

**TUGAS AKHIR**

**ANALISI GEOKIMIA CaO DAN MgO PADA PERUBAHAN KADAR  
NIKEL ENDAPAN LATERIT DAERAH SALOCIU DESA USSU  
KECAMATAN MALILI PROVINSI SULAWESI SELATAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**ANANG HARYANTO**

**D061171015**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**“ANALISI GEOKIMIA CaO DAN MgO PADA PERUBAHAN KADAR  
NIKEL ENDAPAN LATERIT DAERAH SALOCIU DESA USSU  
KECAMATAN MALILI PROVINSI SULAWESI SELATAN”**

Disusun dan Diajukan Oleh

**ANANG HARYANTO  
D061171015**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada Tanggal 6 Juni 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



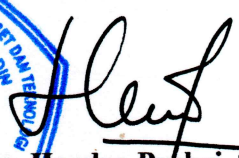
**Dr. Ir. Musri Mawaleda, M.T**  
Nip. 19611231 198903 1 019



**Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T**  
Nip. 19650928 200003 1 002

Ketua Departemen Teknik Geologi  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,



  
**Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng**  
Nip. 19771214 200501 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Anang Haryanto  
NIM : D061171015  
Program Studi : Teknik Geologi  
Jenjang : SI

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **ANALISI GEOKIMIA CaO DAN MgO PADA PERUBAHAN KADAR NIKEL ENDAPAN LATERIT DAERAH SALOCIU DESA USSU KECAMATAN MALILI PROVINSI SULAWESI SELATAN**

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

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan pemetaan geologi ini karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar. 8 Juni 2022

Yang Menyatakan



**Anang Haryanto**

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Pemetaan yang berjudul **“Analisi Geokimia Cao Dan Mgo Pada Perubahan Kadar Nikel Endapan Laterit Daerah Salociu Desa Ussu Kecamatan Malili Provinsi Sulawesi Selatan”**. Pada kesempatan ini penulis tidak lupa ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis dalam menyusun laporan ini, antara lain :

1. Bapak Dr.Ir Musri Mawaleda, M.T sebagai Dosen Pembimbing Satu pada Penelitian ini.
2. Bapak Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Dua pada Penelitian ini.
3. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T.,M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bimbingannya selama perkuliahan.
5. Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang selama ini selalu membantu dalam pengurusan administrasi di kampus.
6. Kedua orang tua atas segala bantuan materil dan moril yang senantiasa tercurah kepada penulis.
7. Rekan-rekan mahasiswa Geologi angkatan 2017 (R17PTORZ).
8. Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH).
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, atas segala bantuan dan dorongan yang diberikan selama ini.

Penulis mengharapkan adanya saran dan kritik dari pembaca yang bersifat membangun demi perbaikan laporan ini. Segala kesalahan serta kekeliruan yang ada tidak luput dari keterbatasan penulis sebagai manusia biasa yang memiliki banyak kekurangan.

Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, khususnya bagi penulis. Amin

Makassar, Juni 2022

Penulis.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
SARI.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	14
1.1 Latar Belakang .....	14
1.2 Maksud dan Tujuan.....	16
1.3 Batasan Masalah.....	16
1.4 Letak, Luas, dan Kesampaian Daerah.....	17
1.5 Manfaat Penelitian .....	18
1.6 Peneliti Terdahulu .....	18
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	19
2.1 Geologi Regional .....	19
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	19
2.1.2 Stratigrafi Regional .....	19
2.1.3 Tektonik Regional.....	21
2.1.4 Sumber Daya Mineral dan Eenergi.....	22

2.2	Batuan Ultramafik.....	22
2.2.1	Peridotit.....	23
2.2.2	Piroksinit.....	23
2.2.3	Hornblendit.....	23
2.2.4	Dunit.....	23
2.2.5	Serpentinit.....	24
2.3	Ofiolit.....	24
2.4	Serpentinisasi.....	26
2.5	Endapan Laterit.....	27
2.6	Sebaran Nikel Laterit.....	32
2.7	Profil Nikel Laterit.....	34
2.7.1	Zona Limonit (LIM).....	35
2.7.2	Zona Medium Grade Limonite (MGL).....	35
2.7.3	Zona Saprolit.....	35
2.7.4	Zona batuan induk ( <i>Bedrock zone</i> ).....	36
2.8	Faktor Pengontrol Pembentukan Nikel Laterit.....	36
2.9	<i>X-Ray Flourescence</i> (Xrf).....	39
BAB III METODE PENELITIAN.....		41
3.1.	Studi Pustaka.....	41
3.2.	Pengumpulan Data.....	41
3.2.1	Data Lapangan.....	41
3.3.	Analisis Data.....	42
3.3.1	Data Lapangan.....	42
3.3.2	Data Laboratorium.....	42
3.4.	Penyusunan Laporan.....	42

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	44
4.1 Topografi.....	44
4.2 Geologi Regional Penelitian .....	44
4.3 Profil Laterit Dearah Penelitian .....	45
4.4 Peridotit.....	47
4.5 Geokimia NiO, MgO dan CaO.....	49
4.5.1 Geokimia Toppografi Landai.....	52
4.5.2 Geokimia Topografi Miring.....	57
4.6 Geokimia Peridotit .....	63
BAB V KESIMPULAN.....	66
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA .....	68

#### **LAMPIRAN**

Deskripsi Petrografi

Peta Stasiun

Peta Sebaran Mgo

Peta Geologi

Peta Sebaran Ni

Peta Sebaran Cao



## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
<b>Tabel 3. 1</b> Peran beberapa elemen selama pelapukan laterit ( <b>Ahmad, 2009</b> ).....	29
<b>Tabel 4. 1</b> Nilai Titik Bor Geokimia Pada Relief Perbukitan.....	49
<b>Tabel 4. 2</b> Nilai Rata-Rata Geokimia Pada Relief Landai.....	50
<b>Tabel 4. 3</b> Nilai Titik Bor Geokimia Pada Relief Perbukitan.....	50
<b>Tabel 4. 4</b> Nilai Rata-Rata Geokimia Pada Relief Miring.....	51
<b>Tabel 4. 5</b> Hasil analisis geokimia peridotit dan peridotit terserpentinisasi.....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
<b>Gambar 1. 1</b> Peta Tunjuk Lokasi Penelitian (Bokosurtanal, 2021) .....	17
<b>Gambar 2. 1</b> Pembentukan Ofiolit .....	26
<b>Gambar 2. 2</b> Distribusi vertikal mineral yang umum pada penampang nikel laterit (Elias, 2002) .....	32
<b>Gambar 2. 3</b> Distribusi Ofiolit di Indonesia bagian timur (Kadarusman, 2001) ..	33
<b>Gambar 2. 4</b> Distribusi Endapan Bijih Laterit Nikel Indonesia (Ahmad, 2005) ..	34
<b>Gambar 2. 5</b> Generalisasi profil laterit (Elias,2002).....	36
<b>Gambar 2. 6 a).</b> X-Ray Fluorescence (XRF) <b>b).</b> Peak Zr pada monitor (Masrukan dkk, 2007).....	40
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir Tahapan Penelitian .....	43
<b>Gambar 4. 1</b> Kenampakan Morfologi Ultramafik .....	44
<b>Gambar 4. 2</b> Geologi Regional Daerah Penelitian (Simandjuntak, 1991) .....	45
<b>Gambar 4. 3</b> Profil Laterit Pada Relief Landai .....	45
<b>Gambar 4. 4</b> Profil Laterit Pada Relief Miring .....	46
<b>Gambar 4. 5</b> Kenampakan Petrografi Harzburgite .....	48
<b>Gambar 4. 6</b> Kenampakan Petrografi Peridotit Terserpentinisasi .....	48
<b>Gambar 4. 7</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 01) Pada Topografi Landai .....	52
<b>Gambar 4. 8</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 02) Pada Topografi Landai .....	52
<b>Gambar 4. 9</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 03) Pada Topografi Landai .....	53
<b>Gambar 4. 10</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 06) Pada Topografi Landai .....	53
<b>Gambar 4. 11</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 07) Pada Topografi Landai .....	53

