

GEOLOGI DAN ESTIMASI SUMBERDAYA NIKEL LATERIT DENGAN METODE IDW (INVERSE DISTANCE WEIGHT) DAN KRIGING PADA DAERAH BAHODOPI KABUPATEN MOROWALI PROVINSI SULAWESI TENGAH

Muhammad Amril Asy'ari ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Pengajar Program Studi Teknik Pertambangan Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode yang memiliki ketelitian yang lebih baik berdasarkan perbandingan kedua metode perhitungan. Topografi pada daerah penelitian berupa morfologi bergelombang dan morfologi berbukit bergelombang. Hasil analisa petrografi menunjukkan batuan dasarnya berupa batuan ultramafik dengan jenis hazburgit. Titik bor interval 25 meter memiliki titik bor sebanyak 636 dan interval 50 meter memiliki titik 234. Hasil perhitungan sumberdaya dengan menggunakan metode inverse distance sebanyak 15.937 ton. Untuk metode kriging, dengan jumlah titik bor zona saprolit sebanyak 486 titik. Jumlah titik bor yang masuk dalam kategori cut off grade sebanyak 157 titik, setelah dilakukan kriging terdapat 160 blok. Sebelum dilakukan kriging hasilnya 9751.874 ton, setelah dilakukan analisa kriging hasil perhitungannya sebesar 9722,385 ton. Setelah dilakukan analisa kriging, didapatkan nilai semivariogram, yang mana daerah pengaruh untuk sebaran nikel memiliki panjang 197,64 meter dengan arah N 223,8°E. Sedangkan untuk ketebalan mempunyai range terpanjang 183,27 meter dengan arah N 9,2°E. Nilai awal simpangan baku 0,32 dan setelah dilakukan proses kriging nilai simpangan baku menjadi 0,152. Nilai awal koefisien variasi awal sebesar 0,242, setelah dilakukan proses kriging di dapatkan nilai koefisien variasi 0,115. Untuk tebal Ni nilai awal simpangan baku sebesar 1,77, setelah dilakukan analisa kriging di dapatkan nilai 1,78. Estimasi menggunakan kriging merupakan metode pendekatan dari nilai sebenarnya dengan tujuan utama untuk menghindari kesalahan sistimatis dalam estimasi yang terlalu besar atau terlalu kecil dalam menaksir cadangan. Perbedaan hasil estimasi kedua metode disebabkan karena adanya perbedaan nilai kadar Ni dan tebal Ni hasil taksiran kedua metode tersebut. Metode estimasi kriging yang diproses yaitu kadar Ni dan tebal Ni, sedangkan metode estimasi inverse distance hanya kadar yang diproses.

Kata Kunci : *Nikel laterit, geostatistik, inverse distance, kriging, estimasi sumberdaya dan semivariogram*

1. PENDAHULUAN

Pemodelan geologi endapan mineral dan perhitungan cadangan merupakan hal yang tidak dapat dipisahkan dalam proses penambangan sumber daya mineral. Perhitungan cadangan dijadikan dasar evaluasi keekonomisan suatu endapan mineral. Perhitungan sumber daya dan cadangan ini dibagi menjadi dua elemen yaitu volume dan kadar. Hubungan kadar suatu conto pemboran dengan kadar blok akan diperoleh suatu pencarian sistematis. Berarti bahwa conto bor tersebut bukanlah suatu harga estimasi yang paling baik untuk menaksir blok, sehingga diperlukan suatu koreksi, (Darjanto 2000). Kriging adalah estimator geostatistik yang dirancang untuk melakukan penaksiran kadar blok sebagai kombinasi linear dari contoh-contoh yang ada di dalam/ sekitar blok atau dengan kata lain melakukan prediksi di lokasi-

lokasi yang tidak tersampel. Berdasarkan data lokasi-lokasi yang tersampel disekitarnya. Proses kriging memberikan harga-harga pengestimasi kadar-kadar blok terbaik berdasarkan kadar-kadar conto yang sudah dikoreksi (Royle et al 1972).

Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui kondisi geologi endapan nikel laterit daerah penelitian. Mengestimasi sumberdaya nikel laterit dengan menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weight*) dan Kriging. Mengetahui daerah mana yang prospek baik secara kuantitas dan kualitas pada daerah Bahodopi. Mengetahui jumlah tonase dan kadar yang ekonomis di daerah penelitian. Merekomendasi daerah mana yang prospek baik secara kuantitas dan kualitas pada daerah penelitian.

