

SKRIPSI

**“PENGARUH BATUAN DASAR TERHADAP KADAR UNSUR
NIKEL LATERIT BLOK X PT ANUGERAH TOMPIRA NIKEL
KECAMATAN MASAMA KABUPATEN BANGGAI PROVINSI
SULAWESI TENGAH”**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMAD SAFALGI
D06191082**



**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH BATUAN DASAR TERHADAP KADAR UNSUR NIKEL LATERIT BLOK X PT ANUGERAH TOMPIRA NIKEL KECAMATAN MASAMA KABUPATEN BANGGAI PROVINSI SULAWESI TENGAH

Disusun dan diajukan oleh

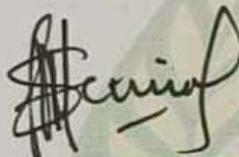
MUHAMAD SAFALGI
D061191082

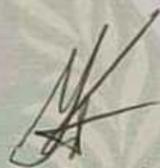
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 04 April 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

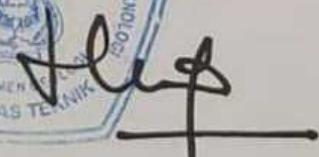
Pembimbing Pendamping


Dr. Sultan, S.T., M.T.
NIP. 19700705 199702 1 002


Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T.
NIP. 19560421 198609 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

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



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Muhamad Safalgi
NIM : D061191082
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Kadar Unsur Nikel Laterit Blok X Pt Anugerah Tompira Nikel Kecamatan Masama, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri. Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

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

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

Gowa, April 2024

Yang Menyatakan



Muhamad Safalgi



ABSTRAK

MUHAMAD SAFALGI. Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Kadar Unsur Nikel Laterit Blok X Pt Anugerah Tompira Nikel Kecamatan Masama, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah
(dibimbing oleh Dr. Sultan, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T.)

Batuan ultrabasa sebagai batuan dasar pembawa nikel memiliki kandungan kadar nikel yang berbeda-beda. Penelitian ini dilakukan pada PT Rajawali Nusantara Pratama *site project* PT Anugerah Tompira Nikel pada daerah Masama Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui batuan dasar penyusun daerah penelitian, mengetahui karakteristik geokimia endapan nikel daerah penelitian, menentukan hubungan batuan dasar terhadap kadar unsur nikel laterit. Metode dalam penelitian kali ini menggunakan pengamatan petrografi dan analisis geokimia (X-RF) *X-Ray Fluorence*. Adapun hasil yang dapat disimpulkan pada penelitian kali ini yaitu berdasarkan klasifikasi Streckeisen 1976, terdapat 3 jenis batuan ultrabasa yaitu dunit, hasburgit dan lherzolite yang telah terserpentinisasi. Karakteristik geokimia endapan nikel yaitu pada daerah penelitian kadar nikel terkayakan pada zona saprolite dengan rata-rata 1.55 %. Kadar nikel terkayakan pada batuan dunit > hasburgit > lherzolite yang disebabkan oleh pada batuan dunit memiliki kandungan mineral olivin yang lebih banyak dari batuan lain sebagai mineral pembawa nikel.

Kunci : Nikel, Batuan Dasar, Batuan Ultrabasa, Petrografi, Geokimia X-RF



ABSTRACT

MUHAMAD SAFALGI. *The Influence of Bedrock on Nickel Element Content in Side Block X Anugerah Nickel Tompira in Masama District, Banggai Regency, Central Sulawesi Province*

(supervised by Dr. Sultan, S.T., M.T. dan Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T.)

Ultramafic rocks as basic rocks that contain nickel have varying nickel content. The research was conducted at PT Rajawali Nusantara Pratama, the PT Anugerah Tompira Nickel project site in the Masama area, Banggai, Central Sulawesi Province. The aim of this research is to identify the bedrock that makes up the research area, determine the geochemical characteristics of nickel deposits in the research area, and determine the relationship between bedrock and laterite nickel element content. The method in this research uses petrographic observation and geochemical analysis (X-RF) X-Ray Fluorence. As for the results of this research, based on the 1976 Streckeisen classification, there are three types of bedrock, namely: dunite, hasburgite, and lherzolite, each of which has been serpentized. The geochemical characteristics of nickel deposits in the research area are that the nickel content in the saprolite zone is an average of 1.55 percent. The highest nickel content is in dunite > hasburgite > lherzolite, this is because dunite has a higher olivine mineral content than other rocks as a nickel-bearing mineral.

Key words: nickel, bedrock, ultrabasic rock, petrography, X-RF geochemistry,



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Geologi Regional Sulawesi	3
2.1.1 Fisiografi Regional Daerah Penelitian.....	4
2.1.2 Stratigrafi Regional.....	6
2.2 Batuan Ultramafik	9
2.3 Nikel Laterit.....	10
2.4 Genesa Nikel Laterit.....	11
2.5 Profil Nikel Laterit.....	12
2.6 Faktor Pembentuk Nikel Laterit	14
2.7 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit	16
2.8 Mineralogi Endapan Nikel Laterit.....	19
METODELOGI PENELITIAN	20
Waktu dan Lokasi Penelitian	20
Variabel Penelitian.....	21



3.3	Bahan dan Alat Penelitian.....	21
3.4	Teknik Pengumpulan Data.....	22
3.4.1	Pengambilan Sampel Batuan di Lapangan	22
3.4.2	Pengambilan Data Hasil Pengeboran	22
3.5	Teknik Analisis Data.....	23
3.5.1	Analisa Hasil Pengeboran.....	23
3.5.2	Analisa Geokimia	24
3.5.3	Analisa Petrografi	24
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
4.1	Petrografi Batuan Dasar.....	26
4.1.1	Dunit	27
4.2	Karakteristik Endapan Nikel Laterit.....	33
4.3	Karakteristik Geokimia Nikel Laterit	34
4.3.1	Zona Limonit	34
4.3.2	Zona Saprolit	35
4.3.3	Zona <i>Bedrock</i>	36
4.4	Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Kadar Ni	37
BAB V	KESIMPULAN.....	46
5.1	Kesimpulan.....	46
5.2	Saran	46
	DAFTAR PUSTAKA.....	48
	LAMPIRAN.....	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Pembagian mendala geologi daerah Sulawesi dan sekitarnya, dikompilasi berdasarkan Sukamto dan Simandjuntak dalam (Rusmana dan Simandjuntak, 1993)	3
Gambar 2	Fisiografi daerah Luwuk (Rusmana dan Simandjuntak, 1993).....	5
Gambar 3	Kolom Stratigrafi daerah penelitian (Rusmana dan Simandjuntak, 1993)	7
Gambar 4	Peta geologi daerah penelitian (Rusmana dan Simandjuntak, 1993).....	8
Gambar 5	Klasifikasi batuan beku ultrabasa Streckeisen 1976 (Maitre. 2002).....	9
Gambar 6	Skema profil laterit berkembang pada batuan ultramafik di iklim tropis (Fe oksida-dominan zona limonit), menunjukkan komposisi kimia indikatif dalam wt%.(Waheed, 2008)	14
Gambar 7	Profil nikel tipe hydrous silicate (Freysinet dkk, 2005).	17
Gambar 8	Profil nikel tipe clay silicate (Freysinet dkk, 2005).....	18
Gambar 9	Profil nikel tipe oxide deposits (Freysinet dkk, 2005).....	19
Gambar10	Peta Tunjuk Lokasi Penelitian.....	20
Gambar 11	Singkapan batuan diambil pada stasiun 6 dengan arah foto N 24°E.....	22
Gambar 12	Kegiatan pengeboran.....	23
Gambar 13	Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 14	Kenampakan litologi peridotit pada stasiun 2 dengan arah foto N 190°E.....	27
Gambar 15	Kenampakan litologi peridotit pada stasiun 3 dengan arah foto N 170°E	27
Gambar 16	Kenampakan petrografis batuan Dunit Terserpentinisasi dengan komposisi mineral olivin (Ol), ortopiroksin (Opx) dan serpentin (Srp)	28
Gambar 17	Kenampakan petrografis batuan Dunit terserpentinisasi dengan komposisi mineral olivin (Ol), ortopiroksin (Opx), serpentin (Srp).	29
Gambar 18	Kenampakan petrografis batuan Hasburgit terserpentinisasi dengan komposisi mineral olivin (Ol), klinopiroksen (Cpx), ortopiroksin (Opx), serpentin (Srp).....	29
Gambar 19	Kenampakan petrografis batuan Harzburgit terserpentinisasi dengan komposisi mineral olivin (Ol), ortopiroksin (Opx), serpentin (Srp)	30



