

Pemodelan dan Estimasi Sumberdaya Bijih Emas di PT DEF, Kecamatan Simpenan, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat

Muhamad Kaisya Hidayat*, Noor Fauzi Isnarno, Zaenal

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam
Bandung, Indonesia.

*muhamadkaisya57@gmail.com,
zaenal.muttaqin@unisba.ac.id

noorfauzi@unisba.ac.id,

Abstract. PT. DEF prioritizes environmental conservation and the interests of the community as an integral part of its mining cycle. To find out the gold potential of the company, exploration activities are needed which can then be carried out geological modeling of gold ore and calculating the amount of mineral resources. Resource modeling is a series of explorations in the mining sector. In this study, modeling of gold (Au) resources aims to identify, determine a geological picture and delineate in detail the size, shape, distribution, quality and quantity of the ore body in 3D obtained from pilot data in exploration activities. The data needed from exploration data to continue in the collection and processing are drill point coordinate data (collar), lithology data, grade (assay/geology), drill hole direction data, dip and azimuth (survey). In the processing and analysis of Au resources and reserves using the Ordinary Kriging estimation method with a model block size of 1x1x1 meters then calculations are carried out based on the Cut Off Grade (COG) value and classification using Kriging Efficiency. The results of data processing and lithological modeling show the distribution of tuff, breccia and andesite alteration, which tends to lead to the surface in the form of an outcrop. The results of data processing, resource estimates that have been carried out in the research area are divided into two blocks.

Keywords: *Modeling, Epithermal Gold, Resource Estimation.*

Abstrak. PT. DEF mengutamakan pelestarian lingkungan dan kepentingan masyarakat sebagai bagian integral dalam siklus penambangannya. Untuk mengetahui potensi emas pada perusahaan tersebut diperlukannya kegiatan eksplorasi yang kemudian dapat dilakukannya pemodelan geologi bijih emas dan menghitung jumlah sumberdaya bahan galiannya. Pemodelan sumberdaya merupakan suatu rangkaian eksplorasi dalam bidang pertambangan. Pada penelitian ini, pemodelan sumberdaya emas (Au), bertujuan untuk mengidentifikasi, menentukan suatu gambaran geologi dan mendeliniasi secara rinci mengenai ukuran, bentuk, sebaran, kualitas dan kuantitas badan bijih dalam bentuk 3D yang didapatkan dari data-data percontohan dalam kegiatan eksplorasi. Data-data yang diperlukan dari data eksplorasi untuk melanjutkan dalam pengimputan dan pengolahan adalah data koordinat titik bor (collar), data litologi, kadar (assay), data arah lubang bor, dip dan azimuth (data bor). Dalam pengolahan dan analisa sumberdaya dan cadangan Au menggunakan metode estimasi Ordinary Kriging dengan ukuran blok model yaitu 1x1x1 meter kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan nilai Cut Off Grade (COG) serta pengklasifikasian menggunakan Kriging Efisiensi. Hasil Pengolahan data dan pemodelan litologi menunjukan sebaran tufa, breksi dan alterasi andesit, yang kecenderungan batuanannya mengarah ke permukaan berupa suatu singkapan. Hasil Pengolahan data, estimasi sumberdaya yang telah dilakukan pada daerah penelitian yaitu dibagi kedalam dua blok.

Kata Kunci: *Pemodelan, Emas Epithermal, Estimasi Sumberdaya.*

A. Pendahuluan

Industri pertambangan bijih emas di Indonesia, khususnya di Jawa Barat berkembang dengan pesat seiring dengan banyaknya permintaan pasar, baik untuk konsumsi domestik maupun untuk non domestik. PT.DEF merupakan salah satu perusahaan pertambangan yang memanfaatkan sumberdaya alam tersebut.

