

**SKRIPSI**

**KARAKTERISASI MINERALOGI DAN KIMIA PADA PROFIL  
ENDAPAN NIKEL LATERIT BLOK BARAT SOROWAKO  
DAN BLOK PETEA PT VALE INDONESIA TBK**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**INDRA PRANATA  
D111 20 1076**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**



Optimized using  
trial version  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### KARAKTERISASI MINERALOGI DAN KIMIA PADA PROFIL ENDAPAN NIKEL LATERIT BLOK BARAT SOROWAKO DAN BLOK PETEA PT VALE INDONESIA TBK

Disusun dan diajukan oleh

**Indra Pranata**  
**D111201076**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 12 Agustus 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Irzal Nur, MT.  
NIP.196604091997031002

Ketua Program Studi,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT.  
NIP. 197010052008012026



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indra Pranata  
NIM : D111201076  
Program Studi : Teknik Pertambangan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**Karakterisasi Mineralogi Dan Kimia Pada Profil Endapan Nikel Laterit Blok Barat Sorowako Dan Blok Petea PT Vale Indonesia Tbk**

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

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

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

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

Gowa, 12 Agustus 2024

Yang Menyatakan

  
Indra Pranata



## ABSTRAK

**Indra Pranata.** Karakterisasi Mineralogi Dan Kimia Pada Profil Endapan Nikel Laterit Blok Barat Sorowako dan Blok Petea PT Vale Indonesia Tbk (dibimbing oleh Irzal Nur)

PT Vale Indonesia Tbk merupakan salah satu perusahaan tambang nikel yang beroperasi di Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mineral yang terkandung dalam setiap lapisan endapan nikel laterit, mengidentifikasi mineral penyusun batuan dasar, mengetahui karakteristik kimia endapan nikel laterit pada daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk. Data penelitian yang diambil berupa endapan nikel laterit yang terdiri dari lapisan limonit, saprolit dan batuan dasar. Analisis mineralogi dan kimia dilakukan menggunakan metode *X-Ray Diffraction (XRD)*, analisis petrografi dan analisis *X-Ray Fluorescence (XRF)*. Hasil Analisis mineralogi didapatkan himpunan mineral daerah blok Barat Sorowako pada lapisan limonit dijumpai mineral hematit dan talk. Lapisan saprolit dijumpai mineral enstatit, antigorit, kuarsa, hematit. Pada lapisan batuan dasar dijumpai mineral forsterit, enstatit, antigorit, diopsid. Himpunan mineral pada blok Petea pada lapisan limonit dijumpai lizardit, hematit, goetit. Pada lapisan saprolit dijumpai antigorit, klinoklor, enstatit, hematit. Lapisan batuan dasar dijumpai lizardit, diopsid. Pada Lapisan batuan dasar blok Barat Sorowako dijumpai mineral olivin, ortopiroksin, klinopiroksin dengan jenis batuan *olivine websterite*. Lapisan batuan dasar blok Petea dijumpai mineral olivin, serpentin, ortopiroksin, klinopiroksin dengan jenis batuan *serpentinized lherzolite*. Hasil analisis *X-Ray Fluorescence (XRF)* yang dilakukan pada sampel blok Barat Sorowako dan blok Petea menunjukkan bahwa MgO dan SiO<sub>2</sub> meningkat dari lapisan limonit ke lapisan batuan dasar, karena unsur Mg dan unsur Si merupakan unsur yang sangat mudah mengalami pelindian akibat proses pelapukan yang terjadi. Kandungan unsur Fe, Co, Mn, Cr, dan senyawa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menurun dari lapisan limonit ke lapisan batuan dasar karena unsur dan senyawa tersebut memiliki mobilitas yang rendah. Kandungan unsur Ni secara gradual menurun dari lapisan limonit ke lapisan batuan dasar namun mengalami pengayaan pada lapisan saprolit unsur Ni merupakan unsur yang memiliki mobilitas yang terbatas.

Kata Kunci: Karakterisasi, nikel laterit, mineralogi, kimia.



## ABSTRACT

**Indra Pranata.** *Characterisation of Mineralogy and Chemistry of Laterite Nickel Deposits profile in the West of Sorowako Block and Petea Block PT Vale Indonesia Tbk. (Supervised by Irzal Nur)*

*PT Vale Indonesia Tbk is one of the nickel mining companies operating in Sorowako, East Luwu Regency, South Sulawesi Province. This research activity aims to identify the minerals contained in each zone of nickel laterite deposits, identify the minerals arrange bedrock, and determine the chemical characteristics of nickel laterite deposits in the West of Sorowako block and Petea block. Research data taken in the form of nickel laterite deposits consisting of limonite, saprolite and bedrock zones. Mineralogical and chemical analyses were carried out using X-Ray Diffraction (XRD), petrographic analysis and X-Ray Fluorescence (XRF) methods. The results of mineralogical analysis obtained the set of minerals in the West of the Sorowako block in the limonite layer found hematite, talc. The saprolite layer contains enstatite, antigorite, quartz, hematite. The bedrock layer contains forsterite, enstatite, antigorite, diopside. The Petea block sample mineral assemblage in the limonite layer found lizardite, hematite, goethite. In the saprolite layer antigorite, chlinoclore, enstatite, hematite were found. In the bedrock layer lizardite, diopside were found. In the West bedrock layer of Sorowako block, olivine, orthopyroxene, clinopyroxene minerals were found with olivine websterite rock type. In the Petea block bedrock layer, olivine, serpentine, orthopyroxene, clinopyroxene minerals were found with the rock type serpentinitised lherzolite. The results of X-Ray Fluorescence (XRF) analysis carried out on samples of the West of Sorowako block and Petea block show that MgO and SiO<sub>2</sub> increase from the limonite layer to the bedrock layer, because Mg and Si elements are elements that are very easy to leach due to the weathering process that occurs. The content of Fe, Co, Mn, Cr, and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> compounds decreases from the limonite layer to the bedrock layer because these elements and compounds have low mobility. The Ni content gradually decreases from the limonite layer to the bedrock layer but is enriched in the saprolite layer because Ni is an element that has limited mobility.*

*Keywords: Characterisation, nickel laterite, mineralogy, chemistry.*



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
1.6 Tahapan Kegiatan Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian.....	7
2.2 Endapan Nikel Laterit .....	10
2.3 Genesis Endapan Nikel Laterit .....	12
2.4 Profil Endapan Nikel Laterit .....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Kesampaian Daerah dan Lokasi Penelitian.....	19
3.2 Bahan Uji dan Alat.....	20
3.3 Prosedur Penelitian .....	21
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	30
4.1 Hasil Analisis Mineralogi Endapan Nikel Laterit.....	30
4.2 Karakteristik Kimia Endapan Nikel Laterit Daerah Penelitian.....	36
4.3 Pembahasan.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan .....	47
3.4 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	49



