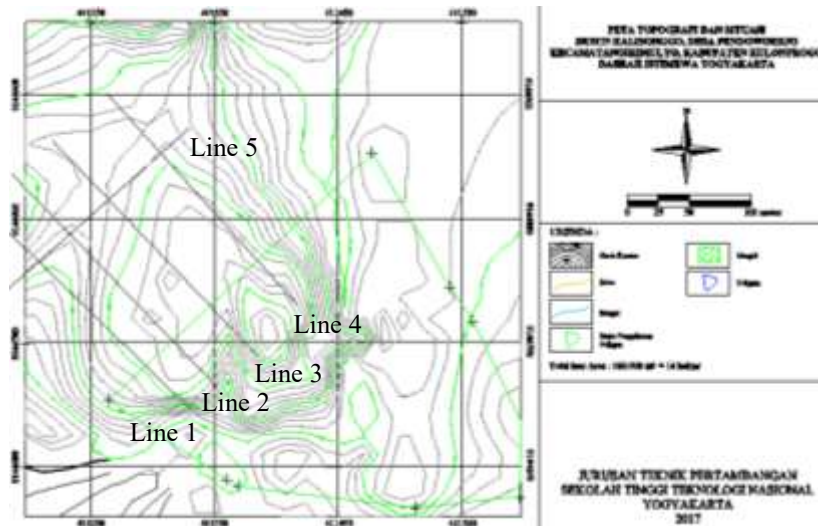
### 3. HASIL DAN ANALISIS

Lokasi penelitian terletak di gunung Kalisonggo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo, Propinsi Yogyakarta. Stratigrafi regional Pegunungan Kulon Progo dari yang tertua ke muda tersusun oleh Formasi Nanggulan, Formasi Andesit Tua, Formasi Jonggrangan, Formasi Sentolo dan Endapan Aluvial.



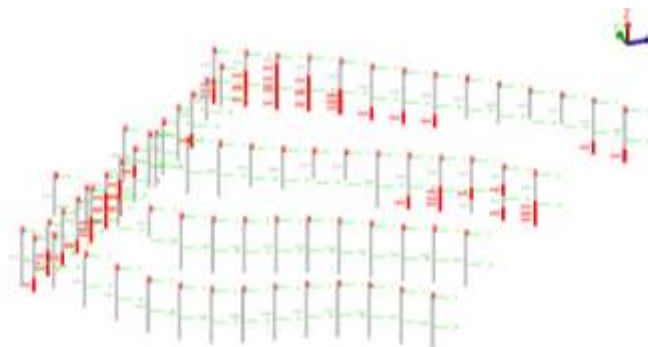
Gambar 1. Peta geologi regional wilayah penelitian di Kulon Progo

Pengukuran geolistrik metode dipole dipole dilakukan di wilayah perbukitan gunung Kalisonggo, Kecamatan Girimulyo, Kabupaten Kulon Progo. Pengukuran geolistrik menggunakan metode dipole dipole sebanyak 5 line, dengan panjang 1 line yaitu  $\pm 140$  m dengan kedalaman  $\pm 17$  m. Penentuan line geolistrik berdasarkan data singkapan andesit dan melihat kondisi lapangan, serta untuk mengetahui beberapa wilayah yang tidak dijumpai adanya singkapan andesit. Jarak pengukuran antar line 1-2 adalah 36 m, jarak line 2 dan 3 adalah 43 m, dan jarak line 3-4 adalah 56 m. sedangkan line 5 sebagai cross line 1-4 seperti pada gambar 2 lintasan geolistrik.



Gambar 2. Peta lintasan geolistrik

Pengukuran geolistrik yang berupa lintasan kemudian diubah menjadi simulasi titik pemboran setiap 10 m dari lintasan. Jadi dalam 5 lintasan dengan masing-masing lintasan 140 m maka memiliki jumlah titik sebanyak 70 titik disimulasikan sebagai lubang bor. Resistivitas  $\geq 1.000$  pada simulasi bor diindikasikan dengan warna merah seperti pada gambar 3 berikut.



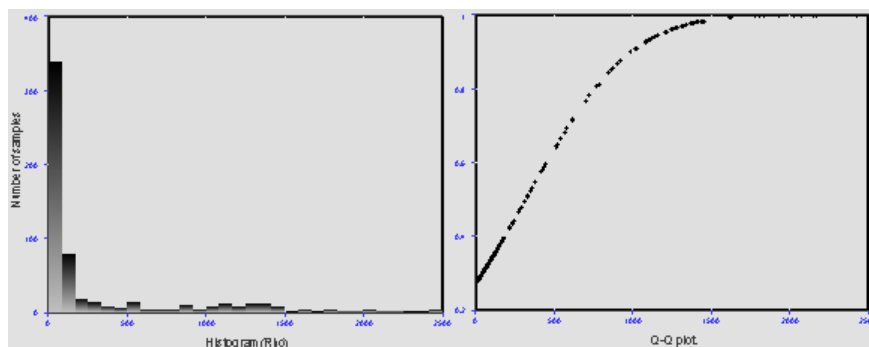
Gambar 3. Simulasi lintasan geolistrik menjadi titik bor

Dari setiap titik lintasan tersebut memiliki nilai data resistivitas yang menunjukkan indikasi andesit yaitu pada tahanan jenis  $\geq 1.000$  ohm m. (untuk mempermudah perhitungan resistivitas maka 1000 ohm m dirubah menjadi 1 satuan). Dengan kedalaman resistivitas yang diambil  $\pm$  per 4,8 meter maka jumlah sample resistivitas yang digunakan 336 dengan perhitungan statistik seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Sari numerik dari data resistivitas lintasan geolistrik

Parameter	Resistivitas
Jumlah data	336
Max	2,65
Min	0,10
Mean	0,37
Median	0,06
standar deviasi	0,63
koefisien variasi	1,70

Dari data statistic diatas kemudian dibuat histogram dan grafik Q-Q plot seperti pada gambar 4. Dimana data histogram tersebut dapat menunjukkan bahwa sebaran data terdistribusi tidak merata. Sedangkan grafik Q-Q plot menunjukkan frekuensi kesenjangan data (outlier) yang besar, dapat juga dilihat dari koefisien variasi lebih besar  $> 1$ . Untuk data ini seperti pada tabel 1, nilai koefisien variasi adalah 1,7. Menurut [3] bahwa jika nilai koefisien variasi lebih dari 1,5 maka dapat menggunakan prosedur estimasi kriging non linier salah satunya adalah Indikator Kriging (IK).



Gambar 4. a) Histogram data statistik resistivitas.  
b) kumulatif frekuensi resistivitas dan koreksi untuk outliers

Kemudian dari data tersebut dilakukan studi variogram untuk mendapatkan parameter sill, nugget, dan range untuk mengetahui korelasi spasial resistivitas antar conto. Analisis variogram menggunakan aplikasi geostatistik dari 3DMine Software. Studi variogram eksperimental dilakukan dalam berbagai arah pencarian directional dan omni. Sedangkan luas daerah pencarian dinyatakan dengan angle tolerance dan parameter jarak antar conto (*lag size*). Fitting model variogram teoritis dilakukan sebagai proses pencocokan antara variogram eksperimental dengan model variogram yang sesuai. Model variogram yang digunakan dalam penelitian ini adalah model eksponensial, karena sesuai dengan lag dari experimentalnya seperti pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Nilai Nugget, sill dan range pada model variogram eksponensial

Parameter	Resistivitas
Model Variogram	Eksponensial
Nugget Variance	0
Sill	0.41
Range	23.7

Setelah mendapatkan parameter nugget, sill dan range dari analisis variogram kemudian lakukan penaksiran menggunakan Indikator Kriging (IK). Jika untuk membandingkan hasil dari penaksiran IK maka bias menggunakan metode penaksiran konvensional yaitu Inverse Distance Weight (IDW). Kemudian lakukan cross validasi menggunakan metode mean error (ME) dan mean square error (MSE) seperti pada tabel 3.

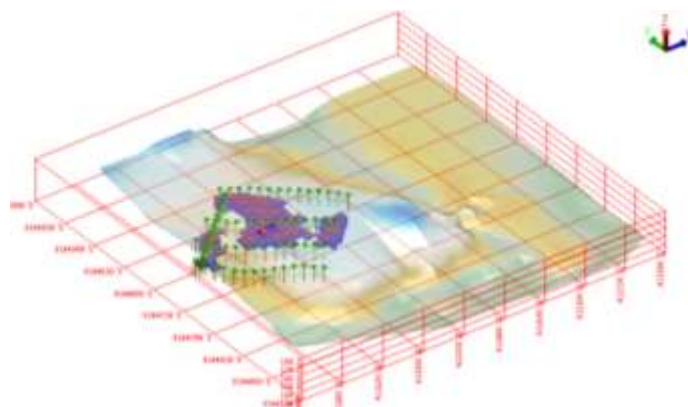
Tabel 3. Hasil penaksiran menggunakan IK dan IDW power 2

Parameter	ME	MSE
Indikator Kriging	0	0.068
Iverse Distance (P2)	0.0061	0.0904

Hasil cross validasi yang dipilih adalah yang ME dan MSE nya mendekati 0, artinya nilai prediksi mendekati nilai pengukuran. Nilai ME dan MSE yang terkecil adalah penaksiran menggunakan IK.

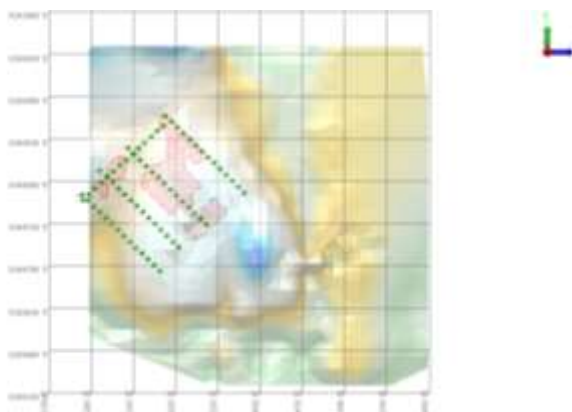
Kemudian untuk mengetahui bentuk dan sebaran dari data tersebut menggunakan block model yang di estimasi menggunakan metode IK. Ukuran block model yang digunakan adalah 10mx10mx2m sesuai dengan jarak antar titik. Hasil block model dapat dilihat pada gambar 5. Volume dari block model hasil estimasi sebesar 77.900 m<sup>3</sup> atau jika dikalikan dengan densitas andesit 2,6 maka volume nya adalah 202.540 Ton.





Gambar 5. Hasil Block model Andesit menggunakan estimasi IK

Selain untuk data penaksiran metode IK, variogram juga menghasilkan range atau prediksi radius penyebaran andesit. Dilihat dari angka variogramnya maka radius penyebara andesitnya adalah 23,7. Maka jika ingin melakukan rencana eksplorasi detail menggunakan pemboran dapat mempertimbangkan radius dari analisis geostatistik. Radius penyebaran andesit dari data resistivitas dilihat terdapat zona merah yang ditampilkan pada gambar 6.



Gambar 6. Radius penyebara andesit hasil estimasi geostatistik menggunakan data resistivitas

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian ini adalah :

1. Metode Indikator Kriging dapat digunakan untuk mengatasi data *outlier* tanpa harus melakukan *cut-off* data resistivitas hasil pengukuran geolistrik.
2. Radius penyebaran andesit dari data resistivitas pengukuran geolistrik sejauh 23,7 meter.
3. Volume dari block model andesit yang diestimasi menggunakan IK sebesar 202.540 Ton.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Awali A.A, Yasin H., Rahmawati R., Estimasi Kandungan Hasil Tambang Menggunakan Ordinary Indicator Kriging, JURNAL GAUSSIAN, 2013, Volume 2, Nomor 1. Hal 1-10.
- [2] Isaak, and Srivastava, Applied Geostatistics, Oxford University Press, New York, 1989.
- [3] Kim, Y. C., *Advanced Geostatistics for Highly Skewed Data*, Department of Mining and Geological Engineering, Arizona University, 1988.
- [4] Loke M. H., *Introduction to Resistivity Surveys*. Penang, Malaysia, 1999.
- [5] Montero J.M, Fernandes G, dkk, 2015, *Spatial and Spatio-Temporal Geostatistical Modeling and Kriging*, John Wiley & Sons, United Kingdom, 2015.
- [6] Oriza satifa, Eksplorasi Batuan Beku Dengan Metode Geolistrik Untuk Mengetahui Sebaran Serta Volumennya Dalam Iup Pt. Birawa Pandu Selaras, PROSIDING TPT XXII PERHAPI, 2013.
- [7] Sulistyana W.B, Modul Kuliah Geostatistik, Magister Teknik Pertambangan, Yogyakarta, 2006.