

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN KADAR UNSUR Ni (*Ore*) DAN
TONASE BERDASARKAN DATA PENGEBORAN DAN
REALISASI PENAMBANGAN DAERAH X PT. VALE
INDONESIA TBK. KABUPATEN LUWU TIMUR,
PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

**NURUL FATIHAH SOUKOTTA
D061181019**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PERBANDINGAN KADAR UNSUR Ni (*ORE*) DAN TONASE BERDASARKAN DATA PENGEBORAN DAN REALISASI PENAMBANGAN DAERAH X PT. VALE INDONESIA TBK. KABUPATEN LUWU TIMUR, PROVINSI SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh :

NURUL FATIHAH SOUKOTTA

D061 18 1019

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Pogram Studi Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

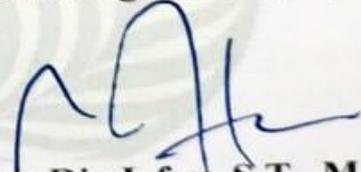
Menyetujui,

Pembimbing Utama



Meinarni Thamrin, S.T., M.T.
NIP. 19710512 200812 2 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T.
NIP. 19700606 199412 2 001

Mengetahui
Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng Hendra Pachri, S.T., M.Eng.
NIP. 19771214200501 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Nurul Fatimah Soukotta
NIM : D061181019
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ Analisis Perbandingan Kadar Unsur Ni (*Ore*) Dan Tonase Berdasarkan Data Pengeboran Dan Realisasi Penambangan Daerah X Pt. Vale Indonesia Tbk. Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan }

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

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

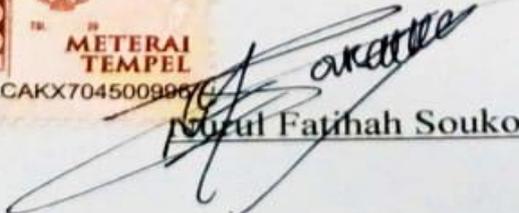
Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Makassar, 24 Oktober 2023

Yang Menyatakan




Nurul Fatimah Soukotta

ABSTRAK

NURUL FATIHAH SOUKOTTA. *Analisis Perbandingan Kadar Unsur Ni (Ore) Dan Tonase Berdasarkan Data Pengeboran Dan Realisasi Penambangan Daerah X Pt. Vale Indonesia Tbk. Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan (dibimbing oleh Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., dan M.T Meinarni Thamrin, S.T., M.T.)*

Daerah penelitian tugas akhir berada di area penambangan PT. VALE Indonesia Tbk. Desa Sorowako Kecamatan Nuha, Kabuapten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan yang secara astronomis terletak pada koordinat $2^{\circ}33'0.00''$ LS - $2^{\circ}34'30''$ LS dan $121^{\circ}20'30''$ BT - $121^{\circ}21'30''$ BT. Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan kadar Ni dan tonase, serta faktor yang mempengaruhi nilai tersebut. Metode yang digunakan yaitu pengamatan langsung di lapangan dengan pengolahan data menggunakan *software* maupun analisis laboratorium.

Pada daerah penelitian didapatkan bahwa kadar Ni pada pengeboran, yaitu Ni 2.01 %. Sedangkan pada sampel cek Rom pile Ni 2,18% dan pada sampel produksi yaitu Ni 2,004%. Persentase perbedaan kadar Ni data pengeboran dan aktual penambangan yaitu sebesar 0.009%. Sedangkan hasil tonase didapatkan dari data pengeboran yaitu sebesar 32.793 ton dan aktual penambangan yaitu 45.516 ton. Untuk total perbedaan tonase dari pengeboran dan aktual penambangan yaitu sebesar 12.323 wmt. Perbedaan kadar dari hasil estimasi dapat dipengaruhi oleh grid atau spasi pengeboran 50 meter yang digunakan serta nilai power dari metode estimasi *inverse distance weight* yang digunakan. Sedangkan kenaikan tonase dan kadar Ni merupakan hasil dari proses *selective mining* yang dilakukan. Adapun penurunan pada sampel produksi dapat disebabkan oleh adanya dilusi.

Kata kunci : Sorowako; pertambangan nikel; laterit; Rom pile; dilusi

ABSTRACT

NURUL FATIHAH SOUKOTTA. *Comparative Analysis of Element Ni (Ore) Content and Tonnage Based on Drilling Data and Realization of Mining Area X Pt. Vale Indonesia Tbk. East Luwu Regency, South Sulawesi Province (guided by Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T. and Meinarni Thamrin, S.T., M.T.)*

The research area is in the mining area of PT. VALE Indonesia Tbk. Sorowako Village, Nuha District, East Luwu Regency, South Sulawesi Province, which is astronomically located at the coordinates 2°33'0.00" - 2°34'30" South latitude and 121°20'30"- 121°21'30" East Longitude. The purpose of this study is to determine changes in Ni content and tonnage, as well as the factors that influence these values. The method used is direct observation in the field with data processing using software and laboratory analysis.

In the study area it was found that the Ni content in drilling was 2.01 % Ni. Meanwhile, in the vestile check sample, Ni was 2.18% and in the production sample, Ni was 2.004%. The percentage difference in Ni content from drilling data and actual mining is 0.009%. While the tonnage results were obtained from the drilling data which was 32,793 tons and the actual mining was 45,516 tons. The total difference in tonnage from drilling and actual mining is 12,323 wmt. The difference in grades from the estimation results can be influenced by the grid or 50 meter drilling spacing used and the power value of the inverse distance weight estimation method used. While the increase in tonnage and Ni content was the result of the selective mining process that was carried out. The decrease in production samples can be caused by dilution.

Keywords : *Sorowako; nickel mining; laterite; Rom pile; dilution*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur senantiasa dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga proposal tugas akhir atau penelitian dengan judul “**Analisis Perbandingan Kadar Unsur Ni (Ore) Dan Tonase Berdasarkan Data Pengeboran Dan Realisasi Penambangan Daerah X PT. Vale Indonesia Tbk. Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan**” ini dapat terselesaikan tanpa ada halangan suatu apapun.

