

SKRIPSI

**ANALISIS PROFIL LATERIT MENGGUNAKAN DATA LOG BOR
DAERAH WATURAMBAHA KABUPATEN KONawe UTARA
PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh :

**NURRAHMANI PARAKKASI
D061181323**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS PROFIL LATERIT MENGGUNAKAN DATA LOG BOR
DAERAH WATURAMBAHA KABUPATEN KONAWE UTARA
PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh

NURRAHMANI PARAKKASI

D061181323

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 12 Juni 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

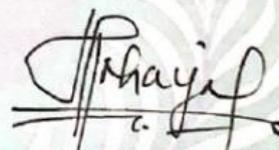
Menyetujui,

Pembimbing Utama



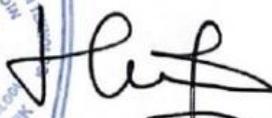
Dr. Ir. H. Hamid Umar, MS
NIP. 19601202 198811 1 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T
NIP. 19581210 198601 2 001

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Nurrahmani Parakkasi
NIM : D061181323
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*Analisis Profil Laterit Menggunakan Data Log Bor
Daerah Waturambaha Kabupaten Konawe Utara
Provinsi Sulawesi Tenggara*

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

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

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

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

Makassar, Juni 2023
: menyatakan

Nurrahmani Parakkasi

ABSTRAK

Indonesia menjadi negara penghasil nikel terbesar kedua dunia setelah Rusia yang memberikan sumbangan sekitar 15% dari jumlah produksi nikel dunia pada tahun 2010. Salah satu daerah penghasil nikel di Indonesia berada pada daerah Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam wilayah eksplorasi PT Karya Alam Abadi Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara geografis terletak pada 122° 19' 24"- 122° 20' 00" BT dan 3° 22' 40"- 3° 23' 00" LS. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui profil laterit dan distribusi kadar Ni pada Daerah Waturambaha melalui analisis sampel pemboran (*core*), analisis geokimia menggunakan metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan analisis petrografi.

Berdasarkan penelitian, diperoleh profil laterit pada Daerah Waturambaha terbagi menjadi limonit pada meteran 0–3 meter dengan kandungan mineral berupa Hematit (28%), *Goethite* (48%), Mangan (5%), Piroksin (5%), Olivin (9%) dan Serpentin (5%). Lapisan saprolit pada meteran 3–10 meter dengan kandungan mineral *Goethite* (18%), Serpentin (47%), Mangan (2%), Piroksin (19%), Olivin (13%), dan *Talc* (1%), dan lapisan *bedrock* pada meteran 11 – 13 meter dengan kandungan mineral berupa Piroksin (45%), Olivin (15%), Silika (15%) dan Serpentin (25%). Analisis geokimia setiap zona pada daerah penelitian menunjukkan distribusi unsur pada setiap lapisan, yang mana Cr₂O₃, MnO, Fe dan Al₂O₃ terkayakan di zona limonit diakibatkan karena sifat unsurnya yang tidak mudah larut, unsur Ni terkayakan di zona saprolit dan MgO dan SiO₂ yang terkayakan di zona *bedrock* dikarenakan sifat unsurnya yang *highly mobile*. Analisis petrografi sampel *bedrock* dengan menggunakan mikroskop polarisasi, menunjukkan bahwa mineral yang hadir didominasi oleh Olivin (55%), Ortopiroksin (13%), Clinopiroksin (23%), Cr-Spinel (3%) dan mineral sekunder Serpentin (6%) sehingga menyebabkan *bedrock* pada daerah penelitian yaitu *Lherzolite* mengalami serpentinisasi lemah. Distribusi Ni dengan kadar ≥ 1,2% dominan pada timurlaut daerah penelitian dan hanya bersifat setempat, sedangkan distribusi Ni pada bagian barat-timur pada daerah penelitian memiliki kadar 0,3% - 1,5%, dan pada bagian utara-selatan daerah penelitian memiliki kadar 0,5% - 1,3%.

Kata kunci: Profil, Nikel Laterit, Geokimia, Unsur, Limonit, Saprolit, *Bedrock*.

ABSTRACT

Indonesia became the world's second largest nickel producing country after Russia which contributed about 15% of the world's nickel production in 2010. One of the nickel producing areas in Indonesia is in the North Konawe area, Southeast Sulawesi. Administratively, the research area is in the exploration area of PT Karya Alam Abadi, Lasolo Islands District, North Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. Geographically it is located at 122° 19' 24"-122° 20' 00" Longitude and 3° 22' 40"- 3° 23' 00" Latitude. The purpose of research is to knowing the laterite profile and distribution of Ni content in Waturambaha areas through analysis of drilling samples (core), geochemical analysis using XRF (X-Ray Fluorescence) and petrography analysis methods.

Based on the research, laterite profiles were obtained in the Waturambaha Region divided into limonite at 0–3 meters with mineral content in the form of Hematite (28%), Goethite (48%), Manganese(5%), Pyroxene (5%), Olivine (9%) and Serpentine (5%). The saprolite layer on the 3–10 meter meter contains the minerals Goethite (18%), Serpentine (47%), Manganese (2%), Pyroxene (19%), Olivine 13%), and Talc (1%), and the bedrock layer on the 11-13 meter contains the minerals Pyroxene (45%), Olivine (15%), Silica (15%) and Serpentine (25%). Geochemical analysis of each zone in the study area shows the distribution of elements in each layer, in which Cr₂O₃, MnO, Fe and Al₂O₃ are richest in the limonite zone due to the nature of the elements which are not easily soluble, Ni elements are the richest in the saprolite zone and MgO and SiO₂ are richest in the saprolite zone. bedrock due to its highly mobile nature. Petrographic analysis of bedrock samples using a polarizing microscope, showed that the minerals present were dominated by olivine (55%), orthopyroxine (13%), clinopyroxine (23%), Cr-Spinel (3%) and secondary minerals serpentine (6%) so that causing bedrock in the study area, namely Lherzolite, to experience weak serpentinization. The distribution of Ni with levels $\geq 1.2\%$ is dominant in the northeast of the study area and is only local, while the distribution of Ni in the east-west of the study area has levels of 0.3% - 1.5%, and in the north-south of the study area has levels of 0.5% - 1.3%.

Keywords : *Profile Nickel Laterite, Geochemistry, Elements, Limonite, Saprolite, Bedrock.*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim

Alhamdulillah *rabbi'l'aalamin*, penulis panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas izin, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat merampungkan tugas akhir yang berjudul **Analisis Profil Laterit Menggunakan Data Log Bor Daerah Waturambaha Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara.**

Sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan terbaik bagi umatnya. Penulis menyadari, berhasilnya penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah membimbing, mengarahkan, memberikan semangat dan doa kepada penulis dalam menghadapi setiap tantangan, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Hamid Umar, MS sebagai penasihat akademik sekaligus sebagai dosen pembimbing utama yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan dalam proses penulisan laporan.
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T sebagai dosen pembimbing pendamping yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan dalam proses penulisan laporan.
3. Bapak Dr. Sultan, S.T., M.T dan Bapak A. Bahrul Hidayah, S.T., M.T sebagai dosen penguji yang telah meluangkan waktunya dan memberikan arahan serta masukan dalam proses penulisan laporan.

4. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama penulis menempuh pendidikan perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.
7. Bapak Andi Baso Nurzain, S.T selaku Kepala Teknik Tambang PT. Karya Alam Abadi yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kerja praktik sekaligus pengambilan data dalam penelitian ini.
8. Bapak Abdul Mahdi A, S.T selaku Kepala Departemen Eksplorasi PT. Karya Alam Abadi sekaligus sebagai pembimbing dalam pelaksanaan kerja praktik dan pengambilan data tugas akhir.
9. Ibu Indra Nawir selaku *Database* Eksplorasi dan Ibu Margareta selaku *Medic* PT. Karya Alam Abadi yang banyak membantu penulis dalam pelaksanaan kerja praktik dan pengambilan data tugas akhir.
10. Seluruh karyawan, baik staf maupun non staf PT. Karya Alam Abadi yang telah menerima dan membantu penulis selama pelaksanaan kerja praktik dan pengambilan data tugas akhir.
11. Larasati Prasetia Andilolo, Andi Ahmad Abdillah Hikmah dan Muhammad Gazali Umar atas segala bantuan dan kebersamaannya dalam pelaksanaan kerja praktik dan pengambilan data tugas akhir.

