



Perbandingan Antara Metode Poligon, *Inverse Distance Weighting*, Dan *Ordinary Kriging* Pada Estimasi Sumberdaya Timah Aluvial, Dan Analisis Sebaran Endapannya

Muhammad Syahrul Ramadhan, Asran Ilyas, Irzal Nur, Sri Widodo*

Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

*Email: srwd007@yahoo.com

SARI

Pulau Bangka merupakan satu dari sekian banyak daerah di Indonesia yang memiliki potensi sumberdaya mineral yang cukup banyak. Salah satunya adalah endapan timah. Penyebaran timah di Pulau Bangka merupakan kelanjutan dari Tin Mayor South East Asian Tin Belt. Endapan timah merupakan komoditas utama dalam eksplorasi endapan mineral logam di Pulau Bangka yang membuat Indonesia merupakan salah satu negara penghasil timah terbesar di dunia. Salah satu perusahaan pertambangan bijih timah di Bangka Belitung adalah PT Timah Tbk yang mengeksplorasi dan mengestimasi sumberdaya mineral yang dilanjutkan dengan proses perhitungan cadangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya sumberdaya timah aluvial dan menganalisis sebaran timah aluvial dengan mempertimbangkan genesis endapan timah aluvial pada sungai purba. Pada penelitian ini dilakukan estimasi sumberdaya dengan menggunakan metode poligon, inverse distance weighting, dan ordinary kriging untuk mengetahui metode yang tepat berdasarkan kondisi geologi, genesis endapan, dan mineralisasi dari endapan yang diestimasi. Berdasarkan hasil estimasi dari tiga kategori kelas sumberdaya (terukur, tertunjuk dan tereka) dengan metode poligon didapatkan total sumberdaya endapan timah aluvial sebesar 8732 ton Sn, dengan metode inverse distance weighting sebesar 8627 ton Sn, dan dengan metode ordinary kriging sebesar 8752 ton Sn. Sebaran timah pada lokasi penelitian banyak terkonsentrasi pada bagian punggung (hulu) sungai purba, semakin jauh dari hulu menunjukkan konsentrasi endapan timah aluvial semakin menurun. Dari hasil analisis besarnya sumberdaya dan sebaran timah aluvial, maka metode estimasi yang paling optimal dilakukan adalah metode ordinary kriging.

Kata Kunci: Timah aluvial, estimasi sumberdaya, metode poligon, *inverse distance weighting*, *ordinary kriging*.

ABSTRACT

Bangka Island is one of the many regions in Indonesia that has a lot of mineral resources potential. One of them is tin deposit. The distribution of tin deposit in Bangka Island is a continuation of the Tin Mayor South East Asian Tin Belt.

How to Cite: Ramadhan, M.S., Ilyas, A., Nur, I., Widodo, S., 2021. 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.

Published By:

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Muslim Indonesia

Address:

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05
Makassar, Sulawesi Selatan

Email:

geomine@umi.ac.id

Article History:

Submitte 02 Oktober 2021
Received in from 05 Oktober 2021
Accepted 26 Desember 2021

Lisensec By:

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Tin deposits are the main commodity in the exploration of metal mineral deposits on Bangka Island, which makes Indonesia one of the largest tin producing countries in the world. One of the tin ore mining companies in Bangka Belitung is PT Timah Tbk which is exploring and estimating this mineral resource for estimation of its reserves. This study aims to determine the amount of alluvial tin resources and to analyze the distribution of alluvial tin by considering the genesis of alluvial tin deposits in ancient rivers. In this study, resource estimation was carried out using polygon methods, inverse distance weighting, and ordinary kriging in order to determine the appropriate method based on geological conditions, genesis deposit, and mineralization of the estimated deposits. Based on the estimation results of the three resources class categories (measured, indicated, and inferred), by the polygon method, the total alluvial tin deposit resource is 8,732 tonnes, by the inverse distance weighting method is 8,627 tonnes, and by the ordinary kriging method is 8,752 tonnes. The distribution of tin at the study area is mostly concentrated on the ridge (upstream) of ancient rivers, the farther from the upstream the concentration of alluvial tin deposits decreases. From the analysis of the amount of resources and the distribution of alluvial tin deposits, the most optimum estimation method is the ordinary kriging method.

Keywords: *Alluvial Tin, resource estimation, polygon method, inverse distance weighting, ordinary kriging.*

PENDAHULUAN

Endapan timah di dunia umumnya terdiri sekitar 20 % endapan primer dan 80 % endapan sekunder atau endapan dari hasil pelapukan endapan primer, keterdapatan endapan timah pun tidak berada pada semua negara. Keterdapatan endapan timah di Asia Tenggara membentang dari daratan Cina, Birma, Thailand, Malaysia hingga Indonesia (Ramadhan, 2015). Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki kekayaan sumberdaya mineral yang cukup tinggi di dunia baik mineral bijih seperti emas, tembaga, nikel, timah, dan lainnya (Kavaleris et al., 1992). Timah di Indonesia lebih banyak tersebar di kepulauan Sumatra dan sebagian di Kalimantan dan berasosiasi dengan batuan granitoid dan terkait dengan keberadaan zona kolisi Indonesia yang termasuk ke dalam kawasan Sabuk Timah Asia Tenggara. Penyebaran timah di Pulau Bangka merupakan kelanjutan dari *Tin Mayor South East Asian Tin Belt* (Crow dan van Leeuwen, 2005). Pulau Bangka merupakan satu dari sekian banyak daerah di Indonesia yang memiliki potensi sumberdaya mineral yang cukup melimpah. Endapan timah merupakan komoditas utama dalam eksplorasi endapan mineral logam di Pulau Bangka yang membuat Indonesia merupakan salah satu negara penghasil timah terbesar di dunia. (Ali et al., 2017). Salah satu perusahaan pertambangan bijih timah di Bangka Belitung adalah PT Timah Tbk. Jumlah sumberdaya endapan timah aluvial dalam suatu daerah dapat diketahui dengan melakukan estimasi sumberdaya. Estimasi sumberdaya merupakan hal yang sangat penting sebelum dilakukan proses penambangan karena berkaitan dengan jumlah sumberdaya yang terdapat di suatu daerah yang berimplikasi pada nilai investasi. Berbagai macam metode estimasi sumberdaya dan cadangan komoditas tambang telah dilakukan (Akran, dkk. 2015; Anggraini, dkk., 2018; Anshariah, dkk., 2015; Hardyanto, dkk., 2015; Mustika, dkk., 2015; Thamsi, 2016; Widodo, dkk., 2015; Zibuka dkk., 2016). Salah satu metode yang dapat digunakan dalam estimasi sumberdaya timah aluvial adalah metode poligon. Dalam melakukan estimasi sumberdaya dibutuhkan metode yang tepat sesuai dengan kondisi geologi, genesis endapan, mineralisasi dari endapan logam tersebut. Olehnya itu akan dilakukan estimasi sumberdaya timah aluvial menggunakan metode poligon, *inverse distance weighting*, dan *ordinary kriging*. Tujuan dari penelitian ini mengetahui tonase sumberdaya timah aluvial dengan membandingkan antara metode poligon, *inverse distance weighting*, dan *ordinary kriging* pada PT Timah Tbk dan menganalisis sebaran timah aluvial dengan mempertimbangkan genesis endapan timah aluvial pada sungai purba.