Dalam penelitian ada beberapa batasan masalah yang dilakukan, antara lain: Penelitian dilakukan pada daerah daerah Bahodopi seba-

gai dasar pembuatan peta geologi dan kondisi geologi daerah penelitian. Sumberdaya yang dihitung berdasarkan data pemboran eksplorasi

Daerah Penelitian

Secara administratif daerah penelitian berada pada wilayah Kecamatan Bahodopi Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah. Luas daerah penelitian sekitar 247 Ha. Batas-batas daerah penelitian, sebelah timur berbatasan dengan Laut Banda, sebelah selatan Berbatasan dengan Desa Labota, sebelah Barat berbatasan dengan Teluk Maili dan sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Bahodopi. Berada pada korordinat $2^{\circ}49'58,8''-2^{\circ}50'53,3''$ LS dan $122^{\circ}04'05,8'' - 122^{\circ}05'16,1''$ BT (Gambar 1).



Gambar 1.1 Lokasi daerah penelitian pada peta Pulau Sulawesi

2. GEOLOGI REGIONAL

Berdasarkan pembagian morfologi regional daerah Bungku menurut Simandjuntak dkk (1994) dapat dibagi menjadi lima satuan, yakni Morfologi pegunungan, Morfologi dataran

Menengah, Morfologi dataran rendah, Morfologi perbukitan menggelombang dan Morfologi kras. Menurut Simandjuntak dkk (1994) stratigrafi lembar Bungku dapat dikelompokkan menjadi dua Mandala, yaitu :

a. Mandala Geologi Sulawesi Timur

Mandala Geologi Sulawesi Timur ini atau juga disebut Lajur Ofiolit Sulawesi Timur, tersusun oleh batuan ultramafik dan sedikit batuan sedimen pelagos, berturut-turut dari tua ke muda adalah sebagai berikut :

1. Komplek ultramafik.
2. Formasi Matano.
3. Formasi Tomata.
4. Aluvium.

b. Mandala Banggai Sula

Mandala Banggai Sula tersusun oleh formasi yang berturut-turut dari tua ke muda yaitu :

1. Formasi Tokala.
2. Formasi Nanaka.
3. Formasi Masiku.
4. Formasi Solodik.

Struktur Regional

Struktur geologi yang terdapat di lembar Bungku menurut Simanjuntak dkk (1993) yaitu sesar, lipatan dan kekar-kekar. Secara umum sesar di daerah ini berarah Tenggara-Barat Laut dan Timur-Barat, jenisnya berupa sesar sungkup, sesar geser mendarat dan sesar turun. Sesar Matano merupakan sesar utama di daerah ini yang merupakan sesar geser kiri (sinistral) yang berarah Timur-Barat. Kekar dijumpai hampir pada semua batuan, terutama dalam batuan beku (komplek mafik dan ultramafik).

Ganesa Nikel Laterit

Pembentukan endapan nikel laterit berasal dari batuan peridotit yang mengalami serpentinisasi kemudian terekspose ke permukaan, pada kondisi iklim tropis dengan musim panas dan hujan berganti-ganti kemudian mengalami pelapukan secara terus menerus yang mengakibatkan batuan menjadi rentan terhadap proses pencucian. Sirkulasi air permukaan yang mengabsorpsi CO_2 dari atmosfer mempercepat proses pelapukan dan pencucian menjadi lebih intensif pula. Pelapukan lebih lanjut, Ni akan larut dan terbawa oleh air tanah kemudian mengalami proses presipitasi Menurut Priono (1985).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian meliputi pengambilan sampel batuan pada daerah penelitian dan data untuk estimasi sumberdaya nikel yaitu data sekunder hasil pemboran eksplorasi nikel, berupa data titik kordinat pemboran, elevasi titik pemboran, kode titik pemboran, kandungan kadar nikel, ketebalan endapan nikel laterit dan kandungan unsur lain yang terdapat pada hasil pemboran eksplorasi. Selain kedua data tersebut, juga dilakukan pemetaan geologi pada daerah penelitian, untuk pembuatan peta geologi dan peta morfologi daerah penelitian. Sampel batuan dianalisis laboratorium untuk mengetahui jenis batuan dasar dan kandungan mineral yang ada di batuan dasar.

