

ESTIMASI SUMBERDAYA NIKEL MENGGUNAKAN METODE *INVERSE DISTANCE WEIGHT* PT ANG AND FANG BROTHERS

ESTIMATION OF NICKEL RESOURCES, INVERSE DISTANCE WEIGHT METHOD PT ANG AND FANG BROTHERS

Alam Budiman Thamsi^{1*}, Izzulhaq Ainunnur², Habibie Anwar³, Muhammad Aswadi⁴

^{1,2,3}Teknik Pertambangan, Universitas Muslim Indonesia; Jl. Urip Sumoharjo No.Km.5, Panaikang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia, 90231; (0411) 455696

⁴Teknik Geologi, Universitas Tadulako; Jl. Soekarno Hatta No.Km. 9, Tondo, Kota Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia, 94148; (0451) 422611

Received: 2022, September 1st

Accepted: 2023, January 3rd

Keywords:

Coefficient of variation;
IDW;
Resources estimation;
RKSD;
PT AFB.

Correspondent Email:

alambudiman.thamsi@umi.ac.id

How to cite this article:

Thamsi, A.B., Ainunnur, I., Anwar, H., & Aswadi, M. (2023). Estimasi Sumberdaya Nikel Menggunakan Metode *Inverse Distance Weight* PT Ang and Fang Brothers. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 09(01), 5-17.

Abstrak. Estimasi sumberdaya nikel sangat penting diketahui agar dapat menjadi dasar dalam perencanaan tambang. *Inverse Distance Weight* (IDW) memiliki prinsip yaitu dengan dilakukan pembobotan titik data yang didasarkan pada penyebaran kualitas, blok yang akan ditaksir dari bobot penaksir, dan hubungan ruang letak terhadap bobot sampel. Tujuan penelitian ini agar mengetahui arah sebaran, jumlah sumberdaya nikel menggunakan IDW dan klasifikasi sumberdaya pada zona *Cut Off Grade* (COG) 1,3%. Pemilihan metode estimasi didasari analisis statistik dan geostatistik, jika koefisien variasi dibawah 1,5 dan selisih *sill* terhadap *nugget* diatas 50% maka penggunaan IDW baik digunakan. Metodologi penelitian ini menggunakan metode IDW yang didasari statistik dan geostatistik, berawal dari analisis statistik *univarian*, statistik spasial, statistik *bivarian* dan estimasi sumberdaya serta pengklasifikasian menggunakan standar *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD). Zona saprolit memiliki kualitas kadar diatas COG 1,3% dengan koefisien variasi 0,185 dan selisih *sill* dan *nugget* 72%, hubungan antar data aktual dan data spasial yaitu cukup baik karena koefisien korelasi bernilai 0,53 dan RMSE 0,28 yang artinya tingkat kesalahan data terbilang rendah. Arah sebaran nikel pada Blok Mawar PT. Ang and Fang Brothers ialah dari barat daya ke timur laut dengan jumlah sumberdaya menggunakan metode IDW didapatkan volume 239.882,81 m³, tonase 377.276,05 ton dan kadar rata-rata nikel 1,58 % dan zona saprolit merupakan sumberdaya terukur berdasarkan RKSD.

Abstract. It is essential to know nickel resource estimation to be used as a standard for mine planning. *Inverse distance weight* (IDW) has a principle that is by weighting the data points based on the distribution of quality, the block to be estimated from the weight of the estimator, and the relationship between the layout and the weight of the sample. This study aimed to determine the direction of distribution, the amount of nickel resources using IDW, and the classification of resources in the 1.3%

© 2023 JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi). This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Cut Off Grade (COG) zone. The choice of the estimation method is based on statistical and geostatistical analysis. If the coefficient of variation is below 1.5 and the difference between sill and nugget is above 50%, then IDW is good. This research methodology uses the inverse distance weight method based on statistics and geostatistics, starting from univariate statistical analysis, spatial statistics, bivariate statistics, and resource estimation and classification using the (Relative Kriging Standard Deviation) RKSD standard. The saprolite zone has a grade quality above 1.3% COG with a coefficient of variation of 0.185 and a sill and nugget difference of 72%. The relationship between actual and spatial data is quite good because the correlation coefficient is 0.53 and RMSE 0.28, which means the data error rate is low. The direction of nickel distribution on the rose block PT. Aang and Fang Brothers are from southwest to northeast with the amount of resources using the IDW method, and the volume is 239,882.81 m³, tonnage 377,276.05 tons, and the average nickel content is 1.58%, and the saprolite zone is a measured resource based on the RKSD.

1. PENDAHULUAN

Nikel menempati urutan kedua setelah mangan yang merupakan bahan paduan logam, dimana keberadaannya diperkirakan 3% dalam inti bumi dan 0,003% dalam kerak bumi. Nikel diproduksi dari proses daur ulang scrap baja tahan karat dan baterai bekas yang anodanya menggunakan paduan nikel (Mariana, 2018).

Jika selisih antara *nugget* dan *sill* itu di atas 50% maka metode *kriging* tidak menghasilkan penaksiran yang akurat dan lebih baik menggunakan *Inverse Distance Weight* (IDW) saat mengestimasi sumberdaya, dan jika *nugget* mendekati *sill* maka taksiran *kriging* sama halnya dengan aritmatika biasa sehingga lebih baik memakai poligon (Bargawa, 2018a).

Thamsi (2016) melaporkan bahwa prinsip penaksiran IDW ialah dengan dilakukan pembobotan titik data yang didasarkan pada penyebaran kualitas, blok yang akan ditaksir dari bobot penaksir, dan hubungan letak ruang antar bobot sampel.

Sumberdaya, sebaran endapan, kualitas dan kuantitas endapan nikel laterit harus diketahui agar kegiatan pertambangan sampai ke investasi dapat terstruktur. Dengan dilakukannya estimasi sumberdaya nikel menggunakan IDW dapat mengetahui sebaran nikel, kadar rata-rata, dan jumlah tonase nikel. Data yang didapatkan dari kegiatan eksplorasi di Blok Mawar PT. Ang and Fang Brother site Lalampu Kecamatan

Bahodopi, Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah akan dilakukan penelitian untuk mengetahui arah sebaran nikel dan menghitung jumlah sumberdaya nikel laterit di area blok zona *Cut Off Grade* (COG) 1,3% beserta klasifikasi sumberdaya menggunakan *relative kriging standard deviation* yang merupakan perbandingan nilai standar deviasi terhadap nilai estimasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Statistik Univarian

Analisis statistik univarian merupakan Analisis deskripsi suatu variabel maupun kumpulan populasi variabel yang menggambarkan karakteristik variabel data dari nilai deskripsi seperti nilai rata-rata, median, nilai maksimum, nilai minimum, koefisien variasi, simpangan baku dan *skewness*. Penyebaran suatu variabilitas dari suatu populasi terlihat pada nilai simpangan baku dan variansi (Kurniawan & Amri, 2019).