PT. DEF hingga saat ini sudah membuka lahan seluas 97 Ha sebagai IUP produksi dan IUP Eksplorasi seluas 280 Ha. PT.DEF akan memperluas IUP Operasi Produksi dan akan menambah luasan serta menambah blok lahan eksploitasinya. Kegiatan eksplorasi yang sudah dilakukan dijadikan sebagai acuan untuk dilakukannya evaluasi kegiatan eksplorasi yang bertujuan untuk dilakukannya perhitungan estimasi sumberdaya bijih emas yang ada pada daerah penelitian.

Penelitian ini merupakan bagian dari kegiatan eksplorasi tambang yang mengkaji aspek teknis terkait penaksiran sumberdaya emas berdasarkan metode geostatistika. Beberapa metode digunakan untuk penaksiran sumberdaya emas, tetapi pada penelitian ini penaksiran menggunakan metode ordinary kriging.

Evaluasi dari hasil kegiatan eksplorasi diperlukan untuk mendapatkan data seakurat mungkin dan meminimalisir faktor-faktor kesalahan dalam penaksiran kualitas ataupun kuantitas bahan galian. Oleh karena itu diperlukannya pemodelan dan perhitungan estimasi sumberdaya mineral pada daerah penelitian yang mana merupakan hal yang paling vital sebelum dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu perhitungan cadangan yang akan dievaluasi apakah endapan mineral tersebut layak atau tidak untuk dilanjutkan ke tahap eksploitasi.

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengetahui penyebaran kadar Au pada daerah penelitian;
2. Mengetahui jenis klasifikasi sumberdaya pada daerah penelitian;
3. Mengetahui jumlah sumberdaya bijih emas berdasarkan kandungan Au dan Cut Off Grade yang telah ditentukan.

B. Metodologi Penelitian

Dalam melakukan pemodelan dan estimasi sumberdaya dirancang dengan urutan melakukan evaluasi kegiatan eksplorasi, input basis data, analisis statistik dan geostatistik, pemodelan, penaksiran sumberdaya, klasifikasi sumberdaya.

1. Eksplorasi
Eksplorasi adalah tahapan kegiatan usaha pertambangan untuk memperoleh secara rinci dan teliti tentang lokasi, bentuk, dimensi, sebaran, kualitas, informasi mengenai lingkungan sampai dengan mengestimasi berapa besar sumberdaya mineral yang terdapat didalamnya sehingga pada akhirnya dapat diestimasi pula besar cadangan, setelah dilakukan studi kelayakan. (SNI: 4726,2019).
2. Basis Data Assay dan Komposit
Input data yang dibutuhkan dalam melakukan pemodelan taksiran sumberdaya terdiri dari koordinat (East, North, Elevasi), titik awal hingga akhir (from-to), panjang interval, dan variabel basis data misalnya kadar Au. Basis data meliputi data collar, survey, geology, assay dan data komposit.
3. Analisis Statistik
Statistik univariat merupakan alat statistik yang mendeskripsikan data dalam satu variabel, dengan parameter rata-rata (mean), modus, nilai tengah (median), nilai maksimum dan minimum. Penyebaran datanya mengacu pada nilai variansi (S^2) dan simpangan baku (S). Pada penelitian ini variabel yang digunakan hanyalah kadar Au. Statistik spasial (geostatistik) merupakan teknik analisis untuk mengukur distribusi suatu fenomena berdasarkan keruangan (Amri, 2018). Geostatistik memungkinkan untuk mengkuantifikasikan korelasi antar tiap dua nilai yang dipisahkan oleh jarak h dan menggunakan informasi ini untuk membuat prediksi pada zona yang tidak diukur (Bargawa, 2017). Salah satu dari statistik spasial yaitu variogram, variogram merupakan perangkat dasar dari geostatistik yang digunakan untuk mengkuantifikasi korelasi ruang antar sampel (Bargawa, 2002). Parameter kecocokan (fitting) merupakan hubungan

antara variogram eksperimental dengan model variogram. Langkah yang dilakukan selanjutnya untuk mendapatkan hubungan antara kedua variogram tersebut adalah dengan melakukan pencocokan (fitting) yang disebut juga dengan analisis struktural. Menurut Isaaks dan Srivastava (1989) analisis struktural ini dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter nugget effect (C0), sill dan range (a).