12. Teman-teman *Xenolith* (Teknik Geologi Angkatan 2018) yang selalu menjadi penyemangat penulis dalam pengerjaan laporan.
13. Kakak-kakak dan adik-adik di Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu menjadi teman diskusi penulis dalam bidang apapun.
14. Kepada kedua orangtua penulis, Muhammad Ilham Parakkasi dan Heriyanti yang senantiasa mengiringi do'a kepada penulis agar dapat menjadi orang yang membanggakan keluarga.
15. Kepada adik penulis, Pati Rezkyanti Parakkasi, Arief Muhammad Hidayat Parakkasi dan Zakina Dewantari Parakkasi yang senantiasa mengiringi do'a kepada penulis agar dilancarkan dan dimudahkan urusan-urusannya.
16. Semua rekan yang telah membantu penulis sampai detik ini dan belum sempat disebutkan. Terima kasih untuk uluran tangan dan kerendahan hati yang kalian miliki. *Jazakumullahu khayran wa barokallahu fiiikum.*

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan karena hanya Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang Maha Sempurna sesuai dengan sifat-sifat-Nya, oleh karenanya saran dan masukan sangat diharapkan oleh penulis demi perbaikan tugas akhir ini. Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat baik dalam penambahan wawasan dan dapat dijadikan referensi pembaca dalam kegiatan penelitian selanjutnya serta tentunya berkah dan bernilai ibadah di sisi Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Makassar, Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud Dan Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional	5
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	7
2.1.2 Stratigrafi Regional	8
2.1.3 Struktur Geologi Regional	9
2.1.4 <i>Geological Setting</i>	9
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Nikel Laterit	13
2.2.2 Genesa Endapan Nikel Laterit	13
2.2.3 Mobilitas Geokimia Pada Batuan Ultramafik	15

2.2.4	Faktor Yang Mempengaruhi Pembentukan Endapan Nikel Laterit.....	16
2.2.5	Zonasi Profil Endapan Nikel Laterit	20
2.2.6	Klasifikasi Endapan Nikel Laterit.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Metode Penelitian.....	27
3.2	Tahapan Penelitian	27
3.2.1	Tahap Persiapan	27
3.2.2	Tahap Pengambilan Data	28
3.2.2.1	Data Primer	28
3.2.2.2	Data Sekunder	29
3.2.3	Tahap Preparasi Sampel.....	30
3.2.3.1	Tahap Preparasi Sampel Basah (<i>Core Preparation</i>).....	30
3.2.3.2	Tahap Preparasi Sampel Kering (<i>Pulp Preparation</i>).....	31
3.2.3.3	Tahap Preparasi Sampel Batuan (<i>Thin Section</i>).....	34
3.2.4	Tahapan Pengolahan Data.....	35
3.2.4.1	Analisis Laboratorium.....	35
3.2.4.2	Analisis Data	36
3.2.5	Tahap Penyusunan Laporan	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Geologi Daerah Penelitian	39
4.1.1	Geomorfologi Daerah Penelitian.....	39
4.1.2	Batuan Ultramafik Daerah Penelitian	40
4.1.3	Struktur Geologi Daerah Penelitian	41
4.2	Analisis Profil Laterit.....	42
4.2.1	Profil Nikel Laterit Bawah Permukaan	42
4.2.1.1	Lapisan Limonit	42
4.2.1.2	Lapisan Saprolit	43
4.2.1.3	Lapisan <i>Bedrock</i>	44
4.2.2	Analisis Geokimia Profil Laterit	49
4.2.2.1	Sayatan Horizontal (A-B dan G-H).....	50
4.2.2.2	Sayatan Vertikal (C-D dan E-F).....	52
4.3	Karakteristik Batuan Dasar Pembentuk Endapan Nikel Laterit.....	55
4.4	Distribusi Ni Daerah Penelitian	58
BAB V PENUTUP.....		62

5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran.....	63
	DAFTAR PUSTAKA	64

LAMPIRAN :

1. Deskripsi Petrografi
2. *Data Assay*

LAMPIRAN LEPAS :

1. Peta Sebaran Titik Bor
2. Peta Distribusi Ni pada Limonit
3. Peta Distribusi Ni pada Saprolit
4. Peta Kemiringan Lereng
5. Peta Geologi
6. Analisis Profil Laterit Sayatan A-B; C-D; E-F dan G-H
7. Hasil Analisis Profil Laterit Sayatan Horizontal dan Vertikal
8. Peta 3D Sebaran Titik Bor, Kemiringan Lereng, Distribusi Ni pada Limonit dan Saprolit

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1. 1	Peta tunjuk lokasi daerah penelitian.....	4
2. 1	Peta Tektono-Stratigrafi Pulau Sulawesi (Kadariusman, 2004).....	6
2. 2	Peta geologi regional daerah penelitian dalam Lembar Lasusua Kendari, Sulawesi	6
2. 3	Rekonstruksi paleografi dan sejarah tektonik Lajur ofiolit Sulawesi Timur (Kadariusman, dkk., 2004).....	12
2. 4	Proses pembentukan endapan nikel laterit (Freyssinet et al, 2005)	15
2. 5	Profil Endapan Laterit (Ahmad, 2005).....	21
2. 6	Profil nikel tipe <i>hydrous silicate</i> (Freyssinet et al, 2005)	24
2. 7	Profil nikel tipe <i>clay silicate</i> (Freyssinet et al, 2005).....	25
2. 8	Profil nikel tipe <i>oxide deposits</i> (Freyssinet et al, 2005).....	26
3. 1	Proses pengeboran menggunakan mesin YBM.....	29
3. 2	Kenampakan <i>core</i> hasil pengeboran	29
3. 3	Proses homogenisasi sampel (<i>quartering</i>)	30
3. 4	Proses pemasukan sampel ke dalam oven.....	30
3. 5	Proses menghancurkan sampel menjadi ukuran -3 <i>Mesh</i> menggunakan alat <i>Double Roll Crusher</i>	31
3. 6	Proses <i>mixing</i> sampel	31
3. 7	Proses pemisahan material sampel yang berbeda ukuran menggunakan alat <i>Split</i>	32
3. 8	Proses penggerusan sampel menggunakan alat <i>Pulverizer</i>	32
3. 9	Matriks sampel 2 x 5	33
3. 10	Proses pengemasan sampel ke dalam plastik sampel.....	33
3. 11	Proses pembuatan sampel menjadi kepingan tipis (<i>pellet</i>)	34
3. 12	Analisis XRF pada sampel menggunakan alat XRF EPSILON.....	34
3. 13	Diagram alir penelitian.....	38
4. 1	Kenampakan topografi bergelombang pada blok X dengan arah foto N 100°E.....	40

4. 2	Singkapan Peridotit pada daerah penelitian	41
4. 3	Struktur kekar pada litologi peridotit difoto kea arah N 91°E	42
4. 4	Kenampakan lapisan limonit pada <i>core</i> pengeboran	43
4. 5	Kenampakan lapisan saprolit pada <i>core</i> pengeboran	44
4. 6	Kenampakan lapisan <i>bedrock</i> pada <i>core</i> pengeboran	44
4. 7	<i>Section</i> profil nikel laterit pada sayatan horizontal A-B dan G-H daerah penelitian	47
4. 8	<i>Section</i> profil nikel laterit pada sayatan horizontal C-D dan E-F daerah penelitian	48
4. 9	Grafik <i>assay</i> unsur Ni (%), Cr ₂ O ₃ (%), MnO (%), Fe (%), SiO ₂ (%), MgO (%), Al ₂ O ₃ (%) pada lapisan sayatan horizontal A-B dan G-H.....	51
4. 10	Grafik <i>assay</i> unsur Ni (%), Cr ₂ O ₃ (%), MnO (%), Fe (%), SiO ₂ (%), MgO (%), Al ₂ O ₃ (%) pada lapisan sayatan horizontal C-D dan E-F.....	53
4. 11	Kenampakan sayatan tipis <i>bedrock</i> dengan komposisi mineral berupa Olivine (Olv), Klinopiroksin (Cpx), Ortopiroksin (Opx), Cr-spinel (Cr-Spinel) dan Serpentin (Srp) dengan perbesaran total 40X	56
4. 12	Kenampakan sayatan tipis <i>bedrock</i> dengan komposisi mineral berupa Olivine (Olv), Klinopiroksin (Cpx), Ortopiroksin (Opx), Cr-spinel (Cr-Spinel) dan Serpentin (Srp) dengan perbesaran total 40X	57
4. 13	Kenampakan sayatan tipis <i>bedrock</i> dengan komposisi mineral berupa Olivine (Olv), Klinopiroksin (Cpx), Ortopiroksin (Opx), Cr-Spinel dan Serpentin (Srp) dengan perbesaran total 40X	58
4. 14	Distribusi Ni pada lapisan limonit daerah penelitian	61
4. 15	Distribusi Ni pada lapisan saprolit daerah penelitian.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1	Klasifikasi mobilitas unsur endapan nikel laterit (Golightly, 1981) 16
2.2	Komposisi primer golongan mineral ferromagnesia silikat 17
2.3	Parameter perbedaan endapan nikel laterit (Freyssinet et al, 2005)..... 26
4.1	Profil laterit bawah permukaan pada sayatan A-B <i>hole Id</i> IB.04.03 45
4.2	Profil laterit bawah permukaan pada sayatan C-D <i>hole Id</i> IA.07.05_ TRS..... 45
4.3	Profil laterit bawah permukaan pada sayatan E-F <i>hole Id</i> IB.03.04 46
4.4	Profil laterit bawah permukaan pada sayatan G-H <i>hole Id</i> IA.07.04_ TRS..... 46
4.5	Rata-rata persentase unsur utama dan unsur minor data <i>assay</i> sayatan A-B dan G-H 50
4.6	Rata-rata persentase unsur utama dan unsur minor data <i>assay</i> sayatan A-B dan G-H 52
4.7	Sebaran <i>ore</i> pada lapisan limonit daerah penelitian..... 59
4.8	Sebaran <i>ore</i> pada lapisan saprolit daerah penelitian 60