Koefisien variasi dijadikan landasan dalam estimasi sumberdaya, jika koefisien variasi setara atau di bawah 1,5 maka penggunaan metode IDW dan *ordinary kriging* baik digunakan dalam mengestimasi sumberdaya (Ramadhan dkk., 2022).

Dalam mendapatkan nilai rata-rata sebagai bentuk data 2 dimensi dan penggambaran distribusi data aktual

diperlukan komposit *assay* dengan persamaan berikut (Purnomo, 2018).

$$\bar{g} = \sum_{i=1}^n \frac{t1.g1}{ti} \quad (1)$$

2.2. Statistik Spasial

Pendugaan terhadap data spasial mempertimbangkan letak ruang sampel, semakin dekat data yang ditaksir maka nilainya akan kemungkinan hampir sama dibanding letak taksiran yang berjauhan maka alat statistik dalam menduga letak ruang data taksiran memakai variogram (Rozalia dkk., 2016).

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

Persamaan di atas digunakan hanya pada jarak pendugaan yang sama untuk data yang beraturan dan memiliki arah 0 sedangkan data yang cenderung tidak beraturan maka perlu ada toleransi (Yulhendra & Anaperta, 2013).

Variogram sering digunakan sebagai alat analisis geostatistik dengan mempertimbangkan korelasi data untuk mengetahui besaran titik sampel terhadap ruang letak titik sampel yang tidak tertaksir (Kurnianto dkk., 2019).

2.3. Statistik Bivarian

Validasi silang dengan metode *scatterplot* merupakan metode analisis statistik bivarian yang menggambarkan keterikatan suatu variabel dalam suatu populasi dimana koefisien korelasi mendekati nilai 1 atau -1 akan dikatakan hubungan dua variabel yang berbeda pada lokasi yang sama dinyatakan baik dan ketika nilai korelasi mendaki 0 maka hubungannya tidak memiliki keterikatan (Ersyad dkk., 2018).

Root Mean Square Error (RMSE) sebagai alat dalam membandingkan tingkat kesalahan data terhadap data aktual dan RMSE yang mendekati 0 memiliki tingkat kesalahan data rendah, Adapun persamaan RMSE berikut (Wang & Lu, 2018).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n tn - fn}{tn}} \quad (3)$$

2.4. Inverse Distance Weight (IDW)

Interpretasi IDW umum digunakan dalam penaksiran sumberdaya khususnya pertambangan, besaran suatu taksiran dipengaruhi oleh jarak dan bobot secara signifikan akan berubah berdasarkan jarak pada titik penaksir dan titik yang ditaksir (Rafsanjani dkk., 2016).

Pada estimasi kadar sumberdaya memiliki persamaan yang sama untuk metode IDW, *Nearest Neighbor Point* (NNP) dan *Ordinary Kriging* (OK) dalam menaksir suatu kadar sebagai berikut (Sulistiyana dkk., 2012).

$$Z^* = \sum_i w_i z_i \quad (4)$$

IDW memiliki pembobotan terhadap jarak penaksiran, nilai bobot power yang besar akan mendekati nilai taksiran NNP dan semakin kecil pembobotan power terhadap jarak maka nilai semakin mendekati nilai OK, Adapun persamaan bobot terhadap jarak penaksiran IDW sebagai berikut (Bargawa, 2018a).

$$w_i = \frac{\left(\frac{1}{d_i^k}\right)}{\sum \frac{1}{d_i^k}} \quad (5)$$

2.5. Klasifikasi Sumberdaya

Dalam penelitian Blackwell (1998), jika nilai RKSD (*relative kriging standard deviation*) di bawah 0,3 maka masuk dalam sumberdaya tereka, jika nilai RKSD di antara 0,3 sampai 0,5 maka masuk dalam sumberdaya tertunjuk, dan jika nilai RKSD diatas 0,5 maka masuk dalam sumberdaya terukur. Adapun persamaan RKSD tersebut ialah (Conoras, 2017).

$$RKSD = 1,96 \cdot \left(\frac{\sigma_E}{Z^*}\right) \quad (6)$$

Sumberdaya merupakan keterdapatan suatu endapan mineral, dimana kadar, jumlah, tonase, sebaran nikelnya dapat diketahui dan klasifikasi sumberdaya mineral terbagi menjadi 3 klasifikasi yaitu (Standar Nasional Indonesia, 2019).

2.5.1. Sumberdaya Tereka

Keterdapatan mineral dimana dimensi, sebaran, ukuran, volume, tonase dan kadar dapat diketahui dengan jarak pengambilan

informasi yang sangat jauh dan tingkat keyakinan geologi yang rendah.

2.5.2. Sumberdaya Tertunjuk

Keterdapat dimensi, sebaran, ukuran, volume, tonase dan kadar dapat diketahui dengan jarak pengambilan informasi yang cukup baik dan tingkat keyakinan geologi yang cukup detail.

2.5.3. Sumberdaya Terukur

Keterdapat dimensi, sebaran, ukuran, volume, tonase dan kadar dapat diketahui dengan jarak pengambilan informasi yang dekat dan tingkat keyakinan geologi yang tinggi.

2.6. Konsep Model Blok

Model blok merupakan bentuk interpretasi sumberdaya dimana setiap blok-blok memiliki nilai kadar, densitas, jenis batuan, dan lain-lain. Blok-blok tersebut memiliki ukuran yang sama dan peubah variabel berdasarkan topografi, kadar dan densitasnya (Bargawa, 2018b).