<b>Gambar 4. 12</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 08) Pada Topografi Landai .....	54
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik MgO Terhadap Ni Pada Topografi Landai .....	55
<b>Gambar 4. 14</b> Grafik CaO Terhadap Ni Pada Relief Landai.....	55
<b>Gambar 4. 15</b> Grafik Scatter CaO dan MgO Pada Topografi Landai .....	56
<b>Gambar 4. 16</b> Peta Sebaran Ni Pada Topografi Landai.....	56
<b>Gambar 4. 17</b> Peta Sebaran MgO Pada Topografi Landai .....	57
<b>Gambar 4. 18</b> Peta Sebaran CaO Pada Topografi Landai .....	57
<b>Gambar 4. 19</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 01) Pada Topografi Miring .....	58
<b>Gambar 4. 20</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 02) Pada Topografi Miring .....	58
<b>Gambar 4. 21</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 03) Pada Topografi Miring .....	58
<b>Gambar 4. 22</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 06) Pada Topografi Miring .....	59
<b>Gambar 4. 23</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 07) Pada Topografi Miring .....	59
<b>Gambar 4. 24</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 08) Pada Topografi Miring .....	59
<b>Gambar 4. 25</b> Grafik Hasil Geokimia Unsur Ni, MgO dan CaO (Bor TA 11) Pada Topografi Miring .....	60
<b>Gambar 4. 26</b> Grafik MgO Terhadap Ni Pada Topografi Miring .....	60
<b>Gambar 4. 27</b> Grafik CaO Terhadap Ni Pada Topografi Miring.....	61
<b>Gambar 4. 28</b> Grafik CaO dan MgO Pada Topografi Miring .....	62
<b>Gambar 4. 29</b> Peta Sebaran Ni Pada Topografi Miring.....	62
<b>Gambar 4. 30</b> Peta Sebaran MgO Pada Topografi Miring .....	63
<b>Gambar 4. 31</b> Peta Sebaran CaO Pada Topografi Miring .....	63
<b>Gambar 4. 32</b> Grafik Hasil Geokimia Pada Peridotit Dan Peridotit Terserpentinisasi.....	65

## SARI

Daerah penelitian terletak di Kecamatan Malili Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan yang tercakup dalam Peta Geologi Lembar Malili (Simandjuntak, E. Rusmana, Surono dan J.B.Supandjono, 1991), memiliki kandungan endapan nikel laterit yang lokasinya berdekatan dengan endapan nikel laterit di Daerah Sorowako, pada luwu timur ini terdapat tambang nikel laterit yang merupakan hasil pelapukan. Maksud dari penelitian ini untuk mengetahui Bagaimana pengaruh unsur major MgO dan CaO pada nilai kadar nikel laterit dan Bagaimana jenis batuan ultramafik berpengaruh pada nilai kadar nikel laterit ?. Dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik geokimia CaO dan MgO mempengaruhi nilai kadar nikel laterit, mengetahui jenis batuan ultramafik berpengaruh pada nilai kadar nikel laterit dan mengetahui pengaruh batuan yang mengalami serpentinisasi dan tidak terserpentinisasi terhadap kadar Nikel. Metode penelitian yaitu dengan mengambil data lapangan berupa data bor dan data geologi, setelah itu dilakukan analisis geokimia *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui geokimia dari sampel data bor. Secara umum endapan nikel laterit akan membentuk profil laterit yang terbentuk akibat hasil pelapukan, profil lapisan ini dari limonit, saprolit dan bedrock. Topografi sangat mempengaruhi tingkat pelapukan, dimana pada topografi miring tingkat pelapukan rendah dibanding dengan tingkat pelapukan pada topografi landai. Karakteristik geokimia MgO dan CaO pada perbedaan kadar rata-rata keseluruhan titik bor 19.92 % (MgO) Dan 0.80 % (CaO) menunjukkan bahwa proses terbentuknya endapan nikel laterit dicirikan oleh nilai kadar MgO selalu lebih besar dari nilai kadar CaO. Jenis batuan ultramafik yaitu Peridotit (*Harzburgite*), setelah dilakukan geokimia MgO, CaO dan Ni.pada topografi miring dan landai menunjukkan perbandingan kadar yang mempengaruhi kadar Ni, yaitu kadar CaO (0.11 % sampai 4.70 %), MgO (3.66 % sampai 19.79 %) dan Ni (0.63 % sampai 1.36 %) pada topografi landai. Sedangkan pada topografi miring kadar CaO (0.25 % sampai 1.77 %), MgO (17.46 % sampai 27.48 %) dan Ni (0.29 % sampai 2.76 %). Pada topografi landai berdasarkan hasil XRF kadar batuan peridotit NiO (0,38% sampai 0,72%), MgO (0,08% sampai 0,25%),CaO (0,04% sampai 0,05%), sedangkan pada topografi miring peridotit terserpentinisasi mengandung NiO (0,54%), MgO (25,15%), CaO (0,02%).

**Kata Kunci :** *Nikel Laterit, Peridotit, Serpentinisasi, MgO, CaO dan Ni.*

## **ABSTRACT**

*The research area is located in Malili District, East Luwu Regency, South Sulawesi Province which is covered in the Malili Sheet Geological Map (Simandjuntak, E. Rusmana, Surono and J.B. Supandjono, 1991), contains laterite nickel deposits which are located close to laterite nickel deposits in the Sorowako area, In East Luwu there is a laterite nickel mine which is the result of weathering. The purpose of this research is to find out how the major elements MgO and CaO influence on laterite nickel content and how ultramafic rock types affect laterite nickel content?. With the aim of knowing the geochemical characteristics of CaO and MgO affecting the value of laterite nickel content, knowing the type of ultramafic rock that affects the laterite nickel content value and knowing the effect of serpentized and non-serpentized rock on the Nickel content. The research method is by taking field data in the form of drill data and geological data, after conducting an X-Ray Fluorescence (XRF) geochemical analysis to determine the geochemistry of the drill data samples. In general, laterite nickel deposits will form a laterite profile formed from weathering, this layer profile is made of limonite, saprolite and bedrock. Topography greatly affects the level of weathering, where in the sloping topography the level of weathering is low compared to the level of weathering in the sloping topography. The geochemical characteristics of MgO and CaO at the difference in average levels of the total drill point of 19.92% (MgO) and 0.80% (CaO) indicate that the process of formation of deposits in nickel is then characterized by the MgO content being always greater than the CaO content. The ultramafic rock type is Peridotite (Harzburgite), after geochemistry of MgO, CaO and Ni has been carried out. The sloping and sloping topography shows the ratio of grades that affect Ni content, namely CaO content (0.11% to 4.70 %), MgO (3, 66% to 19.79%) and Ni (0.63% to 1.36%) in sloping topography. Meanwhile, in the sloping topography the levels of CaO (0.25% to 1.77 %), MgO (17.46% to 27.48 %) and Ni (0.29% to 2.76 %). In the sloping topography based on XRF results, the peridotite rock content is NiO (0.38% to 0.72%), MgO (0.08% to 0.25%), CaO (0.04% to 0.05%), while at The serpentized peridotite sloping topography contains NiO (0.54%), MgO (25.15%), CaO (0.02%).*

**Keywords :** *Laterite Nickel, Peridotite, Serpentized, MgO, CaO and Ni.*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Mendala Geologi Sulawesi Barat dicirikan oleh lajur gunungapi Paleogen dan Neogen, intrusi Neogen dan sedimen flysch Mesozoikum yang diendapkan di pinggiran benua (Paparannya Sunda). Di Mendala 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).