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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 serpentinit yaitu sebanyak 0,25 % Ni (Maulana, 2017).

Endapan nikel laterit didefinisikan sebagai sisa tanah atau residu dari hasil proses pelapukan batuan ultramafik, melalui proses pelindian dan pemerayaan supergen, yang dikontrol oleh morfologi, struktur geologi dan fluktuasi muka air tanah pada saat pembentukannya. Pencucian unsur bergerak (*mobile*) dalam batuan ultramafik seperti silika dan magnesium menyebabkan konsentrasi sisa atau residu pada unsur tidak bergerak (*immobile*) seperti besi, nikel dan kobalt (Indra Kusuma,R.A.,dkk, 2019).

Endapan nikel laterit mempunyai beberapa faktor penting dalam terjadinya seperti litologi, geomorfologi, iklim dan tektonik suatu daerah. Berdasarkan faktor tersebut dapat diketahui hubungan antara karakteristik kimia, mineralogi, dan genesis dari endapan nikel laterit (Brand et.al., 1998).

Keberadaan endapan nikel laterit memiliki karakteristik yang berbeda yang dapat diketahui dari sifat fisik yang nampak pada permukaan yang meliputi jenis

laterit, litologi dan kondisi morfologi. Ada banyak metode yang bisa digunakan untuk mengetahui kondisi laterisasi suatu daerah. Salah satunya adalah dengan menggunakan data hasil pengeboran. Hal ini sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi laterisasi bawah permukaan hingga kedalaman maksimal. Oleh karena itu, dilakukan penelitian tugas akhir dengan judul **“Analisis Profil Laterit Menggunakan Data Log Bor Daerah Waturambaha Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara”**.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik profil laterit dan nilai kadar unsur pada daerah penelitian?
2. Bagaimana karakteristik geokimia endapan nikel laterit pada daerah penelitian?
3. Bagaimana karakteristik petrografi batuan dasar pada daerah penelitian?
4. Bagaimana distribusi Ni pada daerah penelitian?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi laterisasi daerah penelitian menggunakan data bor.

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui profil laterit daerah penelitian.
2. Mengetahui karakteristik geokimia endapan nikel laterit pada daerah penelitian.

3. Mengetahui karakteristik petrografi batuan dasar pada daerah penelitian.
4. Mengetahui distribusi Ni pada daerah penelitian.

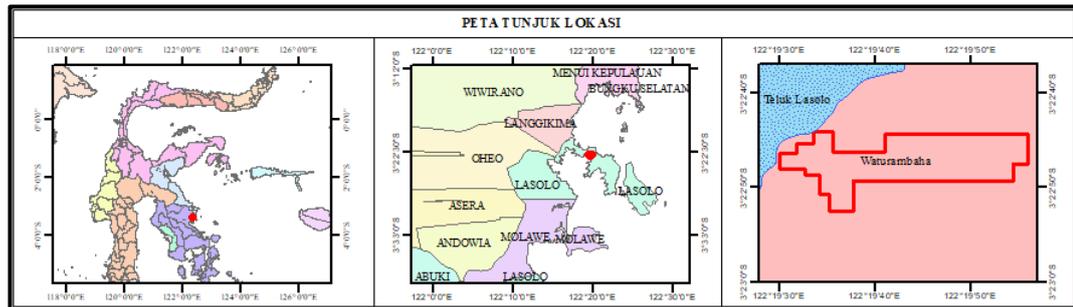
1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini khusus dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis karakteristik fisik laterisasi pada daerah penelitian, karakteristik geokima endapan laterit melalui analisis sampel pemboran (*core*) dan analisis laboratorium berupa analisis XRF dan petrografi serta distribusi Ni pada daerah penelitian.

1.5 Lokasi dan Waktu Penelitian

Daerah penelitian termasuk dalam wilayah izin usaha pertambangan PT. Karya Alam Abadi yang secara administrasi termasuk dalam Desa Waturambaha Kecamatan Lasolo Kepulauan Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Secara astronomis lokasi penelitian terletak pada koordinat $122^{\circ} 19' 24''$ BT - $122^{\circ} 20' 00''$ BT dan $3^{\circ} 22' 40''$ LS - $3^{\circ} 23' 00''$ LS.

Pengambilan data lapangan dilakukan selama ± 2 bulan (05 Mei – 26 Juli 2022) di PT. Karya Alam Abadi. Lokasi penelitian dapat ditempuh melalui jalur udara dan darat. Perjalanan dari Kota Makassar menuju lokasi penelitian ditempuh melalui jalur udara menuju Kota Kendari dengan waktu tempuh ± 45 menit. Dari Kota Kendari menuju kantor pusat Site Waturambaha PT. Karya Alam Abadi ditempuh dengan menggunakan jalur transportasi darat selama ± 8 jam.



Gambar 1. 1 Peta tunjuk lokasi daerah penelitian

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Dapat memberikan gambaran suatu wilayah sebelum melakukan eksplorasi dan dapat menginterpretasi potensi bahan galian nikel laterit.
2. Dapat memudahkan proses penambangan agar lebih efektif dan efisien. Efektif dalam kegiatan eksplorasi sehingga dapat menentukan titik pengeboran dan bukaan mengikuti pola karakteristik endapan nikel laterit. Efisien dalam menentukan metode penambangan sehingga proses penambangan dapat lebih akurat dalam persiapan dan mengurangi *cost* atau biaya dalam penambangan.
3. Dapat dijadikan referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

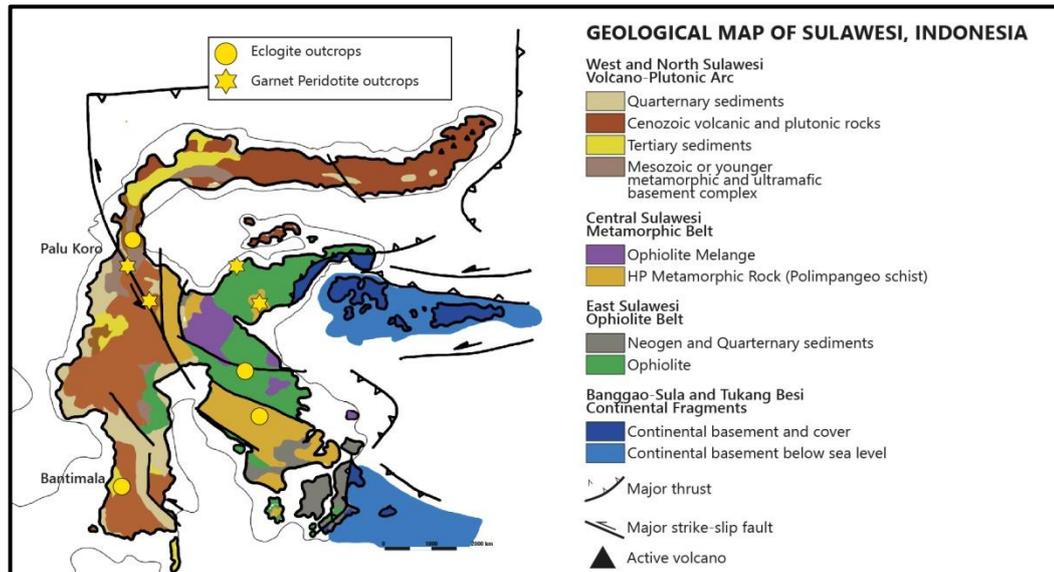
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

