

PEMODELAN BIJIH NIKEL LATERIT UNTUK ESTIMASI CADANGAN PADA PT. ANUGERAH TOMPIRA NIKEL DI DAERAH MASAMA, KABUPATEN BANGGAI

Lateritic Nickel Ore Modelling for Reserves Estimation at PT. Anugerah Tompira Nickel in the Masama Area, Banggai Regency

SILTI SALINITA DAN AGUS NUGROHO

Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara
Jalan Jenderal Sudirman 623, Bandung 40211
Telp. 022 6030483, Fax. 022 6003373
e-mail: silti@tekmira.esdm.go.id

SARI

Pemodelan endapan mineral dan perhitungan cadangan merupakan hal penting dalam proses penambangan sumber daya mineral. Pemodelan dan perhitungan cadangan endapan mineral tersebut dijadikan sebagai dasar evaluasi untuk menghasilkan keputusan apakah suatu endapan layak atau tidak layak ditambang. Pemodelan endapan mineral diharapkan sedapat mungkin mendekati keadaan sebenarnya. Oleh karena itu, diperlukan penaksiran dan pendekatan dengan metode-metode tertentu. Salah satu bentuk model endapan dapat dibuat berdasarkan penampang vertikal yang dibuat dari estimasi data pemboran. Data hasil pemboran tersebut harus dianalisis menggunakan beberapa parameter agar korelasi yang dibuat dapat mendekati kondisi yang sebenarnya. Ada banyak metode yang dapat dipakai untuk memodelkan dan menghitung besaran cadangan endapan mineral. Salah satunya adalah metode blok model. Hasil perhitungan kandungan logam Ni dengan metode blok model yaitu 29.896.173 mt (cadangan teraka), 11.510.333 mt (cadangan tertunjuk), 11.487.913 mt (cadangan terukur) dan 8.085.993 mt (cadangan terukur dengan kadar batas (CoG) 1,0 %).

Kata kunci : pemodelan endapan, metode blok model, perhitungan cadangan, endapan nikel laterit

ABSTRACT

Modelling and calculation of mineral reserves are an important matter in the process of mining. They are used as the basis for evaluating the decision whether a deposit is feasible or not to be mined. Modelling of mineral deposit is always expected as close as real situation. Therefore, the valuation and the necessary approaches to the methods so that a particular model can be made close to actual conditions. One type of the models could be made based on the vertical section estimated from drilling data. Drilling information should be analyzed based on several parameters so the correlation can be made close to the actual conditions. There are some methods that can be used to models and calculate the mineral reserves. One method is block model. Nickel reserve based on calculation results using block model method are 29.896.173 mt (inferred reserve), 11.510.333 mt (indicated reserve), 11.487.913 mt (measured reserve) and 8.085.993 mt (measured reserves with cut-off-grade (CoG) 1.0 %).

Keywords : reserve modelling, block modelling methods, reserve calculation, lateritic nickel deposit

PENDAHULUAN

Nikel (Ni) merupakan logam berwarna putih keperakan yang keras dan tahan korosi. Logam ini termasuk material yang cukup reaktif terhadap asam dan lambat bereaksi terhadap udara pada suhu dan tekanan normal. Logam ini cukup stabil dan tidak dapat bereaksi terhadap oksida, sehingga sering digunakan sebagai koin dan pelapis yang sifatnya paduan. Dalam dunia industri, nikel adalah salah satu logam yang paling penting dan memiliki banyak aplikasi; 62% dari logam nikel digunakan untuk baja tahan karat, 13% sebagai *superalloy* dan paduan tanpa besi karena sifatnya yang tahan korosi dan suhu tinggi (Astuti, 2012).

Deposit nikel di bumi dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu bijih sulfida dan bijih laterit (oksida dan silikat). 72% cadangan nikel dunia merupakan nikel laterit dan baru 42% dari cadangan tersebut yang diproduksi (Dalvi, dkk., 2004). Meskipun 72% dari tambang nikel berbasis bijih laterit, 60% dari produksi primer nikel berasal dari bijih sulfida (Superiadi, 2007). Bijih nikel laterit banyak ditemukan di belahan bumi yang memiliki iklim tropis atau subtropis yang terdiri dari pelapukan batuan ultramafik yang mengandung zat besi dan magnesium kadar tinggi. Deposit sulfida nikel biasanya lebih kecil dari deposit laterit. Deposit laterit berkadar antara 1,0 - 1,5% Ni dengan rata-rata kadar nikel 0,6 - 1,5% dengan tonase yang jauh lebih besar (Yildirim dkk., 2012).

Nikel laterit merupakan bahan galian yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, karena pada masa sekarang dan masa akan datang, kebutuhan nikel semakin meningkat. Nikel memiliki banyak kegunaan, antara lain dalam pembuatan baja tahan karat, sebagai bahan pembuatan alat-alat laboratorium (fisika dan kimia), katalis, bahkan ratusan penggunaan lainnya, sehingga menarik sekali untuk diolah. Nikel diperoleh dari endapan yang terbentuk akibat proses oksidasi dan pelapukan batuan ultramafik yang mengandung nikel 0,2-0,4%. Jenis-jenis mineral tersebut antara lain olivin, piroksin dan amfibol. Bahan galian ini umumnya ditemukan pada daerah tropis, dikarenakan curah hujan yang mendukung terjadinya pelapukan, selain topografi, drainase, tenaga tektonik dan struktur geologi. Endapan ini merupakan bijih yang dihasilkan dari proses oksidasi dan pelapukan batuan ultrabasa yang ada di atas permukaan bumi. Pelapukan yang ekstrim akan melarutkan semua elemen dalam batuan tersebut. Material pelapukan tersebut hanya menyisakan rata-rata 5% Ni dan 0,06% Co (Freyssinet dkk., 2005).

PT. Anugerah Tompira Nikel merupakan salah satu perusahaan tambang nikel laterit di Indonesia yang berlokasi di Kecamatan Masama, Kabupaten Banggai, telah melakukan kegiatan eksplorasi sejak tahun 2006 dan sekarang sudah mencapai tahapan produksi. Metode penambangan yang diterapkan PT. ATN adalah penambangan selektif (*selective mining*), yaitu suatu metode penambangan dengan melakukan pemisahan antara lapisan penutup dan bijih secara langsung di tambang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis data eksplorasi lubang bor untuk menentukan besar cadangan berdasarkan distribusi *high grade* dan *medium grade* dari nikel laterit yang berasal dari data bor eksplorasi.

TATANAN GEOLOGIS

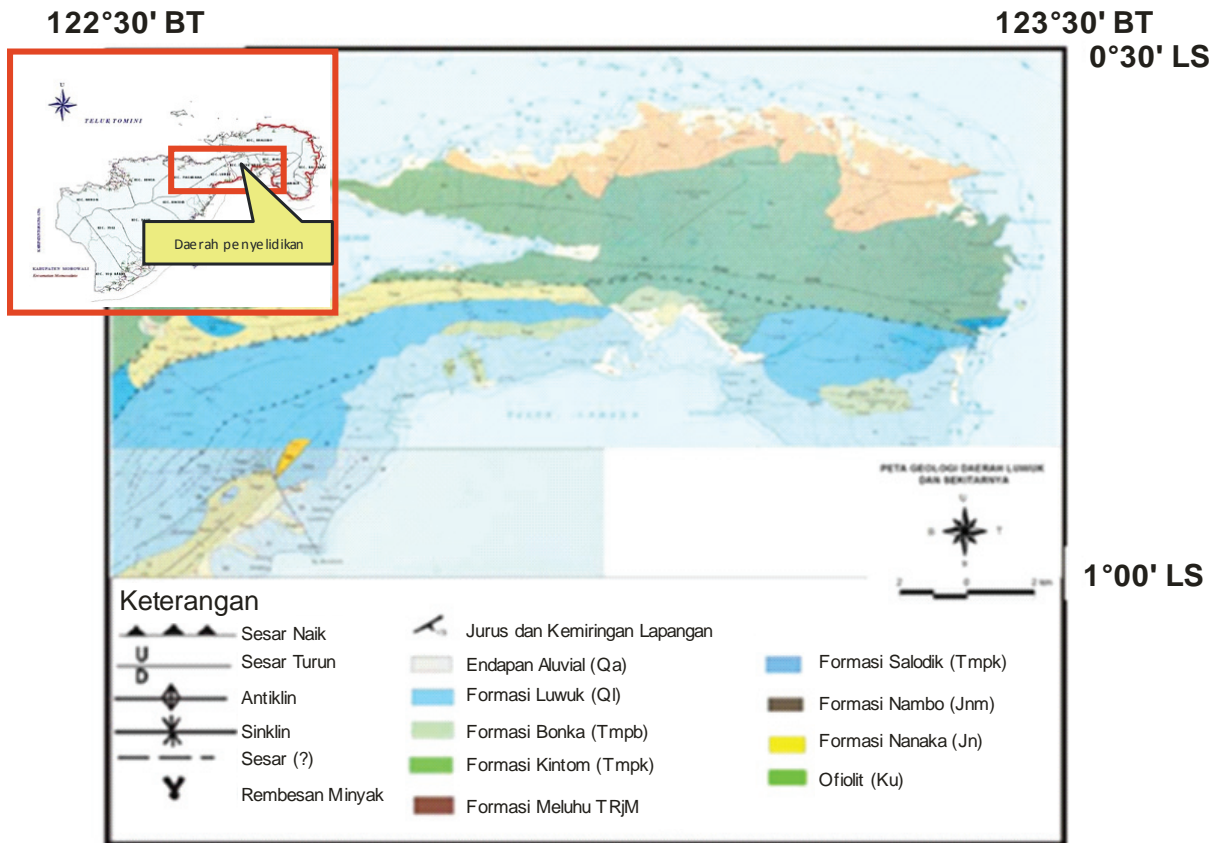
Secara geologi regional, daerah penyelidikan termasuk ke dalam peta geologi Lembar Luwuk (2115, 2215, dan 2315), yang dibatasi oleh 121°22'30"-123°30'00"BT dan 0°00'-1°00'LS, meliputi daratan seluas lebih kurang 5.500 km². Kondisi geologi daerah penyelidikan dapat dilihat pada Gambar 1.

Fisiografi

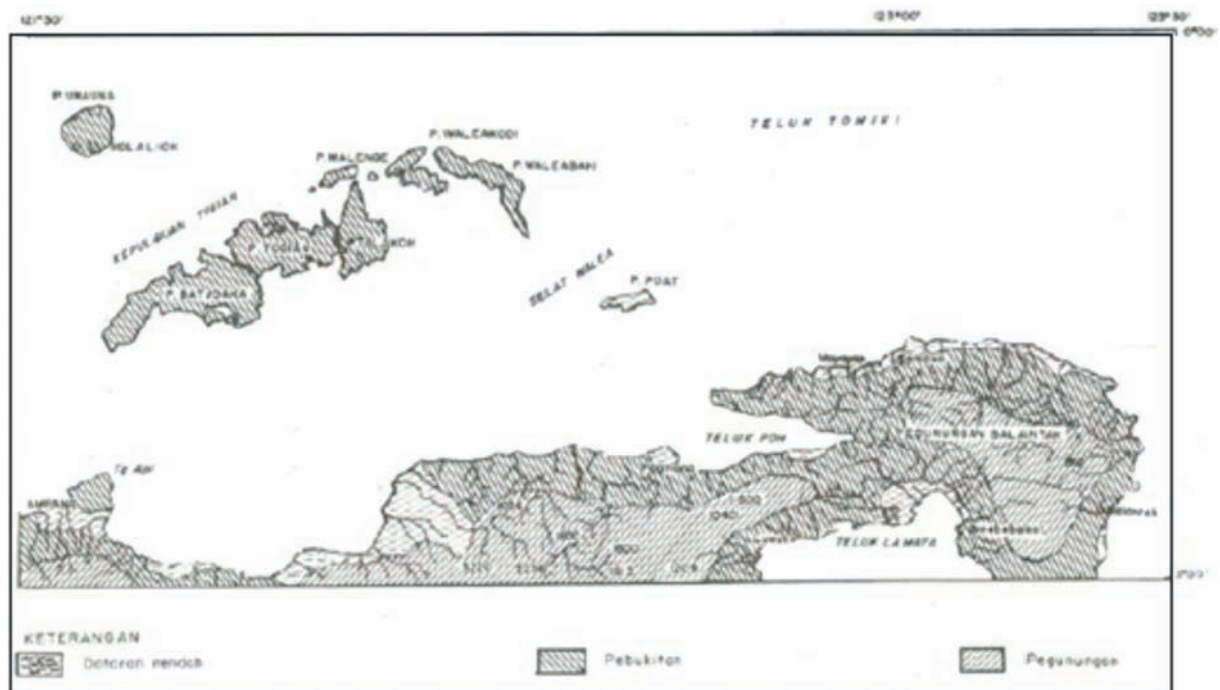
Morfologi daerah Luwuk dapat dibagi menjadi tiga satuan, yaitu pegunungan, perbukitan dan dataran rendah (Gambar 2). Satuan pegunungan menempati bagian utara daerah penelitian dengan ketinggian 50-700 m di atas permukaan laut (dpl). Morfologi pegunungan dicirikan oleh tonjolan yang kasar dan berlereng terjal dengan batuan yang membentuk morfologi ini adalah batuan ultramafik, batuan mafik dan batugamping. Satuan perbukitan menempati daerah di antara pegunungan dan dataran, dengan ketinggian berkisar antara 50-70 m dpl. Satuan morfologi ini berlereng landai dengan batuan yang membentuk morfologi ini adalah batuan ultramafik, batuan mafik, batugamping, batuan gunungapi dan sedimen klastika. Dataran rendah menempati daerah di dekat pantai dengan ketinggian 0-50 m dpl.

Stratigrafi

Lembar Luwuk secara regional masuk ke dalam Mendala Sulawesi Timur, Banggai-Sula, dan Sulawesi Barat (Gambar 2). Mendala Sulawesi Timur terdiri dari gabungan mafik, ultramafik dan endapan pelagos yang mengandung rijang. Mendala Banggai-Sula terdiri dari batuan klastika kasar dan



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian (Rusmana dkk., 1993)

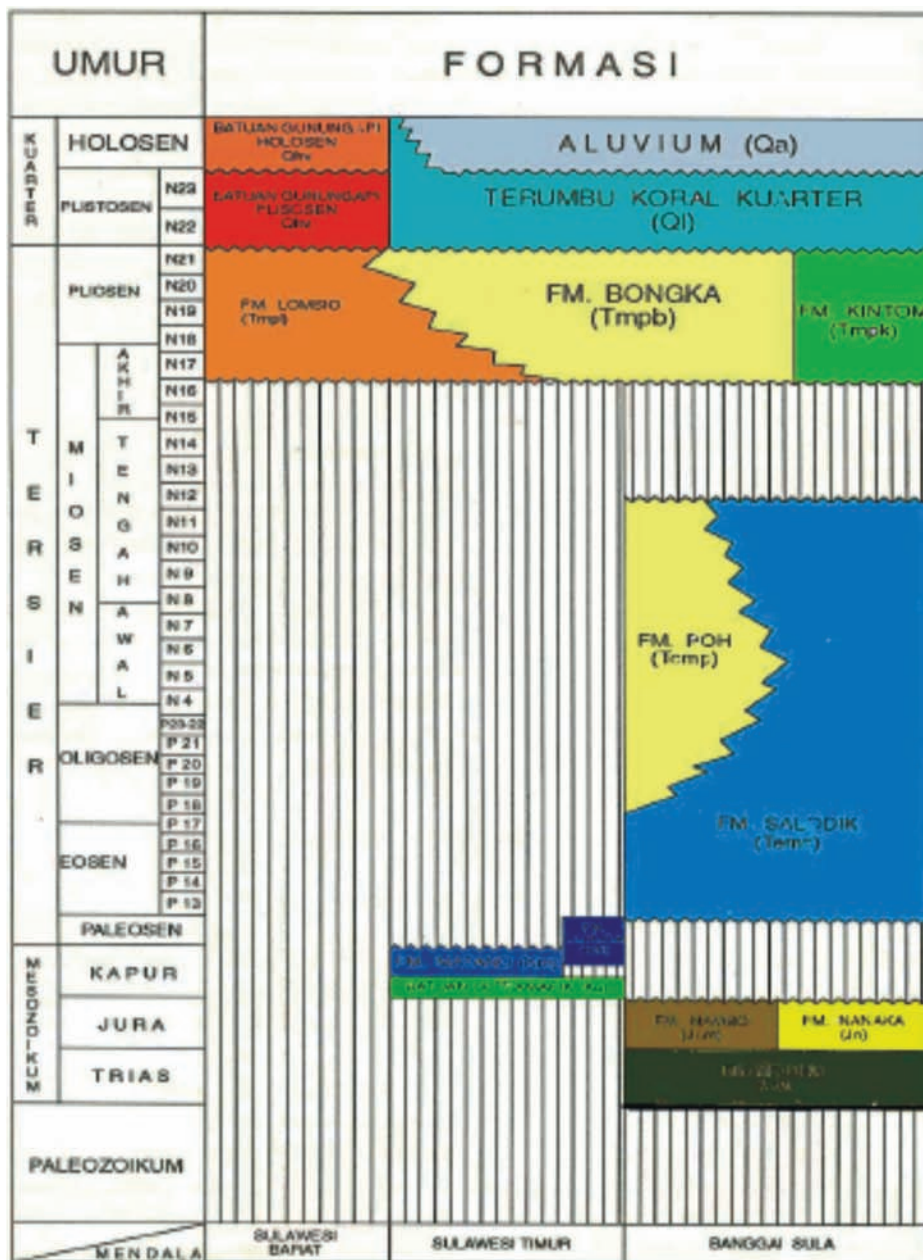


Gambar 2. Fisiografi daerah Luwuk (Rusmana dkk., 1993)

sedimen malih yang diduga terendapkan di pinggir benua renik (*micro continent*) Banggai-Sula. Mendala Sulawesi Barat diwakili oleh batuan gunungapi yang berumur Neogen. Ketiga mendala tersebut bertemu dan saling tumpang-tindih di daerah ini, sehingga struktur geologinya menjadi rumit (Surono dan Hartono, 2013).

Sebagaimana tertera pada Gambar 3, daerah penyelidikan dibentuk oleh tiga jenis endapan batuan/formasi batuan, dengan penjelasan sebagai berikut :

- 1) Endapan permukaan aluvial (Qa) : pasir kerikil, lumpur dan sisa tumbuhan, hasil endapan sungai dan pantai. Umumnya bersifat lunak, tidak padat, di beberapa tempat agak mengeras.
- 2) Kompleks Ultramafik (Ku) : harsburgit, lersolit, dunit, piroksenit, serpentin, basal, gabro dengan sedikit amfibolit dan filit. Secara umum kelompok batuan ini telah terserpentin, tergeruskan dan melapuk, sehingga diduga menjadi penyebab terbentuknya lapisan laterit.



Gambar 3. Kolom stratigrafi daerah penyelidikan (Rusmana dkk., 1993)

- 3) Formasi Kintom (Tmk) : konglomerat, batupasir dan sisipan napal. Formasi ini miskin sekali akan fosil plankton. Berdasarkan analisis terhadap nonplankton yang terkandung di dalam napal, umurnya Pliosen.

Struktur

Daerah Luwuk terdapat di Pulau Sulawesi, tepatnya di bagian Tengah, terdapat di daerah subduksi dan berasosiasi dengan batuan mafik dan ultramafik. Struktur geologi di daerah ini dicerminkan oleh sesar, lipatan dan kekar. Sesar yang dijumpai berupa sesar naik, sesar bongkah dan sesar geser jurus. Sesar naik diwakili oleh Sesar Poh, Sesar Batui dan Sesar Lobu. Kesemuanya diduga mempunyai arah gaya dari tenggara. Gaya tersebut menyebabkan terbentuknya sesar naik dan struktur pergentangan di bagian tengah serta sesar geser jurus berada di bagian timurnya. Sesar bongkah yang utama adalah Sesar Salodik, berarah barat-timur, melibatkan batuan sedimen Tersier.

Struktur lipatan yang ditemukan di daerah ini digolongkan menjadi jenis lipatan lemah terbuka, yaitu lipatan dengan kemiringan lapisan maksimum 30° dan lipatan kuat tertutup dengan kemiringan lapisan lebih dari 30° . Struktur lipatan di daerah ini membentuk antiklin dan sinklin dengan sumbu berarah timur laut-barat daya.

METODOLOGI

Metode yang dipakai dalam penelitian ini meliputi kegiatan sebagai berikut :

- a) Studi literatur, yaitu pengumpulan data sekunder untuk mempelajari data dan informasi dari laporan-laporan teknik terkait dan hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya, yang memuat antara lain peta geologi, peta topografi, dan data hasil uji kadar.
- b) Pengolahan dan validasi data, yaitu mengumpulkan, menyiapkan, dan memeriksa data lapangan dan data uji laboratorium (data topografi, data *collar*, data survei, dan data assay), untuk dijadikan bahan masukan pemodelan.
- c) Pemodelan geologi dan proses perhitungan, meliputi: pemodelan topografi, pemodelan litologi, estimasi kadar, perhitungan sumber daya. Pemodelan dan perhitungan menggunakan

metode blok model, yaitu membagi badan bijih ke dalam blok-blok dengan dimensi tertentu.

Dasar pemodelan yang digunakan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

- a) Kondisi *in-situ* akan dibedakan menjadi dua zona, yaitu zona bijih dan zona bukan bijih. Zona bijih adalah zona interpretasi massa tanah, dengan data ke arah vertikal dibatasi oleh lubang bor/sumur uji, sedangkan ke arah horizontal (batas terluar) dibatasi oleh zona pengaruh titik bor/sumur uji.
- b) Batasan kadar zona bijih akan menggunakan klasifikasi sebagai berikut :
 - *Overburden* (OB) : $Ni < 1\%$ dan $Fe > 20\%$,
 - Zona limonit (LIM) : $1\% < Ni < 1,4\%$,
 - Zona bijih saprolit rendah (*Low Saprolite Ore Zone*-LSOZ) : $1,4\% < Ni < 1,8\%$,
 - Zona bijih saprolit tinggi (*High Saprolite Ore Zone*-HSOZ) : $Ni > 1,8\%$,
 - Zona batuan alas (*Bedrock Zone*-BED) : $Ni < 1\%$ dan $Fe < 20\%$.
 Adapun zona bukan bijih didefinisikan mempunyai kadar Ni dan Fe 0%.
- c) *Density of Overburden* = $1,61 \text{ ton/m}^3$, limonit = $1,65 \text{ ton/m}^3$ dan saprolit = $1,85\% \text{ ton/m}^3$.
- d) Sistem klasifikasi cadangan yang digunakan adalah sistem klasifikasi USMB/USGS dengan batasan teknis sebagai berikut :
 - Cadangan tereka
 - ~ sumber data : hasil uji kadar percontoh sumur uji
 - ~ luas area perhitungan : $\pm 350 \text{ ha}$
 - ~ luas topografi terpetakan : 167 ha
 - Cadangan tertunjuk
 - ~ sumber data : hasil uji kadar percontoh titik bor dengan spasi 100 m
 - ~ radius pengaruh titik bor : 50 m
 - ~ luas area perhitungan : $\pm 80 \text{ ha}$
 - ~ luas topografi terpetakan : 109 ha
 - Cadangan terukur
 - ~ sumber data : hasil uji kadar percontoh titik bor/sumur uji dengan spasi 50 m
 - ~ radius pengaruh bor : 25 m
 - ~ luas area perhitungan : $\pm 67 \text{ ha}$
 - ~ luas topografi terpetakan : 108 ha

Dalam perhitungan, akan dihitung besar cadangan dengan memasukkan asumsi angka kadar minimum nikel atau *cut-off grade* (CoG).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan dan Perhitungan Cadangan

Pemodelan adalah kegiatan merepresentasikan kondisi lapangan berdasarkan data hasil pengukuran dan pengujian, dengan menggunakan prosedur dan metode tertentu agar mendekati kondisi yang sebenarnya. Dalam studi ini akan dimodelkan bentuk bijih nikel laterit serta mengestimasi kadar antartitik pemercontohan (titik bor, sumur uji dan sebagainya) dan di zona pengaruh, sehingga dapat dihitung jumlah sumber daya dan cadangan.

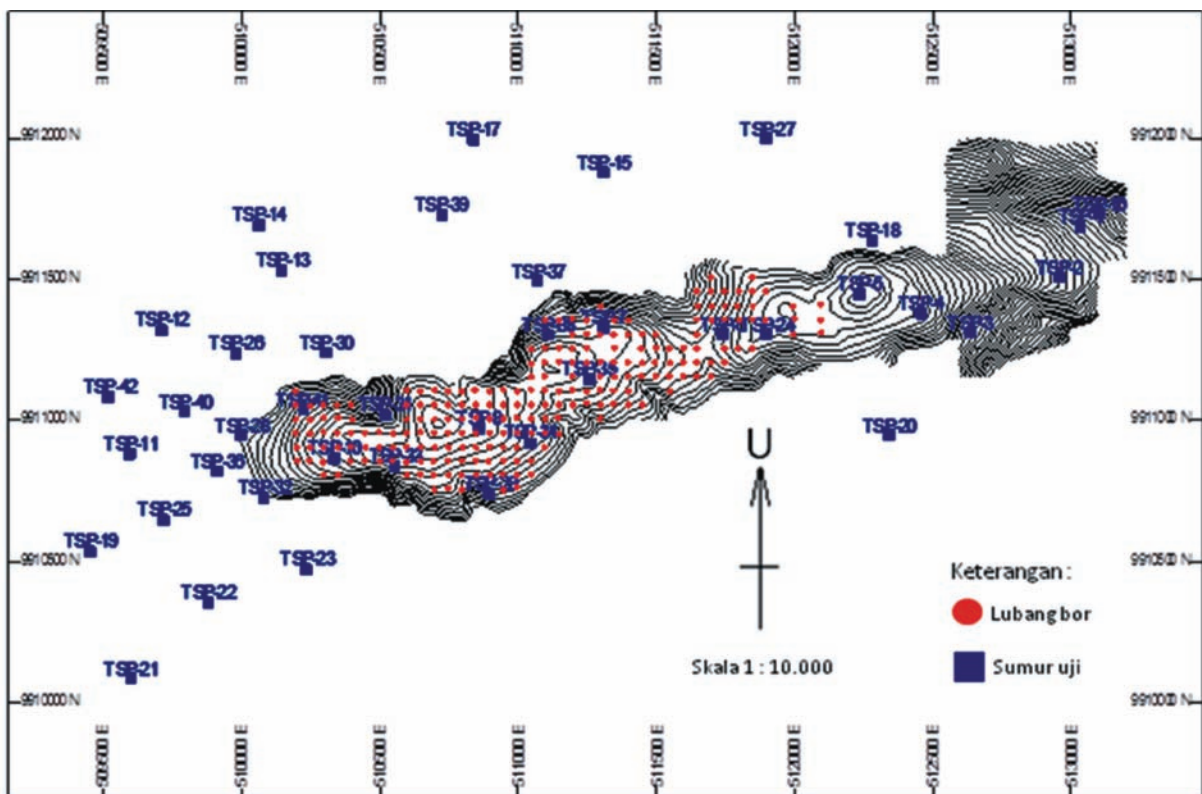
Penyiapan data masukan harus dilakukan berupa peta topografi, struktur patahan (kalau ada), data survei, data *collar*, dan data assay seperti terlihat pada Gambar 4, Tabel 1 dan Tabel 2. Gambar dan tabel-tabel ini menampilkan kontur ketinggian dari daerah penelitian dan lokasi titik pengeboran serta kedalamannya yang merupakan parameter utama dalam penghitungan cadangan. Data ini akan digunakan untuk analisis pemodelan dengan menggunakan perangkat lunak *datamine*.

Perangkat lunak *datamine* dibuat oleh Mineral Industries Computing Limited, sebuah perusahaan bidang *software* dan jasa pada industri mineral yang didirikan pada tahun 1981. Produk utamanya adalah *Datamine Studio* yang intinya berisi manajemen data yang saling berhubungan dalam satu sistem *database*, dengan grafik, statistik dan data lubang bor (Mineral Industries Computing Limited, 2004).

Peta topografi dan penyebaran lubang bor daerah penelitian diperoleh dari hasil pemetaan yang dilakukan oleh PT. ATN. Penyebaran lubang bor eksplorasi sebagian besar berada di sebelah barat.

Data survei berisi orientasi lubang bor, data *collar* berisi koordinat lubang bor dan data assay berisi hasil uji kualitas nikel (Ni) dan besi (Fe) dari percontoh lubang bor.

Setelah mendapatkan data di atas, maka dilakukan verifikasi untuk mengetahui adanya *error* berupa data kedalaman yang terbalik, adanya data yang kosong dan sebagainya. Pada tahap ini juga dibuat komposit data bor/sumur uji. Komposit adalah



Gambar 4. Peta topografi, lubang bor dan sumur uji

Tabel 1. Data survei dan data collar

Data Survei				Data Collar				
BHID	AT	BRG	DIP	BHID	XCOLLAR	YCOLLAR	ZCOLLAR	ENDDEPTH
BH-178	0	0	90	BH-178	510199	9911099	321,84	13
BH-178	13	0	90	BH-179	510199	9911050	331,21	14
BH-179	0	0	90	BH-180	510199	9911000	338,92	13
BH-179	14	0	90	BH-181	510199	9910949	345,90	10
BH-180	0	0	90	BH-182	510202	9910900	349,50	7
BH-180	13	0	90	BH-183	510201	9910851	345,64	21
BH-181	0	0	90	BH-184	510248	9910850	354,21	9
BH-181	10	0	90	BH-185	510252	9910901	358,56	14
BH-182	0	0	90	BH-188	510250	9911048	340,93	20
BH-182	7	0	90	BH-03	510300	9910800	350,43	4
BH-183	0	0	90	BH-02	510300	9910847	358,28	14
BH-183	21	0	90	BH-10	510352	9910799	351,48	6
BH-184	0	0	90	BH-15	510397	9910849	367,48	5
BH-184	9	0	90	BH-24	510450	9910851	373,25	4
...

Tabel 2. Data assay

BHID	Dari	Ke	Ni	Fe	Zona
BH-178	0	1	0,74	41,6	1
BH-178	1	2	0,79	42,1	1
BH-178	2	3	0,95	43,2	1
BH-178	3	4	1,19	37,7	1
BH-178	4	5	1,51	16,4	1
BH-178	5	6	2,12	11,7	1
BH-178	6	7	2,18	12,4	1
BH-178	7	8	2,44	12,8	1
BH-178	8	9	2,38	13,8	1
BH-178	9	10	1,60	8,56	1
BH-178	10	11	1,38	10,3	1
BH-178	11	12	1,33	12,8	1
BH-178	12	13	1,18	10,6	1
...

merata-ratakan data kadar lubang bor/sumur uji ke dalam interval tertentu. Interval yang dimaksud biasanya kedalaman tiap percontoh, ketinggian *single bench* penambangan, tinggi blok model dan lain-lain. Dalam studi ini komposit data kadar dibuat setiap 2 m, disesuaikan dengan tinggi blok model yang akan dibuat. Tabel 3 adalah contoh data bor BH-53 sebelum dan setelah dikompositkan.

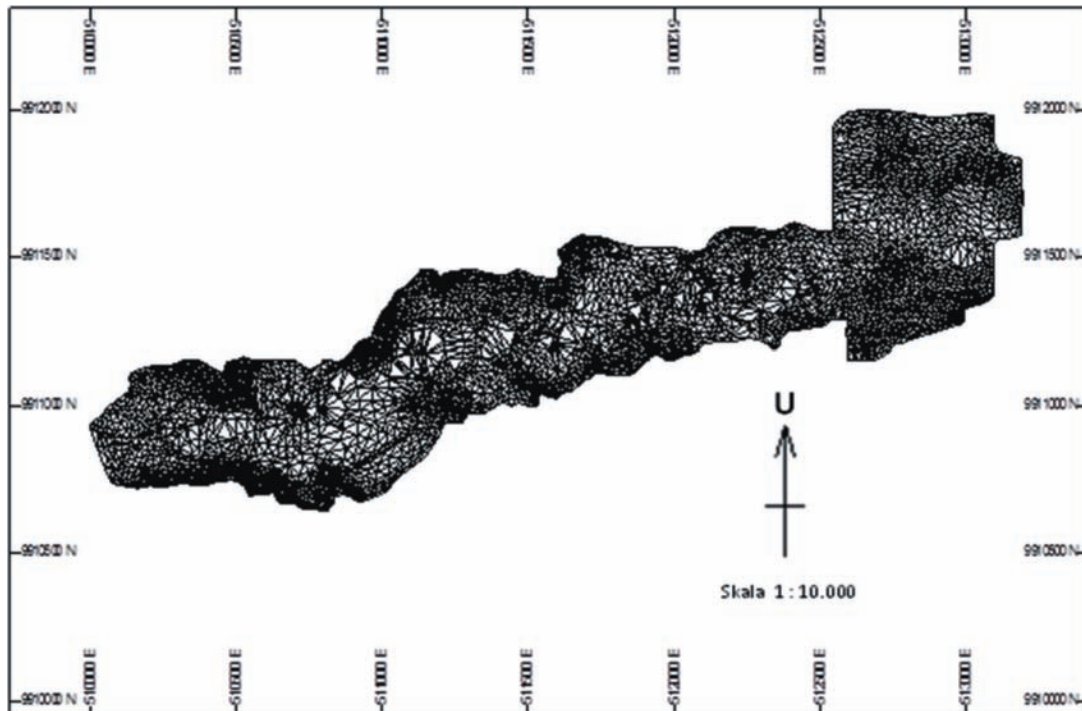
Tahap selanjutnya adalah membuat model DTM (*Digital Terrain Model*) untuk topografi dan model *wireframe* (*Wireframe Modelling*) untuk badan bijih yang selanjutnya di-overlay dengan data bor/sumur uji yang telah dikompositkan. Setelah itu membuat blok model, yaitu mengisi *wireframe* badan bijih dengan blok-blok pada ukuran tertentu berdasarkan karakteristik mineral nikel.

DTM merupakan permukaan menerus yang dibuat dengan cara menghubungkan kontur (*string*) setiap elevasi dengan jejaring yang mempunyai bentuk dasar segitiga (Gambar 5) yang menutupi seluruh topografi (*open-wireframe*). Setelah DTM selesai dibuat, selanjutnya dimodelkan bentuk bijih nikel laterit. Tahap pertama, yaitu dengan membuat perimeter (*string*) yang membatasi badan bijih (Gambar 6) pada interval tertentu dari ujung barat sampai ujung timur. Tahap kedua, yaitu menghubungkan setiap perimeter (*string*) dengan jejaring dalam bentuk dasar segitiga yang menutupi badan bijih (*closed-wireframe*) seperti pada Gambar 7.

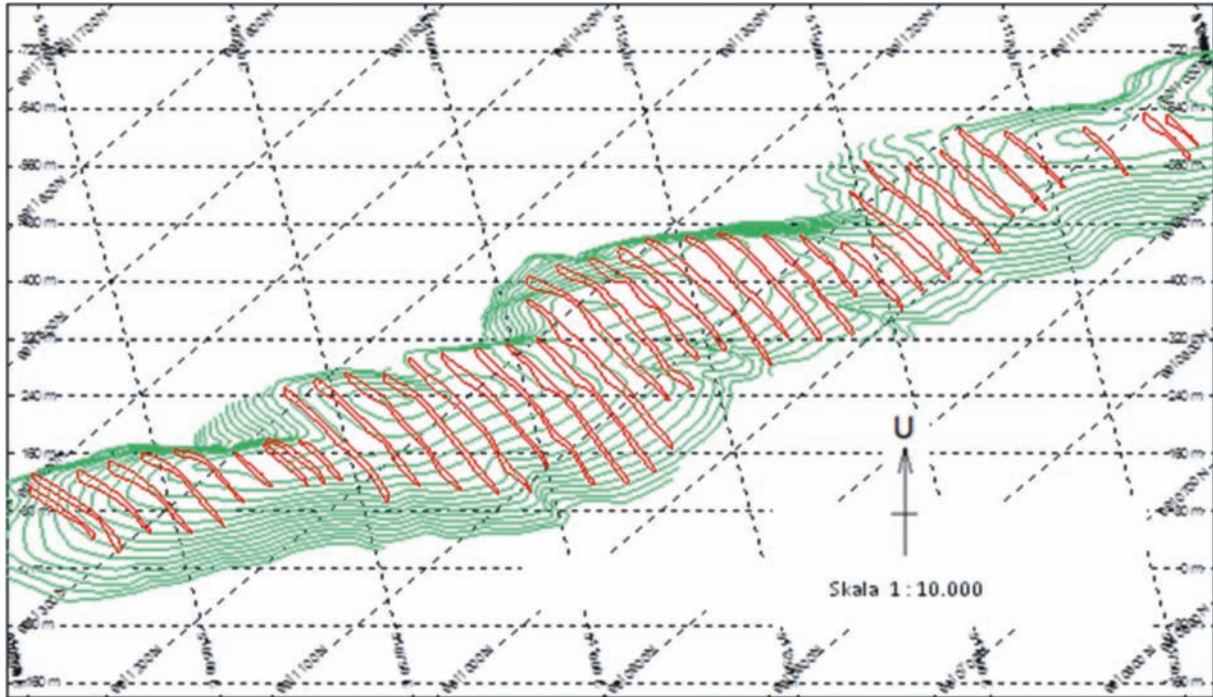
Model *wireframe* topografi dan badan bijih selanjutnya diisi dengan blok-blok dengan ukuran panjang x lebar x tinggi = 25m x 25m x 2m. *Rule of thumb* yang dikenalkan oleh David (1977), menyatakan bahwa panjang dan lebar blok minimum adalah seperempat jarak titik bor, seperti terlihat pada Gambar 8.

Tabel 3. Data sebelum dan setelah dikompositkan

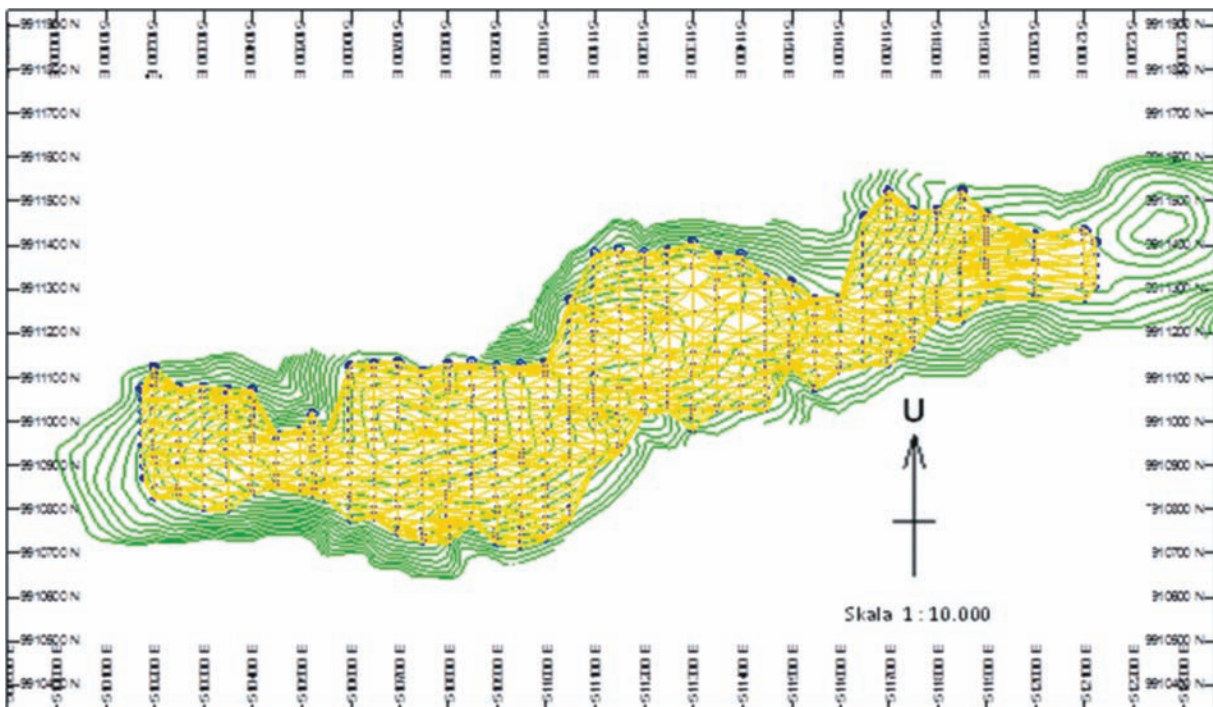
Sebelum dikompositkan					Setelah dikompositkan				
BHID	Dari	Ke	Ni	Fe	BHID	Dari	Ke	Ni	Fe
BH-53	0	1	0,67	36,82					
BH-53	1	2	0,72	37,66	BH-53	0	2	0,695	37,240
BH-53	2	3	0,93	40,74					
BH-53	3	4	1,09	43,33	BH-53	2	4	1,010	42,035
BH-53	4	5	1,30	45,29					
BH-53	5	6	1,43	43,40	BH-53	4	6	1,365	44,345
BH-53	6	7	1,61	44,38					
BH-53	7	8	1,67	42,21	BH-53	6	8	1,640	43,295
BH-53	8	9	0,89	12,95					
BH-53	9	10	1,49	30,17	BH-53	8	10	1,190	21,560
BH-53	10	11	1,65	37,59					
BH-53	11	12	0,83	11,41	BH-53	10	12	1,240	24,500
BH-53	12	13	1,32	11,13					
BH-53	13	14	0,50	7,84	BH-53	12	14	0,910	9,485
BH-53	14	15	0,70	9,94					
BH-53	15	16	1,51	9,38	BH-53	14	16	1,105	9,660
BH-53	16	17	1,05	8,96					
BH-53	17	18	0,45	7,14	BH-53	16	18	0,750	8,050
BH-53	18	19	1,31	6,15					
BH-53	19	20	0,47	7	BH-53	18	20	0,890	6,575



Gambar 5. Topografi Wireframe



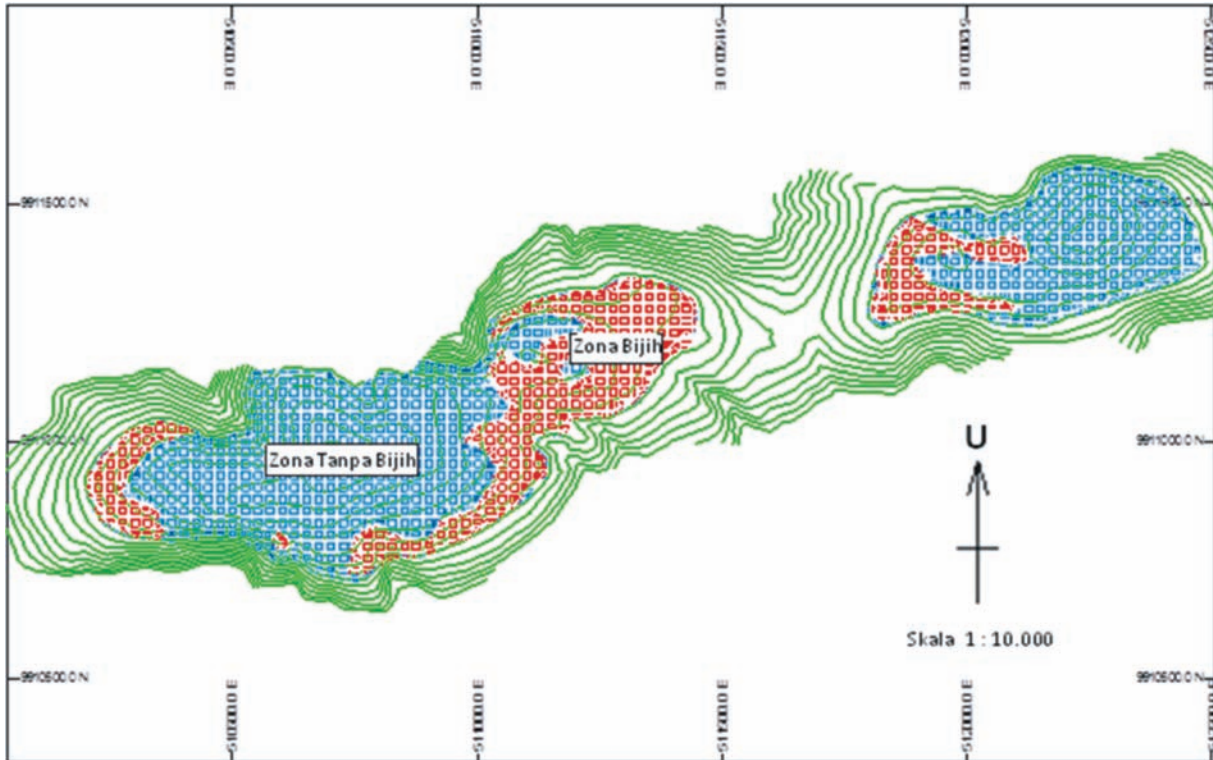
Gambar 6. Perimeter yang membatasi badan bijih



Gambar 7. Closed-wireframe badan bijih

Tahap selanjutnya dilakukan estimasi kadar, yaitu memprediksi kadar di suatu titik lokasi yang tidak diketahui dengan menggunakan data kadar pada titik bor/sumur uji di sekitarnya. Setidaknya ada 3

metode yang dapat digunakan dalam mengestimasi kadar, yaitu : *Nearest Neighbours Method*, *Invers Distance Method* dan *Krigging Method*. Yang digunakan pada pemodelan ini adalah metode kedua,



Gambar 8. Blok model pada elevasi 350 m

yaitu dengan *Invers Distance Method* dengan orde 2, sehingga disebut dengan metode *Inverse Distance Squared* (IDS).

Misalkan diketahui data kadar di 6 titik bor di sekitarnya, yaitu: 0,023; 1,365; 0,258; 0,165; 0,409 dan 0,644%, dengan jarak titik-titik tersebut ke titik yang akan diestimasi (titik g) berturut-turut 158, 212, 158, 292, 212, dan 260ft, maka dengan metode IDS (Gambar 9) diperoleh kadar pada titik g = 0,49%. Proses estimasi ini dilakukan untuk semua blok model dengan aplikasi komputer, sehingga diperoleh sebaran kadar seperti pada Gambar 10.

Dari hasil pemodelan di atas dilakukan perhitungan cadangan teraka, cadangan tertunjuk, dan cadangan terukur. Pada tahap ini juga dihitung cadangan terukur dengan memasukkan angka kadar minimum nikel. CoG diasumsikan pada kadar Ni 1; 1,2; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8 dan 2%. Skenario ini berguna bagi perusahaan dalam menyusun rencana investasi dan eksploitasi. Hasil perhitungan perkiraan cadangan dapat dilihat pada Tabel 4 sampai dengan Tabel 8.

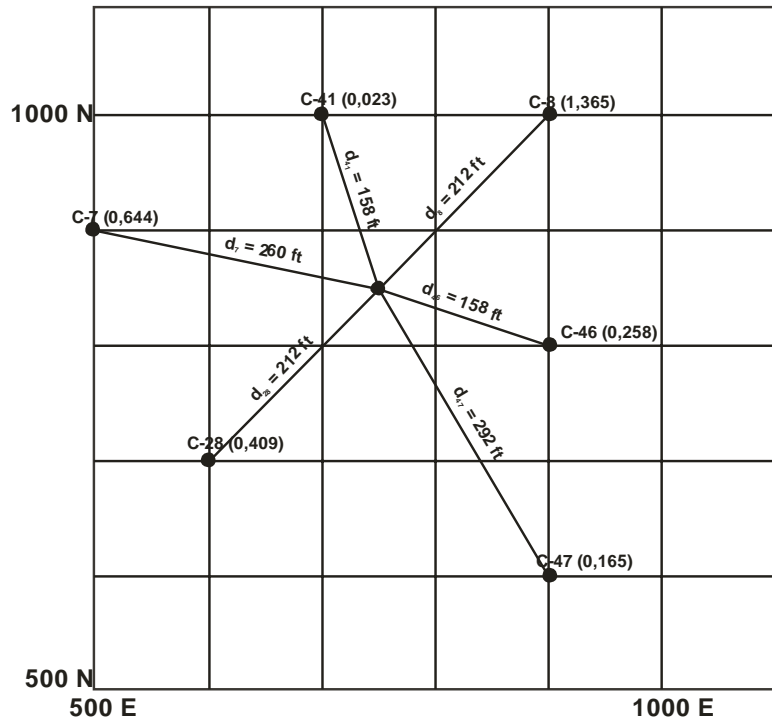
Dalam pemodelan dan perhitungan cadangan sangat mungkin terjadi *error* yang di antaranya disebabkan oleh tingkat ketersediaan data, kom-

pleksitas kondisi geologi, dan interpretasi geologi. *Error* ini yang menyebabkan hasil pemodelan yang diperoleh akan memberikan keyakinan perhitungan yang tidak seratus persen. Sebagai gambaran, David (1977) memperkenalkan tingkat *error* dan keyakinan perhitungan sebagaimana tercantum pada Tabel 9.

Berdasarkan penyebaran data lubang bor, serta memperhatikan ketersediaan data, kondisi geologi, dan jenis endapan yang tidak begitu kompleks, serta dibatasi oleh kualitas nikel itu sendiri, maka dalam studi ini digunakan keyakinan untuk masing-masing klasifikasi cadangan teraka, tertunjuk, terukur dan terukur CoG 1,0% sebagaimana terlihat pada Tabel 10.

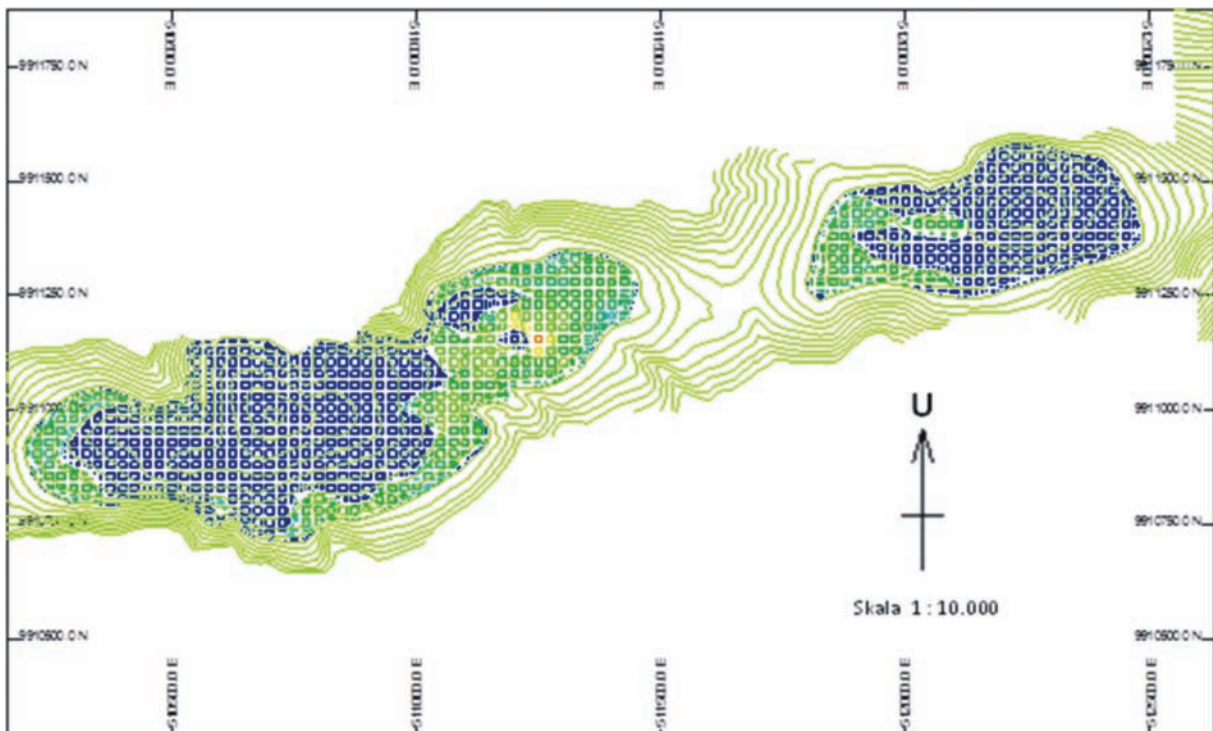
Pembahasan

Penelitian ini membahas tentang kinerja dari perangkat lunak *datamine* dalam perhitungan cadangan bijih nikel dan mineral ikutan di PT. ATN. Perhitungan cadangan dengan menggunakan perangkat lunak *datamine* ini mempunyai beberapa kelebihan, di antaranya perhitungan cadangan tambang lebih teliti karena deposit tambang dapat dimodelkan secara menerus sesuai dengan geometri



$$g = \frac{\frac{0,644}{260^2} + \frac{0,023}{158^2} + \frac{1,365}{212^2} + \frac{0,258}{158^2} + \frac{0,165}{292^2} + \frac{0,409}{212^2}}{\frac{1}{260^2} + \frac{1}{158^2} + \frac{1}{212^2} + \frac{1}{158^2} + \frac{1}{292^2} + \frac{1}{212^2}} = 0,49\%$$

Gambar 9. Metode *inverse distance squared* (IDS)



Gambar 10. Contoh sebaran kadar setelah estimasi pada elevasi +350 m

Tabel 4. Hasil perhitungan cadangan teraka

Zona Bijih	Kode Zona	Interval Kadar (%)	Volume Bijih (BCM)	Tonase Bijih (mt)	Densitas (Ton/m ³)	Ni (%)	Fe (%)	Tonase Ni (mt)	Tonase Fe
Overburden	1	Ni < 1 dan Fe ≥ 20	12.927.672	20.813.552	1,61	0,82	30,71	170.671	6.392.222
Limonit	2	Ni ≥ 1 dan Ni < 1,4	9.474.233	15.632.484	1,65	1,18	28,59	184.863	4.469.916
LSOZ	3	Ni ≥ 1,4 dan Ni < 1,8	1.890.878	3.498.124	1,85	1,53	24,13	53.521	844.134
HSOZ	4	Ni ≥ 1,8	767.557	1.419.981	1,85	1,96	16,40	27.831	232.855
Bedrock	5	Ni < 1 dan Fe < 20	5.256.406	8.462.814	1,61	0,77	13,42	65.163	1.135.895
Total cadangan teraka			30.316.746	49.826.955				501.651	13.075.022

Tabel 5. Hasil perhitungan cadangan tertunjuk

Zona Bijih	Kode Zona	Interval Kadar (%)	Volume Bijih (BCM)	Tonase Bijih (mt)	Densitas (Ton/m ³)	Ni (%)	Fe (%)	Tonase Ni (mt)	Tonase Fe
Overburden	1	Ni < 1 dan Fe ≥ 20	2.021.853	3.255.183	1,61	0,82	32,87	26.666	1.069.957
Limonit	2	Ni ≥ 1 dan Ni < 1,4	4.785.763	7.896.509	1,65	1,18	29,49	93.263	2.328.695
LSOZ	3	Ni ≥ 1,4 dan Ni < 1,8	985.256	1.822.725	1,85	1,53	23,91	27.821	435.817
HSOZ	4	Ni ≥ 1,8	99.802	184.633	1,85	1,96	17,38	3.615	32.096
Bedrock	5	Ni < 1 dan Fe < 20	763.271	1.228.866	1,61	0,77	13,02	9.431	159.967
Total cadangan teraka			8.655.945	14.387.916				160.796	4.026.532

Tabel 6. Hasil perhitungan cadangan terukur

Zona Bijih	Kode Zona	Interval Kadar (%)	Volume Bijih (BCM)	Tonase Bijih (mt)	Densitas (Ton/m ³)	Ni (%)	Fe (%)	Tonase Ni (mt)	Tonase Fe
Overburden	1	Ni < 1 dan Fe ≥ 20	1.756.406	2.821.035	1,61	0,82	33,06	23.186	932.603
Limonit	2	Ni ≥ 1 dan Ni < 1,4	4.418.897	7.291.180	1,65	1,18	30,11	85.963	2.195.077
LSOZ	3	Ni ≥ 1,4 dan Ni < 1,8	838.157	1.550.590	1,85	1,53	24,46	23.653	379.329
HSOZ	4	Ni ≥ 1,8	77.117	142.667	1,85	1,96	18,07	2.798	25.773
Bedrock	5	Ni < 1 dan Fe < 20	595.576	958.877	1,61	0,78	13,63	7.509	130.680
Total cadangan teraka			7.686.152	12.764.348				143.108	3.663.462

Tabel 7. Jumlah cadangan terukur pada berbagai interval kadar Ni

Interval Kadar (%)	Volume Bijih (BCM)	Tonase Bijih (mt)	Ni (%)	Fe (%)	Tonase Ni (mt)	Tonase Fe (mt)
< 1	2.340.026	3.767.441	0,81	28,12	30.602	1.059.370
1 – 1,2	2.598.031	4.286.751	1,11	30,81	47.369	1.320.898
1,2 – 1,4	1.820.866	3.004.428	1,28	29,10	38.594	874.179
1,4 – 1,5	423.756	783.949	1,45	26,31	11.338	206.284
1,5 – 1,6	221.578	409.919	1,55	23,63	6.336	96.871
1,6 – 1,8	192.822	356.721	1,68	21,53	5.979	76.173
1,8 – 2	50.593	93.598	1,87	17,52	1.754	16.399
> 2	26.524	49.069	2,13	19,10	1.043	9.374
	7.674.196	12.751.877			143.015	3.659.548

Tabel 8. Jumlah cadangan terukur pada berbagai CoG

CoG (%)	Volume Bijih (BCM)	Tonase Bijih (mt)	Tonase Ni (mt)	Tonase Fe (mt)
1	5.334.171	8.984.436	112.414	2.600.178
1,2	2.736.140	4.697.685	65.044	1.279.280
1,4	915.274	1.693.257	26.450	405.101
1,5	491.518	909.307	15.112	198.817
1,6	269.940	499.388	8.777	101.946
1,8	77.117	142.667	2.798	25.773
2	26.524	49.069	1.043	9.374

Tabel 9. Error dan tingkat keyakinan perhitungan

<i>Identified</i>			<i>Undiscovered</i>		
<i>Demonstrated</i>					
<i>Measured</i>		<i>Indicate (Possible)</i>	<i>Inferred</i>	<i>Hypothetical</i>	<i>Speculative</i>
<i>Prove</i>	<i>Probable</i>				
± 10%	± 20%	± 40%	± 60%		
> 80%	60-80%	40-60%	20-40%	10-20%	< 10%
<i>Economically significant resources</i>			<i>Resources base</i>		

Tabel 10. Jumlah cadangan setelah dikurangi error

Klasifikasi Cadangan	Jumlah Cadangan (mt)	Tingkat Keyakinan (%)	Jumlah Cadangan Terkoreksi (mt)
Cadangan Tereka	49.826.955	60	29.896.173
Cadangan Tertunjuk	14.387.916	80	11.510.333
Cadangan Terukur	12.764.348	90	11.487.913
Cadangan Terukur (CoG 1,0%)	8.984.436	90	8.085.993

di alam. Kemajuan penambangan juga dapat dipilih yang paling optimal, didasarkan pada kualitas dan kuantitas produksi dari bijih nikel. Perhitungan cadangan tertambang melalui pemodelan dengan perangkat lunak *datamine* selain dibatasi oleh geometri lereng juga dibatasi oleh kualitas bijih nikel itu sendiri (Harun dkk., 2004).

Parameter yang digunakan untuk perhitungan cadangan bijih nikel dengan menggunakan perangkat lunak *datamine* ini adalah :

- data awal berupa peta topografi, lubang bor dan sumur uji di daerah penelitian;
- data *collar* yang berisi koordinat lubang bor, data survei yang berisi orientasi lubang bor, data assay yang berisi hasil uji kualitas percontohan nikel dan mineral ikutan, serta data komposit kadar setiap 2 m;
- model DTM (*Digital Terrain Model*) untuk topografi dan model *wireframe* (*Wireframe Modelling*) untuk badan bijih yang selanjutnya di-*overlay* dengan data bor/sumur uji yang telah dikompositkan;
- perimeter (*string*) yang membatasi badan bijih pada interval tertentu dari ujung barat sampai ujung timur;
- *closed-wireframe* yang menghubungkan setiap perimeter (*string*) dengan jejaring dalam bentuk dasar segitiga yang menutupi badan bijih;
- blok model yaitu mengisi *wireframe* badan bijih dengan blok-blok pada ukuran tertentu berdasarkan karakteristik mineral nikel;
- estimasi kadar dengan menggunakan metode *Inverse Distance Squared* (IDS).

Cadangan tertambang dengan kualitas tertentu dapat dihitung dengan cara mem-*filter* blok model dengan kualitas yang diinginkan, kemudian baru dihitung cadangannya. Perangkat lunak *datamine* dapat menghitung cadangan tertambang untuk kualitas tertentu, misal CoG 1.0 %. Cadangan tersebut dapat dihitung dengan cara mem-*filter* blok model berdasarkan data kualitas yang telah dimasukkan melalui data assay dari masing-masing lubang bor.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis statistik hasil eksplorasi yang meliputi kadar, ketebalan dan total kedalaman lapisan nikel maka cadangan tertambang *high grade*

Ni berkisar 1,67-2,44 dan *medium grade* berkisar antara 1,36-1,51. Perhitungan cadangan endapan nikel dilakukan dengan dua cara, yaitu metode daerah pengaruh dan menggunakan perangkat lunak *datamine*. Hasil perhitungan dengan menggunakan daerah pengaruh adalah 11.487.913 mt dan *datamine* menentukan total volume cadangan nikel dengan CoG 1% adalah 8.085.993 mt. Perbedaan hasil kedua cara perhitungan di atas disebabkan karena daerah pengaruh masih memperkirakan batas area yang ada, sedangkan *datamine* menginterpretasi *grade* tiap lubang bor dan lebih mendekati keadaan sebenarnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Anugerah Tompira Nikel yang telah memberi kesempatan untuk melakukan studi di area konsesinya. Terimakasih juga ditujukan kepada rekan-rekan dari Kelompok Tambang atas masukkannya sehingga menambah kualitas hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, W., 2012. Pembuatan nickel pig iron (NPI) dari bijih nikel laterit Indonesia menggunakan mini blast furnace. *Prosiding INSINAs*, hal. 66-71.
- Dalvi, A.D., Bacon, W.G. and Osborne, R.C., 2004. The past and the future of nickel laterites. *PDAC 2004 International Conference Trade Show and Investors Exchange*, Toronto, Canada, March 7–10, Proceedings: Toronto, Canada, Prospectors and Developers Association of Canada, p. 22-27.
- David, M., 1977. *Geostatistical ore reserve estimation*. Elsevier, Amsterdam, 364 p.
- Freyssinet, P., Butt, C.R.M., Morris, R.C. and Piantone, P., 2005. Ore-forming processes related to lateritic weathering, *Economic Geology 100th Anniversary Volume*, p. 681-722.
- Harun, Y., M., Maryanto, Isharyadi, D. Edyson, Rachmanudin dan Suhendar, 2004. Aplikasi program *datamine* untuk perencanaan penambangan batubara terbuka di Kalimantan Timur. Puslitbang tekMIRA, Bandung, 45 hal.
- Mineral Industries Computing Limited, 2004. Basic Course Tutorial, Core Reference Guide and Block Modelling, *Datamine Mining Software*, Australia, 93 p.

Rusmana, E., Koswara, A. dan Simandjuntak, T.O., 1993. Peta Geologi Lembar Luwuk 215 – 231 skala 1:250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Superiadi, A., 2007. Processing technology vs. nickel laterite ore characteristic, PT. Inco, Presentation, 27 p.

Surono dan Hartono, U., 2013. *Geologi Sulawesi*, Pusat Survei Geologi, Bandung, 352 hal.

Yıldırım, H., Turan, A. and Yücel, O., 2012. Nickel pig iron (NPI) production from domestic lateritic nickel ores using induction furnace. *International Iron & Steel Symposium*, 02-04 April 2012, Karabük, Türkiye, p. 337-344.