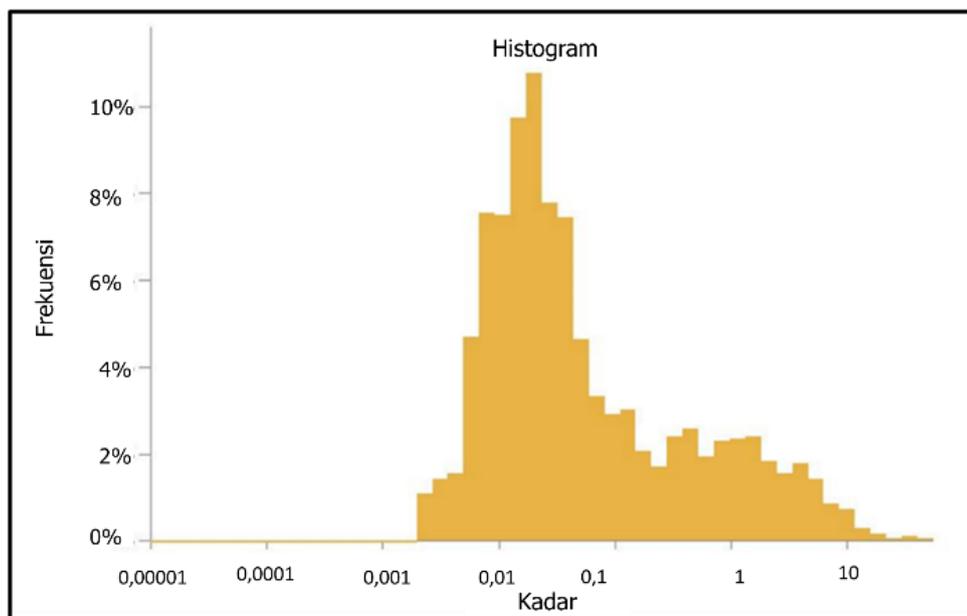
METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan mempelajari berbagai teori dan referensi terkait dengan topik penelitian. Teori dan referensi berkaitan dengan kondisi geologi daerah penelitian, kondisi keterdapatan endapan, genesis endapan dan mineralisasi dari endapan yang menjadi topik penelitian. Teori dan referensi diperoleh dari berbagai sumber seperti, buku, jurnal, prosiding, artikel dan laporan terdahulu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode poligon, metode *inverse distance weighting*, dan *ordinary kriging*. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari PT Timah Tbk berupa data *collar* dan data *assay*. Data *collar* merupakan data yang memuat informasi mengenai data koordinat (x,y,z) dari setiap lubang bor sedangkan data *assay* merupakan data yang memuat informasi mengenai data kadar dari setiap titik bor. Penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak *Micromine 2018* untuk mengestimasi sumberdaya timah aluvial. *Micromine 2018* digunakan untuk mengatur seluruh aspek sehingga output yang diharapkan memperoleh estimasi sumberdaya sesuai aturan yang diterapkan di industri pertambangan. *Micromine 2018* digunakan pada penelitian ini menyesuaikan dengan perangkat lunak yang digunakan perusahaan. *Micromine* merupakan perangkat lunak yang memiliki banyak fitur yang memudahkan dalam proses estimasi endapan mineral yang kompleks secara detail dan akurat, sederhana, cepat dan efisien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Statistik Penentuan Nilai Bottom Cut

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan histogram yang tersedia pada *Micromine 2018*. Data yang digunakan pada analisis statistik ini adalah data *assay* yang berjumlah 1748 data. Analisis statistik menggunakan histogram akan memberikan gambaran terhadap kondisi data yang dianalisis. Penentuan nilai bottom cut merupakan analisis statistik awal dengan histogram yang bertujuan untuk membedakan data yang dianggap termasuk kedalam bijih dan data yang tidak termasuk kedalam bijih. Pemberlakuan batasan data tersebut perlu dilakukan karena berimplikasi pada data yang akan diestimasi pada penelitian ini. Hasil analisis statistik awal menggunakan data *assay* dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.



Gambar 1. Histogram penentuan nilai *bottom cut*

Tabel 1. Data statistik penentuan nilai *bottom cut*

Statistik	Nilai
Nilai Max (kg/m ³)	54.83
Nilai Min (kg/m ³)	0
Jumlah Data	1748
Mean (kg/m ³)	0.66
Median (kg/m ³)	0.03
Variansi	6.25
Standar Deviasi	2.50
Koefisien Variasi	3.78

Hasil analisis statistik yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan histogram dengan kecondongan/*skewness* pada data yang dianalisis mengarah ke kanan atau *skewness* positif, dimana kondisi data didominasi dengan kadar yang rendah. Nilai *bottom cut* yang ditentukan pada analisis statistik ini yaitu 0,11 kg/m³. Nilai *bottom cut* ini yang akan dijadikan sebagai acuan untuk pembuatan *string* mineralisasi dari endapan yang akan diestimasi dengan menggunakan metode *inverse distance weighting* dan *ordinary kriging*.

