

ANALISIS *TREND* MINERALISASI EMAS HIGH SULPHIDATION EPHITERMAL MENGGUNAKAN PARAMETER GEOSTATISTIK PADA *PIT MAIN RIDGE* PT. J RESOURCES BOLAANG MONGONDOW SULAWESI UTARA

(Trend Analysis of High Sulphidation Epithermal Gold Mineral Using Geostatistic Parameter in Pit Main Ridge PT. J Resources Bolaang Mongondow Sulawesi Utara Province)

Renaldy Kyfen Kapoyos, Shalaho Dina Devy, Tommy Trides
Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
E-mail: renaldykapoyos@yahoo.co.id

Abstrak

Analisis *trend* mineralisasi sangat penting dilakukan karena dapat dijadikan sebagai parameter acuan rencana penambangan *short term*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui *trend* mineralisasi beserta daerah pengaruhnya yang akan dijadikan sebagai pembobotan dalam pembuatan *block model*. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Micromine 2014. Analisis *trend* mineralisasi dilakukan dengan melakukan pengambilan data *blast hole* dan dilakukan *pit mapping* untuk mempelajari struktur geologi pada daerah penelitian. Hasil pengambilan data diolah menjadi data *assay* yang kemudian dilakukan validasi. Selanjutnya *trend* mineralisasi didapatkan dari hasil analisis semivariogram *map*. Daerah pengaruh mineralisasi dapat diketahui ketika menganalisis parameter geostatistik menggunakan semivariogram. Hasil dari penelitian ini didapatkan *trend* mineralisasi Pit Main Ridge dengan menggunakan analisis parameter geostatistik diketahui arah strike N-NE (North-North East) 25,63° dengan jarak pengaruh 13 m, arah dip adalah S-E (South East) 43,58° dengan jarak pengaruh 14 m, dan thickness adalah sub horisontal 3,16° dengan jarak pengaruh 8,3 m.

Kata kunci: *trend* mineralisasi, *blast hole*, semivariogram *map*, semivariogram, parameter geostatistik

Abstract

Trend analysis of mineral is important thing because it can be use as reference parameter in short term mine plan. The purpose of this research is to find out mineral's trend with the area of influence which will be use as weighting number while making block model. This research using software Micromine 2014. Trend analysis of mineral process start from taking blast hole data and doing pit mapping to know about the geology structure in research area. The result of taking data it will be process to be assay data which is to validate. Next, mineral's trend getting by analyze the semivariogram map. Area of influence getting by analyze the semivariogram. The result of this research is mineral's trend of Pit Main Ridge using geostatistic parameter analysis known the strike's trend is N-NE (North-North East) 25.63° with area of influence 13 meters, dip's trend S-E (South East) 43.58° with area of influence 14 meters, and thickness trend is sub horizontal 3.16° with area of influence 8.3 meters.

Keywords: *mineral's trend, blast hole, semivariogram map, semivariogram, geostatistic parameter*

PENDAHULUAN

Ketersediaan endapan mineral di Indonesia diakibatkan oleh tektonik Indonesia terutama pada lengan Utara Sulawesi yang berada pada jalur Sabuk Pasifik Barat yang merupakan jalur magmatik. Salah satunya Bakan ditemukan tipe deposit *High Sulphidation Epithermal*. *Trend* Mineralisasi dari suatu deposit harus dianalisa untuk mendapatkan arah penyebaran dari emas dan daerah pengaruh dari penyebaran emas tersebut. Pada PT. J Resources Bolaang Mongondow saat ini masih menggunakan data hasil eksplorasi dengan jarak spasi lubang bor 25 meter sebagai acuan data *trend* mineralisasi. Hal tersebut mengakibatkan data *trend* mineralisasi kurang akurat sehingga mempengaruhi proses pembuatan blok model sebagai acuan rencana penambangan.

Di era komputerisasi saat ini, analisis *trend* mineralisasi dapat dilakukan dengan mudah dengan bantuan *software* yang dirancang untuk melakukan operasi perhitungan dengan cepat. Penggunaan komputer sangat membantu pemodelan sumber daya dalam pengolahan, klasifikasi, dan interpretasi data. Metode yang digunakan untuk menganalisis arah mineralisasi yaitu menggunakan Semivariogram *Map*, sedangkan untuk menganalisis parameter geostatistik yaitu menggunakan Semivariogram. Setelah didapatkan hasil arah mineralisasi kemudian daerah pengaruh ditentukan dengan analisa parameter geostatistik dengan menggunakan Semivariogram.