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Elemen, struktur dan litologi utama Pulau Sulawesi.....	7
Gambar 2	Persebaran endapan nikel laterit di dunia.....	11
Gambar 3	Profil endapan nikel laterit.....	14
Gambar 4	Profil endapan nikel laterit.....	17
Gambar 5	Peta tunjuk lokasi penelitian.....	19
Gambar 6	Peta lokasi pengambilan sampel.....	20
Gambar 7	Pengambilan sampel endapan nikel laterit yang terdiri dari lapisan limonit, lapisan saprolit, dan lapisan batuan dasar ( <i>bedrock</i> ) (A) Blok Petea dan (B) Blok barat.....	22
Gambar 8	(A) Sampel batuan dasar ( <i>bedrock</i> ) blok Barat dan (B) Sayatan tipis sampel batuan dasar ( <i>bedrock</i> ) blok Barat.....	23
Gambar 9	(A) Sampel batuan dasar ( <i>bedrock</i> ) blok Petea dan (B) sayatan tipis sampel batuan dasar ( <i>bedrock</i> ) blok Petea.....	23
Gambar 10	Proses <i>quartering</i> sampel.....	24
Gambar 11	Proses pengeringan sampel dalam oven.....	24
Gambar 12	Proses mereduksi ukuran sampel.....	25
Gambar 13	Proses penggerusan sampel.....	25
Gambar 14	Mikroskop polarisasi tipe Nikon Eclipse LV-100 POL.....	26
Gambar 15	XRD Panalytical Aeris.....	27
Gambar 16	XRF Panalytical MagiX-Fast.....	28
Gambar 17	Bagan alir penelitian.....	29
Gambar 18	Difraktogram hasil XRD limonit blok Barat.....	30
Gambar 19	Difraktogram hasil XRD saprolit blok Barat.....	31
Gambar 20	Difraktogram hasil XRD batuan dasar blok Barat.....	31
Gambar 21	Difraktogram hasil XRD limonit blok Petea.....	32
Gambar 22	Difraktogram hasil XRD saprolit blok Petea.....	33
Gambar 23	Difraktogram hasil XRD batuan dasar blok Petea.....	33
Gambar 24	Fotomikrograf sayatan tipis sampel blok Barat (A) Fotomikrograf nikol sejajar; (B) Fotomikrograf nikol silang. Keterangan: Cpx = Clinopiroksin, Opx = Ortopiroksin, Ol = Olivin.....	34
Gambar 25	Plot komposisi mineral batuan ultramafik pada profil blok Barat pada klasifikasi Streckeisen (1974).....	35
Gambar 26	Fotomikrograf sayatan tipis sampel Blok Petea (A) Fotomikrograf nikol sejajar; (B) Fotomikrograf nikol silang Keterangan: Cpx = Clinopiroksin, Opx = Ortopiroksin, Ol = Olivin, Ser = Serpentin.....	35
Gambar 27	Plot komposisi mineral batuan ultramafik pada profil blok Petea pada klasifikasi Streckeisen (1974).....	36
Gambar 28	Profil vertikal endapan nikel laterit daerah blok Barat.....	39
	29 Sketsa karakteristik profil vertikal endapan nikel laterit blok Barat .....	39
	30 Profil vertikal endapan nikel laterit daerah blok Petea.....	42



Gambar 31 Sketsa karakteristik profil vertikal endapan nikel laterit blok  
Petea..... 42



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hasil analisis XRF daerah blok Barat.....	38
Tabel 2 Hasil analisis XRF sampel daerah blok Petea.....	41
Tabel 3 Mineral hasil analisis XRD sampel blok barat dan blok Petea.....	43



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Peta lokasi pengambilan sampel.....	53
Lampiran B Hasil analisis petrografi .....	58
Lampiran C Hasil analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) blok Barat .....	63
Lampiran D Hasil analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) blok Petea .....	75
Lampiran E Hasil analisis <i>X-Ray Flourescence</i> (XRF) .....	86
Lampiran F Kartu konsultasi tugas akhir .....	88



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan tugas akhir yang berjudul “Karakterisasi Mineralogi dan Kimia Pada Profil Endapan Nikel Laterit blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk” yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Pertambangan di Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dapat penulis selesaikan.

Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak sekali bantuan dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya pada PT Vale Indonesia Tbk yang telah memberikan kesempatan serta ilmu dan pengalaman selama melakukan penelitian tugas akhir. Penulis juga mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Taufik Katili dan Bapak Amien Ubaydi selaku pembimbing di perusahaan dan telah membantu penulis dalam melakukan pengambilan sampel, serta seluruh staf karyawan PT Vale Indonesia Tbk.

Penyelesaian tugas akhir ini juga tidak terlepas dari pihak-pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan serta ilmu yang bermanfaat. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T. selaku ketua Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dan seluruh dosen serta staf administrasi yang telah membantu penulis dalam pengurusan administrasi.

Ucapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Irzal Nur, M.T. selaku kepala Laboratorium Eksplorasi Mineral sekaligus sebagai dosen pembimbing yang banyak memberikan motivasi dan masukan serta waktunya dalam proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua penulis dan kakak serta adik yang senantiasa mendoakan, memberi dukungan dan semangat kepada penulis selama menempuh studi di Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dan juga selama penulis melakukan penyusunan tugas akhir ini.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan Teknik Pertambangan 2020 (DRILLING 2020) yang telah memberikan banyak bantuan terkhusus kepada anggota Laboratorium Eksplorasi Mineral dan juga seluruh mahasiswa Departemen Teknik Pertambangan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan KKN Tematik gelombang 110 khususnya kepada posko Funk-Lee (Yorgi, Adrian, Angela, Jummi, da, dan Wina) atas kebersamaannya dan telah memberikan semangat penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.



Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan Pa' Tondokan (Edgar, Egi, Febri, Rivaldo, Sem, dan Uga) atas kebersamaannya dan telah memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Sebagai manusia biasa yang tidak lepas dari berbagai kekurangan, penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan yang dimiliki oleh penulis, untuk itu kritik serta saran yang membangun sangat penulis harapkan guna penyempurnaan tugas akhir ini.

Terakhir, penulis berharap tugas akhir ini dapat berguna dan memberikan manfaat bagi yang membacanya. Sekian dan terima kasih.

Gowa, 12 Agustus 2024

Indra Pranata



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Nikel sebagai salah satu sumber daya mineral ekonomis di bumi ini perlu ditemukan keberadaannya untuk dapat memenuhi kebutuhan di bidang perindustrian. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Dalam keadaan murni nikel bersifat lunak, tetapi jika dipadukan (*alloy*) dengan besi, krom, dan logam lainnya dapat membentuk baja tahan karat yang keras. Perpaduan nikel, krom dan besi menghasilkan baja tahan karat (*stainless steel*) yang banyak diaplikasikan pada peralatan dapur (sendok dan peralatan memasak), ornamen-ornamen rumah, dan gedung, serta komponen industri (Sukandarrumidi, 2007)

Nikel laterit merupakan salah satu mineral logam hasil dari proses pelapukan kimia batuan ultramafik yang mengakibatkan pengayaan unsur Ni, Fe, Mn, dan Co secara residual dan sekunder (Syafriзал dkk., 2011). Pengayaan endapan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti topografi, batuan dasar (*bedrock*), struktur geologi, iklim, drainase, tektonik, dan vegetasi. Batuan dasar pembawa bijih nikel pada endapan nikel laterit merupakan batuan ultramafik, yaitu batuan dunit, peridotit, serpentinit, dan piroksenit. Masing-masing batuan memiliki komposisi mineral olivin serta piroksen yang berbeda sehingga menghasilkan karakteristik endapan nikel yang berbeda (Ahmad, 2001). Mineral dengan berat jenis tinggi akan tertinggal di permukaan sehingga mengalami pengkayaan residu seperti unsur Ca, Mg, dan Si. Mineral lain yang bersifat *mobile* akan terlarutkan kebawah dan membentuk suatu lapisan akumulasi dengan pengayaan (*supergen*) seperti Ni, Mn, dan Co (Golightly, 1979).