Istilah “laterite” bisa diartikan sebagai endapan yang kaya oksida besi, miskin unsur silika dan secara intensif ditemukan pada endapan lapukan pada iklim tropis. Ada juga yang mengartikan nikel laterit sebagai endapan lapukan yang mengandung nikel dan secara ekonomis dapat ditambang. Batuan induk endapan Nikel laterit adalah batuan ultrabasa; umumnya dari jenis harzburgit (peridotit yang kaya unsur ortopiroksen), dunit dan jenis peridotit yang lain (Isjudarto, 2013)

Nikel merupakan salah satu komoditas tambang utama dari negara Indonesia. Nikel merupakan salah satu sumberdaya alam yang memiliki banyak manfaat seperti pembuatan logam anti karat, campuran pada pembuatan *stainless steel* dan berbagai jenis barang lainnya. (Dalvi, Bacon, dan Osborn, 2004). Pembentukan profil laterit berjalan dinamis dan perlahan mengikuti kemiringan

lereng topografinya sehingga menggambarkan kilasan dari perkembangan tahapan laterisasi. Diawali dengan pelapukan pada batuan peridotit yang secara vertikal membentuk profil endapan nikel laterit

Batuan peridotit yang banyak mengandung olivin, magnesium silikat dan besi silikat (umumnya mengandung 0,3% Ni), mengalami proses pelapukan secara kimiawi dan dipengaruhi oleh air tanah yang kaya akan CO<sub>2</sub> dari udara luar akan mengubah olivin, menyebabkan sangat menurunnya kadar Al dan Ca yang terlarut oleh air hujan. Pelarutan itu menyebabkan kadar Fe, Ni, Cr, Co semakin tinggi (terjadi pengayaan). Oksidasi yang terbentuk, bereaksi dengan air membentuk limonite yang terakumulasi pada zona oksidasi.

Daerah penelitian terletak di Kecamatan Malili Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan yang tercakup dalam Peta Geologi Lembar Malili (Simandjuntak, E. Rusmana, Surono dan J.B.Supandjono, 1991), memiliki kandungan endapan nikel laterit yang lokasinya berdekatan dengan endapan nikel laterit di Daerah Sorowako. Meskipun endapan nikel laterit Sorowako terbagi atas dua tipe yaitu tipe barat dan tipe timur, secara umum memiliki ciri profil, sebagai berikut : Tanah penutup (*Overbudden*), Sona limonit berkadar menengah, Sona Transisi (*Medium Grade Limonit*), zona bijih (*Saprolit*) dan batuan Dasar (*Bed Rock*) (Waheed,2016).

Eksplorasi pemboran nikel laterit menghasilkan sampel coring yang selanjutnya menggunakan metode *X-Ray Fluorescence spectrometry* (XRF) untuk mengetahui kadar nikel dan unsur major lainnya, seperti SiO<sub>2</sub>, MgO, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO dan CoO. Diketahui dari hasil analisis XRF bahwa nikel mengalami

perubahan nilai kadar dimulai dari kadar 2,0% dan menurun hingga kadar 0,7%. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan hubungan unsur major yang kaitannya dengan perubahan kadar nikel laterit. Penelitian ini juga menggunakan data petrografi dan data geokimia batuan ultramafik (*bedrock*) untuk mengetahui komposisi geokimia batuan pada daerah penelitian.

## **1.2 Maksud dan Tujuan**

Dari penjelasan singkat diatas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh unsur major MgO dan CaO pada nilai kadar nikel laterit ?
2. Bagaimana jenis batuan ultramafik berpengaruh pada nilai kadar nikel laterit ?

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui karakteristik geokimia CaO dan MgO mempengaruhi nilai kadar nikel laterit.
2. Mengetahui jenis batuan ultramafik berpengaruh pada nilai kadar nikel laterit.
3. Mengetahui pengaruh batuan yang mengalami serpentinisasi dan tidak terserpentinisasi terhadap kadar Nikel.

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi pada ciri fisik permukaan endapan laterit daerah Salociu Desa Ussu, Kecamatan Malili, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi

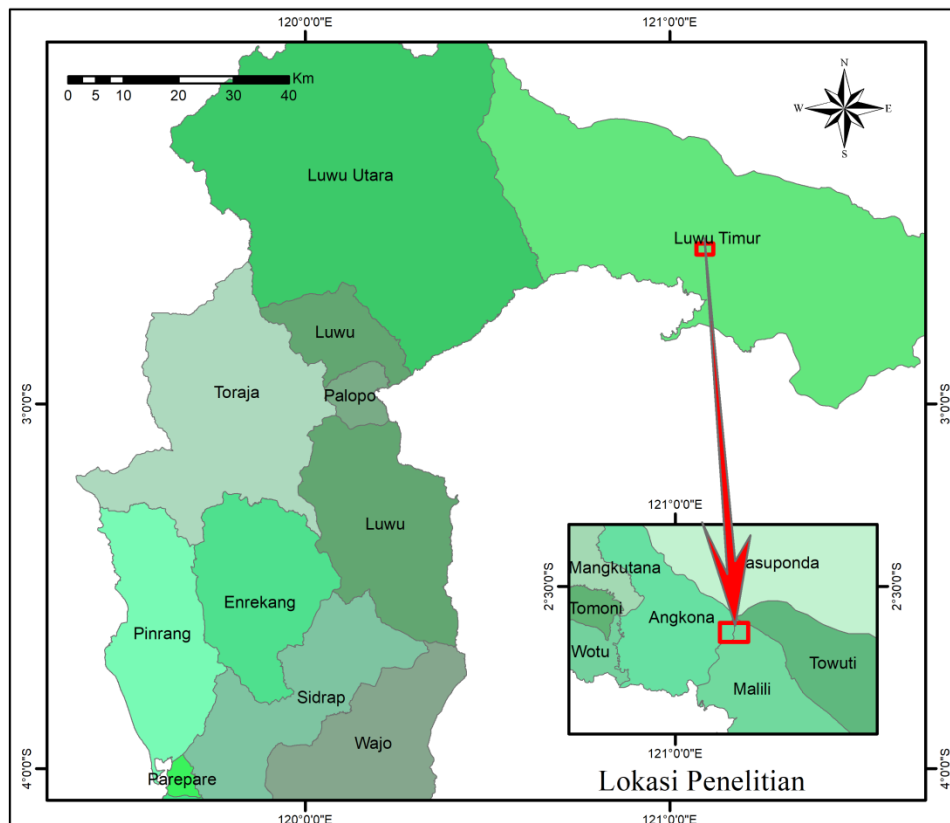


Sulawesi Selatan. Data pada daerah ini dilakuakn analisis laboratorium petrografi dan *XRF* (*X-ray fluorescence spectrometry*).

#### 1.4 Letak, Luas, dan Kesampaian Daerah

Secara administratif daerah penelitian terletak pada daerah Salociu Desa Ussu Kecamatan Malili Kabupaten Luwu Timur Provinsi Sulawesi Selatan. **(Gambar 1.1).**

Secara geografis, daerah penelitian terletak antara  $121^{\circ}5'00''$  BT -  $121^{\circ}7'00''$  BT dan  $2^{\circ}33'00''$  LS -  $2^{\circ}35'00''$  LS. Daerah penelitian terletak di Kecamatan Malili yang berjarak  $\pm 550$  km dari Kampus Fakultas Teknik Unhas di Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan. Daerah penelitian ini dapat ditempuh dengan mengunakan kendaraan roda 2 dan roda 4 selama  $\pm 12$  Jam.



**Gambar 1. 1** Peta Tunjuk Lokasi Penelitian (Bakosurtanal, 2021)

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan pertimbangan dalam tahap eksplorasi nikel yang berkaitan dengan karakteristik fisik endapan nikel, karakteristik geokimia setiap zona pada endapan laterit, karakteristik petrografi serta sebaran endapan nikel laterit.

## **1.6 Peneliti Terdahulu**

Adapun alat dan bahan yang digunakan selama penelitian berlangsung adalah yaitu: peta topografi berskala peta Geologi regional Lembar Malili 2113, 1 : 25.000 yang merupakan hasil pembesaran dari peta rupa bumi skala 1 : 50.000 terbitan Bakosurtanal, peta citra, peta DEM(*Digital Elevation Model*), kompas geologi, palu geologi, *global positioning system* (GPS), lup dengan pembesaran 10x, komparator batuan dan mineral, pita meter, buku catatan lapangan, kantong sampel, larutan HCl (0,1M), kamera digital, alat tulis menulis, clipboard, ransel lapangan, busur dan penggaris, dan roll meter.

