

SKRIPSI

**ANALISIS PROFIL LATERIT MENGGUNAKAN DATA LOG BLOK X PT
SINAR JAYA SULTRA UTAMA, KABUPATEN KONAWE UTARA
PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh

**UTAMI ENKA LESTARI
D061171310**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS PROFIL LATERIT MENGGUNAKAN DATA LOG BLOK X
PT SINAR JAYA SULTRA UTAMA, KABUPATEN KONAWE UTARA
PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

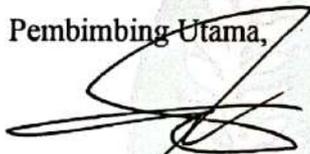
Disusun dan diajukan oleh

**UTAMI ENKA LESTARI
D061171310**

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

Menyetujui

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Eng. Asri Jaya HS, S.T., M.T.
NIP. 19690924 199802 1 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T.
NIP. 19560421 198609 2 001

Mengetahui

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Asri Jaya HS, S.T., M.T.
NIP. 19690924 199802 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Utami Enka Lestari
NIM : D061171310
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**Analisis Profil Laterit Menggunakan Data Log Blok X PT. Sinar Jaya Sultra
Utama Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara**

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

Makassar, 8 April 2022

Yang Menyatakan



Utami Enka Lestari)

SARI

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. Endapan laterit Konawe Utara di Sulawesi Tenggara merupakan sumber logam nikel di Indonesia yang telah ditambang. Nikel laterit merupakan tanah residu yang terbentuk dari batuan ultramafic melalui proses berupa pelapukan kimiawi dan proses pengayaan yang biasa disebut *supergene enrichment*. Maksud dan tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi laterisasi daerah penelitian khususnya pada analisis profil laterit, mineralisasi pada zona profil laterit dan potensi cadangan nikellaterit pada daerah penelitian. Metode penelitian yaitu studi Pustaka dan observasi lapangan. Kemudian dilakukan analisis lanjutan berupa analisis geokimia untuk mengetahui perilaku setiap unsur. Berdasarkan hasil analisis data, diperoleh hasil rata-rata pada zona limonit berada pada kedalaman 0-2 meter dengan material berupa lempung dan terdapat mineral *Goethite*, Mangan, Talk hingga Serpentin. Pada zona saprolit berada pada kedalaman 2-17 meter dengan material berupa lempung dan kerikil dan terdapat mineral *Goethite*, Hematit, Serpentin hingga *Chrysophrese*. Adapun pada Zona Bedrock berada pada kedalaman 5-18 meter dengan material berupa kerikil hingga batuan asal dan terdapat mineral Olivin, Piroksen hingga Serpentin. Analisis Geokimia daerah penelitian, dijumpai rata-rata pada zona limonit terdapat pengayaan unsur berupa Fe, Co, Cr_2O_3 , dan Al_2O_3 . Pada Zona saprolit terdapat pengayaan unsur Ni, SiO_2 , dan MgO dengan kadar Fe yang mulai menurun. Adapun pada Zona Bedrock terdapat pengayaan unsur MgO dan SiO_2 dan unsur-unsur yang lainnya mengalami penurunan kadar. Berdasarkan analisis data geokimia, ketiga titik bor pada daerah penelitian berpotensi untuk dijadikan cadangan nikel laterit dengan nilai kadar Ni 1.3 – 1.91%.

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. North Konawe laterite deposits in Southeast Sulawesi are a source of nickel metals in Indonesia that have been mined. Nickel laterite is a residual soil formed from ultramafic rocks through a process of chemical weathering and enrichment process commonly called supergene enrichment. The purpose and purpose of this study is to find out the condition of laterization of the research area, especially in laterite profile analysis, mineralization in laterite profile zones and potential nickel laterite reserves in the research area. Research methods are library studies and field observation. Then continued analysis in the form of geochemical analysis to find out the behavior of each element. Based on the results of data analysis, the average result obtained in the limonite zone is at a depth of 0-2 meters with clay material and there are minerals Goethite, Manganese, Talk to Serpentine. In the saprolite zone is at a depth of 2-17 meters with materials in the form of clay and gravel and there are minerals Goethite, Hematite, Serpentine to Chrysophrase. The Bedrock Zone is at a depth of 5-18 meters with material in the form of gravel to the original rock and there are minerals Olivine, Pyroxene to Serpentine. Geochemical analysis of research areas, found on average in the limonite zone there is an enrichment of elements in the form of Fe, Co, Cr₂O₃, and Al₂O₃. In the saprolite zone there is enrichment of elements Ni, SiO₂, and MgO with Fe levels that begin to decrease. In the Bedrock Zone there is an enrichment of MgO and SiO₂ elements and other elements decreased levels. Based on the analysis of geochemical data, the three drill points in the research area have the potential to be used as laterite nickel reserves with a level value of Ni 1.3 - 1.91%.