Profil endapan nikel laterit pada blok Barat Sorowako menunjukkan variasi ketebalan dan dapat dibedakan menjadi beberapa lapisan dari bawah ke atas berdasarkan kenampakan fisik, tekstur, mineralogi, dan kimia. Batas antara batuan dasar dan lapisan saprolit di atasnya tidak teratur dan berangsur. Lapisan saprolit



akan warna coklat kehijauan hingga kekuningan, tekstur halus hingga berongga. Saprolit masih mengandung bongkah-bongkah batuan dasar kuran bervariasi serta bentuknya membulat. Ke arah atas profil, warna

menjadi kehitaman dan material sangat lunak namun berangsur berubah menjadi kuning terang hingga coklat terang membentuk lapisan limonit (Sufriadin, 2013).

Profil endapan nikel laterit blok Petea berkembang pada batuan dasar peridotit yang terserpentinisasi. Lapisansi laterit pada blok Petea juga dapat dibedakan berdasarkan kenampakan fisik dari bawah ke atas adalah batuan dasar yang diikuti oleh lapisan saprolit di bagian tengah dan lapisan limonit di bagian atas profil. Batas antara lapisan tersebut relatif lebih mudah dibedakan, akan tetapi juga memperlihatkan batas yang tidak teratur. Batuan dasar dicirikan oleh tekstur halus–sedang, warna abu-abu terang–gelap atau hijau kekuningan, tergantung derajat serpentinisasi dan tipe mineral serpentin penyusunnya. Lapisan saprolit yang menutupi batuan dasar memperlihatkan tekstur halus, warna kuning kehijauan–coklat, berongga, dan bersifat lunak, sangat sedikit mengandung bongkah. Saprolit memperlihatkan massa yang relatif homogen. Proses pelapukan kimia yang sangat kuat menyebabkan saprolit berubah menjadi materi yang berwarna coklat kekuningan membentuk lapisan limonit di bagian atas. Ketebalan lapisan limonit umumnya lebih bervariasi namun cenderung lebih tipis dibanding dengan lapisan saprolit di bawahnya. Lapisan limonit di bagian atas menunjukkan warna coklat sedang hingga gelap, lunak namun juga terdapat material yang keras (Sufriadin, 2013).

Keberadaan endapan nikel laterit tersebut, memiliki perbedaan karakteristik pada masing-masing daerah. Perbedaan tersebut dapat diketahui dari sifat fisik yang nampak di atas permukaan meliputi jenis laterit, litologi, vegetasi yang tumbuh, dan kondisi morfologi. Selain itu perbedaan sifat kimia berupa persentase kandungan unsur-unsur kimianya, serta pengamatan sifat optik pada batuan dasar (*bedrock*) untuk menentukan batuan induk pembentuk endapan nikel laterit (Arifin dkk., 2015).

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, penelitian ini difokuskan pada karakteristik mineralogi untuk mengetahui komposisi mineral yang terkandung pada endapan nikel laterit serta komposisi mineral penyusun



dasar dan analisis kimia untuk mengetahui kandungan unsur kimia dan lapisan profil endapan nikel laterit yang terdapat daerah blok Barat dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kandungan mineral pada endapan nikel laterit daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk dan bagaimana komposisi mineral penyusun batuan dasar daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk.
2. Bagaimana karakteristik kimia pada endapan nikel laterit yang terdapat pada daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi kandungan mineral pada endapan nikel laterit daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk serta komposisi mineral penyusun dari batuan dasar yang terdapat pada daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk.
2. Mengetahui karakteristik kimia pada endapan nikel laterit yang terdapat pada daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian pada daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk maka manfaat yang akan diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan dan informasi mengenai komposisi mineral pada profil endapan nikel laterit menggunakan analisis *X-Ray Diffraction (XRD)* dan analisis petrografi pada daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk.
2. Menambah pengetahuan dan informasi mengenai karakteristik kimia pada profil endapan nikel laterit menggunakan analisis *X-Ray Fluorescence (XRF)* pada daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea PT Vale Indonesia Tbk.



## 1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sampel di wilayah Izin Usaha Penambangan (IUP) PT Vale Indonesia Tbk, khususnya pada daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea dan kemudian melakukan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dan analisis *X-Ray Fluorescence* pada Laboratorium Prostech PT Vale Indonesia Tbk dan analisis petrografi di Laboratorium Preparasi Sampel, Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanudin serta penyusunan tugas akhir di Laboratorium Eksplorasi Mineral Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanudin.

## 1.6 Tahapan Kegiatan Penelitian

Tahapan kegiatan penelitian yang dilakukan dalam penyusunan tugas akhir adalah sebagai berikut:

### 1. Persiapan

Tahapan persiapan merupakan tahapan awal sebelum penelitian dilakukan. Tahapan ini terdiri dari perumusan masalah yang akan diangkat dalam penelitian, persiapan administrasi terkait penelitian, pengumpulan referensi atau literatur yang menunjang penelitian, serta mempersiapkan alat yang akan digunakan pada saat penelitian.

### 2. Studi literatur

Tahapan ini merupakan tahapan yang dilakukan selama berjalannya penelitian dari awal hingga selesainya penelitian. Tahapan ini berupa kajian kepustakaan untuk memahami dan menunjang kegiatan penelitian yang dilakukan. Tahapan studi literatur dapat dilakukan dengan mencari bahan referensi berupa buku, jurnal, dan referensi penelitian terdahulu serta informasi dari media *online* mengenai topik penelitian yang akan dilakukan.

### 3. Pengambilan sampel

Tahapan ini merupakan tahapan pekerjaan di lapangan yang bertujuan untuk pengumpulan data. Secara lebih detail kegiatan pada tahapan ini meliputi pekerjaan *sampling* material. Pengambilan sampel dilakukan pada dua lokasi yang berbeda. Pengambilan sampel dilakukan pada endapan nikel laterit pada



tiap lapisannya, yaitu pada lapisan limonit, saprolit, dan batuan dasar (*bedrock*) yang terletak di daerah blok Barat Sorowako dan blok Petea.

#### 4. Penelitian di laboratorium

Setelah kegiatan pengambilan sampel, maka tahapan selanjutnya adalah kegiatan analisis sampel dan data di laboratorium. Sampel endapan nikel laterit yang telah dikumpul pada tahapan pengambilan sampel selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis. Sebelum dianalisis terlebih dahulu akan melalui proses preparasi. Tahapan preparasi terbagi atas dua meliputi preparasi sayatan tipis yang digunakan dalam analisis petrografi untuk mengamati komposisi mineral penyusun batuan dasarnya dalam skala mikroskopis. Serta, preparasi sampel bubuk yang terdiri dari proses reduksi ukuran. Sampel bubuk ini digunakan untuk analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) yang bertujuan mengetahui kandungan mineral yang ada dalam sampel dan analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat dalam sampel.