Alat dan bahan yang digunakan selama analisis laboratorium adalah sebagai berikut : mikroskop polarisasi untuk analisis petrografi, sampel sayatan tipis batuan, alat tulis menulis, dan kertas A4.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Geologi Regional**

Dalam pembahasannya geologi regional lembar Malili mencakup aspek geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi dan potensi sumber daya mineral dan energi. Geologi daerah Malili ini didasari pada Simandjuntak, T.O., E. Rusmana, Surono dan J.B.Supandjono, (1991) pemetaan geologi Lembar Malili, Sulawesi skala 1 :250.000 .

##### **2.1.1 Geomorfologi Regional**

Daerah Pebukitan menempati bagian tengah dan timur laut lembar peta dengan ketinggian antara 200 - 700 m di atas permukaan laut dan merupakan pebukitan yang agak landai yang terletak di antara daerah pegunungan dan daerah pedataran. Pebukitan ini dibentuk oleh batuan vulkanik, ultramafik dan batupasir (Simandjuntak,1991).

##### **2.1.2 Stratigrafi Regional**

Berdasarkan himpunan batuan, struktur dan biostratigrafi, secara regional Lembar Malili termasuk Mendala Geologi Sulawesi Timur dan Mendala Geologi Sulawesi Barat, dengan batas Sesar Palu Koro yang membujur hampir utara-selatan. Mendala Geologi Sulawesi Timur dapat dibagi menjadi dua lajur (Telt): lajur batuan malihan dan lajur ofiolit Sulawesi Timur yang terdiri dari batuan ultramafik dan batuan sedimen petagos Mesozoikum (Simandjuntak,1991).

Berdasarkan peta geologi regional lembar malili oleh (Simandjuntak,1991). daerah penelitian tersusun atas kompleks ultramafik (MTosu) yang berumur kapur-tercier.

**MTosu BATUAN ULTRAMAFIK:** harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterit, serpentin dan 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 olivin mencirikan batas masing-masing kristal bergerigi.

*Lherzolit*, hijau kehitaman; holokristalin, 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 piroksenkilno 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.

Serpentin, 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 terserpentin kuat yang ditunjukkan dari struktur sisa seperti jaring dan barik-barik mineral olivin dan piroksen; serpentin dan talkum sebagai mineral pengganti.

### **2.1.3 Tektonik Regional**

Struktur dan geologi Lembar Malili (Simandjuntak,1991), memperlihatkan ciri Komplek tubrukan dan pinggiran benua yang aktif. Berdasarkan struktur, himpunan batuan, biostratigrafi dan umur, daerah ini dapat dibagi menjadi 2 domain yang sangat berbeda, yakni :

1. Alohton: ofiolit dan malihan, dan
2. Autohton: batuan gunungapi dan pluton Tersier dan pinggiran benua Sundaland, serta kelompok molasa Sulawesi.

Lembar Malili, sebagaimana halnya daerah Sulawesi bagian timur, memperlihatkan struktur yang sangat rumit. Hal ini disebabkan oleh pengaruh pergerakan tektonik yang telah berulang kali terjadi di daerah ini. Pada Zaman Kapur, dibagian lain dalam cekungan laut dalam di sebelah barat terjadi

pemekaran dasar samudera, dan membentuk kerak samudera yang sebagian menjadi Lajur Ofiolit Sulawesi Timur.

#### **2.1.4 Sumber Daya Mineral dan Eenergi**

Bahan galian yang terdapat di daerah yang dipetakan di antaranya nikel, bijih besi, kromit, emas, batugamping, granit, basal, andesit, batubara, pasir dan kerikil Bijih nikel pada saat ini sedang ditambang oleh PT. Inco di daerah Soroako. Bijih tersebut biasanya terdapat dalam endapan laterit berasal dari batuan ultramafik yang melapuk. Di samping itu bijih besi yang potensial terdapat pada bagian atasnya (sebagai penudung) yang biasanya berupa daerah-daerah datar (Sukanto, 1975).

### **2.2 Batuan Ultramafik**

Menurut Ahmad (2002), Batuan Ultramafik merupakan batuan yang terdiri dari mineral-mineral yang bersifat mafik (ferromagnesian), seperti olivin, piroksin, hornblend dan mika. Semua batuan ultramafik memiliki indeks warna >70%.

Istilah “ultrabasa” dan “ultramafik” tidak identik. Sebagian besar batuan ultramafik juga ultrabasa, sementara tidak semua batuan ultrabasa yang ultramafik. Dengan demikian batuan yang kaya akan feldspathoid merupakan ultrabasa namun bukan batuan ultramafik, karena tidak mengandung mineral ferromagnesian (Ahmad, 2002).

Menurut Reynaldi (2021) jenis – jenis dari batuan ultramafik terdiri dari :

### **2.2.1 Peridotit**

Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultramafik yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri dari atas harsburgit, lertzolit, werlite dan dunit. Peridotit tersusun atas mineral – mineral holokristalin dengan ukuran medium – kasar dan berbentuk anhedral. Komposisinya terdiri dari olivin dan piroksin. Mineral asesorisnya berupa plagioklas, hornblende, biotit dan garnet.

### **2.2.2 Piroksinit**

Menurut Ahmad (2002), piroksinit merupakan kelompok batuan ultramafik monomineral dengan kandungan mineral yang hampir sepenuhnya adalah piroksin. Dalam hal ini Piroksinit diklasifikasikan lebih lanjut apakah masuk kedalam Piroksin ortorombik atau monoklin.

- a. Orthopyroxenites: Bronzitites
- b. Clinopyroxenites: Diopsidites; diallagites

### **2.2.3 Hornblendit**

Hornblendit merupakan batuan ultramafik monomineral dengan komposisi mineral sepenuhnya hornblende.

### **2.2.4 Dunit**

Merupakan batuan yang hampir murni olivin (90-100%), umumnya hadir sebagai forsterit atau kristolit, terdapat sebagai sill atau korok-korok halus (dalam dimensi kecil). Ahmad (2002), menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivine (umumnya magnesit)

olivin), mineral asesorisnya meliputi kromit, magnetit, ilmenit dan spinel. Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperatur yang tinggi) dalam larutan magma dan sebelum mendingin pada temperatur tersebut, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivine anhedral yang saling mengikat.

Terbentuk batuan yang terdiri dari olivine murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (liquid) berkomposisi olivine memisah dari larutan yang lain.

### **2.2.5 Serpentin**

Serpentin merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultramafik, dimana mineral-mineral olivin dan piroksin jika teralterasi akan membentuk mineral serpentin. Serpentin sangat umum memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit, peridotit (Ahmad, 2002). Serpentin dapat dihasilkan dari mantel oleh hidrasi dari mantel ultramafik (mantel peridotit dan dunit). Dibawah pegunungan tengah samudera (*mid Oceanic Ridge*) pada temperatur <500°C.

### **2.3 Ofiolit**

Kompleks Ofiolit Sulawesi, Indonesia, merupakan kompleks ofiolit ketiga terluas di dunia setelah Kompleks Ofiolit Oman dan Kompleks Ofiolit Papua Nugini (Simandjuntak, 1992). Kompleks Ofiolit Sulawesi dikenal sebagai East Sulawesi Ophiolite Belt (ESOB) atau lajur Ofiolit Sulawesi Timur. Endapan nikel terbentuk melalui proses pelapukan yang sangat intensif di daerah tropis pada



batuan yang mengandung nikel seperti peridotit dan serpentininit yaitu sebanyak 0,25 % Ni. (Maulana, 2014).

