

**SKRIPSI**

**ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN BIJIH NIKEL  
LATERIT MENGGUNAKAN METODE *INVERSE*  
*DISTANCE WEIGHTING (IDW)***

(Studi Kasus: PT Pacific Ore Resources, Kecamatan Kabaena Utara,  
Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara)

**Disusun dan diajukan oleh**

**AMANDA PASALI**

**D111181313**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN BIJIH NIKEL  
LATERIT MENGGUNAKAN METODE *INVERSE*  
*DISTANCE WEIGHTING (IDW)***

(Studi Kasus: PT Pasific Ore Resources, Kecamatan Kabaena Utara,  
Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara)

**Disusun dan diajukan oleh**

**AMANDA PASALI**

**D111181313**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 21 Desember 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

  
Dr. Phil.nat. Sri Widodo, ST., MT

NIP. 197101012012121001

Pembimbing Pendamping,

  
A.N. Pemb. II.

Asran Ilyas, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 197303142000121001

Wakil Dekan

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan



Dr. Amil Anmad Ilham, S.T., M.IT.

NIP. 197310101998021001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amanda Pasali  
NIM : D111181313  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Estimasi Sumberdaya Terukur Endapan Bijihh Nikel Laterit Menggunakan  
Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW)

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain, bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar 20 Desember 2022

Yang Menyatakan



Amanda Pasali

## ABSTRAK

PT Pacific Ore Resources merupakan perusahaan tambang nikel laterit yang terletak di Desa Larolanu dan Tedubara, Kecamatan Kabaena Utara, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara. Saat ini pembagian area kerja perusahaan dibagi dua blok, yaitu blok selatan yang merupakan fokus proses produksi penambangan dan blok utara yang masih dalam tahap eksplorasi dan perencanaan produksi yang akan dilakukan tahun 2022. Tahapan eksplorasi yang dilakukan sudah pada tahap eksplorasi detail untuk dapat mengetahui berapa jumlah sumberdaya dan cadangan sehingga dapat dilakukan proses penambangan bijih nikel. Penelitian ini fokus pada masalah bagaimana tahapan dalam mengestimasi sumberdaya terukur serta berapa volume dan tonase nikel laterit pada hasil estimasi sumberdaya terukur. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melakukan estimasi sumberdaya terukur nikel laterit berdasarkan blok model blok utara. Estimasi sumber daya terukur nikel laterit menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* dengan perangkat lunak *GEOVIA Surpac* versi 6.6.2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *assay*, *collar*, litologi, *survey* dan topografi. Hasil yang diperoleh dari estimasi sumberdaya terukur nikel laterit pada blok model dengan spasi bor 25 meter dan COG 1.5% Ni adalah jumlah material bijih sebesar 207.633 ton dan jumlah material *waste* sebesar 729.728 bcm.

Kata Kunci: Estimasi, sumberdaya, *Inverse Distance Weighting*, Nikel Laterit

## **ABSTRACT**

*PT Pacific Ore Resources is a laterite nickel mining company located in Larolanu and Tedubara Villages, North Kabaena District, Bombana Regency, Southeast Sulawesi Province. Currently, the division of the company's work area is divided into two blocks, namely the southern block which is the focus of the mining production process and the northern block which is still in the exploration and production planning stage which will be carried out next year. The exploration stage carried out is already at the detailed exploration stage to be able to find out how much resources and reserves so that the nickel ore mining process can be carried out. This study focuses on the problem of how to estimate measurable resources and what is the volume and tonnage of laterite nickel in the results of measurable resource estimates. This study aims to estimate the measured resource of nickel laterite based on the north block model block. Laterite nickel measured resource estimation using the Inverse Distance Weighting method with GEOVIA Surpac software version 6.6.2. The data used in this study are assay, collar, lithology, survey and topographic data. The results obtained from the estimated measured resource of laterite nickel in the model block with a drill space of 25 meters and COG of 1.5% Ni are the amount of ore material of 207,633 tons and the amount of waste material of 729.728 bcm.*

*Keywords: Estimation, resources, Inverse Distance Weighting, nickel laterite*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran 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 "Estimasi Sumberdaya Terukur Endapan Bijihh Nikel Laterit Menggunakan Metode *Inverse Distance Weighting (IDW)*" (Studi Kasus: PT Pacific Ore Resource, Kecamatan Kabaena Utara, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara) akhirnya dapat diselesaikan dengan baik melalui dinamika yang mendalam dilalui dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penyusun skripsi tidak akan berlangsung tanpa ada bantuan dari orang-orang hebat yang telah memfasilitasi penulis untuk menyusun skripsi ini mulai dari tahapan pengolahan data di perusahaan sampai selesai. Olehnya itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak PT Pacific Ore Resource, khususnya kepada Bapak Muhammad Ihsan ST selaku kepala tambang yang senantiasa memberikan ilmu dan arahan, Bapak Enos Paembonan ST selaku geologis dan pembimbing selama berada di lokasi penelitian yang telah memfasilitasi penulis sehingga dapat melakukan kegiatan di divisi eksplorasi, dan semua karyawan PT Pacific Ore Resource yang juga memberikan fasilitas kepada penulis pada saat tugas akhir di PT Pacific Ore Resource.

Terima kasih pula penulis sampaikan kepada Bapak Asran Ilyas, ST., MT. selaku ketua departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh dosen dan Staf, khusus kepada Kepala Laboratorium Eksplorasi Mineral Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, MT. terima kasih pula penulis sampaikan kepada Bapak Dr. Phil. nat. Sri Widodo, ST.,MT. selaku Pembimbing utama dan Bapak Asran Ilyas, ST., MT.

selaku pembimbing pendamping yang senantiasa meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta memberikan ilmu yang bermanfaat dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih penulis ucapkan terkhusus untuk teman-teman di Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin Angkatan 2018 (Tunnel 2018) yang telah menemani dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir, penulis mengucapkan terima kasih atas segala hal yang telah dilalui bersama dan tetap semangat dalam jalannya masing-masing semoga kekeluargaan yang telah dibangun selama ini tetap dapat dirasakan sampai akhir hayat. Terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua penulis (Bapak Rusman Sampean dan Ibu Yuliana Pasali) atas semua yang telah diberikan kepada penulis dengan berbagai dukungan dan semangat yang telah diberikan kepada penulis selama ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis memohon saran dan kritik serta menyampaikan permohonan maaf atas semua kekurangan yang dijumpai dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Makassar 20 Desember 2022

Amanda Pasali

# DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Lokasi Penelitian .....	3
1.6 Tahapan Penelitian.....	4
<b>BAB II ESTIMASI SUMBER DAYA DAN METODE IDW</b> .....	7
2.1 Geologi Regional.....	7
2.2 Geologi Lokal.....	9
2.3 Struktur Geologi.....	11
2.4 Sumberdaya Mineral.....	11
2.5 Estimasi Sumberdaya .....	16
2.6 Endapan Nikel Laterit .....	18
2.7 Faktor-Faktor Pembentuk Nikel Laterit .....	22
2.8 Analisis Statistik.....	25