Hasil yang didapatkan dari analisa *trend* mineralisasi adalah berupa arah penyebaran dan daerah pengaruh dari mineralisasi emas tersebut. Hal ini dapat digunakan sebagai acuan pembuatan

blok model yang nantinya digunakan sebagai acuan rencana penambangan Short term. Oleh karena itu, penulis tertarik melakukan penelitian untuk menganalisis *trend* mineralisasi menggunakan parameter geostatistik pada PT J Resources Bolaang Mangondow Sulawesi Utara.

METODOLOGI PENELITIAN

Data-Data yang diperlukan dalam penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara pengukuran langsung di lapangan. Data sekunder yang diperoleh dari perusahaan. Data primer yang diperoleh dari perhitungan dan pengamatan langsung di lapangan adalah: data *blast hole* dan *pit mapping*. Data sekunder yang diperoleh dari perusahaan untuk penelitian ini adalah: data *collar*, *data survey*, dan data *fire assay*.

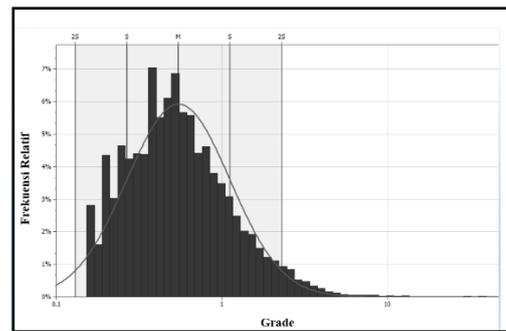
Analisis *trend* mineralisasi dilakukan dengan melakukan pengambilan data *blast hole* dan dilakukan *pit mapping* untuk mempelajari struktur geologi pada daerah penelitian. Hasil pengambilan data diolah menjadi data *assay* yang kemudian dilakukan validasi. Selanjutnya *trend* mineralisasi didapatkan dari hasil analisis semivariogram *map*. Daerah pengaruh mineralisasi dapat diketahui ketika menganalisis parameter geostatistik menggunakan semivariogram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prospek emas di Pit *Main Ridge*, adalah *silica ledge* yang berlokasi di distrik emas Bakan. *Silica ledge* ini merupakan zona alterasi terdiri dari *silica vuggy* dan *silica massive* sebagai intinya, dikelilingi oleh *silica advance argillic*, *clay advance argillic*, dan *argillic*. Inti *silica* membentuk punggungan dikarenakan ketahanannya terhadap pelapukan dan erosi. Daerah prospek emas di Bakan diidentifikasi pada awalnya melalui punggungan-punggungan tersebut.

Hasil statistik histogram didapatkan dari pengolahan data *blast hole*. **Gambar 1** merupakan hasil pengolahan data *blasthole*. Distribusi data dapat diketahui dengan menghitung nilai Koefisien korelasi (CV). Nilai CV didapatkan dari hasil pembagian standar deviasi dibagi dengan *mean*. Pada penelitian ini didapatkan nilai CV yaitu 1,41 yang berarti tipe distribusi data ini terdistribusi dengan *skewness*. Kecondongan/*skewness* pada histogram data *blasthole* mengarah ke kanan (+) dimana *mean* > *median* (0,75 > 0,51) g/t. Pengolahan data spasial hanya dilakukan pada data yang mempunyai kadar > 0,15 g/t. Hal tersebut disesuaikan dengan ketentuan Perusahaan dimana kadar < 0,15 g/t digolongkan kedalam *waste*. Pada gambar tersebut juga menunjukkan suatu *outlier* pada kadar.

Kadar yang tinggi dengan frekuensi relatif <1 jika dimasukkan pada pengolahan data akan menimbulkan hasil estimasi yang tinggi. Jika terdapat variansi yang tinggi maka diperlukan *top cut* pada *outlier* tersebut. *Top cut* digunakan jika suatu data memiliki suatu *outlier*/pencilan dan juga nilai variansi yang sangat tinggi. Dalam mengambil keputusan *top cut*, sampai saat ini tidak ada parameter untuk men *top cut* suatu data, namun dapat dilakukan dengan mengetahui distribusi data seperti menggunakan histogram, kumulatif frekuensi, *probability plot* dan lainnya.