Analisa laboratorium meliputi petrografi dan sinar X difraksi. Pelaksanaan analisa laboratorium petrografi dan sinar X difraksi dilakukan di laboratorium Geologi Terpadu Fakultas Teknik Geologi Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

Untuk perhitungan estimasi sumberdaya menggunakan 2 metode, yaitu dengan metode inverse distance dan kriging. Estimasi inverse distance menggunakan peranti lunak Surpac versi 6.1.2, sedangkan untuk estimasi kriging menggunakan peranti lunak ArcGIS 9.3.

Metode Inverse Distance Weight

Metode ini merupakan suatu cara penaksiran yang telah memperhitungkan adanya hubungan letak ruang (jarak), merupakan kombinasi linear atau harga rata-rata tertimbang (*weighting average*) dari titik-titik data yang ada di sekitarnya.

Metode sepejarak ini mempunyai batasan pada jarak saja dan belum memperhatikan efek pengelompokan data, sehingga data dengan jarak yang sama, namun mempunyai pola sebaran yang berbeda masih akan memberikan hasil yang sama atau dengan kata lain metode ini belum memberikan korelasi ruang antara titik data dengan titik data yang lain (Harris, 2005).

Rumus yang digunakan untuk metode inverse distance weight adalah sebagai berikut:

Untuk ID pangkat 1 :
$$W_j = \frac{\frac{1}{d_j}}{\sum_{i=1}^j \frac{1}{d_i}}$$

Untuk ID Pangkat 2 :
$$W_j = \frac{\frac{1}{d_j^2}}{\sum_{i=1}^j \frac{1}{d_i^2}}$$

Untuk ID pangkat n :
$$W_j = \frac{\frac{1}{d_j^n}}{\sum_{i=1}^j \frac{1}{d_i^n}}$$

Maka, hasil taksiran (Z^*) : $Z^* = \sum_{i=1}^j W_i \cdot Z_i$

Keterangan : d : Jarak titik yang ditaksir ; Zi : Titik Data ; Wi : Faktor Pembobotan

Metode Geostatistik dan Kriging

Kriging adalah teknik untuk melakukan prediksi atau penaksir pada lokasi-lokasi yang tidak tersampel berdasarkan data lokasi-lokasi yang tersampel di sekitarnya. Penggunaan metode kriging dilakukan dalam dua tahap, yakni tahap pertama menghitung nilai variogram atau semivariogram dan fungsi covarians. Tahap kedua adalah melakukan prediksi pada lokasi tak tersampel.

Semivariogram

Semivariogram menggambarkan selisih rata-rata antara harga titik contoh yang terpisah oleh jarak pada arah tertentu atau titik-titik yang dipisahkan oleh lag tertentu. Menurut Armstrong (1998) Semivariogram eksperimental dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$(h) = \frac{\sum_{i=1}^N [z(x_i) - z(x_i + h)]^2}{2 N (h)}$$

dimana : (h) = (semi) variogram untuk arah tertentu dari jarak h, h = jarak antara conto atau lag semivariogram, z(x_i) = nilai variabel, z(x_i + h) = nilai variabel yang terpisah sejauh h, N(h) = jumlah pasangan data.

Model matematis dari semivariogram tersebut adalah sebagai berikut :

$$(h) = Co + C \left(\frac{3h}{2a} - \frac{H^3}{2a^3} \right) h \leq a(2)$$

$$(h) = Co + C \quad h > a(3)$$

dimana: (h) = Semivariogram, h = Jarak pasangan titik perconto, a = daerah dimana nilai semivariogram mencapai nilai sill dimana sudah mencapai nilai sill data tidak memiliki korelasi lagi. Range biasa juga disebut daerah pengaruh. Co = Variansi antar titik contoh dengan titik contoh yang diperkirakan (*Nugget effect*). C = Variansi total dari suatu endapan (*Sill*) yang dikurangi dengan nilai Co.

Estimasi Sumberdaya Tonase Bijih

Untuk menghitung tonase pada suatu badan bijih atau endapan diperlukan:

- a. Luas Blok (A)
- b. Ketebalan Blok (t)
- c. Berat Jenis (d)
- d. Kadar (g)

Tonase = A x t x d x g

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi di daerah penelitian dapat dikelompokkan menjadi 2 satuan, terdiri dari satuan relief bergelombang/miring dan satuan relief berbukit bergelombang/miring. Daerah penelitian terletak di blok 2D, kondisi relief berupa perbukitan dengan ketinggian 230 m sampai 425 m dari permukaan laut.