Pada kesempatan ini , tak lupa diucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam membimbing, mengarahkan, serta selalu memberikan dukungan, khususnya kepada :

1. Ibu **Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T.** sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dengan ikhlas dan sabar selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Ibu **Meinarni Thamrin, S.T., M.T.** sebagai penasehat Akademik sekaligus sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak **Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T., IPM.** sebagai penguji pada penelitian tugas akhir ini.
4. Bapak **Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.** sebagai ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan sebagai penguji pada penelitian tugas akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen, serta staf pada Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan bimbingannya.
6. Kedua orang tua yaitu bapak Alex Soukotta dan ibu St. Nursulwaty Djafar, serta saudara penulis yaitu Nurwasty Soukotta yang selalu memberikan dukungan baik berupa moril, materil, maupun doa.
7. Pihak PT. Vale Indonesia, Tbk. sebagai tempat pelaksanaan kerja praktik dan pengambilan data tugas akhir.

8. Bapak Kurniawan Edy M., Bapak Arjuna Kanata, dan Ibu Almas Nusrotul Milla selaku pembimbing selama melaksanakan kegiatan kerja praktik sekaligus pengambilan data tugas akhir, yang telah banyak membantu dan memberi bimbingan, serta kepada tim *Mine Ore Quality Control And Screening Station* Bapak Eki, Bapak Jasman, Bapak Arif, dan Bapak Ashari, juga kepada Ibu Yesi yang telah memberi pengenalan materi serta bapak dan ibu staf di Harapan *Mine Office*.
9. Kepada bapak dan ibu staf di eksplorasi, juga kepada kak resga, kak agus, dan kak croseas, kak masyudin, kak indra wahyu, kak ubaid, dan kak wahyu yang selalu memberi bimbingan selama di Enggano.
10. Kepada Bapak Erwandi dan Ibu Heriyanti Chabir yang telah banyak membantu mulai dari awal persiapan hingga kegiatan pengambilan data selesai.
11. Rekan-rekan sesama mahasiswa kerja praktik di PT. Vale Indonesia, Tbk.
12. Teman-teman mahasiswa Teknik Geologi Angkatan 2018 Xenolith.
13. Berbagai pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu, atas segala bantuan maupun dorongan yang diberikan selama ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga segala saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat diperlukan dalam penyempurnaan laporan ini.

Akhir kata penulis mohon maaf kepada semua pihak apabila terdapat kesalahan kata dalam laporan ini dan semoga proposal ini dapat berguna bagi semua pihak yang menggunakannya.

Makassar, 21 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Masalah	2
1.6 Letak, Waktu dan Kesampaian Daerah	3
1.7 Peneliti Terdahulu	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional	5
2.1.1 Geomorfologi	5
2.1.2 Stratigrafi	6
2.1.3 Struktur dan Tektonika	8
2.2 Batuan Ultramafik	8
2.3 Endapan Laterit	9
2.3.1 Genesa Endapan Nikel Laterit	9
2.3.2 Faktor - faktor Pembentuk dan Profil Endapan Nikel Laterit	11
2.4 Bijih dan Cut Off Grade	14

BAB III METODE PENELITIAN	16
3.1 Tahapan Persiapan.....	16
3.2 Tahapan Pengumpulan Data.....	16
3.2.1 Data Hasil Pengeboran.....	16
3.2.2 Sampel Cek Produksi dan Tonase Penambangan.....	17
3.2.3 Sampel Cek Rom pile.....	17
3.2.4 Pengambilan Sampel <i>Bedrock</i>	18
3.2.5 Pengukuran Elevasi Titik Bor.....	18
3.3 Tahapan Pengolahan Data.....	19
3.3.1 Data Pengeboran (Coring).....	19
3.3.2 Realisasi Penambangan.....	23
3.3.3 Preparasi Sampel <i>Bedrock</i>	23
3.3.4 Pengukuran Elevasi.....	23
3.4 Tahapan Analisis Data.....	23
3.4.1 Perbandingan Data Pengeboran (Coring) dan Realisasi Penambangan.....	23
3.4.2 Analisis Sampel <i>Bedrock</i>	24
3.4.3 Perbandingan Elevasi.....	24
3.5 Penyusunan Laporan.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Geologi Daerah Penelitian.....	26
4.1.1 Morfologi Daerah Penelitian.....	26
4.1.2 Litologi Daerah Penelitian.....	27
4.1.3 Struktur Daerah Penelitian.....	29
4.2 Analisa Profil Endapan Nikel Laterit dan Distribusi Unsur Ni	29
4.2.1 Analisa Profil Endapan Nikel Laterit	29
4.2.2 Distribusi Unsur Ni	35
4.3 Analisa Kadar Ni (<i>Ore</i>) dan Tonase.....	37
4.3.1 Analisa Kadar Ni (<i>Ore</i>).....	37
4.3.1.1 Identifikasi Data Pada Titik Bor.....	37
4.3.1.2 Analisis Kadar Hasil Realisasi Penambangan.....	39
4.3.2 Analisis Tonase <i>Ore</i>	40
4.3.2.1 Identifikasi Data Pada Titik Bor.....	40

4.3.2.2	Analisa Hasil Realisasi Penambangan.....	40
4.3.2.3	Perbandingan Kadar Ni dan Tonase Dari Data Pengeboran, Rom pile, dan Produksi.....	40
4.4	Analisa Faktor Yang Dapat Mempengaruhi Kadar Ni Dan Tonase.....	41
4.4.1	Grid atau Spasi Pemboran Kegiatan Eksplorasi.....	42
4.4.2	Dilusi.....	42
4.4.3	Preparasi Conto Sampel.....	44
4.4.4	Proses <i>Selective Mining</i>	43
BAB V PENUTUP		46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA		48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta tunjuk lokasi.....	4
Gambar 2	Peta geologi malili sulawesi selatan.....	6
Gambar 3	Penyebaran batuan ultramafik di Sulawesi.....	9
Gambar 4	Profil laterit.....	13
Gambar 5	Aktivitas pengeboran untuk memperoleh sampel core.....	17
Gambar 6	Proses pengambilan sampel batuan dasar Dunit.....	18
Gambar 7	Pengukuran elevasi akhir dati titik bor menggunakan alat theodolite.....	19
Gambar 8	Contoh beberapa tahapan preparasi sampel basah (menimbang dan menghomogenkan).....	20
Gambar 9	Tahapan preparasi sampel kering.....	21
Gambar 10	Pembuatan sampel dan analisis laboratorium menggunakan alat x- ray flourence.....	22
Gambar 11	Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 12	Morfologi daerah Sorowako difoto dengan arah N 210° E..	27
Gambar 13	Kenampakan batuan dasar dunit dan rekahan berupa kekar.....	28
Gambar 14	Kenampakan petrografi sayatan tipis sampel C155441Z litologi dunit dengan komposisi mineral terdiri dari olivin (OL) dan mineral opaq (Opq).....	28
Gambar 15	Profil laterit daerah penelitian.....	29
Gambar 16	Kenampakan layer limonit hasil pengeboran dengan nomor titik bor C156633Z daerah X PT Vale Indonesia, Tbk.....	31
Gambar 17	Kenampakan layer saprolit dari core meteran 31 hingga core meteran 36.7 dengan nomor titik bor C156633Z daerah X PT Vale Indonesia, Tbk.....	31
Gambar 18	Kenampakan layer bedrock dari core meteran 36.7 hingga core meteran 40 dengan nomor titik bor C156633Z daerah X PT Vale Indonesia, Tbk.....	31

