

SKRIPSI

**STUDI KARAKTERISTIK GEOKIMIA PADA
ENDAPAN NIKEL LATERIT BLOK A DAN BLOK B
PADA PT. BUMI SENTOSA JAYA KONAWE UTARA
SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan Diajukan Oleh:

**ADE ALFAIDA
D061201050**



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

**GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**STUDI KARAKTERISTIK GEOKIMIA PADA
ENDAPAN NIKEL LATERIT BLOK A DAN BLOK B
PADA PT. BUMI SENTOSA JAYA KONAWE UTARA
SULAWESI TENGGARA**

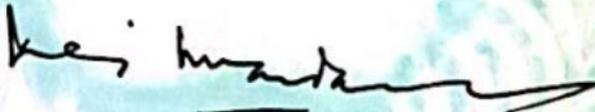
Disusun dan diajukan oleh

**ADE ALFAIDA
D061201050**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 25 November 2024

Menyetujui

Pembimbing Utama


Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil
NIP. 19800428 200501 1 001

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin




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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ade Alfaida
NIM : D061201050
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

***“Studi Karakteristik Geokimia Pada Endapan Nikel Laterit Blok A dan Blok B
Pada PT. Bumi Sentosa Jaya, Konawe Utara, Sulawesi Tenggara”***

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

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

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

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

Gowa, 25 November 2024

Yang Menyatakan



Ade Alfaida

ABSTRAK

ADE ALFAIDA. *Studi Karakteristik Geokimia Pada Endapan Nikel Laterit Blok A dan Blok B Pada PT. Bumi Sentosa Jaya, Konawe Utara, Sulawesi Tenggara* (dibimbing oleh Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil)

Secara administratif daerah penelitian terletak pada daerah eksplorasi PT. Bumi Sentosa Jaya Daerah Boedini, Kecamatan Lasolo, Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Sistem koordinat geografis IUP PT. Bumi Sentosa Jaya menggunakan sistem proyeksi koordinat UTM Zona 51 S (Datum WGS 1984). Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik geokimia pada zona profil endapan nikel laterit blok a dan blok b pada PT. Bumi Sentosa Jaya. Metode yang digunakan yaitu metode XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan analisis petrografi. Pada daerah penelitian terdapat 2 tipe endapan yaitu blok a (226 holes) dan blok b (74 holes).

Berdasarkan penelitian diperoleh kadar pada blok a dengan kadar rata rata Ni (1,35%), Fe (29,32%), Co (0,100%), MnO (0,86%), Cr₂O₃ (2,35%), Al₂O₃ (7,33%), SiO₂ (15,10%), dan MgO (7,81%). Pada blok b dengan kadar rata – rata Ni (1,05%), Fe (20,41%), Co (0,07%), MnO (0,56%), Cr₂O₃ (1,90%), Al₂O₃ (6,28%), SiO₂ (27,34%), dan MgO (13,37%). Dari data tersebut diketahui unsur Ni, Fe, Co, dan MnO pada blok a relatif lebih tinggi dibandingkan blok b. Sedangkan unsur Cr₂O₃, Al₂O₃, SiO₂ dan MgO pada blok b umumnya lebih tinggi dibandingkan blok a. Faktor yang menyebabkan karakteristik geokimia tiap blok berbeda disebabkan oleh batuan dasar dan derajat serpentinisasi yang berbeda pada tiap blok, dimana blok a dengan batuan dasar peridotit (*Olivine Websterite*) memiliki kadar Ni (1,35%), blok b dengan batuan dasar peridotit (*Lherzolite*) memiliki kadar Ni (1,05%).

Kata kunci : Nikel Laterit, Batuan Dasar, Serpentinisasi, Geokimia, PT. Bumi Sentosa Jaya

ABSTRACT

ADE ALFAIDA. *Study of Geochemical Characteristics in Block A and Block B Laterite Nickel Deposits at PT. Bumi Sentosa Jaya, North Konawe, Southeast Sulawesi (supervised by Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil)*

Administratively, the research area is located in the PT exploration area Bumi Sentosa Jaya Boedini Region, Lasolo District, North Konawe Regency, Southeast Sulawesi Province. IUP PT geographical coordinate system. Bumi Sentosa Jaya uses the UTM Zone 51 S coordinate projection system (Datum WGS 1984). The aim of the research is to determine the geochemical characteristics of the laterite nickel deposit profile zone of block a and block b at PT. Bumi Sentosa Jaya. The methods used are the XRF (X-Ray Fluorescence) method and petrography. In the research area there are 2 types of deposits, namely block a (226 holes) and block b (74 holes).

Based on research, the levels in block a were obtained with average levels of Ni (1.35%), Fe (29.32%), Co (0.100%), MnO (0.86%), Cr₂O₃ (2.35%), Al₂O₃ (7.33%), SiO₂ (15.10%), and MgO (7.81%). In block b with average levels of Ni (1.05%), Fe (20.41%), Co (0.07%), MnO (0.56%), Cr₂O₃ (1.90%), Al₂O₃ (6.28%), SiO₂ (27.34%), and MgO (13.37%). From these data it is known that the elements Ni, Fe, Co and MnO in block a are relatively higher than in block b. Meanwhile, the elements Cr₂O₃, Al₂O₃, SiO₂ and MgO in block b are generally higher than in block a. The factors that cause the geochemical characteristics of each block to be different are due to the different base rocks and degrees of serpentinization in each block, where block a with peridotite (Olivine Websterite) base rock which is generally not serpentinized has a Ni content (1.35%). Meanwhile, block b with peridotite (Lherzolite) bedrock is generally serpentinized and has a Ni content (1.05%).

Keywords : *Laterite nickel, bedrock, serpentinization, geochemical, PT. Bumi Sentosa Jaya*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
KATA PENGANTAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Maksud dan Tujuan	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Waktu dan Lokasi Daerah Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Geologi Regional	7
2.2 Batuan Ultramafik	14
2.3 Serpentinisasi	17
2.4 Nikel Laterit	18
2.5 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit	24

2.6	Geokimia Endapan Nikel Laterit	27
2.7	<i>X-Ray Flourescence</i> (XRF).....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		28
3.1	Tahapan Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Karakteristik Endapan Laterit	44
4.2	Geokimia Endapan Laterit dan Petrografi Batuan Dasar	46
4.3	Unsur-Unsur Geokimia pada Endapan Nikel Laterit	64
4.4	Peran batuan dasar dan hubungannya dengan pembentukan endapan nikel laterit	70
BAB V PENUTUP		71
5.1	Kesimpulan	71
5.2	Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....		73
LAMPIRAN		76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta Lokasi proyek IUP PT. Bumi Sentosa Jaya	6
Gambar 2	Peta geologi regional daerah penelitian lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi (Rusman dkk, 1993)	7
Gambar 3	Peta kelerengan area IUP PT. Bumi Sentosa Jaya	6
Gambar 4	Kenampakan morfologi perbukitan bergelombang (denudasional) yang ada di area IUP dengan arah foto N54°E.....	7
Gambar 5	Peta tektono-stratigrafi Pulau Sulawesi (Kadarusman, 2004)	14
Gambar 6	Diagram komposit topografi laterit (Ahmad, 2006)	21
Gambar 7	Generalisasi profil laterit (Elias, 2002).....	23
Gambar 8	Distribusi global deposit nikel laterit, pembagian tipe deposit berdasarkan peta mophoclimatic (modifikasi Budel dalam Butt dan Morris, 2005)	24
Gambar 9	Clay silicate deposit, Murrin Australia (Butt dan Morris, 2005).....	25
Gambar 10	Profil laterit deposit oxide, Goro New Caledonia (Butt dan Morris, 2005)	26
Gambar 11	Hydrous silicate deposit, New Caledonia (Troly dkk, 1979).....	26
Gambar 12	Tipe laterit (Elias, 2005)	27
Gambar 13	Diagram alur penelitian	28
Gambar 14	Salah satu contoh tahapan pengeboran pada lokasi eksplorasi perusahaan	29
Gambar 15	Contoh core.....	30
Gambar 16	Sampel yang tiba dimasukkan ke dalam core box (plat)	31
Gambar 17	Sampling berdasarkan break sampling	31
Gambar 18	Proses menghomogenkan dan membagi matriks sampel	31
Gambar 19	Sampel yang telah diletakkan dalam tray (talang).....	32
Gambar 20	Sampel dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C.....	32
Gambar 21	Penghancuran sampel dengan menggunakan jaw crusher.....	33
Gambar 22	Mixing sampel dengan menggunakan jaw crusher sebanyak 3 kali..	33
Gambar 23	Proses mixing sampel	33

