

# **SKRIPSI**

## **ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN NIKEL LATERIT DENGAN METODE *INVERSE DISTANCE WEIGHTING* DAN *NEAREST NEIGHBOUR POINT***

(Studi Kasus: Pit X, PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama, Morowali Utara,  
Sulawesi Tengah)

**Disusun dan diajukan oleh**

**LERIAN TI LIMBONG RARA**

**D111181311**



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

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ESTIMASI SUMBERDAYA TERUKUR ENDAPAN NIKEL LATERIT  
DENGAN METODE *INVERSE DISTANCE WEIGHTING* DAN *NEAREST  
NEIGHBOUR POINT***

(Studi Kasus: Pit X, PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama, Sulawesi Tengah)

**Disusun dan diajukan oleh**

**LERIANTI LIMBONG RARA**

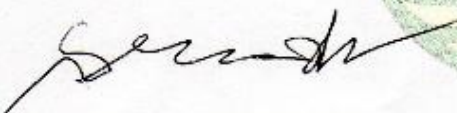
**D111181311**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 30 Desember 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



A. D. Pemb. II



Dr. Phill. nat. Sri Widodo, S.T., M.T.

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

NIP. 197101012010121001

NIP. 197303142000121001

Wakil Dekan

Bidang Akademik dan Kemahasiswaan,



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

NIP. 197310101998021001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lerianti Limbong Rara

NIM : D111181311

Program Studi : Teknik Pertambangan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Estimasi Sumberdaya Terukur Endapan Nikel Laterit Dengan Metode *Inverse Distance Weighting* dan *Nearest Neighbour Point*

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, Desember 2022

Yang menyatakan,



Lerianti Limbong Rara

## ABSTRAK

Wilayah Indonesia Timur khususnya daerah Sulawesi Tengah merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi sumberdaya mineral berupa endapan nikel laterit yang terletak di Desa Keuno Kabupaten Morowali Utara. Dalam penambangan nikel laterit, diperlukan estimasi untuk dapat menghitung sumberdaya sebelum proses penambangan berlangsung. Estimasi sumberdaya berperan penting dalam menentukan kuantitas dan kualitas dari suatu endapan. Metode estimasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *Inverse Distance Weighting* dan *Nearest Neighbour Point*, dengan tujuan untuk mengestimasi sumberdaya endapan bijih nikel laterit, dan menganalisis perbedaan hasil estimasi dengan kedua metode. Dari hasil penelitian pada estimasi sumberdaya dengan metode *Inverse Distance Weighting* didapatkan hasil tonase *ore* sebesar 828.278 wmt, dengan rata-rata kadar Ni 1,68%. Sedangkan dengan menggunakan metode *Nearest Neighbour Point* didapatkan hasil tonase *ore* sebesar 835.753 wmt, dengan rata-rata kadar Ni 1,9%. Berdasarkan hasil estimasi sumberdaya dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* dan metode *Nearest Neighbour Point* terdapat perbedaan hasil. Perbedaan tersebut disebabkan pada metode *Inverse Distance Weighting* adalah salah satu dari metode penaksiran dengan pendekatan blok model yang sederhana dengan mempertimbangkan titik di sekitarnya, metode ini juga umumnya digunakan pada endapan yang tidak homogen atau data sebaran titik bor yang memiliki tingkat homogenitas yang rendah. Sedangkan pada metode *Nearest Neighbour Point* hanya memperhitungkan nilai di suatu blok didasari oleh nilai titik yang paling dekat dengan blok tersebut.

Kata Kunci: Estimasi sumberdaya, *Inverse distance weighting*, *Nearest neighbour point*

## **ABSTRACT**

*The Eastern Indonesia region, especially the Central Sulawesi region, is one of the areas that has potential mineral resources in the form of nickel laterite deposits located in Keuno Village, North Morowali Regency. In nickel laterite mining, estimates are needed to be able to calculate resources before the mining process takes place. Resource estimation plays an important role in determining the quantity and quality of a deposit. The estimation method used in this study is the Inverse Distance Weighting and Nearest Neighbor Point methods, with the aim of estimating lateritic nickel ore deposit resources, and analyzing the differences in the estimation results with the two methods. From the results of research on resource estimation using the Inverse Distance Weighting method, it was found that the ore tonnage was 828,278 wmt, with an average Ni content of 1.68%. Meanwhile, using the Nearest Neighbor Point method, the yield of ore tonnage was 835,753 wmt, with an average Ni content of 1.9%. Based on the results of resource estimation using the Inverse Distance Weighting method and the Nearest Neighbor Point method, there are differences in results. This difference is due to the Inverse Distance Weighting method which is one of the estimation methods with a simple block model approach taking into account the surrounding points, this method is also generally used on inhomogeneous deposits or drill point distribution data which has a low degree of homogeneity. Whereas the Nearest Neighbor Point method only takes into account the value in a block based on the point value closest to the block.*

*Keywords: Resource estimation, Inverse distance weighting, Nearest neighbor point*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan kasih-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul "Estimasi Sumberdaya Terukur Endapan Nikel Laterit Dengan Metode *Inverse Distance Weighting* dan *Nearest Neighbour Point*" dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat mendapatkan gelar sarjana di Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan tugas akhir ini banyak mengalami kendala, namun berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak serta berkat dari Tuhan Yang Maha Esa, penulis dapat melalui dan mengatasi kendala-kendala tersebut.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Alwansyah, S.T., selaku Kepala Teknik Tambang PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama, Penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Budhi Satriyo Nugroho, S.T., selaku kepala divisi *Operation*, kepada Bapak Zulfikar, S.T., Bapak Muhammad Ridwan, S.T., Bapak Ridwan Razak, S.T., Bapak Wahyuddin, selaku anggota divisi *Operation*, serta seluruh karyawan dan *staff* PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan pengambilan data untuk keperluan penelitian.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Asran Ilyas, S.T., M.T., Ph.D selaku ketua Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin, Kepada Bapak Dr. Ir. Irzal Nur., M.T., selaku kepala Laboratorium Eksplorasi Mineral Departemen Teknik Pertambangan.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. phil. nat. Sri Widodo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I, Bapak Asran Ilyas, S.T., M.T., Ph.D selaku pembimbing II, serta bapak Dr. Ir. Irzal Nur., M.T., dan bapak Dr. Sufriadin, S.T., M.T selaku dosen penguji dan seluruh *civitas academica* Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis selama masa studi.