Keywords : Profile, Nickel, Laterite, Geochemical, Elements, Limonite, Saprolite, Bedrock

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim

Alhamdulillah *rabbi'alam*, penulis panjatkan puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena atas izin, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulisan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Profil Laterit menggunakan Data Log Blok X P.T. Sinar Jaya Sultra Utama Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara” dapat diselesaikan. Penulisan laporan ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Strata I pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyajian laporan ini, penulis menyadari masih belum mendekati kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan koreksi dan saran yang sifatnya membangun sebagai bahan masukan yang bermanfaat demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan. Penulis menyadari, berhasilnya penyusunan laporan ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan do'a kepada penulis dalam menghadapi setiap tantangan, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis, yang tiada henti-hentinya memberikan penulis segala bentuk dukungan, baik berupa dukungan moril ataupun material.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Asri Jaya HS, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing sekaligus Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah meluangkan waktunya serta memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

3. Bapak Dr. Ir. Kaharuddin, M.T. selaku Penasihat Akademik sekaligus Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya serta memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T. selaku dosen penguji atas segala masukan dan bimbingannya kepada penulis.
5. Ibu Dr. Ir. Haerany Sirajuddin, M.T. selaku dosen penguji atas segala masukan dan bimbingannya kepada penulis.
6. Bapak Muh.Nur Alif Pamunga, S.T. selaku *Mine Planer* PT. Sinar Jaya Sultra Utama sekaligus pembimbing kami selama melakukan kerja praktik maupun pengambilan data tugas akhir.
7. PT. Sinar Jaya Sultra Utama yang telah menerima kami untuk melaksanakan Kerja praktek dan pengambilan data tugas akhir.
8. Bapak dan Ibu Dosen pada Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan dan nasehatnya.
9. Staf Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.
10. Pihak-pihak yang lain yang membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini saudara Arham Rahmat Hadia Nibu yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan karya tulis ini. Saudara Firdauz Zulkarnain yang telah menemani penulis saat pengambilan data.
11. Saudara-saudari Teknik Geologi Angkatan 2017 (R17PTORZ) yang selalu memberi dukungan kepada penulis.

Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan lainnya.

Makassar, Maret 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
SARI	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	2
1.5 Waktu dan Lokasi Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional	5
2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian	6
2.2.1 Geomorfologi Daerah Penelitian	6
2.2.2 Litologi Daerah Penelitian	7
2.2.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian	8

2.3	Nikel Laterit	9
2.4	Genesa Endapan Nikel Laterit	10
2.5	Endapan Nikel Laterit	14
2.6	Klasifikasi Endapan Laterit	17
2.7	Mineralogi Endapan Nikel Laterit	22
2.8	Geokimia Endapan Nikel Laterit	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		24
3.1	Metode Penelitian	24
3.2	Tahapan Penelitian	24
3.2.1	Tahap Persiapan	24
3.2.2	Tahap Observasi Lapangan	25
3.2.2.1	Pemasangan <i>Stakeout</i> dan Survei di titik <i>Stakkeout</i>	25
3.2.2.2	Pengambilan Data <i>Logging</i>	25
3.2.3	Tahap Preparasi Sampel	26
3.2.4	Tahap Pengolahan Data	29
3.2.4.1	Data <i>Petrografi</i>	30
3.2.4.2	Data <i>Assay</i>	30
3.2.5	Penyusunan Laporan	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Kondisi Regional Daerah Penelitian	32
4.2	Analisis Profil Laterit	33
4.3	Analisis Geokimia Profil Laterit	35
4.4	Analisis Potensi Cadangan	40

BAB V PENUTUP	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45

LAMPIRAN

Data Assay

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Tunjuk Lokasi	3
Gambar 2.1	Peta Tektono-Stratigrafi Pulau Sulawesi (Kadariusman, 2004)	6
Gambar 2.2	Proses Pembentukan Endapan Nikel Laterit (Freysnet et al, 2005)	11
Gambar 2.3	Profil Endapan Laterit (Ahmad, 2005).....	15
Gambar 2.4	Profil Nikel Tipe Hydrous Silicate (Freysnet et al, 2005)	18
Gambar 2.5	Profil Nikel Tipe Clay Silicate	19
Gambar 2.6	Profil Nikel Tipe Oxide Deposits (Freysnet et al, 2005)	20
Gambar 2.7	Skema Transformasi Mineral Akibat Pelapukan Batuan Dasar (Batuan Ultramafik)(Nahon et al., 1992)	22
Gambar 3.1	Proses Pengeboran.....	26
Gambar 3.2	Kenampakan <i>Core</i> Hasil Penegboran	26
Gambar 3.3	Proses Preparasil Sampel	28
Gambar 3.4	Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4.1	Kenampakan sayatan tipis batuan dasar pada daerah penelitian dengan komposisi mineral berupa Olivine (Olv), Clinopiroksen (Cpx) dan Ortopiroksen (Opx)	33
Gambar 4.2	Kenampakan Lapisan Limonit berwarna coklat kemerahan (A) dan Lapisan Limonit berwarna coklat kekuningan (B) pada Titik Pengeboran F13-0102C	34
Gambar 4.3	Kenampakan lapisan Saprolit pada titik pengeboran F13-0102C ...	34
Gambar 4.4	Kenampakan lapisan <i>bedrock</i> pada titik F13-0102C	35
Gambar 4.5	Profil Vertikal Laterit Pada Titik F3-0204C	36