Gambar 24 Proses penghalusan sampel dengan menggunakan double roll crusher	34
Gambar 25 Proses mixing dan sampel split.....	34
Gambar 26 Penggilingan dengan menggunakan pulvelizer	34
Gambar 27 Proses mixing dan sampel spliter	35
Gambar 28 Proses pembagian sampel dengan matriks 6x2	36
Gambar 29 Proses sampel dimasukkan ke dalam cetakan aluminium	36
Gambar 30 Proses press pellet pada sampel	36
Gambar 31 Proses analisis XRF pada sampel	37
Gambar 32 Flow chart preparasi sampel	38
Gambar 33 Contoh database yang merupakan hasil gabungan dari data XRF (data kimia), data geologi dan data coring serta pengamatan foto core	39
Gambar 34 Contoh foto core merupakan salah satu data yang digunakan untuk memvalidasi database	40
Gambar 35 Klasifikasi batuan ultramafik menurut IUGS dalam Streckeisen (1976).....	42
Gambar 36 Profil laterit blok a dengan arah foto N290°W	44
Gambar 37 Profil laterit blok b dengan arah foto N326°W	45
Gambar 38 Kenampakan profil laterit hasil pengeboran tambang daerah penelitian.....	47
Gambar 39 Kenampakan petrografis pada blok a dengan komposisi mineral olivine (OI), orthopiroksen (Opx), klinopiroksen (Cpx).....	52
Gambar 40 Grafik profil vertikal laterit blok a.....	53
Gambar 41 Kenampakan petrografis pada blok b dengan komposisi mineral olivine (OI), serpentin (Ser), orthopiroksen (Opx), klinopiroksen (Cpx).....	60
Gambar 42 Grafik profil vertikal laterit blok b	61
Gambar 43 Perbandingan antara penampang profil tipe endapan laterit blok a dan blok b.....	64
Gambar 44 Persentase kandungan unsur Ni pada blok a dan blok b.....	65
Gambar 45 Persentase kandungan unsur Fe pada blok a dan blok b.....	65
Gambar 46 Persentase kandungan unsur Co pada blok a dan blok b.....	66

Gambar 47 Persentase kandungan unsur MnO pada blok a dan blok b	67
Gambar 48 Persentase kandungan unsur Cr ₂ O ₃ pada blok a dan blok b	67
Gambar 49 Persentase kandungan unsur Al ₂ O ₃ pada blok a dan blok b	68
Gambar 50 Persentase kandungan unsur SiO ₂ pada blok a dan blok b	69
Gambar 51 Persentase kandungan unsur MgO pada blok a dan blok b	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Koordinat IUP PT. Bumi Sentosa Jaya	6
Tabel 2 Contoh data statistic nilai kadar unsur nikel	41
Tabel 3 Data statistik unsur pada lapisan limonit	48
Tabel 4 Data statistik unsur pada lapisan saprolit.....	49
Tabel 5 Data statistik unsur pada lapisan bedrock.....	49
Tabel 6 Rata-rata unsur pada blok a	50
Tabel 7 Data statistik unsur pada lapisan limonit	56
Tabel 8 Data statistik unsur pada lapisan saprolit.....	57
Tabel 9 Data statistik unsur pada lapisan bedrock.....	57
Tabel 10 Rata-rata unsur pada blok b	58
Tabel 11 Perbandingan karakteristik tipe endapan nikel laterit blok a dan blok b	71

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
%	Persen
<	Lebih Kecil
±	Kurang Lebih
°	Derajat
// - Nikol	Nikel Sejajar
X - Nikol	Nikel Silang
Fe	Besi
Ni	Nikel
Co	Kobalt
MnO	Mangan Dioksida
Cr ₂ O ₃	Kromium Oksida
Al ₂ O ₃	Aluminium Oksida
SiO ₂	Silika Dioksida
MgO	Magnesium Oksida
Ca	Kalsium
CaO	Kalsium Oksida
Na ₂ O	Natrium Oksida
TiO ₂	Titanium Dioksida
Al	Aluminium
Cr	Kromium
Mg	Magnesium
Mn	Mangan
Cu	Tembaga
Au	Emas
Ti	Taliun
Na	Natrium
Si	Silikon

P	Fosfor
K	Kalium
Rb	Rubidium
Sr	Stronsium
Y	Itrium
Nb	Niobium
Zr	Zirkonium
Cr	Kromium
Cu	Tembaga
Zn	Seng
Ga	Galium
Ba	Barium
Pb	Timbal
Th	Torium
La	Lantanum
Ce	Serium
Nd	Neodimium
Sm	Samarium
MCA	<i>Multi Chanel Analyzer</i>
PGE	<i>Platinum Group Element</i>
IUP	Izin Perusahaan Pertambangan
Kg	Kilogram
Cm	Sentimeter
Mm	milimeter
OI	Olivin
Opx	Orthopiroksen
Cpx	Klinopiroksen
Ser	Serpentin
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Database blok a	77
Lampiran 2 Database blok b.....	78
Lampiran 3 Deskripsi Petrografi	79

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat, karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul ” **Studi Karakteristik Geokimia Pada Endapan Nikel Laterit Blok A dan Blok B Pada PT. Bumi Sentosa Jaya, Konawe Utara, Sulawesi Tenggara**”. Laporan ini adalah salah satu dari beberapa persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar sarjana pada Program Studi S1 Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan dan Kerjasama dari berbagai pihak akhirnya Laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.

Teristimewa untuk orang tua terkasih Ayahanda Suherman Lauda dan Ibunda Jahida, Kakanda Aderiantika beserta keluarga yang selama ini memberikan kasih sayang, dukungan moril dan materil, dan doa yang tiada hentiya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan pendidikan sebagai sarjana.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu dalam penyusunan laporan penelitian ini diantaranya:

1. Bapak Afdhal Abdillah Muhammad sebagai pembimbing kegiatan kerja praktek di PT. Bumi Sentosa Jaya, yang telah banyak memberikan pembelajaran kepada penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M.Phil sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktunya serta memberikan bimbingan.
3. Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T sebagai dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan baik kepada penulis.
4. Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T sebagai dosen penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan baik kepada penulis.
5. Dr. Sultan, S.T., M.T sebagai penasehat akademik yang telah banyak memberikan saran selama perkuliahan.
6. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng sebagai ketua Departemen

Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Ketua Program Studi S1 Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

7. Bapak/Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah dengan sabar dan Ikhlas memberikan ilmunya.
8. Bapak/Ibu tenaga pendidik dan staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin.
9. Teman-teman sekaligus keluarga saya mahasiswa Teknik Geologi Universitas Hasanuddin Angkatan 2020 (Radar20) yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
10. Kakak-kakak dan adik-adik di Himpunan Mahasiswa Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH) yang selalu menjadi teman diskusi penulis dalam bidang apapun.
11. Semua rekan dan pihak yang telah membantu penulis sampai detik ini dan belum sempat disebutkan. Terima kasih untuk uluran tangan dan kerendahan hati yang kalian miliki.

Barokallahu Fiikum Penulis menyadari bahwa Laporan 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 Laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Laporan 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.

Gowa, 25 November 2024

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan sumber daya, cadangan dan penghasil nikel laterit terbesar di dunia. Cadangan bijih nikel laterit di Indonesia mencapai 12% cadangan nikel dunia, yang tersebar di Pulau Sulawesi, Maluku, dan pulau-pulau kecil di sekitarnya. Salah satu daerah penghasil nikel di Pulau Sulawesi adalah Kecamatan Lasolo, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Endapan nikel laterit merupakan hasil pelapukan lanjut dari batuan ultrabasa pembawa Ni-Silikat. Pembentukan endapan nikel laterit dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah batuan asal, iklim, komposisi kimia, topografi, struktur dan waktu (Sutisna, 2006). Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan endapan nikel laterit, dapat dilakukan studi mengenai karakteristik geokimia, mineralogi dan jenis endapan nikel laterit di suatu tempat.

Nikel merupakan salah satu komoditas tambang paling penting di dunia. Nikel umumnya diproduksi menjadi beberapa jenis seperti logam halus, bubuk, spons, dan lain- lain. Dari beberapa jenis tersebut, lebih dari 60% digunakan sebagai bahan baku pembuatan baja tahan karat atau *stainless steel*. Nikel memiliki dua jenis endapan yaitu nikel laterit dan nikel sulfida dimana jumlah cadangan endapan nikel laterit dunia sebesar 72% dan endapan nikel sulfida 28%, namun sampai saat ini jumlah produksi nikel dunia 58% masih berasal dari endapan nikel sulfida sedangkan jumlah produksi dari endapan nikel laterit hanya 42% (Yildirim dkk., 2012).

Endapan Ni laterit berasal dari batuan ultramafik yang kaya olivin. Batuan ultramafik sebagai batuan dasar yang mengalami serpentinisasi. Derajat serpentinisasi akan sangat berpengaruh pada perkembangan bijih Ni (Golightly, 1981).

