

**STUDI KARAKTERISTIK MINERALOGI DAN GEOKIMIA
ENDAPAN BIJIH NIKEL LATERIT SEBAGAI
IMPLIKASI DALAM PENGOLAHAN**

(STUDI KASUS: BLOK B PT SINAR JAYA SULTRA UTAMA SITE WATURAMBAHA)

SKRIPSI



RESKI FAUSI AMANDA

D621 16 003

**DEPARTEMEN TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2020

HALAMAN PENGESAHAN



RESKI FAUSI AMANDA

NIM. D62116003

**KARAKTERISTIK MINERALOGI DAN GEOKIMIA ENDAPAN BIJIH NIKEL
LATERIT SEBAGAI IMPLIKASI DALAM PENGOLAHAN**
(STUDI KASUS: BLOK B PT SINAR JAYA SULTRA UTAMA SITE WATURAMBAHA)

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S-1)
pada Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanudin

Disetujui di Gowa, 30 November 2020

Disetujui Oleh,

Pembimbing Tugas Akhir I

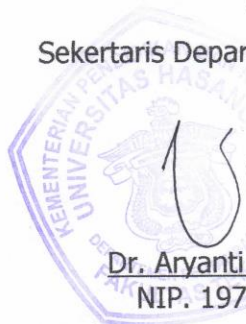
Dr. Ir. Irzal Nur, M.T.
NIP.19660409 199703 1 002

Pembimbing Tugas Akhir II

Asran Ilyas, S.T., M.T., Ph. D.
NIP. 19730314 200012 1 001

Mengetahui,

Sekretaris Departemen Teknik Pertambangan



Dr. Aryanti Virtanti Anas, S.T., M.T
NIP. 197010052008012026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : RESKI FAUSI AMANDA

NIM : D621 16 003

Judul Skripsi : STUDI KARAKTERISTIK MINERALOGI DAN GEOKIMIA ENDAPAN BIJIH
NIKEL LATERIT SEBAGAI IMPLIKASI DALAM PENGOLAHAN(STUDI
KASUS: BLOK B PT SINAR JAYA SULTRA UTAMA SITE WATURAMBAHA)

Bahwa benar adalah Karya Ilmiah saya dan bebas dari *plagiarism* (duplikasi).

Demikian Surat Pernyataan ini dibuat, jika kemudian hari ditemukan bukti ketidakaslian
atas Karya Ilmiah ini, maka Saya bersedia mempertanggungjawabkan sesuai Peraturan
Perundang-undangan yang berlaku.

Makassar, 30 November 2020

Yang bersangkutan,



(RESKI FAUSI AMANDA)

ABSTRAK

Berdasarkan data dari Badan Geologi Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara tahun 2013, sumberdaya laterit di Indonesia mencapai 3.565 juta ton bijih atau setara dengan 52,2 juta ton logam Ni, hal ini menunjukkan kajian terhadap eksplorasi dan pengolahan Ni laterit akan semakin populer. Ni laterit adalah endapan hasil pelapukan dari batuan ultramafik yang kemudian mengalami *leaching*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mineralogi dan geokimia endapan ini di blok B PT Sinar Jaya Sultra Utama yang merupakan lokasi penelitian. Penentuan karakteristik kimia dilakukan dengan membuat peta sebaran nilai kadar unsur Ni, Fe, SiO₂, MgO, dan rasio silika/magnesia menggunakan aplikasi ArcGIS 10.3 dengan metode *Inverse Distance Weighting* dan penentuan tipe endapan menggunakan *X-Ray Diffraction* dan analisis mikroskopik sayatan tipis. Pada daerah penelitian ditemukan mineral pembawa Ni yaitu serpentin dan talk yang menunjukkan bahwa daerah penelitian termasuk tipe endapan *Hydrous Silicate* dengan batuan dasar peridotit jenis harzburgit. Hubungan Ni terhadap unsur-unsur pada bijih Ni laterit berdasarkan metode *X-Ray fluorescence* adalah bahwa bijih Ni memiliki korelasi yang lemah dengan besi (Fe), silika (SiO₂) dan magnesia (MgO). Bijih Ni laterit di lokasi penelitian memiliki kadar rata-rata Ni sebesar 1,8%, kadar SiO₂ 23,19% dan rasio S/M 2,43 serta rasio Fe/Ni 14,48 yang berarti lebih tepat diolah dengan metode pirometalurgi. Daerah penelitian direkomendasikan sebagai umpan pada pabrik pengolahan setelah melau proses *blending*.