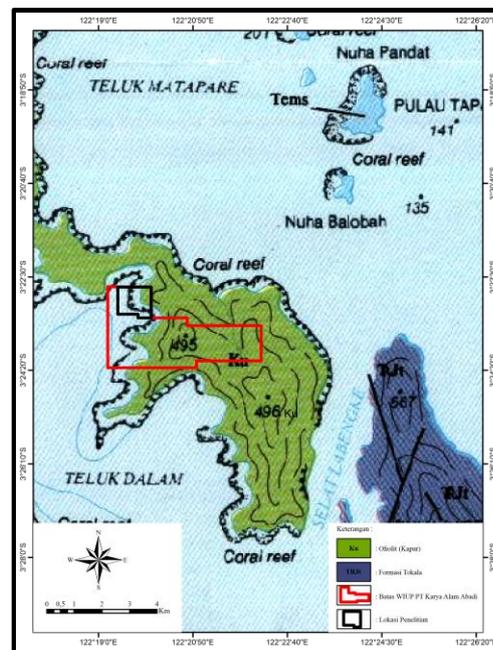
Pulau Sulawesi memiliki luas sekitar 172.000 km² menurut (Van Bemmelen, 1949) yang dikelilingi laut yang cukup dalam. Sebagian besar daratannya dibentuk oleh pegunungan yang ketinggiannya mencapai 3440 m. Pulau Sulawesi berbentuk huruf “K” dengan empat lengan yaitu Lengan Timur, Lengan Barat, Lengan Tenggara dan Lengan Utara dengan lokasi pertemuan pada Sulawesi Tengah.

Sulawesi Tenggara sendiri terdiri atas 2 (dua) Teran yang berbeda yaitu Ofiolit Sulawesi Timur dan Kepingan Benua Buton yang masing-masing memiliki karakter stratigrafi dan struktur yang berbeda. Ofiolit yang menempati bagian utara Sulawesi Tenggara merupakan lempeng samudera yang mengalami pengangkatan ke permukaan melalui mekanisme obduksi pada Oligo-Miosen, dan di akhiri oleh tumbukan antara daratan Sulawesi dengan Kepingan Benua Buton pada Miosen. Pengangkatan Ofiolit yang masif memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap tatanan geologi Sulawesi Tenggara mulai dari bentang alam hingga diversifikasi sumberdaya mineral dan batuan di wilayah ini.



Gambar 2. 1 Peta Tektono-Stratigrafi Pulau Sulawesi (Kadarusman, 2004)

Secara Regional, daerah penelitian termasuk dalam Geologi Lembar Lasusua – Kendari, Sulawesi skala 1 : 250.000 yang dipetakan oleh Rusmana dkk, 1993. Pembahasan geologi regional terdiri dari penjelasan mengenai geomorfologi regional, stratigrafi, dan struktur geologi regional.



Gambar 2. 2 Peta geologi regional daerah penelitian dalam Lembar Lasusua Kendari, Sulawesi

2.1.1 Geomorfologi Regional

Geologi regional Sulawesi terletak pada pertemuan 3 Lempeng besar yaitu Eurasia, Pasifik dan Indo Australia serta sejumlah lempeng lebih kecil (Lempeng Filipina) yang menyebabkan kondisi tektoniknya sangat kompleks. Kumpulan batuan dari busur kepulauan, kepulauan batuan bancuh, bancuh ofiolit, dan bongkah dari mikrokontinen terbawa bersama proses penunjaman, tumbukan, serta proses tektonik lainnya (Van Leeuwen, 1994).

Bagian Timur Sulawesi yang sebagian besarnya terdiri dari kompleks batuan basa dan ultrabasa yang mengalami deformasi yang kuat sehingga sebagian besar ditempati oleh jalur batuan ophiolit. Morfologi Lembar Lasusua – Kendari dapat dibedakan menjadi empat satuan yaitu pegunungan, perbukitan, karst, dan dataran rendah (Rusmana dkk, 1993).

Pegunungan menempati bagian tengah dan barat lembar, perbukitan terdapat pada bagian barat dan timur, morfologi kras terdapat di Pegunungan Matarombeo dan di bagian hulu Sungai Waimenda serta Pulau Labengke. Daerah penyelidikan terdapat pada morfologi perbukitan dan dataran rendah. Satuan perbukitan ini umumnya tersusun oleh batuan sedimen dengan ketinggian berkisar 75–750 meter diatas permukaan laut. Puncak yang terdapat pada satuan perbukitan adalah Gunung Meluhu (517 meter) dan beberapa puncak lainnya yang tidak memiliki nama, sungai di daerah ini umumnya berpola aliran meranting (dendritik). Dataran rendah terdapat didaerah pantai dan sepanjang aliran sungai besar dan muaranya, seperti Aalaa Kokapi, Aalaa Konaweha dan Aalaa Lasolo.

Satuan ini umumnya membentuk perbukitan bergelombang yang ditumbuhi semak dan alang-alang. Sungai di aliran ini berpola aliran meranting.

2.1.2 Stratigrafi Regional

Formasi batuan penyusun daerah penyelidikan yang termasuk dalam lembar Lasusua-Kendari yaitu termasuk dalam Formasi Kompleks Ultrabasa/Batuan Ofiolit (Ku) terdiri atas peridotit, hasburgit, dunit, gabro dan serpentinit. Serpentinit berwarna 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, piroksin, plagioklas, sedikit serpentin dan magnetit; berbutir halus sampai sedang. Mineral utama olivin berjumlah sekitar 90%.

Tampak adanya penyimpangan dan pelengkungan kembaran yang dijumpai pada piroksin, mencirikan adanya gejala deformasi yang dialami oleh batuan ini. Di beberapa tempat dunit terserpentinkan kuat yang ditunjukkan oleh struktur sisa seperti rijang dan barik-barik mineral olivin dan piroksin, serpentin dan talkum sebagai mineral pengganti. Peridotit terdiri atas jenis harzburgit dan lherzolit. Harzburgit, hijau sampai kehitaman, holokristalin, padu dan pejal. Mineralnya halus sampai kasar, terdiri atas olivin (60%) dan piroksin (40%). Di beberapa tempat menunjukkan struktur perdaunan. Hasil penghabluran ulang pada mineral piroksin dan olivin mencirikan batas masing-masing kristal bergerigi. Lherzolite, hijau kehitaman; holokristalin, padu dan pejal. Mineral penyusunnya

ialah olivin (45%), piroksin (25%), dan sisanya epidot, yakut, klorit, dan bijih dengan mineral berukuran halus sampai kasar. Satuan batuan ini diperkirakan berumur Kapur.

2.1.3 Struktur Geologi Regional

Struktur geologi yang dijumpai di daerah kegiatan adalah sesar, lipatan dan kekar. Sesar dan kelurusan umumnya berarah baratlaut–tenggara searah dengan Sesar geser jurus mengiri Lasolo. Sesar Lasolo aktif hingga kini, yang dibuktikan dengan adanya mata air panas di Desa Sonai, Kecamatan Pondidaha pada Bijih Nikel terumbu yang berumur Holosen dan jalur sesar tersebut di tenggara Tinobu. Sesar tersebut diduga ada kaitannya dengan Sesar Sorong yang aktif kembali pada Kala Oligosen (Simandjuntak dkk., 1983).

Sesar naik ditemukan di Daerah Wawo, sebelah barat Tampakura dan di Tanjung Labuandala di selatan Lasolo; yaitu beranjaknya batuan ofiolit ke atas Batuan Malihan Mekonga, Formasi Meluhu dan Formasi Matano. Sesar Anggowala juga merupakan sesar utama, sesar mendatar menganan (dekstral), mempunyai arah baratlaut-tenggara.

Kekar terdapat pada semua jenis batuan. Pada Bijih Nikel kekar ini tampak teratur yang membentuk kelurusan (E. Rusmana dkk, 2010). Kekar pada batuan beku umumnya menunjukkan arah tak beraturan.

2.1.4 *Geological Setting*

Batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi (keadaan kerak benua stabil, batas kerak benua, busur pulau atau di batas lempeng konvergen) karena

keadaan tektonik. Menurut McDonough dan Rudnick (2001), tiga sumber utama batuan ultramafik adalah (i) peridotit orogenik yang masif, kumpulan batuan ultramafik (dalam skala meter hingga kilometer) yang secara tektonik terletak di atas kerak benua atau busur kepulauan selama tumbukan kerak benua, misalnya intrusi berlapis di batuan pra-Kambrium dan jenis peridotit Alpine; (ii) peridotit samudera, batuan kerak samudera dan mantel yang terangkat ke batas benua atau busur pulau dalam urutan ofiolit; dan (iii) *xenolith peridotitic*, dalam skala cm hingga m yang terdapat dalam gunung berapi induk yang meletus dengan cepat seperti basal alkali dan kimberlit.