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengetahui perbedaan karakteristik dari setiap blok berdasarkan zona profil endapan nikel laterit yang tentunya juga dipengaruhi oleh beberapa faktor.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka hal tersebutlah melatar belakangi penulis melakukan penelitian dalam penyelesaian tugas akhir dengan judul : **“Studi Karakteristik Geokimia Pada Endapan Nikel Laterit Blok A dan Blok B Pada PT. Bumi Sentosa Jaya”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana perbedaan karakteristik geokimia pada zona profil endapan nikel laterit pada blok a dan blok b.
2. Bagaimana karakteristik profil laterit pada daerah penelitian.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik geokimia endapan nikel laterit pada daerah penelitian. Adapun tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Mengetahui perbedaan karakteristik geokimia pada zona profil endapan nikel laterit pada blok a dan blok b.
2. Mengetahui karakteristik profil laterit pada daerah penelitian.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian yang dilakukan, penulis membatasi masalah yang akan diangkat yaitu karakteristik geokimia pada zona profil endapan nikel laterit terkhusus pada blok a dan blok b PT. Bumi Sentosa Jaya melalui analisa sampel pemboran (*core*) dan analisa laboratorium yang terdiri dari analisa petrografi dan XRF.

1.5 Waktu dan Lokasi Daerah Penelitian

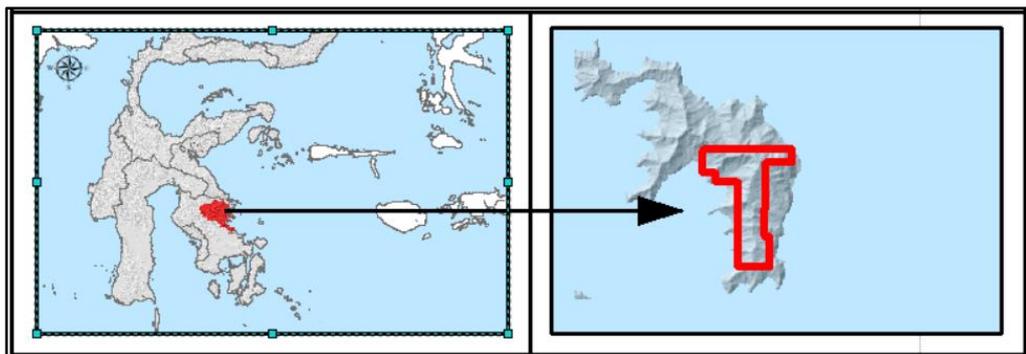
Penelitian dilakukan selama waktu kerja praktek berlangsung yang berjalan kurang lebih 2 bulan. Lokasi proyek PT.Bumi Sentosa Jaya secara

geografis terletak pada koordinat :

Tabel 1 Koordinat IUP PT. Bumi Sentosa Jaya

Nomor	Koordinate East	Koordinate North
1	431814.0377	9623859.478
2	431814.4019	9623287.125
3	430588.1361	9623286.337
4	430589.2541	9621092.414
5	430527.4914	9621092.594
6	430528.4157	9619754.525
7	430798.4076	9619754.701
8	430799.3473	9618317.207
9	429321.0443	9618316.081
10	429318.3763	9622325.643
11	428230.3561	9622324.917
12	428230.0449	9622788.268
13	427643.4486	9622787.873
14	427642.7263	9623856.744
15	431814.0377	9623859.478

Secara Administratif termaksud kedalam 2 lingkaran Desa yaitu Desa Boedingi dan Desa Boenaga, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Akses ke wilayah IUP PT. Bumi Sentosa Jaya dapat ditempuh melalui jalur darat sekitar ± 7 jam perjalanan dari Kota Kendari dan laut sekitar ± 3 jam perjalanan dari Kecamatan Molawe (Gambar 1).



Gambar 1 Peta Lokasi proyek IUP PT. Bumi Sentosa Jaya

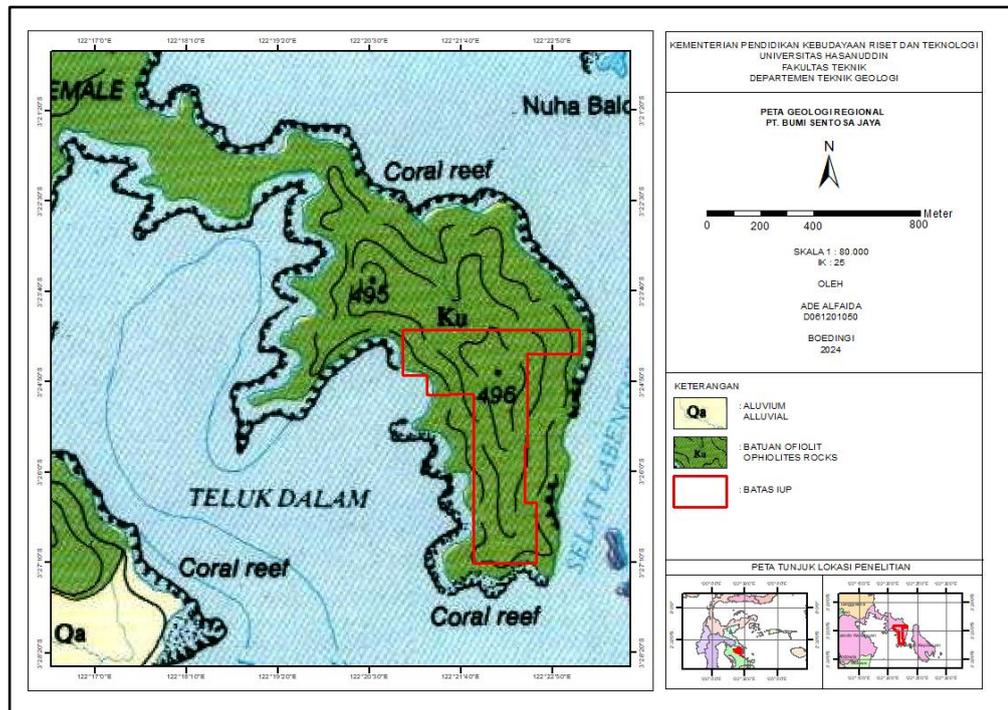
1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini secara umum sebagai acuan dan referensi dalam proses pelapukan kimia endapan nikel laterit dan mengenai karakteristik geokimia setiap zona pada endapan nikel laterit.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Pembahasan geologi regional terdiri dari penjelasan mengenai stratigrafi, tektonika, dan struktur geologi regional. Pembahasan tersebut berdasarkan (Rusmana dkk., 1993) yang melakukan pemetaan geologi Lembar Lasusua Kendari, Sulawesi dengan skala 1 : 250.000 (Gambar 2).

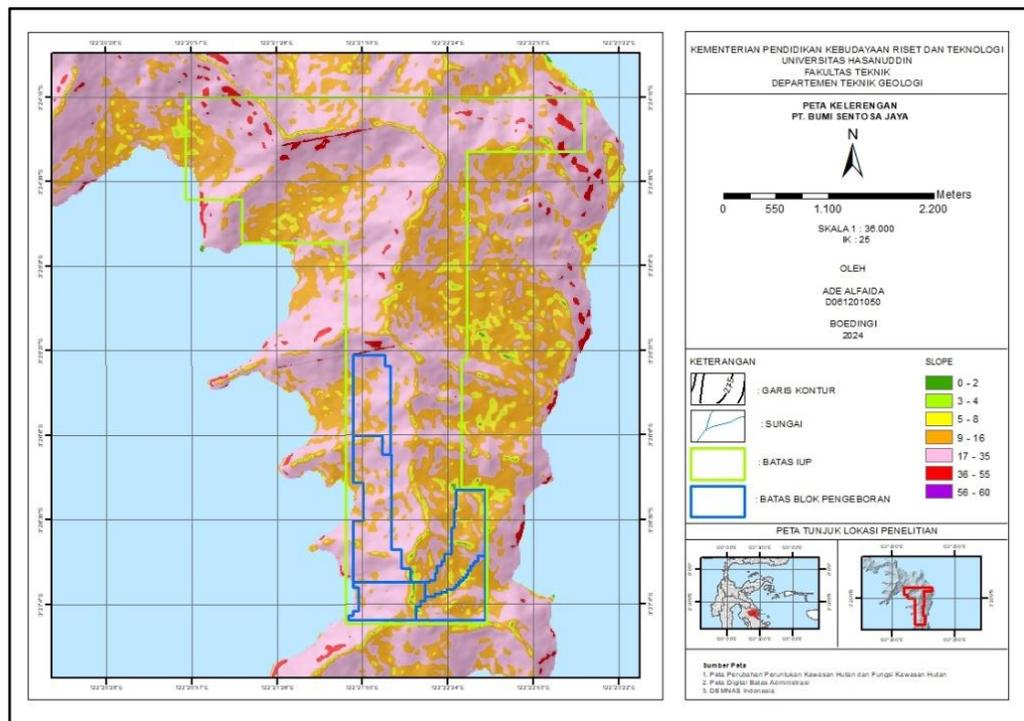


Gambar 2 Peta geologi regional daerah penelitian lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi (Rusman dkk, 1993)

2.1.1 Morfologi

Van Bemmelen (1949) membagi lengan Tenggara Sulawesi menjadi tiga bagian: ujung utara, bagian tengah, dan ujung selatan. Kabupaten Konawe Utara memanjang dari Utara Barat dengan topografi yang sangat kontras antara bagian barat dengan bagian timur. Berdasarkan bentuk bentang alamnya (morfologinya) Kabupaten Konawe dan Kabupaten Konawe Utara memiliki topografi permukaan yang pada umumnya bergunung, bergelombang dan berbukit yang mengelilingi dataran rendah.