Gambar 1. Histogram Data Spasial

Hasil statistik dari data *blasthole* **Tabel 1** mempunyai jumlah data yang digunakan sebanyak 29.461 dengan nilai kadar tertinggi 59,11 g/t dan nilai kadar terendah yaitu 0,16 g/t. *Mean*/nilai rata-rata kadar yaitu 0,75 g/t sedangkan *median*/nilai tengah adalah 0,51 g/t dan nilai variansinya adalah 1,11 dan nilai standar deviasinya adalah 1,06.

Tabel 1. Hasil Statistik Data Spasial

| Statistik | Hasil |
|---------------------|-----------|
| Minimum Value | 0,16 g/t |
| Maximum Value | 59,11 g/t |
| N | 29.461 |
| Mean | 0,75 g/t |
| Median | 0,51 g/t |
| Variance | 1,11 |
| Standard Deviation | 1,06 |
| Coeff. Of Variation | 1,41 |

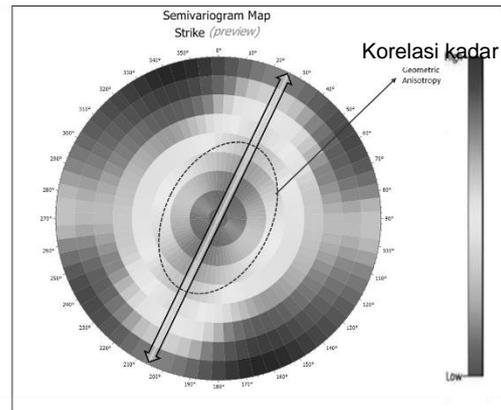
Minimum value adalah nilai terendah pada data spasial. Data spasial berupa data kadar emas pada PT. J Resources Bolaang Mongondow. Material dengan kadar emas < 0,16 g/t digolongkan kedalam *material waste*. Jadi material dengan kadar > 0,15 yang digolongkan kedalam material *ore* sehingga 0,16 g/t adalah kadar terendah untuk material jenis *ore*. *Maximum value* adalah nilai tertinggi pada data spasial. Data spasial ini berupa data kadar emas pada PT. J Resources Bolaang Mongondow. Nilai *maximum value* yaitu 59,11 disini terlihat pencilan data yang mengakibatkan peningkatan *variance* pada data. N merupakan jumlah data yang

digunakan dalam pengolahan data spasial. Nilai n atau jumlah data yang digunakan sebanyak 29.461. *Mean* adalah teknik penjelasan kelompok yang didasarkan atas nilai rata-rata dari data tersebut. *Median* adalah nilai yang letaknya ditengah dari data yang telah diurutkan dari yang terkecil hingga terbesar. Perbandingan nilai *mean* dan *median* dapat menunjukkan distribusi dari data dan dapat menunjukkan *skewness/* kecondongan data. Jika kecondongan mengarah ke kanan (+) dimana $mean > median$, dan begitupun sebaliknya jika kecondongan mengarah ke kiri (-) dimana $mean < median$. *Variance* atau ragam adalah ukuran seberapa jauh sebuah kumpulan bilangan tersebar. Varians nol mengindikasikan semua nilai data sama. Nilai variansi yang didapatkan 1,11, jika ditinjau berdasarkan nilai variansi terlihat bahwa nilai variansinya kecil. Berdasarkan standar variansi perusahaan PT J Resources Bolaang Mongondow yaitu nilai variansi yang ideal yaitu < 2 dimana nilainya mendekati *mean* sehingga data tersebut dapat diolah dan tidak menimbulkan *over estimate*. Standar deviasi yaitu nilai statistik yang dimanfaatkan untuk menentukan bagaimana sebaran data dalam sampel, serta seberapa dekat titik data individu ke *mean*. Nilai standar deviasi dapat diperoleh dengan mengakarkan nilai varians. Nilai standar deviasi yang diperoleh yaitu 1,06 g/t.