Terima kasih sedalam-dalamnya kepada orang tua, Bapak Zui Sampebulu, S.T., dan Ibu Berthi Senobaan, serta saudara dan Fricktony orang terdekat, yang telah memberikan dukungan dan senantiasa selalu mendoakan selama penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih juga penulis ucapkan untuk PERMATA FT-UH yang telah menjadi wadah bagi penulis mendapatkan ilmu dan pengalaman yang berharga. Tak lupa juga untuk seluruh saudara seperjuangan TUNNEL 2018, dan khususnya anggota Laboratorium Eksplorasi Mineral dan Batubara angkatan 2018 yang telah memberikan masukan dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan serta keterbatasan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran serta kritik yang membangun sehingga kedepannya kekurangan dan keterbatasan yang diperoleh dapat diminimalisir. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan dengan harapan semoga tugas akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kemajuan dan keberlangsungan ilmu pengetahuan.

Gowa, Desember 2022

Penulis

# DAFTAR ISI

Halaman

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Tahapan Penelitian.....	3
1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Endapan Nikel Laterit .....	6
2.2 Geologi Regional .....	10
2.3 Klasifikasi Sumberdaya Mineral.....	12
2.4 Metode Estimasi Sumberdaya.....	15
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>21</b>
3.1 Sumber Data .....	21



3.2	Pengolahan Data.....	23
3.3	Diagram Alir Penelitian .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>31</b>
4.1	Hasil Estimasi Sumberdaya Menggunakan Metode IDW.....	31
4.2	Hasil Estimasi Sumberdaya Menggunakan Metode NNP.....	32
4.3	Perbandingan Hasil Estimasi Metode IDW dan NNP .....	33
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>		<b>37</b>
5.1	Kesimpulan .....	37
5.2	Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>38</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>40</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta tunjuk daerah penelitian.....	5
2.1 Potongan melintang permukaan sebelum dan setelah proses pelapukan nikel (Hernandi et. al, 2017) .....	10
2.2 Hubungan umum antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral (KCMI, 2017).. .....	14
2.3 Metode estimasi sumberdaya dengan IDW (Arifuddin, 2007).....	19
2.4 Metode estimasi sumberdaya menggunakan poligon (Hartman, 1992).....	21
3.1 <i>Drillhole</i> .....	25
3.2 <i>String top</i> limonit.....	26
3.3 <i>String top</i> saprolit .....	26
3.4 <i>String bottom</i> saprolit.....	27
3.5 Digital terrain model (DTM) zona <i>top</i> limonit.....	28
3.6 Digital terrain model (DTM) zona <i>top</i> saprolit.....	29
3.7 Digital terrain model (DTM) zona <i>bottom</i> saprolit .....	29
3.8 <i>Blockmodel</i> .....	30
3.9 Diagram alir penelitian .....	31
4.1 Klasifikasi material <i>ore</i> dan <i>waste</i> dengan estimasi sumberdaya menggunakan metode IDW.....	32
4.2 Klasifikasi material <i>ore</i> dan <i>waste</i> dengan estimasi sumberdaya menggunakan metode NNP .....	33
4.3 Perbandingan kadar lubang bor dan kadar blok hasil estimasi dengan metode <i>Inverse Distance Weithing</i> .....	34

4.4 Perbandingan kadar lubang bor dan kadar blok hasil estimasi dengan metode <i>Nearest Neighbour Point</i> .....	35
---	----

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1 Contoh data <i>assay</i> .....	22
3.2 Contoh data <i>collar</i> .....	23
3.3 Contoh data <i>survey</i> .....	23
3.4 Contoh data <i>geology</i> .....	24
4.1 Hasil estimasi dengan metode IDW.....	33
4.2 Hasil estimasi dengan metode NNP.....	34
4.3 Hasil estimasi dengan metode IDW dan NNP .....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
A. Peta Lokasi Penelitian .....	40
B. Peta Sebaran Titik Bor .....	41
C. Peta Topografi .....	42
D. <i>Block Model</i> Estimasi dengan metode IDW.....	43
E. <i>Block Model</i> Estimasi dengan metode NNP .....	44
F. Data <i>Collar</i> .....	45
G. Data <i>Assay</i> .....	49
H. Data <i>Geology</i> .....	74
I. Data <i>Survey</i> .....	98

# **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* (Arif *et. al*, 2019). Potensi sumberdaya mineral yang dimiliki Indonesia cukup banyak, dan tersebar hampir di seluruh nusantara. Hal ini merupakan salah satu modal untuk kegiatan pembangunan, terbukti pada bidang pertambangan Indonesia merupakan negara yang kaya karena sumberdaya mineral ini menghasilkan pemasukan yang cukup besar, melalui pajak royalty setiap tahunnya (Mustika *et. al*, 2015). 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 dibidang perindustrian (Arifin *et. al*, 2015).

Nikel laterit merupakan endapan yang berasal dari proses pelapukan (laterisasi) pada batuan induk (batuan ultramafik), dimana negara yang beriklim tropis memungkinkan terjadinya pelapukan yang tinggi, seperti yang terjadi di Indonesia (Arifin *et. al*, 2015). Nikel merupakan salah satu logam non-ferrous yang banyak dibutuhkan pada berbagai aplikasi. Nikel memiliki ketahanan korosi, kekuatan, keuletan, dan konduktivitas termal serta listrik yang tinggi sehingga memungkinkan untuk digunakan pada berbagai keperluan. Penggunaan utama nikel adalah sebagai bahan baku untuk pembuatan baja tahan karat, logam dasar pada paduan berbasis nikel, superalloy,

baterai, dan komponen-komponen paduan logam yang digunakan pada aplikasi suhu tinggi (Puspita *et. al*, 2022)

Wilayah Indonesia Timur khususnya pada daerah Sulawesi Tengah salah satu daerah yang memiliki potensi sumber daya mineral berupa endapan nikel laterit yaitu yang terletak di Desa Keuno Kabupaten Morowali Utara. Dalam penambangan nikel laterit, diperlukan estimasi untuk dapat menghitung sumberdaya sebelum proses penambangan berlangsung. Estimasi sumberdaya berperan penting dalam menentukan kuantitas dan kualitas dari suatu endapan. Sebab dari hasil estimasi yang baik dan akurat yang sesuai dengan keberadaannya di lapangan dapat menentukan investasi yang akan ditanam oleh investor sebagai penanaman modal dalam usaha penambangan, cara penambangan yang akan dilakukan, bahkan dalam memperkirakan waktu yang akan dibutuhkan oleh perusahaan dalam melakukan usaha penambangannya sehingga dapat menekan jumlah cost serta memberikan keuntungan bagi perusahaan itu sendiri dalam proses penambangan selanjutnya (Mustika *et. al*, 2015).