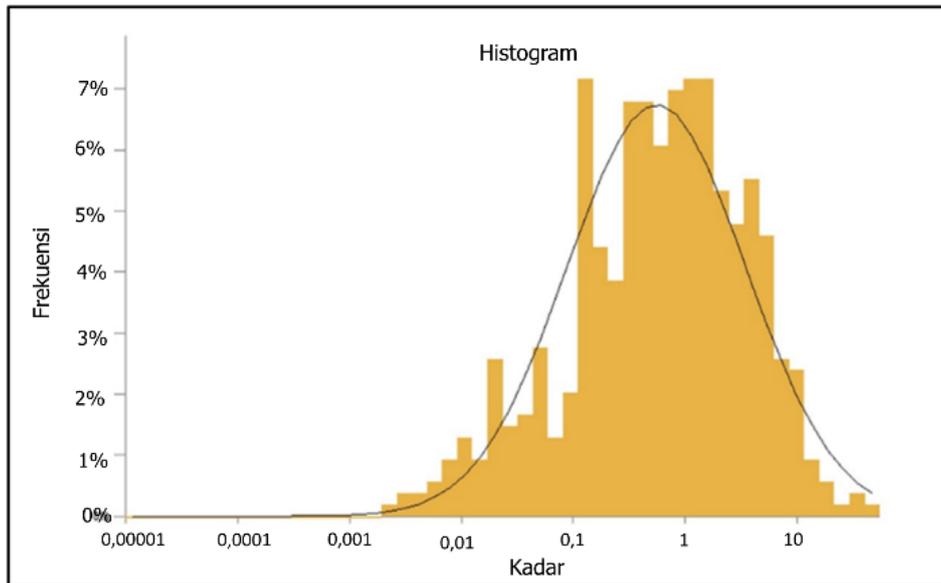
String, Wireframe, dan Assign

Pembuatan *string* mineralisasi bertujuan untuk membatasi lapisan yang akan diestimasi berdasarkan nilai dari *bottom cut* yang ditentukan dari analisis statistik awal. Hasil dari pembuatan *string* akan dilakukan penggabungan menggunakan *wireframe* yang akan membentuk model zona bijih. Penelitian ini ditentukan 1 zona bijih berdasarkan dari kondisi lapisan yang mengandung timah dengan pertimbangan nilai *bottom cut* dari analisis statistik awal. Zona bijih yang dibuat disebut sebagai lapisan kaksa. Hasil dari pembuatan *wireframe* kemudian dilakukan *assign* untuk mengekstrak data, agar hanya data kaksa yang diestimasi. Data kaksa yang telah diekstrak kemudian dilakukan analisis statistik untuk melihat gambaran kondisi data yang berimplikasi pada dilakukannya *top cut* atau tidak.

Top Cut Data Kaksa

Berdasarkan hasil pembuatan *string* mineralisasi, pembuatan *wireframe* dan *assign* *wireframe* yang memisahkan data yang termasuk ke dalam bijih dan yang tidak termasuk ke dalam bijih dibuat 1 domain data yaitu data kaksa. Data kaksa yang telah diekstrak kemudian dilakukan analisis statistik. Hasil analisis statistik ditunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 2.

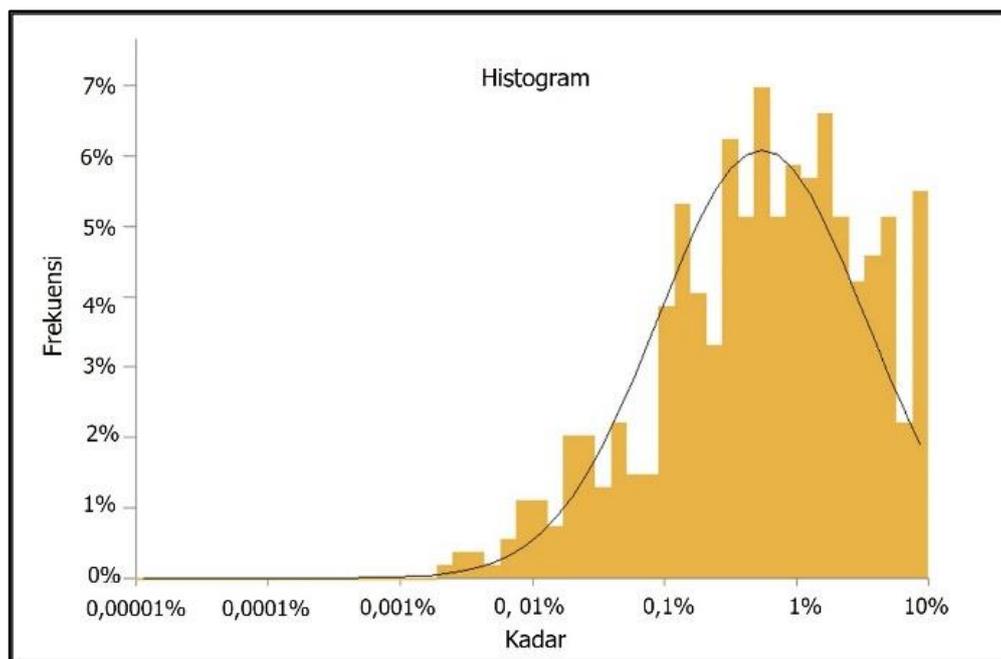
Berdasarkan data statistik yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 2 menunjukkan kondisi data memiliki koefisien variasi yang tinggi, sehingga perlu dilakukan *top cut*. Kondisi data sebelum melakukan estimasi sumberdaya sebaiknya memiliki nilai CoV (*coefficient of variation*) setara atau dibawah 1,5 nilai CoV juga memberikan gambaran untuk memilih metode yang tepat untuk melakukan estimasi sumberdaya. Data yang memiliki CoV setara atau dibawah 1,5 dapat dilakukan estimasi sumberdaya dengan menggunakan *inverse distance weighting* dan *ordinary kriging* (Annels, 1991). *Top cut* yang dilakukan pada penelitian ini adalah *top cut* 10. Data yang memiliki CoV di atas 1,5 perlu dilakukan *top cut*, nilai *top cut* pada penelitian ini yaitu *top cut* 10, data kadar yang bernilai diatas 10 di *down grade* menjadi 10 kg/m³ (Coombes, 2008). Hasil *top cut* data kaksa dapat dilihat pada Gambar histogram 3 dan Tabel 3.