Gambar 20 Kenampakkan petrografis batuan Lherzolit terserpentinisasi komposisi mineral olivin (Ol), klinopiroksen (Cpx), ortopiroksin (Opx), serpentin (Srp).....	31
Gambar 21 Kenampakkan petrografis batuan Lherzolit terserpentinisasi komposisi mineral olivin (Ol), orthopiroksen (Opx), klinopiroksin (Cpx), serpentin (Srp)	32
Gambar 22 Kenampakkan petrografis batuan Lherzolit terserpentinisasi dengan komposisi mineral olivin (Ol), klinopiroksen (Cpx), ortopiroksin (Opx), serpentin (Srp).....	32
Gambar 23 <i>Core</i> zona limonit.....	33
Gambar 24 <i>Core</i> zona saprolit.....	34
Gambar 25 Grafik data assay unsur Ni(%), Fe(%), SiO ₂ (%), MgO(%), pada zona limonit	35
Gambar 26 Grafik data assay unsur Ni(%), Fe(%), SiO ₂ (%), MgO(%), pada zona saprolit.....	36
Gambar 27 Grafik data assay unsur Ni(%), Fe(%), SiO ₂ (%), MgO(%), pada zona <i>bedrock</i>	37
Gambar 28 Profil Laterit <i>Hole</i> BH-87	37
Gambar 29 Profil Laterit <i>Hole</i> BH-220	38
Gambar 30 Profil Laterit <i>Hole</i> BH-104	39
Gambar 31 Profil Laterit <i>Hole</i> BH-121	40
Gambar 32 Profil Laterit <i>Hole</i> BH-139	41
Gambar 33 Profil Laterit <i>Hole</i> BH-150	42
Gambar 34 Profil Laterit <i>Hole</i> BH-149	43



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Data hasil analisis XRF rata- rata unsur pada lapisan Limonit	34
Tabel 2 Data hasil analisis XRF rata- rata unsur pada lapisan Saprolit	35
Tabel 3 Data hasil analisis XRF rata- rata unsur pada lapisan <i>Bedrock</i>	36



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan keterangan
° ‘ ”	Derajat Menit Detik
>	Lebih dari
<	Kurang dari
±	Kurang Lebih
// - Nikol	Nikol Sejajar
X – Nikol	Nikol Silang
Bakosurtanal	Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional
BIG	Badan Informasi Geospasial
BT	Bujur Timur
Cpx	Klinopiroksen
DEM	<i>Digital Elevation Model</i>
Dkk	Dan kawan-kawan
E	<i>East</i>
Km	Kilometer
LS	Lintang Selatan
M	Meter
Mm	Milimeter
N	<i>North</i>
Ol	Olivin
Opx	Orthopiroksen
RBI	Rupa Bumi Indonesia
Srp	Serpentin
ST	Stasiun
X-RF	<i>X-Ray Florence</i>



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur semoga selalu terpanjatkan kehadiran Allah SWT atas segala hidayah dan rahmat-Nyalah sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Kadar Unsur Nikel Laterit Blok X Pt Anugerah Tompira Nikel Kecamatan Masama, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah”** sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Strata 1 (S1). Shalawat dan salam selalu tucurahkan kepada Junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW yang telah telah membawa kita dari alam kegelapan menuju alam terang benderang seperti sekarang ini. Skripsi ini penulis susun berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan selama kurang lebih 3 bulan di PT Rajawali Nusantara Pratama dan juga telah dilakukan analisis di kampus serta telah melewati masa bimbingan yang cukup Baik.

Pada kesempatan ini juga penulis mengucapkan terima kasih atas kepada :

1. Bapak **Dr. Sultan, S.T., M.T** sebagai dosen pembimbing penulis yang telah membimbing selama masa perkuliahan serta telah membantu penulis dalam menyelesaikan Laporan Pemetaan Geologi selama ini dan telah memberikan ilmu dalam perkuliahan selama ini.
2. Bapak **Dr. Ir. Kaharuddin MS, M.T** sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing penulis selama menyusun Laporan Pemetaan ini dan telah memberikan ilmu dalam perkuliahan selama ini.
3. Ibu **Prof. Dr. Ir. Rohaya Langkoke, M.T.** dan Ibu **Meinarni Thamrin, S.T., M.T.** sebagai dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang baik bagi penulis
4. Bapak **Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng** sebagai ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu penulis selama ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Pada Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan, bantuan dan nasehatnya selama ini.



dan Ibu staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang membantu penulis selama perkuliahan.

7. Bapak Mohamad Fahrur Rozi sebagai Site Manager PT Rajawali Nusantara Pratama.
8. Bapak Darmawan Sebagai Kepala Teknik Tambang PT Anugerah Tompira Nikel.
9. A. Wirdiansyah, Oktaviana Sao Saka dan Ridwan Firdaus sebagai pembimbing magang yang selalu mengarahkan dan membimbing selama magang.
10. Teman-teman Teknik Geologi Universitas Hasanuddin Angkatan 2019 (Jaeger) yang banyak memberikan dukungan.
11. Himpunan Mahasiswa Geologi FT-UH yang telah banyak memberikan pelajaran selama perkuliahan.
12. Orang Tua penulis Bapak La Taya, S.Pd. dan Ibu Narfia Ambu S.Pd. serta saudara penulis Nurvita S.Pd. atas dukungannya baik moril maupun materil serta doa restu yang senantiasa terucapkan tiada henti yang kemudian menjadi sumber semangat bagi penulis selama ini.
13. Pihak-pihak lain yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu, atas segala bantuannya kepada penulis selama ini.

Penulis mohon maaf kepada semua pihak apabila terdapat kesalahan kata dalam penyusunan Skripsi ini. Penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan dalam skripsi ini. Untuk itu berbagai saran dan kritikan sangat diperlukan agar menjadi pelajaran dalam penulisan selanjutnya. semoga Skripsi dapat berguna bagi semua pihak yang menggunakannya Terimakasih.

Gowa, April 2024

Penulis



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel (Ni) merupakan logam berwarna putih keperakan yang keras dan tahan korosi. Logam ini cukup stabil dan tidak dapat bereaksi terhadap oksida, sehingga sering digunakan sebagai koin dan pelapis yang sifatnya paduan. Dalam dunia industri, nikel adalah salah satu logam yang paling penting dan memiliki banyak aplikasi; 62% dari logam nikel digunakan untuk baja tahan karat, 13% sebagai *superalloy* dan paduan tanpa besi karena sifatnya yang tahan korosi dan suhu tinggi (Astuti, 2012).