4. Pemodelan Geologi

Model endapan mineral adalah penggambaran informasi yang diatur secara sistematis tentang sifat-sifat penting suatu kelompok endapan mineral (Evans, 1993). Pemodelan sumberdaya emas (Au), bertujuan untuk mengidentifikasi, menentukan suatu gambaran geologi dan mendelineasi secara rinci mengenai ukuran, bentuk, sebaran, kualitas dan kuantitas badan bijih dalam bentuk 3D yang didapatkan dari data-data percontohan dalam kegiatan eksplorasi.

5. Teknik Penaksiran Sumberdaya Menggunakan Ordinary Kriging (OK)

Teknik OK adalah salah satu metode yang terdapat pada teknik kriging yang sering digunakan pada geostatistika. Pada teknik ini, memiliki asumsi khas untuk penerapan yang mudah digunakan dari OK adalah dasar stasioneritas (intrinsic stationarity) dari bidang dan pengamatan yang cukup untuk mengestimasi variogram dimana teknik OK dapat digunakan ketika kondisi data atau persebaran kadar datanya memiliki nilai mean yang tidak diketahui atau dapat disebut dengan kondisi data heterogen. Pada penaksiran OK, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah (Bargawa, 2017) yaitu kadar yang ditaksir, bobot sample, kadar sample.

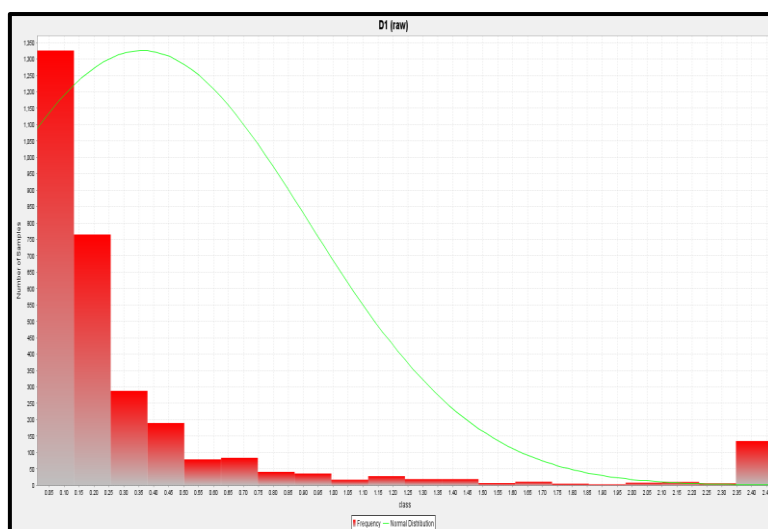
6. Klasifikasi Sumberdaya Menggunakan Kriging Efisiensi

Klasifikasi Sumberdaya Berdasarkan Kriging Efisiensi Klasifikasi sumberdaya nikel menurut Snowden (1996) berdasarkan Kriging Efisiensi (KE). Kriging Efisiensi dinyatakan dengan varians kriging yang dinormalisasi dengan varians blok yang sebenarnya dalam bentuk presentase.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Analisis Statistik dan Geostatistik