2.9	Metode <i>Inverse Distance Weighting</i> (IDW).....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>28</b>
3.1	Pengumpulan Data.....	28
3.2	Pengolahan dan Analisis Data .....	29
3.3	Bagan Alir Penelitian .....	46
<b>BAB IV SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN BIJIHH NIKEL LATERIT .....</b>		<b>47</b>
4.1	Analisis Statistik.....	47
4.2	Estimasi Sumberdaya dengan metode IDW .....	52
4.3	Perhitungan Volume dan Tonase Sumberdaya Terukur.....	54
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>56</b>
5.1	Kesimpulan .....	56
5.2	Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta lokasi PT Pacific Ore Resources.....	4
2.1 Ketampakan Morfologi IUP PT Pacific Ore Resources.....	10
2.2 Profil endapan nikel laterit (Elias, 2002) .....	18
3.1 Tahap awal pembuatan database .....	29
3.2 Pemberian nama pada database.....	30
3.3 Penyesuaian data-data pada database .....	30
3.4 Tampilan database yang telah dibuat.....	31
3.5 Penyesuaian urutan kolom Microsoft Excel dengan database .....	31
3.6 Penginputan file <i>Microsoft Excel</i> .....	32
3.7 Laporan hasil pembuatan <i>database</i> .....	32
3.8 Pengaturan awal tampilan titik bor. ....	33
3.9 Pemberian warna pada lapisan nikel laterit.....	33
3.10 Menampilkan titik bor. ....	34
3.11 Pengaturan titik bor.....	34
3.12 Tampilan titik bor yang telah dibuat.....	35
3.13 Perintah awal pemodelan geologi .....	35
3.14 Pengaturan zone thickness and depth. ....	36
3.15 Pengaturan define the geology zones.....	36
3.16 DTM dan string dari lapisan limonit.....	37
3.17 DTM dari lapisan limonit (emas) dan saprolit (biru). ....	37
3.18 Histogram Ni.....	38
3.19 Tampilan jendela string math .....	39
3.20 Fungsi awal model blok .....	40

3.21 Pengaturan draw block model. ....	40
3.22 Tampilan model blok awal.....	41
3.23 Pengaturan pada enter constraints .....	41
3.24 Pengaturan add attributes.....	42
3.25 Pengaturan composite down hole. ....	42
3.26 Pengaturan search parameters.....	43
3.27 Pengaturan enter constraints COG.....	43
3.28 Constraint cut-off grade, .....	44
3.29 Pengaturan block colours .....	44
3.30 Pengaturan assign value .....	45
3.31 Pengaturan report model blok .....	45
3.32 Bagan alir penelitian.....	46
4.1 Kurva histogram kadar nikel lapisan limonit.....	48
4.2 Kurva histogram kadar nikel lapisan limonit.....	48
4.3 Kurva histogram kadar nikel lapisan <i>saprolite</i> . ....	50
4.4 Kurva histogram kadar besi lapisan <i>saprolite</i> . ....	50
4.5 Grafik Scater Regresi Linear Ni Dan Fe pada lapisan Limonit.....	51
4.6 Grafik Scater Regresi Linear Ni Dan Fe pada lapisan Saprolit.....	52
4.7 Model blok endapan nikel laterit diatas COG metode IDW.....	54
4.8 Model blok 2D endapan nikel laterit diatas COG metode IDW.....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Hasil analisis statistik univariate data kadar pada lapisan limonit. ....	49
4.2 Hasil analisis statistik univariate data kadar pada lapisan <i>saprolite</i> .....	50
4.3 Hasil estimasi sumberdaya nikel laterit metode IDW berdasarkan lapisan.....	55
4.4 Hasil estimasi sumberdaya nikel laterit metode IDW pada zona saprolit. ....	54
4.5 Hasil estmasi sumberdaya nikel laterit metode IDW berdasarkan .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A Peta Tunjuk Lokasi Penelitian.....	61
B Peta Titik Bor.....	63
C Data titik bor (Data <i>assay</i> ).....	65
D Data titik bor (Data <i>Collar</i> ).....	87
E Data titik bor (Data survey).....	90

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Nikel merupakan salah satu komoditas tambang utama dari negara Indonesia. Pada dasarnya sumber bahan galian nikel di alam dapat dijumpai dalam dua bentuk yaitu nikel primer yang berasal dari pembekuan magma yang bersifat ultra basis dan nikel sekunder yang dihasilkan oleh proses pengkayaan sekunder di bawah zona *water table*. Sumber nikel di Indonesia hanya dijumpai dalam bentuk nikel sekunder atau yang disebut juga sebagai nikel laterit. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Istilah *laterite* bisa diartikan sebagai endapan yang kaya oksida besi, meski unsur silika dan secara intensif ditemukan pada endapan lapukan iklim tropis (Isjudarto, 2013).

Salah satu pertambangan bijihh nikel laterit adalah PT Pacific Ore Resource yang terletak di Desa Larolanu Kecamatan Kabaena Utara Kabupaten Kabaena Provinsi Sulawesi Tenggara. PT Pacific Ore Resource pada blok utara sedang dalam tahap kegiatan eksplorasi. Kegiatan eksplorasi merupakan lanjutan dari kegiatan prospeksi, dimana pada kegiatan ini telah diketahui kuantitas dan kualitas endapan nikel laterit sehingga pada tahap selanjutnya dapat dibuat suatu model endapan nikel laterit pada daerah tersebut.

Pemodelan endapan nikel laterit terdiri dari beberapa metode interpolasi. Metode-metode tersebut telah dikembangkan dalam perangkat lunak (*software*), diantaranya adalah metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) dan metode geostatistik kriging. Dalam dunia pertambangan dan eksplorasi metode interpolasi digunakan dalam penaksiran kadar suatu mineral berharga atau elemen-elemen lain pada lokasi-lokasi yang tidak tersampel atau tidak mempunyai data (Purnomo, 2018).

Kegiatan estimasi diperlukan dalam penambangan nikel laterit untuk dapat menghitung sumberdaya sebelum proses penambangan berlangsung. Dalam penentuan estimasi sumberdaya nikel dibutuhkan prosedur atau teknik yang tepat dengan beberapa metode. Pada penelitian ini menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW). Pada kegiatan eksplorasi laterit nikel terutama pada tahapan prospeksi dan eksplorasi pendahuluan metode interpolasi IDW sering digunakan karena dalam proses perhitungannya metode ini lebih sederhana dan lebih mudah dipahami, tidak seperti metode geostatistik kriging yang memerlukan tahapan pemodelan variogram sebelum proses perhitungan kriging itu sendiri. Selain itu metode kriging memerlukan data yang lebih banyak dibandingkan untuk metode IDW. Menurut Voltz dan Webster (1990) untuk mendapatkan model variogram yang stabil memerlukan 100-150 data, sedangkan metode IDW memerlukan minimal 14 data yang cukup mewakili (Yasrebi dkk, 2009).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dilakukan penelitian mengenai kegiatan eksplorasi yang bertujuan untuk mengetahui jumlah sumberdaya terukur endapan bijih nikel laterit menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW). Estimasi sumberdaya dilakukan berdasarkan data-data pemboran eksplorasi lokasi Blok Utara pada PT Pacific Ore Resources dan mengetahui jarak estimasi lubang bor untuk masing-masing sumberdaya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana tahapan dalam menganalisis data dengan mempertimbangkan analisis statistik dalam mengestimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit dengan metode *Inverse Distance Weighting*?

2. Berapa volume dan tonase hasil estimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit dengan metode *Inverse Distance Weighting*?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui tahapan dalam menganalisis data dengan mempertimbangkan analisis statistik dalam mengestimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit dengan metode *Inverse Distance Weighting*.
2. Menghitung hasil estimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit dengan metode *Inverse Distance Weighting*.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