Nikel terbentuk dari proses Endapan hasil pelapukan atau yang sering disebut dengan *weathering* atau *residual deposit* yang merupakan endapan yang terbentuk akibat adanya proses pelapukan dari batuan yang mengandung bijih mineral yang ekonomis secara kimia yang tidak mengalami transportasi dan membentuk *soil* atau sering disebut dengan *laterit*. Endapan ini dicirikan oleh melimpahnya unsur besi dan aluminium hidroksida karena kedua unsur ini merupakan unsur yang tidak larut akibat adanya proses pelapukan. Namun, endapan hasil pelapukan ini juga terkadang mengandung endapan logam tertentu dengan *grade* yang tinggi. (Maulana, 2017)

Endapan nikel laterit terbentuk dari hasil proses pelapukan yang sangat intensif di daerah tropis pada batuan yang mengandung nikel seperti, dunit (olivin), peridotit (olivin+piroksin), dan serpentin. Proses pelapukan pada batuan asal tersebut (*laterisasi*) menyebabkan nikel berubah menjadi larutan dan diserap oleh mineral-mineral oksida besi yang membentuk *garnierite* pada lapisan saprolit (Golightly, 1981). Selain nikel, kobalt juga akan terkonsentrasi pada lapisan ini pada jumlah terbatas. Adapun *grade* dari nikel yang dihasilkan berkisar 1,5–3% Ni. (Maulana, 2017)



Salah satu faktor penting terjadinya proses pembentukan endapan nikel itu batuan dasar, setiap jenis batuan ultramafik memiliki kadar yang berbeda sehingga perlu dilakukan studi lebih lanjut yang berkaitan dengan

kadar Ni pada batuan dasarnya. Oleh karena itu penulis melakukan penelitian “Pengaruh Batuan Dasar Terhadap Kadar Unsur Ni Pada PT Anugerah Tompirah Nikel Kecamatan Masama, Kabupaten Banggai, Provinsi Sulawesi Tengah”. Diharapkan penelitian ini bermanfaat sebagai referensi bagi perusahaan dan pembaca.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas dapat dirumuskan masalah dalam penelitian kali ini yaitu sebagai berikut:

- a. Batuan dasar apa yang menjadi penyusun daerah penelitian;
- b. Bagaimana karakteristik geokimia endapan nikel laterit;
- c. Bagaimana hubungan batuan dasar terhadap kadar unsur nikel laterit.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian kali ini yaitu sebagai berikut:

- a. Mengetahui batuan dasar penyusun daerah penelitian.
- b. Mengetahui karakteristik geokimia endapan nikel daerah penelitian.
- c. Menentukan hubungan batuan dasar terhadap kadar unsur nikel laterit.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai bahan referensi untuk mengetahui kondisi-kondisi geologi pada daerah penelitian serta sebagai acuan dalam perencanaan eksplorasi bahan tambang nikel serta memberikan ilmu bagi para pembacanya.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

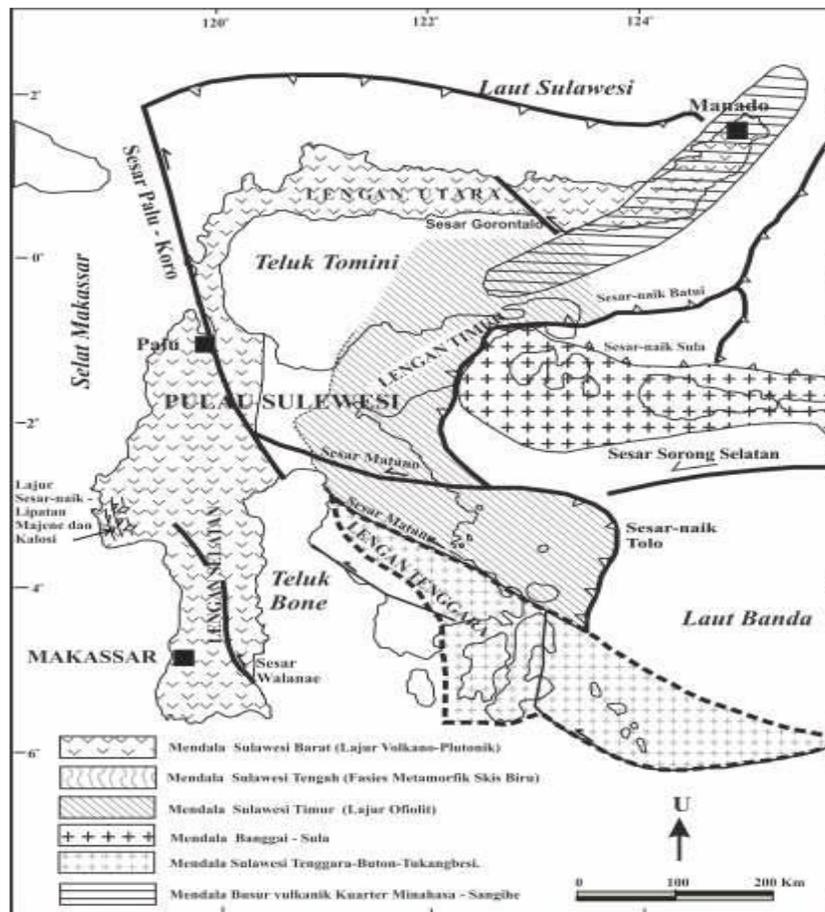
Batasan masalah yang dibahas dalam penelitian kali ini yaitu terbatas pada permukaan endapan nikel laterit dan karakteristik geokimia sampel an (*core*) endapan nikel laterit serta analisis petrografi.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Sulawesi

Sulawesi terbagi menjadi 4 (empat) mendala geologi utama, yaitu: Mendala Sulawesi Barat, merupakan busur vulkano-plutonik yang membentang dari lengan selatan sampai lengan utara; Mendala Sulawesi Tengah, yang ditempati oleh fasies metamorfik sekis biru; Mendala Sulawesi Timur, yang merupakan lajur ofiolit; Mendala Benua yang terdiri atas blok benua Banggai - Sula dan blok benua Sulawesi Tenggara - Buton – Tukangbesi (Sukamto dan Simandjuntak, dalam Rusmana dan Simandjuntak, 1993)



Gambar 1 Pembagian mendala geologi daerah Sulawesi dan sekitarnya, dikompilasi berdasarkan Sukamto dan Simandjuntak dalam (Rusmana dan Simandjuntak, 1993)



Selain ke empat mendala geologi tersebut, di lengan utara Sulawesi pada Kuartar terbentuk Busur vulkanik Kuartar Minahasa - Sangihe.

Pembentukan mandala-mendala geologi tersebut, kecuali Busur vulkanik Kuartar Minahasa-Sangihe, terkait dengan tumbukan antara Daratan Sunda, sebagai bagian paling timur dari lempeng benua Eurasia dan beberapa benua-renik yang berasal dari lempeng benua Australia.

Provinsi Geologi Sulawesi Barat terbentuk sebagai lajur vulkano-plutonik yang secara fisiografi menempati atau menyusun lengan selatan sampai lengan utara Sulawesi. Lengan Selatan. Lengan Selatan, yang didominasi oleh batuan vulkanik dan plutonik berumur Miosen, tertumpang-tindihkan di tepian timur Daratan Sunda yang merupakan bagian paling timur lempeng Eurasia

Mendala Sulawesi Tengah (Lajur Metamorfik) ditempati oleh fasies malihan sekis biru. Sementara itu, Mendala Sulawesi Timur meliputi lengan timur dan lengan tenggara Sulawesi, yang dicirikan oleh keberadaan lajur ofiolit dan terrain benua berumur Kapur Akhir. Ofiolit tersebut terobdaksikan pada Miosen (Smith dan Silver. 1991 dalam Rusmana dan Simandjuntak. 1993).