Gambar 4.6	Profil Vertikal Laterit Pada Titik F6-0204C	37
Gambar 4.7	Profil Vertikal Laterit Pada Titik F13-0102C	39
Gambar 4.8	Korelasi Profil Laterit dari Ketiga Titik Bor	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet et al, 2005) ..	20
Tabel 2.2	Klasifikasi <i>mobile element</i> pada Endapan Nikel Laterit (Trescases, 1975)	23
Tabel 4.1	Rata-Rata Persentase Unsur Major dan Unsur Minor Data <i>Assay</i> F3-0204C	36
Tabel 4.2	Rata-Rata Persentase Unsur Major dan Unsur Minor Data <i>Assay</i> F6-0204C	37
Tabel 4.3	Rata-Rata Persentase Unsur Major dan Unsur Minor Data <i>Assay</i> F13-0102C	38
Tabel 4.4	Kadar Unsur Rata-Rata Pada Zona Pengayaan <i>Ore</i>	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

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. Endapan laterit Konawe Utara di Sulawesi Tenggara merupakan sumber logam nikel di Indonesia yang telah ditambang.

Nikel laterit merupakan tanah residu yang terbentuk dari batuan ultramafic melalui proses berupa pelapukan kimiawi dan proses pengayaan yang biasa disebut *supergene enrichment*. Deposit nikel yang terbentuk di permukaan ini meningkat dan menjadi sumber utama dari nikel di seluruh penjuru dunia sebagai alternatif dikarenakan deposit nikel sulfida yang sudah mulai habis yang mengharuskan penambang masuk lebih ke dalam untuk mengeksploitasi cadangan nikel sulfida yang masih ada.

Endapan nikel laterit mempunyai beberapa faktor penting dalam terjadinya proses pembentukan endapan laterit 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).

Ada banyak metode yang bisa digunakan untuk mengetahui kondisi laterisasi daerah penelitian. Salah satunya adalah dengan menggunakan data bor. Hal ini sangat diperlukan untuk mengetahui kondisi laterisasi bawah permukaan

hingga kedalaman maksimal. Maka dari itu, dirasa perlu untuk penulis membuat satu penelitian yang berjudul “ANALISIS PROFIL LATERIT MENGGUNAKAN DATA BOR BLOK X PT SINAR JAYA SULTRA UTAMA KABUPATEN KONAWE UTARA PROVINSI SULAWESI TENGGARA”

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik endapan nikel laterit dengan melihat pengaruh unsur kimia yang terkandung sehingga dapat diketahui kondisi endapan nikel laterit pada daerah penelitian dan dapat pula diketahui keselarasan laterisasi pada daerah penelitian.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dilaksankannya 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 mineralisasi yang terjadi pada zona-zona profil laterit daerah penelitian berdasarkan data bor.
3. Mengetahui potensi cadangan Nikel Laterit pada daerah penelitian

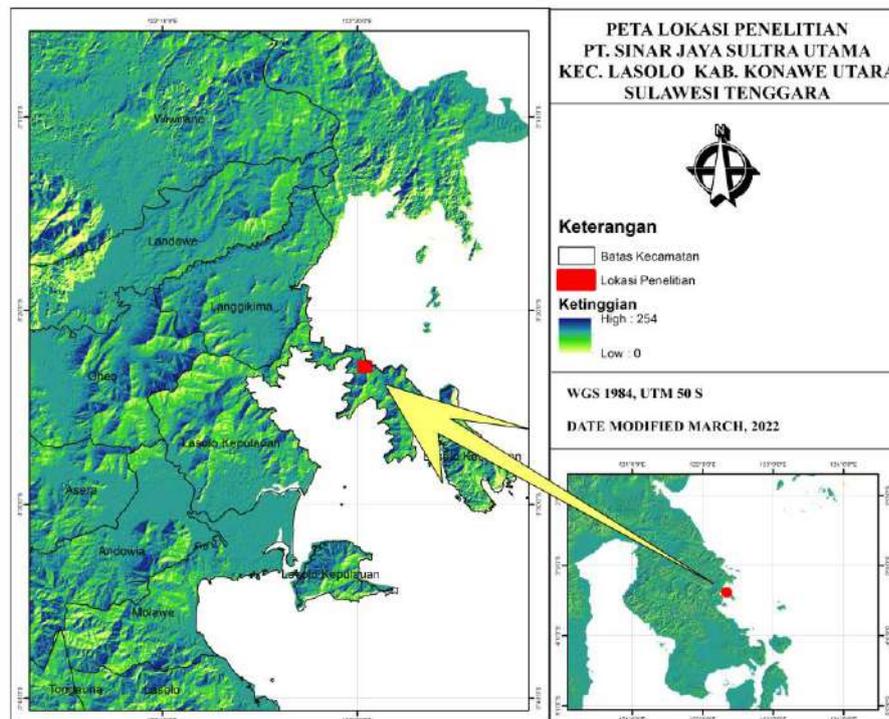
1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini khusus dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis proses laterisasi pada daerah penelitian menggunakan data geokimia yang diolah menjadi grafik dan akan memperlihatkan profil laterit yang terbentuk di setiap lubang bor

serta akan memperlihatkan proses laterisasi pada Blok X PT. Sinar Jaya Sultra Utama. Unsur-unsur yang menjadi batasan penelitian antara lain unsur minor berupa Ni, Cr₂O₃, MnO dan unsur major berupa Fe, SiO₂, MgO dan Al₂O₃.