Gambar 19	Profil vertikal geokimia titik bor C156633Z.....	32
Gambar 20	Kenampakan layer limonit hasil pengeboran dengan nomor titik bor C156634Z daerah X PT Vale Indonesia, Tbk.....	33
Gambar 21	Kenampakan layer saprolit dari core meteran 8 hingga core meteran 16 dengan nomor titik bor C156634Z daerah X PT Vale Indonesia, Tbk.....	33
Gambar 22	Kenampakan layer bedrock dari core meteran 16 hingga core meteran 21 dengan nomor titik bor C156634Z daerah X PT Vale Indonesia, Tbk.....	34
Gambar 23	Profil vertikal geokimia titik bor C156634Z.....	34
Gambar 24	Peta sebaran unsur Ni pada daerah penelitian.....	35
Gambar 25	Interpolasi kadar nikel pada blok model.....	36
Gambar 26	Sayatan A-B dari dua titik bor.....	37
Gambar 27	Penampang hasil sayatan A-B.....	37
Gambar 28	Solid lapisan ore.....	38
Gambar 29	Blok ore COG 1.5%.....	39
Gambar 30	Diagram perbandingan kadar Ni.....	41
Gambar 31	Diagram perbandingan tonase.....	41
Gambar 32	Cross section perbandingan antara perencanaan dan actual penambangan.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Rata-rata unsur Ni dari data pengeboran.....	38
Tabel 2	Perbandingan elevasi dan total kedalaman data bor dan realisasi penambangan.....	44

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
%	Persen
COG	<i>Cut Off Grade</i>
KJml	Formasi Masiku
Kml	Formasi Matano
Mtmm	Pualan / Marmer
MTpm	Komplek Pompangeo
MTs	Batuan Serpentin
Mtosm	Batuan Mafik
MTosu	Batuan Ultramafik
Olv	Olivin
Opq	Opaq
ROM	<i>Run Of Mining</i> / aliran bijih dari tambang

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Deskripsi Petrografi.....	51
Lampiran 2	Sampel cek produksi.....	53
Lampiran 3	Total tonase dan sampel produksi.....	56
Lampiran 4	Sampel cek Rom pile.....	57
Lampiran 5	Peta – peta	
	A. Peta Stasiun	
	B. Peta Geologi	
	C. Peta Sebaran Ni	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia menjadi salah satu negara potensial dari segi sumber daya alam utamanya sumber daya mineral. Semakin banyaknya kebutuhan pasar terkait bahan baku sumber daya mineral mendorong untuk terus dilakukannya kegiatan eksplorasi dan eksploitasi, tak terkecuali ekplorasi bahan logam mulia dan logam dasar. Salah satu bahan galian mineral logam yang banyak dibutuhkan adalah bahan galian bijih nikel laterit yang jika dilihat dari karakteristik geologi dan tatanan tektoniknya dapat banyak dijumpai di lengan tenggara Sulawesi. Hal ini dapat menjadi peluang bagi beberapa pihak dengan secara resmi untuk mengeksploitasi wilayah tersebut.

Cebakan nikel laterit yang ada pada lengan tenggara Sulawesi merupakan produk pelapukan batuan ultramafik *East Sulawesi Ophiolite* (ESO) dengan karakter batuan ultramafiknya yaitu adanya lherzolit yang lebih besar daripada harzburgit dan dunit, kecuali di sekitar area Sorowako dengan dominasi harzburgit dan dunit (Kadarusman dkk, 2004).

Hasil dari pelapukan kimia batuan ultramafik seiring waktu secara skala waktu geologi akan membentuk beberapa lapisan atau zonasi. Pada tiap zonasi memiliki karakteristik dan ketebalan lapisan yang berbeda dan menyebar secara tidak merata atau membentuk profil laterit yang irregular. Bentuk dari profil laterit yang irregular menyebabkan distribusi unsur tidak merata, sehingga dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi hasil dari tonase dan nilai kadar dari realisasi proses penambangan jika dibandingkan dengan data estimasi cadangan dari data pengeboran seperti yang dijumpai di daerah penelitian dimana terdapat *bottom ore* yang tidak sesuai dengan data pengeboran. Oleh karena itu, dilakukan perbandingan antara data pengeboran dengan hasil realisasi penambangan untuk melihat persentase perbedaan kadar dan besar pengaruhnya terhadap tonase. Berdasarkan uraian tersebut, dilakukanlah penelitian “Analisis Perbandingan Kadar Unsur Ni (*Ore*) dan Tonase Berdasarkan Data Pengeboran dan Realisasi Penambangan Daerah X PT Vale Indonesia, Tbk. Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur,

Provinsi Sulawesi Selatan”. Hasil dari penelitian ini selain dapat menjadi hasil penelitian baru, juga dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk penerapan metode – metode penambangan selanjutnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi geologi pada daerah penelitian?
2. Bagaimana profil laterit dan distribusi unsur pada daerah penelitian ?
3. Bagaimana persentasi kadar unsur Ni dan tonase *ore* berdasarkan data pengeboran dan hasil realisasi penambangan, serta faktor yang mempengaruhinya?

1.3 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan kadar Ni dan tonase.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kondisi geologi pada daerah penelitian.
2. Mengetahui profil laterit dan distribusi unsur pada daerah penelitian.
3. Mengetahui kadar unsur Ni dan tonase *ore* berdasarkan data pengeboran dan dari hasil realisasi penambangan, serta faktor yang mempengaruhi terjadinya perbedaan kadar unsur Ni dan Tonase.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian diharapkan dapat membantu perusahaan dalam mengevaluasi ketercapaian target produksi dengan faktor yang menyebabkan adanya ketidaksesuaian.
2. Hasil penelitian diharapkan dapat menambah pengetahuan terhadap kondisi nyata di lapangan dan dapat digunakan sebagai acuan pada penelitian lain yang ingin meneliti permasalahan yang sama.