Gambar 2. Histogram data kaksa

Tabel 2. Statistik data kaksa

Statistik	Nilai
Nilai Max (kg/m ³)	54.83
Nilai Min (kg/m ³)	0
Jumlah Data	545
Rata-rata (kg/m ³)	2
Nilai Tengah (kg/m ³)	0.63
Variansi	17.32
Standar Deviasi	4.16
Koefisien Variasi	2.08



Gambar 3. Histogram data kaksa *top cut*

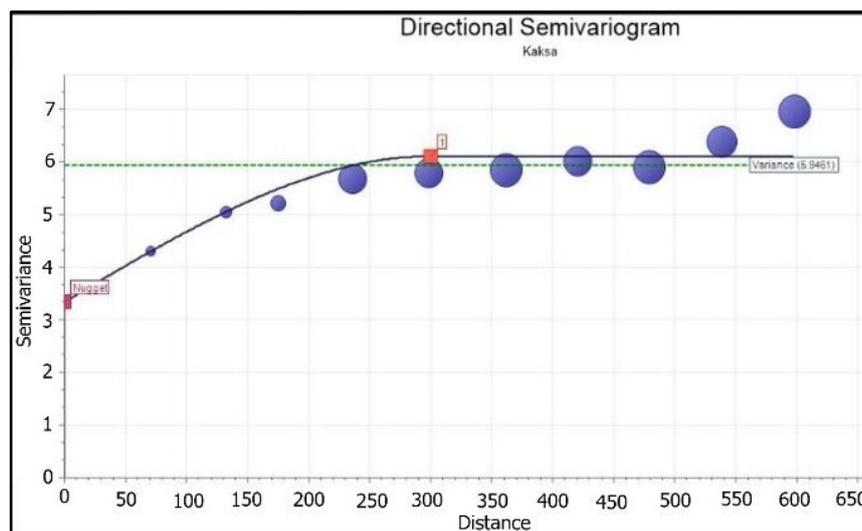
Tabel 3. Data kaksa *top cut*

Statistik	Nilai
Nilai Maks (kg/m ³)	10
Nilai Min (kg/m ³)	0
Jumlah Data	545
Rata-rata(kg/m ³)	1,72
Nilai tengah (kg/m ³)	0,63
Variansi	5,99
Standar Deviasi	2,45
Koefisien Variasi	1,42

Tabel 3 menunjukkan hasil *top cut* dengan nilai koefisien variasi di bawah 1,5. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi data sudah dapat dilakukan estimasi sumberdaya.

Variogram Model

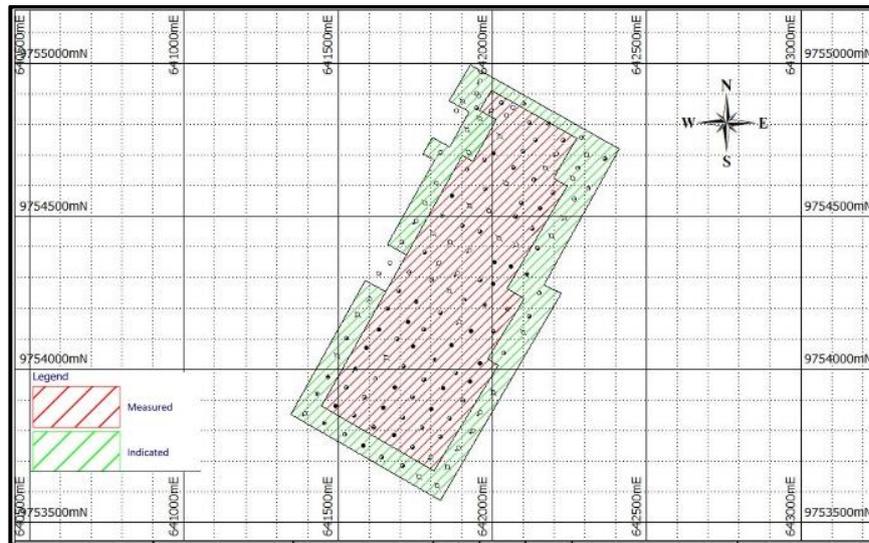
Estimasi sumberdaya dengan menggunakan metode *inverse distance weighting* dan *ordinary kriging* dalam melakukan interpolasi dibutuhkan parameter-parameter yang didapatkan dari hasil *fitting* variogram. Arah pencarian data yang dilakukan pada penelitian ini mengarah pada sumbu utama dari blok yang searah dengan sungai purba. Variogram model dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan hasil fitting variogram yang telah dilakukan didapatkan parameter-parameter berupa nilai *range* sebesar 390, *sill* sebesar 6.255, *partial sill* sebesar 2.76 dan *nugget* sebesar 3.465. Data yang telah didapatkan akan digunakan untuk estimasi sumberdaya menggunakan metode *inverse distance weighting* maupun *ordinary kriging*. Hasil interpolasi tersebut akan menghasilkan blok model estimasi sumberdaya yang dasarnya dibuat dari blok model kosong.