Ofiolit merupakan kompleks batuan dengan berbagai karakteristik dari layer ultramafik, dengan ketebalan dari beberapa ratus meter sampai beberapa kilometer bersusun atau berlapis dengan batuan gabro dan batuan *dolerite*, dan pada bagian atanya tersusun oleh *pillow* lava dan breksi, sering berasosiasi dengan batuan sediment pelagik (Ringwood, 1975). Sedangkan menurut Hutchison (1983), ofiolit merupakan kumpulan khusus dari batuan mafik-ultramafik dengan batuan beku sedikit kaya asam sodium dan khas berasosiasi dengan batuan sediment laut dalam.

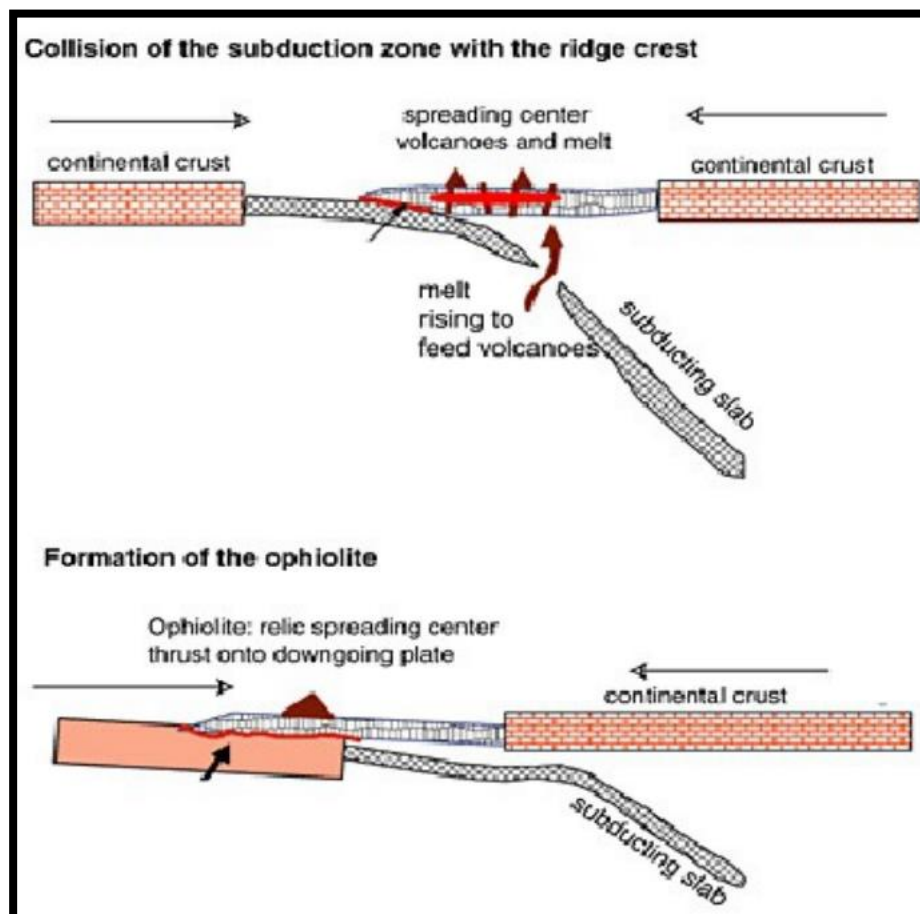
Definisi ofiolit menurut Penrose Field Conference, (1972) adalah sekelompok batuan yang berkomposisi mafik sampai ultramafik yang sekuennya dari bawah ke atas, yaitu :

1. Kompleks ultramafik (peridotit termetamorfik), terdiri dari lherzolit, hazburgit dan dunit. Umumnya batuan memperlihatkan struktur tektonik metamorfik (banyak atau sedikit terserpentinisasi).
2. Kompleks gabro berlapis dan gabro massif. Gabro memiliki tekstur cumulus (mencakup peridotit cumulus serta piroksenit). Komplek gabro biasanya sedikit terdeformasi dibandingkan dengan kompleks ultramafik.
3. Kompleks retas berkomposisi mafik (diabas).

Secara litostratigrafi, ofiolit merupakan sekelompok batuan yang berkomposisi mafik sampai ultramafik dengan sekuen dari bawah ke atas, disusun

oleh: kompleks ultramafik, kompleks gabro berlapis dan gabro massif, kompleks retas berkomposisi mafik (diabas) dan kelompok batuan vulkanik berkomposisi mafik bertekstur bantal / basalt (Penrose Field Conference, 1972).

Berikut ditunjukkan diagram pembentukan ofiolit pada *subduction zone* dengan pematang kerak (*ridge crust*) pada (Gambar 2.1.)



Gambar 2. 1 Pembentukan Ofiolit

## 2.4 Serpentinisasi

Serpentinisasi menurut Palandri dan Reed (2004) adalah suatu reaksi eksotermis, hidrasi di mana air bereaksi dengan mineral mafik seperti olivin dan piroksen untuk menghasilkan lizardit, antigorit dan / atau krisotil.

Menurut Ahmad (2006) ada beberapa hal terjadinya proses serpentinisasi adalah adanya penambahan air, adanya pelarutan magnesia (atau penambahan silika), adanya pelepasan besi dalam olivin (Fe, Mg) , konversi besi yang lepas dari ikatan ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi ferri ( $\text{Fe}^{3+}$ ) untuk membentuk magnetit berbutir halus. Akibatnya batuan terserpentinisasi umumnya akan menjadi lebih magnetik. Peran atau kemunculan mineral serpentin pada batuan dasar penghasil laterit terkadang memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap karakterisasi tanah laterit yang ada.

Secara umum batuan dasar penghasil tanah laterit merupakan batuan-batuan ultramafik dimana batuan yang rendah akan unsur Si, namun tinggi akan unsur Fe, Mg dan terdapat unsur Ni yang berasal langsung dari mantle bumi. Kehadiran mineral serpentin pada batuan ultramafik menjadi suatu peranan penting dalam pembentukan karakteristik tanah laterit yang ada terutama pada pengkayaan unsur logam Ni pada tanah laterit. Proses serpentinisasi akan menyebabkan perubahan tekstur mineralogi dan senyawa pada mineral olivin maupun piroksen pengurangan atau perubahan komposisi unsur Mg, Ni dan Fe pada mineralnya.

## **2.5 Endapan Laterit**

Laterit deposit atau endapan laterit diartikan sebagai hasil dari proses pelapukan yang intensif di daerah humid, *warm* maupun *tropic* dan kaya akan mineral lempung yang bersifat kaolinitic serta Fe- dan Al- *oxide/hydroxide*. Endapan laterit pada umumnya menampilkan bidang perlapisan yang baik

sebagai hasil reaksi antara air hujan yang masuk ke dalam formasi dan kelembaban tanah yang naik ke atas permukaan (Maulana, 2013)

Laterit menurut Evans (1993) adalah produk sisa dari pelapukan kimia batuan beku ultrabasa berupa dunit, peridotit, harzburgit dan batuan ultrabasa lainnya di permukaan bumi, 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 ekonomis. Contoh terkenal dari endapan bijih laterit yaitu bauksit dan endapan bijih besi.

Laterit merupakan sumber dari beberapa mineral ekonomis diantaranya bauxite dan nikel (Ni), mangan (Mn), tembaga (Cu), emas (Au) dan *platinum group element* (PGE). Bagian paling bawah dari profil laterit disebut dengan zona saprolit yang merupakan zona pelapukan tinggi dimana tekstur primer dan *fabric* dari batuan asalnya masih dapat dilihat. Akibat fluida yang bersifat *oxidized* dan asam, maka bagian paling bawah dari zona ini dicirikan dengan tidak stabilnya *sulfide* dan karbonat dengan hasil pencucian atau *leaching* dari logam-logam *chalcopile* dan unsur-unsur alkalin. Bagian bawah dari zona saprolit ini dicirikan dengan terurainya mineral-mineral feldspar dan ferromagnesian, sementara Si dan Al akan tetap tinggal pada mineral lempung (*kaolinite* dan *halloysite*). (Maulana, 2013).

