

**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN ESTIMASI SUMBER DAYA TERUKUR  
ENDAPAN BIJIH NIKEL LATERIT DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *INVERSE DISTANCE*  
*WEIGHTING* DAN *POLYGON***

(Studi Kasus : Blok X, PT Alngit Raya, Halmahera Timur, Maluku Utara)

**Disusun dan diajukan oleh:**

**MUH. ALFIAN LASEFEATI**

**D111 18 1501**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### PERBANDINGAN ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN BIJIH NIKEL LATERIT DENGAN MENGGUNAKAN METODE INVERSE DISTANCE WEIGHTING DAN POLYGON STUDI KASUS, BLOK X, PT ALNGIT RAYA, HALMAHERA TIMUR, MALUKU UTARA

Disusun dan diajukan oleh

**Muh. Alfian Lasefeati**  
**D111181501**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 5 Juni 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

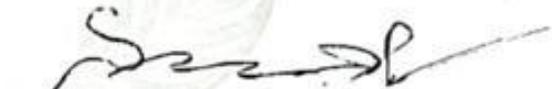
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Irzal Nur., M.T.  
NIP. 196604091997031002



Dr. Phil. nat. Sri Widodo, S.T., M.T.  
NIP. 197101012010121001

Ketua Program Studi,



Dr. Aryan Wirtanti Anas, S.T., M.T.  
NIP. 197010052008012026

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;  
Nama : Muh. Alfian Lasefeati  
NIM : D111181501  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**PERBANDINGAN ESTIMASI SUMBER DAYA TERUKUR ENDAPAN BIJIH  
NIKEL LATERIT DENGAN MENGGUNAKAN METODE INVERSE DISTANCE  
WEIGHTING DAN POLYGON**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 5 Juni 2023



Yang Menyatakan

Muh. Alfian Lasefeati

## ABSTRAK

**Muh. Alfian Lasefeati.** *PERBANDINGAN ESTIMASI SUMBER DAYA TERUKUR ENDAPAN BIJIH NIKEL LATERIT DENGAN MENGGUNAKAN METODE INVERSE DISTANCE WEIGHTING DAN POLYGON* (dibimbing oleh Dr. Ir. Irzal Nur, MT dan Dr. phil. Nat. Sri Widodo, ST., MT)

Estimasi sumberdaya adalah estimasi potensi dari endapan mineral bijih yang terletak di permukaan bumi untuk mengetahui apakah endapan tersebut layak untuk dilanjutkan ke tahap penambangan selanjutnya. *Inverse Distance Weighting* adalah salah satu teknik interpolasi permukaan (*surface interpolation*) dengan prinsip titik inputnya dapat berupa titik pusat plot yang tersebar secara acak maupun tersebar merata. Metode *Polygon* merupakan metode perhitungan yang konvensional dibandingkan dengan metode lainnya, karena pada perhitungan cadangan endapannya tidak begitu memperhatikan struktur parsial daerah yang akan diobservasi dan tidak begitu memperhatikan data-data dari titik-titik bor disekitarnya. Perbandingan Estimasi sumberdaya terukur edapan bijih nikel laterit menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* dan *Polygon* bertujuan untuk mengestimasi sumberdaya endapan bijih nikel laterit, dan menganalisis perbedaan hasil estimasi dengan kedua metode, serta sebagai bahan pertimbangan dalam proses kegiatan penambangan selanjutnya. Hasil estimasi sumberdaya yang diperoleh pada Blok X PT Alngit Raya, Halmahera Timur, Maluku Utara dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* yaitu jumlah tonase *ore* sebesar 2.280.656 wmt, dengan rata-rata kadar Ni 1,62%. Sedangkan dengan menggunakan metode *Polygon* didapatkan jumlah tonase *ore* sebesar 2.653.328 wmt, dengan rata-rata kadar Ni 1,71 %. Terdapat perbedaan hasil analisis dari kedua metode yang dimana untuk Metode *Inverse Distance Weighting* mempertimbangkan nilai kadar yang ada pada titik di sekitarnya. Sedangkan untuk metode *Polygon* hanya memberikan bobot satu untuk titik paling terdekat dari titik yang ditaksir dalam zona *Polygon* yang ada.

Kata Kunci: Nikel Laterit; Estimasi Sumberdaya; Metode IDW; Metode *Polygon*.

## ABSTRACT

**Muh. Alfian Lasefeati.** *COMPARISON OF MEASURED RESOURCE ESTIMATIONS OF LATERITE NICKEL ORE DEPOSIT USING THE INVERSE DISTANCE WEIGHTING AND POLYGON METHODS* (supervised by Dr. Ir. Irzal Nur, MT and Dr. phil. Nat. Sri Widodo, ST., MT)

*Resource estimation is an estimate of the potential of ore mineral deposits located on the surface of the earth to find out whether these deposits are feasible to proceed to the next mining stage. Inverse Distance Weighting is a surface interpolation technique with the principle that the input points can be plot centers that are randomly or evenly distributed. The Polygon method is a conventional calculation method compared to other methods because the sediment reserve calculation does not pay much attention to the partial structure of the area to be observed and does not pay much attention to data from the surrounding drill points. Comparison of measured resource estimates of lateritic nickel ore deposits using the Inverse Distance Weighting and Polygon methods aims to estimate lateritic nickel ore deposit resources, and analyze the differences in the estimation results with the two methods, as well as consideration in the process of subsequent mining activities. The results of resource estimation obtained in Block X PT Alngit Raya, East Halmahera, North Maluku using the Inverse Distance Weighting method, namely the total ore tonnage of 2,280,656 wmt, with an average Ni content of 1.62%. Meanwhile, using the Polygon method, the total tonnage of ore was 2,653,328 wmt, with an average Ni content of 1.71 %. There are differences in the results of the analysis of the two methods where the Inverse Distance Weighting method considers the level values at the surrounding points. Whereas the Polygon method only gives a weight of one for the closest point to the estimated point in the existing Polygon zone.*

**Keywords:** *Nickel Laterite; Resource Estimation; IDW Method, Polygon Method.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Tahapan Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Geologi Regional .....	5
2.2 Nikel Laterit .....	9
2.3 Klasifikasi Sumberdaya Mineral.....	14
2.4 Metode Estimasi Sumberdaya.....	17
2.5 Metode Estimasi <i>Inverse Distance Weighting</i> .....	19
2.6 Metode <i>Polygon</i> .....	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Lokasi Penelitian.....	23
3.2 Metode Penelitian .....	25
3.3 Sumber Data.....	25
3.4 Pengolahan Data .....	28
3.3 Bagan Alir Penelitian.....	39

BAB 4 Hasil dan pembahasan.....	41
4.1 Hasil Estimasi Sumberdaya menggunakan metode IDW ( <i>Inverse Distance Weight</i> ).....	41
4.2 Hasil Estimasi Sumberdaya Menggunakan Metode <i>Polygon</i> .....	42
4.3 Perbandingan Estimasi Metode IDW dan <i>Polygon</i> .....	43
4.4 Faktor Pengaruh Perbandingan Estimasi IDW dan <i>Polygon</i> .....	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA .....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Fisiografi pulau halmahera (Apandi dan Sudana, 1980).....	6
Gambar 2 Sebaran endapan nikel laterit dunia (Brand, 1998).....	11
Gambar 3 Profil Laterit (Kumarawarman, 2016).....	12
Gambar 4 Hubungan umum antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral (KCMI, 2017). .....	16
Gambar 5 Metode estimasi sumberdaya menggunakan <i>Polygon</i> (Hartman, 1992).....	18
Gambar 6 Hasil penaksiran dengan blok model .....	20
Gambar 7 Skema estimasi sumberdaya menggunakan <i>Polygon</i> (Hartman, 1992).....	22
Gambar 8 Peta tunjuk lokasi penelitian. ....	24
Gambar 9 Format penginputan data. ....	28
Gambar 10 Tahap awal pembuatan <i>database</i> .....	29
Gambar 11 Pemberian nama pada <i>database</i> . ....	29
Gambar 12 Penyesuaian data-data pada <i>database</i> . ....	30
Gambar 13 Tampilan <i>database</i> yang telah dibuat.....	30
Gambar 14 Penyesuaian urutan kolom <i>Microsoft Excel</i> dengan <i>database</i> . ....	31
Gambar 15 Penginputan file <i>Microsoft Excel</i> CSV. ....	31
Gambar 16 Laporan hasil pembuatan <i>database</i> . ....	32
Gambar 17 Pewarnaan titik bor.....	33
Gambar 18 Pengaturan titik bor .....	33
Gambar 19 Tampilan <i>Drillhole</i> . ....	34
Gambar 20 Perintah awal pembuatan string. ....	34
Gambar 21 Pengaturan <i>zone thickness and depth</i> . ....	35
Gambar 22 String Lapisan Atas limonit.....	35
Gambar 23 String Lapisan Bawah <i>bedrock</i> .....	36
Gambar 24 <i>Digital Terrain Model</i> (DTM) lapisan atas limonit.....	37
Gambar 25 <i>Digital terrain model</i> (DTM) zona lapisan bawah <i>bedrock</i> . ....	37
Gambar 26 Komposit Laterit. ....	38