Atas dasar hal tersebut diatas, maka dilakukanlah penelitian yang bertujuan untuk mengetahui klasifikasi sumberdaya dan jumlah tonase sumberdaya endapan nikel laterit. Pada penelitian ini dilakukan estimasi sumberdaya terukur nikel laterit menggunakan metode IDW (*Inverse Distance Weighting*) dan metode NNP (*Nearest Neighbour Point*). Estimasi sumberdaya dilakukan berdasarkan data-data pemboran eksplorasi di Pit X pada PT. Bukit Makmur Istindo Nikeltama.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan sebelumnya, rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini yaitu bagaimana penggunaan metode *Inverse Distance Weighting* dan *Nearest Neighbour Point* pada estimasi sumberdaya serta

berapa tonase yang dapat diperoleh, juga mengetahui perbedaan kedua metode dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan sebelumnya, tujuan penelitian yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengestimasi sumberdaya endapan bijih nikel laterit dengan menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* dan *Nearest Neighbour Point*.
2. Menganalisis perbedaan hasil estimasi sumberdaya endapan bijih nikel laterit dengan metode *Inverse Distance Weighting* dan *Nearest Neighbour Point*.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai estimasi sumberdaya endapan nikel pada daerah penelitian. Hasil estimasi tersebut dapat digunakan sebagai acuan besaran produksi, sistem penambangan, maupun kegiatan penambangan lainnya. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi peneliti-peneliti dalam bidang studi yang serupa dan sebagai bahan pustaka di Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

### **1.5 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian ini terdiri dari lima tahap pengerjaan, yaitu sebagai berikut.

1. Tahap persiapan

Tahap persiapan meliputi studi literatur dan survei lapangan. Studi literatur meliputi tahapan pencarian referensi yang berkaitan dengan penelitian, sedangkan survei lapangan meliputi seluruh kegiatan yang berkaitan dengan



pemilihan lokasi penelitian dan kesesuaian antara lokasi penelitian dengan judul penelitian.

## 2. Tahap pengolahan data

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

## 3. Tahap analisis data

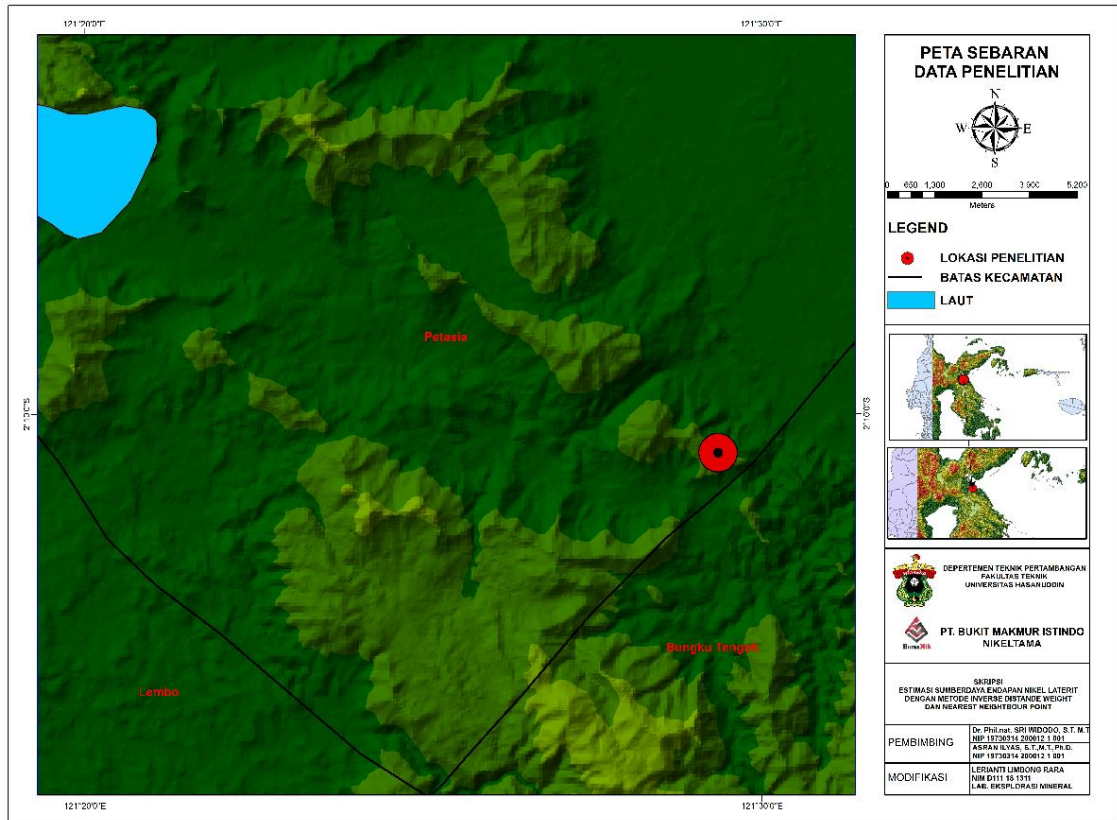
Analisis data dilakukan dengan dua cara yaitu analisis data secara kuantitatif dan analisis data secara kualitatif. Hasil dari analisis data akan dilakukan pengolahan lebih lanjut pada skripsi atau tugas akhir.

## 4. Tahap pembuatan skripsi

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

### **1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian**

Wilayah IUP Operasi Produksi PT Bukit Makmur Istindo Nikeltama terletak di desa Keuno, Kecamatan Petasia Timur, Kabupaten Morowali Utara, Provinsi Sulawesi Tengah. Perjalanan dapat ditempuh melalui jalur udara dari Kota Makassar menuju Morowali dengan menggunakan pesawat terbang dengan waktu tempuhnya selama  $\pm$  1 jam. Setelah itu untuk mencapai lokasi dapat ditempuh menggunakan sarana transportasi darat dengan waktu tempuh sekitar 1 jam 30 menit. Lokasi penelitian juga dapat ditempuh menggunakan jalur darat dengan menggunakan bus dengan waktu tempuhnya  $\pm$  16 jam dari kota Makassar, dan  $\pm$  12 jam dari kota Palu.