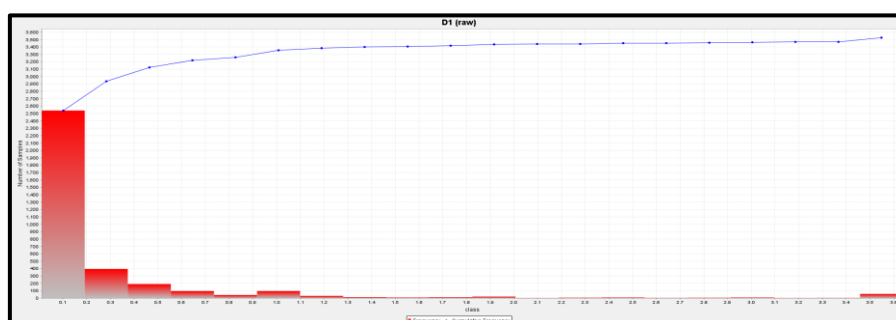
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, analisis statistik yang digunakan merupakan statistic univariate dengan analisis variable kadar Au, berdasarakan hasil analisis statistic didapatkan distribusi sebaran data kadar pada Blok A berupa histogram dan descriptive statistic yang dapat dilihat pada gambar 1 dan tabel 1 dan untuk Blok B dapat dilihat pada gambar 2 dan tabel 2.



Gambar 1. Histogram Distribusi Kadar Au Blok A.

Tabel 1. Descriptive Statistic Distribusi Kadar Au Pada Blok A

Parameter	Nilai
<i>Number of samples</i>	3077
<i>Minimum value</i>	0,01
<i>Maximum value</i>	2,47
<i>Mean</i>	0,35
<i>Median</i>	0,16
<i>Variance</i>	0,32
<i>Standard Deviation</i>	0,55
<i>Coefficient of variation</i>	1,45
<i>Skewness</i>	2,80
<i>Kurtosis</i>	10,27



Gambar 2. Histogram Distribusi Kadar Au Blok B

Tabel 2. Descriptive Statistic Distribusi Kadar Au Pada Blok B

Parameter	Nilai
<i>Number of samples</i>	3.525
<i>Minimum value</i>	0,01
<i>Maximum value</i>	3,64
<i>Mean</i>	0,27
<i>Median</i>	0,07
<i>Variance</i>	0,34
<i>Standard Deviation</i>	0,58
<i>Coefficient of variation</i>	2,15
<i>Skewness</i>	4,22
<i>Kurtosis</i>	22,56

Dari sebaran data kadar Au pada Blok B didapatkan data jumlah kadar yaitu 3.525 data dengan kadar minimum sebesar 0,01 ppm dan kadar maksimum sebesar 3,64 ppm. Koefisien Variansi (CV) senilai 2,15 hal ini menunjukkan bahwa sebaran data kadar Au pada Blok A cukup bervariasi (heterogen) terlihat dari nilai skewness yang memiliki nilai 4,22 hal ini menunjukkan bahwa angka ketaksimetrisan (skewness) berada pada skewness positif dimana nilai tengah (median) lebih kecil dari nilai rata-rata (mean) dan merupakan kecenderungan distribusi kadar yang cukup rendah. Nilai kurtosis dari data senilai 22,56 dan menunjukkan bahwa data terdistribusi tidak normal dengan arah skewness positif.

Analisis variogram menggunakan data komposit kadar Au pada daerah penelitian. Parameter arah (directions) yang digunakan yaitu ke segala arah (omnidirectional). Input parameter penyusun variogram pada Blok A dapat dilihat pada Tabel 3 dan Blok B pada Tabel

4.

Tabel 3. Input Parameter Variogram Blok A

Plane Dip	Dip Derection	Number Of Variogram	Angular Increment	Spread	Lag	Maximum Distance
2,781	174,522	36	10	90	20	169,97

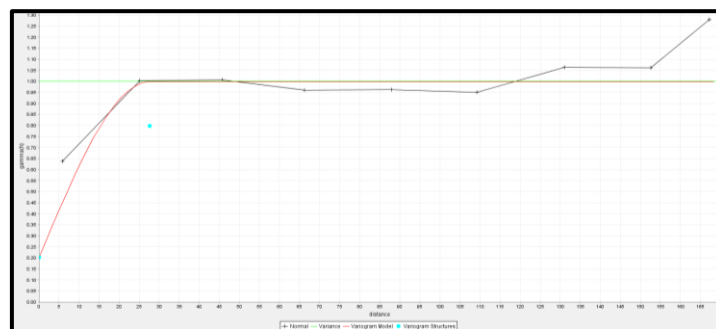
Tabel 4. Input Parameter Variogram Blok B