Gambar 27 Blok Model.....	39
Gambar 28 Bagan Alir Penelitian. ....	40
Gambar 29 Klasifikasi material <i>ore</i> dan <i>waste</i> hasil estimasi sumberdaya menggunakan metode IDW .....	41
Gambar 30 Klasifikasi material <i>ore</i> dan <i>waste</i> hasil estimasi sumberdaya menggunakan metode <i>Polygon</i> .....	42
Gambar 31 Perbandingan kadar lubang bor dan kadar blok hasil estimasi dengan metode IDW. ....	44
Gambar 32 Perbandingan kadar lubang bor dan kadar blok hasil estimasi dengan metode <i>Polygon</i> .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Contoh data <i>assay</i> .....	26
Tabel 2 Contoh data <i>collar</i> .....	26
Tabel 3 Contoh data <i>survey</i> .....	27
Tabel 4 Contoh data <i>geology</i> .....	27
Tabel 5 Hasil Estimasi dengan Metode IDW .....	42
Tabel 6 Hasil Estimasi dengan Metode <i>Polygon</i> . .....	43
Tabel 7 Hasil Estimasi dengan Metode IDW dan <i>Polygon</i> .....	43

## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
Z	Kadar taksiran (%)
n	Jumlah data
i	Kadar ke-i (%)
di	Spasi Antar Titik Taksiran dengan Titik ke-i yang Ditaksir (m)
k	Pangkat ( <i>script</i> )
Zi	Kadar awal (%)

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Assay .....	51
Lampiran 2 Data Collar.....	53
Lampiran 3 Data Geology .....	55
Lampiran 4 Data Survey .....	57
Lampiran 5 Peta Lokasi Penelitian .....	59
Lampiran 6 Peta Sebaran Titik Bor.....	60

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan nikmat-Nya kepada kita semua untuk terus menuntut ilmu sebagai bentuk ketaatan kepada sang pemilik ilmu pengetahuan. Shalawat serta salam atas junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW, manusia terbaik yang senantiasa ruku' dan sujud kepada Allah SWT dalam rangka menegakkan panji-panji kebenaran di muka bumi ini.

Skripsi dengan judul “ Perbandingan Estimasi Sumber Daya Terukur Endapan Bijih Nikel Laterit Dengan Menggunakan Metode *Inverse Distance Weighting* Dan *Polygon* “ (Studi Kasus : blok X, PT Alngit Raya, Halmahera Timur, Maluku Utara) akhirnya dapat terselesaikan dengan baik dengan dinamika yang mendalam dilalui dalam proses penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan serta ilmu yang bermanfaat. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan semoga dicatat sebagai sebutir kebaikan oleh Allah SWT.

Tidak ada kata yang layak untuk menggambarkan besarnya rasa terimakasih penulis bagi semua pihak yang telah memberikan dukungan, tenaga, serta ilmunya dalam penyusunan laporan Tugas Akhir yang sederhana ini. Penulis berharap dengan selesainya Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan berkat bagi semua pihak yang terlibat dalam penyusunan laporan ini.

Terima kasih pula penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT. selaku Pembimbing I dan Bapak Dr. Ir. Phill. Nat. Sri Widodo.,ST., MT. selaku Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih yang tiada henti kepada Bapak Lasefeati dan Ibu Hasnawati atas segala doa yang telah dipanjatkan, ridho yang senantiasa diberikan serta rasa cinta yang tiada henti diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan

skripsi ini. Terima kasih pula penulis haturkan kepada Kakak Halilintar Rangga Swara, S.T.,M.T atas segala bantuan dan semangat yang diberikan kepada penulis.

Perjalanan panjang penulis dalam dunia perkuliahan hingga penyusunan skripsi tidak lepas dari bantuan, semangat, diskusi yang bermanfaat dan dinamika panjang pertemanan oleh teman-teman di Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin Angkatan 2018 (Tunnel 2018) tetap genggam tali persaudaraan diantara kita, Panjang umur untuk hal-hal baik, terimakasih saudara-saudaraku. Terima kasih pula penulis sampaikan kepada organisasi tercinta Persatuan Mahasiswa Tambang Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (PERMATA FT-UH) dan Organisasi Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (OKFT-UH), wadah dalam berproses, mengembangkan softskill, tetap dalam koridor keilmuan dan pergerakan kemahasiswaan untuk sebuah perjuangan dalam menimpa problematika kampus dan kebenaran yang memberikan manfaat kepada seluruh anggotanya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan permohonan maaf atas semua kekurangan yang dijumpai dalam proses penyusunan skripsi ini.

Makassar, Maret 2023

Muh. Alfian Lasefeati

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Potensi sumberdaya mineral Indonesia yang cukup banyak, tersebar hampir di seluruh nusantara dan merupakan salah satu modal untuk kegiatan pembangunan, terbukti di bidang pertambangan Indonesia yang kaya karena sumberdaya mineral (Mustika, et al., 2015). Nikel laterit merupakan bahan galian yang mempunyai nilai ekonomis tinggi, karena pada masa sekarang dan masa yang akan datang kebutuhan nikel semakin meningkat. Nikel laterit 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. Mineral merupakan bahan baku dalam industri pertambangan. Salah satu sumberdaya mineral yang bernilai ekonomis yaitu nikel, dimana keberadaan nikel perlu ditemukan untuk dapat memenuhi kebutuhan di bidang perindustrian (Freysinnet et al., 2005).

Sebelum penambangan nikel terlebih dahulu dilakukan pemboran produksi untuk mendapatkan contoh atau sampel kadar nikel yang dimana untuk menentukan langkah awal kebijakan dalam penambangan produksi bahan galian. Proses pengeboran merupakan proses membuat lubang pada permukaan tanah atau batuan untuk melihat koleksi sampel untuk memperkirakan kualitas dan kuantitas dari cadangan suatu mineral tertentu. Penentuan kadar cadangan eksplorasi suatu daerah yaitu dari hasil pemboran pada kegiatan eksplorasi yang dianalisis di laboratorium kimia. Kemudian hasil analisis kadar tersebut dirata – ratakan mulai dari kadar dibawah sampai diatas *cut of grade*. Pengeboran jenis ini biasa disebut sebagai pengeboran eksplorasi.

Dalam penambangan nikel laterit, diperlukan estimasi untuk dapat menghitung sumberdaya sebelum proses penambangan berlangsung. Metode estimasi sumberdaya terukur berperan penting dalam menentukan kuantitas dan kualitas dari suatu endapan. Estimasi sumberdaya terdiri dari beberapa metode yang dimana metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) didefinisikan sebagai metode penaksiran dengan pendekatan blok model yang sederhana, dan metode *Polygon*

lebih mempertimbangkan daerah pengaruh atau (*area of influence*). Berdasarkan konsep estimasi sumberdaya dengan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) dan *Polygon* maka kedua metode memiliki kesamaan dalam konsep perhitungan sumberdaya dan memiliki perbedaan hasil dalam menentukan kualitas dan kuantitas sumberdaya terukur.

Atas dasar hal tersebut di atas, maka dilakukanlah penelitian yang membandingkan antara metode IDW (*Inverse Distance Weighting*) dan metode *Polygon* untuk mengetahui perbedaan dari kedua metode serta klasifikasi sumberdaya dan jumlah tonase endapan nikel laterit. Pada penelitian ini dilakukan estimasi sumberdaya terukur nikel laterit menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weighting*) dan metode *Polygon*. Estimasi sumberdaya dilakukan berdasarkan data-data eksplorasi di Blok X, PT Alngit Raya, Halmahera Timur, Maluku Utara.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka dilakukanlah penelitian perbandingan antara metode *Inverse Distance Weighting*, dan *Polygon* sehingga dapat diketahui tonase sumberdaya nikel laterit dan bagaimana penggunaan metode *Inverse Distance Weighting* dan *Polygon* pada estimasi sumberdaya serta berapa tonase yang dapat diperoleh, juga mengetahui perbedaan kedua metode dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengestimasi sumberdaya terukur endapan bijih nikel laterit di daerah penelitian dengan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) dan *Polygon*.
2. Menganalisis perbedaan hasil estimasi sumberdaya endapan bijih nikel laterit di daerah penelitian dengan metode *Inverse Distance Weighting* dan metode *Polygon*, serta merekomendasikan metode yang lebih presisi dalam melakukan estimasi sumberdaya.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagi perusahaan  
Sebagai bahan pertimbangan kepada perusahaan dalam memilih metode yang akan digunakan dalam mengestimasi sumberdaya nikel laterit pada PT Alngit Raya.
2. Bagi kalangan akademik  
Bahan pembelajaran/referensi dalam menambah wawasan mengenai metode estimasi sumberdaya nikel laterit dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weighting*, dan metode *Polygon*.