Gambar 1.1 Peta tunjuk daerah penelitian

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Endapan Nikel Laterit**

Endapan nikel laterit merupakan bijih yang dihasilkan dari proses pelapukan batuan ultrabasa yang ada di atas permukaan bumi. Istilah Laterit sendiri diambil dari bahasa Latin "later" yang berarti batubata merah (Rafsanjani *et. al.*, 2016). Hasil pelapukan tersebut mengalami transportasi, pemisahan (*sorting*) dan akhirnya endapan ini mengalami proses laterisasi yang umumnya terjadi di daerah beriklim tropis. Oleh karena itu tipe endapan nikel laterit cukup berlimpah di Indonesia.

##### **2.3.1 Proses Pembentukan Endapan Nikel**

Nikel laterit sangat bergantung pada proses pelapukan, baik secara fisik maupun kimiawi. Pelapukan kimiawi dari batuan induk yang berupa batuan ultrabasa terjadi dengan melepaskan unsur-unsur yang sangat mudah terlarut, seperti magnesium (Mg), kalsium (Ca), dan silika (Si) serta unsur-unsur yang paling sedikit terlarut seperti Besi (Fe), Nikel (Ni), Mangan (Mn), Kobal (Co), Zeng (Zn), Yodium (Y), Krom (Cr), Aluminium (Al), dan lainnya. Sementara pelapukan mekanik/fisik dari batuan induk terjadi akibat adanya mekanisme rekahan dan patahan yang meningkatkan wilayah yang terendah ke permukaan sehingga mendukung terjadinya pelapukan kimiawi (Brand *et al.*, 1998).

Transportasi mineral atau unsur terjadi melalui proses pelindian (*leaching*). Proses pelindian unsur-unsur hasil pelapukan dari tubuh batuan atau bijih melalui media air. Proses ini sangat dipengaruhi oleh pH, reaksi reduksi oksidasi, material organik yang terlarut, dan aktivitas mikrobiologi di lingkungannya (Brand *et al.*, 1998).

Sumber utama air ialah air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah atau air rebesan dari sumber air dan air tanah. Air tersebut kemudian meresap hingga zona batas

antara limonit dan saprolite, kemudian transportasi larutan terjadi secara lateral. Proses ini melepaskan unsur kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam larutan dan silika (Si) yang cenderung membentuk system koloid dari partikel-partikel silika yang sangat halus sehingga memungkinkan terjadinya pembentukan mineral-mineral baru. Unsur-unsur Ca dan Mg yang terlarut sebagai bikarbonat terbawa ke bawah sampai batas pelapukan dan mengendap sebagai dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) dan magnesit ( $\text{MgCO}_3$ ) yang mengisi rekahan-rekahan pada batuan induk. Urat-urat tersebut dikenal sebagai batas petunjuk antara zona pelapukan dan zona batuan segar yang disebut dengan istilah akar pelapukan (*root of weathering*).

Fluktuasi muka air tanah yang berlangsung secara kontinu akan melarutkan unsur-unsur Mg dan Si yang terdapat pada bongkah-bongkah batuan asal di zona saprolit sehingga memungkinkan penetrasi air tanah yang lebih dalam. Dalam hal ini zona saprolit semakin bertambah dalam, demikian pula dengan ikatan-ikatan yang mengandung oksida MgO sekitar 30-50% berat dan  $\text{SiO}_2$  antara 35-40% berat yang masih terkandung pada bongkah-bongkah dalam zona saprolit akan ikut terlindih bersama-sama dengan aliran air tanah. Dengan demikian, zona saprolit mengalami perubahan pada bagian atas menjadi zona limonit (Brand *et al.*, 1998).

Sebagian unsur tinggal pada tempatnya dan sebagian lain turun bersama larutan. Hal ini terjadi akibat mobilitas setiap unsur yang berbeda-beda. Unsur-unsur Fe, Ni dan Co membentuk konsentrasi residu dan konsentrasi celah pada zona saprolite. Batuan asal ultrabasa pada daerah tersebut di impregnasi oleh Ni melalui larutan yang mengandung Ni sehingga kadar Ni dapat mengikat mencapai 7% berat.

Fe yang terkandung dalam larutan teroksidasi dan mengendap sebagai ferri-hidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) membentuk mineral-mineral seperti goetit dan hematit yang berada dekat dengan permukaan. Bersama mineral-mineral tersebut unsur Co ikut serta dalam jumlah yang relatif kecil. Secara vertikal, semakin ke bawah menuju bed rock, unsur Fe

dan Co mengalami penurunan kadar. Sementara itu, unsur Ni terakumulasi dan terkonsentrasi pada zona saprolit dalam mineral garnierite. Proses konsentrasi ini dapat berbentuk residual maupun supergen enrichment.

### 2.3.2 Profil Endapan Nikel Laterit

Endapan nikel laterit jika dilihat secara vertikal dari bawah keatas maka akan terdapat beberapa komponen utama yaitu (Hernandi et. al, 2017):

1. Batuan Dasar (*Bedrock*)

*Bedrock* berada pada bagian bawah profile, merupakan batuan batuan ultramafik yang belum mengalami proses pelapukan. Komposisi kimia batuan memiliki kemiripan terhadap komposisi kimia *bedrock* yang tidak teralterasikan. Terdapat struktur *joint* dan *fracture* terjadi seiring terjadinya tekanan *hydrostatic* pada batuan. Sementara sirkulasi air permukaan meresep melalui *joint* dan *fracture*.

2. Zona Saprolit

Zona saprolit berada diatas batuan dasar (*bedrock*), umumnya *boulder* sebagian atau seluruhnya telah mengalami pelapukan, dimana proses pelapukan tersebut terjadi pada *joint* dan *fracture boulder*. Tekstur atau *fragment* batuan masih dikenali dan proses pelapukan belum berlangsung dengan sempurna. Pada batuan dengan tingkat terserpentinisasi yang tinggi proses pelapukan tidak hanya berlangsung pada *joint* dan *fracture*, tetapi terjadi pada masa batuan keseluruhan yang disebabkan lunaknya batuan yang memungkinkan muka air tanah terlibat sebagai agen pelapukan. Porositas per lapisan pada zona saprolit sedang-baik, sedangkan densitas material relatif rendah.