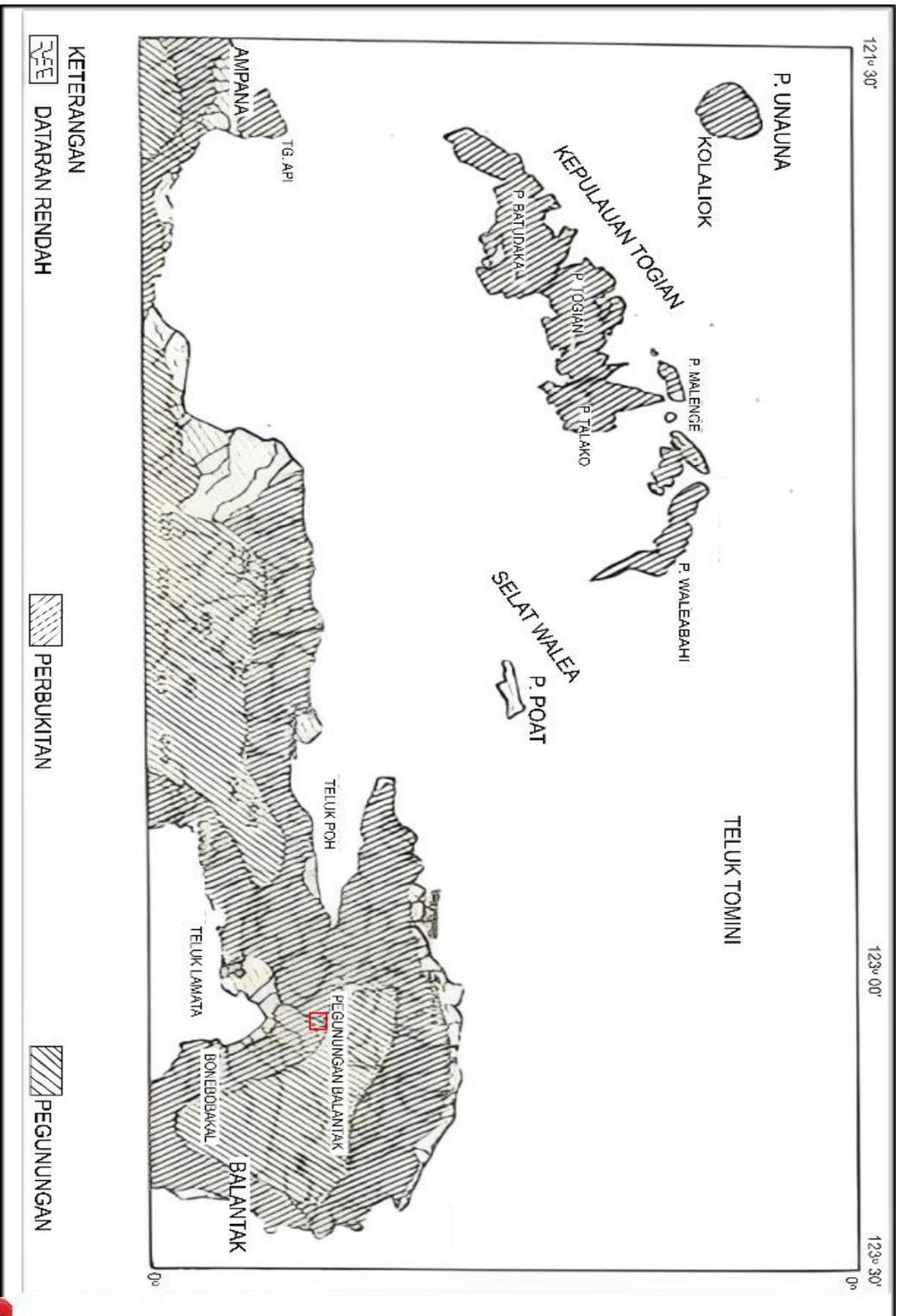
Mendala blok benua Banggai – Sula, serta Sulawesi Tenggara, Buton dan Tukangbesi merupakan blok benua alochton yang terpisah dari Benua Australia, yang dicirikan oleh keberadaan batuan malihan, sedimen dan intrusi berumur Paleozoik sampai Mesozoik. Sesar-naik Batui merupakan kontak tektonik antara Blok Benua Banggai-Suladengan Lajur Ofiolit Sulawesi Timur, yang terjadi pada Neogen.

Lajur ofiolit terletak pada sisi hanging wall sementara blok benua terletak pada bagian foot wall. Keberadaan tidak kurang dari tiga undak bagugamping koral Kuartar di sepanjang pantai selatan lengan timur mengindikasikan bahwa sampai kini telah terjadi pengaktifan kembali sesar naik tersebut.

2.1.1 Fisiografi Regional Daerah Penelitian



Morfologi daerah Luwuk dapat dibagi menjadi tiga satuan yaitu lereng dan kras, perbukitan dan dataran rendah (Gambar 2).



Gambar 2 Fisiografi daerah Luwuk (Rusmana dan Simandjuntak, 1993)



a. Pegunungan dan Kras

Pegunungan menempati bagian tengah daerah pemetaan dengan puncak tertingginya mencapai 2,255 m di atas muka laut. Morfologi pegunungan dicirikan oleh tonjolan yang kasar dan berlereng terjal. Kras berupa dolina, gua dan sungai bawah tanah, dengan batuan yang membentuk morfologi pegunungan ini adalah batuan ultramafik, batuan mafik, dan batu gamping pada daerah kras. Lembah sungai yang mengalir di daerah ini berbentuk V, dan banyak dijumpai air terjun.

b. Perbukitan

Satuan perbukitan menempati daerah di antara pegunungan dan dataran, ketinggiannya berkisar antara 50 sampai 700 m di atas muka laut. Satuan morfologi ini berlereng landai sampai agak curam dengan batuan yang membentuk morfologi ini ialah batu gamping, batuan ultramafik dan mafik, batuan gunungapi dan sedimen klastika. Pola aliran sungai di daerah ini dapat digolongkan sejajar atau hampir sejajar.

c. Dataran Rendah

Dataran rendah menempati daerah pantai, terutama di bagian utara daerah pemetaan ketinggiannya berkisar antara 0 dan 50 m di atas muka laut. Dataran terdapat di daerah Ampana, Balingara, Bunda, Siuna dan Binsil; kesemuanya terdapat di pantai utara. Sungai yang mengalir di daerah ini umumnya berkelok dan berlembah lebar dan satuan morfologi ini dibentuk oleh endapan sungai dan pantai.

2.1.2 Stratigrafi Regional

Lembar Luwuk secara regional masuk ke dalam Mendala Sulawesi Timur, Banggai-Sula, dan Sulawesi Barat (Gambar 3).

Formasi Kintom (Tm_{pk}) Formasi ini tersusun dari konglomerat, batu pasir dan napal di bagian bawahnya. Formasi yang berumur Miosen akhir hingga Pliosen ini mempunyai ketebalan hingga 1200 meter. Formasi ini tertindih tak selaras oleh formasi Terumbu koral Kuartar.

luvium (Q_a) Tersusun dari hasil endapan sungai dan pantai. Terdiri dari ikil, lumpur dan sisa tumbuhan.

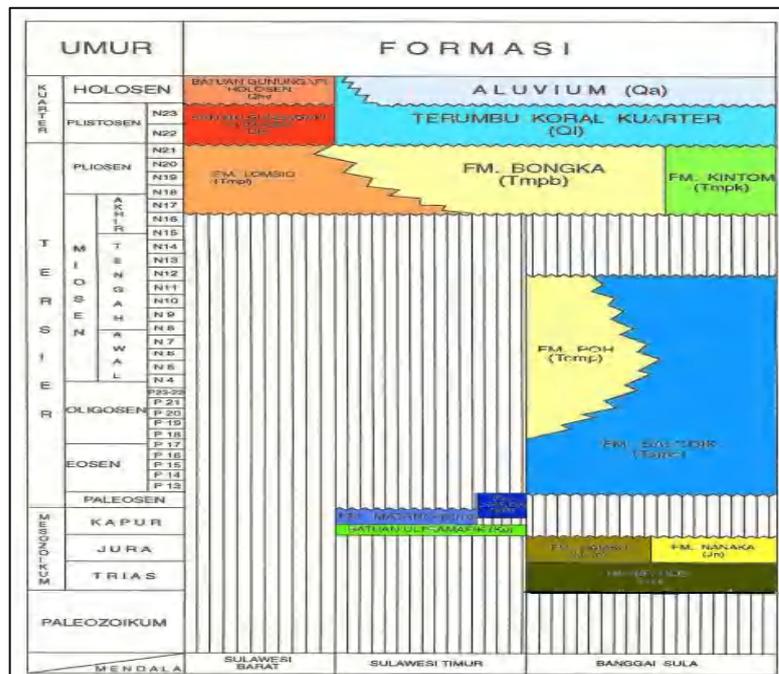


Kompleks Ultramafik (Ku): harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterit, serpentinit, dunit, diabas dan gabro.