Perilaku berbagai unsur selama proses lateralisasi pada dasarnya dikendalikan oleh dua faktor, yaitu: (Ahmad, 2009)

- a. Sifat kimia tertentu dari unsur itu sendiri (geokimia)

- b. Kondisi lingkungan yang berlaku (suhu, curah hujan, kondisi batuan, kondisi pH, dll.)

**Tabel 3. 1**Peran beberapa elemen selama pelapukan laterit (Ahmad, 2009)

<i>Element</i>	<i>Exists in the ultramafics as</i>	<i>Role during lateritic weathering</i>
Ca	Cpx > Opx > Oliv	<i>Highly mobile. Leached away</i>
Na	Very little	<i>Highly mobile. Leached away</i>
Mg	Oliv > Opx > Cpx	<i>Highly mobile. Mostly leached away. Some stays behind as clay minerals</i>
K	Very little	<i>Highly mobile. Mostly leached away. Some stays behind as clay minerals</i>
Si	Opx > Cpx > Oliv	<i>Highly mobile. Mostly leached away. Some stays behind as clay minerals and silica boxwork.</i>
Mn	Oliv > Opx > Cpx	<i>Semi-mobile. Forms oxide (pyrolusite) and hydroxides (manganite, pyrochroite &amp; psilomelane)</i>
Co	Oliv > Opx > Cpx	<i>Semi-mobile. Follows manganese</i>
Ni	Oliv > Opx > Cpx	<i>Semi-mobile. Forms nickel serpentine, nickel talc, nickel chlorite and nickel clays</i>
Al	Cpx > Opx > Oliv	<i>Non-mobile. Stays behind as boehmite, bauxite &amp; gibbsite</i>
Cr	Cpx > Opx > Oliv	<i>Non-mobile. Stays behind as chromite</i>
Fe	Oliv > Opx > Cpx	<i>Non-mobile. Stays behind as oxides (hematite &amp; maghemite) and hydroxides (turgite, goethite, hydrogoethite, limonite, ferrihydrite, xanthosiderite &amp; esmeraldaite)</i>

- a. Ca. Kalsium memiliki sifat yang sangat larut dalam air tanah di daerah tropis.
- b. Mg. Magnesium sangat larut dalam air tanah. Dalam kondisi tropis basah, magnesia dapat dengan cepat keluar dari profil laterit. Namun, di bawah kondisi iklim basah-kering, beberapa magnesia dalam bentuk lempung dalam profil laterit mungkin terhambat.
- c. Si. Silika memiliki kelarutannya lebih rendah dari magnesia, silika seringkali dapat diendapkan dalam zona saprolitik dari profil laterit di mana

magnesia secara aktif masuk ke dalam larutan.

- d. Fe. Kelarutan zat besi sangat bervariasi tergantung pada keadaan valensinya, dimana zat besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) cukup larut dalam air tanah sedangkan zat besi ( $\text{Fe}^{3+}$ ) sangat tidak larut.
- e. Al. Alumina adalah salah satu unsur yang tidak bergerak yang ada dalam profil laterit selama air tanah berada pada kisaran pH 4,5 hingga 9,5 (sebagian besar air tanah memang termasuk dalam kisaran ini)
- f. Cr. Kromium dalam kromit tidak larut dalam air tanah dan sangat stabil, bertahan sebagai kromit di zona limonit laterit.
- g. Mn dan Co memiliki mobilitas agak rendah di perairan asam dan cenderung bergerak ke bawah profil laterit. Namun, mereka mencapai tingkat ketidaksuburan mereka lebih cepat (dan lebih awal dari nikel) dan diendapkan baik di bagian bawah zona limonit atau di bagian atas zona saprolit. Konsentrasi kobalt umumnya mengikuti mangan dalam profil laterit.

Genesa dari endapat laterit dimulai dari pelapukan batuan ultramafik (peridotit, dunit, serpentinit) yang banyak mengandung mineral olivin, piroksin, magnesium silikat, dan besi silikat dengan kandungan nikel kira-kira sebesar 0.30%. Proses laterisasi pada endapan nikel laterit diartikan sebagai proses pencucian pada mineral yang mudah larut dan mineral silika dari profil laterit pada lingkungan yang bersifat asam, hangat, dan lembap, serta membentuk konsentrasi endapan hasil pengayaan proses laterisasi pada unsur Fe, Cr, Al, Ni, dan Co.

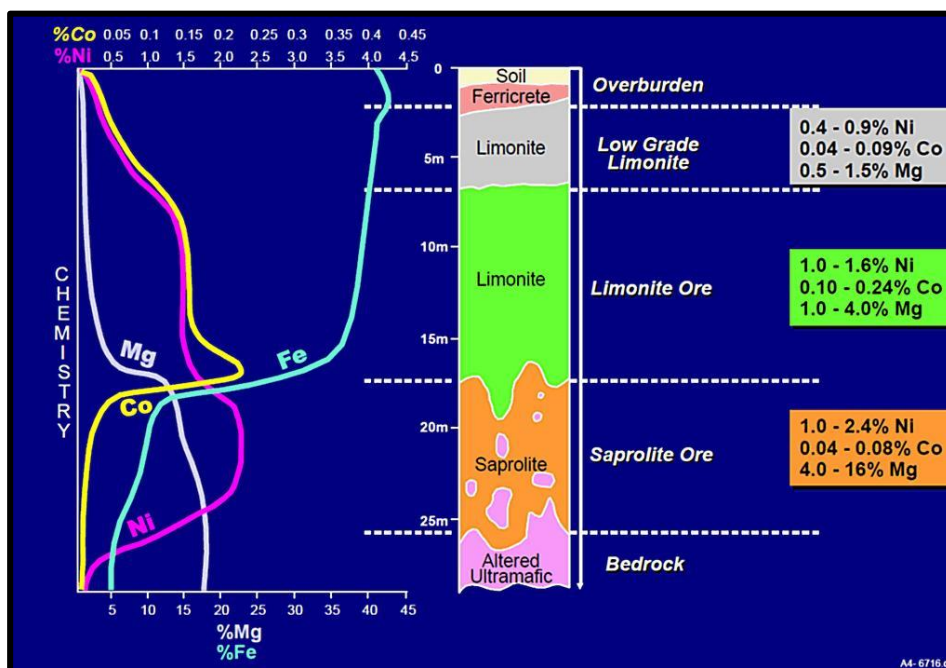
Air permukaan yang mengandung CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan terkayakan kembali oleh material-material organik di permukaan meresap ke bawah permukaan tanah sampai pada zona pelindian (*leaching zone*), tempat terjadinya fluktuasi air tanah berlangsung. Akibat fluktuasi ini, air tanah yang kaya CO<sub>2</sub> akan mengalami kontak dengan zona saprolit yang masih mengandung batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti olivin/serpentin dan piroksin. Unsur Mg, Si, dan Ni akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan membentuk mineral-mineral baru pada proses pengendapan kembali. Endapan besi yang bersenyawa dengan oksida akan terakumulasi dekat dengan 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 pelindihan/*leaching*.

Pada proses pelapukan lebih lanjut magnesium (Mg), Silika (Si), dan Nikel (Ni) akan tertinggal di dalam larutan selama air masih bersifat asam. Tetapi jika dinetralisasi karena adanya reaksi dengan batuan dan tanah, maka zat-zat tersebut akan cenderung mengendap sebagai mineral hidrosilikat (Ni-magnesium hidrosilicate) yang disebut mineral garnierit [(Ni,Mg)<sub>6</sub>Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH)<sub>8</sub>] atau mineral pembawa Ni.

Adanya suplai air dan saluran untuk turunnya air, dalam hal ini berupa kekar atau rekahan pada batuan, maka Ni yang terbawa oleh air akan turun ke bawah, lambat laun akan terkumpul di zona ketika air sudah tidak dapat turun lagi dan tidak dapat menembus batuan dasar (*bedrock*). Ikatan dari Ni yang berasosiasi

dengan Mg, SiO, dan H akan membentuk mineral garnierit. Apabila proses ini berlangsung terus-menerus maka yang akan terjadi adalah proses pengayaan supergen/supergen *enrichment*. Zona pengayaan supergen ini terbentuk di zona saprolit (*saprolite zone*).