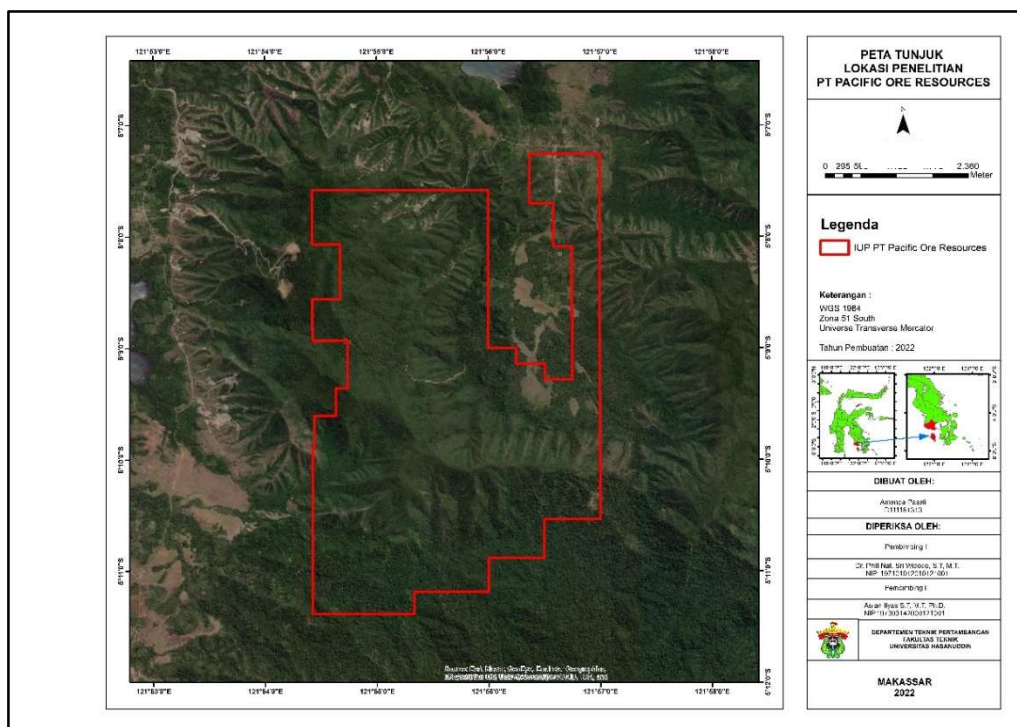
Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai bahan pertimbangan kepada perusahaan dalam memilih metode yang digunakan dalam mengestimasi sumberdaya terukur pada PT Pacific Ore Resources dan menjadi bahan referensi dalam menambah wawasan mengenai metode estimasi sumberdaya terukur endapan nikel laterit dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weighting*.

### **1.5 Lokasi Penelitian**

Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan salah satu daerah yang mempunyai prospek tambang nikel terbesar. PT Pacific Ore Resources adalah salah satu perusahaan tambang di Indonesia yang akan melakukan kegiatan penambangan bijih nikel di daerah Desa Larolanu dan Tedubara Kecamatan Kabaena Utara Kabupaten Bombana provinsi Sulawesi Tenggara. PT Pacific Ore Resources merupakan pamegang Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi untuk komoditas bijihh nikel berdasarkan Surat Keputusan Bupati Bombana Nomor 342 tahun 2011 tanggal 9 Agustus 2011 tentang



Persetujuan Peningkatan Izin Usaha Pertambangan Eksplorasi Menjadi Izin Usaha Pertambangan Operasi Produksi kepada PT Pacific Ore Resources, yang kemudian diubah berdasarkan Surat Keputusan Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Provinsi Sulawesi Tenggara Nomor 924/DPT-TPSP/X/2017 tanggal 23 Oktober 2017 tentang Persetujuan Perubahan Izin Usaha Pertambangan (IUP) Operasi Produksi Kepada PT Pacific Ore Resources Kode Wilayah: 24 7406 2 12 2017 104 dengan luas WIUP 2.672 hektar. Gambar 1.1 merupakan peta tunjuk lokasi penelitian di PT Pacific Ore Resources.



Gambar 1.1 Peta lokasi PT Pacific Ore Resources

## 1.6 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Tahap Persiapan

Tahapan persiapan meliputi tahap studi literatur. Studi literatur meliputi tahapan pencarian referensi yang berkaitan dengan penelitian. Literatur yang di peroleh dari sebagai bahan Pustaka dapat di peroleh dari beberapa sumber antara lain:

- a. Jurnal internasional
- b. Prosiding
- c. Perpustakaan
- d. Tahapan Evaluasi Database Titik bor

Tujuan pengambilan data adalah sebagai langkah awal dalam analisis data. Evaluasi data dilakukan dengan mengoreksi data-data yang sudah dikumpulkan oleh perusahaan agar relevan dengan proses penelitian (penginputan *database*) yang dilakukan. Jenis-jenis data yang di ambil dalam tahapan pengolahan data antara lain:

- a. Topografi

Data topografi digunakan untuk memberikan informasi kondisi topografi di daerah penelitian. Data topografi yang digunakan diperoleh dari data koordinat.

- b. *Data Assay*

Data *assay* memuat data kadar dari setiap titik bor kemudian dianalisis untuk mengetahui jenis lapisan di setiap kedalaman titik bor tersebut. Analisis kadar dan jenis lapisan pada setiap titik bor dilakukan setiap kedalaman 1 meter.

- c. *Data Collar*

Data *collar* yang berisi data posisi atau kordinat lubang bor berupa *northing easting* dan elevasi.

- d. *Data Survey*

Data *survey* yang berisi informasi mengenai kedalaman lubang bor, kemiringan dan *azimuth*.

e. Data Geologi

Data geologi yang berisi litologi dan ketebalan litologi pada tiap-tiap lubang bor daerah penelitian atau prospek kada yang ideal.

2. Tahapan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dilakukan terhadap data titik bor (data *assay*, *collar*, litologi dan *survey*). Pengolahan data ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *survac* 6.6.2.

3. Tahap Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan 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.

4. Tahap Pembuatan Tugas Akhir

Hasil dari penelitian berupa hubungan antara pengolahan data yang telah dilakukan serta permasalahan yang teliti kemudian dituliskan dalam bentuk tugas akhir atau skripsi.

## **BAB II**

### **ESTIMASI SUMBER DAYA DAN METODE IDW**

#### **2.1 Geologi Regional**

Geologi Regional lokasi IUP merupakan bagian dari fisiografi Geologi Regional Lembar Kolaka dalam skala 1:250.000. Geologi regional Sulawesi terletak pada pertemuan 3 Lempeng besar yaitu Eurasia dan Eurasia, Pasifik dan Indo Australia serta sejumlah lempeng lebih kecil (Lempeng Filipina) yang menyebabkan kondisi tektoniknya sangat kompleks. Kumpulan batuan dari busur kepulauan, kepulauan batuan bancuh, bancuh ofiolit, dan bongkah dari mikrokontinen terbawa bersama proses penunjaman, tumbukan, serta proses tektonik lainnya (Van Leeuwen, 1994).

Lokasi IUP termasuk bagian Selatan Tenggara Sulawesi yang sebagian besarnya terdiri dari kompleks batuan basa dan ultrabasa yang mengalami deformasi yang kuat sehingga sebagian besar ditempati oleh jalur batuan ophiolit. Morfologi lembar Kolaka dapat dibedakan menjadi empat satuan yaitu pegunungan, perbukitan, kras dan dataran rendah (Rusmana, dkk, 1993). Van Bemmelen (1945) membagi lengan Tenggara Sulawesi menjadi tiga bagian: ujung utara, bagian tengah, dan ujung selatan. Lembar Kolaka menempati bagian tengah dan ujung selatan dari lengan tenggara Sulawesi. Ada lima satuan morfologi pada bagian tengah dan ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi, yaitu morfologi pegunungan, morfologi perbukitan tinggi, morfologi perbukitan rendah, morfologi pedataran dan morfologi karst.

##### **2.1.1 Morfologi Pegunungan**

Satuan morfologi pengunungan menempati bagian terluas di kawasan ini, terdiri atas pengunungan mekongga, pengunungan tangkeleboke, pengunungan mendoke, dan pengunungan rumbia yang terpusah ujung selatan lengan tenggara. Puncak

tertinggi pada rangkaian pengunungan mekongga adalah gunung mekongga yang mempunyai ketinggian 2790 mdpl. Pengunungan tangkelamboke mempunyai puncak gunung tangkelamboke dengan ketinggian 15000 mdpl. Satuan morfologi ini mempunyai topografi yang kasar dengan kemiringan lereng tinggi. Rangkaian pengunungan dalam satuan ini mempunyai pola yang hampir sejajar ber arah barat laut- tenggara. arah ini sejajar dengan pola struktur sesar regional di kawasan ini. Pola ini mengindikasikan bahwa pembentukan morfologi pengunungan itu erat hubungan dengan sesar regional (PT Pacific Ore Resources, 2021).