Blok model yang terbentuk merupakan fungsi geometri pada mineralisasi suatu endapan dan blok model mencakupi seluruh ruang bijih serta topografi area blok interpretasi (Ladianto dkk., 2021).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan analisis statistik dan geostatistik sebagai perangkat analisis dalam menggambarkan distribusi data dan karakteristik mineralisasi sebelum mengestimasi sumberdaya, estimasi sumberdaya akan dipakai metode IDW yang didasari dari analisis statistik dalam penentuan metode estimasi. Metode estimasi IDW merupakan metode yang dipengaruhi oleh jarak, titik taksiran dan ruang letak sampel taksiran.

Data-data yang perlu disiapkan sebelum melakukan pengolahan data, diperlukan *database* yaitu *collar*, *assay*, geologi, *survey* dan topografi. *Database* tersebut didapatkan pada kegiatan pengeboran eksplorasi.

3.1. Tahap Pengambilan Data

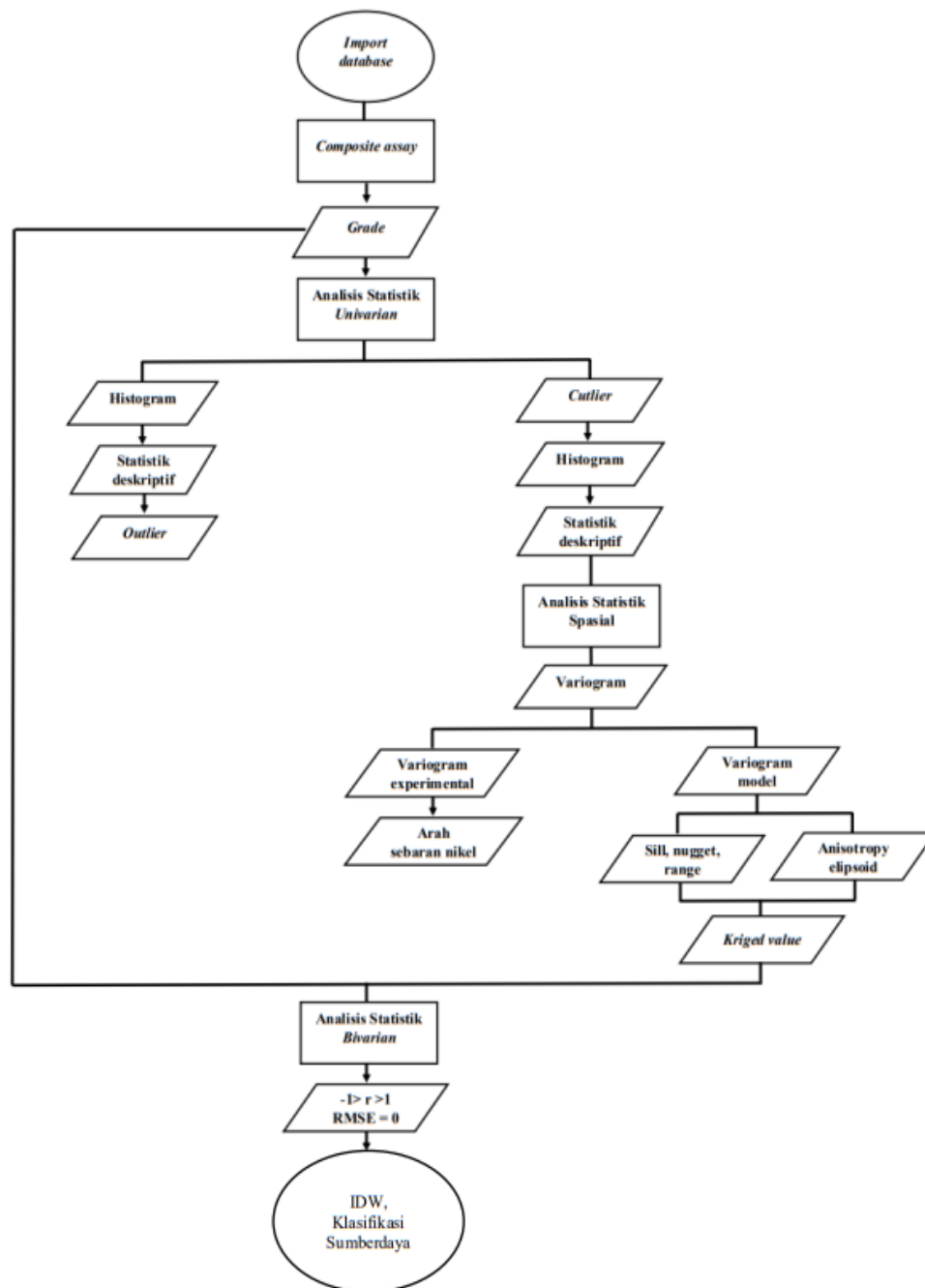
Aktivitas yang dilakukan pada saat penelitian dalam pengumpulan data terdapat empat kegiatan penting untuk

pengambilan *database*, adapun aktivitas tersebut ialah, *survey stake out* dalam menentukan titik rencana pengeboran, pengeboran dengan sistem *coring* dalam mendapatkan sampel untuk mengidentifikasi *core* dan analisis kadar *core*, preparasi dalam pengolahan sampel, analisis kadar pada perwakilan dari *core*.

3.2. Tahapan Penelitian

Komposit *assay* adalah tahapan awal yang dilakukan untuk mendapatkan hasil data yang aktual pada suatu sumberdaya yang diperoleh dari data pengeboran. Statistik *univarian* akan menggambarkan sifat distribusi dengan menampilkan statistik deskriptif data yaitu nilai *mean*, *median*, koefisien variasi, simpangan baku, *skewness* dan penggambaran distribusi data dengan menampilkan histogram. Ketika nilai *skewness* dan nilai *median* terhadap *mean* jauh berbeda maka kemungkinan kesalahan data terjadi sehingga dilakukan interval kepercayaan untuk memotong nilai galat.

Variogram merupakan penggambaran karakteristik mineralisasi. *Fitting* variogram model terhadap variogram eksperimental untuk mengetahui jarak korelasi data dan sifat variasi data, dimana *range* yang terbentuk merupakan jarak maksimal penaksiran. Data aktual dan data spasial yang didapatkan dari analisis statistik dan geostatistik kemudian dilakukan *cross-validation* untuk melihat hubungan keterikatan dua variabel yang berbeda pada lokasi yang sama. Keterikatan yang baik pada dua variabel pada lokasi yang sama dan akurat maka parameter layak dijadikan sebagai parameter estimasi. Parameter tersebut telah mempertimbangkan ruang letak dan arah sebaran data. Setelah sumberdaya didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan standar deviasi dari distribusi data estimasi IDW pada statistik deskriptif hasil estimasi sebagai parameter dalam menghitung *Relative Kriging Standard Deviation* (RKSD). Hal ini dapat dijadikan dasar dalam mengklasifikasikan sumberdaya.