1.5 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan selama ±2 bulan (April-Mei) di PT. SINAR JAYA SULTRA UTAMA. PT. SINAR JAYA SULTRA UTAMA secara administrasi berada di desa Waturambaha, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Perjalanan dari Kota Makassar menuju daerah ini dapat ditempuh melalui jalur udara menuju Kota Kendari dengan waktu tempuh ±55 menit. Dari Kota Kendari menuju kantor PT Sinar Jaya Sultra Utama sekitar 20 menit, kemudian dari kantor pusat menuju Site Waturambaha PT Sinar Jaya Sultra Utama ditempuh dengan menggunakan jalur transportasi darat selama ±7 jam.



Gambar 1.1 Peta Tunjuk Lokasi

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat dijadikan sebagai dasar atau acuan dalam melakukan tahapan eksplorasi lebih lanjut serta diharapkan dapat mengaplikasikan teori-teori yang didapatkan di perkuliahan pada dunia kerja nantinya.

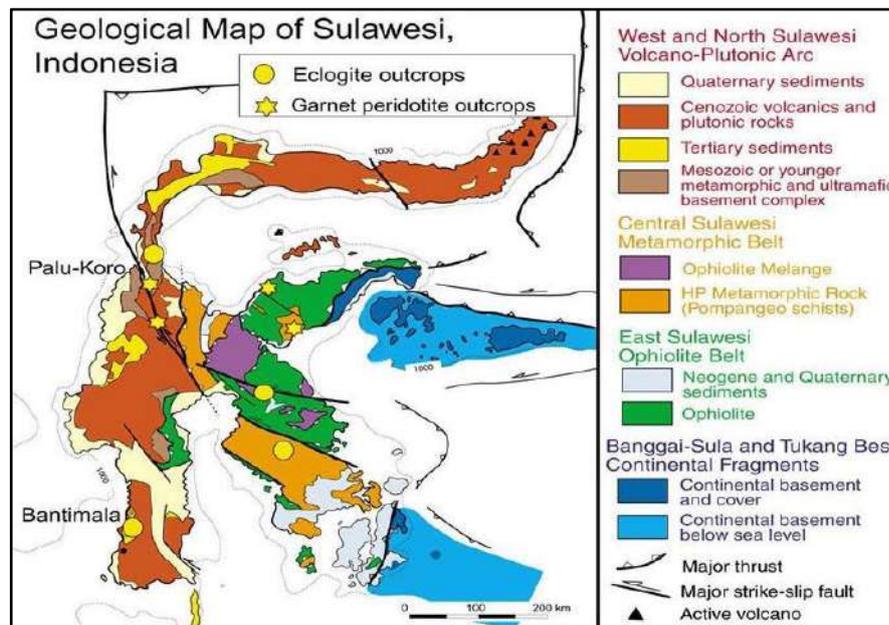
BAB II

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 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 lempek 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)

2.2 Geologi Regional Daerah Penelitian

Secara Regional, daerah penelitian termasuk dalam Geologi Lembar Lasusua – Kendari, Sulawesi skala 1:250.000 yang dipetakan oleh Rab Sukamto pada tahun 1982.

2.2.1 Geomorfologi Daerah Penelitian

Geologi Regional lokasi penelitian merupakan bagian dari fisiografi Geologi Regional Lembar Lasusua – Kendari dalam skala 1 : 250.000. 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).

Lokasi IUP termasuk 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 di tumbuhinya semak dan alang-alang. Sungai di aliran ini berpola aliran meranting.

2.2.2 Litologi Daerah Penelitian

Formasi batuan penyusun daerah penyelidikan yang termasuk dalam lembar Lasusua-Kendari yaitu termasuk dalam Formasi Kompleks Ultrabasa/Batuan Ophiolit (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.

2.2.3 Struktur Geologi Daerah Penelitian

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 (dextral), 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.

2.3 Nikel Laterit

Laterit menurut Evans (1993) adalah produk sisa dari pelapukan kimia batuan 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.