3. Zona Limonit

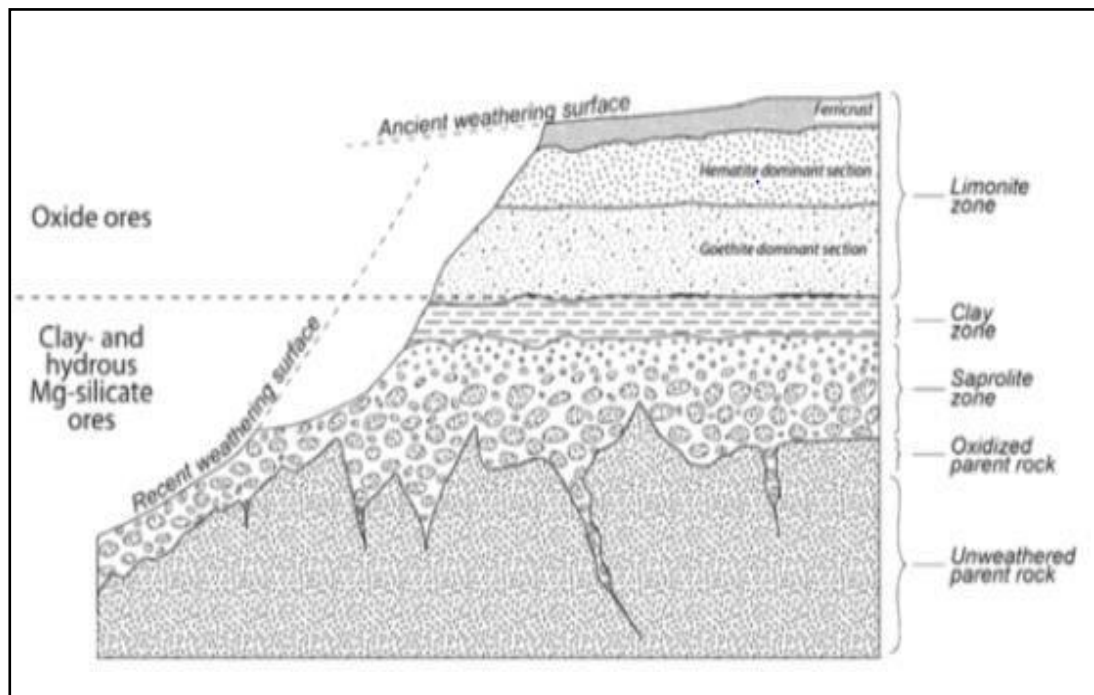
Zona ini berada pada bagian atas profile laterit dan merupakan pembentukan akhir pelapukan batuan ultrabasa serta terkonsentrasinya elemen non-mobile yang diakibatkan proses pelindian pada batuan ultrabasa. Lapisan permukaan

zona limonit bagian atas tersusun oleh sub zona lapisan *iron capping*, berwarna merah disebut sebagai red limonit.

#### 4. *Iron Cap*

*Iron cap* atau tudung besi merupakan lapisan teratas dalam profil endapan nikel laterit dan berfungsi untuk melindungi lapisan di bawahnya dari erosi. Lapisan ini mengandung material organik (humus), memiliki konsentrasi besi yang tinggi, dan berwarna coklat kemerahan hingga kehitaman.

Ketebalan endapan laterit umumnya berkisar dari 10 sampai 40 meter dalam berbagai kasus, serta mengandung lebih dari 1% Ni dan kurang dari 0,15%. British Geological Survey (2009) menyatakan kadar kobalt yang ekonomis dalam endapan laterit berkisar antara 0,05-0,15%. Adapun lapisan limonit cenderung mengandung kadar kobalt yang lebih tinggi, sedangkan saprolit mengandung kadar nikel yang lebih tinggi.



Gambar 2.1 Potongan melintang permukaan sebelum dan setelah proses pelapukan nikel (Hernandi et al, 2017)

Gambar 2.1 merupakan zona litologi dari endapan nikel laterit sekaligus memberikan proses pembentukan nikel laterit sebelum terjadi pelapukan dan setelah

pelapukan. Hal tersebut ditandai dengan ore dari endapan yang mengalami pelapukan karena proses oksidasi dengan pengaruh air tanah.

## **2.2 Geologi Regional Morowali Utara**

Pembahasan tentang geologi regional daerah penelitian dijelaskan dalam beberapa sub bab di bawah ini.

### **2.2.1 Geomorfologi**

Berdasarkan peta topografi, satuan geomorfologi daerah penelitian adalah satuan geomorfologi berlereng datar kemiringan lereng 0 – 8 %, landai (8-15) %, agak curam (15-25)%, curam (25-45)%, dan sangat curam (>45)% dengan elevasi terendah 75 meter dpl, elevasi tertinggi 375 meter dpl. Lahan di gunakan sebagai perkebunan dan sebagian di biarkan terbuka karena sulit diolah. Kategori morfologi tersebut di atas hampir seluruhnya ditumbuhi oleh pepohonan kayu berbatang besar hingga kecil.

Pola aliran sungai yang berkembang adalah pola paralel (paralis) di bagian barat laut dimana dicirikan dengan aliran sungai yang bersumber pada satu jenis aliran berbentuk memanjang relatif lurus dan lebar yang menunjukkan kontrol struktur cukup kuat berupa sesar dengan batuan yang relatif keras dan pada bagian tenggara. Alur – alur di daerah penelitian menyatu dengan atau sungai mohoni sugai utama di Daerah Kecamatan Petasia Timur, pola aliran sungai yang berkembang adalah pola dendritik yang mencirikan bahwa secara umum batuan yang menempati daerah tersebut relatif homogen.

### **2.2.2 Stratigrafi**

Secara regional daerah penelitian termasuk kedalam Formasi Tomata dan kompleks ultramafik. Formasi Tomata terdiri dari: konglomerat, batu lempung, batu pasir dan tuff sedangkan kompleks ultramafik terdiri dari: hazburgite, lherzolite, serpentinite, dunite, diabas, dan gabro.

Di daerah penelitian dapat dijumpai 2 (dua) jenis batuan yang menjadi penyusun utama yaitu batuan beku dan batuan sedimen. Batuan beku terdiri dari peridotit sedangkan batuan sedimen terdiri dari konglomerat dan batu pasir.

#### 1. Satuan Peridotit

Satuan Peridotit merupakan satuan tertua yang tersingkap di daerah penelitian. Satuan ini mempunyai penyebaran sekitar 45% dari luas daerah penelitian. Penyebaran satuan ini menempati bagian Barat daerah penelitian. Warna hijau gelap, warna lapuk coklat kemerahan, coklat kekuningan, stuktur masif, tektur afanitik sampai fanerik, komposisi mineral olivin, piroksen, serpentin dan lain-lain.