Harzburgit, berwarna hijau sampai kehitaman, padat dan pejal setempat ada perhaluan mineral; tersusun dan mineral halus sampai kasar, terdiri atas olivin (sekitar 55%), dan piroksen (sekitar 35%), serta mineral serpentin sebagai hasil ubahan piroksen dan olivin (sekitar 10%). Setempat dijumpai blastomilonit dan porfiroblas dengan megakris piroksen yang tumbuh dengan massadasar minolit.

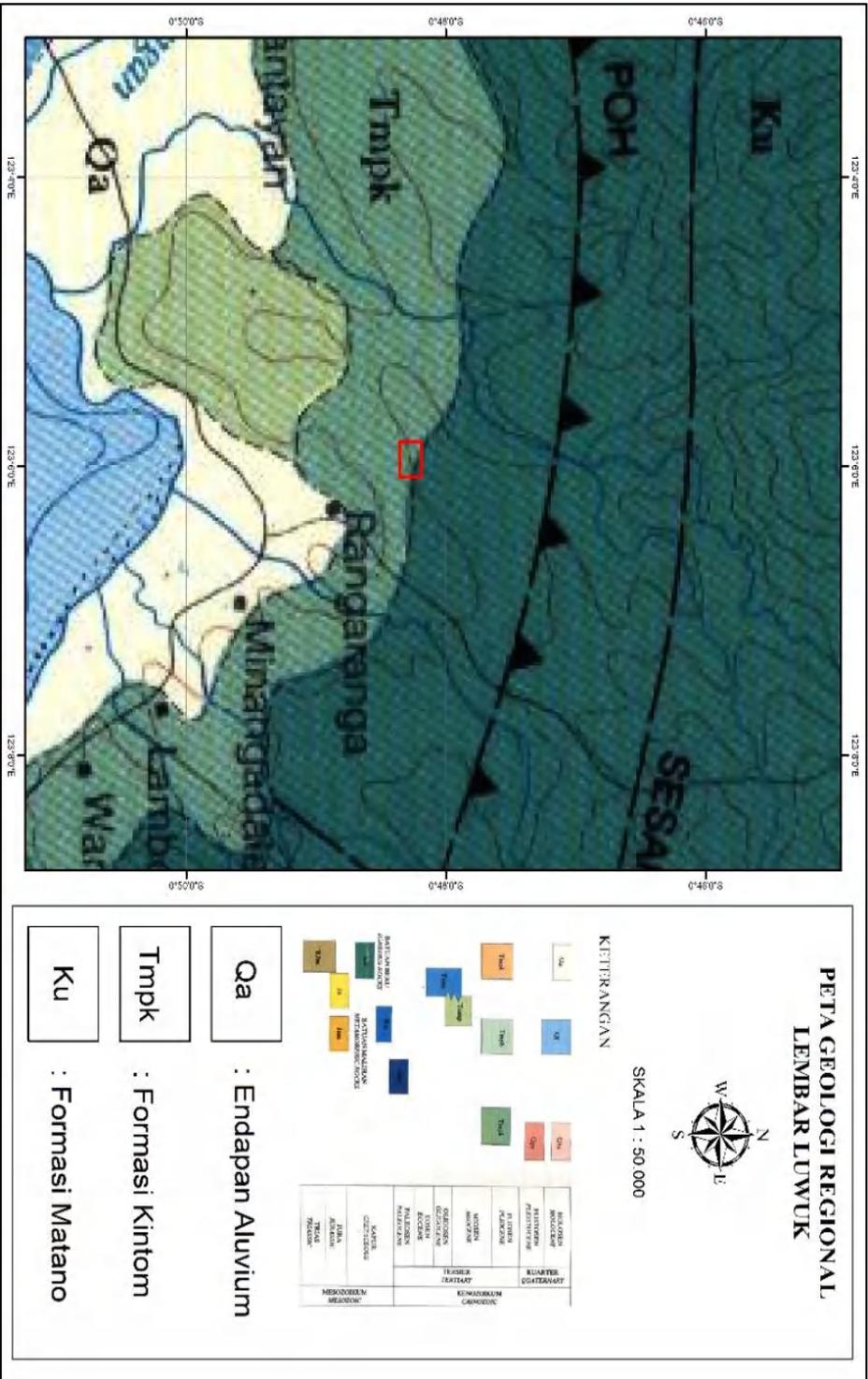
Lherzolit, berwarna hijau kehitaman, pejal dan padat, berbutir sedang sampai kasar hipidiomorf. Di beberapa tempat terdapat tekstur ofit dan poikilitik. Batuan terutama terdiri dari mosaik olivin dan piroksen-klino atau piroksenorto; yakut dan epidot merupakan mineral ikutan.

Dunit, berbutir halus sampai kasar, berwarna kehijauan, kelabu kehijauan sampai kehitaman, pejal dan padat. Setempat tampak porfiroblastik. Susunan mineral terdiri atas olivin (sekitar 90%), piroksen, plagiokias, dan bijih; mineral ubahan terdiri dari serpentin, talkum, dan klorit, masing-masing hasil ubahan olivin dan piroksen. Di beberapa tempat batuan berubah kuat; memperlihatkan struktur sarang, bank-bank, bentuk sisa, dan bentuk semu dengan serpentin dan talkum sebagai mineral pengganti.



Gambar 3 Kolom Stratigrafi daerah penelitian (Rusmana dan Simandjuntak, 1993)





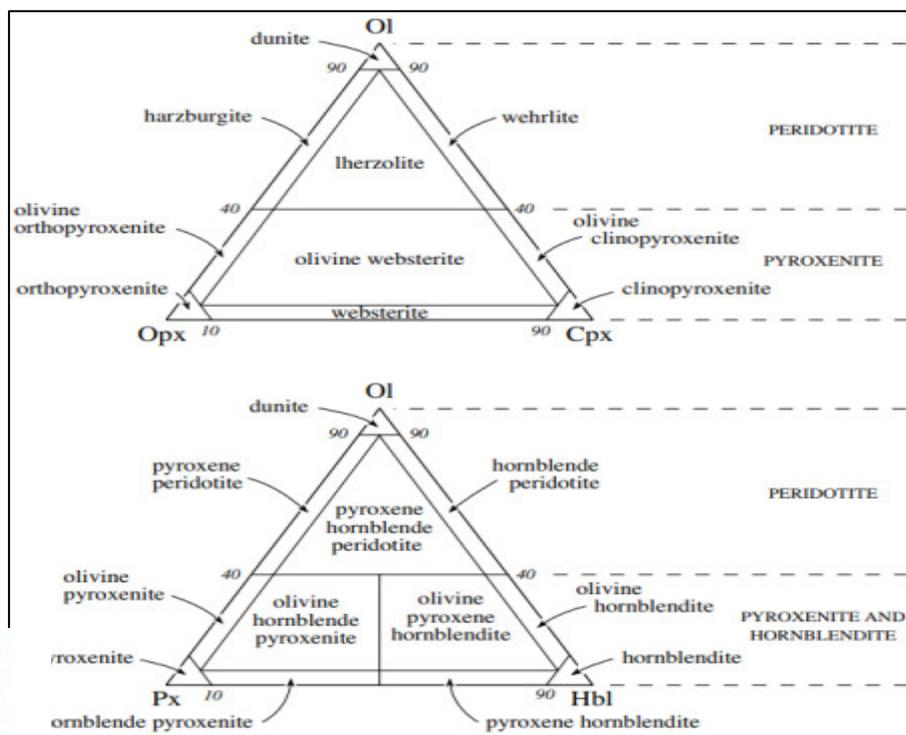
Gambar 4 Peta geologi daerah penelitian (Rusmana dan Simandjuntak, 1993)



2.2 Batuan Ultramafik

Batuan ultramafik adalah batuan yang kaya akan mineral mafik (ferromagnesian) terkecuali kuarsa, feldspar dan feldspathoids. Batuan ini pada dasarnya tersusun olivin, piroksen, hornblende dan mika. Batuan ultrabasa memiliki warna indeks lebih dari 70. (Ahmad, 2008). Batuan ultramafik merupakan batuan beku yang mengandung mineral primer berkomposisi *ferromagnesian* lebih besar 45% dan nikel lebih kecil 0,3%. Mineral *Ferromagnesian* adalah mineral piroksen, hornblende, mika, dan biotit. (Tonggiroh, 2019).