Morfologi daerah penelitian memiliki topografi pada umumnya disusun oleh batuan ultramafik jenis Peridotit. Pada bagian timur memiliki slope 9° - 16° , relief, ketinggian hingga ± 250 mdpl dengan kondisi topografi sebagian besar belum terbuka dan dalam kawasan hutan membentuk perbukitan bergelombang. Pada bagian barat memiliki slope 17° - 35° , relief terjal, ketinggian hingga ± 450 mdpl (Gambar 3) dengan kondisi topografi sebagian besar belum terbuka dan dalam kawasan hutan membentuk perbukitan (Gambar 4).



Gambar 3 Peta kelerengan area IUP PT. Bumi Sentosa Jaya



Gambar 4 Kenampakan morfologi perbukitan bergelombang (denudasional) yang ada di area IUP dengan arah foto N54°E

2.1.2 Stratigrafi Regional

Formasi batuan penyusun lembar Lasusua-Kendari dari yang paling muda adalah sebagai berikut:

Aluvium (Qa) terdiri atas kerikil, kerakal, pasir lempung dan lumpur. Satuan ini merupakan hasil dari endapan sungai, rawa dan endapan pantai. Umur satuan ini adalah holosen.

Terumbu Koral Kwartir (Ql) merupakan batugamping terumbu dengan 6 kandungan fosil berupa ganggang dan cangkang moluska. Umur dari satuan ini adalah Plistosen-Holosen dan terendapkan pada lingkungan laut dangkal.

Formasi Alangga (Qpa) terdiri atas batupasir dan konglomerat. Umur dari formasi ini adalah Plistosen dan lingkungan pengendapannya pada daerah darat- payau. Formasi ini menindih tak selaras formasi yang lebih tua yang masukkedalam kelompok molasa sulawesi.

Formasi Pandua (Tmpp) terdiri atas konglomerat, batupasir dan batulempung dengan sisipan lanau. Umur dari formasi ini adalah Miosen Akhir sampai Pliosen.

Formasi Salodik (Tems) terdiri atas kalsilitit dan batugamping oolit. Kalsilitit, berwarna putih kelabu sampai kelabu, berbutir halus, padat,

perlapisan baik, dengan tebal tiap lapisan antara 10 dan 30 cm.

Berdasarkan kandungan fosil *Globorotalia* sp., *Globigerina* sp., *Chiloguëinbelina* sp., *Discocyclina* sp., *Nummulites* sp., *Operculina* sp., *Globigerinoides altiapertura* BOLLI, *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globigerinoides immaturus* LEROY, *Globigerinoides sacculiferus* (BRADY), *Globigerina* Sp., *Globorotalia* sp., *Praeorbulina* sp., *Lepidocyclina* sp., dan *Spiroclypeus* sp.; dan napal *Globoquadrina altispira* (CUSHMAN & JARVIS), *Sphaeroidinellopsis seminulina* (SCHWAGER), *Globigerinoides immaturus* LE ROY, *Globigerinoides altiapertura* BOLLI, *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globigerina binaensis* KOCH, *Globigerina* sp. dan *Globigerinita* sp. (Budiman, 1980; hubungan tertulis), di dalam kalsilit, Formasi Salodik diduga berumur Eosen Akhir - Miosen Awal dengan lingkungan pengendapan pada laut dangkal dan terbuka. Tebal 7 formasi ini diperkirakan sekitar 250 meter.

Formasi Matano (Km) terdiri atas kalsilit yang bersisipan dengan serpih dan rijang. Kalsilit, berbutir halus, berwarna kelabu, padat dan keras, lapisannya baik, tebal lapisan berkisar antara 10 - 15 cm. Serpih, berwarna kelabu, berlapis baik, padat. Tebal tiap lapisannya mencapai 5 cm. Rijang, berupa sisipan dalam batugamping dan napal. Tebal sisipan mencapai 10 cm, berwarna merah sampai coklat kemerahan. Berdasarkan kandungan fosil *Heterohelix* sp., dalam kalsilit, dan *Radiolaria* dalam rijang, Formasi Matano diduga berumur Kapur Akhir dengan lingkungan pengendapan pada laut dalam. Tebal formasi ini diperkirakan sekitar 550 meter.

Batuan Ofiolit (Ku) terdiri atas peridotit, dunit 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 kembar 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, dengan karakteristik berwarna 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. Lherzolith, dengan karakteristik berwarna 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.

Formasi Meluhu (TRJm) terdiri atas batupasir, kuarsit, serpih hitam, serpih merah, filit, batusabak, batugamping dan batulanau. Batupasir telah termetamorfkan lemah, batugamping mengandung fosil *Halobia* sp. dan *Daonella* sp. Umur dari formasi ini adalah Trias Tengah sampai Jura. Formasi ini menindih tak selaras batuan malihan paleozoikum dan menjemari dengan formasi Tokala.

Formasi Tokala (TRJt) terdiri atas kalsilitit, batugamping, batupasir, serpih dan napal. Kalsilitit berwarna kelabu muda, kelabu sampai merah jambu, berbutir halus, sangat padu, serta memiliki perlapisan yang baik, dengan kekar yang di isi urat kalsit putih kotor. Umumnya telah mengalami pelipatan kuat; tidak jarang ditemukan sinklin dan antiklin, serta lapisan yang hampir tegak (melebihi 80 derajat). Batu gamping, mengandung fosil *Halobia*, Amonit dan Belemnit. Batupasir berukuran halus sampai kasar, berwarna kelabu kehijauan sampai merah kecoklatan terakut lempung dan oksida besi lunak, setempat padat, mengandung sedikit kuarsa, berlapis baik. Serpih dan napal berwarna kelabu sampai kelabu tua, memiliki perlapisan baik, tebal lapisan antara 10-20 cm. Lempung pasir, berwarna kelabu sampai kecoklatan, perlapisan baik, tebal lapisan antara 1-10 cm berselingan dengan batuan yang disebutkan terdahulu. Formasi ini diperkirakan berumur Trias - Jura Awal dengan lingkungan pengendapan pada laut dangkal (neritik). Tebal formasi ini

diperkirakan lebih dari 1000 meter.

Pualam Paleozoikum (Pzmm) terdiri atas pualam dan batugamping terdaunkan. Satuan ini merupakan batugamping yang telah mengalami metamorfosa lanjut yang ditandai dengan struktur mendaun. Umur satuan ini diperkirakan Karbon sampai Perm.

Batuan Malihan Paleozoikum (Pzm) terdiri atas sekis, gneis, filit, batusabak dan sedikit pualam. Satuan ini diperkirakan berumur karbon sampai perem dan mempunyai hubungan menjemari dengan satuan pualam paleozoikum (Pzmm).

Batuan Terobosan (PTR (g)) terdiri atas split kuarsa, andesit dan latit kuarsa. Satuan ini menerobos satuan batuan malihan paleozoikum dan diperkirakan berumur Perm.

2.1.3 Struktur Regional

Struktur geologi Lembar Lasusua-Kendari memperlihatkan ciri kompleks tumbukan dari pinggiran benua yang aktif. Berdasarkan struktur, himpunan batuan, biostratigrafi dan umur, daerah ini dapat dibagi menjadi 2 domain yang sangat berbeda, yakni: 1) *allochton* : ofiolit dan malihan , dan 2) *autochton*: batuan gunungapi dan pluton Tersier dan pinggiran benua *Sundaland*, serta kelompok molasa Sulawesi. Lembar Lasusua, sebagaimana halnya daerah Sulawesi bagian timur, memperlihatkan struktur yang sangat rumit. Hal ini disebabkan oleh pengaruh pergerakan tektonik yang telah berulang kali terjadi di daerah ini. Struktur geologi yang dijumpai di daerah ini adalah sesar, lipatan dan kekar. Sesar dan kelurusan umumnya berarah barat laut–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 batugamping 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 (Rusmana, 1993).