Semivariogram Map ini menunjukkan trend mineralisasi zona alterasi Pit Main Ridge. Adapun Semivariogram Map terdiri atas 3 yaitu strike, dip, dan pitch.

a. Semivariogram Map Strike

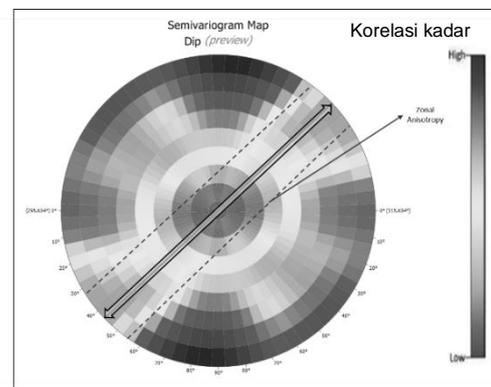
Jurus (*strike*) merupakan arah garis horisontal yang terbentuk oleh bidang miring dengan bidang horisontal. Semivariogram *map* ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh/hubungan/berkorelasi suatu data. Gradasi warna dimulai dari ungu, biru, hijau, kuning, *orange*, dan merah menunjukkan nilai kadar dari kadar rendah (saling mempengaruhi/berkorelasi) hingga kadar yang tinggi (tidak berkorelasi). Untuk itu, perlu dilakukan *setting* untuk mendapatkan nilai kadar yang saling berkorelasi yaitu ungu dan biru. **Gambar 2** menunjukkan Semivariogram Map Strike mengarah ke arah N-NE (North-North-East) 25,63°.



Gambar 2. Semivariogram Map Strike

b. Semivariogram Map Dip

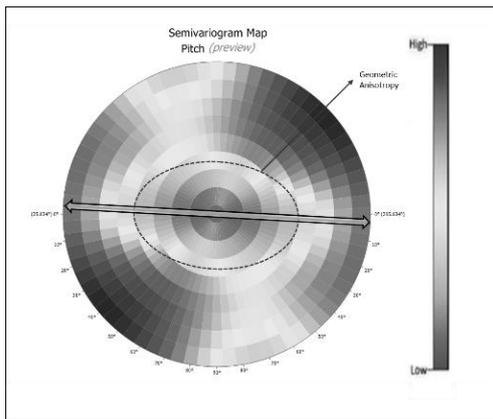
Dip adalah sudut terbesar dari suatu bidang miring yang diukur tegak lurus jurus. Semivariogram map ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh/ hubungan/ korelasi suatu data. **Gambar 3** Menunjukkan Semivariogram Map Dip mengarah ke arah SE (South-East) 43,58°.



Gambar 3. Semivariogram Map Dip

c. Semivariogram Map Pitch

Pitch adalah sudut antara garis dengan jurus dari bidang yang memuat garis tersebut. Semivariogram *map* ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pengaruh/ hubungan/ korelasi suatu data. **Gambar 4** Menunjukkan Semivariogram Map Pitch mengarah ke sub horisontal East 3,16°.



Gambar 4. Semivariogram Map Pitch

Studi Parameter Geostatistik ini adalah langkah awal sebelum dilakukannya perhitungan cadangan. Studi Parameter Geostatistik ini dilakukan menggunakan basis data assay dengan tujuan untuk mengetahui korelasi spasial antar blast hole. Berdasarkan koreksi spasial tersebut dapat diketahui arah dan jarak penyebaran kadar emas *High Sulphidation Epithermal* di PT. J Resources Bolaang Mongondow. Hasil dari Parameter Geostatistik ini yang menjadi pembobot dalam mengestimasi kadar pada setiap blok dalam perhitungan cadangan dan dapat dijadikan sebagai acuan rencana penambangan short term.

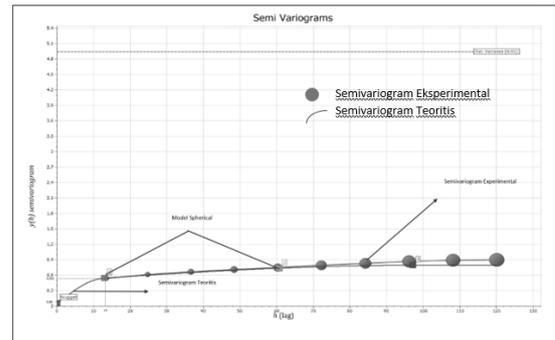
Studi Parameter Geostatistik ini adalah langkah awal sebelum dilakukannya perhitungan cadangan. Studi Parameter Geostatistik ini dilakukan menggunakan basis data *assay* dengan tujuan untuk mengetahui korelasi spasial antar *blast hole*. Berdasarkan koreksi spasial tersebut dapat diketahui arah dan jarak penyebaran kadar emas *High Sulphidation Epithermal* di PT. J Resources Bolaang Mongondow. Hasil dari Parameter Geostatistik ini yang menjadi pembobot dalam mengestimasi kadar pada setiap blok dalam perhitungan cadangan dan dapat dijadikan sebagai acuan rencana penambangan *short term*.