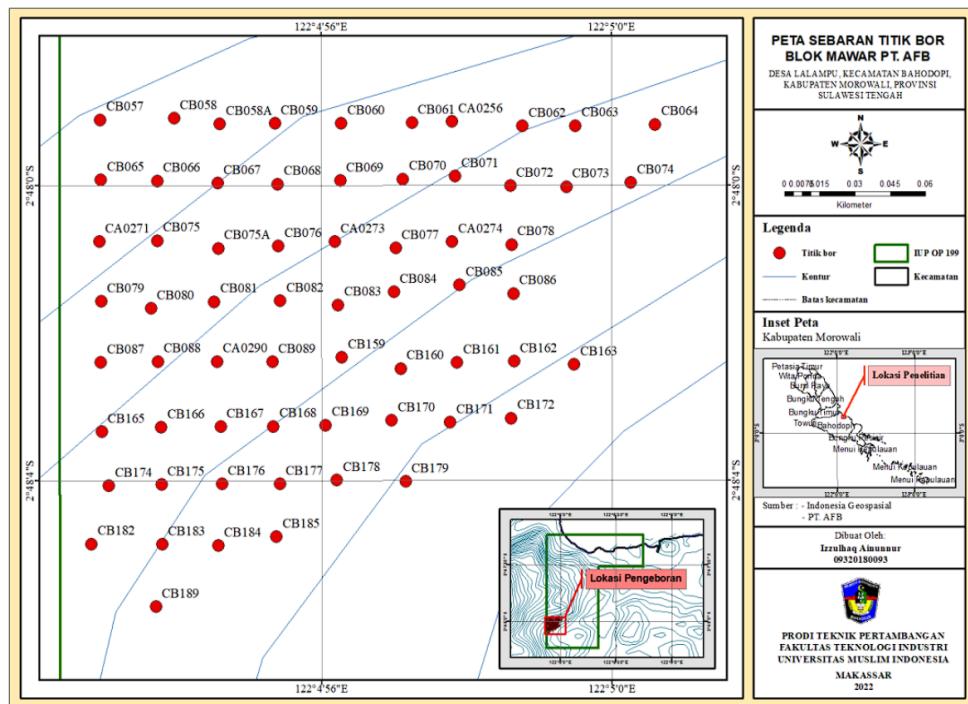
Gambar 1. Bagan alir penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sebaran Titik Bor

Pada kegiatan explorasi di Blok Mawar IUP 199 PT. AFB diperoleh sebaran titik bor yang beraturan dengan total jumlah titik bor 64 titik (**Gambar 2**). Spasi pengambilan data atau pengeboran adalah 25 meter. Hal ini

merupakan pengambilan data yang detail dan dimasukkan ke dalam sumberdaya terukur seperti dijelaskan pada SNI 2011 tentang pelaporan eksplorasi sumberdaya dan cadangan mineral. Disebutkan bahwa sumberdaya terukur tidak lebih dari 50 meter dalam mengumpulkan informasi.



Gambar 2. Peta sebaran titik bor.

4.2. Composite Downhole

Sebelum melakukan analisis dan mencari jumlah sumberdaya perlu dilakukan pengkorelasian dari atribut dan nilai-nilai yang dimasukkan pada data bor, dimana sebelumnya telah meng-import database sebelum menjadi batang bor 3 dimensi di software *X* (Geostatistik tambang). Jenis database ialah *assay*, *collar*, *survey* dan geologi.

4.3. Analisis Statistik Univarian

Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan suatu distribusi matematika untuk mengetahui nilai rata-rata dan perbedaan masing-masing nilai terhadap *mean*. Nilai yang muncul ketika dilakukan analisis statistik ialah nilai *mean*, variansi, standar deviasi dan koefisien variasi, nilai-nilai tersebut menjadi parameter dalam pembentukan grafik distribusi berupa histogram. Grafik histogram yang muncul merupakan penggambaran distribusi data yang memiliki maksud untuk memberikan gambaran keseluruhan, bentuk distribusi, dan memudahkan untuk mengetahui kesalahan data. Histogram yang muncul merupakan

histogram *outlier* yang artinya masih ada kemungkinan kesalahan data sehingga perlu dilakukan *cutlier* untuk menghilangkan kesalahan data tersebut agar tidak terjadi kesalahan pada saat melakukan analisis statistik spasial. Perlu membatasi batas kesalahan yang mungkin terjadi dengan persamaan berikut.

$$CI\ 95\% = \bar{x} + 2S \quad (7)$$

Hasil analisis statistik deskriptif pada **Tabel 1** merupakan statistik deskriptif *outlier*, dimana terdapat jumlah sampel, *variance*, *mean* dan *coefficient of variance* yang dimana nilai-nilai tersebut akan menjadi nilai parameter pada estimasi sumberdaya. Nilai *skewness* merupakan nilai kesimetrisan data, dimana nilai 0 (nol) merupakan nilai simetris data. Pada **Tabel 1** memiliki nilai *skweness* yang masih terbilang baik karena tidak terlalu jauh dari angka 0 (nol) dan selisih *mean median* tidak terlalu jauh bahkan hampir mendekati sehingga kemungkinan kesalahan terbilang kecil. Nilai median terhadap nilai rata-rata memiliki perbedaan walau tidak jauh. Walaupun demikian maka tetap dilakukan *cutlier* menggunakan nilai interval kepercayaan,

dimana interval kepercayaan menggunakan Persamaan (7). Sebelum melakukan analisis statistik spasial maka perlu mengetahui nilai *error* pada analisis statistik agar tidak mengganggu atau merusak nilai pada saat memunculkan variogram eksperimental untuk melakukan *fitting* variogram, maka perlu dilakukan *cutlier* pada histigrom untuk

memotong atau menghilangkan nilai *error* tersebut dan untuk mengetahui nilai *error* yang kemungkinan terjadi dimasukkan persamaan interval kepercayaan pada Persamaan (7). Setelah menaksir batas kesalahan yang mungkin terjadi dengan persamaan interval kepercayaan maka,

Tabel 1. Statistik deskriptif outlier.