Batuan ultramafik yang terdapat di Indonesia Timur sebagian besar berasal dari lapisan peridotit batuan ofiolit namun beberapa batuan ultramafik diyakini berasal dari peridotit orogenik. Batuan ultrabasa yang tersingkap luas di daratan terjadi akibat kombinasi obduksi ofiolit pada batas benua atau busur pulau dan laju erosi batuan kerak yang tinggi, misalnya Ofiolit Sulawesi Timur dan Ofiolit Halmahera.

Terdapat tiga periode tektonik yang terjadi di Lengan Tenggara Sulawesi, yaitu: periode pra tumbukan yang terekam dalam runtunan stratigrafi dan sedimentologi Trias – Oligosen Awal dari kepingan Benua Sulawesi Tenggara; periode tumbukan, yang teridentifikasi dari kepingan benua dan Ofiolit dari Lajur Ofiolit Sulawesi Timur; dan periode pasca tumbukan yang terekam dalam runtunan Molasa Sulawesi (Surono 2010)

1. Periode Pra Tumbukan

Pada periode ini terdapat 4 (empat) tahapan tektonik utama, yaitu tahapan pra pemisahan Perem – Trias, tahap pemisahan Jura, rentangan apungan (*rift – drift*) Jura Akhir – Oligosen dan subduksi Kapur Akhir

2. Periode Tumbukan

Pada periode ini terjadi tumbukan antara kepingan benua dan ofiolit yang menyebabkan terbentuknya sesar naik, struktur imbrikasi dan lipatan.

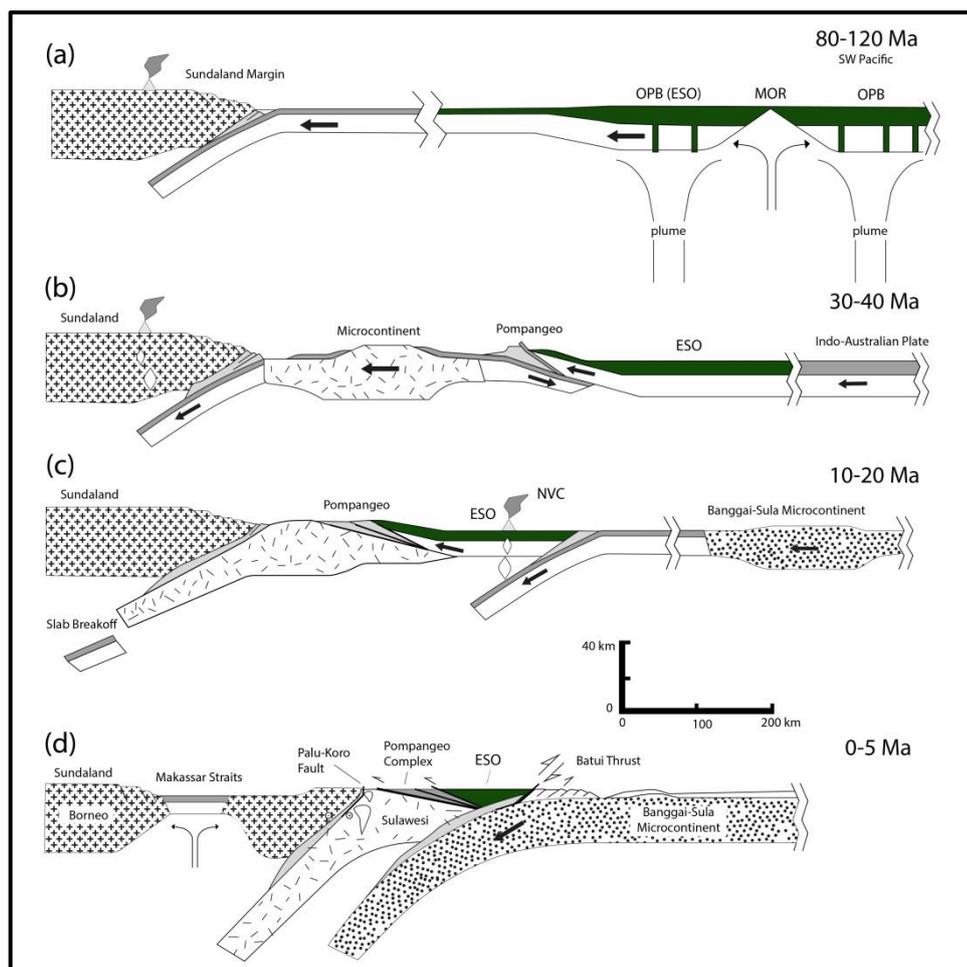
3. Periode Pasca Tumbukan

Periode ini menghasilkan struktur utama berupa sesar geser mengiri yaitu sesar Metarombeo, sistim sesar Lawanopo yang berarah baratlaut – tenggara yang berasosiasi dengan batuan campur aduk Toreo. Sesar Konaweha yang mengiris batuan sepanjang Sungai Konaweha dan memanjang sekitar 50 km. Sesar ini mengiris endapan alluvial di Dataran Wawatooli yang mengindikasikan sesar ini masih aktif. Sesar Kolaka memanjang sekitar 250 km dari pantai barat Teluk Bone sampai Ujung Selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Di duga Sesar Kolaka dan Sesar Wawatobi yang membentuk Cekungan Sampara (Surono, 2010).

Ofiolit di Lengan Tenggara Sulawesi dan Pulau Kabaena belum dipelajari sedetail mungkin kecuali untuk Wilayah Sorowako. Hal ini karena aksesibilitas yang buruk dan hutan hujan tropis yang lebat. Di Lengan Tenggara, peridotit terutama terdiri dari lherzolit dengan sisipan tipis harzburgit. Batuannya mengalami serpentinisasi sedang dan relatif tidak terganggu oleh peristiwa tektonik selanjutnya.

Dibawah ini adalah gambar rekonstruksi penampang untuk menunjukkan sejarah tektonik Lajur Ofiolit Sulawesi dari Kapur Awal – Kapur Akhir hingga

saat ini. (a) Lajur Ofiolit Sulawesi Timur terbentuk dari serangkaian proses yang berada dekat massa komposit besar dataran tinggi samudera dan gunung bawah laut oleh pasifik *superplume* pada 80 - 120 Ma. Setelah itu bergerak ke arah Barat mendekati margin benua Sundaland. (b) Lajur ofiolit Sulawesi Timur telah bertambah menuju ke margin Sundaland pada 30 - 40 Ma. (c) Mikrokontinen Banggai-Sula bergerak ke Barat membentuk zona subduksi baru, yang membentuk gunung berapi, yang sekarang meliputi Lajur Ofiolit Sulawesi Timur. (d) selanjutnya terhambat oleh subduksi apung mikrokontinen Banggai - Sula pada 0 - 5 Ma (Kadarusman dkk, 2004) (Gambar 2.3)



Gambar 2. 3 Rekonstruksi paleografi dan sejarah tektonik Lajur ofiolit Sulawesi Timur (Kadarusman, dkk., 2004).

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Nikel Laterit

Laterite deposit atau endapan laterit diartikan sebagai hasil dari proses pelapukan yang intensif di daerah *humid, warm* maupun, tropik dan kaya akan mineral lempung yang bersifat *kaolinitic* serta Fe- dan Al- *oxide/ hydroxide* (Maulana, 2017). Endapan laterit pada umumnya menampakkan bidang perlapisan yang baik sebagai hasil reaksi antara air hujan yang masuk ke dalam formasi dan kelembapan tanah yang naik ke atas permukaan (Maulana, 2017).

Laterit merupakan tubuh batuan (*regolith*) yang mempunyai kandungan besi (Fe) yang tinggi dan telah mengalami pelapukan, termasuk di dalamnya profil endapan material hasil transportasi yang masih tampak batuan asalnya. Sebagian besar endapan laterit mempunyai kandungan logam yang tinggi dan dapat bernilai ekonomis tinggi, sebagai contoh endapan besi, nikel, mangan dan bauksit (Smith dan Silver, 1991).