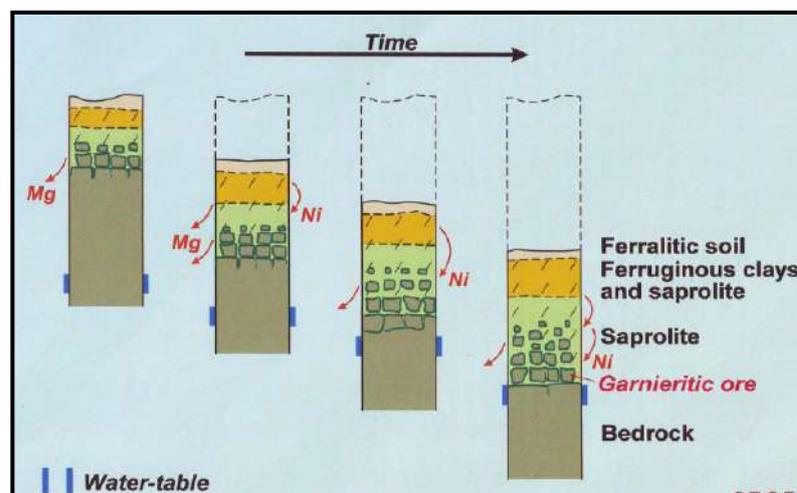
2.4 Genesa Endapan Nikel Laterit

Proses konsentrasi nikel pada endapan nikel laterit dimulai dari air permukaan yang mengandung CO₂ dari atmosfer dan terkayakan kembali oleh material-material organik di permukaan meresap ke bawah permukaan tanah sampai pada zona pelindihan, di mana fluktuasi air tanah berlangsung. Akibat fluktuasi ini, air tanah yang kaya akan CO₂ akan kontak dengan zona saprolit yang masih mengandung batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti olivin, serpentin dan piroksin. Mg, Si dan Ni akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan memberikan mineral-mineral baru pada proses pengendapan kembali (Hasanuddin, 1992).

Boldt (1966), menyatakan bahwa proses pelapukan dimulai pada batuan ultrabasa (peridotit, dunit, serpentin), di mana pada batuan ini banyak mengandung mineral olivin, magnesium silikat, dan besi silikat yang pada umumnya banyak mengandung 0,30 % nikel. Batuan tersebut sangat mudah dipengaruhi oleh pelapukan lateritik. Air tanah yang kaya akan CO₂ berasal dari udara luar dan tumbuh-tumbuhan akan menghancurkan olivin. Terjadi penguraian olivin, magnesium, besi, nikel dan silika ke dalam larutan, cenderung untuk membentuk suspensi koloid dari partikel-partikel silika yang submikroskopis. Di dalam larutan besi akan bersenyawa dengan oksida dan mengendap sebagai ferri hidroksida. Akhirnya endapan ini akan menghilangkan air dengan membentuk mineral-mineral karat, yaitu hematit dan kobalt dalam jumlah kecil, jadi besi oksida mengendap dekat dengan permukaan tanah.

Proses laterisasi adalah proses pencucian pada mineral yang mudah larut dan silika pada profil laterit pada lingkungan yang bersifat asam dan lembab serta membentuk konsentrasi endapan hasil pengkayaan proses laterisasi pada unsur Fe, Cr, Al, Ni dan Co (Rose et al., 1979, dalam Nushantara, 2002).

Proses pelapukan dan pencucian yang terjadi akan menyebabkan unsur Fe, Cr, Al, Ni dan Co terkayakan di zona limonit dan terikat sebagai mineral-mineral oxida atau hidroksida, seperti limonit, hematit, dan goetit (Hasanudin, 1992). Umumnya endapan nikel terbentuk pada batuan ultrabasa dengan kandungan Fe di olivin yang tinggi dan nikel berkadar antara 0,2% - 0,4%. Berikut merupakan gambar proses pembentukan nikel laterit yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.2 Proses Pembentukan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet et al, 2005)

Pembentukan bijih nikel laterit dipengaruhi oleh beberapa faktor. Adapun faktor-faktor yang memengaruhi pembentukan nikel laterit (Ahmad, 2005) adalah:

1. Batuan Asal

Adanya batuan asal merupakan syarat utama terbentuknya endapan nikel laterit. Batuan asal dari nikel laterit adalah batuan ultrabasa. Dalam hal ini pada

batuan ultrabasa terdapat unsur nikel (Ni) yang paling banyak di antara batuan lainnya. Batuan ultrabasa mempunyai komponen-komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel serta mempunyai mineral-mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin.

2. Iklim

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

3. Reagen-Reagen Kimia

Reagen-reagen kimia adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu dalam mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO_2 memegang peranan penting di dalam proses pelapukan kimia. Asam-asam pada humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat mengubah pH larutan. Asam-asam pada humus berkaitan erat dengan vegetasi yang ada di daerah tersebut. Vegetasi akan mengakibatkan penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah mengalir.

4. Topografi

Keadaan topografi setempat akan sangat memengaruhi 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 sehingga dapat menyebabkan pelapukan kurang intensif.

5. Waktu

Waktu merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pelapukan, transportasi, dan konsentrasi endapan pada suatu tempat. Untuk terbentuknya endapan nikel laterit membutuhkan waktu yang lama, mungkin ribuan atau jutaan tahun. Bila waktu pelapukan terlalu muda maka terbentuk endapan yang tipis. Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi. Banyak dari faktor tersebut yang saling berhubungan dan karakteristik profil di satu tempat dapat digambarkan sebagai efek gabungan dari semua faktor terpisah yang terjadi melewati waktu, ketimbang didominasi oleh satu faktor saja.