	Limonit	Saprolit	Batuan Dasar
<i>Minimum value</i>	0	0,3	0
<i>Maximum value</i>	1,8	3,24	1,59
<i>Mean</i>	0,790411	1,612574	0,629378
<i>Median</i>	0,72	1,557	0,57
<i>Geometric Mean</i>	-	1,564245	-
<i>Variance</i>	0,077194	0,154681	0,104737
<i>Standard Deviation</i>	0,277837	0,393295	0,32363
<i>Coefficient of variation</i>	0,35151	0,243892	0,514206
<i>Skweness</i>	0.424170	0.637933	0.569368

Pada **Tabel 2** memperlihatkan nilai batas kemungkinan kesalahan atau nilai *error* pada statistik deskriptif *outlier* pada setiap zonasi berada pada nilai maksimum 0,945 (limonit), 1,922 (saprolit), 0,838 (batuan dasar), sehingga di atas nilai maksimum yang didapatkan merupakan nilai galat atau pencilan yang akan mengganggu atau

merusak nilai distribusi agar tidak mengganggu analisis statistik berikutnya. Setelah nilai batas kesalahan tersebut telah didapatkan kemudian memunculkan Kembali statistik deskriptif distribusi data yaitu statistik deskriptif *cutlier*, dimana data kemungkinan besar sudah baik.

Tabel 2. Interval kepercayaan.

Limonit	Saprolit	Batuan dasar
0,945	1,922	0,838

Sebelum mencari statistik deskripsi distribusi data maka perlu dilakukan *cutlier* dengan interval kepercayaan, nilai interval kepercayaan akan menormalkan distribusi sesuai dengan distribusi data tersebut. Untuk mengidentifikasi kesalahan distribusi atau nilai *error* maka perlu memperhatikan nilai *median* dan nilai rata-rata distribusinya, jika nilai *median* terhadap rata-rata sangat jauh berarti ada nilai *error* atau galat pada suatu distribusi data. Begitupun dengan nilai *skewness*, *skewness* merupakan nilai kesimetrisan suatu distribusi data, jika nilai *skewness* mendekati 0 maka distribusi datanya normal dan nilai *skewness* mendekati 2 maka distribusi data tidak

normal dan perlu dilakukan *cutlier* dengan interval kepercayaan.

Pada **Tabel 3** merupakan nilai dari hasil statistik deskriptif pada distribusi data *cutlier*, dimana koefisien variasi disetiap zonasi yaitu -0,32 (limonit), -0,57 (saprolit), dan -0,11 (batuan dasar) yang memiliki arti bahwa penggunaan IDW dan kriging bagus digunakan dalam menaksir sumberdaya karena koefisien variasi di bawah 1,5. Nilai *mean* dan *median* tidak memiliki perbedaan yang jauh, begitupun *skewness* pada statistik deskriptif histogram *cutlier* menunjukkan nilai yang sangat mendekati nilai 0 (nol) sehingga distribusi datanya normal.

Tabel 3. Statistik deskriptif *cutlier*.

	Limonit	Saprolit	Batuan Dasar
Minimum value	0	0,300000	0
Maximum value	0,944799	1,921936	0,838852
Mean	0,728385	1,552965	0,568330
Median	0,720000	1,557000	0,570000
Geometric Mean	-	1,521739	-
Variance	0,036875	0,082962	0,054113
Standard Deviation	0,192028	0,288030	0,232622
Coefficient of variation	0,263635	0,185471	0,409307
Skweness	-0,317245	-0,574255	-0,109724

4.4. Analisis Statistik Spasial

Pada analisis variogram akan dilakukan *fitting* variogram horizontal dan variogram vertikal nilai *major*, *semi major* dan *minor* untuk mengetahui *elipsoid anisotropy* pada sebaran kadar endapan nikel laterit, selain itu dapat mengetahui arah sebaran nikel laterit berdasarkan variogram *maps* yang terbentuk. Pada nilai *range* akan digunakan sebagai nilai radius pada saat melakukan penaksiran sumberdaya, adapun *sill* dan *nugget* dijadikan selisih untuk menentukan estimasi apa yang lebih cocok untuk digunakan.

Dalam melakukan pengkorelasian data spasial diperlukan pemunculan variogram untuk mencari parameter korelasi spasial data, variogram yang muncul pada analisis statistik spasial terdapat 2 jenis variogram yaitu variogram eksperimental dan variogram model. Variogram eksperimental terbentuk berdasarkan pendugaan suatu kadar terhadap pendugaan letak ruang data taksiran, sedangkan variogram model dilakukan pencocokan nilai terhadap variogram eksperimental yang nantinya terdapat nilai *sill*, *nugget* dan *range*. Dari tiga zona *lithologi* nikel laterit, saprolit merupakan zona yang memiliki kadar rata-rata diatas COG 1,3%.

Analisis variogram merupakan analisis statistik spasial, dimana atribut analisis merupakan variogram. Pada analisis

menggunakan variogram, variogram terdapat 2 jenis yaitu variogram eksperimental dan variogram model. Variogram eksperimental merupakan variogram yang terbentuk berdasarkan sebaran kontinuitas suatu kadar, sedangkan variogram model merupakan pencocokan nilai variogram eksperimental karena kedua jenis variogram memiliki nilai kecocokan yang sama. Nilai hasil variogram model merupakan nilai parameter geostatistik untuk estimasi, nilai-nilai tersebut seperti *sill*, *nugget*, *range*, *mayor* dan *minor* pada *ellipsoid factor*. Nilai *range* merupakan jarak radius maksimum pada saat mengestimasi sumberdaya karena *range* merupakan nilai jarak dimana data tersebut berkorelasi.