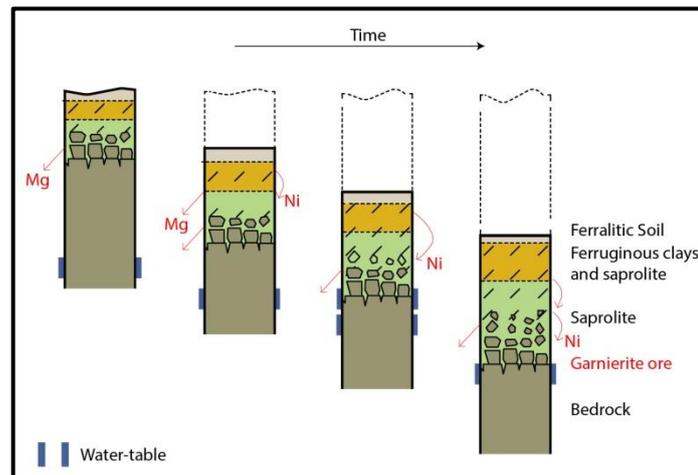
Dari beberapa pengertian, dapat disimpulkan bahwa laterit merupakan suatu material dengan kandungan besi dan aluminium sekunder sebagai hasil proses pelapukan yang terjadi pada iklim tropis dengan intensitas pelapukan tinggi.

2.2.2 Genesa Endapan Nikel Laterit

Proses pelapukan dimulai pada batuan ultramafik (peridotit, dunit, serpentinit) yang banyak mengandung mineral olivin, piroksin, magnesium silikat, dan besi silikat dengan kandungan nikel kira-kira sebesar 0.30% (Boldt, 1996).

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 CO₂ 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 CO₂ 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 (Maulana, 2017).

Proses pelapukan dan pencucian yang terjadi akan menyebabkan unsur Fe, Cr, Al, Ni dan Co terkayakan di zona limonit dan terikat sebagai mineral-mineral oksida atau hidroksida, seperti limonit, hematit, dan goetit (Hasanudin, 1992). Berikut merupakan gambar proses pembentukan nikel laterit yang dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Proses pembentukan endapan nikel laterit (Freyssinet et al, 2005)

2.2.3 Mobilitas Geokimia pada Batuan Ultramafik

Mobilitas elemen atau unsur yang biasa ditemukan dalam asosiasi batuan ultramafik atau endapan nikel laterit dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sangat mudah larut dan sangat mobile, unsur-unsur yang sangat mudah larut dan mudah bergerak: Ca, Na, Mg, K, Si mudah tercuci dari profil pelapukan nikel laterit. Sangat larut di daerah tropis dengan air tanah yang sedikit asam dapat menghilangkan unsur tersebut dari lingkungan laterit dan dibawa ke danau atau laut.
2. Tidak larut dan tidak bergerak, unsur tidak larut (residu): Al^{+3} , Fe^{+3} , Cr^{+3} , Ti , Mn^{+3} , tidak larut dalam tanah pada kondisi pH/Eh biasa, dimana unsur-unsur ini sebagian besar membentuk tanah sisa.
3. Kelarutan terbatas dan mobilitas terbatas, unsur dengan kelarutan dan mobilitas terbatas: $Ni^{+2}Co^{+2}Mn^{+2}$, larut sebagian dalam air tanah asam dan tidak larut dengan adanya unsur lain yang lebih mudah larut (Si, Mg) sehingga sebagian terlarut menyebabkan pengayaan supergen (sekunder)

(Ahmad, 2006). Pengukuran mobilitas unsur pada nikel laterit melalui tingkat perpindahan elemen terhadap aliran air dapat dilihat pada (Tabel 2.1)

Tabel 2.1 Klasifikasi mobilitas unsur endapan nikel laterit (Golightly, 1981)

Elemen	Mobility	Kategori
Fe ⁺³	-18,1	<i>Residual enrichment</i>
Cr ⁺³	-16,4	
Al ⁺²	-15,3	
Cu ⁺²	-5,7	<i>Supergenic enrichment</i>
Ni ⁺²	-3,2	
Co ⁺²	-1,7	
Zn ⁺²	-1,5	<i>Leached</i>
Mn ⁺²	1,3	
Mg ⁺²	3,1	

2.2.4 Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Endapan Nikel Laterit

Pembentukan bijih nikel laterit dipengaruhi oleh beberapa faktor. Adapun faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan nikel laterit (Ahmad, 2006) adalah:

1. Batuan Induk

Batuan induk menjadi syarat utama terbentuknya endapan nikel laterit, Batuan induknya yaitu batuan ultrabasa. Batuan ultrabasa dibedakan berdasarkan kandungan silikanya, batuan ini memiliki mineral dengan kadar silika yang rendah seperti Dunit, Peridotit, Piroksenit dan Anorthosit. Pada batuan ultrabasa terdapat elemen Ni yang paling banyak diantara batuan lainnya, mempunyai mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin mempunyai komponen-komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan

pengendapan yang baik untuk nikel. Asosiasi kadar Ni pada mineral olivin dan piroksen dapat dilihat pada (Tabel 2.2) dibawah ini:

Tabel 2. 2 Komposisi primer golongan mineral ferromagnesia silikat

Unsur	<i>Olivine</i> (%)	<i>Ortho-pyroxene</i> (%)	<i>Clino-pyroxene</i> (%)
SiO ₂	40	55- 62	50 – 53
TiO ₂	0.02 – 0.05	0.02 – 0.05	0.1 – 0.6
Al ₂ O ₃	0.4 – 0.6	1.7 – 3.2	3 – 4
CrO ₃	0.02 – 0.2	00.06	0.8 – 0.9
Fe ₂ O ₃	<i>All iron reported as FeO</i>		
FeO	8 – 10	5 – 6	2.5 – 4.0
MnO	0.12 – 0. 16	00.01	00.01
NiO	0.3 – 0.5	0.06 – 0.1	0.05 – 0.07
CoO	0.01 – 0.02	0.006	0.003
MgO	47 – 51	32 – 35	18 – 22
CaO	0.04 – 0.07	1 – 2	17 – 22

2. Iklim

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

Iklim yang sesuai untuk pembentukan endapan laterit adalah iklim tropis dan sub tropis, di mana curah hujan dan sinar matahari memegang peranan penting dalam proses pelapukan dan pelarutan unsur-unsur yang terdapat pada batuan asal. Sinar matahari yang intensif dan curah hujan yang tinggi

menimbulkan perubahan besar yang menyebabkan batuan akan terpecah-pecah, disebut pelapukan mekanis, terutama dialami oleh batuan yang dekat permukaan bumi.

3. Reagen-Reagen Kimia dan Vegetasi

Yang dimaksud dengan reagen-reagen kimia adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO₂ memegang peranan penting didalam proses pelapukan kimia. Asam-asam humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat merubah pH larutan. Asam-asam humus ini erat kaitannya dengan vegetasi daerah. Dalam hal ini, vegetasi akan mengakibatkan: (1) penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah dengan mengikuti jalur akar pohon-pohonan (2) akumulasi air hujan akan lebih banyak (3) humus akan lebih tebal keadaan ini merupakan suatu petunjuk, dimana hutannya lebat pada lingkungan yang baik akan terdapat endapan nikel yang lebih tebal dengan kadar yang lebih tinggi. Selain itu, vegetasi dapat berfungsi untuk menjaga hasil pelapukan terhadap erosi mekanis.

4. Struktur

Struktur geologi yang penting dalam pembentukan endapan laterit adalah rekahan (*joint*) dan patahan (*fault*). Adanya rekahan dan patahan ini akan mempermudah rembesan air ke dalam tanah dan mempercepat proses pelapukan terhadap batuan induk. Selain itu rekahan dan patahan dapat pula berfungsi sebagai tempat pengendapan larutan-larutan yang mengandung Ni sebagai *vein-vein*. Seperti diketahui bahwa jenis batuan beku mempunyai porositas dan permeabilitas yang kecil sekali sehingga penetrasi air sangat sulit, maka dengan

adanya rekahan-rekahan tersebut lebih memudahkan masuknya air dan proses pelapukan yang terjadi akan lebih intensif.