#### 2.1.2 Morfologi Pembuktian Tinggi

Morfologi pembuktian tinggi menempati bagian selatan lengan tenggara, terutama selatan Kendari. Satuan ini terdiri atas bukit- bukit yang mencapai ketinggian 500 mdpl dengan morfologi kasar. Batuan penyusun morfologi ini berupa batuan sedimen klastika mesozoikum dan tersier (PT Pacific Ore Resources, 2021).

#### 2.1.3 Morfologi Pembuktian Rendah

Morfologi pembuktian rendah melempar luas di utara Kendari dan ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Satuan ini terdiri atas bukit kecil dan rendah dengan morfologi yang bergelombang. batuan penyusun satuan ini terutama batuan sedimen klastika mesozoikum dan tersier (PT Pacific Ore Resources, 2021).

#### 2.1.4 Morfologi Pendataran

Morfologi dataran rendah di jumpai di bagian tengah ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Tepi selatan Dataran Wawotobi dan Dataran Sampara berbatasan langsung dengan morfologi pengunungan. Penyebaran morfologi ini tampak sangat dipengaruhi oleh sesar mengiri (sesar kolaka dan system sesar konamweha). Kedua sistem ini diduga masih aktif, yang di ajukan oleh adanya torehan pada endapan aluvial dalam kedua dataran tersebut (Surono dkk, 2013). Sehingga sangat mungkin kedua dataran ini terus mengalami penurunan. Akibat dari penurunan ini tentu berdampak

buruk pada dataran tersebut, di antaranya pemukiman dan pertanian ini kedua dataran ini akan mengalami banjir yang semakin parah setiap tahapnya (PT Pacific Ore Resources, 2021).

Dataran langkowala yang melampar luas di ujung selatan Lengan Tenggara, merupakan dataran rendah. Batuan penyusunnya terdiri atas batu pasirkuarsa dan konglomerat kuarsa formasi langkowala. Dalam dataran ini mengalir sungai – sungai yang pada musim hujan berair melimpah sedang pada musim kemarau kering. Hal ini mungkin di sebabkan batupasir dan konglomerat sebagai dasar sungai masih lepas, sehingga air dengan mudah merembes masuk ke dalam tanah. Sungai tersebut di antaranya sungai langkowala dan sungai Tinanggea. Batas selatan antara Dataran Langkowala dan sungai Tinanggea. Batas selatan antara Dataran Langkowala dan pengunungan Rumbia merupakan tebing terjal yang di bentuk oleh sesar berarah hampir barat-timur (PT Pacific Ore Resources, 2021).

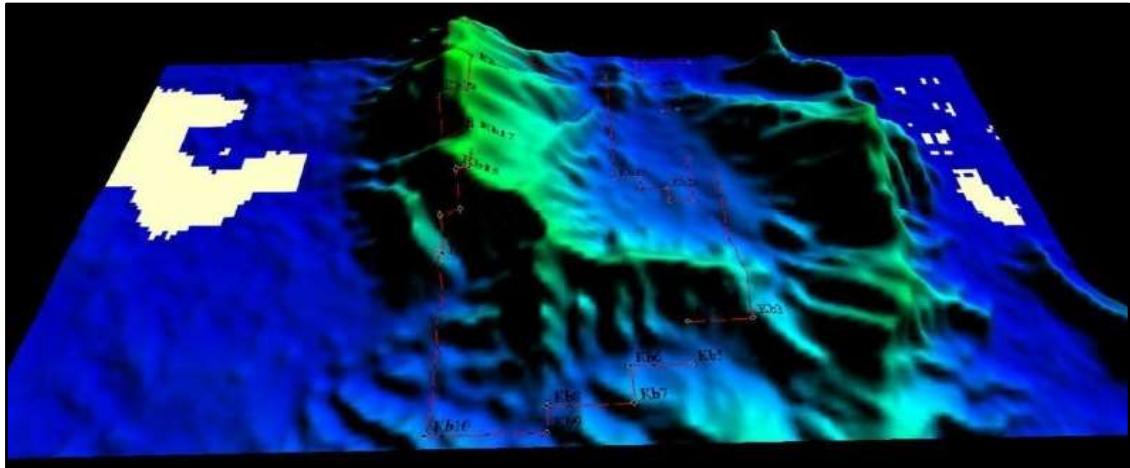
#### 2.1.5 Morfologi Karst

Morfologi karst melempar beberapa tempat secara terpisah. Satuan ini dicirikan perbukitan kecil dengan sungai di bawah permukaan tanah. Sebagian besar batuan penyusun satuan morfologi ini didominasi oleh batu gamping berumur paleogen dan selebihnya batugamping mesozoikum. Batugamping ini merupakan bagian formasi Eemoiko, formasi laonti formasi buara dan bagian atas dari farmasi meluhu. Sebagian dari batugamping penyusun satuan morfologi ini sudah berubah menjadi marmer. Perubahan ini erat hubungannya dengan pensesar naikkan ofiolit ke atas kepingan kedua (PT Pacific Ore Resources, 2021).

## 2.2 Geologi Lokal

Berdasarkan hasil pemetaan topografi yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi Van Zuidam, 1979, diketahui bahwa lokasi IUP Operasi Produksi

PT. Pacific Ore Resources memiliki 2 (dua) satuan relief, yaitu Relief bukitbergelombang lemah-sedang/topografi miring (lereng) dengan kemiringan lereng 8-13% dan beda tinggi 25-75 m, serta Relief berbukit bergelombang sedang- perbukitan topografi cukup curam dengan kemiringan lereng 14-20% dan beda tinggi 50-650 m). Ketampakan morfologi IUP PT Pacific Ore Resources dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ketampakan Morfologi IUP PT Pacific Ore Resources

Lokasi Izin Usaha Pertambangan PT Pacific Ore Resources didominasi oleh Satuan Bentangalam Perbukitan Bergelombang dengan menempati sekitar 75% dari keseluruhan wilayah IUP Satuan bentangalam ini menempati lokasi pada bagian Barat memanjang sampai pada bagian selatan wilayah IUP, dengan ketinggian maksimal 600 mdpl. Sedangkan slope (kemiringan) pada satuan bentangalam ini berkisar  $45^{\circ} - 60^{\circ}$ . Sedangkan bentuk puncak dari satuan bentangalam ini berbentuk runcing dan profil lembahnya berbentuk "v". Tingkat pelapukan fisika serta kimia pada satuan ini sangat rendah, hal inilah yang menyebabkan kurang berkembangnya proses laterite selain disebabkan oleh kondisi yang sangat curam dan bentuk morfologi yang tidak undulating. Vegetasi yang terdapat pada lokasi ini merupakan pepohonan dan semak belukar dengan intensitas sedang-lebat. Daerah perbukitan bergelombang ini didominasi oleh batuan beku ultrabasa dan banyaknya *rock expose* pada daerah tersebut. Pada daerah bentangalam ini terdapat sungai dan alur-alur sungai kecil yang bersifat periodik.

### **2.3 Struktur Geologi**

Struktur geologi yang terbentuk di lokasi IUP Operasi Produksi PT Pacific Ore Resources terdiri dari patahan dan kekar. Patahan yang terbentuk merupakan patahan orde ketiga dan keempat dari patahan regional Sesar Geser Lasolo. Patahan ini berupa sesar geser dengan tegasan utama berarah timur barat dan didominasi oleh patahan geser dextral. Jenis kekar yang terbentuk umumnya non sistematis, tertutup, walaupun sedikit dijumpai joint dengan isian mineralisasi silica, magnesit serpentin dan garnierit.

Meskipun secara umum berupa kekar nonsistematis namun masih memperlihatkan arah umum joint dengan arah barat laut-tenggara. Struktur geologi yang berkembang pada daerah penyelidikan dipengaruhi oleh besarnya gaya dan intensitas yang besar dalam pembentukan struktur geologi regional dalam pembentukan mandala Sulawesi, maka memberikan pengaruh pada massa batuan pada daerah penyelidikan yaitu pembentukan struktur lokal berupa struktur sesar (*shear*) dan kekar (*joint*).