1.5 Batasan Masalah

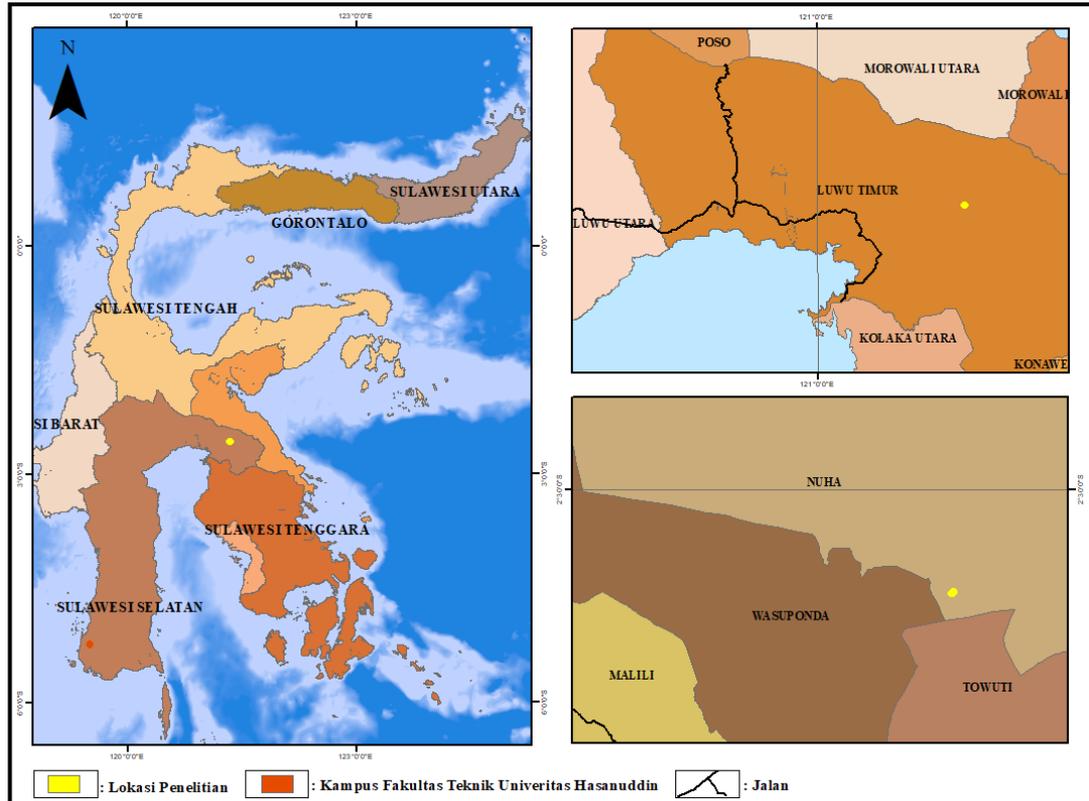
Dalam melakukan penelitian ini, masalah dibatasi dengan menentukan perubahan salah satu unsur yang digunakan untuk mencapai minimal nilai *cut off*

garde yaitu unsur Ni dan juga perbandingan total tonasenya yang berasal dari data pengeboran (hasil blok model), sampel *surface*, dan Rom pile.

1.6 Letak, Waktu dan Kesampaian Daerah

Daerah penelitian termasuk dalam salah satu PIT penambangan pada PT. Vale Indonesia, Tbk. yang secara administratif berada di Desa Sorowako Kecamatan Nuha, Kabuapten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara geografis terletak di bagian selatan gariskhatulistiwa pada koordinat $2^{\circ}33'0.00''$ LS - $2^{\circ}34'30''$ LS dan $121^{\circ}20'30''$ BT - $121^{\circ}21'30''$ BT yang berbatasan langsung dengan Danau Matano di sebelah utara, di sebelah timur berbatasan dengan Danau Mahalona dan Provinsi Sulawesi Tengah, sebelah selatan berbatasan dengan Wawondula, Kabupaten Kendari, Provinsi Sulawesi, dan sebelah barat berbatasan dengan Wasoponda. Pengambilan data dilakukan pada blok barat area penambangan PT. VALE Indonesia Tbk. yang dilakukan pada bulan Mei – Juli 2022

Daerah penelitian dapat dicapai dengan menggunakan transportasi darat dari Makassar bergerak ke arah timur laut menuju ke Desa Sorowako melewati beberapa kabuptaen dimulai dari Kota Makkasar, Kabupaten Maros, Kabupaten Pangkep, Kabupaten Barru, Kota Pare – Pare, Kabupaten Sidrap, Kota Palopo, Masamba, dan Malili dengan waktu tempuh sekitar 13 jam dengan jarak 650 Km. Selain itu, lokasi penelitian juga dapat dicapai menggunakan transoprtasi pesawat dari Bandara Sultan Hasanuddin ke Bandara Sorowako.



Gambar 1 Peta tunjuk lokasi

1.7 Peneliti Terdahulu

Beberapa ahli geologi yang pernah mengadakan penelitian di daerah ini yang sifatnya regional diantaranya sebagai berikut :

1. Rab Sukamto (1975), penelitian perkembangan tektonik sulawesi dan sekitarnya yang merupakan sintesis yang berdasarkan tektonik lempeng.
2. Simanjuntak (1980), penelitian tentang kondisi geologi regional khususnya pada lembar Bungku, Sulawesi.
3. Armstrong (2012), penelitian tentang kondisi struktur geologi pada pulau Sulawesi Sarasin (1901), penelitian tentang geografi dan geologi pada pulau Sulawesi
4. Waheed Ahmad (2005 dan 2008), penelitian mengenai mine geology dan geology eksplorasi yang dimana kedua penelitian tersebut merupakan cikal bakal dalam pembangunan pabrik, kegiatan eksplorasi dan mining dari PT. Vale Indonesia, Tbk

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Secara umum, daerah penelitian terletak di daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur yang termasuk ke dalam lembar Malili. Adapun geologi regional pada daerah tersebut, yaitu :

2.1.1 Geomorfologi

Pembahasan mengenai morfologi daerah ini dapat dibagi menjadi empat bagian yaitu daerah pegunungan, daerah perbukitan, daerah Karst dan daerah Pedataran.