Gambar 4. Variogram model

Hasil Estimasi Sumberdaya Metode Poligon

Hasil estimasi sumberdaya dan model blok sumberdaya dengan menggunakan metode poligon dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 4.



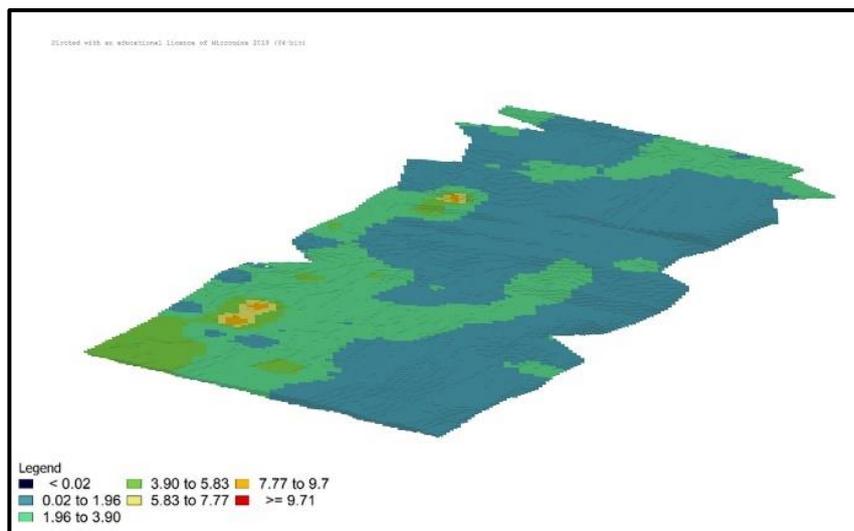
Gambar 5. Blok sumberdaya metode poligon.

Tabel 4. Hasil estimasi sumberdaya metode poligon

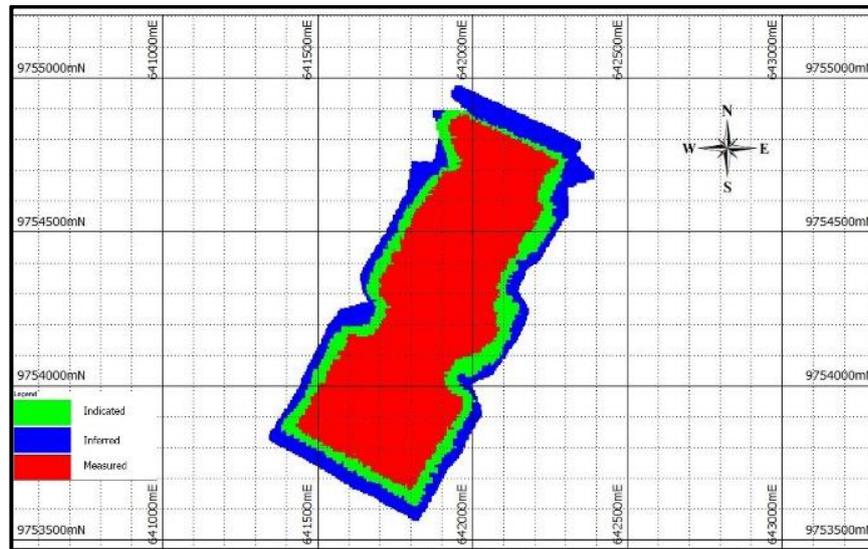
Kelas Sumberdaya	Volume (m ³)	Kadar Sn (Kg/m ³)	Tonase Sn (Ton)
Terukur	8959812	0,70	6271
Tertunjuk	4923949	0,50	2461
Total	13883761	0,60	8732

Hasil Estimasi Sumberdaya Metode IDW

Parameter yang digunakan dalam estimasi sumberdaya menggunakan metode *inverse distance weighting* merupakan parameter yang didapatkan dari *fitting* variogram, parameter yang digunakan dalam estimasi sumberdaya menggunakan metode ini yaitu nilai *range* dan nilai *azimuth*. Ukuran blok yang digunakan 10 x 10 x 1 m. Hasil dari estimasi sumberdaya dan model blok sumberdaya dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Tabel 5.