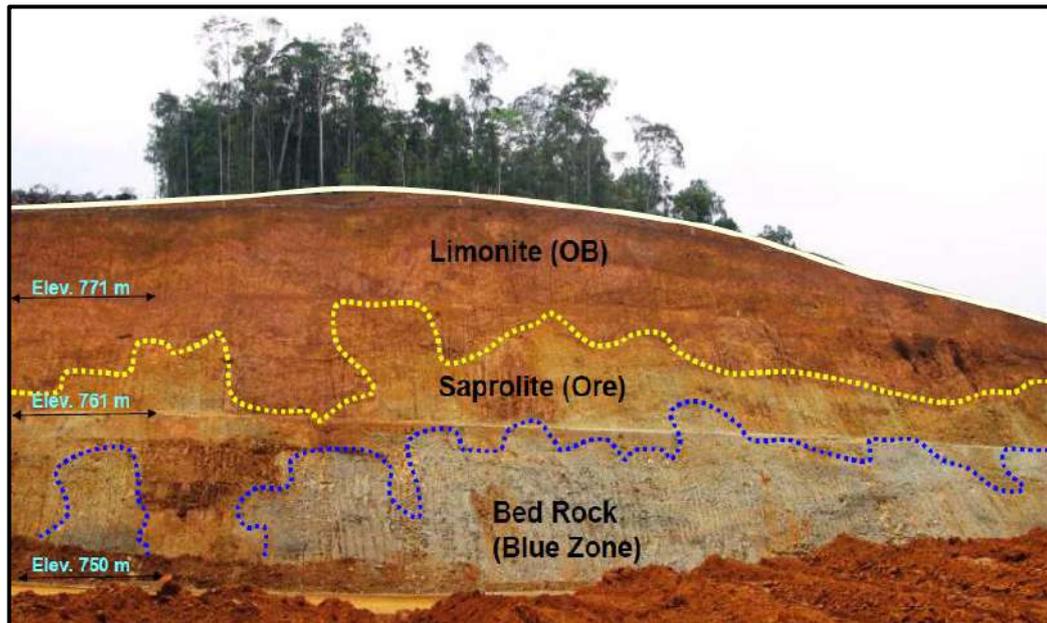
6. Struktur

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 nikel (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 akan memudahkan masuknya air dan proses pelapukan yang terjadi akan lebih intensif.

2.5 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. Menurut Vinogradov, 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 *hydrothermal*, 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 2.3 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

A. Bedrock

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.

B. 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 *boluder* 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 batu-batu 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.

C. 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 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*

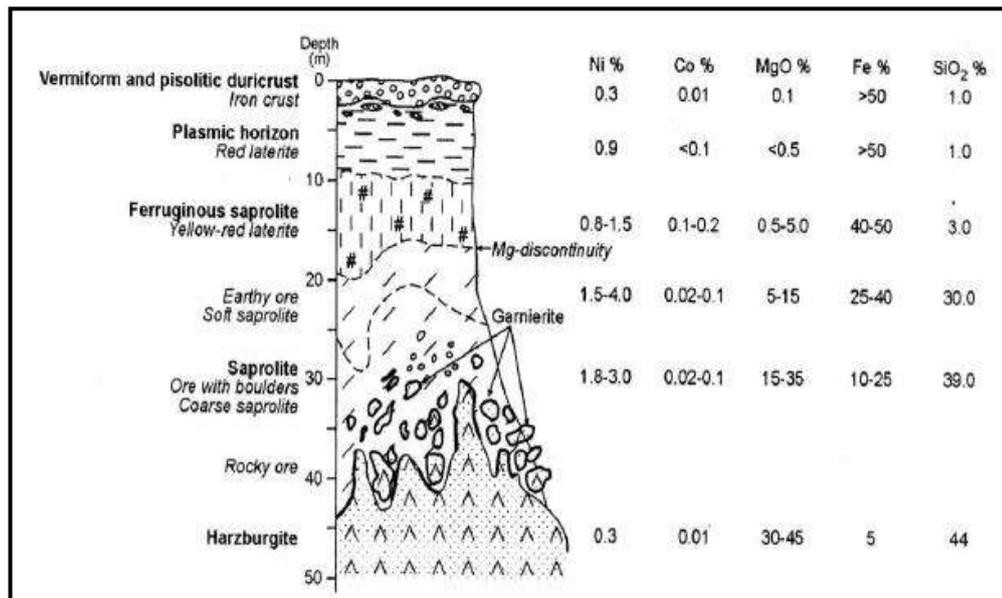
merupakan bahan konstruksi jalan yang sangat baik karena kadar air yang lebih rendah. Di bawah zona hematit, besi sebagian besar dalam bentuk goetit dan limonit, baik hidroksida besi dengan jumlah yang signifikan. Sementara seskuioksida besi, aluminium dan krom lebih atau kurang merata dalam zona limonit,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

2.6 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-oxihydroxide* 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.