Dalam satu penampang vertikal profil laterit dapat juga terbentuk zona pengayaan yang lebih dari satu, hal tersebut dapat terjadi karena muka air tanah yang selalu berubah-ubah, terutama bergantung dari perubahan musim. Di bawah zona pengayaan supergen terdapat zona mineralisasi primer yang tidak terpengaruh oleh proses oksidasi maupun pelindihan, yang sering disebut sebagai zona batuan dasar (*bedrock*) (Maulana, 2017).



Gambar 2. 2 Distribusi vertikal mineral yang umum pada penampang nikel laterit (Elias, 2002)

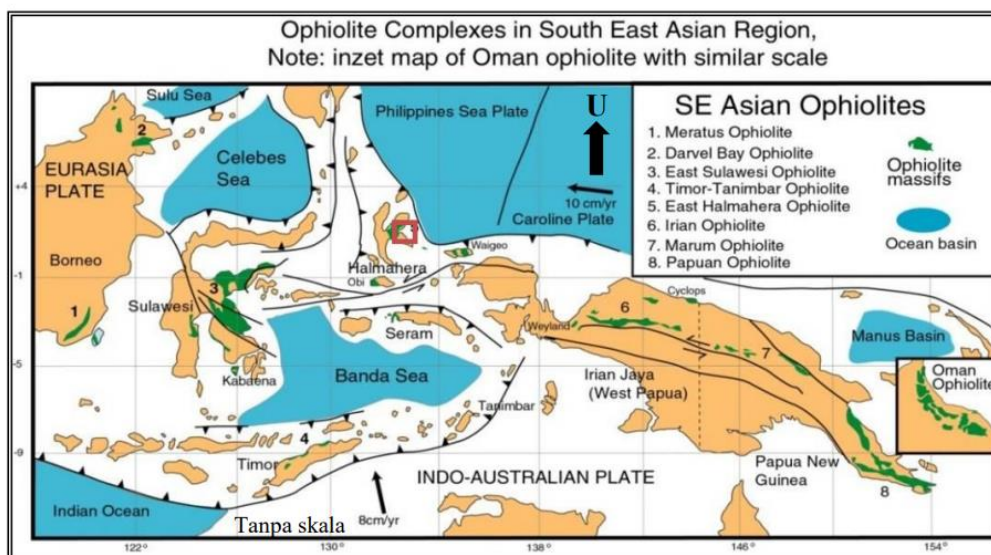
## 2.6 Sebaran Nikel Laterit

Menurut Isjudarto (2013) 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. Di Indonesia sumber nikel hanya dijumpai dalam bentuk nikel sekunder atau yang disebut juga sebagai nikel laterit (Isjudarto, 2013).

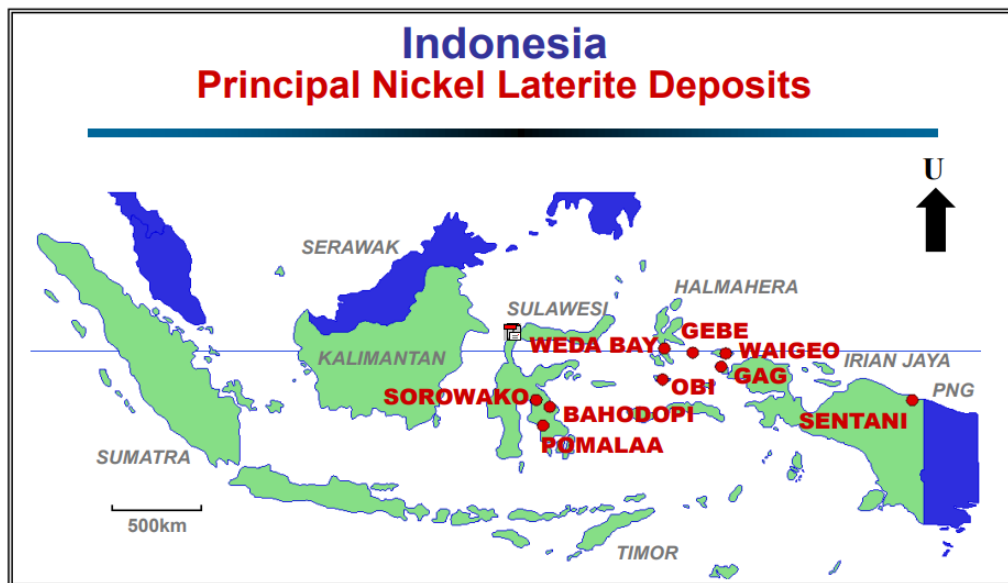
Nikel mempunyai sifat tahan karat. Istilah “laterite” bisa diartikan sebagai endapan yang kaya oksida besi, miskin unsur silika dan secara intensif ditemukan pada endapan lapukan pada iklim tropis. Ada juga yang mengartikan nikel laterit sebagai endapan lapukan yang mengandung nikel dan secara ekonomis dapat ditambang. Batuan induk endapan Nikel laterit adalah batuan ultrabasa; umumnya dari jenis harzburgit (peridotit yang kaya unsur ortopiroksen), dunite dan jenis peridotite yang lain. Endapan nikel laterit ini ditemukan di daerah Indonesia bagian timur seperti Pulau Sulawesi, pulau-pulau di Maluku Utara maupun di daerah Papua (Isjudarto, 2013).



**Gambar 2. 3** Distribusi Ofiolit di Indonesia bagian timur (Kadariusman, 2001)

Distribusi batuan ultramafik dan potensi laterit nikel di Indonesia terdapat di beberapa daerah di bagian timur Indonesia, diantaranya yaitu (Gambar 2.9) :

- a. Sulawesi bagian timur (Sorowako, Bahodopi, Pomalaa),
- b. Halmahera bagian timur (Gebe, Sangaji, Buli, Pulau Pakal), dan
- c. Irian Jaya bagian utara (Waigeo, Gag, Sentani).



**Gambar 2. 4** Distribusi Endapan Bijih Laterit Nikel Indonesia (Ahmad, 2005)

## 2.7 Profil Nikel Laterit

Pelapukan kimia pada batuan ultrabasa biasanya disertai dengan fraksinasi dari elemen-elemen menjadi tipe yang larut dan tidak larut dalam air. Elemen-elemen yang larut dalam air nantinya akan tercuci keluar dari sistem pelapukan sementara elemen-elemen yang tidak larut dalam air akan tertinggal sebagai pengayaan residu. Proses pelapukan kimia pada akhirnya akan menghasilkan pembentukan profil laterit dengan urutan laterit termuda pada bagian bawah dan laterit tertua pada bagian atas.

Menurut Golightly (1979) profil laterit dibagi menjadi 4 zonasi, yaitu:

### **2.7.1 Zona Limonit (LIM)**

Zona ini berada paling atas pada profil dan masih dipengaruhi aktivitas permukaan dengan kuat. Zona ini tersusun oleh humus dan limonit. Mineral-mineral penyusunnya adalah goethit, hematit, tremolit dan mineral-mineral lain yang terbentuk pada kondisi asam dekat permukaan dengan relief relatif datar. Secara umum material-material penyusun zona ini berukuran halus (lempung-lanau), sering dijumpai mineral stabil seperti spinel, magnetit dan kromit.

### **2.7.2 Zona Medium Grade Limonite (MGL)**

Sifat fisik zona *Medium Grade Limonite* (MGL) tidak jauh berbeda dengan zona *overburden*. Tekstur sisa batuan induk mulai dapat dikenali dengan hadirnya fragmen batuan induk, yaitu peridotit atau serpentinit. Rata-rata berukuran antara 1-2 cm dalam jumlah sedikit. Ukuran material penyusun berkisar antara lempung-pasir halus. Ketebalan zona ini berkisar antara 0-6 meter. Umumnya singkapan zona ini terdapat pada lereng bukit yang relatif datar. Mineralisasi sama dengan zona limonit dan zona saprolit, yang membedakan adalah hadirnya kuarsa, lihopirit, dan opal.