Daerah Pegunungan menempati bagian barat dan tenggara dengan terdapat dua rangkaian pegunungan yaitu pegunungan Tineba dan Pegunungan Koro-Ue dengan ketinggian antara 700-3016 m di atas permukaan laut yang memanjang dari barat laut - tenggara, serta disusun oleh batuan granit dan malihan. Sedangkan di bagian tenggara terdapat Pegunungan Verbeek dengan ketinggian antara 800-1346 m di atas permukaan laut, dibentuk oleh batuan ultramafik dan batugamping.

Daerah perbukitan berupa perbukitan yang agak landai menempati bagian tengah dan timur laut dengan ketinggian antara 200 - 700 m di atas permukaan laut dan dibentuk oleh batuan vulkanik, ultramafik dan batupasir. Puncak-puncak bukit antara lain Bulu Tiruan (630 m), Bulu Tambunana (477 m) dan Bulu Bukila (645 m). Sungai-sungai yang bersumber di daerah pegunungan mengalir melewati daerah ini terus ke daerah pedataran dan bermuara di Teluk Bone.

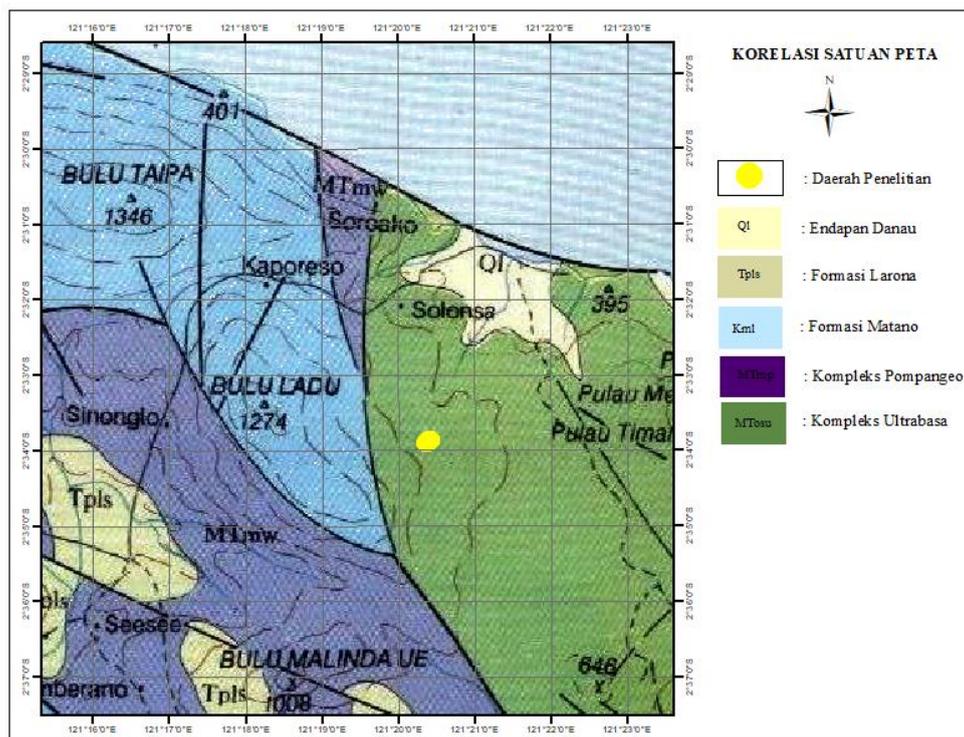
Daerah Karst menempati bagian timurlaut dengan ketinggian antara 800 -1700 m dari permukaan laut dan dibentuk oleh batugampin yang dicirikan oleh adanya dolina, —Sinkhole dan sungai bawah permukaan. Ketinggian Butu Wasopute (1768 m) dan Pegunungan Toruke Empenai (1185 m). Daerah Pedataran menempati daerah selatan lembar peta, melampar mulai dan utara Palopo, Sabbang, Masamba sampai Bone-Bone, dibentuk oleh endapan alluvium. Terdapatnya pola aliran subdendrit dengan air terjun di beberapa tempat.

Daerah pedataran menempati daerah selatan dan dibentuk oleh endapan aluvium seperti Pantai Utara Palopo dan Pantai Malili sebelah Timur. Pola aliran

sungai sebagian besar berupa pola rektangular dan pola dendri

2.1.2 Stratigrafi

Berdasarkan himpunan batuan, struktur dan biostratigrafi, secara regional Lembar Malili termasuk Mandala Geologi Sulawesi Timur dan Mandala Geologi Sulawesi Barat, dengan batas Sesar Palu Koro yang membujur hampir utara-selatan. Mandala Geologi Sulawesi Barat dicirikan oleh lajur gunungapi Paleogen dan Neogen, intrusi Neogen dan sedimen flysch Mesozoikum yang diendapkan di pinggiran benua (Paparannya Sunda). Di Mandala Geologi Sulawesi Timur, batuan tertua adalah batuan ofiolit yang terdiri dari ultramafik termasuk harzburgit, dunit, piroksenit, wehrlit dan serpentinit, setempat batuan mafik termasuk gabro dan basal. Umurnya belum dapat dipastikan, tetapi diperkirakan sama dengan ofiolit di lengan timur Sulawesi yang berumur Kapur – Awal Tersier (Simandjuntak, 1986).



Gambar 2 Peta geologi malili sulawesi selatan

Di bagian barat mendala ini terdapat lajur metamorfik, kompleks Pompangeo yang terdiri dari berbagai jenis sekis hijau di antaranya sekis mika, sekis hornblenda, sekis glaukofan, filit, batusabak, batugamping terdaunkan atau pualam dan setempat breksi. Umurnya diduga tidak lebih tua dari Kapur. Di atas

ofiolit diendapkan tak selaras Formasi Matano: bagian atas berupa batugamping kalsilutit, rijang radiolaria, argilit dan batulempung napalan, sedangkan bagian bawah terdiri dari rijang radiolaria dengan sisipan kalsilutit yang semakin banyak ke bagian atas. Berdasarkan kandungan fosilnya Formasi ini menunjukkan umur Kapur. Batuan tektonika ini tersingkap baik di daerah Wasuponda serta di daerah Ensa, Koro Mudi dan Petumbea, diduga terbentuk sebelum Tersier (Simandjuntak, 1980). Pada Kala Miosen Akhir batuan sedimen pasca orogenesis Neogen (Kelompok Molasa Sulawesi) diendapkan tak selaras di atas batuan yang lebih tua. Kelompok ini termasuk Formasi Tomata. Di Mendala Geologi Sulawesi Barat batuan tertua adalah Formasi Latimojong yang diduga berumur Kapur Akhir.