## 1.5 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan mulai dari bulan Januari 2023 sampai Maret tahun 2023. Berikut tahapan kegiatan penelitian:

1. Persiapan  
Tahapan persiapan merupakan tahapan yang berisi kegiatan pendahuluan sebelum dilakukan penelitian. Tahapan ini terdiri dari perumusan masalah yang akan diangkat dalam kegiatan penelitian dan persiapan administrasi yang terkait dalam penelitian, pengumpulan referensi atau literatur mengenai masalah yang diteliti agar dapat menunjang penelitian, serta persiapan bahan-bahan dan alat-alat yang digunakan pada saat penelitian.
2. Studi Literatur  
Tahapan ini merupakan tahapan yang dilakukan setelah dan selama dilakukannya penelitian ini. Tahapan ini melakukan kajian kepustakaan untuk menunjang dan memahami secara kompleks dari topik yang akan diteliti dan sebagai petunjuk dalam menentukan rancangan penelitian serta persiapan yang menyangkut segala sesuatu yang dibutuhkan dalam proses penyusunan tugas akhir. Tahapan studi literatur yang dilakukan dapat melalui jurnal, buku, artikel dan referensi lainnya yang berkaitan dengan masalah yang akan dikaji pada penelitian.
3. Pengolahan data

Tahapan pengolahan data dilakukan terhadap data topografi dan titik bor yang memuat data *geology*, data *assay*, data *survey*, dan data *collar*. Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan beberapa perangkat lunak diantaranya *ArcGIS* dan *Geovia Surpac*.

4. Tahap analisis data

Analisis data dilakukan dengan dua cara yaitu analisis data secara kuantitatif dan analisis data secara kualitatif. Hasil dari analisis data akan dilakukan pengolahan lebih lanjut pada skripsi atau tugas akhir.

5. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Tahapan ini merupakan tahapan paling akhir yang dilakukan dalam rangkaian kegiatan penelitian. Seluruh hasil penelitian akan disusun dan dilaporkan secara sistematis sesuai aturan penulisan buku putih yang telah ditetapkan oleh Departemen Teknik Pertambangan, Universitas Hasanuddin.

6. Seminar dan Penyerahan Laporan

Laporan tugas akhir akan dipresentasikan pada seminar hasil dan ujian sidang. Tahapan ini dimaksudkan untuk memaparkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, melalui tahapan ini akan didapatkan saran untuk menyempurnakan laporan tugas akhir dari tim penguji, pembimbing dan peserta seminar.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Geologi Regional**

Kepulauan Maluku adalah gugusan pulau-pulau yang terletak di sebelah timur Indonesia, memiliki panjang 180 kilometer dari utara ke selatan dan lebar 70 kilometer dari barat ke timur. Berdasarkan keadaan geologis dan fisiografisnya dapat dibagi menjadi dua provinsi, yakni Halmahera bagian barat dan Halmahera bagian timur laut – tenggara. Halmahera bagian barat merupakan provinsi yang tersusun dari busur vulkanik Ternate dan Halmahera Barat, sedangkan Halmahera bagian timur laut – tenggara merupakan provinsi yang tersusun dari melange. Secara garis besarnya, Maluku dapat dibagi menjadi dua bagian yakni Maluku Utara dan Maluku Selatan. Maluku Utara sebagian dihubungkan dengan rangkaian pulau-pulau Asia Timur, dan sebagian sistem Melanesia, sedangkan Maluku Selatan (Busur banda) merupakan suatu bagian dari Sistem Pegunungan Sunda (Amrullah, et al., 2015).

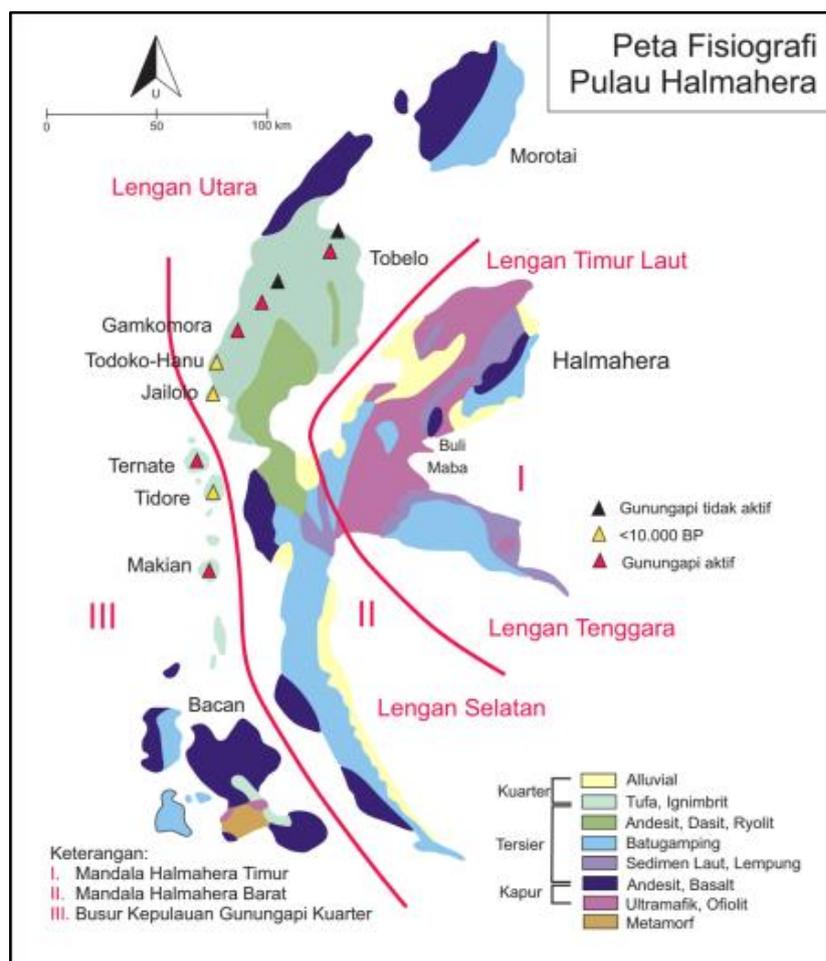
Secara Geografis wilayah Halmahera Timur berbatasan di sebelah utara dengan wilayah Kabupaten Halmahera Utara dan Teluk Kao, di sebelah selatan dengan wilayah Kabupaten Halmahera Tengah (Kecamatan Patani dan Kecamatan Weda) dan wilayah Kabupaten Halmahera Barat, di sebelah barat Teluk Kao (Wilayah Kabupaten Halmahera Utara) dan Kota Tidore Kepulauan dan Teluk Buli, di sebelah timur Laut Halmahera serta Samudra Pasifik. Kabupaten Halmahera Timur terletak antara 0°40' - 1°4' Lintang Utara dan antara 126°45' - 129°30' Bujur Timur. Kabupaten yang terbentuk sejak tahun 2003 ini, beribukota di Kota Maba, terbagi menjadi 10 Kecamatan dan 102 desa.

Halmahera dan pulau-pulau sekitar Indonesia bagian Timur merupakan konfigurasi busur kepulauan sebagai hasil tumbukan lempeng di bagian Barat pasifik. Pulau ini di cirikan oleh “*double arc sistyem*”, di buktikan oleh vulkanik di lengan barat dan non vulkanik di lengan timur. Kondisi geologi dan tektonik Halmahera cukup unik, karena pulau ini terbentuk akibat pertemuan tiga lempeng yaitu eurasia, pasifik, dan indo-australia. Dibagian Selatan terdapat zona sesar

Sorong yang merupakan “srike slip fault” sepanjang zona sesar ini Halmahera bergerak ke arah barat bersamaan dengan lempeng Indo-Australia (Katili, 1974).