Pembagian litologi didasarkan atas perbedaan kenampakan fisik, baik secara megaskopis maupun mikroskopis. Litologi pada daerah penelitian merupakan satuan Harzburgit (Gambar 2). Batuan tersebut sebagian mengalami serpentinisasi, namun dengan intensitas yang berbeda-beda dari tinggi sampai rendah. Hal ini dibuktikan dengan adanya rekahan pada bidang kristal olivin maupun piroksen yang terisi oleh mineral serpentin dengan namun dengan persentase yang relatif sedang dan hadir sebagai inklusi maupun pengisi rekahan pada kristal piroksen atau pun olivin.

Estimasi Sumberdaya - Metode Inverse Distance

Dalam perhitungan sumberdaya Ni dengan menggunakan Surpac dengan metode inverse distance, terlebih dahulu file dari masing-masing zona di buat ke dalam file Constraints. Constraints disusun berdasarkan letak vertikal

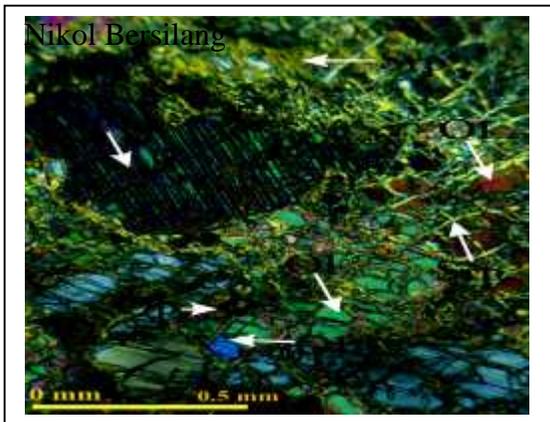
dari urutan zona, dari paling atas sampai ke paling bawah. Dari data constraints selanjutnya data dilakukan perhitungan estimasi dengan metode inverse distance. Pada tahap ini di tentukan ID pangkat yang akan digunakan. Hasil dari perhitungan dengan metode inverse distance menggunakan peranti lunak Surpac berupa laporan (Gambar 3). Perhitungan cadangan nikel laterit ini dibatasi dengan cut off grade 1.4 % dengan densitas 1,6 kg/m³. sehingga perhitungan cadangan nikel laterit berdasarkan hasil log bor dengan menggunakan daerah pengaruh yang di ambil berdasarkan jarak titik bor sebesar 25 m. Jumlah sumberdaya dengan metode inverse distance adalah 10400 ton.

File Edit Format View Help
 Gemcom Software International Block model report
 PT. BINTANG DELAPAN MINERAL
 MOROWALI NICKEL PROJECT
 KADAR NI 1.4% up ID2

Constraints used
 1. NOT < BLOCK ni_id 1.4
 keep blocks partially in the constraint : False

Zona	volume	Tonnes	ni Id	Fe Id
BZ	9375.00	15000.00	1.52	17.69
SP	6500.00	10400.00	1.51	21.34
YL	32500.00	52000.00	1.46	26.85
RL	14375.00	23000.00	1.44	23.78
Grand Total	62750.00	100400.00	1.49	22.82

Gambar 3. Laporan Hasil Perhitungan pada Program Surpac



Gambar 2. Sayatan Petrografi sampel batuan dasar 2D08

Geostatistik dan Estimasi Cadangan

Semivariogram

Berdasarkan analisa anisotropi yang dilakukan, hasil yang diperoleh memberikan anisotropi geometri bentuk elips untuk kadar nikel dengan *range* (a) terpanjang 197,642 m dan *range* (a) terpendek 160,3 m, berarah N 45° E (Gambar 4. A). kondisi seperti ini dapat dijabarkan sebagai pola penyebaran kadar nikel yang menempati areal sepanjang 197,642 m yang berarah Timur laut-Barat daya.