#### 5. Pengolahan dan analisis data

Tahapan pengolahan merupakan tahapan pengumpulan data hasil analisis dan dilanjutkan dengan mengolah data tersebut sehingga diperoleh hasil pemecahan masalah dalam penelitian ini. Hasil analisis petrografi untuk mengamati komposisi mineral penyusun batuan dasarnya dan analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui kandungan mineral yang terdapat dalam sampel, sementara hasil analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat dalam sampel.

#### 6. Penyusunan tugas akhir

Tahapan ini merupakan tahapan akhir dari kegiatan penelitian. Seluruh hasil penelitian dilaporkan secara sistematis mengikuti format yang telah ditetapkan di Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

#### 7. Seminar dan penyerahan tugas akhir

Peran akhir penelitian yang telah disusun akan dipresentasikan dalam seminar hasil dan ujian sidang. Tahapan ini dimaksudkan untuk memaparkan hasil dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan. Melalui tahapan ini akan



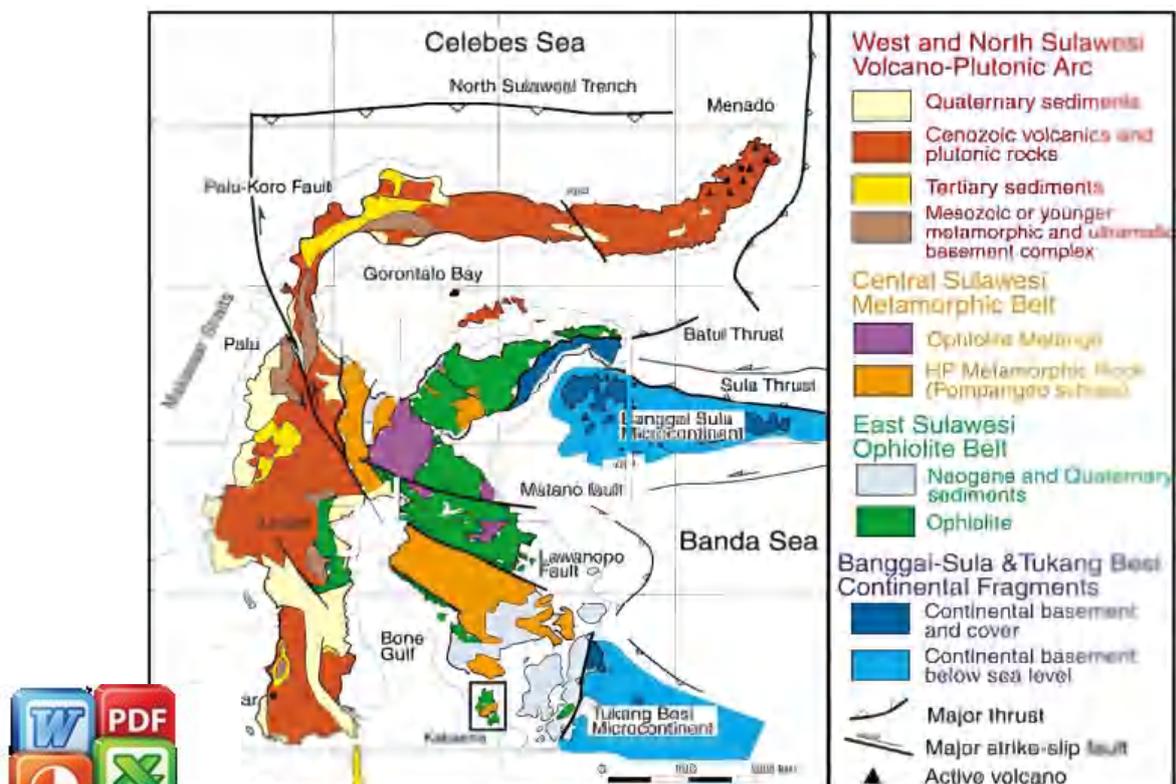
diperoleh saran dan masukan dari tim penguji, pembimbing, dan peserta seminar untuk menyempurnakan tugas akhir penelitian. Tugas akhir yang telah direvisi akan diserahkan ke Departemen Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

Pulau Sulawesi memiliki empat lengan yang berbeda yang terbentuk dari hasil proses tektonik yang terjadi pada batas-batas lempeng lempeng yang aktif. Keempat lengan tersebut disebut sebagai Lengan Utara (Minahasa Semenanjung), Lengan Timur, Lengan Tenggara, dan Lengan Selatan (Makassar) yang dapat dilihat pada Gambar 1. Lengan utara dan lengan selatan membentuk satu unit geologi yang disebut sebagai lapisan Sulawesi Barat. Demikian pula, Lengan Timur dan Lengan Tenggara membentuk satu unit geologi disebut sebagai lapisan Sulawesi Timur. Kedua busur Sulawesi tersebut bergabung di daerah Sulawesi Tengah, namun terpisah secara jelas di bagian selatan oleh Teluk Bone dan selatan oleh Teluk Bone dan di utara oleh Teluk Tomini. Kedua teluk tersebut lebih dalam dari 2.000 meter dan sebagian besar wilayahnya memiliki timbunan sedimen lebih dari 5.000 meter dan kemungkinan memiliki dasar laut di bagian terdalamnya (Ahmad, 2005).



Gambar 1 Elemen, struktur dan litologi utama Pulau Sulawesi  
(Kadarusman *et al.*, 2004)



Daerah penelitian terletak di sabuk ophiolit Sulawesi Timur atau termasuk dalam Mandala Indonesia bagian Timur yang dicirikan dengan batuan ofiolit dan batuan Malihan yang di beberapa tempat tertindih oleh sedimen Mesozoikum. Golightly (1979) mengemukakan bagian Timur Sulawesi tersusun dari dua lapisan melange subduksi yang terangkat pada *pre-* dan *post-Miocene*. Melange yang paling tua tersusun dari sekis yang berorientasi ke arah Tenggara dengan disertai beberapa tubuh batuan ultrabasa yang penyebarannya sempit dengan stadia Geomorfik tua. Sementara yang berumur *post Miocene* telah mengalami pelapukan yang cukup luas sehingga cukup untuk membentuk endapan nikel laterit yang ekonomis.

### 2.1.1 Geomorfologi Regional

Daerah Sorowako umumnya terdiri dari perbukitan yang membulat yang sangat kontras dengan daerah pegunungan yang berada di utara Danau Matano dan dataran tinggi dan dataran rendah yang relatif tidak memiliki ciri khas. Daerah Sorowako dapat dibagi sepanjang lembah yang mengalir ke arah utara-barat laut dari lokasi pabrik. Di sebelah barat lembah ini, medannya relatif berbukit dan menanjak curam ke kontak batu kapur. Di sebelah timur, di daerah yang didasari oleh peridotit berkelok-kelok, topografinya landai. Terasering pada tingkat yang lebih tinggi di sebelah barat kurang mudah dibedakan yang mengindikasikan adanya tahapan atau tingkat erosi yang berbeda di daerah tersebut. Endapan nikel laterit biasanya terjadi di lereng bawah dan tengah bukit, dan di daerah puncak. Secara umum, endapan laterit yang paling tebal terjadi pada tingkat yang lebih rendah (Siregar 2018).