### 2.1.1 Fisiografi pulau Halmahera

Fisiografi Pulau Halmahera terbagi 3 bagian yaitu Mandala Halmahera Timur, Mandala Halmahera Barat dan Busur Kepulauan Gunungapi Kuarter. Fisiografi daerah kerja praktik yaitu Mandala Halmahera Timur. Mandala Halmahera Timur meliputi lengan Timur laut, Lengan Tenggara dan beberapa pulau kecil di sebelah Timur Pulau Halmahera. Morfologi mandala ini terdiri dari pegunungan berlereng terjal dan *torehan* sungai yang dalam, dan sebagian bermorfologi karst. Morfologi pegunungan terjal merupakan cerminan batuan yang keras, jenis batuan pada pegunungan adalah batuan ultrabasa. Morfologi karst terdapat pada daerah batugamping. Morfologi dengan perbukitan yang relatif rendah dan lereng yang landai merupakan cerminan dari batuan sediman (Apandi dan Sudana, 1980).



Gambar 1 Fisiografi pulau halmahera (Apandi dan Sudana, 1980).

### 2.1.2 Stratigrafi Regional

Urutan formasi batuan pada daerah Halmahera dari tua kemuda dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini (Bessho, 1944) :

- a. Satuan Batuan Ultrabasa; terdiri dari serpentinit, piroksenit, dan dunit, umumnya berwarna hitam kehijauan, getas, terbreksikan, mengandung asbes dan garnierit. Satuan batuan ini dinamakan Formasi Watileo dan hubungannya dengan satuan batuan yang lebih muda berupa bidang ketidakselarasan atau bidang sesar naik.
- b. Satuan Batuan Beku Basa; terdiri dari gabro piroksen, gabro hornblende, dan gabro olivine, tersingkap di dalam kompleks batuan ultrabasa dan dinamakan Formasi Wato-Wato.
- c. Satuan Batuan Intermediete; terdiri dari batuan diorit kuarsa dan hornblende, tersingkap juga dalam batuan ultrabasa.
- d. Formasi Dodaga; berumur kapur, tersusun oleh serpih berselingandengan batugamping coklat muda dan sisipan rijang. Selain itu ditutupi pula oleh batuan yang berumur Paleosen-Eosen yaitu Formasi Dorosagu, satuan konglomerat, dan satuan batugamping.
- e. Formasi Dorosagu; terdiri dari batupasir berselingan dengan serpih merah, batugamping. Formasi ini berumur Paleosen-Eosen. Hubungan dengan batuan yang lebih tua (ultrabasa) oleh ketidakselarasan dan sesar naik, tebal +250 meter. Formasi ini idengtik dengan Formasi Saolat.
- f. Satuan Batugamping; berumur Paleosen-Eosen, dipisahkan denganbatuan yang lebih tua (ultrabasa) oleh ketidakselarasan dan dengan yang lebih muda dari sesar dengan tebal +400 meter.
- g. Satuan Batuan Konglomerat; tersusun oleh batuan konglomerat sisipan batupasir, batulempung, dan batubara. Satuan ini berumur kapur dan tebalnya lebih dari 500 meter. Hubungannya dengan batuan yang lebih tua (ultrabasa) dan formasi yang lebih muda (Formasi Tingteng) adalah ketidakselarasan sedangkan dengan satuan batugamping hubungannya menjemari. Setelah pengendapan sejak Eosen akhir-Oligosen Awal selesai, baru terjadi aktifitas gunung api Oligosen atas-Miosen bawah, membentuk bagian-bagian yang disatukan sebagai Formasi Bacan.

- h. Formasi Bacan; tersusun atas batuan gunung api berupa lava, breksi, dan tufa sisipan konglomerat dan batupasir. Dengan adanya sisipan batupasir maka dapat diketahui umur Formasi Bacan yaitu oligosen-Miosen Bawah. Dengan batuan yang lebih tua (Formasi Dorosagu) dibatasi oleh bidang sesar dan dengan batuan yang lebih muda (Formasi Weda) oleh bidang ketidakselarasan. Setelah pengendapan miosen bawah bagian atas selesai, terbentuk cekungan luas yang berkembang sejak Miosen Atas- Pliosen. Pada cekungan tersebut diendapkan Formasi Weda, satuan konglomerat, dan Formasi Tingteng.
- i. Formasi Weda; terdiri dari batupasir berselingan napal, tufa, konglomerat, dan batugamping, berumur Miosen Tengah Awal-Pliosen, bersentuhan secara tidak selaras dengan Formasi Kayasa yang berumur lebih muda dan hubungannya secara menjemari dengan Formasi Tingteng.
- j. Satuan Konglomerat; berkomponen batuan ultrabasa, basal, rijang, diorit, dan batusabak setebal +100 meter, menutupi batuan ultrabasa secara tidakselarasan, diduga berumur Miosen Tengah-Pliosen Awal.
- k. Formasi Tingteng; tersusun oleh batugamping hablur dan batugamping pasiran, sisipan napal dan batupasir, umur Miosen Akhir-Pliosen Awal, tebal +600 meter. Setelah pengendapan Formasi Tingteng, terjadi pengangkatan pada kuartar, sebagaimana ditunjukkan oleh batugamping terumbu di pantai daerah lengan timur Halmahera.

### 2.1.3 Geologi Struktur

Karakteristik geologi Provinsi Maluku adalah terdiri daribatuan sedimen, batuan metamorfik dan batuan beku dengan penyebaran yang hampir merata disetiap gugus pulau. Hal ini dipengaruhi oleh klasifikasi umur pulau/kepulauan yang terbentuk pada 50-70 juta tahun yang lalu, pada periode Neogen sampai Paleosen. Karakteristik tersebut juga dipengaruhi oleh letak Maluku diantaralempeng bumi Indo-Australia, Pasifik, Laut Filipina dan Laut Banda, sehingga memberikan sebaran beberapa gunung api baik yang masih maupun sudah tidak aktif lagi.

Sebagian besar Provinsi Maluku Utara, terutama bagian tengah dan utara, merupakan daerah pegunungan. Namun secara geologi bukanlah pegunungan

yang seragam. Artinya, bahan penyusunnya bervariasi. Pada semenanjung timur laut ditemukan batuan beku asam, basa dan ultrabasa serta batuan sediment. Daerah pegunungan yang ada merupakan bentangan lahan dengan puncak tajam dan punggung curah tertoreh sertalereng yang curam (40%) (Amarullah et. Al., 2005).

Maluku disusun oleh batuan yang terdiri dari batuan vulkanik, sedimen dan endapan muda. Batuan akibat adanya kegiatan tektonik mengakibatkan adanya perlipatan, dan pensesaran dan kegiatan magmatik (hidrotermal) yang mana hal tersebut merupakan media yang potensial bagi pembentukan mineralisasi. Daerah uji petik memiliki sebaran alterasi yang didominasi oleh ubahan silisifikasi, serisit sampai dengan argilik. Dibeberapa lokasi dijumpai adanya ubahan jenis filik (pada punggung Anggai), argilik dan propilit. Hal ini menunjukkan alterasi kearah dalam memiliki variasi alterasi bertemperatur lebih tinggi. Jadi dimungkinkan tipe porpiori akan muncul (bisa saja terjadi) jika melihat pola alterasi yang demikian (Roswita et al., 2006).

## **2.2 Nikel Laterit**

Nikel laterit adalah hasil laterisasi batuan ultramafik yang mengandung nikel seperti peridotit, dunit dan serpentinit. Hal ini dapat berlangsung karena adanya air permukaan yang bersifat asam sehingga dapat melarutkan nikel, magnesium dan silikon yang terkandung dalam batuan dasar. Berbeda dengan Ni-sulfida yang ditemukan pada kedalaman ratusan meter di bawah permukaan tanah, Ni-laterit terdapat pada kedalaman yang relatif lebih dangkal, yaitu sekitar 15 – 20 meter di bawah permukaan tanah. Endapan Ni-laterit cenderung berkadar rendah dengan jumlah yang melimpah.