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

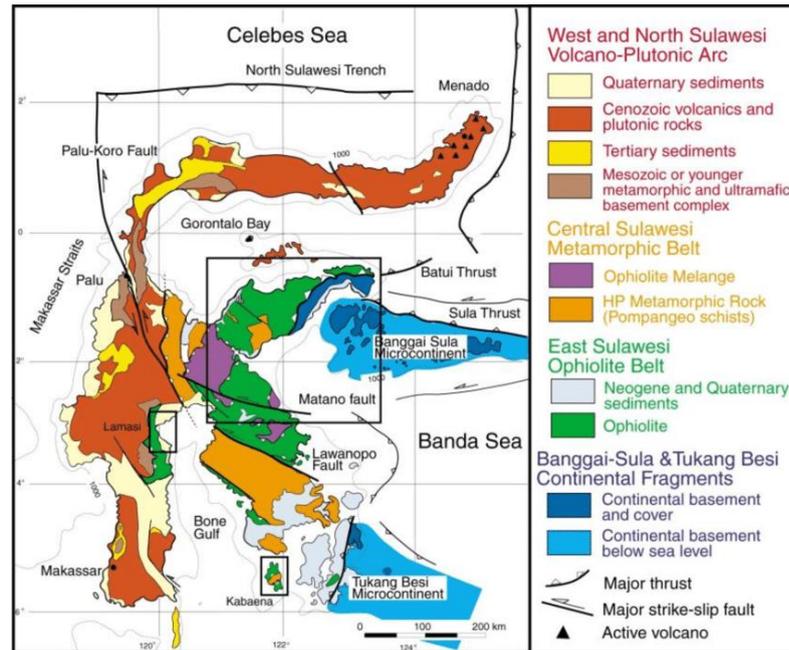
Anggowala juga merupakan sesar utama, sesar mendatar menganan (dextral), mempunyai arah baratlaut-tenggara. Kekar terdapat pada semua jenis batuan. Pada batugamping kekar ini tampak teratur yang membentuk kelurusan. Kekar pada batuan beku umumnya menunjukkan arah tak beraturan.

2.1.4 Tektonik

Pulau Sulawesi telah ditetapkan sebagai persimpangan antara laut Eurasia, Australia, dan Lempeng Filipina. Sejarah tektonik telah ditafsirkan pada awalnya dengan Sulawesi barat/lengan selatan Sulawesi bertambah pada Zaman Kapur ke margin barat Sundaland/Asia Tenggara yang meliputi bagian benua. Tabrakan tektonik melibatkan penempatan batuan ultrabasa di bagian timur dan tenggara Sulawesi yang kemudian menjadi zona laterisasi serta batuan dasar stratigrafi, cekungan, dan subcekungan di wilayah ini (Asri Jaya dkk, 2022).

Kompleks Ofiolit di Lengan Tenggara Pulau Sulawesi terdiri atas batuan ultramafik dan mafik serta sedimen pelagik. Batuan ultramafik terdiri atas harzburgit, dunit, werlit, lertzolit, websterit, serpentinit, dan piroksenit (Surono, 2013).

Sulawesi Tenggara 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 (Kadariusman, 2009) (Gambar 5).



Gambar 5 Peta tektono-stratigrafi Pulau Sulawesi (Kadarusman, 2004)

2.2 Batuan Ultramafik

Batuan ultramafik hadir dalam bumi sebagai komponen utama penyusun mantel atas di bawah kerak benua atau kerak samudera (Kadarusman, 2009). Secara sederhana batuan beku ultramafik adalah batuan beku yang secara kimia mengandung kurang dari 45% SiO_2 dari komposisinya. Kandungan mineralnya didominasi oleh mineral-mineral berat dengan kandungan unsur-unsur seperti Fe (besi).

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

Berikut adalah jenis-jenis dari batuan ultramafik, antara lain :

1. Peridotit

Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultramafik yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri dari atas harsburgit, lherzolite, werlite dan dunit. Peridotit tersusun atas mineral-mineral holokristalin dengan ukuran medium-kasar dan berbentuk anhedral.

Komposisinya terdiri dari olivin dan piroksin. Mineral asesorisnya berupa plagioklas, hornblend, biotit dan garnet.

2. Piroksinit

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

- Orthopyroxenites : Bronzitites
- Clinopyroxenites : Diopsidites; diallagites

3. Hornblendit

Hornblendit merupakan batuan ultramafik monomineral dengan komposisi mineral sepenuhnya hornblende.

4. Dunit

Merupakan batuan yang hampir murni olivin (90-100%), umumnya hadir sebagai forsterit atau kristolit, terdapat sebagai sill atau korok-korok halus (dalam dimensi kecil). Ahmad (2002), menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivine (umumnya magnesia olivin), mineral asesorisnya meliputi kromit, magnetit, ilmenit dan spinel. Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperatur yang tinggi) dalam larutan magma dan sebelum mendingin pada temperature, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivine anhedral yang saling mengikat.

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

5. Serpentinit

Serpentinit merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultramafik, dimana mineral-mineral olivin dan piroksin jika alterasi akan membentuk mineral serpentin. Serpentin sangat umum memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit, peridotit (Ahmad, 2002). Serpentinit dapat dihasilkan dari

mantel oleh hidrasi dari mantel ultramafik (mantel peridotit dan dunit). Dibawah pegunungan tengah samudera (*Mid Oceanic Ridge*) pada temperatur $<500^{\circ}\text{C}$.

Batuan ultramafik tersusun atas mineral utama yaitu olivin, piroksen, dan amfibol yang berwarna gelap saat segar. Dekomposisi mineral-mineral primer ini menyebabkan unsur-unsur terlarut mengendap pada titik-titik tertentu. Proses ini bersifat dinamis dan lambat, sehingga profil laterit menunjukkan evolusi tahapan laterisasi (Hasria dkk, 2020).

Mineral-mineral mafik merupakan kelompok dari mineral olivin, orthopiroksen, klinopiroksen, biotit, hornblende/amfibol, kromit, turmalin, besi oksida, sebagian kecil garnet dan spinel, serta terkadang biotit. Maka, diketahui bahwa sebagian besar batuan ultramafik merupakan batuan ultrabasa, namun tidak semua batuan ultrabasa merupakan batuan ultramafik. Sebagai contoh, batuan piroksenit memiliki komposisi silika mencapai kadar 60%, namun tergolong dalam batuan ultramafik karena didominasi oleh mineral piroksen.

Beberapa mineral dominan yang hadir dalam batuan ultramafik, adalah sebagai berikut (McDonough dan Rudnick, 1998) :

1. Olivin

Mineral olivin di dalam batuan ultramafik didominasi oleh forsterit (Mg_2SiO_4). Umumnya forsterit dalam olivin dapat mencapai kisaran 90%-92% hingga yang tertinggi 94%, sedangkan sisanya yaitu berupa fayalit (Fe_2SiO_4). Peridotit olivin umumnya memiliki kandungan Ca mulai dari beberapa ratus hingga seribu ppm. Pertukaran Ca antara klinopiroksen dan olivin digunakan sebagai geobarometer untuk peridotit spinel karena batuan ini relatif tidak sensitif terhadap tekanan.

2. Orthopiroksen

Kandungan alumina dari ortopiroksen pada fasies peridotit garnet umumnya rendah dan bervariasi, biasanya ortopiroksen pada fasies ini digunakan untuk mengetahui tekanan pembentukannya. Secara umum, kandungan CaO pada ortopiroksen sangat bervariasi dan umumnya digunakan untuk mengetahui suhu pembentukan, sedangkan kandungan Na_2O dan TiO_2 dapat mencerminkan komposisi dari peridotit tersebut.

3. Klinopiroksen

Kandungan alumina dari klinopiroksen pada fasies peridotit garnet umumnya rendah dan bervariasi, biasanya klinopiroksen pada fasies ini digunakan untuk mengetahui tekanan pembentukannya. Kandungan Cr_2O_3 pada klinopiroksen umumnya tinggi.

4. Spinel

Spinel dapat diartikan sebagai mineral atau nama grup mineral. Grup spinel sendiri terdiri atas spinel (MgAl_2O_4) dan kromit (FeCrO_4). Umumnya, lherzolit memiliki spinel dengan kandungan Al yang tinggi dan Cr yang rendah, di sisi lain hazburgit memiliki kandungan Al yang rendah dan Cr yang tinggi.

5. Plagioklas

Plagioklas dalam peridotit didominasi oleh anorthit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Rasio anorthit dalam peridotit plagioklas memiliki kisaran antara 50%-80%, sedangkan sisanya yaitu berupa albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$). Plagioklas dapat juga ditemukan sebagai mineral sekunder pada peridotit *xenolith* yang menunjukkan komposisi yang basa dan dapat terkait dengan kandungan Na yang relatif tinggi yang akan membentuk amfibol.

2.3 Serpentinisasi

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

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

Secara umum batuan dasar penghasil tanah laterit merupakan batuan ultramafik dimana batuan yang rendah akan unsur Si, namun tinggi akan unsur

Fe, Mg dan terdapat unsur Ni yang berasal langsung dari mantel bumi. Kehadiran mineral serpentin pada batuan ultramafik menjadi suatu peranan penting dalam pembentukan karakteristik tanah laterit yang ada terutama pada pengkayaan unsur logam Ni pada tanah laterit. Proses serpentinisasi akan menyebabkan perubahan tekstur mineralogi dan senyawa pada mineral olivin maupun piroksen. Pengurangan atau perubahan komposisi unsur Mg, Ni dan Fe pada mineralnya.