### 2.1.2 Stratigrafi Regional

Endapan Mezoikum, kompleks ultramafik Sorowako, melange Wasuponda, endapan tersier dan endapan danau menempati daerah Sorowako. Endapan Mezoikum terdiri dari batugamping masif, batugamping berlapis, endapan klastik, napal Mezoikum, dan endapan Mezoikum yang tidak terdiferensiasi, dan kemudian dinamakan oleh Simanjuntak (1991) sebagai formasi Matano. Kompleks ultramafik



merupakan bagian dari masif ultramafik kawasan danau besar yang ng dari pesisir timur Sulawesi sampai ke ujung barat Danau Matano. kal, kompleks ini dibatasi di bagian barat oleh sesar naik yang menukik ke

arah barat yang memisahkannya dari endapan Mezoikum dan endapan tersier di bagian tenggara. Formasi yang terpatokkan di Wasuponda merupakan bagian dari kompleks Melange Sulawesi Tengah. batugamping, batuan ultramafik, amfibolit, sekis, filit, eklogit, dan serpentin munculkan sebagai blok-blok dalam matriks lempung bersisik merah. Melange Wasuponda disandingkan dengan formasi Matano Mezoikum (Siregar, 2018).

Sorowako merupakan bagian dari sabuk ophiolit Sulawesi Timur yang terbentang di sepanjang lengan tenggara Pulau Sulawesi. Blok Sorowako terutama terdiri dari kompleks ultramafik 80%, kompleks batugamping 5%, endapan batugamping klastik 13%, dan endapan aluvium 2%. Kompleks ultramafik sebagian besar terdiri dari peridotit yang telah mengalami serpentinisasi dengan berbagai tingkat. Batuan ini secara umum dapat digambarkan sebagai peridotit hijau hingga hijau tua. Batuan ultramafik di Sorowako telah mengalami serpentinisasi sedang hingga tinggi dan telah mengubah mineralogi dan tekstur aslinya (Siregar, 2018).

Proses serpentinisasi telah menghasilkan magnetit dalam jumlah yang cukup banyak (hingga 10%). Serpentinisasi umumnya lebih baik dikembangkan pada olivin daripada ortopiroksin (Opx), yang cenderung berubah menjadi serpentin tetapi secara lokal berubah menjadi talk, sebagian atau seluruhnya. Jika ada, talk sering kali terbentuk sebagai lapisan luar di sekitar ortopiroksen segar. Pada beberapa bagian yang tipis, talk digantikan oleh amfibol bening yang ditafsirkan sebagai tremolit. Terdapat beberapa sampel kaya klorit yang berasal dari vulkanik, breksi dan konglomerat yang sebagian besar terletak di bagian tengah daerah blok Sorowako. Batuan vulkanik dan gabro diperkirakan tidak berasosiasi dengan laterit Ni bermutu tinggi (Babineau, 2002). Kompleks batugamping terdapat di sebelah barat daya blok Sorowako. Batugamping ini secara tidak selaras berada dalam kontak sesar naik dengan kompleks ultramafik. Sebagian kecil dari kompleks batugamping ini berada di dalam blok Sorowako. Kompleks batugamping ini terdiri dari kristal karbonat, *wackestone*, dan *grainstone*. Endapan batugamping klastik tersebar di sebelah barat blok Bahodopi. Endapan aluvial ditemukan di bagian blok Sorowako dan terbatas pada cekungan-cekungan. Endapan ini berasal dari material yang tererosi yang berada di dataran tinggi yang berwarna abu-abu



sampai hitam dan sangat lunak diendapkan di daerah cekungan danau Towuti (Siregar, 2018).

## 2.2 Endapan Nikel Laterit

Nikel merupakan logam yang memiliki warna putih keperakan yang keras dan tahan terhadap korosi. Logam ini termasuk material yang cukup reaktif terhadap asam dan lambat bereaksi terhadap udara pada suhu dan tekanan normal. Nikel termasuk material material yang cukup stabil dan tidak dapat bereaksi terhadap oksida sehingga sering digunakan sebagai koin dan pelapis dalam bentuk paduan. Nikel dalam dunia industri merupakan salah satu logam yang paling penting dan memiliki pengaplikasian yang banyak dalam industri (Astuti *et al.*, 2016).

Deposit nikel di dunia dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok, yaitu bijih sulfida dan bijih laterit terbagi menjadi tiga, yaitu oksida, silikat, dan *clay*. Sebesar 72% cadangan nikel dunia merupakan nikel laterit dan 42% dari cadangan tersebut yang diproduksi. Meskipun dari 72% dari tambang nikel berbasis bijih laterit, 60% dari produksi primer nikel berasal dari bijih sulfida. Bijih nikel laterit banyak ditemukan di belahan bumi yang memiliki iklim tropis maupun subtropis yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan ultramafik yang mengandung zat besi dan magnesium dengan kadar yang tinggi. Deposit nikel laterit berkadar antara 1,0-1,5%. Endapan nikel laterit dengan rata-rata kadar nikel 0,6-1,5% dengan tonase yang jauh lebih besar (Yilidrim *et al.*, 2012).

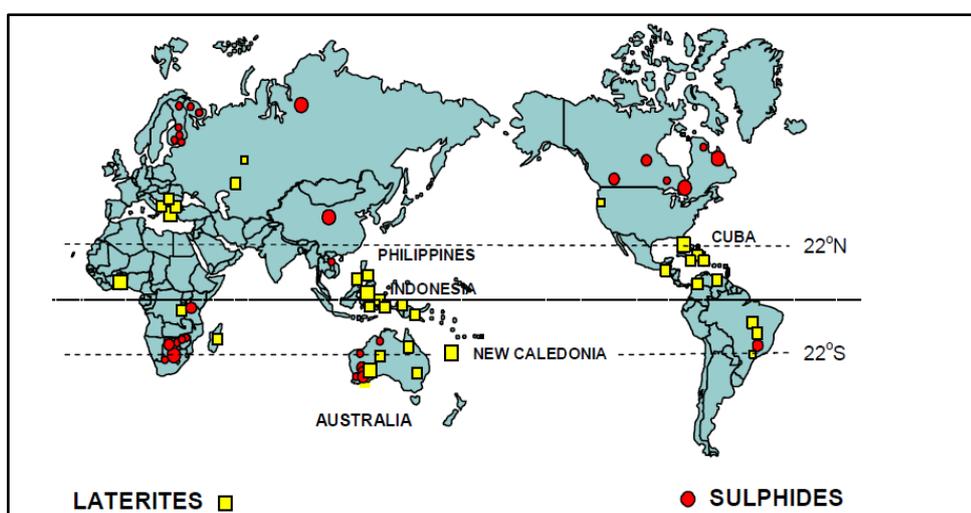
Nikel laterit merupakan salah satu mineral logam hasil dari proses pelapukan kimia batuan ultramafik yang mengakibatkan pengayaan terhadap unsur Ni, Fe, Mn dan Co secara residual dan sekunder (Syafrizal dkk., 2011; Burger, 1996). Nikel laterit dicirikan oleh adanya logam oksida yang berwarna coklat kemerahan yang mengandung Ni dan Fe (Cahit *et al.*, 2017). Salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit adalah morfologi, batuan asal dan tingkat pelapukan (Kurniadi dkk., 2017). Tingkat pelapukan yang tinggi sangat berperan terhadap proses laterisasi (Tonngiroh *et al.*, 2012). Proses terbentuknya nikel laterit

lari proses pelapukan yang intensif terhadap batuan peridotit (Sundari, 2017). Selanjutnya diinfiltrasi oleh air hujan yang masuk kedalam lapisan batuan dan akan melarutkan mineral yang mudah larut pada batuan dasar.