Stratigrafi regional di sekitar daerah penelitian terdiri dari satuan Endapan Aluvial, Formasi Larona, Formasi Matano, Kompleks Pompango dan Kompleks Ultrabasa. Daerah penelitian berada dalam wilayah kompleks batuan ultramafik saja yang termasuk ke dalam lokasi penelitian. Kompleks batuan ultramafik (MTosu) yang terdiri dari harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterit, serpentinit, dunit.

Harzburgit, hijau sampai kehitaman; holokristalin, padu dan pejal. Mineralnya halus sampai kasar, terdiri atas olivin (60%) dan piroksen (40%). Di beberapa tempat menunjukkan struktur perdaunan. Hasil penghabluran ulang pada mineral piroksen dan olivine mencirikan batas masing-masing kristal bergerigi.

Lherzolit, hijau kehitaman; hotokristalin, padu dan pejal. Mineral penyusunnya ialah olivin (45%), piroksen (25%), dan sisanya epidot, yakut, klorit dan bijih dengan mineral berukuran halus sampai kasar.

Wehrlit, bersifat padu dan pejal; kehitaman; bertekstur afanitik. Batuan ini tersusun oleh mineral olivin, serpentin, piroksen dan iddingsit. Serpentin dan iddingsit berupa mineral hasil ubahan olivin.

Websterit, hijau kehitaman; holokristalin, padu dan pejal. Batuan ini terutama tersusun oleh mineral olivin dan piroksen kilno berukuran halus sampai sedang. Juga ditemukan mineral serpentin, klorit, serisit dan mineral kedap cahaya. Batuan ini telah mengalami penggerusan, hingga di beberapa tempat

terdapat pemilonitan dalam ukuran sangat halus yang memperlihatkan struktur kataklas.

Serpentinit, kelabu tua sampai kehitaman; padu dan pejal. Batuannya bertekstur afanitik dengan susunan mineral antigorit, lempung dan magnetit. Umumnya memperlihatkan struktur kekar dan cermin sesar yang berukuran megaskopis.

Dunit, kehitaman; padu dan pejal, bertekstur afanitik. Mineral penyusunnya ialah olivin, piroksen, plagioklas, sedikit serpentin dan magnetit; berbutir halus sampai sedang. Mineral utama Olivin berjumlah sekitar 90%: Tampak adanya penyimpangan dan pelengkungan kembaran yang dijumpai pada piroksen. Mencirikan adanya gejala deformasi yang dialami oleh batuan ini. Di beberapa tempat dunit terserpentinkan kuat yang ditunjukkan dari struktur sisa seperti jaring dan barik-barik mineral olivine dan piroksen; serpentin dan talcum sebagai mineral pengganti.

2.1.3 Struktur dan Tektonika

Struktur dan geologi Lembar Malili memperlihatkan ciri Komplek tubrukan dan pinggiran benua yang aktif. Berdasarkan struktur himpunan batuan, biostratigrafi dan umur, domain daerah ini dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu alohton atau ofiolit dan malihan, dan autohton yaitu batuan gunungapi dan pluton Tersier dan pinggiran benua Sundaland, serta kelompok molasa Sulawesi.

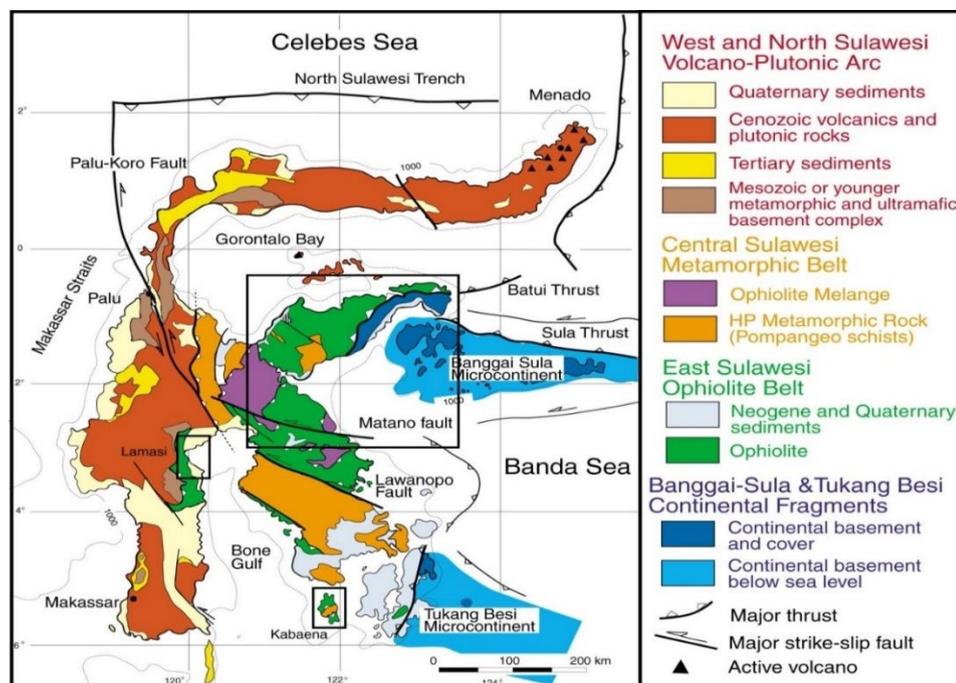
Struktur penting di daerah ini adalah sesar lipatan, selain itu terdapat kekar dan perdaunan. terdapat di daerah ini berupa sesar naik, sesar sungkup, sesar geser dan sesar turun, yang diperkirakan sudah mulai terbentuk sejak Mesozoikum. Sesar Matano dan sesar Palu-Koro merupakan sesar utama berarah baratlaut-tenggara, dan menunjukkan gerak mengiri. Lipatan yang terdapat di daerah ini dapat digolongkan dalam lipatan lemah, lipatan tertutup dan lipatan tumpang tindih.

2.2 Batuan Ultramafik

Batuan ultramafik merupakan jenis batuan beku yang memiliki ukuran kristal kasar dan relatif seragam yang kaya akan mineral mafik (ferro – magnesian) seperti olivin dan piroksin (ortopiroksen, klinopiroksen), hornblende, serta

beberapa mineral yang jarang seperti biotit, garnet, spinel dengan komposisi mineral mafik >90%. (Verdiansyah, 2018).