### **2.4 Sumberdaya Mineral**

Sumberdaya mineral adalah suatu konsentrasi atau keterjadian dari material yang memiliki nilai ekonomi pada atau di atas kerak bumi, dengan bentuk, kualitas, dan kuantitas tertentu yang memiliki keprospeksian yang beralasan untuk pada akhirnya dapat ekonomis. Lokasi, diekstraksi kuantitas, secara kadar, karakteristik geologi dan kemenerusan dari sumberdaya mineral haruslah dapat diketahui, diestimasi atau diinterpretasikan berdasarkan bukti-bukti dan pengetahuan geologi yang spesifik. Sumberdaya mineral dikelompokkan lagi berdasarkan tingkat keyakinan geologinya edalam kategori Tereka, Terunjuk dan Terukur (KCMII, 2011).

Bagian dari cebakan yang tidak memiliki prospek yang beralasan pada akhirnya dapat diekstraksi secara ekonomis tidak boleh disebut sebagai sumberdaya mineral.



Istilah sumberdaya mineral mencakup mineralisasi, termasuk material sisa dan material buangan, yang telah diestimasi dan diidentifikasi melalui eksplorasi dan pengambilan conto, dan darinya cadangan bijihh dapat ditentukan dengan pertimbangan dan penerapan faktor pengubah (KCMI, 2011).

#### 2.4.1 Klasifikasi Sumber Daya Mineral dan Cadangan

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. 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 conto 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

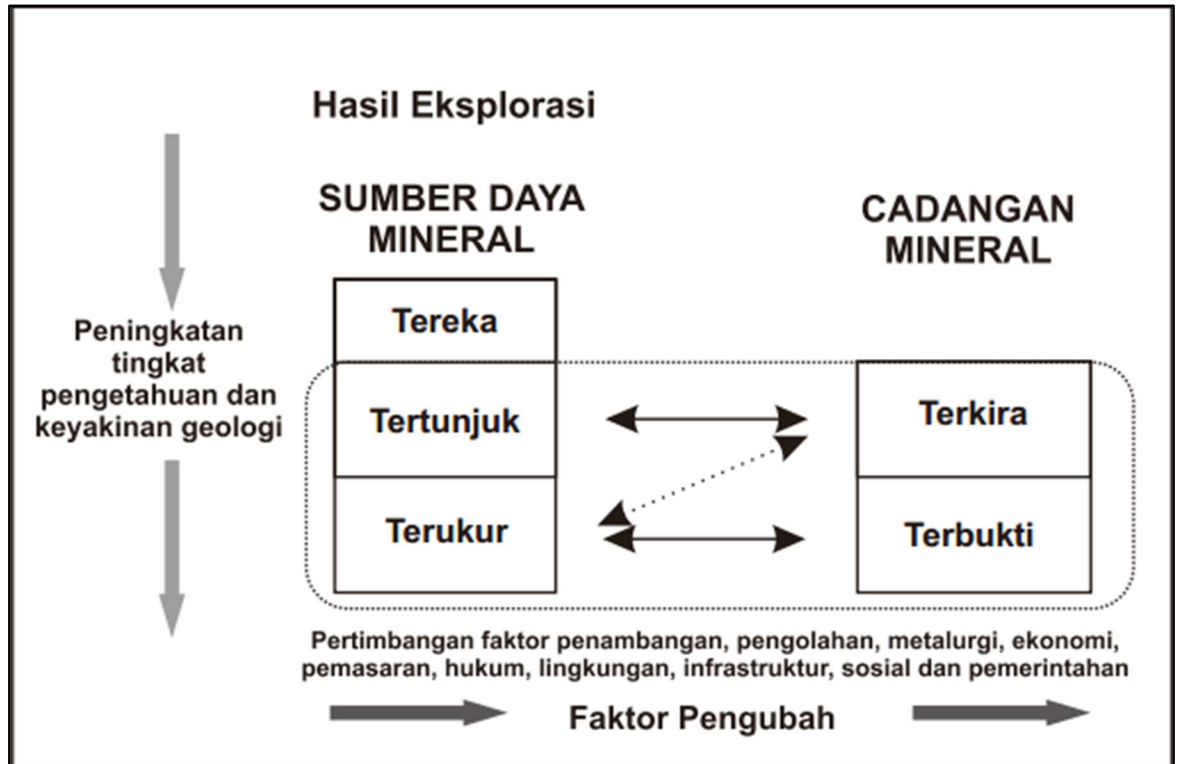
bahwa sebagian besar sumberdaya mineral teroka dapat ditingkatkan menjadi sumberdaya mineral tertunjuk sejalan dengan berlanjutnya eksplorasi.

## 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 conto 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 teroka. Sumberdaya mineral terukur dapat dikonversi ke cadangan mineral terbukti atau cadangan mineral terkira (KCMI, 2017).



Gambar 2.2 Hubungan umum antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral (KCFI, 2017).

#### 2.4.2 Perhitungan Cadangan

Perhitungan cadangan harus memperhatikan persyaratan tertentu, antara lain (Sinclair *et al*, 2005):

1. Suatu taksiran cadangan harus mencerminkan secara tepat kondisi geologi dan karakteristik sifat dari endapan bahan galian.
2. Suatu model cadangan yang akan digunakan untuk perencanaan tambang harus konsisten dengan metode penambangan dan teknik perencanaan tambang yang akan diterapkan.
3. Taksiran yang baik dan harus didasarkan pada data aktual yang diolah/diperlakukan secara objektif. Keputusan dipakai-tidaknya suatu data dalam penafsiran harus diambil dengan pedoman yang jelas dan konsisten. Tidak boleh ada pembobotan data yang berbeda dan harus dilakukan dengan dasar yang kuat.

Metode perhitungan cadangan digunakan sesuai dengan bentuk dan arah penyebaran dari cadangan antara lain (Sinclair *et al*, 2005):

1. Metode penampang

Metode penampang lebih cocok digunakan untuk tipe endapan yang mempunyai kontak tajam seperti bentuk tabular (perlapisan atau *vein*). Pola eksplorasi (bor) umumnya teratur yang terletak sepanjang garis penampang, namun untuk kasus endapan yang akan ditambang secara *underground* umumnya mempunyai pola bor yang kurang teratur. Keuntungan metode penampang adalah proses perhitungannya tidak rumit dan sekaligus dapat dipergunakan untuk menyajikan hasil interpretasi model dalam sebuah penampang, sedangkan kekurangannya adalah tidak bisa dipergunakan untuk tipe endapan dengan mineralisasi yang kompleks.

2. Metode poligon (*Area of Influence*)

Metode ini umumnya diterapkan pada endapan-endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana. Kadar pada suatu luasan di dalam poligon ditaksir dengan nilai data yang berada di tengah-tengah poligon sehingga metoda ini sering disebut dengan metode daerah pengaruh (*area of influence*). Kelemahan metode ini adalah belum memperhitungkan tata letak (ruang) nilai data di sekitar poligon dan tidak ada batasan yang pasti sejauh mana nilai contoh mempengaruhi distribusi ruang.

3. Metode USGS *Circular 891*

Sistem *United States Geological Survey* (USGS) merupakan pengembangan dari sistem blok dan perhitungan volume biasa. Sistem USGS ini dianggap sesuai untuk diterapkan dalam perhitungan cadangan batubara karena sistem ini ditujukan pada pengukuran bahan galian yang berbentuk perlapisan (tabular) yang memiliki ketebalan dan kemiringan lapisan yang relatif konsisten.

#### 4. Metode segitiga

Metode ini digunakan untuk menaksirkan parameter dan juga sekaligus digunakan untuk menghitung cadangan. Rumus perhitungan pada metode ini hampir sama dengan metode poligon hanya saja dalam metode segitiga titik data digunakan untuk mewakili parameter seluruh area segitiga, sedangkan metode poligon menggunakan titik data yang berada di tengah luasan poligon.