Mineral dengan berat jenis tinggi akan tertinggal di permukaan sehingga mengalami pengkayaan residu seperti unsur Ca, Mg, dan Si. Mineral lain yang bersifat *mobile* akan terlarutkan kebawah dan membentuk suatu lapisan akumulasi dengan pengkayaan (*supergen*) seperti Ni, Mn, dan Co (Golightly, 1979).

Nikel laterit merupakan endapan mineral yang berasal dari proses pelapukan kimiawi dan pengayaan *supergen* dengan kondisi suhu yang cukup tinggi berkisar antara 27-31°C, curah hujan yang cukup tinggi, dan dikontrol oleh pergerakan fluktuatif muka air tanah pada saat pembentukannya (Wardhani dan Yuwanto, 2021). Nikel laterit dicirikan oleh adanya logam oksida berwarna coklat kemerahan yang mengandung Ni dan Fe (Cahit *et al.*, 2017). Endapan nikel laterit berasal dari batuan beku ultramafik yang berada di permukaan bumi dan banyak ditemukan pada endapan hasil pelapukan batuan beku peridotit yang kaya akan mineral olivin, piroksin, dan hornblend, dunit yang kaya akan mineral olivin, piroksinit yang kaya akan mineral ortopiroksin dan klinopiroksin serta serpentinit yang kaya akan mineral serpentin (Kusuma dkk., 2019).



Gambar 2 Persebaran endapan nikel di dunia (Elias, 2002)

Persebaran endapan nikel dunia didominasi oleh negara-negara di sekitar ekuator yang ditunjukkan pada Gambar 2. Persebaran endapan nikel di Benua Eropa didominasi oleh endapan nikel sulfida. Persebaran endapan nikel di Benua Asia didominasi oleh endapan nikel sulfida. Persebaran endapan nikel di Benua Amerika didominasi oleh endapan nikel laterit tepatnya di Negara Indonesia dan Australia (Elias, 2002).



Endapan nikel laterit dapat dijumpai pada beberapa daerah di berbagai belahan dunia dengan tipe endapan yang berbeda-beda. Berikut adalah tipe endapan nikel laterit (Hasria dan Septiana, 2024):

1. Laterit tipe silikat (*silicate laterite*)

Laterit tipe silikat terbentuk ketika terjadi pengangkatan tektonik yang terjadi secara perlahan dan muka air tanah rendah, proses pelapukan yang terjadi dalam jangka waktu yang panjang dapat mengakibatkan perkembangan saprolit sehingga sona saprolit akan menebal. Lapisan limonit yang tipis akan terbentuk di atas lapisan saprolit, di mana perkembangan lapisan limonit akan bergantung pada intensitas erosi yang terjadi pada lapisan bagian atas dari profil laterit (Golightly, 1981). Laterit tipe silikat memiliki karakteristik pengkayaan Ni pada lapisan saprolit yang terdiri atas mineral primer yang telah mengalami alterasi, seperti serpentin, dan goetit, smektit, dan garnierit.

2. Laterit tipe lempung (*clay laterite*)

Laterit tipe lempung terbentuk pada kondisi pelapukan yang tidak begitu intens, misalnya iklim yang lebih dingin atau lebih kering. Hal ini menyebabkan silika tidak tercuci dengan baik seperti yang terjadi pada daerah dengan iklim tropis yang lembab. Profil dari laterit tipe ini dapat berkembang pada daerah yang memiliki pergerakan air yang terbatas seperti di wilayah yang luas dengan relief topografi yang rendah (Golightly, 1981).

3. Laterit tipe oksida (*oxide laterite*)

Laterit tipe oksida merupakan produk akhir yang paling umum dari laterisasi batuan ultramafik. Dengan keberadaan air, mineral primer (olivin, dan serpentin, ortopiroksen, dan klinopiroksen) terurai akibat proses hidrolisis. Endapan nikel laterit tipe oksida ini dicirikan oleh kehadiran lapisan limonit yang dominan dengan goetit sebagai mineral bijih Ni yang paling penting. Pada nikel laterit tipe oksida, lapisan saprolit lebih tipis jika dibandingkan dengan lapisan limonit yang ada di atasnya (Domenech *et al.*, 2017).



### Genesis Endapan Nikel Laterit

nikel laterit merupakan salah satu bahan galian yang memiliki nilai yang tinggi jika dijumpai dalam cadangan yang besar dengan kadar tinggi

atau *high grade* (Raivel dan Firman, 2020). Laterit adalah produk residu dari pelapukan kimiawi batuan di permukaan bumi, di mana mineral-mineral asli atau mineral-mineral primer yang tidak stabil dengan adanya air, larut atau terurai dan membentuk mineral baru yang lebih stabil terhadap lingkungan. Laterit penting bagi endapan bijih yang bernilai ekonomis, karena interaksi kimiawi yang bersama-sama membentuk proses lateritisasi (Evans, 1993). Secara horizontal penyebaran nikel tergantung pada arah aliran air tanah dan bentang alam. Air tanah di lapisan pelindian mengalir dari pegunungan ke arah lereng sambil membawa unsur Ni, Mg, dan Si. Proses pembentukan nikel laterit merupakan proses dekomposisi sekunder yang diawali dari pelapukan batuan ultramafik seperti harzburgit, dunit dan piroksenit. Menurut deret Bowen, batuan ini banyak mengandung olivin, piroksen, magnesium, silikat, dan besi. Mineral-mineral tersebut tidak stabil dan mudah mengalami pelapukan. Media transportasi nikel yang terpenting adalah air. Air tanah yang kaya  $\text{CO}_2$  berasal dari udara dan tumbuhan akan menguraikan mineral yang terkandung dalam batuan ultrabasa tersebut.

Endapan ini akan terakumulasi dekat ke permukaan tanah, sedangkan magnesium, nikel dan silika akan tetap tertinggal di dalam larutan dan bergerak turun selama suplai air yang masuk ke dalam tanah terus berlangsung. Rangkaian proses ini merupakan proses pelapukan dan pelindian. Unsur Ni merupakan unsur tambahan di dalam batuan ultrabasa. Sebelum proses pelindian berlangsung, unsur Ni berada dalam ikatan kelompok mineral silikat terutama olivin dan serpentin (Atmadja, 1974).