Pembentukan endapan nikel dipengaruhi oleh (Sutisna dkk, 2006):

1. Iklim. Curah hujan menentukan jumlah air hujan yang masuk ke tanah sehingga mempengaruhi intensitas pencucian dan pemisahan komponen yang larut.
2. Topografi. Relief dan geometri lereng akan mempengaruhi pengaliran air, jumlah air yang masuk ke dalam tanah dan level muka air tanah.
3. Penyaliran. Mempengaruhi pasokan jumlah air untuk pelindian seluruh area di

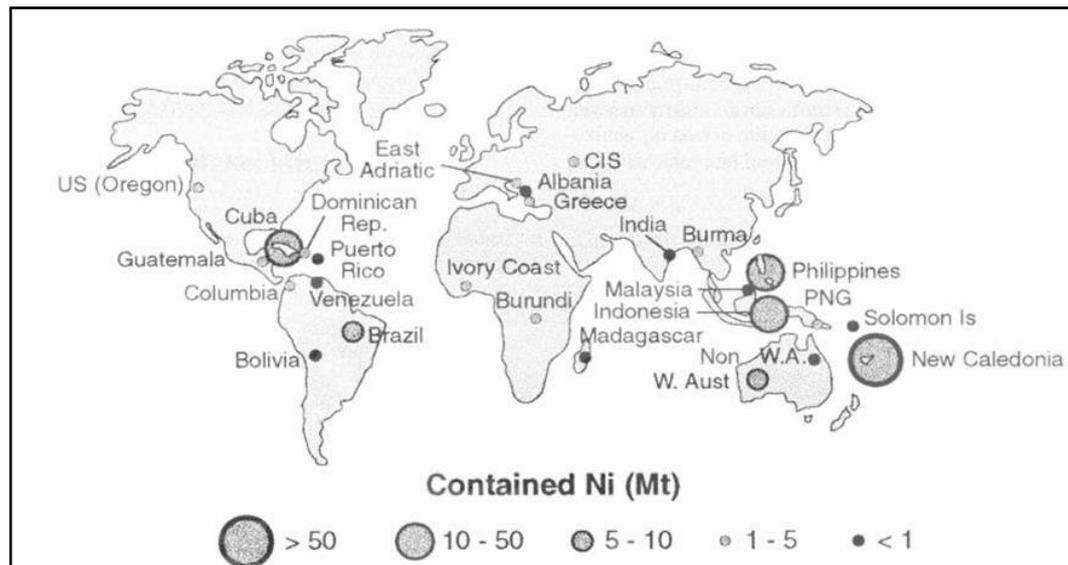
sekitarnya.

4. Tektonik. Pengangkatan muka tanah akibat gaya tektonik akan meningkatkan erosi pada bagian atas profil, meningkatkan relief topografi dan menurunkan muka air tanah. Kestabilan tektonik mendukung pendataran topografi dan memperlambat gerakan air tanah.
5. Tipe batuan induk. Komposisi mineral menentukan tingkat kerentanan batuan terhadap pelapukan dan ketersediaan unsur untuk kombinasi ulang pembentukan mineral baru.
6. Struktur. Patahan dan kekar memungkinkan bagi peningkatan permeabilitas batuan dasar sehingga meningkatkan potensi terjadinya alterasi.

Faktor-faktor tersebut sangat terkait satu sama lain. Saat batuan keluar ke permukaan, maka secara bertahap akan mengalami dekomposisi. Proses kimia dan mekanik yang disebabkan oleh udara, air dan temperatur akan menghancurkan batuan tersebut menjadi tanah dan lempung (Sutisna, et al., 2006).

Secara horizontal penyebaran nikel tergantung kepada arah aliran air tanah dan bentang alam. Air tanah di zona pelindian mengalir dari pegunungan ke arah lereng sambil membawa unsur Ni, Mg, dan Si. Berdasarkan cara terjadinya, endapan nikel dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu endapan bijih Ni-sulfida (primer) dan Ni-laterit (sekunder). Proses pembentukan Ni-laterit merupakan proses dekomposisi sekunder endapan Ni-sulfida yang diawali dari pelapukan batuan ultrabasa seperti harzburgit, dunit, dan piroksenit (Atmadja, et al., 1974).

Endapan nikel Laterit adalah berasal dari pelapukan kimia batuan beku yang kaya akan olivin dan turunan metamorfnya yang memiliki kandungan Ni awal primer pada kisaran 0,2 - 0,4%. Karakteristik Ni laterit, termasuk kadar, tonase dan mineralogi, dikendalikan oleh interaksi faktor iklim dan geologis, seperti sejarah geomorfologi, drainase, struktur, dan litologi, dan merupakan efek gabungan dari faktor-faktor individual ini yang, dalam sistem yang dinamis, memungkinkan Ni untuk berkonsentrasi dalam regolit (Brand, 1998). Sebaran endapan nikel laterit di dunia dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Sebaran endapan nikel laterit dunia (Brand, 1998).

Secara dominan, tetapi tidak eksklusif, terletak di sabuk tropis dan subtropis dunia dan mewakili lebih dari 70% sumberdaya Ni daratan, namun saat ini menyumbang kurang dari 30% dari produksi Ni global tahunan. Operasi laterit nikel umumnya membutuhkan penambangan terbuka dengan tonase tinggi dan kemajuan metalurgi baru-baru ini akan memungkinkan eksploitasi sumber daya ini secara ekonomi.

### 2.2.1 Profil Endapan Nikel Laterit

Profil laterit dapat dibagi menjadi beberapa zona seperti gambar 3 memperlihatkan profil endapan nikel laterit, umumnya profil nikel laterit yang ditunjukkan oleh beberapa endapan nikel laterit didunia secara umum mempunyai persamaan. Menunjukkan profil laterit dari New Caledonia di daerah Pasifik. Profil nikel laterit tersebut didiskripsikan dan diterangkan oleh daya larut mineral dan kondisi aliran air tanah.

Daerah yang mempunyai intensitas pengkekarannya yang intensif kemungkinannya akan mempunyai profil lebih tebal dibandingkan dengan yang pengkekarannya kurang begitu intensif. Perbedaan intensitas inilah yang menyebabkan ketidakteraturan dari distribusi pengayaan unsur-unsur pada profil laterit, karena pembentukan endapan laterit sangat tergantung pada faktor-faktor batuan dasar (*source rock*), laju pelapukan, struktur geologi, iklim, topografi, reagen-reagen kimia dan vegetasi, serta waktu (Nushantara, 2002).

SCHEMATIC LATERITE PROFILE	COMMON NAME	APPROXIMATE ANALYSIS (%)			
		Ni	Co	Fe	MgO
	RED LIMONITE	<0.8	<0.1	>50	<0.5
	YELLOW LIMONITE	0.8 to 1.5	0.1 to 0.2	40 to 50	0.5 to 5
	TRANSITION	1.5 to 4	0.02 to 0.1	25 to 40	5 to 15
	SAPROLITE/ GARNIERITE/ SERPENTINE	1.8 to 3		10 to 25	15 to 35
	FRESH ROCK	0.3	0.01	5	35 to 45

Gambar 3 Profil Laterit (Kumarawarman, 2016).

a. Lapisan Tanah Penutup (Overburden)

Lapisan ini terletak di bagian atas permukaan, lunak dan berwarna coklat kemerahan hingga gelap dengan kadar air antara 25% sampai 35%, kadar nikel maksimal 1,3% dan di permukaan atas dijumpai lapisan *iron capping*. Lapisan ini mempunyai ketebalan berkisar antara 1 – 12 meter, merupakan kumpulan massa goethite dan limonnikel yang rendahite. Iron capping mempunyai kadar besi yang tinggi tapi terkadang terdapat mineral-mineral *hematite*, *chromiferous*.

b. Lapisan Limonit

Lapisan ini terletak di bawah lapisan tanah penutup Fine-grained, merah-coklat atau kuning, agak lunak, berkadar air antara 30% - 40%, kadar nikel 1,5%, Fe 44%, MgO 3%, SiO<sub>2</sub>%, lapisan kaya besi dari limonit soil menyelimuti seluruh area dengan ketebalan rata-rata 3 meter. Lapisan ini tipis pada lereng yang terjal, dan setempat hilang karena erosi. Sebagian dari nikel pada zona ini hadir di dalam

mineral *manganese oxide*, *lithiophorite*. Terkadang terdapat mineral talc, tremolite, *chromiferous*, *Quartz*, *gibbsite*, *maghemite*. Limonit di daerah *west block* (unserpentinized) umumnya mempunyai nikel lebih tinggi di bandingkan dengan Limonit di daerah East block (Serpentinized). Limonit dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. *Red* Limonit yang biasa disebut hematit dan Merupakan zona yang mengandung pengayaan besi residual pada profil laterit yang utamanya disusun oleh oksida besi terhidrasi
2. *Yellow* Limonit yang disebut Zona Transisi terdapat mineral *goethite*, smektit dan Silika Biasanya pada goetit nikel berasosiasi dengan Fe dan mengganti unsur Fe sehingga pada zona limonit terjadi pengayaan unsur Ni.

c. Lapisan Bijih/*Ore* (Saprolit)