#### 5. Metode sistem blok

Pemodelan dengan komputer untuk mempresentasikan endapan bahan galian umumnya dilakukan dengan model blok (*block model*). Dimensi model blok dibuat sesuai dengan desain penambangannya, yaitu mempunyai ukuran yang sama dengan tinggi jenjang. Semua parameter seperti jenis batuan, kuantitas bahan galian, dan topografi dapat dimodelkan dalam bentuk blok. Parameter yang mewakili setiap blok teratur diperoleh dengan menggunakan metode penafsiran umum yaitu NNP, IDW, atau Kriging.

### **2.5 Estimasi Sumberdaya**

Sumberdaya mineral adalah suatu konsentrasi dari material yang memiliki nilai ekonomis dengan bentuk, kualitas dan kuantitas tertentu. Secara umum, penentuan volume deposit pada kawasan yang telah dilakukan pemboran dapat dilakukan proses estimasi. Kadar dan atribut yang lain perlu diperhatikan saat proses estimasi berlangsung. Keadaan geologi yang bervariasi mengakibatkan estimasi sulit untuk dilakukan. Sehingga, perlu digunakan beberapa jenis dari metode estimasi yang dirancang untuk tujuan yang berbeda-beda (Chairul, 1994).

Estimasi sumberdaya membutuhkan pertimbangan detail sejumlah masalah kritis. Secara keseluruhan masalah terkait sedemikian rupa sehingga kualitas sumber dapat merepresentasikan daya standar perkiraan dari suatu perusahaan. Ketika salah

satu faktornya tidak diperhatikan maka akan mempengaruhi hasil perkiraan sumberdaya yang dilakukan. Kualitas perkiraan sumber daya mineral tergantung pada data yang tersedia dan kompleksitas geologi. Namun, perkiraan sumber daya juga sangat kuat bergantung pada keseluruhan keterampilan teknis dan pengalaman staf tambang, bagaimana masalah yang dihadapi diselesaikan, tingkat perhatian terhadap detail pada setiap tahap, pengungkapan terbuka asumsi dasar beserta pembenarannya, dan kualitas dokumentasi untuk setiap Langkah (Rossi, 2014).

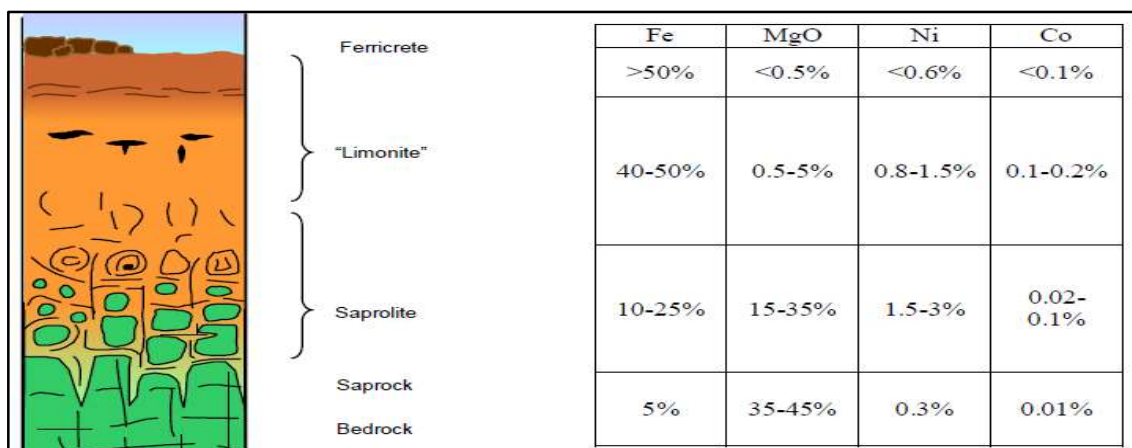
Kualitas estimasi sumberdaya secara langsung bergantung pada kualitas pengumpulan data dan prosedur penanganannya. Konsep kualitas data digunakan secara pragmatis. Dimana konsepnya yaitu data (sampel) dari volume tertentu akan dikumpulkan dan digunakan untuk memprediksi tonase dan kadar elemen yang dianalisis. Keputusan dibuat berdasarkan pengetahuan geologis dan analisis statistik diterapkan dalam hubungannya dengan informasi teknis lainnya. Oleh karena itu, basis numerik untuk analisis harus berkualitas. Hal ini penting dilakukan karena sebagian kecil dari deposit mineral diambil sampelnya (Rossi, 2014).

Hal lainnya yang perlu diperhatikan adalah bahwa sampel yang diambil dari volume endapan harus representatif. Representatif artinya pengambilan sampel dan penganalisaan proses yang digunakan untuk mendapatkan hasil sampel dalam nilai itu secara statistik mirip dengan yang lain serta dapat ambil dari volume yang sama. Oleh karena itu, nilai sampel dipertimbangkan untuk menjadi representasi yang adil dari nilai sebenarnya dari volume sampel batuan. Representasi dalam arti spasial menyiratkan bahwa sampel telah diambil kira-kira *grid sampling* biasa atau kuasi-reguler, sehingga setiap sampel mewakili volume atau area serupa di dalam tubuh bijih yang diinginkan. Ini sering tidak terjadi dan beberapa koreksi akan terjadi yg dibutuhkan. Jika sampel tidak representatif, maka terjadi kesalahan akan diperkenalkan yang akan membiaskan perkiraan sumber daya pada tahap akhir (Rossi, 2014).

## 2.6 Endapan Nikel Laterit

Nikel merupakan unsur logam yang terbentuk secara alami dan memiliki ciri mengkilap serta berwarna putih keperak-perakan. Sebagian besar nikel yang diproduksi di Indonesia diekspor, sedangkan pemanfaatannya di dalam negeri terbilang masih rendah. Kegiatan penambangan nikel di Indonesia dilakukan dengan metode penambangan terbuka yang dikenal dengan istilah *open cast mining*. Metode ini dipilih karena karakteristik bijih nikel di Indonesia merupakan nikel laterit (Arif, 2018).

Laterit adalah produk sisa pelapukan kimia batuan di permukaan bumi di mana berbagai mineral asli atau primer tidak stabil dengan adanya air larut atau terurai dan terbentuk mineral baru yang lebih stabil terhadap lingkungan. Laterit penting sebagai inang bagi endapan bijih ekonomis karena interaksi kimia yang bersama-sama membentuk proses lateritisasi dalam kasus tertentu dapat sangat efisien dalam mengkonsentrasikan beberapa elemen. Contoh yang terkenal dari deposit bijih laterit adalah bauksit alumina dan deposit bijih besi yang diperkaya. Gambar 2.3 merupakan profil endapan nikel laterit (Elias, 2002).



Gambar 2.3 Profil endapan nikel laterit (Elias, 2002).

Laterit nikel merupakan produk lateritisasi dari batuan kaya Mg atau ultrabasa yang memiliki kandungan Ni primer 0,2-0,4% (Golightly, 1981). Batuan tersebut umumnya dunites, harzburgites dan peridotites terjadi di kompleks ofiolit, dan pada

tingkat lebih rendah komatiites dan batuan intrusi mafik-ultramafik berlapis dalam pengaturan *platform cratonic*. Proses lateritisasi menghasilkan konsentrasi dengan faktor 3-30 kali kandungan nikel dan kobalt dari batuan induk. Proses dan karakter laterit yang dihasilkan, dikendalikan pada skala regional dan lokal oleh interaksi dinamis dari faktor-faktor seperti iklim, topografi, tektonik, tipe struktur batuan primer (Elias, 2002).