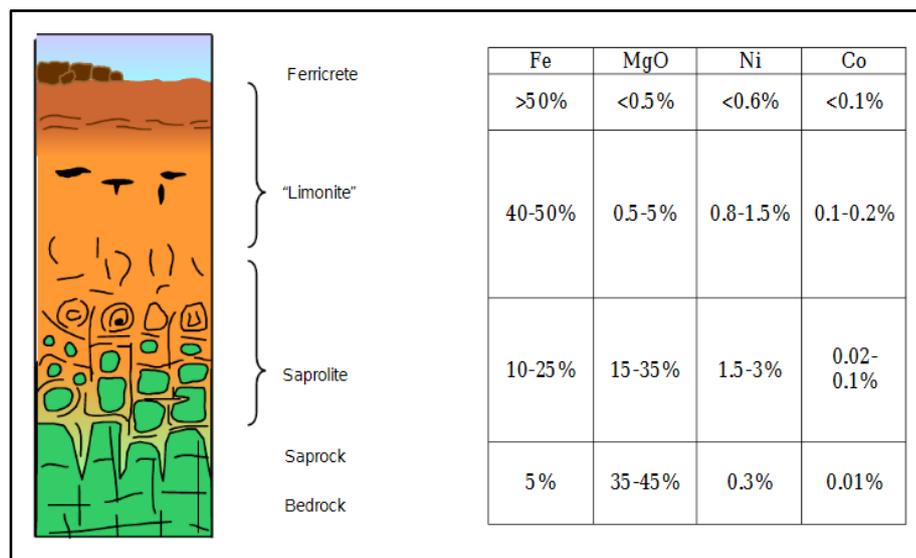
Adanya suplai air yang mengalir melalui kekar akan membawa nikel turun ke bawah dan lambat laun akan terkumpul di lapisan permeabel yang tidak dapat menembus lapisan batuan induk. Apabila proses ini berlangsung secara terus-menerus, maka akan terjadi proses pengayaan supergen yang berada pada lapisan saprolit. Dalam satu penampang vertikal profil laterit dapat terbentuk lapisan pengayaan lebih dari satu karena muka air tanah yang selalu berubah-ubah akibat perubahan musim. Di bawah lapisan pengayaan supergen terdapat lapisan

asi primer yang tidak terpengaruh oleh proses pelindian yang disebut lapisan hipogen. Lapisan pelapukan kimiawi yang kaya akan bijih nikel ada lapisan saprolit. Bijih nikel tidak hanya berasosiasi dengan garnierit,



tapi Ni juga dapat mensubstitusi Fe dan Mg pada mineral silikat, khususnya serpentinit (Atmadja, 1974).

Proses laterisasi pada dasarnya adalah pelapukan kimiawi yang terjadi pada iklim lembab musiman dalam jangka waktu yang lama dalam kondisi stabilitas tektonik yang relatif stabil, yang memungkinkan terbentuknya regolit yang tebal dengan karakteristik yang khas (Butt dan Zeegers, 1992). Secara ringkas, proses lateritisasi melibatkan pemecahan mineral primer dan pelepasan beberapa komponen kimianya ke dalam air tanah, pelindian komponen yang dapat bergerak, konsentrasi residu komponen yang tidak dapat bergerak atau tidak dapat larut, dan pembentukan mineral baru yang stabil dalam lingkungan pelapukan. Efek bersih dari transformasi mineral dan mobilitas diferensial unsur-unsur yang terlibat menghasilkan mantel berlapis atau berlapis-lapis dari bahan lapuk di atas batuan induk tempat terbentuknya, yang umumnya disebut sebagai profil laterit yang dapat dilihat pada Gambar 3 (Elias, 2002).



Gambar 3 Profil Endapan nikel laterit (Hasria, 2024)

Pada proses lateritisasi, lapisan paling bawah mencerminkan tahap awal pelapukan batuan dasar, dan setiap lapisan di atasnya merupakan transformasi dari lapisan di bawahnya, yang menunjukkan tahap-tahap proses yang semakin maju.



ian paling bawah dari profil (batuan dasar), pelapukan terjadi pada kontak mineral dan pada batas-batas rekahan dan terdapat banyak batuan segar dan produk ubahan. Lebih jauh ke atas profil, proporsi mineral primer yang

masih menurun, dan lapisan rekahan yang lebih kuat sepenuhnya berubah, yang pada akhirnya menyisakan batu-batu besar yang terpisah dari batuan dasar yang utuh mengambang dalam campuran mineral primer dan mineral ubahan di mana struktur batuan primer tetap terjaga (saprolit). Lapisan yang lebih tinggi sepenuhnya terdiri dari mineral ubahan, dan ditandai dengan hilangnya struktur batuan primer (Butt dan Zeegers1992). Faktor utama yang mempengaruhi efisiensi, tingkat pelapukan, dan pembentukan nikel laterit adalah (Elias, 2002):

#### 1. Iklim

Adanya pergantian musim kemarau dan musim penghujan menyebabkan kenaikan dan penurunan muka air tanah, juga dapat menyebabkan terjadinya proses pemisahan dan akumulasi unsur-unsur. Curah hujan menentukan jumlah air yang melewati tanah, yang mempengaruhi intensitas komponen-komponen yang dapat larut. Suhu tanah rata-rata yang lebih tinggi meningkatkan kinetika proses pelapukan.

#### 2. Topografi

Relief dan geometri lereng mempengaruhi drainase, sejauh mana air masuk ke dalam tanah, dan ketinggian permukaan air. Pada daerah landai menyebabkan air dapat bergerak perlahan sehingga memiliki kesempatan untuk penetrasi lebih dalam masuk ke dalam rekahan-rekahan atau pori-pori pada batuan. Jumlah endapan yang ada pada dasarnya terdapat pada daerah-daerah yang landai hingga kemiringan sedang, sehingga memberikan gambaran ketebalan pelapukan yang mengikuti bentuk topografi

#### 3. Tektonik

Pengangkatan tektonik meningkatkan erosi pada bagian atas profil, meningkatkan relief topografi dan menurunkan permukaan air. Stabilitas tektonik memungkinkan perencanaan lanskap, memperlambat pergerakan air tanah.

#### 4. Struktur

Struktur rekahan, sesar dapat mempengaruhi ketebalan dan jenis endapan el laterit. Sebagian besar efek ini bersifat pasif dengan struktur yang sudah sebelumnya dan mempengaruhi drainase karakteristik baik dengan mbentuk hambatan aliran air atau lebih umum dengan meningkatkan



permeabilitas pelapukan yang lebih dalam dan konsentrasi kecenderungan unsur nikel di sepanjang lapisan rekahan.

#### 5. Jenis batuan induk

Mineralogi menentukan kerentanan batuan terhadap pelapukan dan mempengaruhi ketersediaan unsur untuk membentuk mineral baru. Jenis batuan induk yang akan menghasilkan endapan nikel laterit adalah batuan ultramafik yang kaya akan mineral olivin (terutama dunit dan harzburgit). Dalam mineral mafik, nikel terkandung paling banyak pada mineral olivin (0,4% Ni, 0,5% NiO) yang mengkristal paling awal (Ahmad, 2001). Jenis batuan induk yang akan menghasilkan endapan nikel laterit adalah batuan ultramafik yang kaya akan mineral olivin (terutama dunit dan harzburgit).