2.4 Nikel Laterit

Nikel Laterit adalah produk residu yang berasal dari pelapukan kimia batuan kumulatif kaya olivin dan turunan metamorfnya yang memiliki kandungan Ni awal primer 0,2-0,4%. Karakteristik Ni laterit, termasuk kadar, tonase dan mineralogi, dikendalikan oleh interaksi faktor iklim dan geologist, seperti sejarah geomorfologi, drainase, struktur dan litologi, dan merupakan efek gabungan dari faktor-faktor individual ini yang dalam sistem yang dinamis, memungkinkan Ni untuk berkonsentrasi dalam *regolith* (Brand, dkk, 1998).

Terbentuknya endapan nikel laterit didorong oleh proses geologi, iklim, hidrologi, dan geomorfologi yang terjadi sebagai laterisasi pada batuan ultramafik, serta dipengaruhi oleh jenis batuan non ultramafik yang ternyata menghambat laterisasi dan menyebabkan kandungan nikel menjadi lebih rendah. Aspek struktural juga memegang peranan penting terutama dalam pembentukan lapisan limonit-saprolit (Tonggiro, dkk, 2017).

Laterit merupakan sumber dari beberapa mineral ekonomis diantaranya *bauxite* dan nikel (Ni), mangan (Mn), tembaga (Cu), emas (Au) dan *platinum group element* (PGE). Bagian paling bawah dari profil laterit disebut dengan zona saprolit yang merupakan zona pelapukan tinggi dimana tekstur primer dan *fabric* dari batuan asalnya yang masih dapat dilihat. Akibat fluida yang bersifat *oxidized* dan asam, maka bagian paling bawah dari zona ini dicirikan dengan tidak stabilnya sulfide dan unsur-unsur alkalin. Bagian bawah dari zona saprolit ini dicirikan dengan terurainya mineral-mineral feldspar dan ferromagnesian, sementara Si dan Al akan tetap tinggal pada mineral lempung (*kaolinit* dan *holloysite*) (Maulana, 2017).

A. Karakteristik Nikel Laterit

Klasifikasi nikel laterit dikelompokkan menjadi beberapa jenis berdasarkan fitur seperti perubahan batuan induk, iklim, drainase, sejarah geomorfologi, dan komposisi. Ada tiga tipe utama dari endapan nikel laterit antara lain (Brand, dkk, 1998):

1. Tipe A : Endapan silikat Ni, didominasi oleh silikat Mg-Ni terhidrasi (mis.garnierit), umumnya terjadi jauh di dalam saprolit.
2. Tipe B : Endapan silikat Ni, didominasi oleh lempung smektit (mis.nontronit), umumnya terjadi pada saprolit atas atau pedolit
3. Tipe C : Endapan oksida, didominasi oleh Fe *oxyhydroxides* (mis. Goetit) membentuk lapisan pada batas saprolit dan pedolit.

Endapan silikat Ni, didominasi oleh tipe A, merupakan 80% dari sumber daya laterit Ni global; kebanyakan endapan Ni laterit mengandung bijih silikat dan oksida dalam proporsi yang berbeda-beda. Oksida mangan, yang diperkaya dengan Co dan Ni, kemungkinan terbentuk selama fase akhir pelapukan, terdapat pada setiap jenis deposit, tetapi hanya sebagian kecil dari total Ni.

Klasifikasi nikel laterit berdasarkan batuan induknya tersusun atas mineral-mineral yang mengandung mineral ferromagnetism (olivin, piroksin, dan amphibole) dalam jumlah yang besar yang berasosiasi dengan struktur geologi. Pada umumnya nikel laterit terbentuk dari pelapukan batuan ultrabasa yang merupakan pembawa unsur nikel. Salah satu jenis batuan ultrabasa pembawa unsur nikel antara lain peridotit. Batuan-batuan lain pembawa unsur nikel adalah sebagai berikut :

1. *Dunite*, yang mengandung olivine lebih dari 90% dan piroksen sekitar 5%.
2. *High Serpentinized*, yang mengandung olivine 85% dan piroksen 15%.
3. *Low Serpentinized*, yang mengandung olivine 65% dan piroksin 35%.
4. *Serpentinite*, merupakan hasil perubahan dari batuan peridotite oleh proses serpentinisasi akibat hidrotermal.

B. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan Nikel Laterit

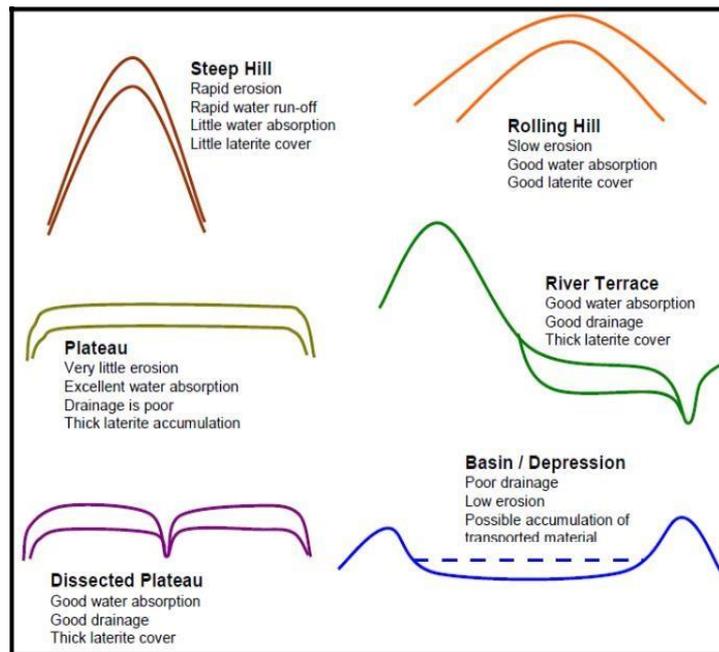
1. Suhu dan curah hujan

Suhu memberikan peran yang sangat penting dalam mempercepat proses pelapukan kimia. Menurut aturan Van't Hoff (dalam Ahmad, 2006), masing-masing perubahan 10°C suhu akan meningkatkan kecepatan reaksi kimia sekitar dua sampai tiga kali. Menurut Ahmad (2006) daerah beriklim tropis dengan suhu yang umumnya lebih tinggi dari 20°C menjadi kondisi yang sangat ideal untuk pembentukan laterit. Curah hujan pun berperan penting dalam pelapukan kimia. Curah hujan menentukan jumlah air yang melewati tanah, sehingga mempengaruhi intensitas pencucian.

Sebenarnya tingkat curah hujan dapat bervariasi yang nantinya akan membentuk tanah laterit yang berbeda-beda pula (Ahmad, 2006). Pencucian yang kurang konstan pada tanah di iklim kering-basah akan menghasilkan banyak magnesium dan silika dalam bentuk smektit/nontronit, sementara pencucian yang konstan di iklim lembab akan mencegah pembentukan lempung.

2. Topografi

Topografi akan mempengaruhi pola aliran air. Kelerengan dan relief mempengaruhi intensitas air yang masuk ke dalam tanah atau batuan dan muka air tanah (Elias, 2005). Topografi/morfologi yang tidak curam tingkat kelerengannya, maka endapan laterit masih mampu untuk ditopang oleh permukaan topografi sehingga tidak terangkut semua oleh proses erosi ataupun ketidakstabilan lereng (Maulana, 2017). Menurut Ahmad (2009) membutuhkan topografi yang tidak begitu curam. Permukaan tanah yang curam akan mempercepat erosi pada tanah laterit. Topografi yang terlalu datar dengan *drainase* yang buruk juga tidak begitu bagus, hal ini menyebabkan pencucian berjalan kurang maksimal sehingga tanah laterit sulit terbentuk (Gambar 6).



Gambar 6 Diagram komposit topografi laterit (Ahmad, 2006)

3. Kondisi Ph

Menurut Ahmad (2009) kelarutan mineral akan meningkat di perairan yang memiliki kadar pH yang rendah. Dengan demikian, air yang sedikit asam akan mempercepat proses pelapukan kimia. Air asam banyak terbentuk pada iklim tropis basah melalui hujan asam alami.

4. Tektonik

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

5. Jenis batuan asal

Laterit Ni-Fe menurut Ahmad (2006) dapat berkembang pada batuan yang mengandung mineral ferromagnesian yang cukup. Oleh karena itu batuan ultramafik merupakan batuan yang paling cocok untuk menghasilkan laterit Ni-Fe karena memiliki proporsi mineral ferromagnesian yang tinggi.