Batuan ultramafik ini terletak pada lapisan kerak samudera bumi (*oceanic crust*) dan erat kaitannya dengan mekanisme pergerakan lempeng yang menyebabkan batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi, sehingga sering dikaitkan dengan seri batuan kompleks ofiolit. Batuan ultramafik baik yang mengalami serpentinisasi maupun tidak, jika tersingkap di permukaan bumi dapat mengalami proses laterisasi dan membentuk endapan residu laterit. (Tonggiroh, 2019).



Gambar 3 Penyebaran batuan ultramafik di Sulawesi

2.3 Endapan Laterit

Kata laterit memiliki arti batu bata yang berasal dari bahasa latin. (Adi Tonggiroh, 2019). Endapan laterit merupakan hasil proses pelapukan pada daerah humid, warm, atau tropik yang dicirikan oleh melimpahnya unsur besi dan aluminium hidroksida yang umumnya menampilkan bidang perlapisan. Beberapa mineral ekonomis yang bersumber dari proses laterisasi antara lain bauxite, nikel (Ni), mangan (Mn) dan grup elemen platinum (Maulana, 2017).

2.3.1 Genesa Endapan Nikel Laterit

Endapan nikel laterit dapat terbentuk akibat dari proses pelapukan yang

intensif pada batuan yang memiliki kandungan nikel, seperti dunit dengan kandungan olivin yang cukup tinggi, peridotit dengan komposisi olivin dan piroksin, dan serpentin. Pelapukan ini banyak di jumpai di daerah tropis dimana proses tersebut (laterisasi) melepaskan unsur yang mudah larut seperti magnesium(Mg), kalsium(Ca), silika(Si) dari batuan induk, dan juga mengubah nikel menjadi garnierite utamanya pada lapisan saprolite (Golightly, 1981). Hasilnya dijumpai nikel dengan grade yang umumnya berkisar 1,5-3 % Ni. Adanya mekanisme rekahan dan patahan yang terjadi pada batuan induk juga mendukung dalam berlangsungnya proses pelapukan kimiawi. (Maulana, 2017)

Air tanah yang kaya akan CO₂ menguraikan mineral yang tidak resisten seperti olivin sehingga menghasilkan Mg, Fe, dan Ni yang larut dan juga silika yang cenderung membentuk koloid. Fe dalam larutan mengalami oksidasi membentuk ferri hidroksida dan terbentuk mineral seperti goethite, limonite, dan hematit.

Setelah terjadi proses oksidasi antara unsur yang rentang mengalami oksidasi, selanjutnya terjadi proses pelindian atau proses pelarutan unsur hasil pelapukan dengan bantuan berupa media air dimana sumber utamanya yaitu air hujan yang terus meresap hingga ke batas antara zona limonit dan saprolit, kemudian mengalami transportasi secara lateral. (Irwanday Arif, 2018) Nikel dalam rantai silikat bervariasi akan mengendap pada celah atau rekahan membentuk urat garnierit atau krisopras. Sedangkan unsur seperti Ca dan Mg terbawa sampai ke batas pelapukan. (Primanda, 2018).

Beberapa tipe dari nikel laterit, yaitu:

1. Deposit hidrosilikat (*hydrous silicate*), dapat dikatakan merupakan deposit lapisan saprolit karena didominasi oleh Mg-Ni silikat seperti garnierit dengan kadar nikel yang tinggi, tipe ini secara vertikal dari bawah ke atas dan berkembang bersama *box-works*, *veining*, *relic structure*, *fracture* dan *grain boundaries*.
2. Deposit oksida (*oxide*), yaitu nikel berasosiasi melalui proses substitusi antara unsur Fe dan adsorpsi dengan goethite (FeO(OH)) dan mangan oksida seperti asbalone, dan lithiophorite dan umumnya membentuk lapisan antara limonit dan saprolit. Memiliki kadar nikel yang lebih kecil dibanding deposit hidrosilikat yaitu sekitar 1.2%.

3. Deposit silika lempung (*clay silicate*), merupakan tipe deposit dimana sebagian silika (Si) oleh air akan terlarut dan terdeposisi sedangkan sisanya bersama dengan besi (Fe), nikel (Ni), dan aluminium (Al) membentuk mineral lempung seperti Ni-rich Nontronite pada bagian tengah profil saprolite dengan kadar nikel sebesar 1.2%. (Arif, 2018).

2.3.2 Faktor - faktor Pembentuk dan Profil Endapan Nikel Laterit

Endapan nikel laterit yang ada sekarang terbentuk setelah melalui berbagai proses yang panjang. Adapun faktor-faktor yang dapat mendukung untuk terbentuknya endapan nikel laterit, yaitu:

1. Batuan asal, merupakan syarat utama untuk terbentuknya endapan nikel laterit, dimana batuan asal ini dapat berupa batuan ultramafik seperti peridotit, dunit dan serpentinit. Pada batuan tersebut tersusun oleh mineral-mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin yang terdapat unsur Ni yang paling banyak dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel.
2. Iklim, terjadinya pergantian musim kemarau dan musim penghujan dapat menyebabkan kenaikan dan penurunan permukaan air tanah yang mendukung proses pemisahan dan akumulasi unsur-unsur. Selain itu, pelapukan mekanis dapat terjadi oleh perbedaan temperatur yang cukup besar dan membentuk rekahan-rekahan dalam batuan yang dapat mempermudah proses atau reaksi kimia pada batuan.
3. Reagen-reagen kimia dan vegetasi, yaitu unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO₂ dan asam humus menyebabkan batuan mengalami dekomposisi dan dapat mengubah pH larutan sehingga meningkatkan proses pelapukan kimia. Asam-asam berkaitan dengan vegetasi daerah yang dapat mempermudah penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah dengan mengikuti jalur akar pohon, serta vegetasi dapat berfungsi untuk menjaga hasil pelapukan terhadap erosi mekanis.
4. Struktur, adanya rekahan-rekahan pada batuan induk tersebut akan mempermudah masuknya air dikarenakan batuan beku mempunyai

porositas dan permeabilitas yang kecil sehingga penetrasi air sangat akan sulit sehingga dengan adanya rekahan pelapukan dapat terjadi dan akan lebih intensif.

5. Topografi, akumulasi endapan umumnya terdapat pada daerah landai hingga kemiringan sedang, sehingga air akan bergerak perlahan dan memiliki kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih. Dapat dikatakan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Sedangkan pada daerah yang curam, secara teori bahwa jumlah air mengalami *run off* lebih banyak sehingga menyebabkan pelapukan kurang intensif.
6. Waktu, endapan nikel laterit terbentuk membutuhkan waktu yang sangat lama. Semakin lama waktu maka pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi. (Maulana, 2017)

Setelah melewati proses yang lama maka terbentuk profil laterit umumnya dibagi menjadi tiga kategori yaitu Limonit, Saprolit, dan *Bedrock*. Zona bertingkat berikut dijelaskan dari bawah ke atas, urutan sebenarnya di mana mereka berkembang.