Pembentukan nikel laterit diawali dengan adanya proses pelapukan. Pelapukan ini berlangsung pada batuan peridotit yang banyak mengandung olivin, magnesium, silikat, dan besi silikat yang mengandung 0,3% Ni. Batuan ini mudah mengalami pelapukan lateritik yang dapat memisahkan nikel dari silikat dan asosiasi mineralnya. Selanjutnya, air tanah yang kaya akan CO<sub>2</sub> yang berasal dari udara luar maupun dari tumbuhan akan melarutkan olivin sehingga akhirnya terurai menjadi larutan dan koloid. Penguraian olivin, magnesium, besi, nikel, dan silika ke dalam larutan cenderung untuk membentuk suspensi koloid dari partikel-partikel silika. Di dalam larutan, besi akan bersenyawa dengan oksida dan mengendap sebagai ferri hidroksida. Selanjutnya, endapan ini akan menghilangkan air dan membentuk mineral *goethite*, *hematite* dan *cobalt* dalam jumlah kecil, membentuk mineral-mineral seperti karat dimana oksida besi diendapkan dekat dengan permukaan tanah. Magnesium, nikel dan silika tertinggal di dalam larutan selama air masih asam, tetapi jika dinetralisasi karena bereaksi dengan batuan dan tanah, maka zat-zat tersebut berada di tempat-tempat yang lebih dalam pada zona pengayaan (Noor, 2017). Profil nikel laterit pada umumnya adalah terdiri dari empat zona gradasi sebagai berikut (Kurniadi, 2018):

1. Tanah penutup atau *top soil* (biasanya disebut "*Iron Capping*"). Tanah residu berwarna merah tua yang merupakan hasil oksidasi yang terdiri dari masa hematit, goethit serta limonit. Kadar besi yang terkandung sangat tinggi dengan kelimpahan unsur Ni yang sangat rendah.



2. Zona limonit berwarna merah coklat atau kuning, berukuran butir halus hingga lempungan, lapisan kaya besi dari limonit soil yang menyelimuti seluruh area.
3. Zona lapisan antara atau "*Silica Boxwork*". Zona ini jarang terdapat pada batuan dasar (*bedrock*) yang serpentinisasi, berwarna putih-*orange chert, quartz*, mengisi sepanjang rekahan dan sebagian menggantikan zona terluar dari unserpentine fragmen peridotit, sebagian mengawetkan struktur dan tekstur dari batuan asal dan terkadang terdapat mineral opal, magnesit. Akumulasi dari garnierite-pimelit di dalam *boxwork* mungkin berasal dari bijihh nikel yang kaya akan silika.
4. Zona Saprolit merupakan campuran dari sisa-sisa batuan, bersifat pasiran, *saprolitic rims, vein* dari *garnierite, nickeliferous quartz*, mangan dan pada beberapa kasus terdapat silika *boxwork*, bentukan dari suatu zona transisi dari limonit ke *bedrock*. Terkadang terdapat mineral *quartz* yang mengisi rekahan, mineral mineral primer yang terlupakan, chlorit. Garnierite di lapangan biasanya diidentifikasi sebagai "*colloidal talk*" dengan lebih atau kurang nickeliferous serpentine. Struktur dan tekstur batuan asal masih terlihat.
5. Lapisan Batuan Dasar (*Bedrock/Blue Zone*) Lapisan ini merupakan batuan peridotit yang tidak atau belum mengalami pelapukan dengan kadar Ni 1,3%. Batuan *bedrock* pada umumnya merupakan bongkah-bongkah massif yang memiliki warna kuning pucat sampai abu-abu kehijauan. Secara lokal batuan dasar ini disebut *Blue Zone*. Ketebalan dari masing-masing lapisan tidak merata hal tersebut tergantung dari relief, umumnya endapan laterit terakumulasi banyak pada bagian bawah bukit dengan relief yang landai. Relief yang terjal memiliki keberadaan endapan semakin menipis, disamping terdapat kecenderungan akumulasi mineral yang berkadar tinggi dijumpai pada zona-zona retakan, zona sesar dan rekahan pada batuan.

Karakteristik bijih laterit yang dihasilkan dari pelapukan kimiawi dipengaruhi oleh sifat batuan induk, iklim, kondisi topografi, dan waktu. Sifat protolit batuan dasar khususnya derajat serpentinisasi memiliki peran penting dalam pengembangan deposit laterit Ni secara komersial. Goldthly pada tahun 1981 mengemukakan bahwa bijih nikel laterit diturunkan dari batuan ultramafik yang tidak terpusat biasanya ditandai dengan saprolit yang lebih tipis dan banyak *boulder*, tapi tinggi kandungan Ni sementara pelapukan protolit ultramafik *serpentinized* cenderung menghasilkan saprolit yang lebih tebal tetapi kandungan Ni lebih rendah (Sufriadin *et al*, 2011).

Endapan nikel laterit terbentuk baik pada mineral jenis *silicate* atau *oxide*. Kemiripan radius ion  $Ni^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  memungkinkan substitusi ion diantara keduanya. Umumnya, mineral bijih dari jenis *hydrous silicate* seperti *talc*, *smectite*, *sepiolite* dan *chlorite* terbentuk selama proses *metamorphisme temperature* rendah dan selama proses pelapukan dari batuan induk. Umumnya, mineral-mineral tersebut mempunyai variasi *ratio* Mg dan Ni. *Mineral garnierite* dari jenis *silicate* mempunyai ciri *poor kristalin*, *texture afanitik*, dan berstruktur seperti *serpentinite* (Brindley, 1978).

Secara mineralogi nikel laterit dapat dibagi ke dalam tiga kategori (Brand, *et al*, 1998) yaitu:

1. *Hydrous Silicate Deposits*

Profil dari tipe ini dari bawah ke atas: Ore horizon pada lapisan saprolit (Mg-Ni *silicate*), grade Nikel antara 1,8% - 2,5%. Pada zona ini berkembang *box-works*, *veining*, *relic structure*, *fracture* dan *grain boundaries* dan dapat terbentuk mineral yang kaya akan Nikel; Garnierit (max. Ni 40%). Ni terlarut (*leached*) dari fase *limonite* (Fe *Oxyhydroxide*) dan terendapkan bersama mineral *hydrous silicate* atau mensubstitusi unsur Mg pada serpentin yang teralterasi (Pelletier, 1996).

Jadi, meskipun nikel laterit adalah produk pelapukan, tapi dapat dikatakan juga bahwa proses *enrichment supergene* sangat penting dalam pembentukan formasi dan nilai ekonomis dari endapan *hydrous silicate* ini. Tipe ini dapat ditemui di beberapa tempat seperti di New Caledonia, Indonesia, Philippines, Dominika dan Columbia.

## 2. *Clay Silicate Deposits*

Pada jenis endapan ini, Si hanya sebagian terlarut melalui *groundwater*. Si yang tersisa akan bergabung dengan Fe, Ni, dan Al untuk membentuk mineral lempung (*clay minerals*) seperti *Ni-rich Notronite* pada bagian tengah profil *saprolite*. *Ni-rich* serpentine juga dapat digantikan oleh *smectite* atau kuarsa jika profile deposit ini tetap kontak dalam waktu lama dengan *groundwater*. Kadar Ni pada endapan ini lebih rendah dari *hydrous silicate deposit* (1,2%).

## 3. *Oxide Deposits*

Tipe terakhir adalah *oxide*. Profile bawah menunjukkan Protolith dari jenis harzburgitic peridotites (kebanyakan mineral olivin, serpentin, piroksin), sangat rentan terhadap pelapukan terutama di daerah tropis. Diatasnya terbentuk *saprolite* dan mendekati permukaan terbentuk limonit dan *ferricrete* (di permukaan). Pada tipe deposit oksida ini, Nikel berasosiasi dengan goetit (FeOOH) dan mangan oksida. Pembentukan deposit nikel memerlukan kondisi yang cocok, diantaranya kondisi agar tidak terjadi erosi, kondisi terjadinya sirkulasi atau naik turunnya permukaan air tanah yang dapat melarutkan sebagian material pelapukan dan mengendapkan pada zona kedalaman tertentu.