#### 2. Satuan Konglomerat

Penamaan satuan konglomerat berdasarkan pengamatan di lapangan tersusun oleh batuan konglomerat dengan sisipan batupasir. Satuan ini terendapkan secara tidak selaras di atas satuan peridotit, mempunyai penyebaran sekitar 65% dari luas daerah penelitian. Penyebaran satuan berada di bagian Timur daerah penelitian. Batuan konglomerat berwarna abu-abu kekuningan dengan fragmen peridotit dan basalt, ukuran 2 sampai 20 cm, matrik berupa batupasir sedangkan warna lapuk hitam kecoklatan, merah kecoklatan, sortasi buruk dan kemas terbuka. Batu pasir berwarna kuning kecoklatan, ukuran butir pasir sedang, struktur berlapis.

#### 2.2.3 Struktur Geologi

Struktur kekar berkembang secara intensif pada satuan Peridotite dengan intensitas yang berbeda-beda. Struktur kekar mempunyai implikasi yang sangat penting dalam pembentukan endapan laterit. Struktur kekar ini merupakan salah satu faktor yang menghasilkan endapan Nikel Laterit. Pada batuan ultramafik kekar –kekar tersebut terisi oleh mineral-mineral sekunder hasil pelarutan mineral primrer dari batuan ultramafik tersebut seperti Garnierit, serpenti dan oksida besi yang mengisi kekar-kekar pada batuan Ultramafik.



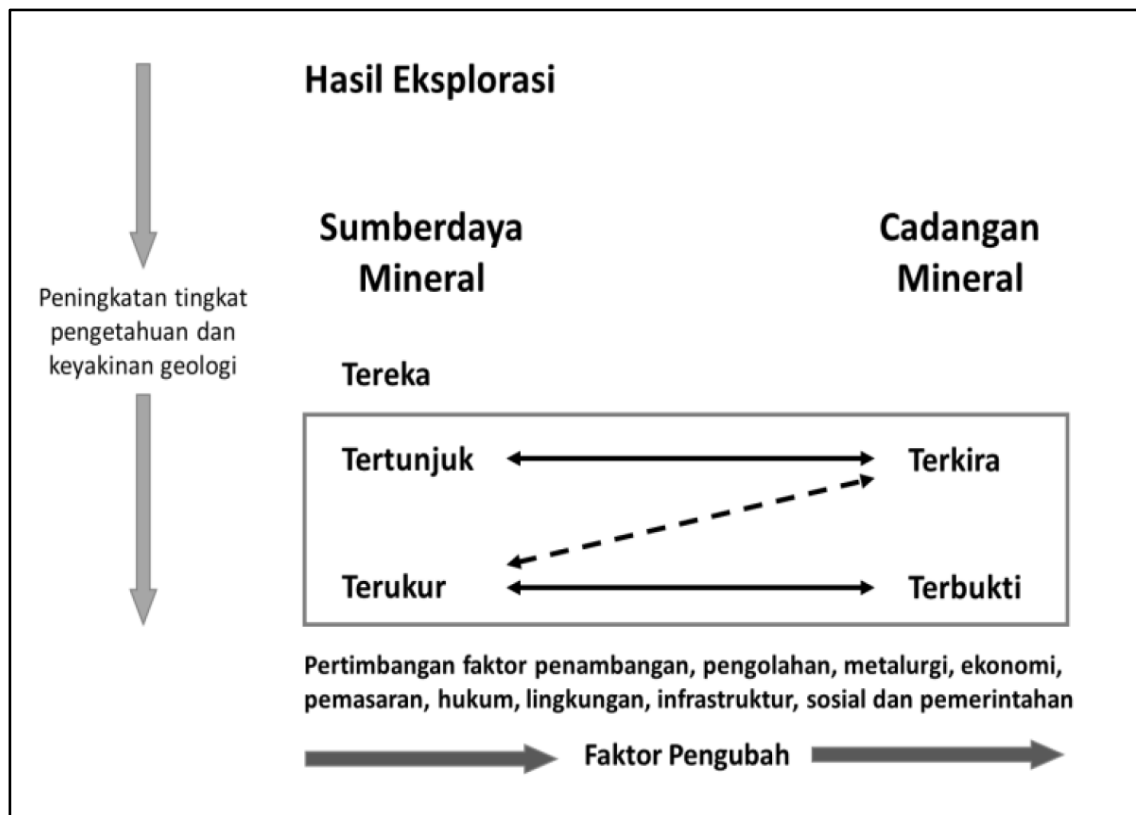
Rekahan daerah penelitian sangat mempengaruhi distribusi unsur-unsur pada profil kimia daerah tersebut, dimana pembentukan rekahan-rekahan pada batuan dasar berupa batuan ultramafik yang intensitasnya berbeda-beda, sehingga berpengaruh pada tingkat pelapukan dan pengkayaan unsur Ni, serta unsur-unsur lain yang ada pada profil laterit. Daerah yang mempunyai intensitas pengekarannya yang intensif kemungkinan akan mempunyai zona penambahan bijih yang lebih tebal dibandingkan dengan pengekarannya kurang begitu intensif. Perbedaan intensitas inilah yang menyebabkan ketidak normalan dari distribusi pengkayaan unsur-unsur dalam profil laterit.

### **2.3 Klasifikasi Sumberdaya Mineral**

Sumberdaya mineral adalah konsentrasi natural mineral pada keadaan *in-situ* di dalam suatu batas bentuk geologis. Karakteristik geologi (kuantitas, kadar, dan kontinuitas) sebagian diketahui, diperkirakan, atau ditafsirkan dari bukti berbasis luas dan pengetahuan regional. Kehadiran mineralisasi disimpulkan tanpa verifikasi komprehensif dan konsep *cut-off*. Penekanan utama adalah pendataan estimasi sumberdaya dengan keyakinan yang rendah dibuat selama tahap awal eksplorasi atau disekitar batas konsentrasi ekonomi yang diketahui. Bukti didasarkan pada pengambilan sampel pada skala yang luas. Kelangsungan ekonomi masih bersifat prematur pada tahap awal dan diharapkan untuk dikembangkan setelah tahap eksplorasi lanjutan. Bentuk, kuantitas, dan kadar menunjukkan minat intrinsik di masa depan dan prospek yang masuk akal untuk ekstraksi yang pada akhirnya menguntungkan (Haldar, 2018).