Gambar 6. Blok model idw



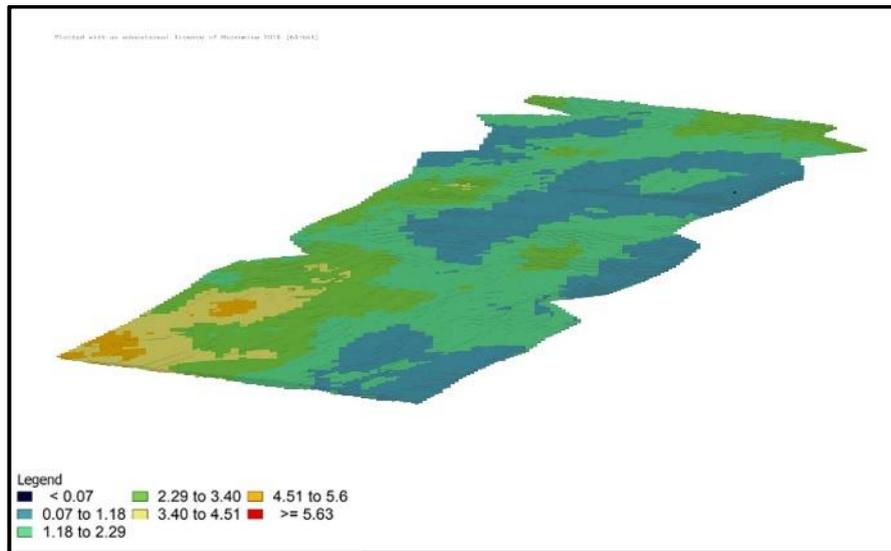
Gambar 7. Blok sumberdaya idw

Tabel 5. Hasil estimasi sumberdaya metode IDW

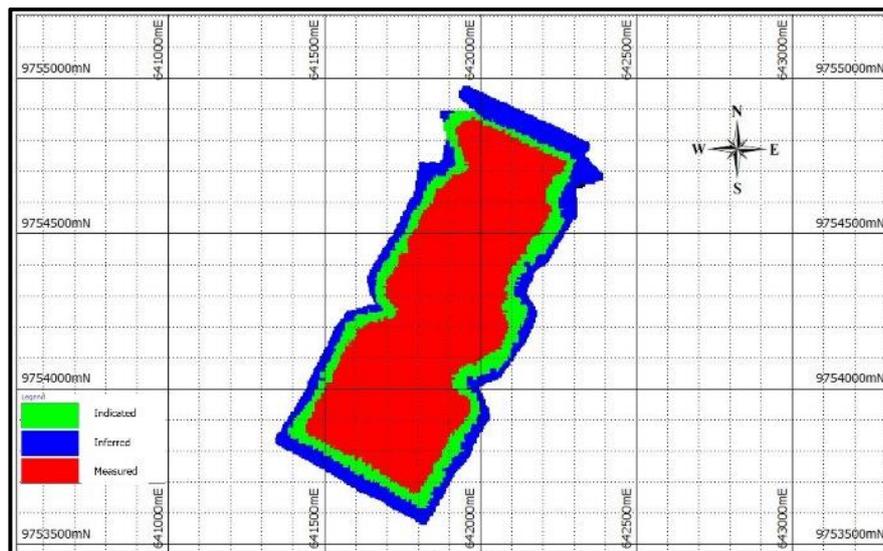
Kelas Sumberdaya	Volume (m ³)	Kadar Sn (Kg/m ³)	Tonase Sn (Ton)
Terukur	3533675	1,79	6325
Tertunjuk	793625	1,66	1317
Tereka	559900	1,76	985
Total	4887200	1,74	8627

Hasil Estimasi Sumberdaya Metode Ordinary Kriging

Ordinary kriging merupakan salah satu metode geostatistik yang umum digunakan dalam estimasi sumberdaya mineral. *Ordinary kriging* akan mengestimasi nilai pada setiap unit blok model yang telah dibuat dengan menggunakan data *assay*. Parameter yang digunakan dalam estimasi menggunakan *ordinary kriging* adalah hasil dari *fitting* variogram (Gambar 4 Variogram model). Estimasi menggunakan *ordinary kriging* dapat dilakukan dengan kondisi data yang memiliki variasi yang rendah. Ukuran blok model yang digunakan yaitu 10 x 10 x 1 m³ (panjang, lebar dan tinggi). Hasil estimasi menggunakan *ordinary kriging* dan model blok sumberdaya dapat dilihat pada Gambar 8, Gambar 9 dan Tabel 6.



Gambar 8. Blok model *ordinary kriging*.



Gambar 9. Blok sumberdaya *ordinary kriging*

Tabel 6. Hasil estimasi sumberdaya metode *ordinary kriging*

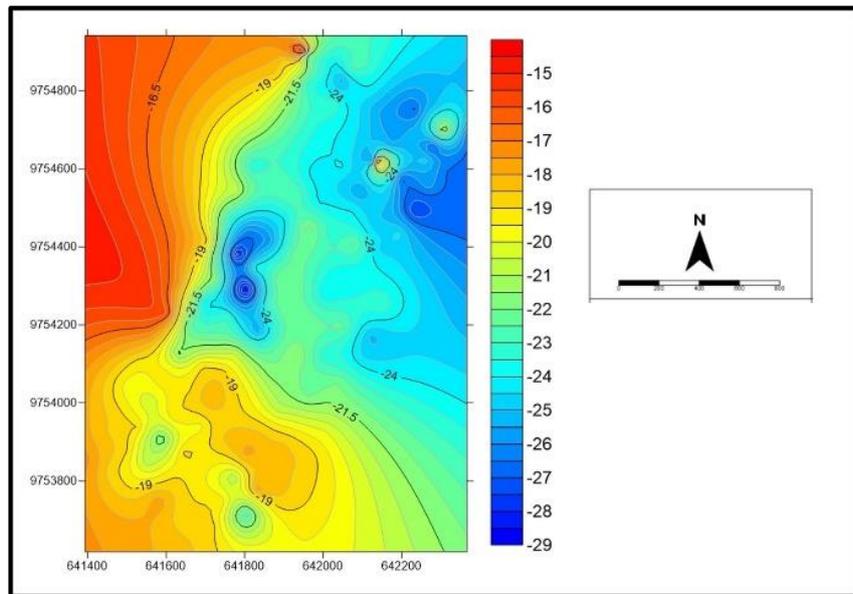
Kelas Sumberdaya	Volume (m ³)	Kadar Sn (Kg/m ³)	Tonase Sn (Ton)
Terukur	3573525	1,80	6468
Tertunjuk	778025	1,71	1330
Tereka	536200	1,78	954
Total	5008700	1,76	8752