## 2.7 Faktor-Faktor Pembentuk Nikel Laterit

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan bijih laterit nikel ini adalah sebagai berikut (Ahmad, 2006):

### 1. Batuan Asal

Batuan asal memiliki peranan penting dalam pembentukan endapan nikel laterit karena batuan asal berpengaruh pada kandungan-kandungan mineral yang terkait dalam pembentukan endapan nikel. Batuan asal terbentuknya endapan nikel laterit adalah batuan ultrabasa. Dalam hal ini pada batuan ultrabasa tersebut: terdapat elemen Ni yang paling banyak diantara batuan lainnya. Batuan ultrabasa mempunyai mineral-mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin dan mempunyai komponen-komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel.

### 2. Struktur Geologi

Struktur yang sangat dominan adalah struktur kekar (*joint*) dibandingkan terhadap struktur patahannya. Seperti diketahui, batuan beku mempunyai porositas dan permeabilitas yang kecil sekali sehingga penetrasi air sangat sulit, maka dengan adanya rekahan-rekahan tersebut akan lebih memudahkan masuknya air dan berarti proses pelapukan akan lebih intensif.

### 3. Iklim

Adanya pergantian musim kemarau dan musim penghujan dimana terjadi kenaikan dan penurunan permukaan air tanah juga dapat menyebabkan terjadinya proses pemisahan dan akumulasi unsur-unsur. Perbedaan temperatur yang cukup besar akan membantu terjadinya pelapukan mekanis, dimana akan terjadi rekahan-rekahan dalam batuan yang akan mempermudah proses atau reaksi kimia pada batuan.

### 4. Reagen-reagen kimia dan vegetasi

Reagen-reagen kimia dan vegetasi yang dimaksud adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO<sub>2</sub> memegang peranan penting didalam proses pelapukan

kimia. Asam-asam humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat merubah pH larutan dan erat kaitannya dengan vegetasi daerah. Dalam hal ini, vegetasi akan mengakibatkan penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah dengan mengikuti jalur akar pohon-pohonan. Adanya vegetasi juga membuat akumulasi air hujan menjadi lebih banyak serta humus akan lebih menjadi tebal. Keadaan ini merupakan suatu petunjuk, dimana hutan yang lebat pada lingkungan yang baik menunjukkan keterdapatn endapan nikel yang lebih tebal dengan kadar yang lebih tinggi. Selain itu, vegetasi dapat berfungsi untuk menjaga hasil pelapukan terhadap erosi mekanisme.

#### 5. Topografi

Topografi setempat akan sangat mempengaruhi sirkulasi air beserta reagen-reagen lain. Untuk daerah yang landai, maka air akan bergerak perlahan-lahan sehingga akan mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori batuan. Akumulasi andapan umumnya terdapat pada daerah-daerah yang landai sampai kemiringan sedang, hal ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Pada daerah yang curam, secara teoritis, jumlah air yang meluncur lebih banyak daripada air yang meresap ini dapat menyebabkan pelapukan kurang intensif.

#### 6. Waktu

Waktu merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pelapukan, transportasi, dan konsentrasi endapan pada suatu tempat. Untuk terbentuknya endapan nikel laterit membutuhkan waktu yang lama, mungkin ribuan atau jutaan tahun. Bila waktu pelapukan terlalu mudah maka terbentuknya endapan yang tipis.

## 2.8 Analisis Statistik

Statistik deskriptif merupakan salah satu proses analisis statistik yang fokus kepada manajemen, penyajian, dan klasifikasi data. Dengan proses ini, data yang disajikan akan menjadi lebih menarik lebih mudah dipahami, dan mampu memberikan makna lebih bagi pengguna data. Statistik deskriptif haruslah mampu memberikan gambaran informasi apa saja yang bisa didapat secara dari data yang kita gunakan. Daripada hanya menggunakan angka-angka tanpa format yang baku, akan lebih menarik bila ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi.

Statistik deskriptif juga memberikan karakteristik tentang data yang digunakan. Hal ini penting karena kondisi data yang digunakan akan memengaruhi seluruh analisis data yang peneliti lakukan, dengan memahami karakteristik, peneliti bisa memilih perlakuan yang tepat dalam analisis yang lebih mendalam nantinya

Secara umum, peneliti bisa melihat bagaimana kondisi data dengan melihat dimana letak pusat data tersebut. Biasanya, pusat data sendiri akan berada pada nilai tengah, meskipun tidak selalu demikian. Untuk membuktikan hal ini secara matematis maka pengukuran yang sering digunakan adalah *mean*, *median*, dan *modus*.

*Mean* merupakan rata-rata dari sekumpulan data yang dimiliki oleh peneliti yang hanya perlu menjumlah nilai dari seluruh data yang dimiliki dan membaginya dengan jumlah data tersebut.

*Median* adalah nilai tengah dari sebuah data, bila peneliti memiliki sekumpulan data, peneliti bisa mengurutkan data tersebut dari hasil terkecil hingga terbesar. Jika peneliti memiliki jumlah data ganjil, maka nilai tengah data tersebut akan langsung

menjadi *median*. Namun bila peneliti memiliki data genap, peneliti perlu menemukan nilai rata-rata dari nilai tengah data tersebut.

*Modus* adalah nilai yang paling muncul dalam sekelompok data. Peneliti hanya perlu melihat nilai mana yang paling sering muncul dalam kelompok data tersebut. Bila jumlah frekuensi setiap data sama, maka nilai modus tidak ada.

Ukuran keragaman merupakan ukuran untuk menyajikan bagaimana sebaran dari data tersebut. Ukuran keragaman menunjukkan bagaimana kondisi sebuah data menyebar di kelompok data yang peneliti miliki. Hal ini memungkinkan peneliti untuk menganalisis seberapa jauh data-data tersebut tersebar dari ukuran pemusatannya. Bila sebaran datanya rendah, ini menunjukkan bahwa data tersebar tidak jauh dari pusatnya. Bila sebarannya jauh ini menunjukkan bahwa data sebaran jauh dari pusatnya.

Standar deviasi merupakan ukuran lain dari sebaran data terhadap rata-ratanya. Bila peneliti menggunakan varians, maka nilai yang peneliti dapatkan sangatlah besar. Nilai ini tidak mampu menggambarkan bagaimana sebaran data yang sebenarnya terhadap rata-rata. Untuk mendapatkan nilai yang lebih mudah diinterpretasikan, standar deviasi adalah ukuran yang lebih tepat. Standar deviasi menghasilkan nilai yang lebih kecil dan mampu menjelaskan bagaimana sebaran data terhadap rata-rata.

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

Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) adalah salah satu dari metode penaksiran dengan pendekatan blok model yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya. Bobot (*weight*) akan berubah secara linier sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Bobot ini tidak akan dipengaruhi oleh letak dari data sampel. Pemilihan nilai pada *power* sangat mempengaruhi hasil interpolasi. Nilai *power* yang tinggi akan memberikan hasil seperti menggunakan interpolasi *nearest neighbor* dimana nilai yang didapatkan merupakan nilai dari data *point* terdekat (NCGIA, 2007).

Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) secara langsung mengimplementasikan asumsi bahwa sesuatu yang saling berdekatan akan lebih serupa dibandingkan dengan yang saling berjauhan. Untuk menaksir sebuah nilai di setiap lokasi yang tidak di ukur, IDW akan menggunakan nilai-nilai ukuran yang mengitari lokasi yang akan ditaksir tersebut. Pada metode IDW, diasumsikan bahwa tingkat korelasi dan kemiripan antara titik yang ditaksir dengan data penaksir adalah proporsional terhadap jarak. Bobot akan berubah secara linier, sebagai fungsi sepele jarak, sesuai dengan jaraknya terhadap data penaksir (Almasi dkk., 2014). Bobot ini tidak dipengaruhi oleh posisi atau letak dari data penaksir dengan data penaksir yang lain. Faktor penting yang dapat mempengaruhi hasil penaksiran adalah *actor power* dan radius di sekitar (*neighboring radius*) atau jumlah data penaksir (Almasi dkk, 2014).