Batuan ultrabasa diklasifikasikan menurut kandungan mineral mafiknya, yang pada dasarnya terdiri dari olivin, ortopiroksin, klinopiroksin, hornblend, kadang-kadang terdapat biotit, dan berbagai mineral lainnya tetapi biasanya terdapat garnet dan spinel dalam jumlah yang sedikit. Klasifikasi (Streckeisen, 1976) merekomendasikan dua diagram dalam pengklasifikasiannya, dapat dilihat pada (Gambar 5) untuk batuan yang pada dasarnya mengandung olivin, ortopiroksin, dan klinopiroksin serta batuan yang mengandung hornblend, Piroksin, dan olivin (Maitre. 2002).



Gambar 5 Klasifikasi batuan beku ultrabasa Streckeisen 1976 (Maitre. 2002).



Peridotit dibedakan dari piroksenit karena mengandung lebih dari 40% olivin. Nilai ini dipilih bukannya 50% karena pada lherzolit mengandung hingga 60% piroksen. Peridotit pada dasarnya dibagi menjadi dunit atau olivinit (jika mineral spinelnya magnetite), harzburgite, lherzolute dan wehrlite. Pyroxenites dibagi lagi menjadi orthopyroxenite, websterite dan clinopyroxenite. (Maitre. 2002).

Batuan ultrabasa yang mengandung garnet atau spinel diklasifikasikan sebagai berikut: Jika garnet atau spinel kurang dari 5% digunakan istilah peridotit pembawa garnet, Dunit pembawa kromit dan lain-lain. Jika garnet atau spinel lebih besar dari 5% maka digunakan penamaan Garnet peridotit, Kromit dunit dan lain-lain (Maitre. 2002).

2.3 Nikel Laterit

Laterit adalah hasil sisa pelapukan kimia batuan di permukaan bumi, di mana berbagai mineral asli atau primer yang tidak stabil terhadap adanya air akan larut atau terurai dan terbentuk mineral baru yang lebih stabil terhadap lingkungan. Laterit penting bagi endapan bijih ekonomis, karena adanya interaksi kimiawi yang bersama-sama membentuk proses lateritisasi dalam kasus tertentu dapat menjadi sangat efisien dalam memusatkan beberapa elemen. Contoh endapan bijih laterit penting yang terkenal adalah bauksit alumina dan endapan bijih besi yang diperkaya, tetapi contoh yang kurang dikenal termasuk endapan emas laterit (contohnya pada Boddington di Australia Barat) (Evans, 1993).

Laterit berasal dari bahasa latin yaitu later, yang artinya bata (membentuk bongkah - bongkah yang tersusun seperti bata yang berwarna merah bata) (Jafar dkk., 2016). Laterit merupakan hasil proses pelapukan dan pengkayaan batuan utramafik di daerah tropis. Oleh karena itu komposisi kimia dan mineraloginya berbeda antara satu endapan dengan endapan lainnya. Nikel dalam bijih nikel laterit berasosiasi dengan besi oksida dan mineral silikat sebagai hasil substitusi isomorfous unsur besi dan magnesium dalam struktur kristalnya, sehingga kimia dan fisik, bijih nikel laterit dapat digolongkan menjadi dua jenis bijih nikel laterit yaitu jenis saprolit (silikat/hidro silikat) dan jenis limonit (oksida/hidroksida) (Jafar dkk., 2016)



Laterit dapat dijumpai terutama pada daerah yang beriklim tropis sampai subtropis yang memiliki suhu tinggi dan curah hujan yang cukup. Akibatnya laterit banyak ditemukan di daerah Indonesia (daerah Sulawesi), serta beberapa wilayah lain yang memiliki iklim tropis dan subtropis.

Bijih nikel laterit biasanya ditemukan pada daerah yang relatif dangkal yaitu berkisar di kedalaman 15 - 20 meter di bawah permukaan tanah. Bijih nikel laterit berkontribusi hingga 60 - 70% dari cadangan nikel dunia dan sebagian besar berada di negara-negara tropis dan subtropis seperti Indonesia, New Caledonia, Australia, Kuba, Brazil, Filipina dan Papua Nugini (Kose, 2010 dalam Puspita dkk. 2021).

Nikel laterit adalah hasil lateritisasi batuan yang kaya Mg atau ultrabasa dengan kandungan Ni primer 0,2-0,4%. Batuan tersebut umumnya dunites, harzburgit dan peridotit yang terjadi pada kompleks ofiolit, dan pada tingkat yang lebih rendah komatiit dan batuan intrusif mafik-ultramafik berlapis dalam pengaturan platform kratonik (Brand dkk, 1998). Proses dan karakter laterit yang dihasilkan adalah dikendalikan pada skala regional dan lokal oleh interaksi dinamis berupa faktor-faktor seperti iklim, topografi, tektonik, tipe dan struktur batuan primer.

2.4 Genesa Nikel Laterit

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 ini akan menghilangkan air dengan membentuk mineral-mineral karat, natrit dan kobalt dalam jumlah kecil, jadi besi oksida mengendap dekat permukaan tanah. (Bold 1996)



Laterit adalah produk sisa dari pelapukan kimia batuan di permukaan bumi, di mana berbagai mineral asli atau primer mengalami ketidakstabilan karena adanya air, kemudian larut atau pecah dan membentuk mineral baru yang lebih stabil. Laterit penting sebagai batuan induk untuk endapan bijih ekonomi. (Evans, 1993)

Proses terbentuknya nikel laterit dimulai adanya pelapukan yang intensif pada batuan peridotit/batuan induk. Batuan induk akan terjadi perubahan menjadi serpentinit akibat adanya larutan hidrotermal pada waktu pembekuan magma/proses serpentinisasi. Kemudian terjadi pelapukan (kimia dan fisika) menyebabkan terjadi dekomposisi pada batuan induk. Adapun menurut (Kurniadi, 2017) sebagian unsur Ca, Mg, dan Si akan mengalami dekomposisi dan beberapa terkayakan secara supergen (Ni, Mn, Co, Zn). Atau terkayakan secara relatif (Fe, Cr, Al, Ti, S, dan Cu). Air resapan yang mengandung CO₂ yang berasal dari udara meresap sampai ke permukaan tanah melindi mineral primer seperti olivin, serpentinit, dan piroksen. Air meresap secara perlahan sampai batas antara zona limonit dan zona saprolit, kemudian mengalir secara lateral, kemudian lebih banyak didominasi oleh transportasi larutan secara horizontal. (Veleton, 1967 dalam Kurniadi dkk. 2017)

Untuk bahan-bahan yang sukar atau tidak mudah larut akan tinggal pada tempatnya dan sebagian turun ke bawah bersama larutan sebagai larutan koloid. Batuanbatuan seperti Fe, Ni, Dan Co akan membentuk konsentrasi residual dan konsentrasi celah pada zona yang disebut dengan zona saprolit, berwarna coklat kuning kemerahan. (Kurniadi dkk. 2017)

2.5 Profil Nikel Laterit

Secara umum Lapisan-lapisan pada profil laterit dari endapan nikel laterit dibedakan menjadi beberapa zona menurut Ahmad (2008).

1. Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*), Lapisan ini terletak di bagian atas permukaan, lunak dan berwarna coklat kemerahan hingga gelap dengan kadar air antara 25 % sampai 35 %, kadar nikel sangat rendah dan di permukaan atas dijumpai lapisan *iron capping* yang mempunyai ketebalan berkisar antara 1–12 meter, merupakan kumpulan massa *goethite* dan

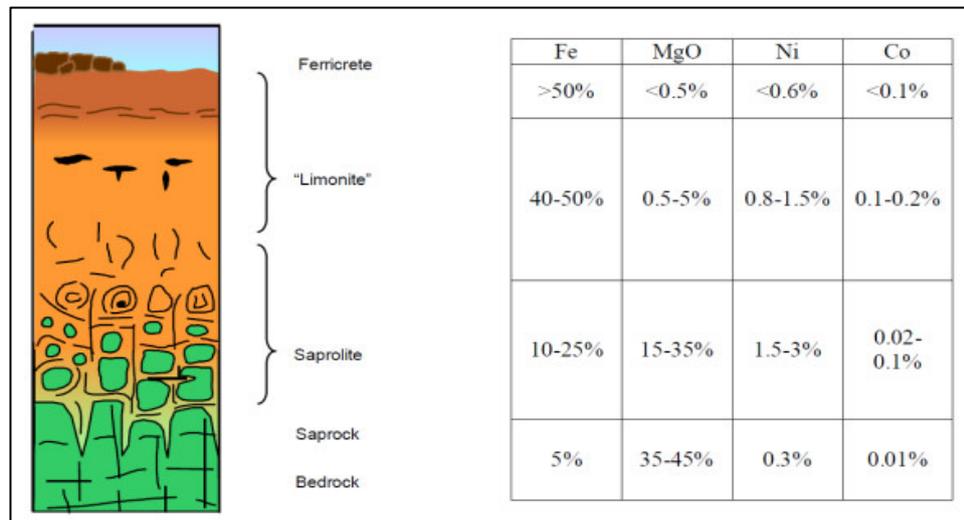


limonite. Iron capping mempunyai kadar besi yang tinggi namun mempunyai kadar nikel yang rendah. Terkadang terdapat mineral-mineral hematite, *chromiferous*.

2. Lapisan Limonit berkadar menengah (*Medium Grade Limonit*), Lapisan ini terletak di bawah lapisan tanah penutup, berbutir halus, berwarna merah-cokelat atau kuning, agak lunak, berkadar air antara 30%–40%, mengandung kadar Ni 1.5 %, Fe 44 %, MgO 3 %, SiO₂ %, lapisan kaya besi dari tanah limonit menyelimuti seluruh area dengan ketebalan rata-rata 3 meter. Lapisan ini tipis pada lereng yang terjal, dan setempat hilang karena erosi. Sebagian dari nikel pada zona ini hadir di dalam mineral *manganese oxide, lithiophorite*. Terkadang terdapat mineral *talca, tremolite, chromiferous, quartz, gibbsite, maghemite*. Limonit dibedakan menjadi 2, yaitu: 1) *red limonite* yang biasa disebut hematit dan 2) *yellow limonite* yang disebut *goethite*. Biasanya pada mineral *goethite* nikel berasosiasi dengan Fe dan mengganti unsur Fe sehingga pada zona limonit terjadi pengayaan unsur Ni.
3. Lapisan Bijih (*Saprolite*), Lapisan ini merupakan hasil pelapukan batuan dasar (*bedrock*), berwarna kuning kecokelatan agak kemerahan, terletak di bagian bawah dari lapisan limonit berkadar menengah, dengan ketebalan rata-rata 7 meter. Lapisan ini biasa terdiri dari campuran dari sisa-sisa batuan, butiran halus *limonite, saprolitic rims, vein* dari endapan garnierit, *nickeliferous quartz*, mangan dan pada beberapa kasus terdapat *silica boxwork* yang akan membentuk suatu zona transisi dari *limonite* ke *bed rock*. Terkadang terdapat mineral kuarsa yang mengisi rekahan, mineral-mineral primer yang terlapukkan seperti klorit. Pada lapisan ini juga dijumpai mineral garnierit sebagai hasil proses *leaching* yang biasanya diidentifikasi sebagai *colloidal talca*. Struktur dan tekstur batuan asal masih terlihat. Lapisan ini terdapat bersama batuan yang keras atau rapuh dan sebagian saprolit. Mempunyai komposisi umum yaitu Ni 1.85 %, Fe 16 %, MgO 25%, SiO₂ 35%. Lapisan ini merupakan lapisan yang bernilai ekonomis untuk ditambang sebagai bijih.



4. Lapisan Batuan Dasar (*Bed Rock*), Lapisan batuan dasar merupakan bagian terbawah dari suatu profil nikel laterit. Lapisan ini merupakan batuan ultrabasa yang tidak atau belum mengalami pelapukan. Blok batuan *bed rock* (batuan dasar) secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis lagi (kadar logam sudah mendekati atau sama dengan batuan dasar). Berwarna kuning pucat sampai abu-abu kehijauan. Zona ini biasanya memperlihatkan rekahan-rekahan (frakturisasi) yang kuat, kadang membuka dan terisi oleh mineral garnierit dan silika akibat proses pelindihan. Frakturisasi ini diperkirakan menjadi penyebab adanya suatu gejala yang sering disebut dengan *root zone* yaitu zona *high grade* Ni, akan tetapi posisinya tersembunyi.



Gambar 6 Skema profil laterit berkembang pada batuan ultramafik di iklim tropis (Fe oksida-dominan zona limonit), menunjukkan komposisi kimia indikatif dalam wt%. (Waheed, 2008)

2.6 Faktor Pembentuk Nikel Laterit

Proses dan keadaan yang mengatur dan mengontrol lateritisasi batuan ultrabasa sangat beragam yang mengakibatkan sifat profil sangat bervariasi secara detail dan berbeda antara tempat yang satu dan tempat yang lainnya dalam hal ketebalan, komposisi kimia dan mineralogi, dan sebagainya. (Elias, 2002)



faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan bijih nikel laterit ini (Sjudarto, 2013)

- a. Batuan asal. Adanya batuan asal merupakan syarat utama untuk terbentuknya endapan nikel laterit, macam batuan asalnya adalah batuan ultra basa. Dalam hal ini pada batuan ultra basa tersebut: - terdapat elemen Ni yang paling banyak diantara batuan lainnya - mempunyai mineral-mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin - mempunyai komponen-komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel.
- b. Iklim. Adanya pergantian musim kemarau dan musim penghujan dimana terjadi kenaikan dan penurunan permukaan air tanah juga dapat menyebabkan terjadinya proses pemisahan dan akumulasi unsur-unsur. Perbedaan temperatur yang cukup besar akan membantu terjadinya pelapukan mekanis, dimana akan terjadi rekahan-rekahan dalam batuan yang akan mempermudah proses atau reaksi kimia pada batuan.
- c. Reagen-reagen kimia dan vegetasi. Yang dimaksud dengan reagen-reagen kimia adalah unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang membantu mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung CO₂ memegang peranan penting didalam proses pelapukan kimia. Asam-asam humus menyebabkan dekomposisi batuan dan dapat merubah pH larutan. Asam-asam humus ini erat kaitannya dengan vegetasi daerah. Dalam hal ini, vegetasi akan mengakibatkan:
 - Penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah dengan mengikuti jalur akar pohon-pohonan
 - Akumulasi air hujan akan lebih banyak
 - Humus akan lebih tebal Keadaan ini merupakan suatu petunjuk, dimana hutannya lebat pada lingkungan yang baik akan terdapat endapan nikel yang lebih tebal dengan kadar yang lebih tinggi. Selain itu, vegetasi dapat berfungsi untuk menjaga hasil pelapukan terhadap erosi mekanis.
- d. Struktur. Struktur yang sangat dominan yang terdapat didaerah penelitian adalah struktur kekar (joint) dibandingkan terhadap struktur patahannya. Seperti diketahui, batuan beku mempunyai porositas dan permeabilitas yang kecil sekali sehingga penetrasi air sangat sulit, maka dengan adanya



rekahan-rekahan tersebut akan lebih memudahkan masuknya air dan berarti proses pelapukan akan lebih intensif.