Semivariogram Ketebalan Nikel

Perhitungan semivariogram ketebalan sama dengan cara yang dilakukan pada perhitungan semivariogram kadar nikel. Berdasarkan analisa anisotropi yang dihasilkan dari proses semivariogram diperoleh anisotropi geometri bentuk elips untuk ketebalan nikel dengan *range* (a) terpanjang 183,27 m dan *range* (a) terpendek 83,54 m, berarah N 9,2° E (Gambar 4. B). Hal ini menggambarkan bahwa daerah pengaruh atau ketebalan lapisan nikel yang prospek berada pada areal sepanjang 183,27 m yang berarah Timur laut - Barat daya

Kriging

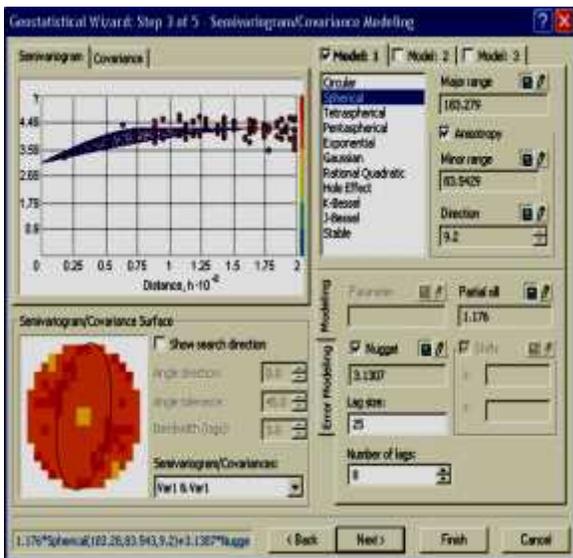
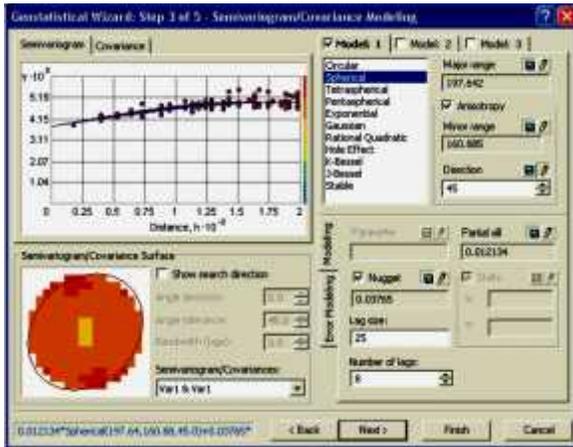
Dari data sampel bijih hasil pengeboran sebanyak 486 sampel yang masuk dalam *cut off grade* (memiliki kandungan nikel diatas 1,4%) sebanyak 157 blok, namun setelah melalui proses kriging data sampel bijih yang masuk dalam kategori *cut off grade* sebanyak 175 blok (Gambar 5)

Hasil estimasi/prediksi terhadap nilai conto cukup akurat karena nilai perkiraan mendekati nilai yang sebenarnya yang ditandai dengan rata-rata error mendekati nol atau 0.0012 dan nilai *average standard error* yang cukup kecil, yakni 0,208. Demikian halnya dengan hasil prediksi nilai conto tidak bias yang ditandai dengan nilai *root-mean-square standardized prediction error* mendekati satu, yakni 0,99.

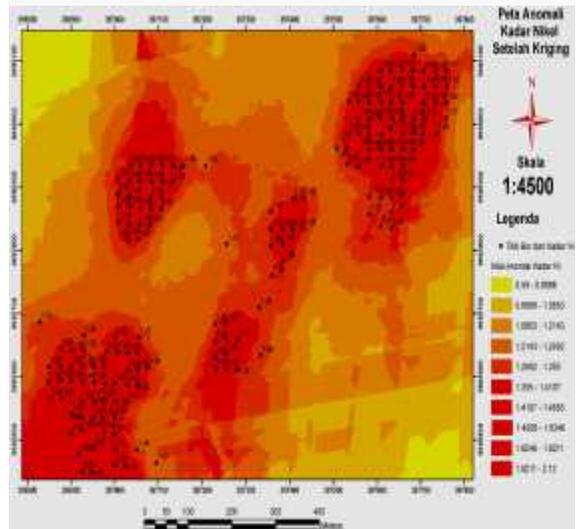
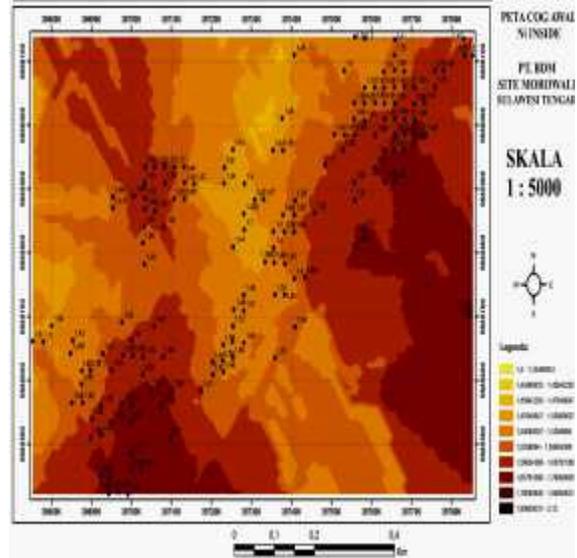
Perhitungan Sumberdaya Nikel