Lapisan ini merupakan hasil pelapukan batuan peridotit, berwarna kuning kecoklatan agak kemerahan, terletak di bagian bawah dari lapisan Limonit berkadar menengah, dengan ketebalan rata-rata 7 meter. Campuran dari sisa-sisa batuan, butiran halus limonit, *saprolitic rims*, vein dari endapan garnierit, *nickeliferous quartz*, mangan dan pada beberapa kasus terdapat *silica boxwork*, bentukan dari suatu zona transisi dari Limonit ke *bedrock*. Terkadang terdapat mineral kuarsa yang mengisi rekahan, mineral-mineral primer yang terlapukan, clorite. Garnierit dilapangan biasanya diidentifikasi sebagai *colloidal talc* dengan lebih atau kurang *nickeliferous* serpentin, struktur dan tekstur batuan asal masih terlihat. Lapisan ini terdapat bersama batuan yang keras atau rapuh dan sebagian *saprolite*. Kadar Ni 1,85%, Fe 16%, MgO 25% SiO<sub>2</sub> 35%. Lapisan ini merupakan lapisan yang bernilai ekonomis untuk ditambang sebagai bijih.

d. Lapisan Batuan Dasar (*Bedrock*)

Bagian terbawah dari profil laterit Lapisan ini merupakan batuan peridotit yang tidak atau belum mengalami pelapukan. Blok peridotit (batuan dasar) dan secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis lagi (kadar logam sudah mendekati atau sama dengan batuan dasar). Berwarna kuning pucat sampai abu-abu kehijauan. Zona ini terfrakturisasi kuat, kadang membuka, terisi oleh mineral garnierit dan silika. Frakturisasi ini diperkirakan menjadi penyebab adanya root zone yaitu zona *high grade* Ni, akan tetapi posisinya tersembunyi. Ketebalan dari

masing-masing lapisan tidak merata, tergantung dari morfologi dan relief, umumnya endapan laterit terakumulasi banyak pada bagian bawah bukit dengan relief yang landai. Sedang relief yang terjal endapan semakin menipis, di samping adanya kecenderungan akumulasi mineral yang berkadar tinggi dijumpai pada zona-zona retakan, zona sesar dan rekahan pada batuan.

### 2.2.2 Karakteristik Nikel laterit

Klasifikasi nikel laterit dikelompokkan menjadi beberapa jenis berdasarkan fitur seperti perubahan batuan induk, iklim, drainase, sejarah geomorfologi, dan komposisi mineral penyusunnya (Butt 1975, Golightly 1981, Alcock 1988). Ada tiga tipe utama dari endapan nikel laterit antara lain (Brand, 1998):

1. Deposit hidrosilikat: endapan silikat Ni, didominasi oleh silikat Mg-Ni terhidrasi (*mis. gamierite*), umumnya terjadi jauh di dalam saprolit.
2. Deposit silikat lempung: endapan silikat Ni, didominasi oleh lempung smektit (*mis. nontronit*), umumnya terjadi pada saprolit atas atau pedolit.
3. Deposit oksida: endapan oksida, didominasi oleh Fe *oxyhydroxides* (*mis. goethite*), membentuk lapisan pada batas saprolit pedolit.

Klasifikasi nikel laterit berdasarkan batuan induknya tersusun atas mineral-mineral yang mengandung mineral feromagnesium (olivin, piroksin, dan amfibol) dalam jumlah yang besar yang berasosiasi dengan struktur geologi. Pada umumnya nikel laterit terbentuk dari pelapukan batuan ultrabasa yang merupakan pembawa unsur nikel. Salah satu jenis batuan ultrabasa pembawa unsur nikel antara lain peridotite (Golightly, 2010).

### 2.3 Klasifikasi Sumberdaya Mineral

Sumberdaya mineral adalah endapan mineral yang diharapkan dapat dimanfaatkan secara nyata. Sumber daya mineral dengan keyakinan geologi tertentu dapat berubah menjadi cadangan setelah dilakukan pengkajian kelayakan tambang dan memenuhi kriteria layak tambang seperti pada Gambar 4, Istilah Sumberdaya mineral mencakup mineralisasi, termasuk material buangan dan material sisa, yang telah diidentifikasi dan diestimasi melalui eksplorasi dan pengambilan

sampel, dan darinya cadangan mineral dapat ditentukan dengan pertimbangan dan penerapan faktor Pengubahnya (KCMI, 2017).

Lokasi, kuantitas, kadar, karakteristik geologi dan kemenerusan dari Sumberdaya Mineral harus diketahui, diestimasi atau diinterpretasikan berdasar bukti-bukti dan pengetahuan geologi yang spesifik, termasuk pengambilan contohnya. Sumberdaya Mineral dikelompokkan lagi berdasar tingkat keyakinan geologinya, ke dalam kategori Tereka, Tertunjuk dan Terukur (KCMI, 2017).

1. Sumberdaya mineral tereka

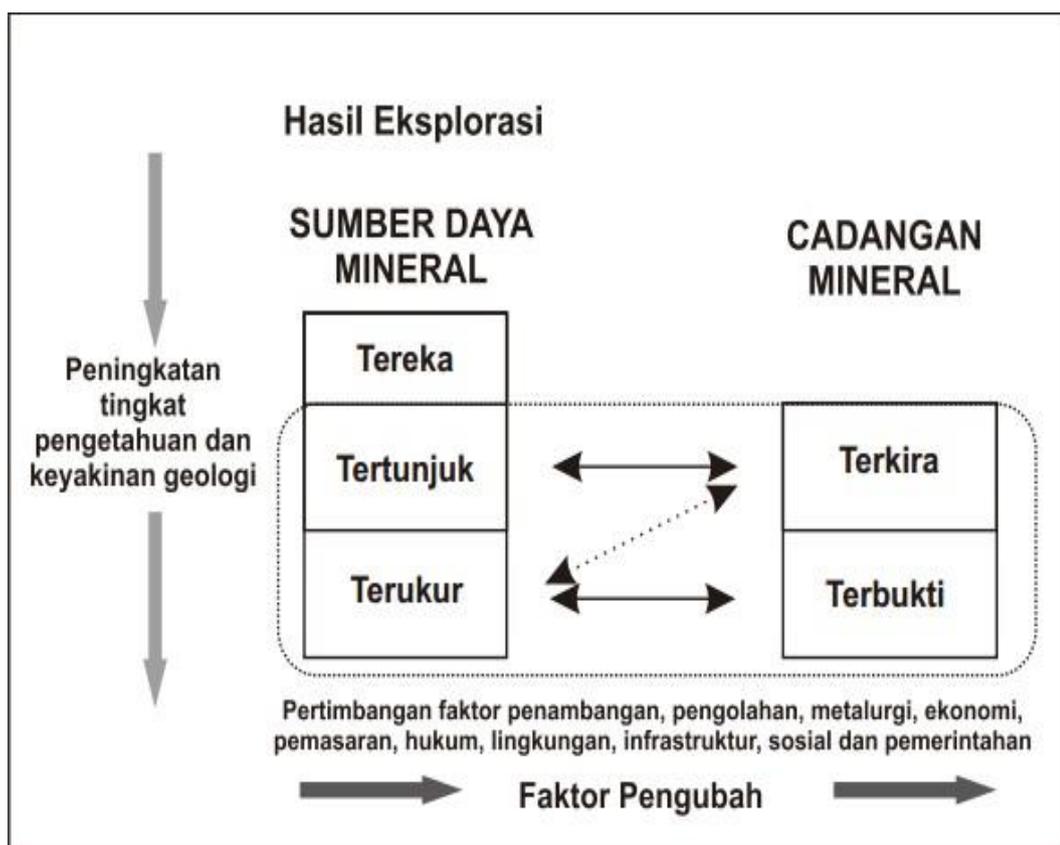
Sumberdaya mineral tereka merupakan bagian dari sumberdaya mineral dimana kuantitas dan kualitas kadarnya diestimasi berdasarkan bukti-bukti geologi dan pengambilan contoh yang terbatas. Bukti geologi tersebut memadai untuk menunjukkan keterjadiannya tetapi tidak memverifikasi kemenerusan kualitas atau kadar dan kemenerusan geologinya. Sumberdaya mineral tereka memiliki tingkat keyakinan lebih rendah dalam penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya mineral tertunjuk dan tidak dapat dikonversi ke cadangan mineral. Sangat beralasan untuk mengharapkan bahwa sebagian besar sumberdaya mineral tereka dapat ditingkatkan menjadi sumberdaya mineral tertunjuk sejalan dengan berlanjutnya eksplorasi.

2. Sumberdaya mineral tertunjuk

Sumberdaya mineral tertunjuk merupakan bagian dari sumberdaya mineral di mana kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan, bentuk, dan karakteristik fisiknya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang cukup untuk memungkinkan penerapan faktor-faktor pengubah secara memadai untuk mendukung perencanaan tambang dan evaluasi kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Bukti geologi didapatkan dari eksplorasi, pengambilan contoh dan pengujian yang cukup detail dan andal, dan memadai untuk mengasumsikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitas di antara titik-titik pengamatan. Sumberdaya mineral tertunjuk memiliki tingkat keyakinan yang lebih rendah penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya mineral terukur dan hanya dapat dikonversi ke cadangan mineral terkira.