Proses semivariogram ini dilakukan *fitting*/pencocokkan antara data lapangan /eksperimen (semivariogram eksperimental) dengan teori (semivariogram teoritis). Model teoritis yang digunakan pada semivariogram adalah model *spherical*. Adapun hasil *fitting* untuk *strike* dapat dilihat pada **Gambar 5**, *dip* dapat dilihat pada **Gambar 6**, dan untuk *thickness* dapat dilihat pada **Gambar 7**.

a. Semivariogram Strike

Pada grafik semivariogram strike **Gambar 5** menunjukkan *bullets* merah adalah semivariogram eksperimental kemudian dilakukan *fitting* dengan grafik *spherical* berwarna ungu yang merupakan semivariogram teoritis. Dari hasil *fitting* semivariogram didapatkan hasil untuk *partial sill*

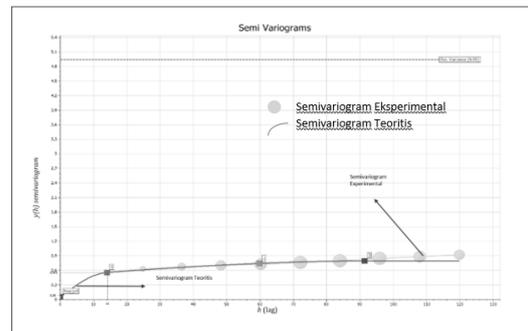
0,426, *nugget* 0,06, *sill* 0,432, dengan *range*/jarak pengaruh sebesar 13m.



Gambar 5. Semivariogram *Strike*

b. Semivariogram Dip

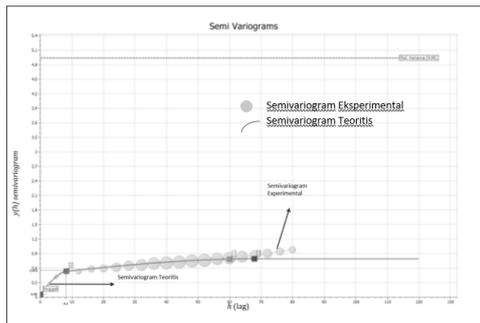
Pada grafik semivariogram dip **Gambar 6** menunjukkan *bullets* hijau adalah semivariogram eksperimental kemudian dilakukan *fitting* dengan grafik *spherical* berwarna merah yang merupakan semivariogram teoritis. Dari hasil *fitting* semivariogram didapatkan hasil untuk *partial sill* 0,426, *nugget* 0,06, *sill* 0,432, dengan *range*/jarak pengaruh sebesar 14m.



Gambar 6. Semivariogram *Dip*

c. Semivariogram Thickness

Pada grafik semivariogram Thickness **Gambar 7** menunjukkan *bullets* biru adalah semivariogram eksperimental kemudian dilakukan *fitting* dengan grafik *spherical* berwarna biru yang merupakan semivariogram teoritis. Dari hasil *fitting* semivariogram didapatkan hasil untuk *partial sill* 0,426, *nugget* 0,06, *sill* 0,432, dengan *range*/jarak pengaruh sebesar 8.3 m.



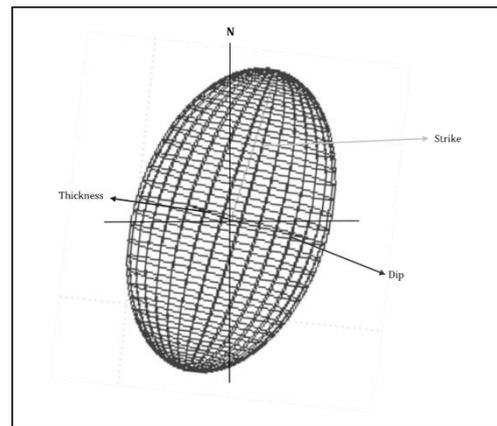
Gambar 7. Semivariogram Thickness

Hasil studi Parameter Geostatistik dengan bantuan program Micromine 2014 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Parameter Geostatistik