Plane Dip	Dip Derection	Number Of Variogram	Angular Increment	Spread	Lag	Maximum Distance
3,097	117,464	36	10	90	10	235,62

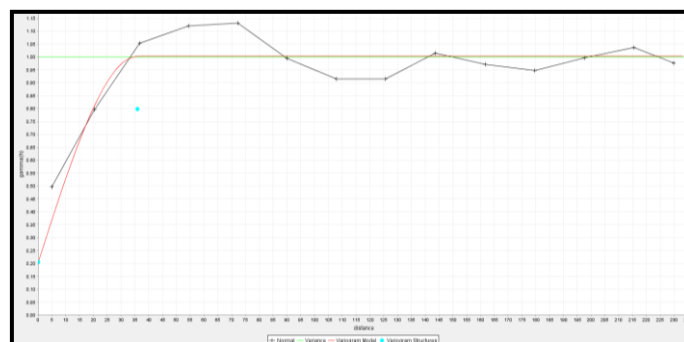
Berdasarkan hasil fitting variogram Blok A pada arah 324,32o. Hasil fitting variogram Blok B pada arah 237,42o didapatkan pula nilai nugget effect, sill dan range.

Tabel 5. Parameter hasil Fitting Variogram Model Spherical Blok A

Arah	Nugget (Co)	Sill (C1)	Range (m)
324,32	0,201205	0,797144	27,597

**Gambar 3.** Histogram Distribusi Kadar Au Blok A**Tabel 6.** Parameter hasil Fitting Variogram Model Spherical Blok B

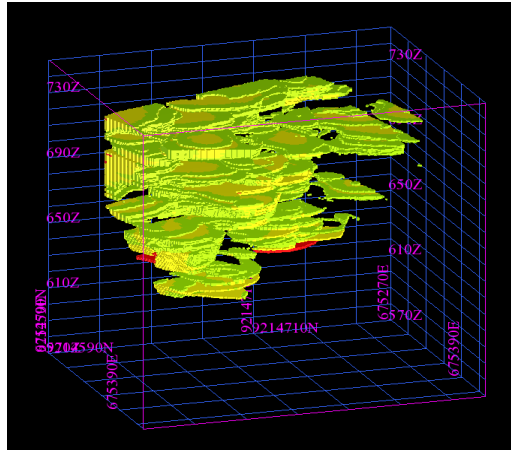
Arah	Nugget (Co)	Sill (Co+C)	Range (m)
237,42	0,205184	0.798063	35,898

**Gambar 4.** Histogram Distribusi Kadar Au Blok B

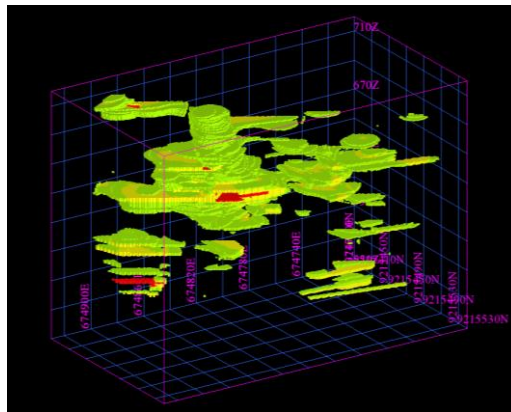
Model Sumberdaya Au Menggunakan Blok Model

Pemodelan merupakan tahap awal untuk melakukan estimasi kadar yang berlanjut ke estimasi

sumberdaya. Blok model sumberdaya dipisahkan menjadi dua bagian klasifikasi blok, yaitu blok waste dan blok ore, blok waste merupakan kadar $<0,5$ ppm dan blok ore merupakan kadar $\geq 0,5$ ppm dimana nilai ini merupakan nilai cut off grade dari perusahaan, yang kemudian dilakukan penaksiran sumberdaya terhadap blok ore.