#### 6. Waktu

Semakin lama waktu pelapukan semakin besar endapan nikel yang terbentuk. Faktor-faktor tersebut sangat terkait satu sama lain. Saat batuan keluar ke permukaan, maka secara bertahap akan mengalami dekomposisi. Proses kimia dan mekanik yang disebabkan oleh udara, air, dan temperatur akan menghancurkan batuan menjadi tanah dan lempung (Sutisna dkk., 2006).

### 2.4 Profil Endapan Nikel Laterit

Endapan laterit (*laterite deposit*) adalah hasil dari pelapukan yang intensif di daerah *humid, warm*, maupun tropis dan kaya mineral lempung yang bersifat kaolinitik serta Fe dan Al oksida atau hidroksida. Endapan laterit pada umumnya menampakkan bidang perlapukan baik sebagai hasil reaksi antara air hujan yang masuk ke dalam formasi dan kelembapan tanah yang naik ke atas permukaan tanah. Laterit adalah hasil pelapukan dari batuan di permukaan bumi, yang dimana berbagai mineral asli atau primer mengalami ketidakstabilan karena adanya air kemudian larut atau pecah dan membentuk mineral baru yang lebih stabil. Laterit penting sebagai induk untuk endapan bijih yang ekonomis (Maulana, 2017).

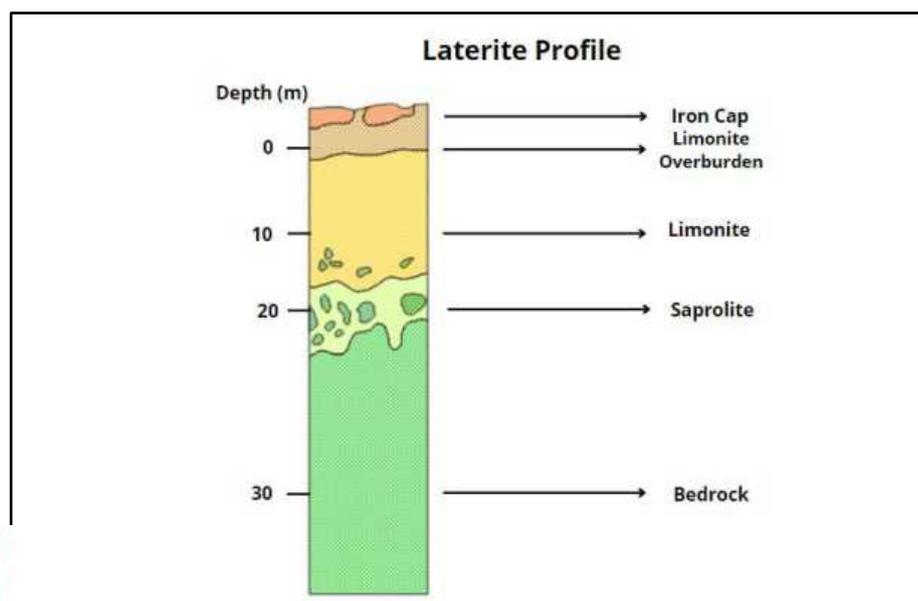
Laterit merupakan sumber dari beberapa mineral ekonomis. Endapan nikel merupakan hasil pelapukan lanjut dari batuan ultrabasa pembawa Ni-silikat. Ia terdapat pada daerah dengan iklim tropis hingga subtropis. Pengaruh iklim di Indonesia mengakibatkan proses pelapukan yang intensif, sehingga



beberapa daerah di Indonesia bagian timur memiliki endapan nikel laterit. Batuan ultramafik rata-rata mempunyai kandungan nikel sebesar 0,2%. Unsur nikel tersebut terdapat dalam kisi-kisi kristal mineral olivin dan piroksin, sebagai hasil substitusi terhadap atom Fe dan Mg. Proses serpentinisasi yang terjadi pada batuan peridotit akibat pengaruh larutan hidrothermal, akan mengubah batuan peridotit menjadi batuan serpentinit atau batuan serpentinit peridotit. Sedangkan proses kimia dan fisika dari udara, air serta penggantian panas dingin yang bekerja kontinu, menyebabkan disintegrasi dan dekomposisi pada batuan induk (Ahmad, 2005).

Berdasarkan proses pembentukannya endapan nikel laterit terbagi menjadi beberapa lapisan dengan ketebalan dan kadar yang bervariasi. Daerah yang mempunyai intensitas pengkekarannya yang intensif memiliki kemungkinan akan mempunyai profil lebih tebal dibandingkan dengan yang pengkekarannya kurang begitu masif. Perbedaan intensitas inilah yang menyebabkan ketidakaturan dari distribusi pengayaan unsur-unsur pada profil laterit, karena pembentukan endapan laterit sangat tergantung pada faktor-faktor batuan dasar (*bedrock*), laju pelapukan, struktur geologi, iklim, topografi, reagen-reagen kimia, dan vegetasi serta waktu (Syafrizal dkk., 2011).

Pembentukan nikel laterit yang terdiri atas empat horizon yang dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu (Elias, 2002):



Gambar 4 Profil endapan nikel laterit (Elias, 2002).



1. Tudung besi (*iron cap*)

*Iron cap* merupakan campuran goetit dan limonit yang berwarna merah tua. Lapisan ini mempunyai kadar besi yang tinggi dibandingkan dengan kadar nikel, yaitu sekitar 60% Fe. Kadang-kadang ditemukan hematit dan kromiferus yang merupakan lapisan paling atas dari bijih laterit dan menjadi *overburden* pada saat penambangan bijih nikel laterit.

2. Lapisan limonit

Lapisan limonit merupakan lapisan yang kaya akan besi yaitu sekitar 40%-50% Fe yang dimana berukuran halus dan berwarna merah coklat atau kekuningan. Dalam limonit sebagian besar nikel berada dalam goetit, sebagian besar lagi berada dalam oksida mangan dan litioforit. Dalam lapisan ini juga kadang-kadang ditemukan talk, tremolit, kromiferus kuarsa, dan maghemit.

3. Lapisan saprolit

Dalam lapisan ini mineral utamanya adalah serpentin. Bijih saprolit memiliki kandungan nikel lebih tinggi daripada yang terdapat pada lapisan limonit yaitu sekitar 1,5%-3% Ni. Kandungan magnesia dan silikanya juga lebih tinggi namun kadar besinya rendah.

4. Batuan dasar (*bedrock*)

Lapisan batuan dasar memiliki ukuran  $>75$  cm, yang secara umum memiliki kadar nikel yaitu sekitar 0,2%-0,4% Ni. Lapisan ini mengalami perekahan kuat dan kadang-kadang bersifat terbuka dan terisi oleh garnerit dan silika. Perekahan ini diperkirakan menjadi lapisan dengan kandungan nikel yang tinggi berupa urat dalam batuan dasar.