### **2.7.3 Zona Saprolit**

Zona saprolit merupakan zona bijih, tersusun atas fragmen-fragmen batuan induk yang teralterasi, sehingga mineral penyusun, tekstur dan struktur batuan dapat dikenali. Derajat serpentinisasi batuan asal laterit akan mempengaruhi pembentukan zona saprolit, dimana peridotit yang sedikit terserpentinisasi akan memberikan zona saprolit dengan batuan sisa yang keras, pengisian celah oleh

mineral – mineral garnierit, kalsedon-nikel dan kuarsa, sedangkan serpentinit akan menghasilkan zona saprolit yang relatif homogen dengan sedikit kuarsa atau garnierit.

#### 2.7.4 Zona batuan induk (*Bedrock zone*)

Zona batuan induk berada pada bagian paling bawah dari profil laterit. Batuan induk ini merupakan batuan yang masih segar dengan pengaruh proses-proses pelapukan sangat kecil. Batuan induk umumnya berupa peridotit, serpentinit, atau peridotit terserpentinisasikan.

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

Gambar 2. 5 Generalisasi profil laterit (Elias,2002)

## 2.8 Faktor Pengontrol Pembentukan Nikel Laterit

Terdapat beberapa faktor yang dapat mengontrol pembentukan endapan nikel laterit, yaitu:

a) Iklim

Iklim memiliki peran penting dalam terbentuknya endapan laterit. Temperatur yang hangat dan curah hujan yang tinggi dan ditambah dengan aktivitas biogenik yang tinggi akan mempercepat proses pelapukan kimia. Daerah beriklim tropis dengan temperatur lebih dari 20°C yang cenderung tetap sepanjang tahun merupakan daerah yang sangat ideal untuk pembentukan endapan laterit (Ahmad, 2006). Menurut Ellias (2005) curah hujan menentukan jumlah air yang melewati tanah, sehingga mempengaruhi intensitas pencucian. Sebenarnya tingkat curah hujan dapat bervariasi yang nantinya akan membentuk tanah laterit yang berbeda-beda pula

b) Topografi

Topografi akan mempengaruhi pola aliran air. Kelerengan dan relief mempengaruhi intensitas air yang masuk ke dalam tanah atau batuan dan muka air tanah (Elias, 2005). Topografi / morfologi yang tidak curam tingkat kelerengannya, maka endapan laterit masih mampu untuk ditopang oleh permukaan topografi sehingga tidak terangkut semua oleh proses erosi ataupun ketidakstabilan lereng (Maulana, 2013). Menurut (Ahmad, 2008) tanah laterit membutuhkan topografi yang tidak begitu curam. Permukaan tanah yang curam akan mempercepat erosi pada tanah laterit. Topografi yang terlalu datar dengan drainase yang buruk juga tidak begitu bagus, hal ini menyebabkan pencucian berjalan kurang maksimal sehingga tanah laterit sulit terbentuk.

c) PH

Menurut (Ahmad, 2008) kelarutan mineral akan meningkat di perairan yang memiliki kadar pH yang rendah. Dengan demikian, air yang sedikit asam akan mempercepat proses pelapukan kimia. Air asam banyak terbentuk pada iklim tropis basah melalui hujan asam alami.

d) Tektonik

Tektonisme dapat menghasilkan pengangkatan yang menyebabkan tanah atau batuan tersingkap dan mempercepat proses erosi, menurunkan muka air tanah, dan merubah relief. Untuk menghasilkan pembentukan endapan laterit yang stabil diperlukan kondisi tektonik yang stabil karena dapat mengurangi proses erosi dan memperlambat gerak air tanah (Elias, 2005)

e) Struktur

Struktur geologi memiliki peran penting dalam pembentukan endapan laterit. Adanya struktur geologi seperti sesar dan kekar akan membuat batuan menjadi permeabel sehingga memudahkan air untuk dapat masuk ke dalam batuan. Masuknya air ke dalam batuan akan memudahkan proses pelapukan kimia sehingga laterisasi dapat berjalan dengan baik (Elias, 2005).

f) Batuan Asal

Laterit Ni – Fe menurut (Ahmad, 2006) dapat berkembang pada batuan yang mengandung mineral ferromagnesian yang cukup. Oleh karena itu batuan ultramafik merupakan batuan yang paling cocok untuk

menghasilkan laterit Ni – Fe karena memiliki proporsi mineral ferromagnesian yang tinggi

## **2.9 X-Ray Fluorescence (Xrf)**

Analisis XRF merupakan analisis geokimia yang digunakan untuk mendeterminasikan unsur – unsur utama dan unsur jejak pada batuan. Unsur utama merupakan unsur dominan pada batuan yaitu Si, Ti, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K dan P yang biasanya diukur dalam bentuk komposisi oksida utama ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  dan  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dalam konsentrasi satuan wt% (*weight Percent*). Sedangkan untuk unsur jejak (*trace element*) yaitu unsur yang keterdapatannya <0,1 % dan konsentrasinya dinyatakan dalam ppm (*part per million*).

Spektrometri *X-Ray Fluorescence* (XRF) adalah suatu metode analisis berdasarkan pengukuran tenaga dan intensitas sinar-X suatu unsur di dalam cuplikan hasil eksitasi sumber radioisotop (Masrukan dkk, 2007). Spektrometer XRF didasarkan pada lepasnya elektron bagian dalam dari atom akibat dikenai sumber radiasi dan pengukuran intensitas pendar sinar-X karakteristik yang dipancarkan oleh atom unsur dalam sampel. Metode ini tidak merusak bahan yang dianalisis baik dari segi fisik maupun kimiawi sehingga sampel dapat digunakan untuk analisis berikutnya. (Mulyono dkk, 2012).

Mekanisme kerja XRF secara umum yaitu sampel dalam bentuk batuan dipreparasi menjadi seperti bubuk atau disebut dengan *pulp*. Setelah dalam bentuk bubuk kemudian dipreparasi membentuk kepingan pellet atau disebut *fuse bead*.

Kemudian dilakukan proses XRF dimana sample yang dalam bentuk pellet ditembak dengan menggunakan sinar-X dari sumber pengeksitasi, selanjutnya akan mengenai cuplikan dan menyebabkan interaksi antara sinar-X untuk setiap unsur. Sinar-X tersebut selanjutnya mengenai detector Si (Li) yang akan menimbulkan pulsa listrik yang lemah, pulsa tersebut kemudian diperkuat dengan *preamplifier* dan *amplifier* lalu disalurkan pada penganalisis saluran ganda atau *Multi Chanel Analyzer* (MCA). Tenaga sinar-X karakteristik yang muncul tersebut dapat dilihat dan disesuaikan dengan tabel tenaga sehingga dapat diketahui unsur yang ada di dalam cuplikan yang dianalisis (Iswani, 1983 dalam Mulyono dkk, 2012).

Unit pemrosesan data pada XRF terdiri dari *preamplifier*, *linier amplifier*, *counter*, *timer* serta MCA. Alat-alat ini dibutuhkan dalam mengolah pulsa *output* suatu detektor. *Preamplifier* berfungsi dalam pembentukan ritme pulsa dengan *rise time* pendek. *Linier Amplifier* berfungsi untuk memperkuat dan membentuk pulsa yang keluar dari detektor. *Timer* berfungsi untuk membatasi waktu cacah serta MCA berfungsi untuk mengklasifikasikan pulsa yang masuk ke dalam saluran-saluran (Wisnu, 1988 dalam Masrukan dkk, 2007). Gambar instrument XRF yang berada di PTAPB-BATAN dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.6** a). X-Ray Fluorescence (XRF) b). Peak Zr pada monitor (Masrukan dkk, 2007).