Gambar 5. Blok Model Ore Blok A



Gambar 6. Blok Model Ore Blok B

Hasil dari estimasi sumberdaya menggunakan teknik ordinary kriging dengan ukuran blok $1 \times 1 \times 1$ m, blok model sumberdaya dipisahkan menjadi beberapa warna, warna hijau untuk range kadar $\geq 0,5$ ppm sampai $<0,8$ ppm, warna kuning untuk range kadar $\geq 0,8$ ppm sampai <2 ppm, dan warna merah yaitu untuk kadar ≥ 2 ppm. Didapatkan model geologi dengan interpretasi kadar yang berbeda-beda, digambarkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Penaksiran Sumberdaya Au dan Interpolasi Data Kadar

Didapatkan data sebaran dengan kadar $<0,5$ ppm merupakan kadar untuk waste, $\geq 0,5$ ppm sampai $<0,8$ ppm merupakan kadar low grade, $\geq 0,8$ ppm sampai <2 ppm merupakan kadar medium grade dan > 2 ppm merupakan kadar high grade.

Tabel 7. Tabulasi Jumlah Sumberdaya Teknik Ordinary Kriging Pada Blok A

Ore Class	Volume (BCM)	Tonase (Ton)	Kadar Rata-Rata (ppm)
Low Grade	112.895	237.080	0,62

Medium Grade	126.271	265.169	1,16
High Grade	4.207	8.835	2,22
Total	243.373	511.083	0,93

Tabel 8. Tabulasi Jumlah Sumberdaya Teknik Ordinary Kriging Pada Blok B

Ore Class	Volume (BCM)	Tonnase (Ton)	Kadar Rata-Rata (ppm)
Medium Grade	53.894	113.177	1,16
Low Grade	71.937	151.068	0,62
Highgrade	7.629	16.021	2,46
Total	133.460	280.266	0,95

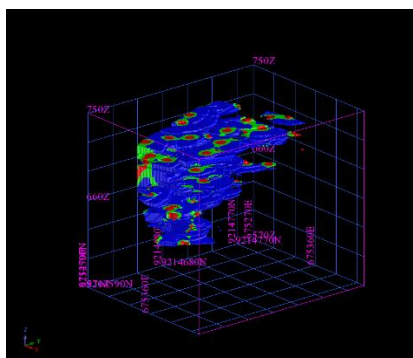
Klasifikasi Sumberdaya Berdasarkan Kriging Efisiensi

Proses estimasi dilakukan untuk unsur Au dengan metode Ordinary Kriging, sehingga menghasilkan nilai tonase yang diklasifikasikan berdasarkan kriging efisiensi. Berdasarkan kriging efisiensi, sumberdaya pada Blok A dengan COG 0,5 ppm dihasilkan klasifikasi terukur yaitu 43.207,5 ton, tertunjuk yaitu 77.592,9 ton dan tereka yaitu 390.282,9 ton sehingga total sumberdaya emas yaitu 511.083,3 ton.

Berdasarkan blok model, klasifikasi sumberdaya dipisahkan menjadi beberapa warna, untuk klasifikasi tereka berwarna biru, tertunjuk berwarna hijau dan terukur berwarna merah, dapat dilihat pada Gambar 7.