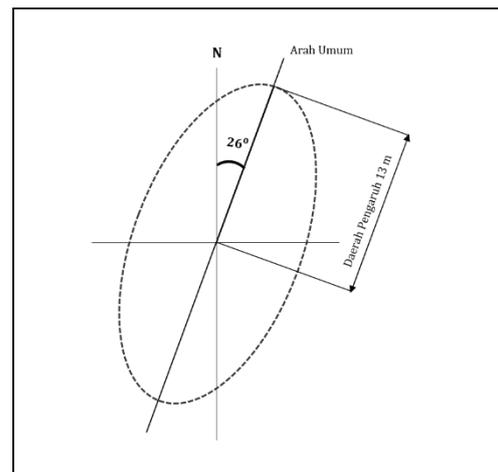
| Arah | Parameter Geostatistik | | | |
|-----------|------------------------|--------|-------|-----------|
| | Partial Sill | Nugget | Sill | Range (m) |
| Strike | 0,426 | 0,06 | 0,432 | 13 |
| Dip | 0,426 | 0,06 | 0,432 | 14 |
| Thickness | 0,426 | 0,06 | 0,432 | 8,3 |

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui parameter geostatistik berupa nilai *partial sill*, *nugget*, *sill*, dan *range*. *Sill* adalah masa stabil suatu variogram yang mencapai rangenya. *Sill* juga menunjukkan wilayah (*lag*) pada data dimana varians sudah tidak mengalami perubahan/kenaikan. Nilai *sill* didapatkan dari hasil penjumlahan *partial sill* dan *nugget*. Nilai *sill* untuk seluruh *semivariogram* yaitu 0,432. *Nugget* adalah kediskontinuan pada pusat variogram terhadap garis vertikal yang melompat dari nilai 0 pada pusat nilai variogram pada pemisahan jarak terkecil. *Nugget effect* dapat berupa kesalahan sistematis yang dibuat manusia, kesalahan membaca alat, dan kesalahan sampling. Nilai *nugget* yang didapatkan adalah 0,06. *Range* adalah jarak dimana variogram mencapai nilai *sill*. *Range* menunjukkan jarak pengaruh dari masing-masing arah. Pengaruh variogram hanya berada sepanjang *range* yang didapatkan, ini berarti ketika variogram telah mencapai *sill* berarti variansnya sudah tidak mengalami kenaikan atau sudah tidak terdapat penyebaran pada variogramnya. Arah *strike* penyebaran kadar emas *High Sulphidation Epithermal* adalah 25,63° dengan jarak pengaruh 13 m, arah *dip* adalah 43,58° dengan jarak pengaruh 14 m, dan *thickness* adalah 3,16° dengan jarak pengaruh 8,3 m. Hasil *Ellipsoid Semivariogram* dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Ellipsoid Semivariogram

Ellipsoid pada Gambar 8 menunjukkan arah dari *strike*, *dip*, dan *thickness*. *Strike* adalah garis horizontal yang terletak pada bidang miring. *Strike* ditunjukkan dengan garis yang berwarna hijau. *Dip* adalah sudut terbesar dari suatu bidang miring, yang diukur tegak lurus dengan *strike*. *Dip* ditunjukkan dengan garis yang berwarna merah. *Thickness* adalah besaran sudut lancip antara garis horizontal yang diukur pada bidang dimana garis tersebut terletak. *Thickness* ditunjukkan dengan garis yang berwarna biru.



Gambar 9. Hasil Analisis Semivariogram Kadar Emas

Jika *Ellipsoid* tersebut dilakukan *section* didapatkan Gambar 2D terhadap *Semivariogram* kadar Emas *High Sulphidation Epithermal* yang dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar tersebut menunjukkan arah umum/ arah *strike* yaitu 26° N-NE (*North-North East*) dengan daerah pengaruh 13m.

KESIMPULAN

Hasil statistik histogram (*mean, median, minimum value, maximum value, variance*) kadar emas *High Sulphidation Epithermal* yaitu jumlah data yang digunakan sebanyak 29.461 dengan nilai kadar tertinggi 59,11 g/t dan nilai kadar terendah yaitu 0,16 g/t. *Mean*/nilai rata-rata kadar yaitu 0,75 g/t sedangkan *median*/nilai tengah adalah 0,51 g/t dan nilai variansinya adalah 1,11.

Trend mineralisasi Pit Main Ridge saat ini dengan menganalisis *Semivariogram Map* menggunakan data *blast hole* arah strike N-NE (North-North East) 25,63°, arah dip adalah S-E (South East) 43,58°, dan thickness adalah sub horizontal 3,16°.