Analisis Sebaran Timah Aluvial

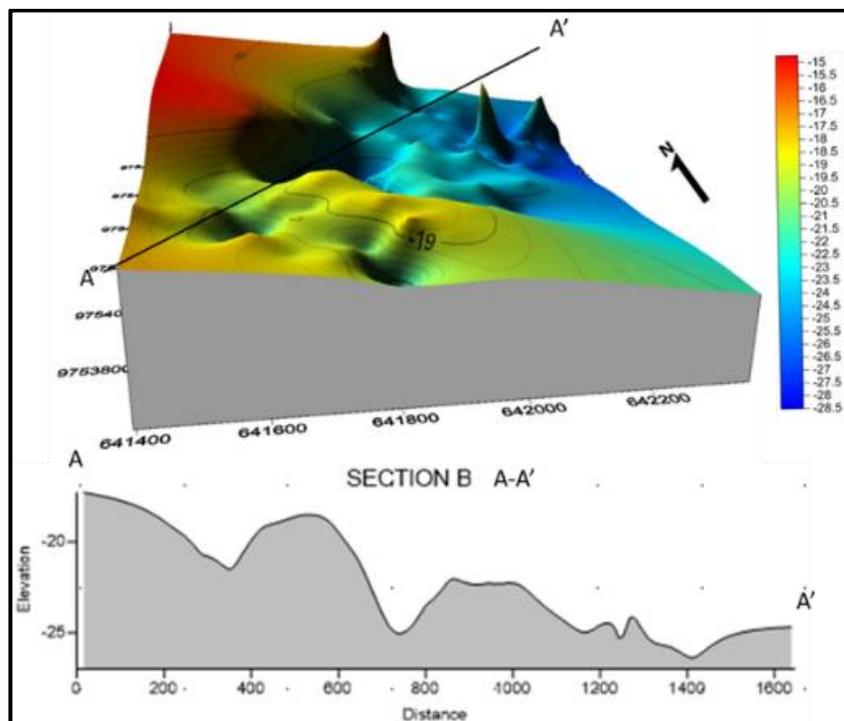
Analisis sebaran timah aluvial dilakukan untuk menunjukkan pola sebaran timah aluvial. Analisis sebaran timah ini akan menunjukkan tempat akumulasi dari timah timah aluvial (hulu ke hilir) dari sungai purba. Data yang digunakan adalah data kedalaman batuan dasar yang akan menunjukkan kondisi dari morfologi dasar laut daerah penelitian. Morfologi



dari lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11. Morfologi di daerah penelitian ditunjukkan oleh adanya kenampakan lembah (berwarna biru) dan bentuk punggung/tinggian membentuk paparan laut dangkal (warna kuning sampai merah) yang mendominasi profil permukaan dasar laut. Bentuk punggung/tinggian tersebut terdapat di bagian baratdaya dengan arah memanjang baratdaya - barat, sedangkan daerah lembah terdapat di bagian timur dengan pola arah memanjang timur – timurlaut.



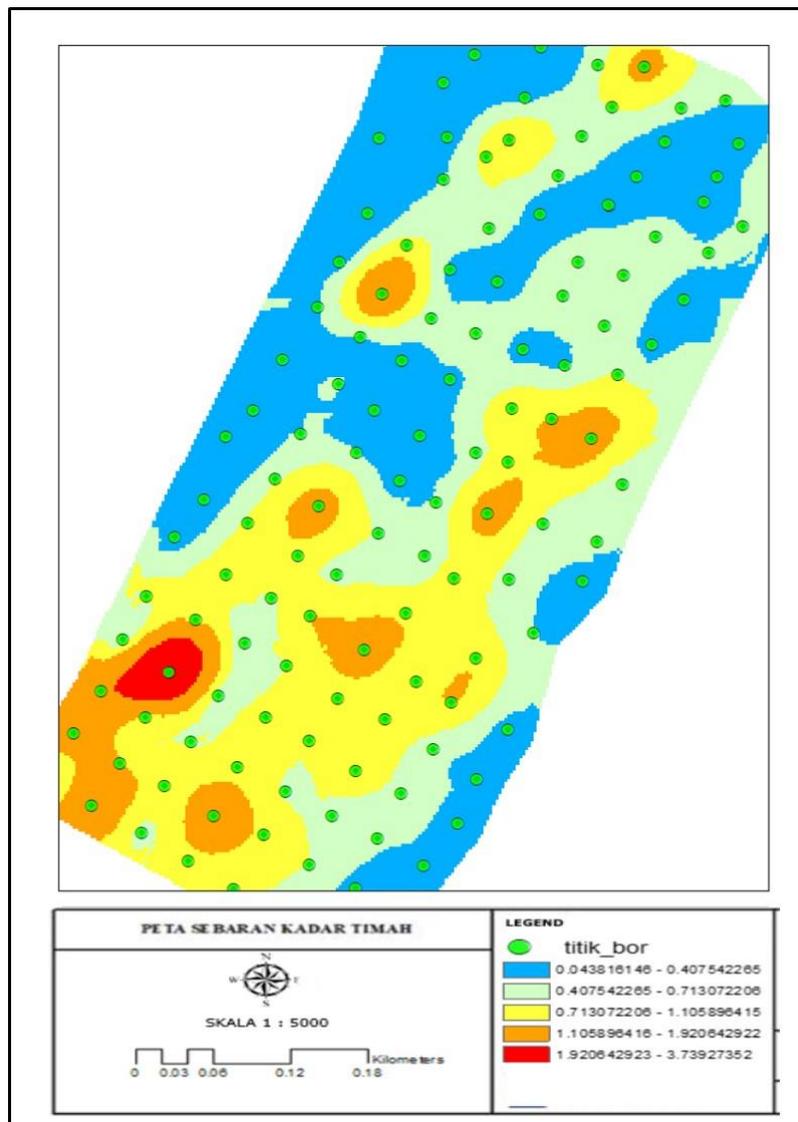
Gambar 10. Peta kedalaman dasar laut 2D



Gambar 11. Peta kedalaman dasar laut 3D

Berdasarkan Gambar 10 dan 11 menunjukkan morfologi daerah penelitian yang akan menjadi acuan untuk melihat pola distribusi sebaran timah aluvial. Distribusi sebaran timah aluvial di

daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 10. Peta sebaran timah aluvial (Gambar 10) menunjukkan bahwa sebaran timah di daerah penelitian banyak tersebar di daerah punggungan yang bentuknya dapat dilihat pada gambar 11. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi sebaran timah banyak didapatkan pada daerah punggungan atau merupakan bagian dari hulu sungai purba, sehingga dapat diketahui bahwa semakin jauh dari hulu sungai purba maka konsentrasi timah yang terdapat pada daerah tersebut akan semakin sedikit. Hal tersebut menunjukkan bahwa daerah punggungan dari sungai purba lebih dekat dari batuan sumber sehingga konsentrasi dari timah aluvial banyak tersebar pada bagian punggungan dan juga didasarkan pada berat jenis dari timah yang cukup besar yaitu $6,8 - 7 \text{ kg/m}^3$ sehingga arus sungai tidak cukup kuat untuk mengakomodir timah aluvial jauh dari batuan sumber.