5. Topografi

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

Geometri relief dan lereng akan mempengaruhi proses pengaliran dan sirkulasi air serta reagen-reagen lain. Secara teoritis, relief yang baik untuk pengendapan bijih nikel adalah punggung-punggung bukit yang landai dengan kemiringan antara 10-30°. Pada daerah yang curam, air hujan yang jatuh ke permukaan lebih banyak yang mengalir (*run-off*) dari pada yang meresap kedalam tanah, sehingga yang terjadi adalah pelapukan yang kurang intensif. Pada daerah ini sedikit terjadi pelapukan kimia sehingga menghasilkan endapan nikel yang tipis. Sedangkan pada daerah yang landai, air hujan bergerak perlahan-lahan sehingga mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori - pori batuan dan mengakibatkan terjadinya pelapukan kimiawi secara intensif. Akumulasi andapan umumnya terdapat pada

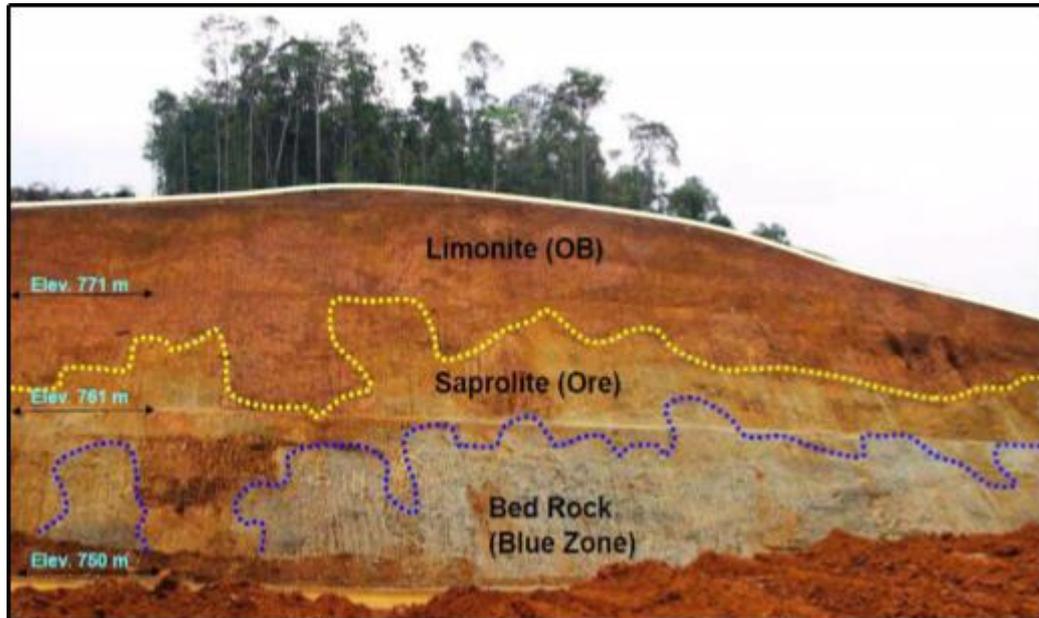
daerah-daerah yang landai sampai kemiringan sedang, hal ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi.

6. Waktu

Waktu yang cukup lama mengakibatkan terjadinya pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel dalam jumlah besar. Terbentuknya endapan nikel laterit membutuhkan waktu yang lama hingga ribuan atau jutaan tahun.

2.2.5 Zonasi Profil Endapan Nikel Laterit

Endapan nikel laterit merupakan hasil pelapukan lanjut dari batuan ultrabasa pembawa Ni-Silikat. Umumnya terdapat pada daerah dengan iklim tropis sampai dengan subtropis. Pengaruh iklim tropis di Indonesia mengakibatkan proses pelapukan yang intensif, sehingga beberapa daerah di Indonesia bagian timur memiliki endapan nikel laterit. Batuan ultrabasa 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 terjadinya substitusi antara Ni, Fe dan Mg dapat diterangkan karena radius ion dan muatan ion yang hampir bersamaan di antara unsur-unsur tersebut. Proses serpentinisasi yang terjadi pada batuan peridotit akibat pengaruh larutan hidrotermal, akan mengubah batuan peridotit menjadi batuan serpentinit atau batuan serpentinit peridotit. Sedangkan proses kimia dan fisika dari udara, air serta pergantian panas dingin yang bekerja kontinu, menyebabkan disintegrasi dan dekomposisi pada batuan induk.



Gambar 2. 5 Profil endapan laterit (Ahmad, 2005)

Berikut susunan stratigrafi yang terdapat dalam endapan nikel laterit dan dideskripsikan dari bawah ke atas yang merupakan urutan aktual pembentukannya.

1. *Bedrock* (Batuan Dasar)

Terletak di bagian paling bawah dari profil laterit, zona batuan dasar menandai batuan ultrabasa asli yang belum terpengaruh oleh proses pelapukan tropis. Komposisi kimia dari batuan ini adalah komposisi asli atuan asal (*protolith*). Lipatan dan rekahan masih dalam kondisi baru dan belum membuka secara signifikan karena tekanan hidrostatis dari material atasnya. Serta, air tanah meresap telah kehilangan hampir semua keasamannya pada saat mencapai zona batuan dasar dan dengan demikian tidak mampu masuk ke komponen mineral ke tingkat yang signifikan.

2. Zona Saprolit

Terletak di atas batuan dasar, zona saprolit terdiri dari batu-batu yang sebagian telah benar-benar terurai di bawah pengaruh pelapukan tropis. Proses

pelapukan mulai sepanjang permukaan lipatan dan rekah mengakibatkan pembentukan bongkah atau *boulder* dalam zona saprolit. Dalam batuan dasar yang relatif sangat terserpentinisasi, batas zona saprolit tidak terbatas hanya untuk rekahan dan lipatan saja, tetapi secara aktif berlanjut ke seluruh massa batuan yang memungkinkan terjadinya akses air tanah. Dalam zona saprolit, pelapukan batuan semakin meningkat ke arah atas. Magnesia larut, silika dan alkali terpindahkan dengan cepat meninggalkan konsentrasi sisa seskuioksida besi, alumina, krom dan mangan. Nikel di zona saprolit sebagian tersisa tapi kebanyakan dari pengayaan sekunder. Air tanah yang asam melarutkan nikel di bagian atas profil laterit dan menyimpannya di zona saprolit di mana peningkatan mendadak dalam alkalinitas air (karena kerusakan olivin dan pelepasan magnesium) membuat nikel terlarut. Zona saprolit juga menjadi tempat untuk urat garnierite dan deposisi silika bebas sebagai urat atau *boxwork*. Bagian bawah dari zona saprolit secara bertahap menjadi kekurangan pengayaan nikel sekunder dan bukan bagian dari badan bijih.

3. Zona Limonit

Terletak di atas profil laterit, zona limonit merupakan produk akhir dari pelapukan tropis batuan ultrabasa dan konsentrasi residu unsur non-mobile. Pencucian lengkap dari komponen larut telah meninggalkan materi yang lemah dan menyebabkan hilangnya mineral utamanya. Zona limonit terbagi beberapa tingkat, bagian paling atas dari zona ini terkena efek oksidasi dari udara dan membawa beberapa hematit, terutama di medan *flattish* dimana kondisi rawa juga menyebabkan solusi dan pengendapan kembali besi sebagai *iron cap*. *Iron cap*

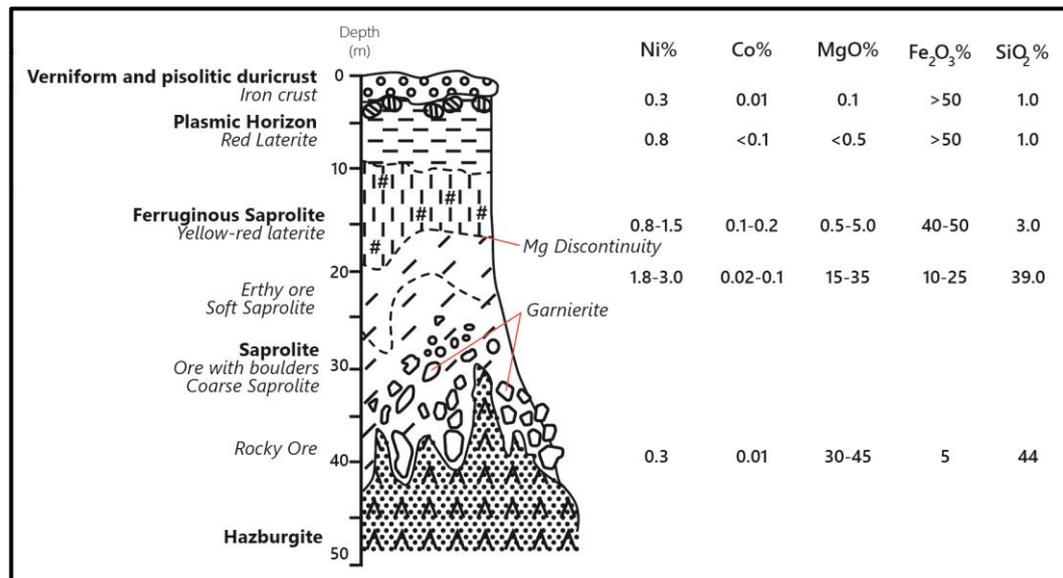
merupakan bahan konstruksi jalan yang sangat baik karena kadar air yang lebih rendah. Di bawah zona hematit, besi sebagian besar dalam bentuk goetit dan limonit, baik hidroksida besi dengan jumlah yang signifikan. Sementara seskuioksida besi, aluminium dan krom lebih atau kurang merata dalam zona limonit, mangan dan kobalt dilarutkan dan diendapkan ke bagian bawah zona limonit.

2.2.6 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

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

1. *Hydrous Silicate Deposits*

Pada endapan tipe *hydrous silicate* bagian bawah zona saprolit (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral *hydrous* Mg-Ni silikat (Gambar 2.3) setempat pada zona saprolit, urat-urat halus atau *box-work* dapat terbentuk. Rekahan dan batas-batas antar butir dapat terisi oleh mineral silikat dan mineral yang kaya dengan nikel. Sebagai contoh garnierit dapat memiliki kandungan nikel sampai dengan 40%. Nikel akan mengalami pelindian dan limonit pada fase *Fe-oxyhydroxide* akan bergerak turun ke bawah sebelum terendapkan kembali sebagai *hydrous silicate* mineral atau menggantikan dalam ubahan serpentinit. Pengkayaan Ni melalui proses supergen ini sangat penting untuk pembentukan endapan *hydrous silicate* pada kadar yang ekonomis.

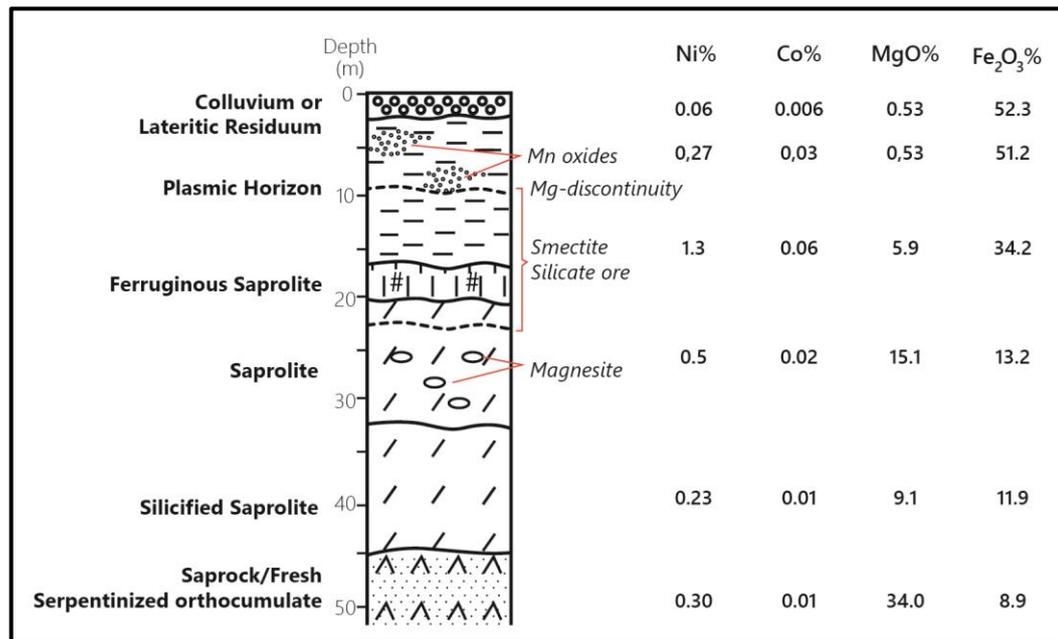


Gambar 2. 6 Profil nikel tipe *hydrous silicate* (Freyssinet et al, 2005)

Pada endapan tipe *hydrous silicate*, posisi muka air tanah relatif dalam, kondisi ini menyebabkan infiltrasi air yang dalam sehingga nikel lebih banyak terakumulasi pada zona saprolit bagian bawah.

2. Clay Silicate Deposits

Silika (Si) dari profil laterit, hanya sebagian yang terlindungi oleh air tanah. Silika yang tersisa bersama-sama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk meral lempung seperti *Ni-rich nontronite* pada bagian tengah sampai dengan bagian atas zona saprolit. Serpentin yang kaya dengan nikel juga bisa digantikan (teralterasi) oleh smektit pada bagian yang kontak dengan air tanah sehingga larutan-larutan yang terbentuk menjadi jenuh dengan mineral-mineral lempung ini. Secara umum, kadar nikel rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan dengan tipe *hydrous silicate*.

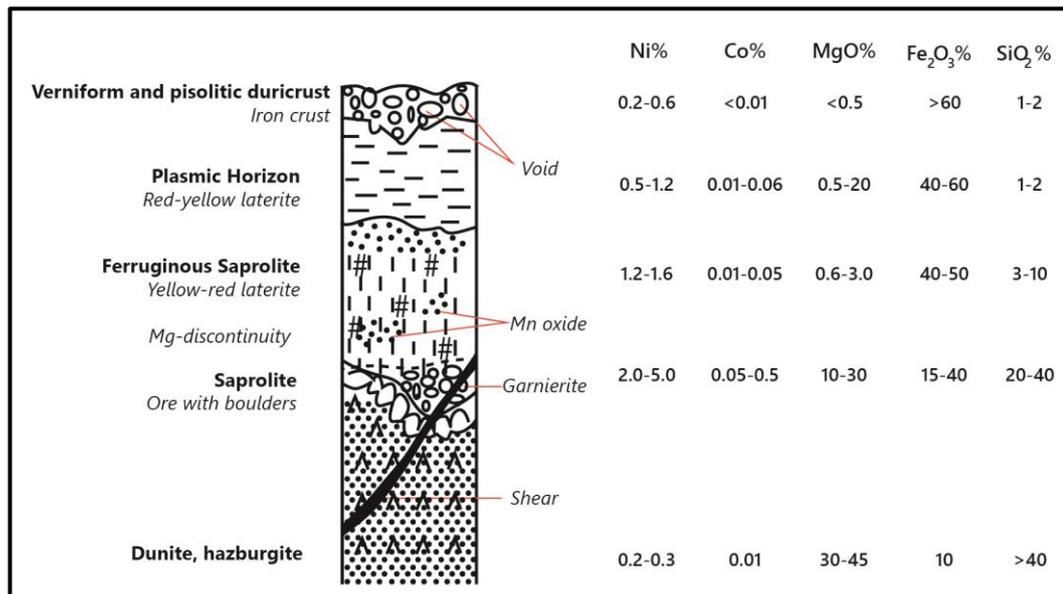


Gambar 2. 7 Profil nikel tipe clay silicate (Freyssinet et al, 2005)

Pada endapan tipe clay deposit, posisi muka air tanah awal relatif lebih dangkal dan drainase terhambat, kondisi ini menyebabkan lapisan limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk lapisan lempung dan akumulasi Ni pada lapisan lempung tersebut.

3. Oxide deposits

Oxide deposit dikenal juga dengan nama endapan limonit, dimana nikel berasosiasi dengan Fe-*oxyhydroxide*, dengan mineral utama goetit. Kadang-kadang juga kaya dengan oksida Mn yang kaya dengan Co. Kadar Ni rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah 1.0-1.6%, sehingga memiliki nilai ekonomis yang kurang baik. Pada endapan tipe oxide deposit posisi muka air tanah awal relatif dangkal dan drainasenya tidak terhambat (infiltrasi air lancar) sehingga Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit sampai saprolit bagian atas.



Gambar 2. 8 Profil nikel tipe *oxide deposits* (Freyssinet et al, 2005)

Tabel 2. 3 Parameter perbedaan endapan nikel laterit (Freyssinet et al, 2005)

Parameter	<i>Hydrous Silicate Deposit</i>	<i>Clay Silicate Deposit</i>	<i>Oxide Deposit</i>
Kadar Ni	Kandungan Ni 1.8 - 2.5%	Kandungan Ni 1.0 - 1.5%	Kandungan Ni 1.0 - 1.6%
Mineral	Terdapat Silika <i>box-work</i>	Si bersama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk mineral lempung	Mineral utamanya Geothite
Posisi Muka Air Tanah	Posisi muka air tanah relatif dalam	Posisi muka air tanah awal relatif lebih rendah dan drainase terhambat.	Posisi muka air tanah relatif dangkal dan drainasenya tidak terhambat
Akumulasi Ni	Nikel lebih banyak terakumulasi pada zona saprolit bagian bawah	Lapisan limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk lapisan lempung	Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit sampai saprolit bagian atas.