- a. Zona batuan dasar atau *bedrock* terletak di bagian bawah profil, dimana batuan tersebut merupakan batuan ultramafik yang belum terproses. Komposisi kimia batuan sangat dekat dengan komposisi batuan dasar yang tidak berubah. Rekahan masih dalam kondisi awal dan belum terbuka secara signifikan karena tekanan hidrostatik material di atasnya. Selain itu, air tanah yang meresap telah kehilangan hampir semua keasamannya pada saat mencapai zona batuan dasar.
- b. Zona Saprolit, terletak di atas batuan dasar yang tidak berubah dan terdiri dari boluder batuan yang terlapukkan sebagian atau seluruhnya, pelapukan bongkahan dan semakin meningkat ke arah atas. Proses pelapukan dimulai di sepanjang permukaan rekahan, tekstur batuan asli masih dapat dikenali dan proses pelapukan belum sempurna. Pada batuan dasar dengan serpentinisasi yang relatif tinggi, saprolisasi tidak hanya terbatas pada rekahan dan kekar tetapi secara aktif berlangsung di seluruh massa batuan karena sifat lunak batuan yang memungkinkan akses ke air tanah. Di dalam

zona saprolit,. Magnesia terlarut, silika dan alkali akan bergerak dan meninggalkan sisa konsentrasi sesquioxides besi, alumina, krom dan mangan dan menjadi tempat urat garnierit dan pengendapan silika boxwork.

- c. Zona Limonit, terletak di bagian atas profil laterit dan merupakan produk akhir dari pelapukan batuan ultramafik dan konsentrasi residu elemen non-mobile, mengalami proses oksidasi dari udara dan membawa beberapa hematit. Biasa juga disebut besi penutup karena letaknya di bagian paling atas. Di bawah zona hematit, besi sebagian besar dalam bentuk goethite dan limonit, dan merupakan hidroksida besi dengan jumlah air kristalisasi yang banyak. Sementara sesquioxides besi, aluminium dan krom kurang lebih merata di dalam zona limonit, sedangkan mangan dan kobalt dilarutkan dan diendapkan kembali ke bagian bawah zona limonit. (Ahmad, 2006).

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

Gambar 4 Profil laterit

Sedangkan berdasarkan profil laterit secara *mining*, maka profil laterit terbagi menjadi tiga, yaitu:

1. OB atau *overburden*, yaitu material dengan kadar di bawah *cut-off grade* % Ni dan berada pada bagian lapisan paling atas.
2. *Ore*, merupakan material ekonomis dengan kadar di atas *cut-off grade* % Ni dan umumnya berada pada bagian tengah atau dibawah dari lapisan *overburden*.
3. Bluezone, adalah material batuan dasar dengan kadar Ni dibawah *cut-off grade* % Ni. (Taufik, 2020)

2.4 Bijih dan *Cut-Off Grade*

Bijih merupakan mineral berharga yang dicari untuk kemudian di ekstrak pada kegiatan penambangan untuk mendapatkan keuntungan. Bijih juga dapat diartikan sebagai mineral dengan kandungan logam berharga yang dapat diolah dan diambil sesuai dengan teknologi dan dapat memberi keuntungan. Sedangkan *cutt-off grade* merupakan kadar batas yang apabila kadar logamnya berada dibawah dari batas maka tidak memenuhi syarat-syarat keekonomian atau merupakan kadar batas rata- rata terendah dari suatu blok cadangan bahan galian yang apabila ditambang bernilai ekonomis, digunakan untuk membedakan *ore* dan *waste*. Penetapan nilai *cutt off grade* diupayakan dapat diambil serendah mungkin dengan penggunaan teknologi yang lebih efektif dan efisien. Perubahan harga COG dapat berpengaruh pada hasil perhitungan cadangan, jika harga COG naik maka tonase bijih akan turun tetapi rata- rata kadar pada tonase akan mengalami kenaikan.

Cutt-off grade atau batas minimum kadar Nickel yang menguntungkan untuk di tambang yang digunakan pada penelitian ini adalah Nickel *grade* 1.5%.

2.5 Blok Model, Estimasi Sumber Daya dan Metode *Inverse Distance Weighting*

Blok model adalah sebuah database spasial yang mengkombinasikan beberapa blok yang tersusun dan dibuat dalam bentuk 3-D. Untuk membuat suatu blok model dibutuhkan nilai latitude minimum dan maksimum, longitude minimum dan maksimum, dan nilai elevasi sesuai dengan batas yang ingin dibuat.

Blok model selanjutnya dibutuhkan untuk keperluan perhitungan sumberdaya mineral atau estimasi sumberdaya (Arsyidik. 2019).

Estimasi sumberdaya sendiri merupakan perkiraan dari bijih endapan mineral yang menjadi bagian dari perhitungan cadangan. Dalam proses perhitungan sumberdaya telah ada beberapa metode interpolasi yang dikembangkan pada perangkat lunak. salah satunya adalah Metode IDW atau *inverse distance weighting*. IDW atau *inverse distance weighting* adalah metode interpolasi untuk penaksiran suatu nilai pada lokasi tak tersampel berdasarkan data di sekitarnya (Purnomo, 2018).

Metode IDW atau *inverse distance weighting* menganggap bahwa suatu objek yang saling berdekatan akan lebih serupa dibandingkan dengan objek yang saling berjauhan. Metode ini menggunakan nilai di sekeliling titik yang akan ditaksir, dengan tingkat korelasi titik yang ditaksir sumber data penaksir adalah proporsional terhadap jarak dan akan berubah secara linier sesuai dengan jaraknya terhadap data penaksir atau bobot sampel berbanding terbalik dengan jarak sampel terhadap blok yang ditaksir. Adapun faktor yang dapat mempengaruhi hasil penaksiran seperti indikator power yang digunakan, jarak disekitar (*neighboring radius*), ataupun jumlah data penaksir. Nilai parameter power yang umum digunakan adalah ID 1, 2, 3, 4 dan 5 dimana semakin tinggi pangkat yang digunakan maka hasilnya akan semakin mendekati hasil yang lebih baik. (Arsyidik. 2019).