Indonesia memiliki potensi sumberdaya mineral yang sangat besar, sehingga dalam pelaporan hasil eksplorasi, sumberdaya mineral, dan cadangan bijih, Indonesia membentuk Kode KCMI (Komite Cadangan Mineral Indonesia) sebagai pedoman pelaporan mengadopsi Kode JORC (*Joint Ore Reserves Committee*) yang dianggap kredibel (KCMI, 2017).

Berdasarkan Kode KCM (2017), 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 keprospekan yang beralasan untuk pada akhirnya dapat diekstraksi secara ekonomis. Aspek yang perlu diketahui dalam sumberdaya mineral yaitu lokasi, kuantitas, kadar, karakteristik geologi, dan kemenerusan, sehingga dapat dilakukan estimasi atau intepretasi berdasar bukti-bukti dan pengetahuan geologi yang spesifik, termasuk pengambilan contohnya. Sumberdaya mineral dikelompokkan lagi berdasar tingkat keyakinan geologinya, kedalam kategori tereka, tertunjuk dan terukur (KCM, 2017). Keterkaitan antara hasil eksplorasi, sumberdaya mineral dan cadangan mineral dijelaskan pada Gambar 2.2.



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

Klasifikasi sumberdaya diklasifikasikan berdasarkan tingkat keyakinan geologi dan terdiri menjadi tiga jenis, yaitu (KCM, 2017):

### 2.3.1 Sumberdaya mineral tereka

Sumberdaya mineral tereka yaitu 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.

### 2.3.2 Sumberdaya mineral tertunjuk

Sumberdaya mineral tertunjuk yaitu 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 diantara titik-titik pengamatan.

### 2.3.2 Sumberdaya mineral terukur

Sumberdaya mineral terukur yaitu 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 contoh dan pengujian yang detail dan andal, dan memadai untuk memastikan kemenerusan geologi dan kadar atau kualitasnya diantara 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.

Tingkat keyakinan dalam estimasi harus memadai untuk memungkinkan penerapan parameter keteknikan dan keekonomian, dan memungkinkan dilakukannya suatu evaluasi kelayakan ekonomi yang memiliki tingkat kepastian lebih tinggi dibandingkan dengan evaluasi yang berdasarkan atas sumberdaya Mineral Tertunjuk.

## **2.4 Metode Estimasi Sumberdaya**

Estimasi sumberdaya adalah estimasi dari bijih endapan mineral yang mana bagian dari perhitungan cadangan yang merupakan hal yang paling vital sebelum dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu perhitungan cadangan yang mana akan dievaluasi apakah endapan mineral tersebut layak untuk dilanjutkan ke tahap eksplorasi selanjutnya (Rafsanjani *et. al*, 2016).

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).

Metode untuk estimasi sumberdaya umumnya bergantung pada keadaan geologi endapan, metode eksplorasi, keakuratan data dan nilai koefisien variasi, manfaat serta tujuan estimasi sumberdaya. Dalam mengestimasi sumberdaya atau pemodelan

umumnya dibagi menjadi dua metode, yaitu metode tradisional dan metode modern. Metode tradisional diselesaikan secara manual pada perencanaan atau suatu bagian, sedangkan metode modern seperti metode *Inverse Distance Weighting* dan metode *Nearest Neighbour Point*, yang membutuhkan penggunaan *software*.

#### 2.4.1 Metode *Inverse Distance Weighting*

Metode IDW (*Inverse Distance Weighting*) adalah salah satu dari metode penaksiran dengan pendekatan blok model yang sederhana dengan mempertimbangkan titik di sekitarnya. Asumsi dari metode ini adalah nilai interpolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dekat daripada 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 (Kurnianto *et. al*, 2019). 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).

Bagaimanapun juga, tujuan yang paling penting yaitu untuk memprediksi kadar dan tonase dari material yang akan ditambang. Ada dua situasi penting yang harus diperhatikan dalam melakukan estimasi:

1. 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.
2. Estimasi akhir yaitu estimasi yang bertujuan untuk menentukan material *ore* dan material *waste*.

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.

Metode IDW (*Inverse Distance Weighting*) merupakan suatu cara penaksiran yang telah memperhitungkan adanya jarak, merupakan kombinasi linear atau rata-rata pembobotan (*weighting average*) dari titik-titik data yang ada disekitarnya. Dalam penaksiran data kadar dilakukan teknik-teknik pembobotan yang ada pada umumnya didasarkan pada letak grid yang atau blok yang akan ditaksir terhadap letak data sampel, kecenderungan penyebaran kualitas data (Zibuka *et. al*, 2016).

Orientasi setiap sampel yang menunjukkan hubungan letak ruang antar sampel. 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 poligon sampel terdekat.

Dalam metode ini, 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,

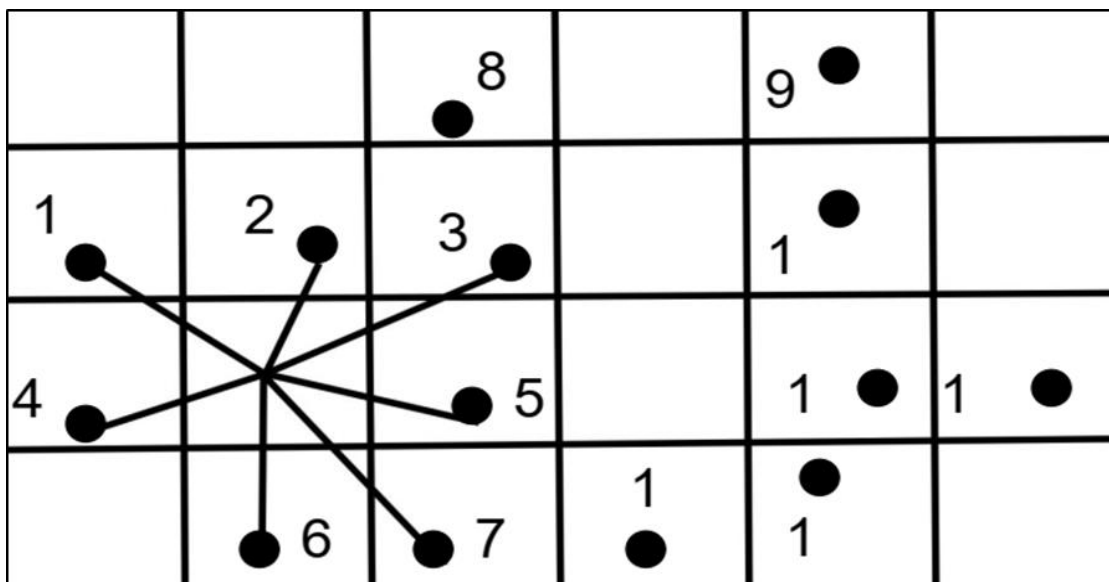
Z = Kadar taksiran (%)

n = Jumlah data

i = Kadar ke-i (%)

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

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). Data di dekat blok memperoleh bobot lebih besar, sedangkan data jauh dari blok bobotnya lebih kecil. Bobot ini berbanding terbalik dengan jarak data dari blok yang ditaksir. Metode ini hanya memperlihatkan jarak dan belum memperlihatkan efek pengelompokan data, sehingga data dengan jarak yang sama namun mempunyai sebaran yang berbeda masih akan memberikan hasil yang sama sehingga tidak memberikan korelasi ruang antara titik data dengan titik data yang lain. Metode IDW yang digunakan yaitu di mana kadar dibagikan pada blok-blok terdekat dengan jarak tertentu untuk tiap titik pengambilan sampel seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 2.3 Metode estimasi sumberdaya dengan IDW (Arifuddin, 2007).

Suatu penyederhanaan yang akan dilakukan dalam pembahasan IDW ini akan mempertimbangkan blok-blok lebih sebagai nilai titik dari pada sebagai volume dengan memperlakukan blok sebagai titik (*point*). Kadar blok dapat dihitung rata-rata berdasarkan jarak dari pusat blok ke titik sekelilingnya, apalagi blok ini dibagi menjadi blok-blok yang lebih kecil sehingga estimasinya dapat dilakukan untuk setiap sub blok dan hasilnya dapat dijumlahkan.

#### 2.4.2 Metode *Nearest Neighbour Point*

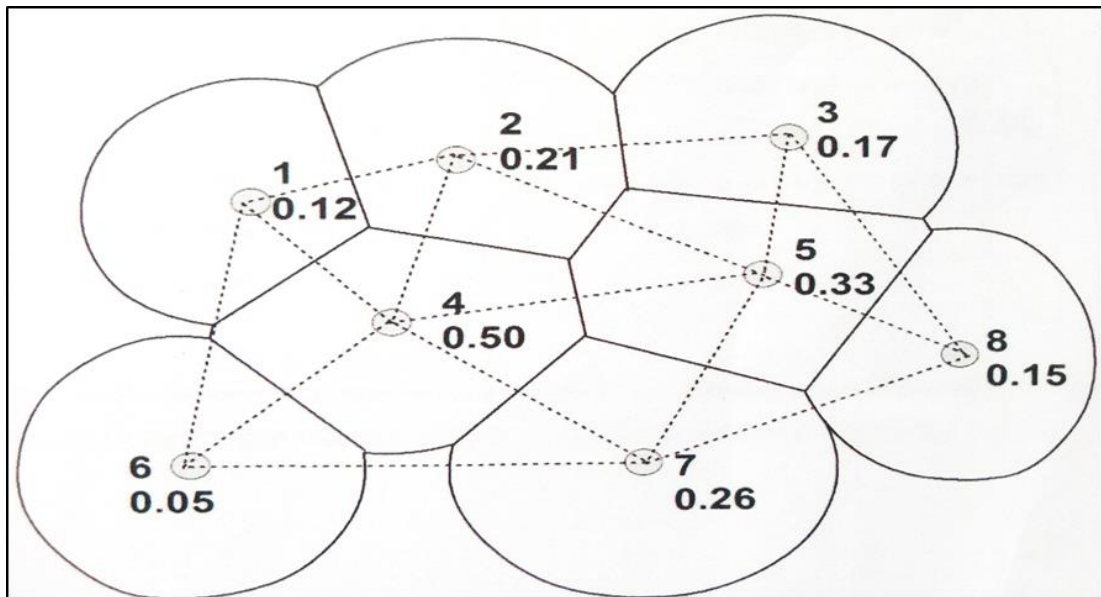
Metode NNP (*Nearest Neighbour Point*) atau biasa juga disebut sebagai metode poligon contoh terdekat, dimana pengambilan nilai estimasi terhadap titik berdasarkan pada pengaruh masing-masing titik mengikuti titik terdekat. Metode ini umumnya digunakan pada endapan yang relatif homogen dan mempunyai geometri yang sederhana (Kurnianto *et. al*, 2019). Metode *Nearest Neighbour Point* memperhitungkan nilai di suatu blok didasari oleh nilai titik paling dekat dengan blok tersebut. Kerangka blok model, dikenal jenis penaksiran polygon dengan jarak titik terdekat (*rule of nearest point*), yaitu nilai hasil penaksiran hanya dipengaruhi oleh nilai contoh yang terdekat atau dengan kata lain titik (blok) terdekat memberikan nilai pembobotan satu untuk titik yang ditaksir sedangkan titik (blok) yang lebih jauh memberikan nilai pembobotan nol atau tidak mempunyai pengaruh (Hartman, 1992).

Luas yang mengelilingi lubang bor didefinisikan dengan cara yang sedemikian rupa sehingga batas pinggirnya selalu berjarak sama dengan titik terdekat. Walaupun demikian, sedikit kekurangan akan hilang dalam menggunakan jarak tetap (teratur). Nilai titik pengamatan dipertimbangkan tetap atau sama dengan titik didekatnya. Oleh karena itu, perlu dihitung jarak dari pusat – pusat blok ke lokasi yang kadarnya diketahui disekelilingnya dengan membagikan kadar itu pada blok kadar yang paling dekat. Bila jarak tersebut lebih besar dari jarak pengaruh maka tidak dibagi kadarnya. Dalam beberapa hal, pusat blok dapat berjarak sama dari satu atau lebih kadar – kadar yang sudah diketahui.

Kadar pada suatu titik hanya ditentukan dengan kadar yang terdekat atau tidak sama sekali. Pembobotan yang lebih canggih akan memperbolehkan semua kadar pada suatu titik dengan mengasumsikan perubahan linear kadar yang diketahui, akan dapat



dihitung kadar yang diharapkan pada titik a, b, c, dan d dengan menggunakan rumus sebagai berikut:



Gambar 2.4 Metode estimasi sumberdaya menggunakan poligon (Hartman, 1992).

Metode estimasi dengan rumus di atas itulah yang disebut teknik pembobotan Metode *Nearest Neighbour Point* (NNP). Pengaruh kadar sekelilingnya berbanding terbalik dengan jarak yang memisahkan kadar dengan pusat blok itu. Jelas bahwa kadar blok harus sama dengan kadar hasil estimasi.