Tabel 9. Tabulasi Kelas Sumberdaya Berdasarkan Kriging Efisiensi Blok A

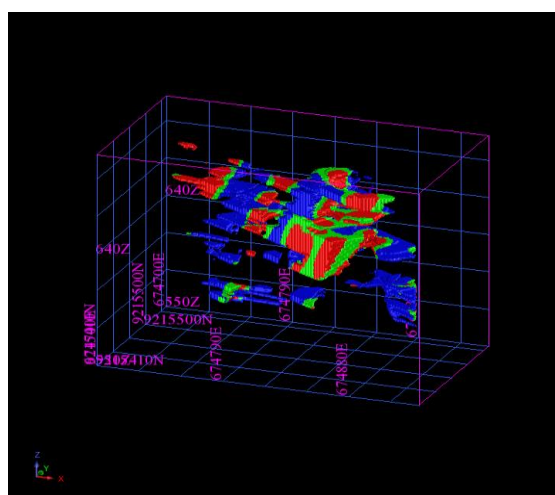
Kelas Sumberdaya	Volume (BCM)	Tonnase (Ton)	Kriging Efisiensi
Tereka	185.849	390.282,9	-0,04
Terunjuk	36.949	77.592,9	0,39
Terukur	20.575	43.207,5	0,64



Gambar 7. Blok Model Klasifikasi Sumberdaya Blok A

Tabel 10. Tabulasi Kelas Sumberdaya Berdasarkan Kriging Efisiensi Blok B

Kelas Sumberdaya	Volume (BCM)	Tonase (Ton)	Kriging Efisiensi
Tereka	75.159	157.833,9	0,01
Terunjuk	32.364	67.964,4	0,4
Terukur	25.937	54.467,7	0,64



Berdasarkan kriging efisiensi, sumberdaya pada Blok A dengan COG 0,5 ppm dihasilkan klasifikasi terukur yaitu 43.207,5 ton, tertunjuk yaitu 77.592,9 ton dan tereka yaitu 390.282,9 ton sehingga total sumberdaya emas yaitu 511.083,3 ton dan Blok B dengan COG 0,5 ppm dihasilkan klasifikasi terukur yaitu 54.467,7 ton, tertunjuk yaitu 67.964,4 ton dan tereka yaitu 157.833,9 ton sehingga total sumberdaya emas yaitu 511.083,3 ton

3. Dari hasil estimasi sumberdaya yang telah dilakukan pada daerah penelitian Blok A mendapatkan volume total sebanyak 243.373 BCM dengan kadar rata-rata 0,93 ppm, dengan klasifikasi kadar low grade sebanyak 112.895 BCM kadar rata-rata 0,62 ppm, medium grade sebanyak 126.271 BCM kadar rata-rata 1,16 ppm dan high grade sebanyak 4.207 BCM kadar rata-rata 2,22 ppm, dan untuk Blok B didapatkan volume total sebanyak 133.460 BCM dengan kadar rata-rata 0,95 ppm, dengan klasifikasi kadar low grade sebanyak 71.937 BCM kadar rata-rata 0,62 ppm, medium grade sebanyak 53.894 BCM kadar rata-rata 1,16 ppm dan high grade sebanyak 7.629 BCM kadar rata-rata 2,46 ppm.