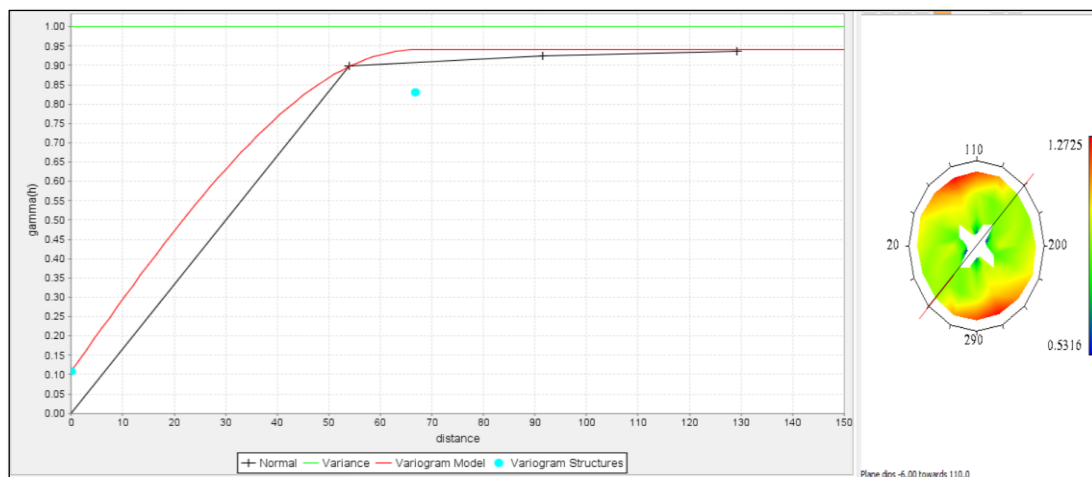
Pada (**Gambar 3**) merupakan variogram aktif horizontal saprolit dan juga arah variogram aktif yang menjadi penentu sumbu *major* dari *ellipsoid*. Untuk variogram *map* yang muncul merupakan arah sebaran endapan nikel laterit yaitu dari barat daya ke timur laut. Variogram eksperimental memunjukkan bahwa penyebaran nikel terhadap ruang letak sampel memiliki kurva variogram yang stasioner karna penyebaran secara berulang memiliki bentuk penyebaran yang sama. Variogram eksperimental yang muncul juga menunjukkan bahwa penyebaran nikel dari barat daya ke timur laut sangat baik karena nilai kadar terhadap ruangnya terus naik,

dari karakteristik penyebaran ini bisa disimpulkan bahwa laterit nikel yang mengikuti arah sebarannya akan semakin naik dikarenakan terkumpulnya laterit nikel mengikuti arah sebarannya.

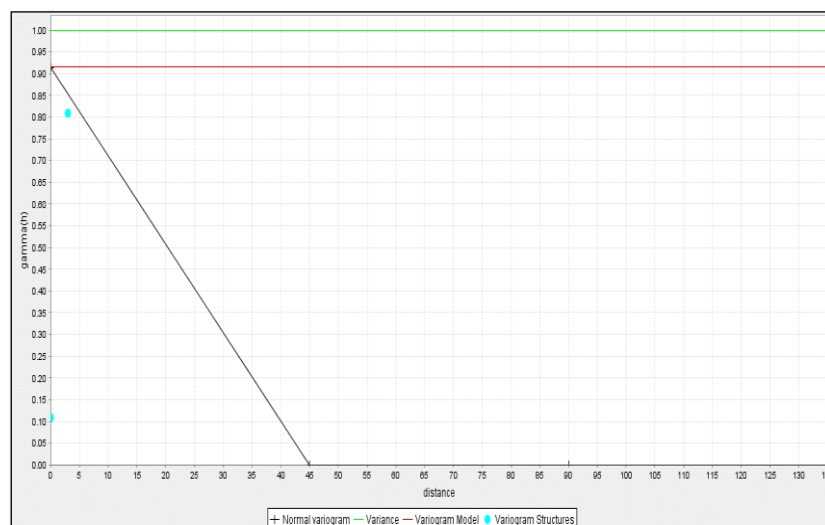
Pada (**Gambar 4**) merupakan variogram aktif secara vertikal pada saprolit, terlihat sebaran nikel laterit secara vertikal memberikan gambaran sebaran yang buruk secara vertikal karena semakin jauh jaraknya maka nilai *variogram* (**Tabel 4**) semakin turun sehingga sebaran secara vertikal dikatakan buruk.

Pada hasil kecocokan nilai variogram model terhadap variogram eksperimental

terdapat nilai *range* akan digunakan sebagai nilai radius pada saat melakukan estimasi dijadikan selisih untuk menentukan estimasi apa yang lebih cocok untuk digunakan. Jika selisih antara *nugget* dan *sill* itu diatas 50% maka metode *kriging* tidak menghasilkan penaksiran yang akurat dan lebih baik menggunakan IDW saat mengestimasi sumberdaya, dan jika *nugget* mendekati *sill* maka taksiran *kriging* sama halnya dengan aritmatika biasa sehingga lebih baik memakai poligon (Bargawa, 2018a). Adapun *sill* dan *nugget* di bawah.



Gambar 3. Variogram *horizontal* dan variogram *maps*.



Gambar 4. Variogram vertikal.

Tabel 4. Nilai variogram model.

Parameter	Value		
	Limonit	Saprolit	Batuan Dasar
<i>Range</i>	38 m	65 m	51 m
<i>Sill</i>	0,9285898	0,824704	0,9357507
<i>Nugget</i>	0,06886491	0,1079444	0,08384463
Selisih <i>sill nugget</i> (%)	86%	72%	85%

Berdasarkan hasil *fitting* variogram yang telah dilakukan didapatkan parameter-parameter berupa nilai *range* yang merupakan jarak maksimum penaksiran dan selisih *sill nugget* memperlihatkan semuanya diatas 50% sehingga penggunaan IDW baik digunakan dalam menaksir sumberdaya.

Adapun nilai faktor anisotropi pada **Tabel 5** merupakan arah anisotropi yang akan membentuk *ellipsoid*, jika *ellipsoid* tidak memiliki nilai maka *ellipsoid* akan berbentuk bola sehingga nilai kurang berarti Ketika nilai anisotropi sama dengan 0.

Tabel 5. Anisotropy factors.

Parameter	Value		
	Limonit	Saprolit	Batuan Dasar
<i>Major / semi-major</i>	1	1	1,034
<i>Major / minor</i>	1,829	14,800	14,088

4.5. Analisis Statistik Bivarian

Analisis statistik *bivarian* digunakan untuk melihat keterikatan hasil statistik spasial yang telah diketahui arah sebaran aktif nikel laterit terhadap data aktual yang belum memiliki arah sebaran. Jika koefisien korelasinya mendekati -1 dan 1 maka memiliki keterikatan yang baik dan jika RMSE mendekati 0 maka tingkat kesalahan data spasial terhadap data aktual memiliki tingkat kesalahan yang rendah maka data spaial yang kita dapatkan dari analisis statistik spasial yang akan memunculkan nilai parameter estimasi baik digunakan.

Pada (**Tabel 6**) koefisien korelasi pada limonit dan batuan dasar memiliki keterikatan yang baik karena mendekati nilai 1 dan pada zona saprolit berada diantara 0 dan 1 sehingga memiliki keterikatan yang cukup baik. RMSE untuk saprolit dan batuan dasar terbilang baik karena mendekati 0 tetapi untuk zona limonit memiliki tingkat kesalahan yang tinggi antar 2 variabel berbeda di lokasi yang sama dan bisa terjadi pada saat melakukan *fitting* variogram yang masih kurang baik pada zona limonit.

Tabel 6. Koefisien korelasi dan RMSE.

Value	Limonit	Saprolit	Batuan Dasar
Koefisien Korelasi	0,87	0,53	0,72
RMSE	0,76	0,28	0,51

4.6. Pemodelan dan Estimasi Sumberdaya

Setelah semua parameter telah didapat nilainya maka dilakukanlah representasi pemodelan sumberdaya sebelum

mengestimasi jumlah sumberdaya. Adapun radius penaksiran diambil dari nilai *range*, dimana nilai *range* memiliki nilai yang berbeda disetiap zonasi yang dapat yaitu 38

m (limonit), 65 m (saprolit) dan 51 m (batuan dasar). Untuk ukuran blok diambil dari $\frac{1}{4}$ dari spasi rata-rata titik bor 25 m yaitu 6,25 m, untuk vertikal yaitu 1 m yang diambil dari *running* pengeboran. Pada penambangan di blok mawar memiliki *cut of grade* yaitu 1,3 % yang diambil dari COG rekomendasi perusahaan sedangkan untuk densitas direkomendasikan untuk OB atau kadar dibawah COG itu 1 kg/m³ dan untuk *ore* yaitu 1,5 Kg/m³. Tonase yang nantinya akan didapatkan merupakan hasil dari Persamaan (8) berikut.

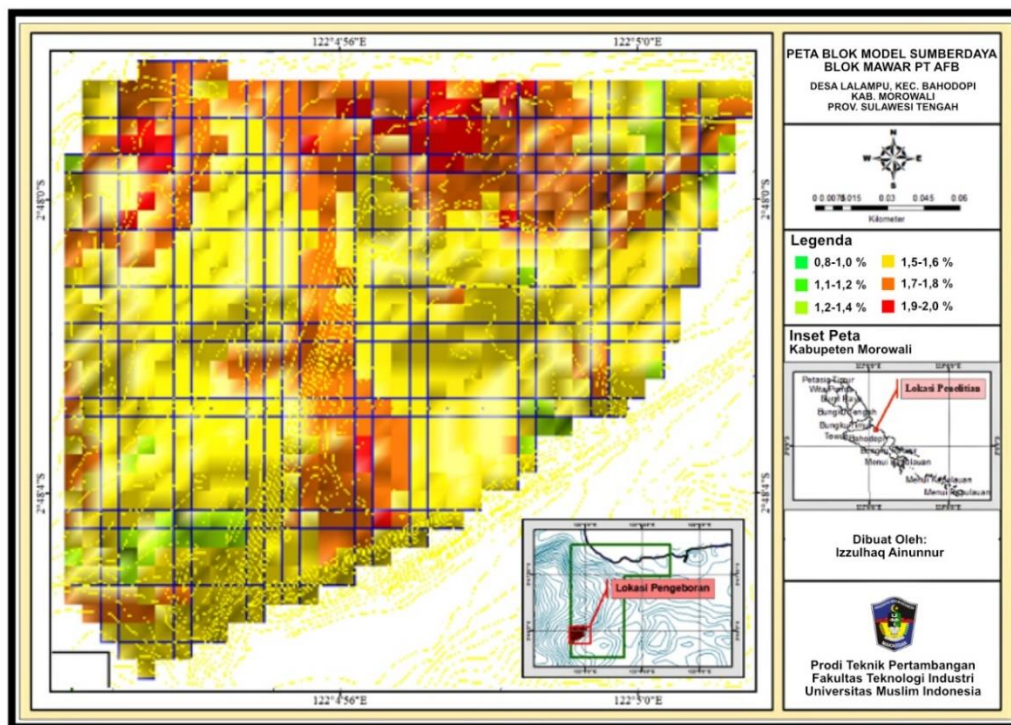
$$\text{Tonase} = \text{volume} \times \text{densitas} \quad (8)$$

Pada (Gambar 5) merupakan kenampakan sumberdaya saprolit tanpa topografi, warna pada blok model merupakan perbedaan kadar dan pewarnaan kadar dapat dilihat pada gambar pemodelan sumberdaya saprolit. Jadi untuk COG < 1,3% keatas ada di zona saprolit, sehingga hasil dari saprolit yang kita jadikan hasil dari kesimpulan penelitian ini.

4.7. Klasifikasi Sumberdaya Berdasarkan RKSD

Setelah sumberdaya diketahui menggunakan metode IDW, kemudian melihat kembali statistik deskriptif masing-masing *lithologi* dan melihat standar deviasi dari data estimasi IDW tersebut. Jika nilai RKSD di bawah 0,3 maka masuk dalam sumberdaya terukur, jika nilai RKSD diantara 0,3 sampai 0,5 maka masuk dalam sumberdaya tertunjuk, dan jika nilai RKSD di atas 0,5 maka masuk dalam sumberdaya tereka.

Pada Tabel 7 memperlihatkan bahwa zona saprolit yang memiliki kadar diatas COG 1,3 % dimana zona saprolit dikenal sebagai zona yang mengandung endapan nikel di dalamnya dan pada Tabel 8 menunjukkan bahwa limonit diklasifikasikan kedalam sumberdaya tertunjuk, saprolit sebagai zona yang memiliki COG 1,3% diklasifikasikan kedalam sumberdaya terukur dan batuan dasar diklasifikasikan kedalam sumberdaya tereka berdasarkan perhitungan RKSD. Dari hasil RKSD menunjukkan bahwa semakin kecil standar deviasi terhadap estimasi maka korelasi sampel semakin bagus sehingga delusi pada suatu endapan terbilang kecil.



Gambar 5. Pemodelan sumberdaya zona saprolit.

Tabel 7. Total sumberdaya Blok Mawar.

Litologi	Volume (M3)	Tonase (Ton)	Ni (%)
Limonit	286.445,31	286.445,31	0,76
Saprolit	239.882,81	377.276,05	1,58
Batuan dasar	140.195,31	140.195,31	0,54
Total	666,523.43	803,916.67	1,11

Tabel 8. Klasifikasi RKSD

Litologi	Standar Deviasi	Kadar Estimasi (%)	RKSD	Klasifikasi
Limonit	0,125292	0,76	0,32	<i>indicated</i>
Saprolit	0,113039	1,58	0,14	<i>measured</i>
Batuan dasar	0,398961	0,54	1.45	<i>inferred</i>

4.8 Diskusi

Terdapat beberapa metode dalam melakukan estimasi sumberdaya. Selain estimasi sumberdaya menggunakan metode IDW terdapat pula estimasi sumberdaya dengan menggunakan metode kriging dan *NNP*. Estimasi sumberdaya IDW hanya mempertimbangkan berdasarkan jarak blok yang diestimasi dengan data pemboran, sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait metode estimasi sumberdaya yang lainnya. Salah satu cara yang dilakukan untuk membuktikan tingkat akurasi estimasi sumberdaya adalah dilakukan penelitian terkait perbandingan data estimasi sumberdaya dengan data aktual produksi pertambangan.

5. KESIMPULAN

Berikut kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Sebaran nikel laterit dengan COG 1,3% terdapat pada zona saprolit dengan arah sebaran nikel dari barat daya ke timur laut.
- Jumlah sumberdaya nikel dengan COG 1,3% didapatkan hasil estimasi volume 239.882,81 m³, tonase 377.276,05 ton dan kadar rata-rata nikel 1,58 %.
- Klasifikasi sumberdaya zona saprolit diklasifikasikan kedalam sumberdaya terukur berdasarkan *relative kriging standard deviation*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua, saudara, pihak perusahaan, dosen dan karyawan Teknik Pertambangan UMI, dan teman-teman atas arahan bimbingan, partisipasi dan doanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bargawa, W. S. (2018a). *Geostatistik*. Yogyakarta: KEQu Book.
- Bargawa, W. S. (2018b). *Perencanaan Tambang*. Yogyakarta: KEQu Book.
- Blackwell, G. H. (1998). Relative Kriging Errors – A Basis for Mineral Resource Classification, Exploration and Mining. *Geology*, Vol. 7, No. 1 and 2, p. 99-106, 1998
- Conoras, W. A. K. (2017). Klasifikasi Sumberdaya Endapan Nikel Laterit Daerah Pulau Obi, Halmahera Selatan Dengan Pendekatan Relative Kriging Standard Deviation (RKSD). *Teknik Dintek*, 10(1), 71–77.
- Ersyad, F., Yulhendra, D., & Prabowo, H. (2018). Kajian Teknis dan Ekonomis Perancangan Design Kemajuan Penambangan Quarry Batukapur pada Bulan April-Agustus 2017 di Front III B-IV B Bukit Karang Putih PT. Semen Padang. *Jurnal Bina Tambang*, 3(3).
- Kurnianto, A., Setiahadiwibowo, A. P., & Giamboro, W. S. (2019). Estimasi Sumberdaya Batubara Menggunakan Metode Nearest Neighbour Point, Inverse Distance Weighting, Dan Kriging Pada Daerah Muara Bungo, Sumatera Selatan. *Jurnal Geoelebes*, 3(2), 75.
- Kurniawan, A. R., & Amri, N. A. (2019). Estimasi Sumberdaya Emas Menggunakan Metode Ordinary Kriging Pada Pit X PT Indo Muro Kencana. 59–69.

- Ladianto, H. Z., Bargawa, W. S., & Winaro, E. (2021). Pemodelan dan Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Menggunakan Metode *Nearest Neighbour Polygon* (NNP). *SOSTECH*, 1(2), 75–80.
- Mariana, M. (2018). Genesa dan Mineralogi Bijih Nikel Study of hydrothermal mineralization deposit at Cupunegara area, Subang District, West Java View project The Use of Rock Hand Speciment In Subject Learning “Introduction Of Rocks And Gemstones Mineral As Material” View project.
- Purnomo, H. (2018). Aplikasi Metode Interpolasi Inverse Distance Weighting Dalam Penaksiran Sumberdaya Laterit Nikel (Studi kasus di Blok R, Kabupaten Konawe-Sulawesi Tenggara). *Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi, Angkasa*, Vol X (1), 49-60.
- Rafsanjani, Muh. R., Djamaluddin, & Bakri, H. (2016). Estimasi Sumberdaya Bijih Nikel Laterit Dengan Menggunakan Metode Idw Di Provinsi Sulawesi Tenggara. *Geomine*, 04(1), 19–22.
- Ramadhan, M. S., Ilyas, A., Nur, I., & Widodo, S. (2022). Perbandingan Antara Metode Poligon, Inverse Distance Weighting, Dan Ordinary Kriging Pada Estimasi Sumberdaya Timah Aluvial, Dan Analisis Sebaran Endapannya. *Jurnal Geomine*, 9(3), 254–266.
- Rozalia, G., Yasin, H., & Ispriyanti, D. (2016). Penerapan Metode Ordinary Kriging Pada Pendugaan Kadar No 2 Di Udara (Studi Kasus: Pencemaran Udara di Kota Semarang). *Jurnal Gaussan*, 5(1), 113–121.
- Standar Nasional Indonesia (2019). Pedoman Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumber Daya, dan Cadangan Mineral. Badan Standar Nasional.
- Sulistiyana, Bargawa W., & Purnomo, H. (2012). Performance Evaluation of Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighting Methods for Nickel Laterite Resources Estimation.
- Thamsi, A. B. (2016). Estimasi Cadangan Terukur Endapan Nikel Laterit Cog 2,0% Menggunakan Metode Inverse Distance Pada Pt. Teknik Alum Service, Blok X. *Jurnal Geomine* Vol. 4 (3). Desember.
- Wang, W., & Lu, Y. (2018). Analysis of the Mean Absolute Error (MAE) and the Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Rounding Model. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Conference. Series 324(1).
- Yulhendra, D., & Anaperta, Y. M. (2013). Estimasi Sumberdaya Batubara Dengan Menggunakan Geostatistik (Kriging). *Jurnal Teknologi Informasi & Pendidikan*, Vol 6 (2), 168-177.