6. Struktur

Struktur geologi memiliki peran penting dalam pembentukan endapan laterit. Adanya struktur geologi seperti sesar dan kekar akan membuat batuan

menjadi permeabel sehingga memudahkan air untuk dapat masuk ke dalam batuan. Masuknya air ke dalam batuan akan memudahkan proses pelapukan kimia sehingga laterisasi dapat berjalan dengan baik (Elias, 2005).

C. Profil Nikel Laterit

Pelapukan kimia pada batuan ultrabasa biasanya disertai dengan fraksinasi dari elemen-elemen menjadi tipe yang larut dan tidak larut dalam air. Elemen-elemen yang larut dalam air nantinya akan tercuci keluar dari sistem pelapukan sementara elemen-elemen yang tidak larut dalam air akan tertinggal sebagai pengayaan residu.

Penebalan zona limonit dan saprolit merupakan salah satu pengaruh yang disebabkan oleh tingginya tingkat pelapukan pada suatu daerah. Ketebalan lapisan yang dapat dilihat hanya pada tiap titik bor dan pada umumnya ketebalan lapisan tanah laterit tidak sama dan nikel yang terdapat pada lapisan tanah juga tidak tersebar merata (Wakila, dkk, 2019).

Proses pelapukan kimia pada akhirnya akan menghasilkan pembentukan profil laterit dengan urutan laterit termuda pada bagian bawah dan laterit tertua pada bagian atas.

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

1. Zona Limonit (LIM)

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

2. Zona *Medium Grade Limonite* (MGL)

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

Mineralisasi sama dengan zona limonit dan zona saprolit, yang membedakan adalah hadirnya kuarsa, *lithic pirite*, dan opal.

3. Zona Saprolit

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

4. Zona batuan induk (*Bedrock zone*)

Zona batuan induk berada pada bagian paling bawah dari profil laterit. Batuan induk ini merupakan batuan yang masih segar dengan pengaruh proses-proses pelapukan sangat kecil. Batuan induk umumnya berupa peridotit, serpentin, atau peridotit terserpentinisasikan (Gambar 7).

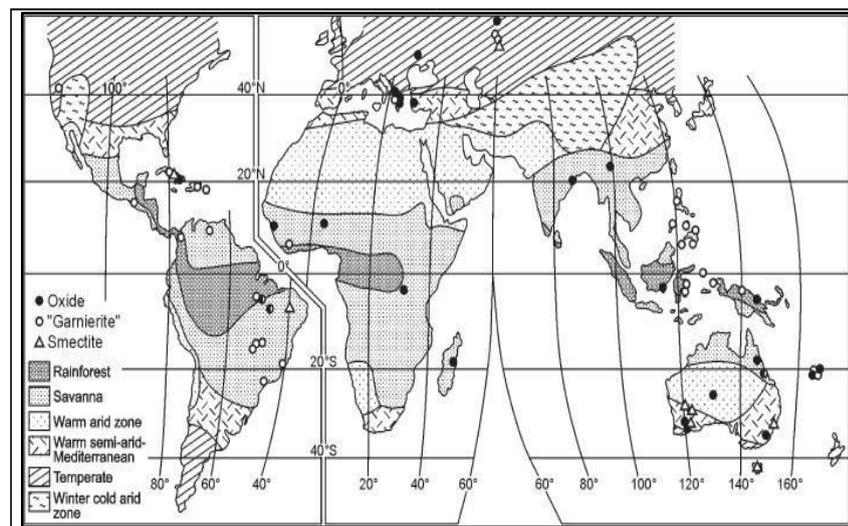
SCHEMATIC LATERITE PROFILE	COMMON NAME	APPROXIMATE ANALYSIS (%)			
		Ni	Co	Fe	MgO
	RED LIMONITE	<0.8	<0.1	>50	<0.5
	YELLOW LIMONITE	0.8 to 1.5	0.1 to 0.2	40 to 50	0.5 to 5
	TRANSITION	1.5 to 4		25 to 40	5 to 15
	SAPROLITE/ GARNIERITE/ SERPENTINE	1.8 to 3	0.02 to 0.1	10 to 25	15 to 35
	FRESH ROCK	0.3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

Gambar 7 Generalisasi profil laterit (Elias, 2002)

2.5 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

Brand, dkk (1998) membedakan tiga jenis deposit pokok, berdasarkan mineralisasi bijih yaitu *Hydrous Silicates Deposit*, *Clay Silicate Deposit* dan *Oxide Deposit*.

Terdapat Hubungan antara tipe deposit dimana *Hydrous silicates* melimpah pada iklim tropis yang sekarang mirip dengan iklim lokal. *Oxide and clay silicate deposits* terbentuk dari semua pergantian iklim (Gambar 8) (Butt dan Morris, 2005)



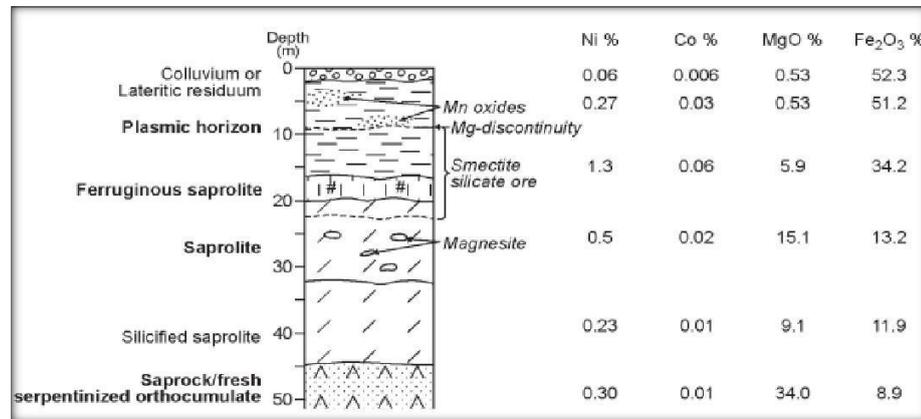
Gambar 8 Distribusi global deposit nikel laterit, pembagian tipe deposit berdasarkan peta *mophoclimatic* (modifikasi Budel dalam Butt dan Morris, 2005)

a. *Clay Silicate Deposit*

Kondisi Pelapukan yang tidak berjalan dengan baik seperti pada iklim dingin dan iklim panas, silika tidak tercuci sebagaimana di lingkungan tropis lembab. Silika tersebut kemudian bergabung bersama Fe dan Al membentuk zona dimana lempung smektit (*nontronite*) mendominasi. Silika sisa dari pembentukan nontronit kemudian terendapkan sebagai nodul opal atau kalsedon dalam lempung. Profil laterit seperti ini biasanya ditindih oleh lapisan tipis yang kaya Fe oksida di bagian atasnya dan didasari oleh lapukan saprolit yang mengandung serpentin dan nontronit (Elias, 2005).

Clay silicate deposite didominasi oleh nontronite dan montmorilonite tampak lebih muda terbentuk dari batuan ultramafik yang mengandung

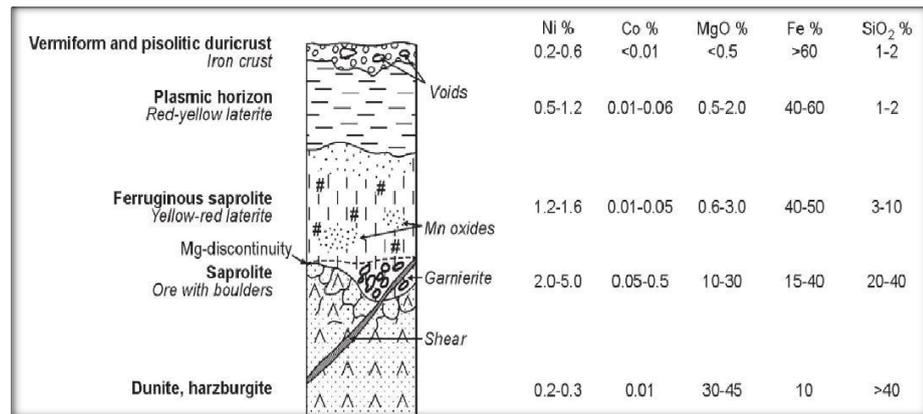
mikroskopis, seperti ortokumosis, orthopyroxene, karena konsentrasi Ca, Na, dan Al awal yang lebih tinggi (Gambar 9).