Kata kunci: Garnierit, bijih Ni laterit, mineralogi, geokimia, pengolahan bijih

ABSTRACT

Based on the data from the Geological Agency of the Directorate General of Mineral and coal in 2013, laterite resources in Indonesia reached until 3,565 million tons of ore or equivalent with 52.2 million tons of Ni metal. Lateritic Ni deposit is a weathered deposit from ultramafic rocks which then undergoes leaching. This study aims to research the characteristic geochemistry and mineralogy of lateritic Ni ore in the B block, PT Sinar Jaya Sultra Utama which is the research study area. Determination of chemical characteristics is indicated respectively by grade distribution map of Ni, Fe, SiO₂, MgO and silica/magnesia ratio using application ArcGIS 10.3 with method of Inverse Distancing Weighting and determination of nickel ore type by using X-Ray Diffraction and thin section microscopic analysis . In the research area, it has been found some Ni-bearing minerals like olivine, pyroxine and serpentine wich indicated that research area is Hydrous Silcate Deposit. Geochemistry of lateritic Ni ore in the study area was identified using X-Ray fluorescence have linkages with feron (Fe) silica (SiO₂) and magnesia (MgO). The substance of Ni in the ore is 2.1%, SiO₂ 25.42%, S/M ratio 3.7 and Fe/Ni ratio 15.5 which mean is more precisely if ore were process by pyrometallurgy methods. The research area location recommended as after process blending.

Keywords: Garnierite, lateritic Ni ore, minerallogy, geochemistry, ore processing

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Jalla Jalaluhu sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul "Studi Karakteristik Mineralogi Dan Geokimia Endapan Bijih Nikel Laterit Sebagai Implikasi Dalam Pengolahan (Studi Kasus: Blok B Pt Sinar Jaya Sultra Utama Site Waturambaha). Penelitian ini membahas mengenai karakteristik endapan nikel laterit untuk rekomendasi metode ekstraksi di PT Sinar Jaya Utama.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara moril maupun materi sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Terima kasih kepada PT Sinar Jaya sultra Utama yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian, terkhusus Bapak Zulfikar S.T selaku pembimbing dan seluruh staf PT Sinar Jaya sultra Utama yang telah membantu dalam pengumpulan dan pengolahan data.

Terima kasih banyak kepada Ibu Dr. Ir. Irzal Nur, MT., selaku Kepala Laboratorium Riset Perencanaan dan Valuasi Tambang dan Pembimbing I serta Bapak Asran Ilyas, S.T., M.T Ph.D. selaku Pembimbing II yang telah membimbing dalam penyelesaian Skripsi ini. Terima kasih juga kepada seluruh dosen dan pegawai Departemen Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin.

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	<i>iv</i>
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Tahapan Penelitian	3
1.6 Lokasi Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pembentukan Nikel Laterit	7
2.2 Endapan Nikel Laterit	10
2.3 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit	13
2.4 Mineralogi dan Geokimia Nikel Laterit	17
2.4.1 Mineralogi endapan Ni laterit.....	17
2.4.2 Geokimia endapan Ni laterit	18
2.5 Pengolahan Bijih Nikel	19
2.6 Geologi Daerah Konawe Utara.....	22
2.7 Proses Pembentukan Bijih Nikel Laterit Daerah Konawe.....	23

BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Pengumpulan Data.....	25
3.1.1 Pengumpulan data lapangan.....	25
3.1.2 Pengumpulan data laboratorium.....	26
3.2. Pengolahan Data.....	30
3.2.1 Pembuatan data akhir untuk analisis.....	30
3.2.2 Pengolahan data untuk pembuatan distribusi kadar unsur	31
3.2.3 Pengelompokan mineral pembawa Ni.....	33
3.2.4 Pembuatan profil endapan nikel laterit	34
3.2.5 Pengamatan batuan dasar	35
3.2.6 Analisis <i>x-ray diffraction</i> (XRD)	36
3.3 Bagan Alir Penelitian.....	38
BAB IV MINERALOGI DAN GEOKIMIA BIJIH NIKEL.....	39
4.1 Distribusi Kadar Bijih	39
4.1.1 Unsur Ni.....	39
4.1.2 Unsur Fe	41
4.1.3 Unsur SiO ₂	42
4.1.4 Unsur MgO	45
4.1.5 Rasio S/M.....	46
4.2 Penentuan Tipe Endapan	49
4.2.1 Analisis <i>X-Ray diffraction</i> (XRD).....	49
4.2.2 Deskripsi mineral	50
4.2.3 Tipe endapan berdasarkan referensi PT Sinar Jaya Sultra Utama	54
4.3 Korelasi Ni dengan Fe, SiO ₂ dan MgO Pada Bijih Nikel	57

4.3.1 Korelasi Ni dengan Fe.....	57
4.3.2 Korelasi Ni dengan SiO ₂	58
4.3.3 Korelasi Ni dengan MgO.....	58
4.4 Karakteristik Bijih Nikel Terhadap Pengolahan.....	59
4.4.1 Pengaruh geokimia terhadap pengolahan.....	59
4.4.2 Pengaruh mineral terhadap pengolahan	62
BAB V KESIMPULAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Peta lokasi IUP PT Sinar Jaya Sultra Utama	5
1.2 Lokasi penelitian	6
2.1 Proses pembentukan endapan nikel laterit (PT Vale, 2008)	8
2.2 Profil endapan nikel laterit	11
2.3 Profil nikel tipe <i>hydrous silicate</i> (Freyssnet et al, 2005).....	14
2.4 Profil nikel tipe <i>clay silicate</i> (Freyssnet et al, 2005).....	14
2.5 Profil nikel tipe <i>oxide deposits</i> (Freyssnet et al, 2005)	15
2.6 Skema transformasi mineral akibat pelapukan batuan (Nahon, <i>et al.</i> , 1992).....	18
2.7 Ringkasan variasi metode pengolahan bijih Ni laterit (Butt, 2005)	19
2.8 Skema pengolahan <i>smelting</i> dan <i>refining</i> dalam mengekstrak Fe-Ni	20
2.9 Skema ekstraksi Ni dengan metode <i>Caron</i> (Kyle, 2010).....	21
2.10 Skema ekstraksi Ni dengan metode HPAL (Kyle, 2010)	22
2.11 Peta sebaran nikel di Indonesia (Golightly, 1981).....	24
3.1 A. batuan induk dan B. garnerit.....	25
3.2 Proses penggerusan sampel.....	26
3.3 A. sampel berukuran 200 mesh dan B. Proses analisis XRD.....	27
3.4 A. Sayatan tipis stasiun 1 dan B. Sayatan tipis stasiun 2	27
3.5 Mikroskopis tipe Nikon Eclipse LV 100N POL	28
3.6 <i>X-ray diffractometer</i> yang digunakan untuk menganalisis mineral.....	29
3.7 Proses pembuatan peta sebaran dengan aplikasi ArcGIS 10.3	32
3.8 Kenampakan mikroskopis A. stasiun 1 dan B. stasiun 2	33
3.9 Lokasi pengambilan sampel stasiun daerah penelitian	34
3.10 Sampel batuan dasar stasiun 1	34