Jarak daerah pengaruh mineralisasi Pit Main Ridge dengan menggunakan analisis parameter geostatistik diketahui arah strike N-NE (North-North East) 25,63° dengan jarak pengaruh 13 m, arah dip adalah S-E (South East) 43,58° dengan jarak pengaruh 14 m, dan thickness adalah sub horizontal 3,16° dengan jarak pengaruh 8,3 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini pula penyusun menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk masukan dan bimbingan atas rampungnya jurnal ini kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si., selaku Rektor Universitas Mulawarman
2. Bapak Muhammad Dahlan Balfas, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
3. Bapak Dr. Shalah Dina Devy, S.T., M.Eng, selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Pertambangan Universitas Mulawarman dan dosen Pembimbing I
4. Bapak Tommy Trides, S.T., M.T selaku dosen pembimbing II
5. Ibu Henny Magdalena, S.T., M.T, selaku dosen penguji I
6. Bapak Muhammad Amin Syam, S.Si., M.Eng selaku dosen penguji II
7. Seluruh Bapak/Ibu dosen yang pernah mendidik saya selama di Universitas Mulawarman.
8. Bapak/Ibu staf Tata Usaha Fakultas Teknik dan Program Studi S1 Teknik Pertambangan, pelayanan administrasi terbaik dan keramahan bapak/ibu meringankan beban pikiran saya.
9. Teman – teman Mahasiswa S1 Teknik Pertambangan 2015, Terima kasih untuk segala dukungan dan bantuannya selama kita menjalani masa – masa perkuliahan di lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman

DAFTAR PUSTAKA

- Bargawa, W. S., 2016. *Masalah Pencocokkan Model Variogram Pada Penaksiran Kadar Memakai Metode Geostatistika*. Yogyakarta, Prosiding TPT XXV Perhapi. P. 360
- Corbett G.J. and Leach T.M., 1998, *Southwest Pacific Rim Gold-copper Systems: Structure, Alteration and Mineralisation*. Society of Economic Geologists, USA,
- Cressie, N. A. C., 1993. *Statistics For Spatial Data*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Crocket. J. H., and Foster. 1993, *Gold Metallogeny and Exploration*. Springer: Netherlands.
- Dominy, s c, Stephenson, P R and Annels, A E., 2001. *Journal Classification and Reporting of Mineral Resources for High-Nugget Effect Gold Vein Deposits*. P. 216
- Hedenquist, J. W. and White, N. C., 1995. *Epithermal Gold Deposits: Style, Characteristic, and Exploration*: SEG Newsletter.
- Hustrulid, W., Kutcha, M., dan Martin, R., 2006, *Open PIT Mine Planning & Design*, 3rd Edition, Taylor & Francis plc: London, UK.
- Hardjana, Iip. 2012. *Penemuan, Geologi, dan Eksplorasi Sistem Mineralisasi Emas Sulfida Tinggi di Kawasan Bakan Sulawesi Utara*, Majalah Geologi Indonesia. Vol. 27, No. 3
- Holmes, R.J., 2010. *Sampling mineral commodities- the good, the bad, and the ugly*. Johannesburg: The Southern African Institute of Mining and Metallurgy.
- Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M., 1989. *Applied Geostatistics*. New York: Oxford University Press. P.143
- Junaedy, Mohamad. 2016. *Studi Zona Mineralisasi Emas Menggunakan Metode Magnetik di Lokasi Tambang Emas Poboya*, Online Journal of Natural Science. Vol. 5(2): hal 209-222
- Macdonald, E. H. 2007, *Handbook of gold exploration and Evaluation*. CRC Press: Washington, DC.
- Micromine, 2014. Micromine version (15.0). In: Micromine, ed. *Geostatistics and Kriging*. Perth: 2014, p. 24, 25, 37
- Price, Monica., and Walsh Kevin, 2005. *Pocket Nature Rocks and Minerals*. London: Dorling Kindersley Limited.
- Simmons, S.F., White, N.C., and John, D.A. 2005. *Geological Characteristics of Epithermal Precious and Base Metal Deposits*. Society of Economics Geologist, pp, 485-52

Sinclair, J. A., Blackwell, H. G. 2002. *Applied Mineral Inventory Estimation*. New York: Cambridge University Press.