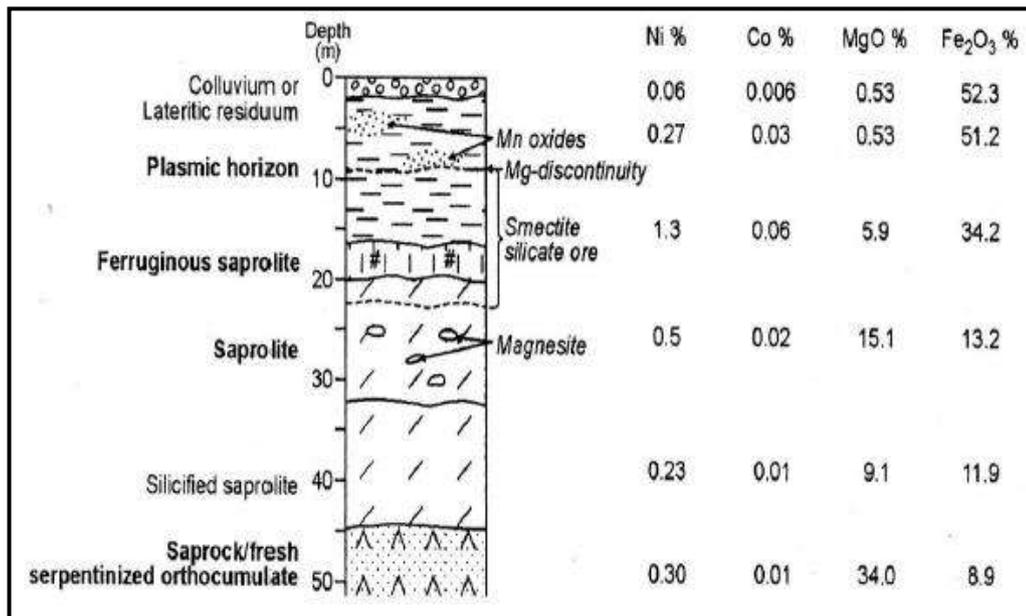


Gambar 2.4 Profil Nikel Tipe Hydrous Silicate (Freysenet et al, 2005)

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 mineral lempung seperti *Ni-rich nontronite* pada bagian tengah sampai dengan bagian atas zona saprolit. Serpentin yang kaya dengan nikel juga bisa digantikan (teraltrasi) oleh smektit pada bagian yang kontak dengan air tanah sehingga larutan-larutan yang terbentuk menjadi jenuh dengan mineral-mineral lempung ini (gambar 2.4). Secara umum, kadar nikel rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan dengan tipe *Hydrous Silicate*.

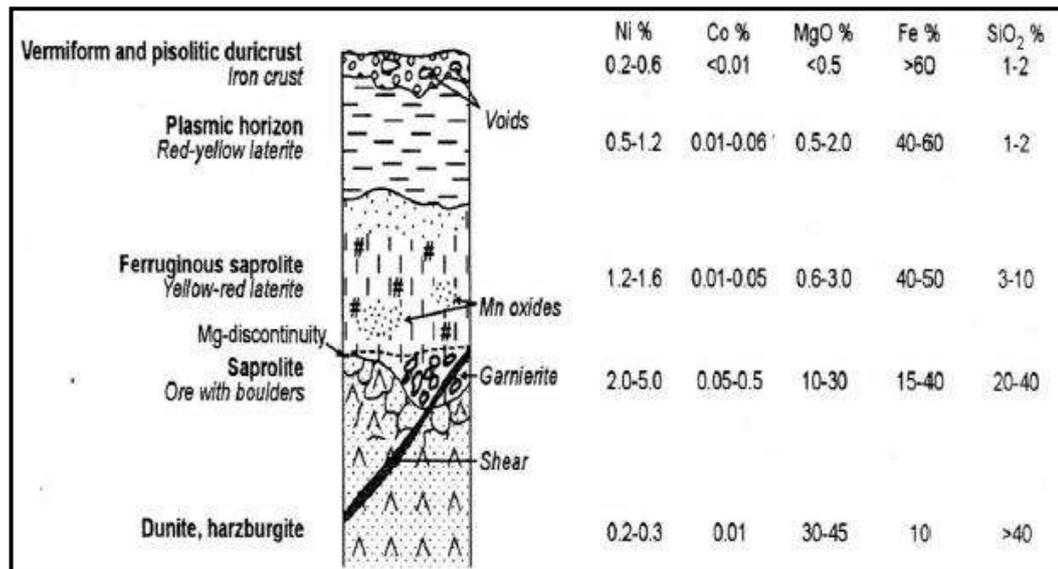


Gambar 2.5 Profil Nikel Tipe Clay Silicate (Freysnet et al, 2005).

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-oxihydroxide*, 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 2.6 Profil Nikel Tipe Oxide Deposits (Freyssnet et al, 2005).

Tabel 2.1 Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet et al, 2005).

Parameter	<i>Hydrous Silicate Deposit</i>	<i>Clay Silicate Deposit</i>	Oxide Deposit
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 <i>Geothite</i>
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 Drainasinya 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.

Endapan Ni silika, didominasi oleh *hydrated Mg-Ni silicates* (seperti *garnierite*), biasanya terdapat di lapisan saprolit (Golightly, 1981; Gleeson, et al.,

2003). Endapan *silicate Ni*, didominasi oleh lempung smektit (seperti nontronit), biasanya terdapat di bagian atas saprolit atau pedolit (Golightly, 1981; Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan Murrin (Australia Barat) memiliki sumberdaya Ni sebesar 334 Mt dan cadangan 145 Mt, kadar Ni rata-rata 1,07% pada zona lempung (Elias, 2002; Marsh & Anderson, 2011). Endapan Ni laterit tipe *clay* yang berada di Murrin Murrin terdiri atas lima zona yaitu: *unweathered country rock* pada bagian dasar, saprolit, smektit, limonit (lebih dikenal dengan istilah *ferruginous zone*), dan *colluvium* pada bagian atas.