Gambar 9 Clay silicate deposit, Murrin Australia (Butt dan Morris, 2005)

b. Oxides Deposit

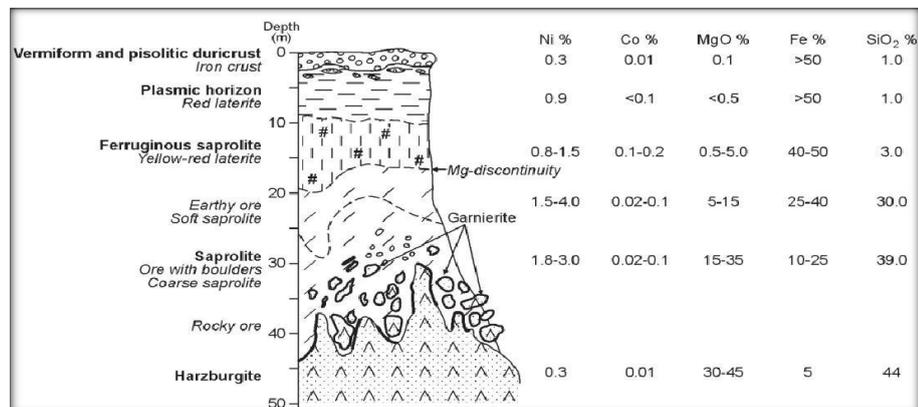
Oxides deposit adalah produk akhir yang paling umum dari laterisasi batuan ultramafik. Dengan adanya air, mineral pembentuk batuan primer (terutama olivin dan/atau serpentin, *orthopyroxene* dan yang kurang umum adalah *clinopyroxene*) dipecah oleh hidrolisis yang melepaskan unsur penyusunnya sebagai ion dalam larutan berair. Olivin adalah mineral yang paling tidak stabil dan merupakan yang pertama mengalami pelapukan, Mg^{2+} nya benar-benar tercuci dan hilang karena air tanah, dan Si sebagian besar tercuci dan dibuang Fe^{2+} juga dilepaskan namun dioksidasi dan diendapan sebagai hidroksida besi, awalnya bersifat amorf atau kurang kristalin tapi secara progresif mengkristal ulang dengan tanaman *goethite* yang membentuk pseudomorph setelah olivin. *Orthopyroxene* dan *serpentine* hidrolisis setelah olivin juga melepaskan Mg, Si dan digantikan oleh *pseudomorph goethite*. Awalnya, sementara mineral *ferromagnesium* yang ada tetap tidak bermanning dan mendukung lapisan batu, transformasi tekstur isovolumetrik dan batuan primer, namun seiring dengan hancurnya mineral primer, bergantung pada tekstur primer yang hilang karena pepadatan yang menghasilkan *goethite* dengan tekstur masif. Transformasi mineralogi yang melibatkan hilangnya Mg dan konsentrasi residu Fe menghasilkan tren kimia yang jelas dan familiar pada laterit Mg yang menurun ke atas dan Fe meningkat ke atas melalui profil laterit (Gambar 10) (Butt dan Morris, 2005).



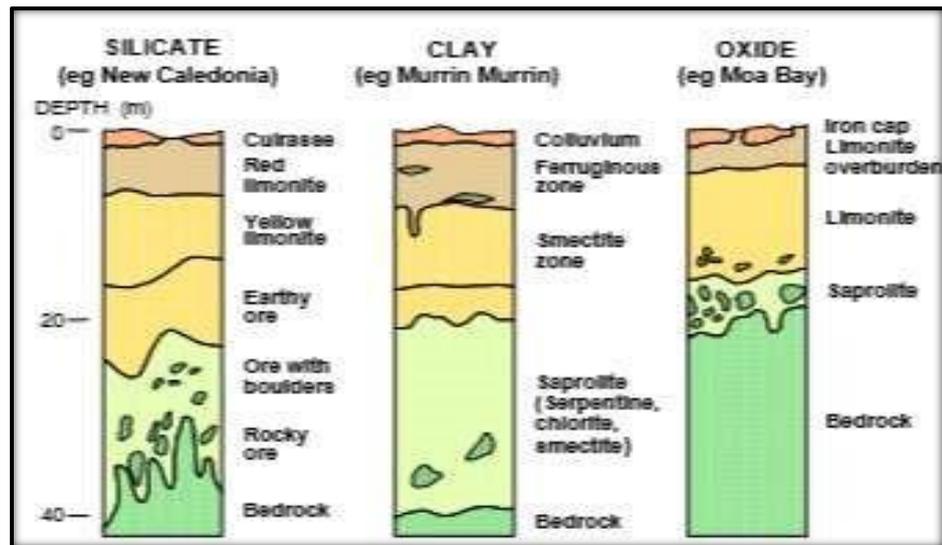
Gambar 10 Profil laterit *deposit oxide*, Goro New Caledonia (Butt dan Morris, 2005)

c. *Hydrous Silicate Deposit*

Laterit silika terbentuk pada kondisi dimana terjadinya pengangkatan secara perlahan namun konsisten dan muka air tanah rendah yang stabil pada profil laterit. Pelapukan yang terjadi dalam waktu lama menghasilkan zona saprolit yang tebal yang mungkin ditutupi oleh lapisan limonit yang tipis tergantung dari intensitas erosi pada bagian atas profil laterit. Laterit silikat memiliki karakteristik dengan pengayaan Ni pada zona saprolit yang di dalamnya juga terdapat mineral-mineral alterasi seperti serpentin, smektit, dan garnierit (Elias, 2005) (Gambar 11).



Gambar 11 *Hydrous silicate deposit*, New Caledonia (Troly dkk, 1979)



Gambar 12 Tipe laterit (Elias, 2005)

2.6 Geokimia Endapan Nikel Laterit

Profil geokimia endapan nikel laterit merupakan gambaran dari suatu kondisi bahwa perilaku atau kecenderungan pola kelimpahan unsur ke arah bawah permukaan yang dipengaruhi oleh proses lateritisasi. Perilaku tersebut dipengaruhi oleh mobilitas unsur dan senyawa pada profil nikel laterit yang diketahui dari tingkat unsur dan senyawa tertentu yang mengalami perpindahan akibat aliran air tanah. Perilaku yang terjadi selama proses lateritisasi berlangsung pada proses pelindian, proses pengayaan supergen, serta residual unsur (Ahmad, 2008).

Analisis geokimia banyak digunakan untuk mengetahui kadar unsur dalam bentuk oksida mayor dan unsur tunggal seperti Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe dan juga menganalisis unsur-unsur minor dan unsur jejak, di antaranya Rb, Sr, Y, Nb, Zr, Cr, Ni, Cu, Zn, Ga, Ba, Pb, Th, La, Ce, Nd, Sm (Wilson, 1989). Lebih dari 99 % batuan terbentuk oleh 11 elemen senyawa utama oksida di antaranya SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , dan P_2O_5 (Best, 2003). Masing-masing zona profil nikel laterit ini mempunyai komposisi kimia unsur dan senyawa mayor dengan kandungan lebih besar dari 5% serta unsur dan senyawa minor dengan kandungan yang umumnya kurang dari 3%. Senyawa kimia mayor berupa MgO , FeO , SiO_2 , Al_2O_3 serta unsur dan senyawa minor berupa Ni, Co, Cr_2O_3 , MnO , CaO (Ahmad, 2005).

Selama proses pelapukan berlangsung, beberapa elemen akan tercuci dan elemen lainnya akan terkonsentrasi melalui pengayaan sekunder atau residual. Sebuah pengukuran mobile element pada endapan Ni laterit melalui tingkat perpindahan elemen terhadap aliran air.

2.7 X-Ray Fluorescence (XRF)

Analisis XRF merupakan analisis geokimia yang digunakan untuk mendeterminasikan unsur – unsur utama dan unsur jejak pada batuan. Unsur utama merupakan unsur dominan pada batuan yaitu Si, Ti, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K dan P yang biasanya diukur dalam bentuk komposisi oksida utama (SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , MnO , Na_2O , K_2O dan P_2O_5) dalam konsentrasi satuan wt% (*weight percent*). Sedangkan untuk unsur jejak (*trace element*) yaitu unsur yang keterdapatannya $<0,1\%$ dan konsentrasinya dinyatakan dalam ppm (*part per million*).

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

Mekanisme kerja XRF secara umum yaitu sampel dalam bentuk batuan dipreparasi menjadi seperti bubuk atau disebut dengan *pulp*. Setelah dalam bentuk bubuk kemudian dipreparasi membentuk kepingan *pellet* atau disebut *fuse bead*. Kemudian dilakukan proses XRF dimana sampel yang dalam bentuk *pellet* ditembak dengan menggunakan sinar-X dari sumber pengekstasi, selanjutnya akan mengenai cuplikan dan menyebabkan interaksi antara sinar-X untuk setiap unsur. Sinar-X tersebut selanjutnya mengenai *detector* Si (Li) yang akan menimbulkan pulsa listrik yang lemah, pulsa tersebut kemudian diperkuat dengan *preamplifier* dan *amplifier* lalu disalurkan pada penganalisis saluran ganda atau *Multi Chanel Analyzer* (MCA). Tenaga sinar-X karakteristik

yang muncul tersebut dapat dilihat dan disesuaikan dengan tabel tenaga sehingga dapat diketahui unsur yang ada di dalam cuplikan yang dianalisis (Mulyono dkk, 2012).

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