Daftar Pustaka

- [1] Annels A. E, 1991 “Mineral deposit evaluation a practical approach”. London: Chapman and Hall
- [2] Amstorng, M., 1998. “Basic Linear Geostatistics”. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York.
- [3] Bargawa, W. S. (2009). “Aplikasi Kriging Non-Linier Pada Penaksiran Kadar Bijih Emas”. JIK TEKMIN, 22(2), 101- 114
- [4] Bargawa, W.S., 2017, “Geostatistik Edisi Ke dua”, Prodi Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Yogyakarta.
- [5] Cahyo Sedewo., 2018, jurnal: Geologi, “Alterasi dan Mineralisasi Emas Pada Tipe Endapan Epithermal Sulfidasi Rendah”
- [6] Corbett, G.J. dan Leach, T.M., 1996, “Southwest Pacific Rim Gold/Copper System: Structure, Alteration and Mineralization. A workshop presented for the Society Exploration Geochemist”, Townsville.
- [7] Corbett, G. J., 2007, “Controls to Low Sulphidation Epithermal Au-Ag Mineralisation”. PO Box 282 Willoughby NSW Australia
- [8] Conoras, W. A. (2017). “Pemodelan Kadar Nikel Laterit Daerah Pulau Obi Dengan Pendekatan Metoda Estimasi Ordinari Kriging”. DINTEK, 10(2), 16-20.
- [9] David, M., 1977. “Geostatistical Ore Reserve Estimation”. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- [10] Dhadar, J.R. (1980). “Eksplorasi Bahan Galian”. Bandung: Penerbit G.S.B.
- [11] Dominy S. C. 1999. “Gold grade distribution and estimation in narrow vein systems “. Melbourne: Australasian Institute of Mining and Metallurgy
- [12] Evans, A.M. (1993). “Ore Geologi And Industrial Minerals: An Intoduction. 3rd Edition “. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- [13] Hayba et al., 1985. “Geological, mineralogical and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal “. Japan
- [14] Heriawan, M. N., 2019. “Bahan Ajar TA5.212-Geostatistik Terapan”. Program Studi Magister Rekayasa Pertambangan. ITB. Bandung.
- [15] Hedenquist, J.W., Matsuhisa, Y., Izawa, E., White, N.C., Giggenbach, W. F. dan Aoki, M., 1994, “Geology, geochemistry, and origin of high sulfidation Cu-Au mineralization in the Nansatsu district “. Japan
- [16] Isaaks, E., Srivastava, R.M., 1989, “An Introduction to Applied Geostatistics”, New York : Oxford University Press.
- [17] Joko, Subtano. 2006. “Tinjauan Tentang Cebakan Emas Aluvial Di Indonesia Dan Potensi Pengembangan”. Bandung : Pusat Sumber Daya Geologi.
- [18] Lindgren, W., 1933, “Mineral Deposits”. McGraw-Hill Book Company, inc, New York dan

London.

- [19] Lucas, JM, 1985, "Gold Mineral Facts and Problems (Gold Bearing Rocks)". United State Dept of the Interior, Burreau of Mines Preprint from Bulletin.
- [20] Noel, C White, 1995. "Epithermal Gold Deposits". BHP Minerals International Exploration, 229 Shepherds Bush Road, London W6 7AN, U.K.
- [21] Sumardi,Eddy. 2009. "Tinjauan Emas Epitermal Pada Llngkungan Volkanik". Bandung : Pusat Sumber Daya Geologi
- [22] Suardana. 2012. "Identifikasi Zona Alterasi Batuan Dalam Menentukan Indikasi Mineral Sulfida Emas (Studi Kasus Daerah Wungkolo, Kecamatan Wawonii, Kabupaten Konawe Selatan, Propinsi Sulawesi Tenggara)". Makassar : Program Studi Geofisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- [23] Pirajno, F. 1992. "Hydrothermal Mineral Deposits: Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist". Afrika Selatan: Springer-Verlag.
- [24] Sinclair, AJ., and Blackwell, GH., 2005. "Applied Mineral Inventory Estimation". Cambridge University Press.
- [25] Snowden.1996. "Practical Interpretation of Resource Classification Guidelines". Perth : Austarlia.
- [26] SNI, 2019. SNI 4726: Pedoman Pelaporan Hasil Eskplorasi, Sumberdaya, dan Cadangan Mineral. BSN
- [27] Sulistiyana, W., 1998. "Kriging Indikator Sebagai Metode Alternatif Untuk Penaksiran Kadar Bijih Secara Geostatistik" .Prosiding Temu Ilmiah dan Reuni 1998 Jurusan Teknik Pertambangan UPN Veteran Yogyakarta.
- [28] Sulistiyana, W., 2018. "Geostatistik". Edisi Ketiga, Prodi Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta.