



Pembuatan Blok Model Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit Dengan Metode Inverse Distance di Wilayah Blok “X” Pada PT. Vale Indonesia Tbk.

Burhanudin¹, Jamal Rauf Husain², Hasbi Bakri¹

¹Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia

²Program studi Teknik Geologi Universitas Hasanuddin

Info Artikel

Diajukan: 08/09/2022
Diterima: 23/10/2022
Diterbitkan: 28/01/2023

Keywords:

*Nickel laterite;
block model;
resources estimate;
inverse distance;
tonnage*

Kata Kunci:

*Nikel laterit;
estimasi sumberdaya;
inverse distance;
tonase*



Lisensi: cc-by-sa

Corresponding Author:

Hasbi Bakri

Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Muslim Indonesia; hasbi.bakri@umi.ac.id

ABSTRACT

Block model is an attempt to produce estimates of mineral deposition which is used as a reference for the mining process. The research objective to provide volume and tonnage estimation. The research method using conventional methods Inverse Distance, needed the data among which the assay data, the data collar, geological data, and survey data. Research carried out by the number of drill point as much as 275 points and a drill spacing of 50 meters and 25 meters generate the amount of resources that have been calculated in the block model in the amount of resources that the limonite layer of 1,210,938 tonnes with the average levels of Ni: 0.8%, Co: 0.08%, Fe: 42.3%, SiO₂: 7.8% and MgO: 1.21%. And for saprolite tonnage of 445,090 tonnes with the average levels of Ni: 1.91%, Co: 0.18%, Fe: 32.78%, SiO₂: 25% and MgO: 7.08%.

ABSTRAK

Blok model merupakan upaya untuk menghasilkan estimasi endapan bahan galian yang digunakan sebagai acuan proses penambangan. Tujuan penelitian untuk memberikan hasil estimasi volume dan tonase. Metode penelitian menggunakan metode konvensional Inverse Distance, diperlukan data diantaranya yaitu data assay, data collar, data geologi, dan data survey. Penelitian yang dilakukan dengan jumlah titik bor sebanyak 275 titik dan jarak spasi bor yaitu 50 meter dan 25 meter menghasilkan jumlah sumberdaya yang telah dihitung dalam bentuk model blok jumlah sumberdaya yang didapatkan pada lapisan limonit sebesar 1.210.938 ton dengan rata-rata kadar Ni: 0,83 %, Co: 0,08 %, Fe: 42,3 %, SiO₂: 7,83 % dan MgO: 1,21 %. Dan untuk lapisan Saprolit tonase sebesar 445.090 ton dengan rata-rata kadar Ni: 1,91 %, Co: 0,18 %, Fe: 32,78 %, SiO₂: 25 %, dan MgO: 7,08 %.

PENDAHULUAN

Industri pertambangan sebagai salah satu sektor dalam pembangunan berkelanjutan, merupakan kegiatan yang bersifat sementara, dalam arti operasi pertambangan akan berakhir begitu sumberdaya mineral yang ditambang habis. Oleh karena itu, sumberdaya mineral yang bersifat tak dapat diperbaharui itu haruslah diberdayakan seoptimal mungkin sebagai penggerak disektor pembangunan. Banyak aspek yang terkait, seperti penerapan sistem penambangan yang baik, praktek sistem penambangan berkelanjutan dan program pengembangan sumberdaya manusia. PT. Vale Indonesia Tbk. adalah salah satu perusahaan yang beroperasi pada bidang pertambangan khususnya bahan galian nikel laterit yang berada di Daerah Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan.

Tujuan eksplorasi adalah mengetahui penyebaran, sumberdaya dan kadar dari suatu endapan bahan galian serta juga untuk mengetahui keadaan, posisi atau letak bijih dan lapisan batuan sekelilingnya (*Country Rock*). Hasil dari kegiatan eksplorasi ini kemudian dapat digunakan sebagai salah satu parameter untuk menentukan nilai ekonomis dari suatu endapan bijih, menentukan metode dan sistem penambangan serta umur tambang dari suatu kegiatan penambangan endapan bahan galian tersebut. Atas dasar tersebut maka dalam rangka penyusunan skripsi, penulis akan

melakukan penelitian dengan mengambil judul pembuatan blok model dan estimasi sumberdaya nikel laterit dengan metode *inverse distance Squared* pada PT. Vale Indonesia Tbk.

Dengan metode tersebut penulis mengaplikasikan pemodelan dan estimasi sumberdaya nikel laterit menggunakan bantuan *Software Surpac 6.5.1*. Penelitian ini difokuskan pada tahap pembuatan blok model dan mengetahui jumlah sumberdaya nikel laterit dengan metode estimasi *inverse distance Squared* pada 275 (dua ratus tujuh puluh lima) titik bor Block “X” pada kegiatan eksplorasi PT. Vale Indonesia Tbk. Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan. Maksud dari penelitian ini adalah membuat blok model sumberdaya nikel laterit dengan metode *inverse distance Squared* pada PT. Vale Indonesia Tbk Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat blok model sehingga memberikan gambaran geometri 3D (tiga dimensi) dan mengetahui volume dan tonase dari hasil estimasi endapan bijih (*ore*) nikel laterit. Manfaat dari penelitian ini Secara keilmuan, menjadi bahan referensi bagi penulis maupun para akademisi tentang cara menghitung sumberdaya nikel laterit dengan metode estimasi *inverse distance Squared*, sehingga dapat menjadi dasar acuan kita dalam proses penambangan. Adapun secara keekonomian, dapat diketahui nilai kisaran sumberdaya nikel laterit sebelum melakukan penambangan, dan memberikan gambaran model 3D (tiga dimensi) bentuk endapan nikel laterit, hasil yang diharapkan dapat membantu perusahaan dalam menentukan metode panambangan dengan melihat jumlah sumberdaya dan penyebaran kadar limonit dan saprolit.

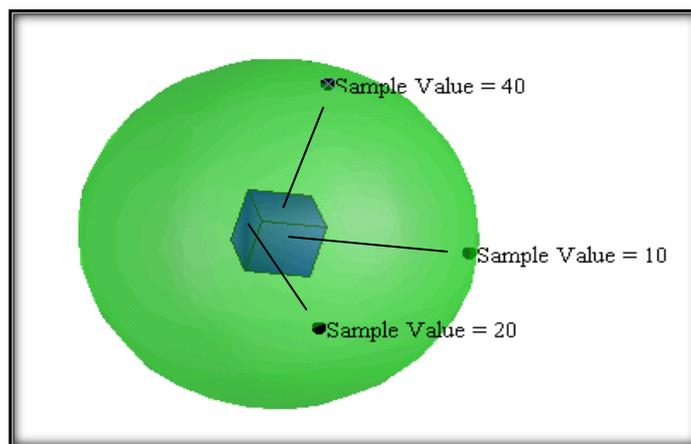
Lokasi penelitian secara administrasi di Daerah Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan, Secara geografis PT. Vale Indonesia Tbk terletak pada 121°18'57" –121°26'50" BT dan 2°32'59" LS. Untuk mencapai lokasi tersebut dapat ditempuh dengan jalur darat menggunakan bus dengan jarak ± 591 Km dari Makassar menuju Sorowako. Lama perjalanan ± 12 jam dari Makassar menuju Sorowako.

METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode konvensional berupa pengambilan data secara langsung di lapangan secara umum adalah metode *sampling* di bawah permukaan melalui proses pemboran yang mengacu pada proses pengambilan *sample* hasil dari pengambilan sampel tersebut selanjutnya dilakukan preparasi yang kemudian dianalisis kadar, diantaranya yaitu kadar Ni, Co, Fe, SiO₂, dan MgO,nya di laboratorium.

Menghitung sumberdaya dengan menggunakan metode geostatistik yaitu (*Inverse Distance Squared*) dilakukan dengan menggunakan bantuan *Software Surpac 6.5.1*. Dalam melakukan perhitungan sumberdaya diperlukan data diantaranya yaitu: 1) Data *assay* adalah merupakan data hasil analisa kadar nikel; 2) Data *collar* adalah data total kedalaman titik bor; 3) Data geologi adalah data litologi profil nikel laterit titik bor; 4) Data *survey* adalah data koordinat dan elevasi titik bor. Data yang didapatkan dilapangan kemudian diolah dengan menggunakan program *Software Surpac 6.5.1*. Adapun prinsip dasar kerja *Software Surpac 6.5.1* adalah sebagai berikut:

Pada tiga dimensi *Surpac*, ketika estimasi *isotropik*, setiap contoh jatuh pada permukaan bola yang sama akan diberi bobot yang sama.



Gambar I. Pembobotan blok model terhadap contoh di sekitar daerah pengaruh.

Pada contoh di atas, semua lokasi sampel berada dipermukaan bola yang sama, dan dengan demikian jarak yang sama dari pusat blok (*block centroid*). Dalam contoh ini, keadaan tiga dimensi dari kondisi *isotropik*, semua sampel akan diberikan bobot yang sama. Perhitungan nilai blok akan: $(10 \times 0,333) + (20 \times 0,333) + (40 \times 0,333) = 23,333$. Dapat

diartikan jumlah dari semua bobot adalah 1,0 (dengan asumsi bahwa $1/3 + 1/3 + 1/3$ dinyatakan sebagai desimal sama dengan 1) atau $0,333 + 0,333 + 0,333 = 0,999 = 1,0$.

Dalam penggunaan *Software Surpac 6.5.1* digunakan pilihan untuk mengestimasi blok model dengan metode *Inverse Distance Squared*, yaitu sebagai berikut:

1. *Search type* yaitu metode apa yang digunakan untuk mengestimasi block. *Search type* yang digunakan adalah *Ellipsoid* yaitu tipe pencarian data dalam bentuk bola (gambar 1).
2. *Minimum number of samples to select* adalah jumlah minimum contoh yang akan diestimasi. Adapun jumlah minimumnya adalah 3.
3. *Maximum number of samples to select* adalah jumlah maksimum contoh yang akan diestimasi. Adapun jumlah maximum adalah 15.
4. *Maximum search radius* adalah jarak maksimum secara horisontal *ellipsoid* yang akan diestimasi. Adapun jaraknya adalah 25.
5. *Maximum search search distance* adalah jarak maksimum secara vertical contoh yang akan diestimasi. Adapun jaraknya adalah 1.
6. *Inverse distance power* merupakan persamaan metode *inverse distance* dengan metode *inverse distance*, diantaranya:
 - a. *Inverse distance power 1* sama dengan metode *inverse distance* (ID).
 - b. *Inverse distance power 2* sama dengan metode *inverse distance squared* (IDS).
 - c. *Inverse distance power 3* sama dengan metode *inverse distance cubed* (IDC atau ID³).

Nilai *Inverse distance power* yang digunakan adalah power 2, hal ini disebabkan oleh:

- a. Karakteristik nikel yang pola penyebaran kadarnya tidak merata.
- b. nilai dari ketiga power yang digunakan tidaklah jauh berbeda maka digunakanlah nilai pertengahan.

Berikut merupakan langkah-langkah untuk yang dilakukan pada *software Surpac* untuk menghitung sumberdaya dengan metode *inverse distance*:

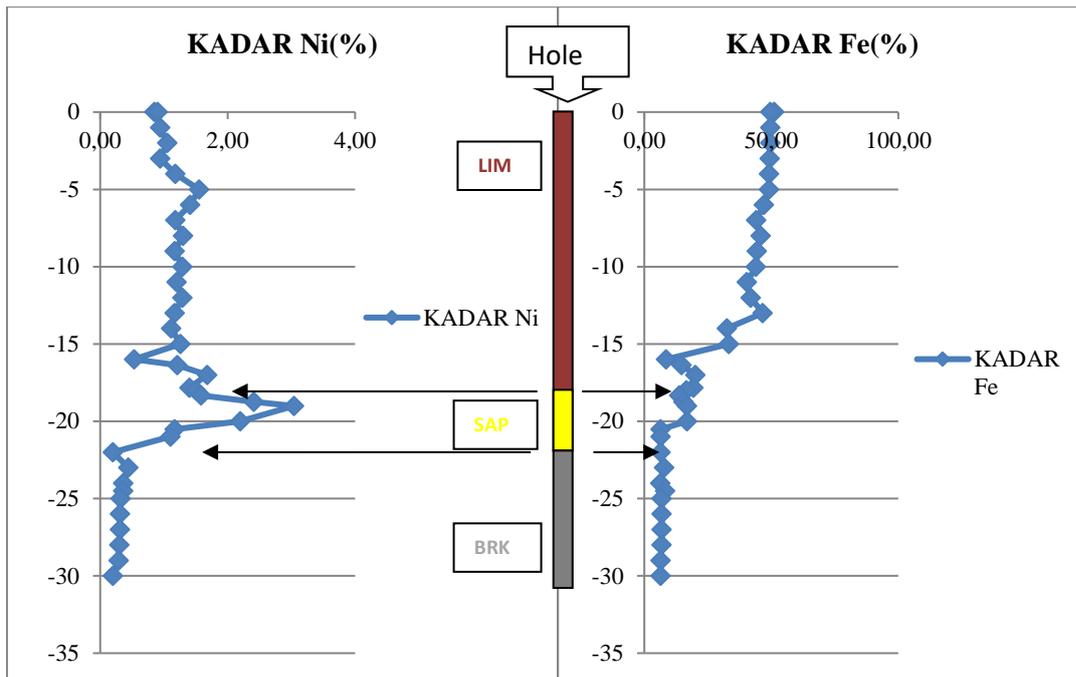
1. Masukkan data *assay, collar, survey*, dan geologi (*litologi*) pada *database surpac 6.5.1*.
2. Membuat file DTM (*Digital Terrain Model*) adalah sebuah file yang terbentuk dari koordinat X dan Y, serta elevasi Z dari tiga titik yang membentuk segitiga litologi limonit, saprolit, dan topografi.
3. Membuat blok model 3D (tiga dimensi) berdasarkan batas keseluruhan titik bor.
4. Membuat komposit setiap litologi limonit, dan saprolit.
5. Membuat constrain setiap litologi limonit, dan saprolit.
6. Tambahkan atribut Ni, Co, Fe, SiO₂, dan MgO.
7. Masukkan massa jenis limonit 1,6 ton/m³, dan saprolit 1,9 ton/m³.
8. Mengestimasi blok model 3D (tiga dimensi) dengan metode *inverse distance* dengan kekuatan *inverse distance* adalah power 2.
9. Menghitung volume dan tonase setiap batas COG yang diinginkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan Data Hasil Eksplorasi Pemboran

Dalam tahapan penelitian pembuatan blok model estimasi sumberdaya nikel laterit ini data yang digunakan merupakan data hasil pengeboran eksplorasi di PT. Vale Indonesia Tbk. Pemboran yang dilakukan di PT. Vale Indonesia Tbk mulai dari spasi 200 m, spasi 100 m, spasi 50 m, spasi 25 m, hingga spasi terkecil tergantung dari tingkat keyakinannya. Jumlah titik bor dari data yang diperoleh dari pihak perusahaan sebanyak 275 titik bor. Berikut di bawah ini merupakan sala satu contoh 1 hole pada PT. Vale Indonesia Tbk.

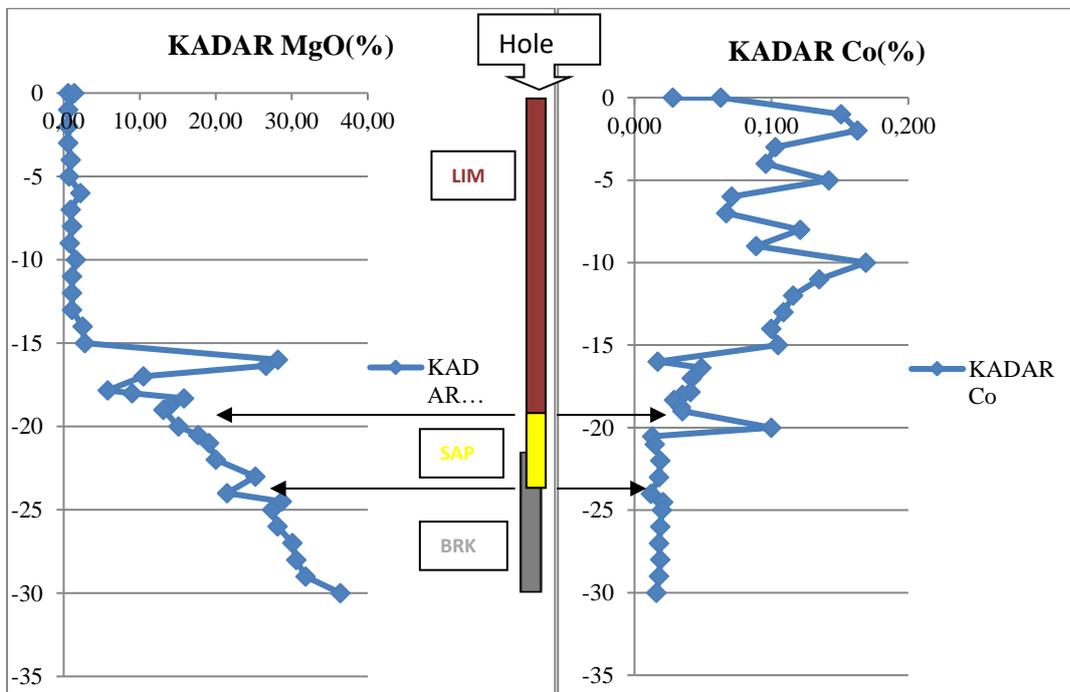
Kurva penentuan unsur Ni, Fe, Co, Mgo, SiO₂ dalam contoh 1 *hole* meteran 01-32



Gambar 2. Kadar Ni secara vertikal dalam Contoh 1 (satu) hole

Gambar 3. Kadar Fe secara vertikal dalam Contoh 1 (satu) hole

Pada gambar 2 merupakan kurva penentuan kadar Ni secara vertikal pada total kedalaman 01 – 32 meter, nilai Ni yang paling tinggi yaitu pada kedalaman 18 – 22 meter, ini erat kaitannya dengan tingkat stabilitas unsur, Ni tingkat stabilitas unsur yaitu sedang atau daya larut sedang. Sedangkan pada gambar 3 merupakan kurva penentuan kadar Fe secara vertikal. Nilai Fe tertinggi yaitu berada paling atas dari zona laterit, dikarenakan unsur Fe tidak dapat larut sehingga pada lapisan teratas persentasenya sangat tinggi.



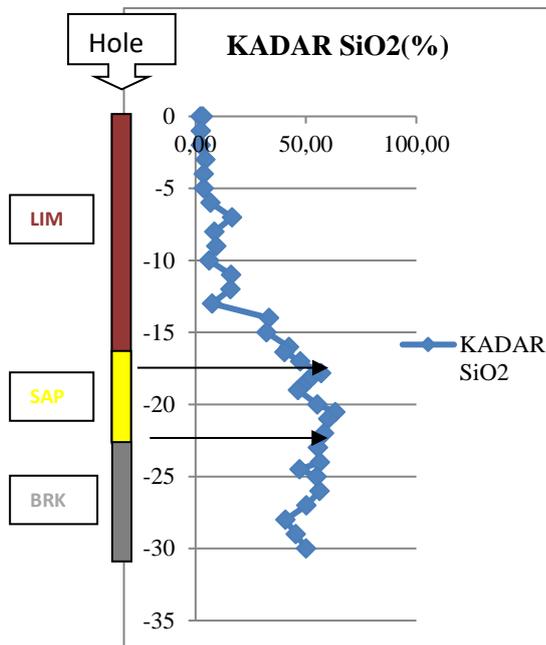
Gambar 4. Kadar MgO secara vertikal dalam Contoh 1 (satu) hole

Gambar 5. Kadar Co secara vertikal dalam Contoh 1 (satu) hole

Pada gambar 4 merupakan kurva penentuan kadar MgO secara vertikal, nilai MgO tertinggi terletak pada zona paling bawah pada penampang laterit dikarenakan unsur MgO tergolong stabilitas unsur sangat atau daya larut sangat mengakibatkan unsur ini hanya kaya pada zona batuan dasar.



pada gambar 5 merupakan kurva penentuan unsur Co secara vertikal, nilai Co tertinggi yaitu pada bagian atas dikarenakan Co tergolong stabilitas unsur rendah atau daya larut sangat rendah.



Gambar 6 kadar SiO₂ secara vertical dalam contoh 1 (satu) hole

Pada gambar 6 yaitu penentuan kadar SiO₂ secara vertikal yang dominan nilai tertinggi yaitu pada lapisan bagian bawah, dikarenakan SiO₂ bersifat sangat mudah larut sehingga tinggi pada lapisan batuan dasar yang berada pada bagian bawah penampang laterit.

Dari semua kombinasi data yang telah didapatkan kemudian diinput dan disusun ke dalam aplikasi *Microsoft Excel* dimana data berupa koordinat dari penyebaran atau distribusi titik bor berupa data *assay, collar, survey*, dan data geologi dan di *save* dalam bentuk tipe *save csv*. Pada perhitungan kali ini penulis melakukan estimasi sumberdaya nikel laterit menggunakan bantuan perangkat lunak yaitu *Software Surpac 6.5.1*. Penentuan titik estimasi tergantung dari penyebaran misalnya spasi 25 meter dengan X= 25, Y= 25 dan Z= 1 meter, sesuai dengan grit yang teratur, penentuan grit vertical boleh bervariasi misalnya 5 meter, 10 meter, hingga 20 meter namun deskripsinya tidak detail, yang digunakan dalam perusahaan yaitu nilai grit Z= 1 meter agar deskripsinya lebih detail.

Adapun parameter-parameter penting yang digunakan dalam estimasi sumberdaya nikel laterit diantaranya yaitu ukuran blok ekonomis. Pada PT. Vale Indonesia Tbk, ditetapkan ukuran blok ekonomis untuk penambangan yaitu 12.5 x 12.5 x 1 meter. Selain itu faktor densitas material juga sangat berperan penting dalam estimasi Sumberdaya bijih. Hal ini disebabkan karena densitas material adalah suatu parameter yang digunakan untuk mendapatkan angka tonase dari suatu sumberdaya yang didapatkan dari hasil kali volume dengan densitas material itu sendiri. Adapun densitas material limonit nikel pada PT. Vale Indonesia Tbk adalah sebesar 1,6 ton/m³, dan untuk saprolit 1,9 ton/m³. Untuk parameter kadar yang digunakan untuk melakukan estimasi sumberdaya yaitu hanya berdasarkan kadar Ni, Fe, dan MgO. Selain itu untuk mengestimasi bijih dari lapisan *saprolite* dan *limonite* tentunya ada kadar batas penambangan yang dilakukan sehingga klasifikasi bijih nikel dari lapisan *saprolite* dan *limonite* berbeda.

Verifikasi dan validasi data merupakan salah satu tahap penting dalam penelitian ini, dikarenakan kesalahan paling kecil yang terjadi pada satu individual memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap proses selanjutnya pada penelitian ini. Dimana kesalahan – kesalahan mendasar yang paling berpotensi untuk terjadi dan memberikan pengaruh besar yaitu proses identifikasi atau penentuan zona atau lapisan dari endapan nikel laterit. Dalam penelitian ini data-data yang telah diverifikasi dan di validasi nantinya akan kembali diverifikasi pada tahap selanjutnya untuk meminimalisir setiap kesalahan-kesalahan yang dapat memberikan efek terhadap pemodelan dan estimasi sumberdaya. Setelah verifikasi dan validasi data diinput kedalam *software surpac 6.5.1*.

Langkah-langkah dalam melakukan estimasi sumberdaya metode *inverse distance squared* (IDS) menggunakan perangkat lunak *Gemcom Surpac 6.5.1* adalah sebagai berikut:

Langkah pertama yang dilakukan dalam mengestimasi Sumberdaya dengan menggunakan perangkat lunak *Gemcom Surpac 6.5.1* adalah pembuatan *database*. *Database* ini yang selanjutnya akan menjadi patokan dalam langkah-langkah estimasi Sumberdaya dalam *Surpac 6.5.1* kedepannya. Yang merupakan komponen-komponen dari *database* adalah data *assay*, *collar*, *litologi*, dan *survey* dimana semuanya tersedia dalam format *file csv*. Setelah pembuatan *database* selesai dan data telah diimport dilanjutkan dengan langkah berikutnya. Pembuatan blok model yaitu pembuatan rumah dari suatu blok model tersebut. Dalam pembuatan blok model kita akan mengisi yaitu *Dialog box creating new block model definition* diantaranya titik X minimum dan maksimum, Y minimum dan maksimum, Z minimum dan maksimum, setelah itu kita akan membagi tiap blok dengan ukuran blok model yang ekonomis yaitu 12,5 X 12,5 X 1 meter setelah blok model telah selesai dibuat, dilanjutkan dengan langkah berikutnya.

Tabel 1. Kordinat Batas Acuan Blok Model

Field	Minimum	Maksimum	Ukuran Blok (m)
X	5674.372	5900.259	12,5
Y	11873.121	12125.471	12,5
Z	660.295	732.689	1

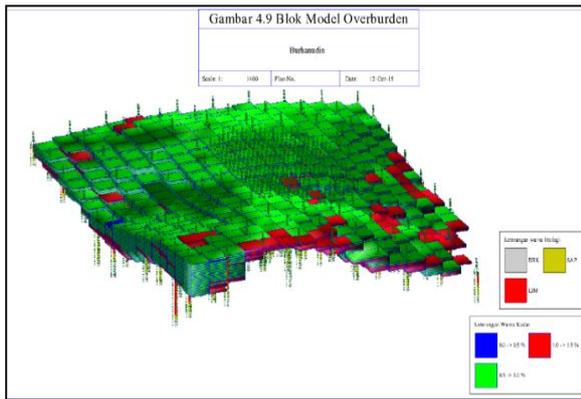
Pembuatan batasan blok model (*constraint*)

Yaitu pembuatan batasan blok model berdasarkan layer limonit, dan saprolit, dihasilkan dari file *Digital Terrain Model* (DTM) yaitu bentuk dari 3 dimensi yang diperoleh dari data *string*. Data *String* yaitu titik yang mengkorelasikan titik *top* dan *bottom* dalam bentuk garis untuk setiap layer-nya. Pembuatan atribut dan pengompositan data tujuannya agar semakin jelas parameter-parameter apa saja yang akan diestimasi. Dan tujuan mengkomposit data yaitu menyetarakan bobotnya. Komposit dikelompokkan berdasarkan layer geologinya dikarenakan setiap layer memiliki karakteristik yang berbeda.

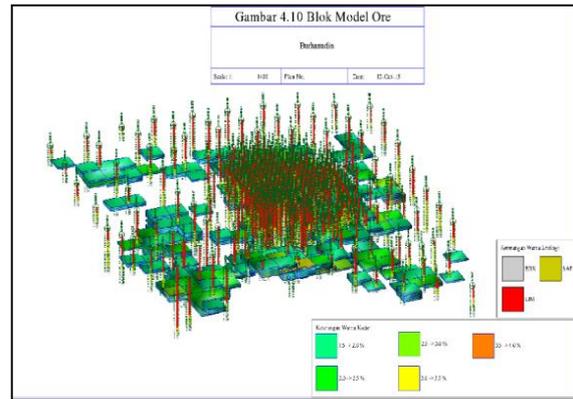
Panjang core dari hasil eksplorasi PT. Vale Indonesia Tbk sangat bervariasi batasan untuk melakukan logging yaitu tiap 1 meter agar proses dalam logging tersebut dapat lebih mudah. Namun karena panjang core berbeda-beda maka untuk memudahkan kita memperoleh nilai yang seragam panjang core tersebut dikomposit. Batas yang dikomposit yaitu 40 cm, dibawah dari ukuran tersebut tidak dikomposit. Dalam estimasi Sumberdaya endapan nikel laterit ini menggunakan metode *inverse distance squared* (IDS) sehingga dalam program menggunakan prinsip kerja dari metode tersebut dimana semua kadar yang masih terletak dalam radius pencarian data suatu titik bor yang akan ditaksir nilainya akan memberikan pengaruh terhadap nilai kadar yang ditaksir. Besarnya pengaruh masing-masing titik akan berbanding terbalik dengan jarak terhadap kadar yang akan ditaksir. Adapun *inverse distance power* menggunakan pangkat 2 atau *Inverse Distance squared*. Selain itu dilakukan klasifikasi parameter estimasi untuk membedakan bijih di *layer limonite*, dan di *layer saprolite*.

Pada *dialog box Search parameters* kita memakai *search radius* pilih 25 meter. Selanjutnya melakukan pembatasan terhadap saprolit yang akan di estimasi kadarnya, dan melakukan pengelompokan warna berdasarkan kelas intervalnya. Hasil blok model untuk *Overburden* memberikan gambaran blok model yang lebih tebal dibandingkan blok model untuk bijih saprolit (*Ore*) hal ini karena pada daerah penelitian ini tingkat pelapukan dan curah hujan sangat tinggi mengakibatkan proses pencucian endapan nikel laterit terjadi terus menerus. Kadar blok model ini bervariasi yaitu 0,0 % - 1,5 %. Blok model *overburden* digunakan klasifikasi parameter yaitu: Ni: < 1,5 %, Fe: > 35 %, dan MgO: < 6 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 7 blok model *Overburden*.