3.11 Sampel sayatan tipis.....	35
3.12 Alat yang digunakan analisis <i>X-Ray diffraction (XRD)</i>	36
3.13 Pengolahan data	37
3.14 Bagan alir Penelitian	38
4.1 Sebaran unsur Ni	40
4.2 Sebaran unsur Fe.....	42
4.3 Sebaran unsur SiO ₂	44
4.4 Sebaran unsur MgO.....	46
4.5 Distribusi S/M	48
4.6 Hasil analisis <i>X-Ray Diffraction</i> garnerit stasiun 1	49
4.7 Hasil analisis <i>X-Ray Diffraction</i> garnerit stasiun 2	50
4.8 Kenampakan mineral olivin pada batuan dasar	51
4.9 Kenampakan mineral piroksin pada batuan dasar.....	52
4.10 Kenampakan batuan dasar stasiun 1 secara mikroskopis.....	52
4.11 Kenampakan batuan dasar stasiun 2 secara mikroskopis.....	53
4.12 Plot sampel batuan dasar blok B pada klasifikasi IUGS.....	54
4.13 Distribusi konsentrasi Fe dengan kadar Ni	57
4.14 Distribusi SiO ₂ dan MgO dengan Ni	59

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Parameter perbedaan endapan nikel laterit (Freyssnet et al, 2005).....	16
2.2 Klasifikasi <i>mobile element</i> pada endapan Ni laterit (Trescases, 1975)	19
3.1 Nilai rasio S/M.....	31
4.1 Kadar unsur Ni tiap lubang bor.....	39
4.2 Kadar unsur Fe tiap lubang bor	41
4.3 Kadar unsur SiO ₂ tiap lubang bor	43
4.4 Kadar unsur MgO tiap lubang bor	45
4.5 Distribusi S/M tiap lubang bor	47
4.6 Parameter perbedaan endapan nikel laterit (Freyssnet <i>et al</i> , 2005).....	55
4.7 Plot penentuan tipe endapan Blok B pada tabel Freyssinet <i>et. al.</i> , (2005).....	56
4.8 Pengaruh mineral dan geokimia bijih Ni laterit terhadap proses pengolahan	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara penghasil nikel terbesar kedua dunia setelah Rusia yang memberikan sumbangan sekitar 15% dari jumlah produksi nikel dunia pada tahun 2010. Salah satu daerah penghasil nikel di Indonesia berada pada daerah Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. Endapan laterit Konawe Utara di Sulawesi Tenggara merupakan sumber logam nikel di Indonesia yang telah ditambang. Identifikasi sebaran nikel laterit sangat penting untuk diketahui agar mempermudah proses eksplorasi lanjut dari suatu endapan.

Berdasarkan data dari Badan Geologi Direktorat Jenderal Mineral Batubara tahun 2013, sumberdaya laterit di Indonesia mencapai 3.565 juta ton bijih atau setara dengan 52,2 juta ton logam Ni. Sedangkan jumlah cadangan laterit mencapai 1.168 juta ton bijih atau setara dengan 22 juta ton logam Ni. Nikel laterit adalah hasil laterisasi batuan ultramafik yang mengandung nikel seperti dunit dan piroksinit.

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

Kebutuhan pabrik pengolahan dalam sebuah perusahaan tambang sangat diperlukan demi meningkatkan efisiensi dan keuntungan perusahaan, sebagaimana pada perusahaan dimana dilokasi penelitian yaitu PT Sinar Jaya Sultra Utama yang memerlukan pabrik pengolahan. PT Sinar Jaya Sultra Utama memerlukan metode

ekstraksi dalam mengolah umpan ke pabrik pengolahan yang sesuai dengan spesifikasi tertentu.

Berdasarkan beberapa latar belakang tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tentang karakteristik endapan nikel laterit dengan data kimia dan geologi untuk menentukan tipe endapan nikel laterit Blok B PT Sinar Jaya Sultra Utama sehingga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengolahan dan spesifikasi umpan pada pabrik pengolahan.

1.2 Rumusan Masalah

Endapan nikel laterit memiliki perbedaan karakteristik pada setiap daerah, perbedaan karakteristik ini membuat setiap tipe endapan nikel dapat berbeda cara pemurniannya. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik endapan nikel laterit dengan membuat peta sebaran unsur kimia yang terkandung, menganalisis pengaruh unsur kimia dalam penentuan jenis endapan berdasarkan batuan dasarnya dan mineral pembawa Ni, serta merekomendasikan metode ekstraksi Ni pada pabrik pengolahan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik kimia endapan nikel laterit di daerah penelitian melalui peta distribusi unsur Ni, Fe, SiO₂, MgO, serta rasio silika/magnesianya.
2. Mengetahui tipe endapan nikel laterit di daerah penelitian berdasarkan jenis batuan dasar dan mineral pembawa Ni.
3. Menganalisis hubungan Ni terhadap unsur Fe, SiO₂ dan MgO pada bijih nikel laterit di lokasi penelitian.