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

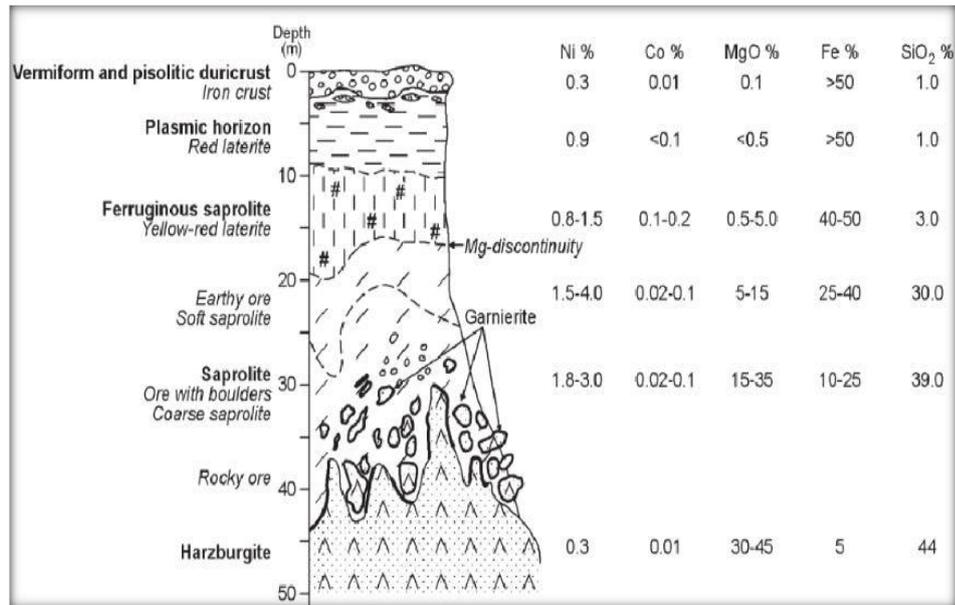
2.7 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

Secara mineralogi Nikel Laterit dapat dibagi dalam tiga kategori yaitu (Brand dkk, 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 7) 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 garnerit 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.





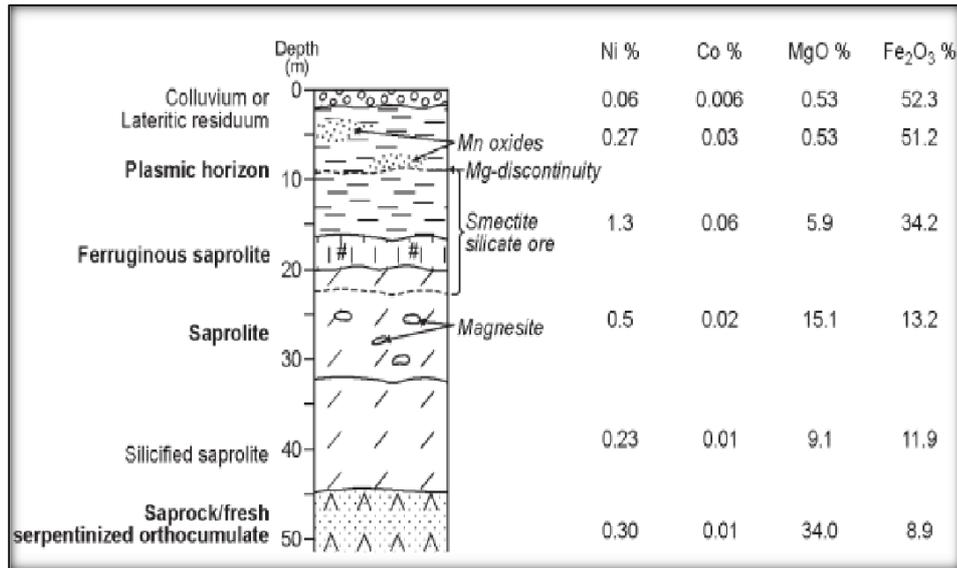
Gambar 7 Profil nikel tipe hydrous silicate (Freyssinet dkk, 2005).

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 terlindikan oleh air tanah. Silika yang tersisa bersama-sama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk merial 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 8). Secara umum, kadar nikel rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan dengan tipe Hydrous Silicate.





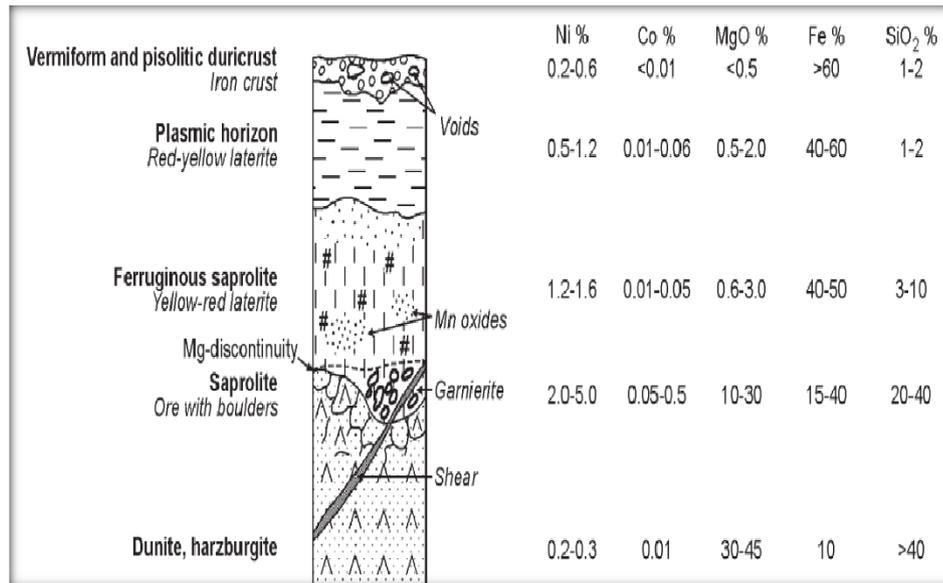
Gambar 8 Profil nikel tipe clay silicate (Freyssinet dkk, 2005)

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-oxyhidroxide, dengan mineral utama goetit. Kadangkadang 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 9 Profil nikel tipe oxide deposits (Freyssinet dkk, 2005).

2.8 Mineralogi Endapan Nikel Laterit

Mineral-mineral primer pada batuan ultramafik (bedrock) dapat menghasilkan mineral sekunder, sebagai berikut (Nahon dkk, 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.

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 dkk, 1992).

Selama dalam proses kristalisasi mineral olivin, sebagian kecil unsur nikel terdapat didalam magma dapat menggantikan unsur Mg dalam struktur kristal. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan dengan alasan berikut: (Ahmad, 2008)

- a. Jari-jari ion dari Mg dan Ni yang cukup dekat ($Mg = 0.66^{\circ}A$; $Ni = 0.69^{\circ}A$)
 memiliki elektron Valensi yang sama (Mg^{++} ; Ni^{++})
 memiliki sistem kristal yang sama yaitu sistem ortorombik (ahmad, 2006)