### 3. Sumberdaya mineral terukur

Sumberdaya mineral terukur merupakan bagian dari sumberdaya mineral di mana kuantitas, kadar atau kualitas, kerapatan, bentuk, karakteristik fisiknya dapat diestimasi dengan tingkat keyakinan yang memadai untuk memungkinkan penerapan faktor-faktor pengubah untuk mendukung perencanaan tambang detail dan evaluasi akhir dari kelayakan ekonomi cebakan tersebut. Bukti geologi didapatkan dari eksplorasi, pengambilan conto dan pengujian yang detail dan andal, dan memadai untuk memastikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitasnya di antara titik-titik pengamatan. Sumberdaya mineral terukur memiliki tingkat keyakinan yang lebih tinggi penerapannya dibandingkan dengan sumberdaya mineral tertunjuk ataupun sumberdaya mineral tereka. Sumberdaya mineral terukur dapat dikonversi ke cadangan mineral terbukti atau cadangan mineral terkira (KCFI, 2017).



Gambar 4 Hubungan umum antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral (KCFI, 2017).

## 2.4 Metode Estimasi Sumberdaya

Estimasi sumberdaya adalah estimasi potensi dari endapan mineral bijih yang terletak di permukaan bumi untuk mengetahui apakah endapan tersebut layak untuk dilanjutkan ke proses penambangan selanjutnya yaitu perhitungan cadangan. Ada beberapa jenis dari metode estimasi yang dirancang untuk tujuan yang berbeda-beda (*Dominy et al, 2002*).

Estimasi sementara yaitu estimasi dengan data bor yang memiliki spasi bor yang lebar. Estimasi dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan spasi titik bor untuk estimasi yang lebih detail. Tujuan dari estimasi sementara yaitu untuk memperoleh prediksi tonase dan kadar dari *ore* dengan produksi yang besar atau pada periode tertentu. Faktor penting lainnya adalah akan diperoleh informasi tambahan di masa yang akan datang. Sedangkan tujuan dari estimasi akhir adalah untuk melakukan estimasi sesuai dengan nilai yang diharapkan, nilai sebenarnya akan sama dengan nilai estimasi yang diharapkan (*Rafsanjani, et al., 2016*)

Metode untuk estimasi sumberdaya umumnya bergantung pada keadaan geologi endapan, metode eksplorasi, keakuratan data dan nilai koefisien variasi, manfaat serta tujuan estimasi sumberdaya. Secara umum metode estimasi yang digunakan untuk endapan nikel laterit ada beberapa jenis metode. Metode yang digunakan pada umumnya antara lain metode *Polygon*, metode *Inverse Distance Weighting* (IDW), dan metode *kriging*.

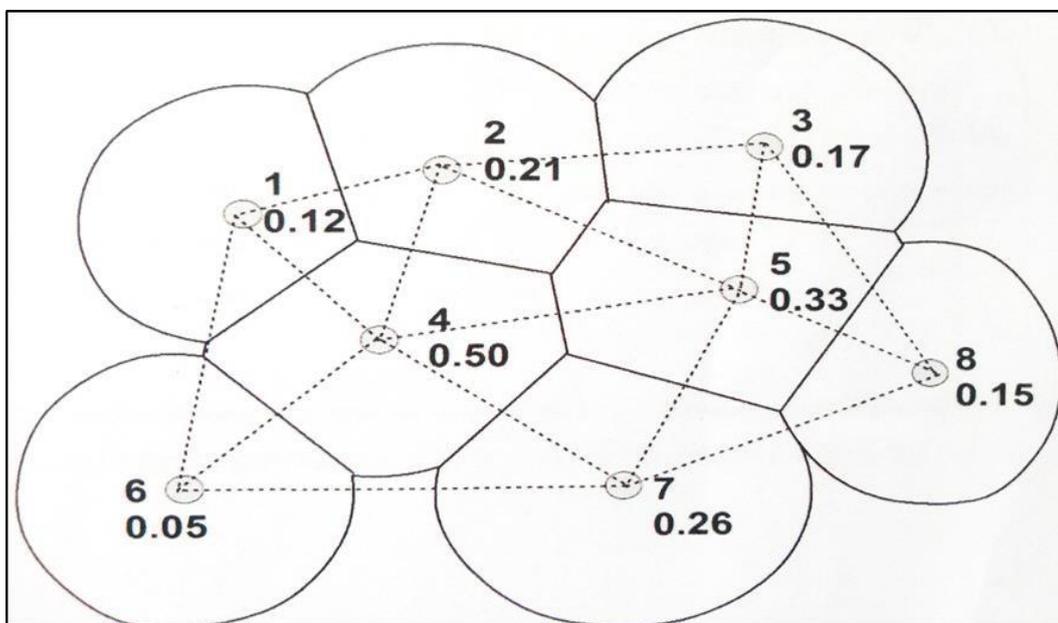
### 2.4.1 Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW)

IDW adalah salah satu teknik interpolasi permukaan (*surface interpolation*) dengan prinsip titik inputnya dapat berupa titik pusat plot yang tersebar secara acak maupun tersebar merata. Metode bobot *inverse distance* atau jarak tertimbang terbalik (IDW) memperkirakan nilai-nilai atribut pada titik-titik yang tidak disampel menggunakan kombinasi linier dari nilai-nilai sampel tersebut dan ditimbang oleh fungsi terbalik dari jarak antar titik (*NCGIA, 2007*).

### 2.4.2 Metode *Polygon*

Metode *Polygon* disebut juga metode daerah pengaruh (*area of influence*). Pada metode ini semua faktor ditentukan untuk suatu titik tertentu pada endapan mineral,

diekstensikan sejauh setengah jarak dari titik di sekitarnya yang membentuk suatu daerah pengaruh. Batas daerah pengaruh terluar dari *Polygon* ini bisa hanya sampai pada titik-titik bor terluar saja (*included area*) dilihat pada gambar 2.5, atau diekstensikan sampai sejauh setengah jarak (*extended area*) (Hartman, 1992).



Gambar 5 Metode estimasi sumberdaya menggunakan *Polygon* (Hartman, 1992).

### 2.4.3 Metode *Kriging*

Interpolasi *kriging* dapat digolongkan dalam interpolasi stokastik. Interpolasi *stochastic* menawarkan penilaian kesalahan dengan nilai prediksi dengan mengasumsikan kesalahan acak. Metode *kriging* merupakan estimasi stochastic mirip dengan IDW yang menggunakan kombinasi linear dari bobot untuk memperkirakan nilai di antara sampel data. Metode ini dikembangkan oleh Krige untuk memperkirakan nilai dari bahan tambang. Asumsi dari model ini adalah jarak dan orientasi antara sampel data menunjukkan korelasi spasial.

Metode *kriging* mempunyai keunggulan dan kelemahan (Largueche, 2006), keunggulannya yaitu kemampuan untuk menguantifikasi variansi dari nilai yang diestimasi sehingga tingkat presisi dari hasil estimasi dapat diketahui. Metode *kriging* tetap dapat digunakan meskipun tidak ditemukan korelasi spasial antar data. Kelemahan *kriging* yaitu mengasumsikan data menyebar normal sementara kebanyakan data lapangan tidak memenuhi kondisi tersebut. Selain itu, semi variogram yang dihitung untuk suatu himpunan data tidak berlaku untuk himpunan

data lainnya. Dengan demikian estimasi semi variogram akan sulit bila titik sampel yang digunakan tidak mencukupi.