4. Merekomendasikan metode ekstraksi Ni pada pabrik pengolahan di daerah penelitian, berdasarkan karakteristik kimia dan mineraloginya.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan di atas, penelitian ini dapat digunakan sebagai rekomendasi kepada pihak PT Sinar Jaya Sultra Utama Site Waturambaha, Sulawesi Tenggara dalam pabrik pengolahan khususnya pada metode pengolahan dan umpan yang akan diproses oleh pabrik yang nantinya lebih efisien dan efektif berdasarkan karakteristik mineralogi dan geokimia daerah penelitian.

1.5 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini penulis melakukan beberapa langkah untuk memperoleh data yang relevan untuk diolah pada daerah penelitian. Prosedur-prosedur yang dilakukan penulis yaitu sebagai berikut:

1. Pengamatan di lapangan meliputi kegiatan dengan ikut langsung ke lapangan dengan mengumpulkan data dan informasi yang sesuai dengan keperluan penelitian, adapun jenis kegiatannya yaitu sebagai berikut:
 - a. Observasi dan pengenalan lapangan di lokasi penambangan
 - b. Pengumpulan data terdiri atas 2 bagian yaitu:
 - a) Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari daerah penelitian, pengambilan conto batuan dan dokumentasi juga merupakan pengamatan langsung di lapangan khususnya di Blok B.
 - b) Data sekunder adalah data bor yang disediakan oleh PT Sinar Jaya Sultra Utama.
2. Melakukan preparasi dan pengamatan conto batuan. Prosedur preparasi dan pengamatan sebagai berikut:

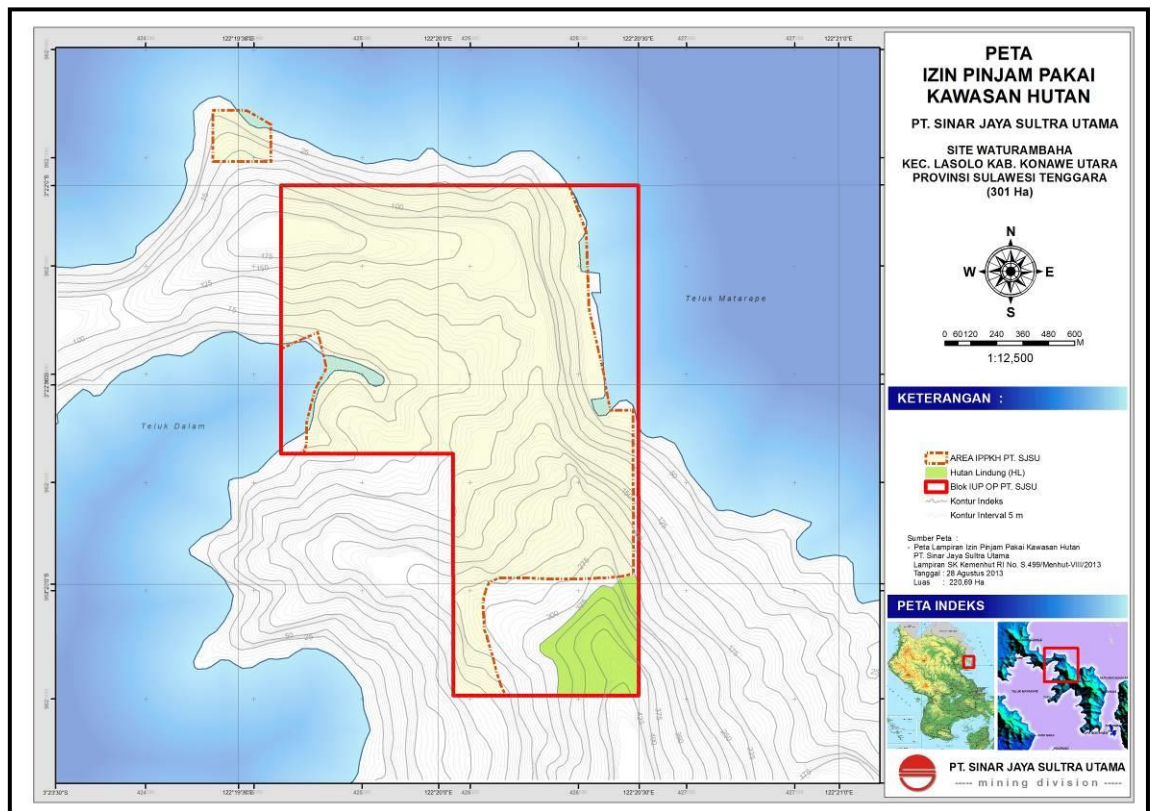
- a. Membuat sayatan tipis dari conto batuan yang diperoleh dari daerah penelitian.
 - b. Melakukan pengamatan terhadap conto batuan pada mikroskop polarisasi.
 - c. Hasil pengamatan dan deskripsi sampel batuan di lapangan yang diperoleh digunakan dalam proses penentuan tipe endapan.
3. Melakukan preparasi dan analisis XRD. Prosedur preparasi dan pengamatan sebagai berikut:
- a. Melakukan preparasi dari conto batuan yang diperoleh dari daerah penelitian menjadi sampel bubuk.
 - b. Melakukan analisis XRD terhadap conto batuan.
 - c. Hasil analisis yang berupa himpunan mineral digunakan dalam penentuan metode ekstraksi nikel laterit daerah penelitian.
4. Melakukan pengolahan data menggunakan aplikasi yang mendukung proses penyelesaian penelitian, prosedur pengolahan data meliputi:
- a. Membuat peta sebaran unsur Ni, Fe, SiO₂, MgO dan nilai rasio S/M dengan menggunakan metode *IDW (Inverse Distance Weight)*.
 - b. Hasil dari peta tersebut kemudian dapat dilihat distribusi Ni, Fe, SiO₂, MgO, serta nilai rasio S/M dan dapat digunakan dalam menentukan tipe endapan nikel laterit.