Hasil perhitungan sumberdaya nikel dengan menggunakan metode inverse distance didapatkan total jumlah Ni sebesar 10400 ton. Jumlah sumberdaya tonase nikel yang diperoleh sebelum dilakukan kriging sebesar 9178,235 ton dan setelah dilakukan kriging diperoleh tonase nikel sebesar 9124,718 ton. Bila diperhatikan jumlah tonase nikel yang diperoleh sebelum

kriging lebih besar daripada yang diperoleh setelah kriging.



Gambar 4. Semivariogram Kadar Nikel (A) Ketebalan Nikel (B) pada proses ArcGIS



Gambar 5. Peta sebaran kadar nikel COG sebelum kriging (A) dan sesudah kriging (B)

Hasil Perbandingan Metode Estimasi Sumberdaya

Adanya perbedaan jumlah sumberdaya nikel laterit karena adanya perbedaan nilai kadar Ni dan tebal Ni hasil taksiran oleh kedua metode tersebut sehingga dapat menyebabkan perbedaan nilai kadar dan tebal zona saprolit.

Pada metode kriging pembobotan tidak semata-mata berdasarkan jarak, melainkan menggunakan korelasi statistik antar contoh yang juga merupakan fungsi jarak. Metode kriging menggunakan *semivariogram* yang merepresentasikan perbedaan spasial dan nilai diantara semua pasangan sampel data. Pada metode inverse distance, hasil dari estimasinya bergantung pada parameter faktor pangkat (power) yang digunakan dan berapa banyak jumlah titik (sampel) minimum dan maksimal yang diikuti sertakan dalam estimasi suatu titik.

5. PENUTUP

Kesimpulan

Morfologi daerah penelitian terbagi menjadi 2 morfologi yaitu morfologi bergelombang dan morfologi bergelombang miring. Dari hasil pengamatan petrogrfi batuan dasar, batuan dasar daerah penelitian berupa batuan peridotit dengan jenis hazburgit. Estimasi menggunakan metode inverse distance diperoleh sumberdaya nikel sebesar 10400 ton. Sebelum dilakukan analisa kriging, COG 1,4% didapatkan hasil sebesar 9178,235 ton, setelah dilakukan analisa kriging diperoleh hasil sebesar 9124,718 ton. Hasil analisa semivariogram didapatkan daerah pengaruh sebaran endapan nikel dengan nilai terpanjang 197,64 dengan arah N 45 °E. Dimana arah N 45 °E sesuai dengan keadaan morfologi bergelombang didaerah penelitian.

Saran

Dari hasil analisa anisotropi menunjukkan bahwa daerah sebaran nikel yang lebih homogen berarah baratdaya-timurlaut di bandingkan dengan arah yang lain. Sehingga di sarankan agar melakukan pemboran eksplorasi dengan interval lebih dari 25 m pada arah baratdaya-timurlaut agar lebih efisiensi.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Armstrong,M, (1998). *Basic Linear Geostatistics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York
2. Darijanto.T., (2000). *Geostatistik*. Rekayasa Pertambangan. ITB
3. Darijanto, T., (1986), *Genesa Bijih Nikel Laterit Gebe*,.
4. Priono, Priono,A, (1985). *The Indonesian Mining Industry its Present and Future*. The Indonsian Mining Association. PT.Timah Jakarta.
5. Royle,A.G.,Newton,M.J., and Sarin,V.K (1972). *Geostatistical Factors in design Of Mine Sampling Programmes*. Transaction of the I.M.M. Sectiion A,Vol.81 April
6. Simanjuntak,T.O, Rusmana. E, Supandjono. J.B dan Koswara. A, (1993). *Peta Geologi Lembar Bungku*. Skala 1: 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
7. Simanjuntak,T.O, Rusmana. E dan Supandjono. J.B, (1994). *Geologi Lembar Bungku*. Skala 1: 250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung.13 P