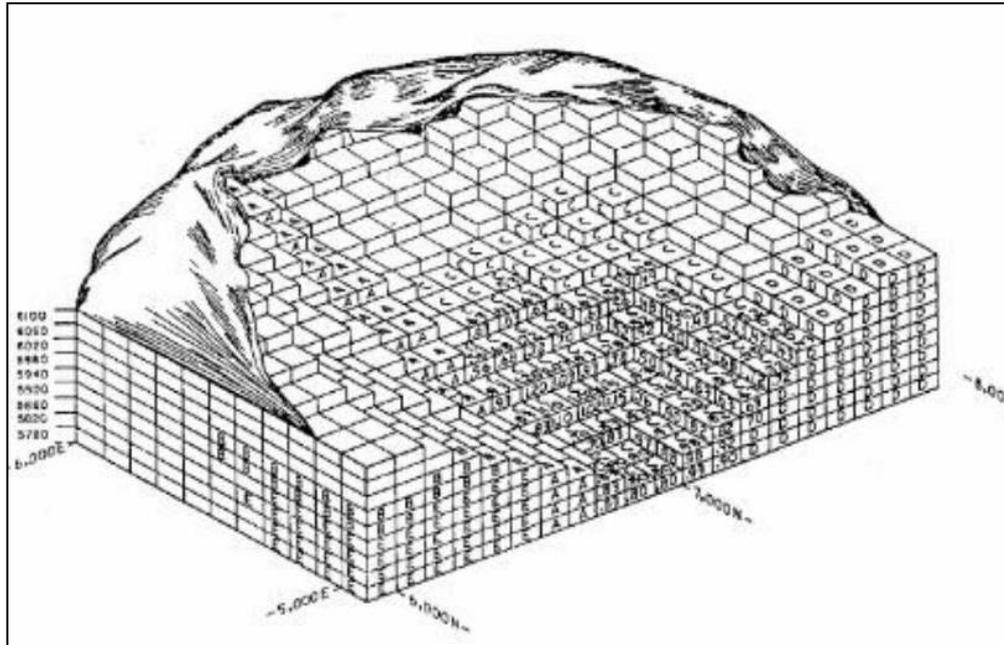
## **2.5 Metode Estimasi *Inverse Distance Weighting***

Metode *Inverse Distance Weight* (IDW) juga dapat didefinisikan sebagai metode penaksiran dengan pendekatan blok model yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat dari pada yang lebih jauh.

Bobot (*weight*) akan berubah secara linier sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel. Metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) juga merupakan metode deterministik yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya (NCGIA, 1997).

Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat dari pada yang lebih jauh (Amril, 2011). Metode ini biasanya digunakan dalam industri pertambangan karena mudah untuk digunakan. Dalam penaksiran data kadar dilakukan teknik-teknik pembobotan yang ada pada umumnya didasarkan pada:

1. Letak grid yang atau blok yang akan ditaksir terhadap letak data sampel.
2. Kecenderungan penyebaran kualitas data.
3. Orientasi setiap sampel yang menunjukkan hubungan letak ruang antar sampel.
4. Untuk mendapatkan efek penghalusan (pemerataan) data, dilakukan faktor pangkat. Pilihan dari pangkat yang digunakan (titik bor 1, titik bor 2, titik bor 3, dst) yang berpengaruh terhadap hasil taksiran. Semakin tinggi pangkat yang digunakan, hasilnya semakin mendekati metode *Polygon* sampel terdekat.



Gambar 6 Hasil penaksiran dengan blok model

Dalam hasil penaksiran dengan blok model pada Gambar 6, komputer memeriksa jarak antara sampel dari kumpulan blok dan menolak data yang berada diluar radius tertentu dan ditentukan dengan persamaan sebagai berikut (Annels, 1991).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k} Z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^k}} \quad (1)$$

dimana,

Z = Kadar taksiran (%)

n = Jumlah data

i = Kadar ke-i (%)

$d_i$  = Spasi Antar Titik Taksiran dengan Titik ke-i yang Ditaksir (m)

k = Pangkat (*script*)

$Z_i$  = Kadar awal (%)

Pangkat “k” biasanya bervariasi antara 1, 2, 3, dan seterusnya. Metode ini hanya berlaku ketika sampel dalam area pencarian tertentu dan dilakukan secara berulang-ulang dan biasanya dilakukan dengan komputerisasi (Annels, 1991). Secara garis besar metode ini adalah sebagai berikut (Latif, 2008) :

- a. Suatu cara penaksiran dimana harga rata-rata titik yang ditaksir merupakan kombinasi linear atau harga rata-rata terbobot (*weighted average*) dari data-

data lubang bor disekitar titik tersebut. Data di dekat titik yang ditaksir memperoleh bobot yang lebih besar, sedangkan data yang jauh dari titik yang ditaksir bobotnya lebih kecil. Bobot ini berbanding terbalik dengan jarak data dari titik yang ditaksir.

- b. Pilihan dari pangkat yang digunakan (ID1, ID2, ID3, ...) berpengaruh terhadap hasil taksiran. Semakin tinggi pangkat yang digunakan, hasilnya akan semakin mendekati hasil yang lebih baik.

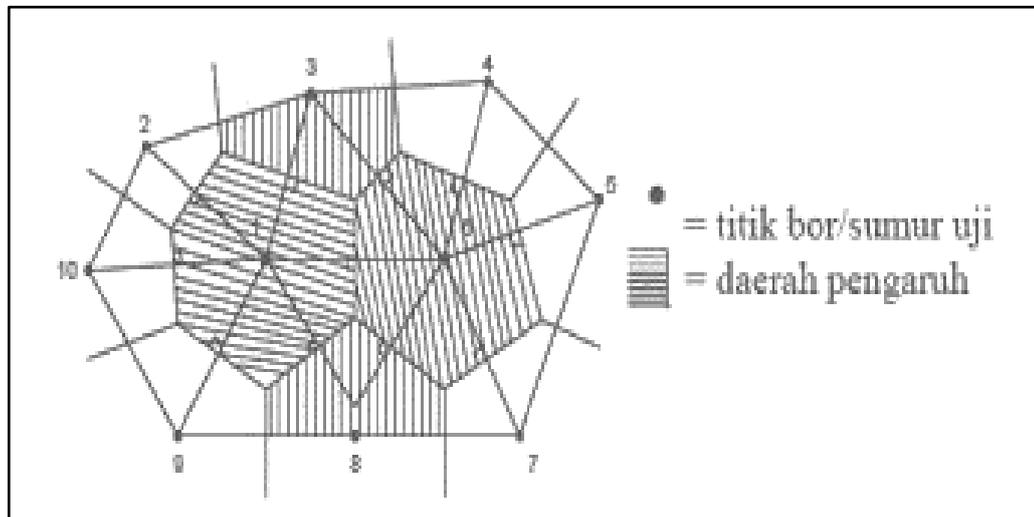
Kelebihan dari metode interpolasi IDW ini adalah karakteristik interpolasi dapat dikontrol dengan membatasi titik-titik masukan yang digunakan dalam proses interpolasi. Titik-titik yang terletak jauh dari titik sampel dan yang diperkirakan memiliki korelasi spasial yang kecil atau bahkan tidak memiliki korelasi spasial dapat dihapus dari perhitungan. Titik-titik yang digunakan dapat ditentukan berdasarkan jarak yang ingin diinterpolasi. Kelemahan dari interpolasi IDW adalah tidak dapat mengestimasi nilai di atas nilai maksimum dan dibawah nilai minimum dari titik-titik sampel (Pramono, 2008).

Sedangkan kekurangan dari metode IDW adalah nilai hasil interpolasi terbatas pada nilai yang ada pada data sampel. Pengaruh dari data sampel terhadap hasil interpolasi disebut sebagai isotropik. Dengan kata lain, karena metode ini menggunakan rata-rata dari data sampel sehingga nilainya tidak bisa lebih kecil dari minimum atau lebih besar dari data sampel. Jadi, puncak bukit atau lembah terdalam tidak dapat ditampilkan dari hasil interpolasi model ini (Watson & Philip, 1985).

## **2.6 Metode Polygon**

Metode *Polygon* merupakan metode perhitungan yang konvensional dibandingkan dengan metode lainnya, karena pada perhitungan cadangan endapannya tidak begitu memperhatikan struktur patial daerah yang akan diobservasi dan tidak begitu memperhatikan data-data dari titik-titik bor disekitarnya. Metode *Polygon* disebut juga metode daerah pengaruh (*area of influence*). Pada metode ini semua faktor ditentukan untuk suatu titik tertentu pada endapan mineral, diekstensikan sejauh setengah jarak dari titik di sekitarnya yang membentuk suatu daerah pengaruh. Batas daerah pengaruh terluar dari *Polygon* ini bisa hanya sampai pada

titik-titik bor terluar saja (*included area*), atau diekstensikan sampai sejauh setengah jarak (*extended area*) (Hartman, 1992). Skema estimasi sumberdaya ada metode *Polygon* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Skema estimasi sumberdaya menggunakan *Polygon* (Hartman, 1992).

Estimasi sumberdaya dengan metode *Polygon* dapat dilakukan dengan:

1. Setiap lubang bor ditentukan suatu batas daerah pengaruh yang dibentuk oleh garis-garis berat antara titik tersebut dengan titik-titik terdekat di sekitarnya.
2. Masing-masing daerah atau blok diperlakukan sebagai suatu *Polygon* yang mempunyai kadar dan ketebalan yang konstan yaitu sama dengan kadar dan ketebalan titik bor di dalam *Polygon* tersebut.
3. Sumberdaya endapan diperoleh dengan menjumlahkan seluruh tonase tiap blok/ *Polygon*, sedangkan kadar rata-ratanya dihitung memakai pembobotan tonase.