Hasil blok model bijih nikel Saprolit (*Ore*) memberikan gambaran blok model dengan ketebalan yang bervariasi. Pada *ore* digunakan klasifikasi parameter yaitu: Ni: > 1,5 %, Fe: < 35%, dan MgO: > 6 %. Untuk melihat lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 8 blok model bijih saprolit (*Ore*). Blok model *ore* dari hasil estimasi memberikan gambaran bahwa blok yang paling tebal yaitu berada pada bagian tengah dari peta penyebaran titik bor dan arah sebaran Ni yang paling tinggi menyebar dengan tidak merata.



Gambar 7. Blok Model Overburden



Gambar 8. Blok Model Ore

Pembuatan Report

Pembuatan *report* merupakan tujuan akhir sehingga kita dapat mengetahui berapa total volume, tonase, dan kadar dari suatu estimasi endapan bijih saprolit, dan limonit

Tabel 2 Hasil Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit

ZONA	VOLUME (m3)	Density (Ton/m ³)	Tonase (Ton)	Ni (%)	Co (%)	Fe (%)	SiO ₂ (%)	MgO (%)
LIMONIT	756836	1,6	1210938	0,83	0,08	42,3	7,83	1,21
SAPROLIT	234258	1,9	445090	1,91	0,18	32,78	25	7,08

SIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan. Berikut ini adalah report atau rincian total sumberdaya endapan nikel laterit pada daerah penelitian:

1. Pada zona Limonit dengan *density* 1,6 ton/m³. Volume sebesar 756.836 m³. Tonase pada lapisan limonit sebesar 1.210.938 ton dengan rata-rata kadar Ni: 0,83 %, Co: 0,08 %, Fe: 42,3 %, SiO₂: 7,83% dan MgO: 1,21 %.
2. Pada zona Saprolit dengan *density* 1,9 ton/m³. Volume 234.258 m³. Besar tonase 445.090 ton dengan rata-rata kadar Ni: 1,91 %, Co: 0,18 %, Fe: 32,78 %, SiO₂: 25 %, dan MgO: 7,08%

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak terutama :

1. Pihak Perusahaan PT. Vale Indonesia Tbk, yang telah menerima dan memberikan izin untuk mengikuti kegiatan Tugas akhir di Daerah Sorowako Kecamatan Nuha Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan,
2. Pihak Devisi *Exploration Management Office* dan *COW Project Development* PT. Vale Indonesia Tbk, yang telah banyak membekali ilmu pengetahuan kepada penulis selama penelitian tugas akhir ini.

REFERENSI

Ahmad. W. (2002). *Chemistry Mineralogy and Formation of Nickel Laterite*. PT. Inco, Indonesia.
 Gencom Company. (2007). *Tutorial Surpac*. Gencom, Australia.
 Golightly. (1978). *Nickeliferous Laterites: A General Description*, PT. International Nickel Indonesia, Sorowako.
 Golightly. (1979). *Geology Of Sorowako Nickelifraous Laterit Deposit*. INCO Metals Compayn, Seridan Park, Canada.
 Harianto, S. (2003). *Nikel Laterit*. Tim Eksplorasi Nikel Lasolo – Sultra Unit Geomin Jakarta.
 Osborne, R. C & Waraspati, D. (1986). *Applied mine geology at PT. Inco, Soroako, South Sulawesi, Indonesia*. XV Annual Convention of the Association of Indonesian Geologists. Yogyakarta, Desember 1986.
 PT. Bintangdelapan Mineral, Tim Eksplorasi Nikel. *Laporan*. Arsip perusahaan yang diperbolehkan untuk dibaca. Bahodopi.
 Rauf, A. (1998). *Perhitungan Sumberdaya Endapan Mineral*. Jurusan Teknik Pertambangan UPN, Yogyakarta.



-
- Santos, R.A. (2012). *Exploration and Resource Estimation of Nickel Laterit Deposit*. Report of Exploration Result. Philippine.
- Simanjuntak. (1991). Melakukan Penelitian dengan skala 1:25000 yang Menghasilkan lembar Beteleme.