Gambar 12. Peta sebaran timah aluvial menggunakan metode *kriging*.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Estimasi sumberdaya dengan menggunakan metode poligon, *inverse distance weighting* dan *ordinary kriging* didapatkan hasil estimasi sumberdaya 8732 ton Sn untuk metode poligon, 8627 ton Sn untuk metode *inverse distance weighting* dan 8752 ton Sn untuk metode *ordinary kriging*. Metode yang paling optimal dalam penelitian ini yaitu *ordinary kriging* yang didasarkan pada prinsip *ordinary kriging* mempertimbangkan analisis spasial sehingga lebih baik dalam pembobotan.
2. Berdasarkan hasil analisis sebaran timah aluvial dengan menggunakan data kedalaman batuan dasar dan data *assay*, menunjukkan hasil bahwa data kedalaman yang digunakan menunjukkan keberadaan sungai purba dan arah dari sungai purba yang secara umum mengarah baratdaya - timurlaut. Sebaran timah aluvial pada lokasi penelitian menunjukkan jumlah konsentrasi timah aluvial banyak ditemui pada daerah hulu atau punggung, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin jauh dari hulu sungai purba maka konsentrasi timah aluvial semakin sedikit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Divisi Eksplorasi dan bidang validasi PT Timah Tbk yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan kegiatan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada *Academic License Scheme* (ALS) yang merupakan bagian dari program *Micromine Corporate Social Responsibility* yang berkolaborasi dengan masyarakat Geologi Ekonomi Indonesia (MGEI). Penulis mengucapkan apresiasi dan terima kasih kepada tim editor dan reviewer Jurnal Geomine atas kerjasamanya sehingga hasil penelitian ini dapat dipublikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, M. A., Widodo, S., Budiman, A. A., 2015. *Pemodelan Endapan Nikel Laterit Menggunakan Software Surpac pada PT. Cipta Mandiri Putra Perkasa Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah*. Jurnal Geomine, Volume 3, No. 1.
- Ali, S., Sutanto, dan Suprpto, 2017, Studi Karakteristik Mineralisasi Timah Primer Tipe Endapan Greisen Blok Lembah Jambu, Tempilang, Bangka Barat, Kepulauan Bangka & Belitung. *Proceeding, Seminar Nasional Kebumihan Ke-10* (1149-1164). Yogyakarta: Grha Sabha Pramana.
- Anggraini, O. P., Heriawan, M. N., Hede, A. N. H., 2018. *Perbandingan Antara Model Blok 3D Dengan Ordinary Kriging dan Model 2 D dengan Polygonal Untuk Estimasi Sumberdaya Timah Aluvial di Pulau Bangka*. Prosiding Temu Tahunan Perhapi 1 (1), 325-336.
- Annels, A., E., 1991. *Mineral Deposit Evaluation: A Practical Approach*. Chapman & Hall: London.
- Anshariah, Widodo, S., Sahadu, A. A., 2015. *Perhitungan Cadangan Batubara Dengan Metode Circular USGS 1983 di PT. Pasific Prima Coal Site Lamin Kabupaten Berau Provinsi Kalimantan Timur*. Jurnal Geomine, Volume 1, No. 1.
- Coombes, J., 2008. *The Art and Science of Resource Estimation*, Coombes Capability: Perth.
- Crow, M., J., and Van L, T., M., 2005. *Metallic Mineral Deposits*, dalam: Geological Society Memoir No. 31-Sumatera. Geology, Resources, and Tectonic Evolution, Geological Society, UK p. 147-174

- Goovaerts, P., 1997. *Geostatistical for Natural Resources*, (Applied Geostatistics Series), Oxford University, press: New York.
- Hardyanto, Widodo, S., Nurwaskito, A., 2015. *Pemodelan Endapan Nikel Laterit Kabupaten Morowali Provinsi Sulawesi Tengah*. Jurnal Geomine, Volume 2, No. 1.
- Kavalieris, I., Van Leeuwen, T., and Wilson, M., 1992. Geological Setting and Style of Mineralization, North Arm of Sulawesi, Indonesia, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, vol.7.
- KCMI, 2017, *Kode Pelaporan Hasil Eksplorasi, Sumberdaya Mineral dan Cadangan Bijih*, Jakarta, Hal. 10-16.
- Mustika, R., Widodo, S., Jafar, N., 2015. *Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Dengan Metode Inverse Distance Weighting (IDW) pada PT Vale Indonesia Tbk. Kecamatan Nuha Provinsi Sulawesi Selatan*. Jurnal Geomine, Volume 1, No. 1.
- Ramadhan, S., 2015, *Studi Mineralisasi Endapan Timah Primer Berdasarkan Kajian Geologi Permukaan dan Analisis XRF Unsur Sn pada Wilayah Kerja Blok Primer PT. TIMAH (Persero) Tbk, Daerah Air Inas dan Sekitarnya*, Bangka Selatan, Semarang , Universitas Diponegara.
- Thamsi, A. A., 2016. *Estimasi Cadangan Terukur Endapan Nikel laterit CoG 2,0% Menggunakan Metode Inverse Distance pada PT. Teknik Alum Service, Blok X*. Jurnal Geomine Volume 4, No. 3.
- Widodo, S., Anshariah, Masulili, F. A., 2015. *Studi Perbandingan Antara Metode Poligon dan Inverse Distance pada Perhitungan Cadangan Ni PT. Cipta Mandiri Purtra Perkasa Kabupaten Morowali*. Jurnal Geomine, Vol. 3, No. 1.
- Zibuka, M. I., Widodo, S., Budiman, A. A., 2016. *Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Dengan Membandingkan Metode Nearest Neighbour Point dan Invers Distance Weighting*. Jurnal Geomine, Volume 4, No. 1.