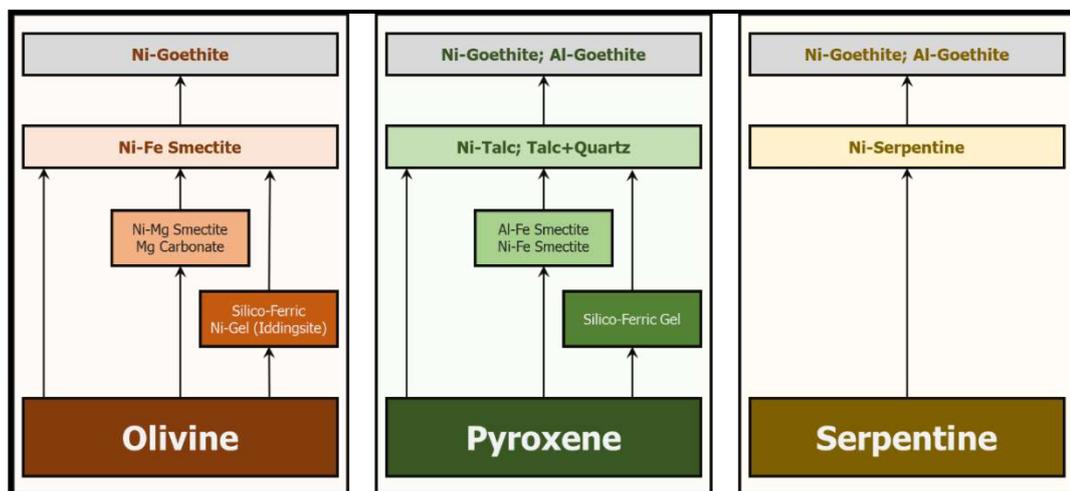
Endapan oksida, didominasi oleh *Fe oxyhydroxides* (seperti goetit), membentuk lapisan di antara pedolit dan saprolit (Golightly, 1981; Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan Ni laterit di Moa Bay, Cuba adalah contoh dari tipe endapan oksida (Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan ini memiliki kadar Ni sebesar 1,27% (Freyssinet, *et al.*, 2005). Endapan tipe oksida ini terbentuk dari proses pelapukan dari batuan peridotit (harzburgit) yang terserpentinisasi dan dunit pada sabuk Mayari-Baracoa ofiolit (Roqué-Rosell, *et al.*, 2010). Profil endapan Ni laterit di Moa Bay terdiri dari *ferricrete cap* berada di atas lapisan *limonite* yang mengandung goetit, maghemit, hematit, dan gipsit, serta *Mn-Ni-Co oxyhydroxides*. Lapisan limonit berada di atas lapisan saprolite yang terdiri dari lizardit, goethit, magnetit, maghemit, kromit, dan *hydrous Mg-silicates*. Lapisan paling bawah adalah protolit yang merupakan peridotit terserpentinisasi dan harzburgit (Roqué-Rosell, *et al.*, 2010; Marsh & Anderson, 2011).

2.7 Mineralogi Endapan Nikel Laterit

Mineral-mineral primer pada batuan ultramafik (*bedrock*) dapat menghasilkan mineral sekunder, sebagai berikut (Nahon, *et al.*, 1992):

1. Olivin menjadi Krisotil, Magnetit, Saponit, Nontronit, Silika, Amorf dan Goetit.
2. Piroksin menjadi Talk, Smektit dan Goetit.
3. Serpentin menjadi Smektit dan Goetit.

Mineral primer pada batuan ultramafik yang menghasilkan mineral sekunder dapat dilihat pada **Gambar 2.6**



Gambar 2.7 Skema transformasi mineral akibat pelapukan batuan dasar(batuan ultramafik) (Nahon, *et al.*, 1992)

Rangkaian pembentukan mineral sekunder selama proses pembentukan laterit berbeda dengan mineral primer. Pelapukan kimia yang terjadi pada olivin dan *pyroxene* lebih kompleks dari pada serpentin. Hal ini disebabkan tekstur serpentin yang lebih halus dan komposisi kimia yang lebih homogen dari pada olivin dan *pyroxene* (Nahon, *et al.*, 1992).

2.8 Geokimia Endapan Nikel Laterit

Selama proses pelapukan berlangsung, beberapa elemen akan tercuci dan elemen lainnya akan terkonsentrasi melalui pengayaan sekunder atau residual (Brand, *et al.*, 1998). Sebuah pengukuran *mobile element* pada endapan Ni laterit melalui tingkat perpindahan elemen terhadap aliran air (Trescases, 1975; Golightly, 1981).

Tabel 2.2 Klasifikasi *mobile element* pada endapan Ni laterit (Trescases, 1975)

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