1.6 Lokasi Penelitian

PT Sinar Jaya Sultra Utama secara administrasi berada di Desa Waturambaha, Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. (Gambar 1.1). Perjalanan dari Kota Makassar menuju daerah ini dapat ditempuh melalui jalur udara menuju Kota Kendari dengan waktu tempuh ±55 menit. Dari Kota Kendari menuju kantor PT Sinar Jaya Sultra Utama sekitar 20 menit, kemudian dari

kantor pusat menuju Site Waturambaha PT Sinar Jaya Sultra Utama ditempuh dengan menggunakan jalur transportasi darat selama ± 7 jam dan memiliki medan yang cukup berat.

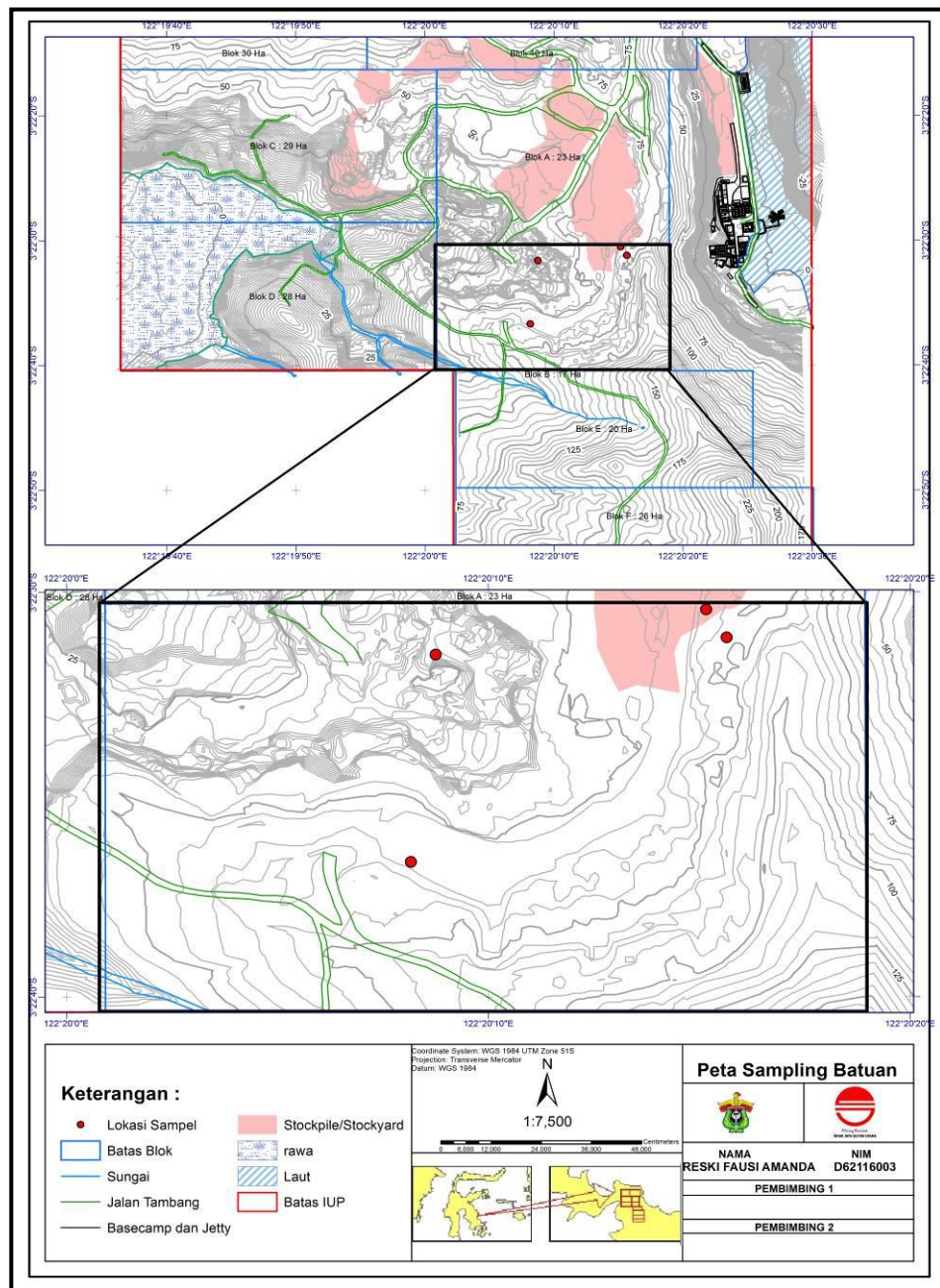
Daerah penelitian terletak di Kecamatan Lasolo Kepulauan yang memiliki luas 62,42 km² atau 1,21 % dari luas wilayah Kabupaten Konawe Utara (Gambar1.2). Wilayah administrasi Kecamatan Lasolo Kepulauan tahun 2017 dibagi menjadi 6 desa dengani ibukotanya adalah Kelurahan Boenaga. Kabupaten Konawe Utara memiliki dua musim, yaitu musim kemarau dan penghujan.



Gambar 1.1 Peta Lokasi IUP PT Sinar Jaya Sultra Utama

Musim kemarau terjadi antara bulan Mei dan Oktober, dimana angin timur yang bertiup dari Australia tidak banyak mengandung uap air, sehingga mengakibatkan musim kemarau. Sebaliknya musim hujan terjadi antara bulan November dan Maret, dimana angin barat yang bertiup dari benua Asia dan samudera Pasifik banyak mengandung uap air sehingga terjadi musim hujan. Khusus pada bulan April arah

angin tidak menentu, demikian pula curah hujan sehingga pada bulan ini dikenal sebagai musim pancaroba.



Gambar 1.2 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di IUP PT Sinar Jaya Sultra Utama tepatnya berada pada blok B dengan luas 17 Ha yang pada saat ini masih aktif dalam proses penambangan dengan menggunakan metode *open pit mining*, blok ini merupakan blok dengan cadangan tertinggi yang ada di IUP PT Sinar Jaya Sultra Utama.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

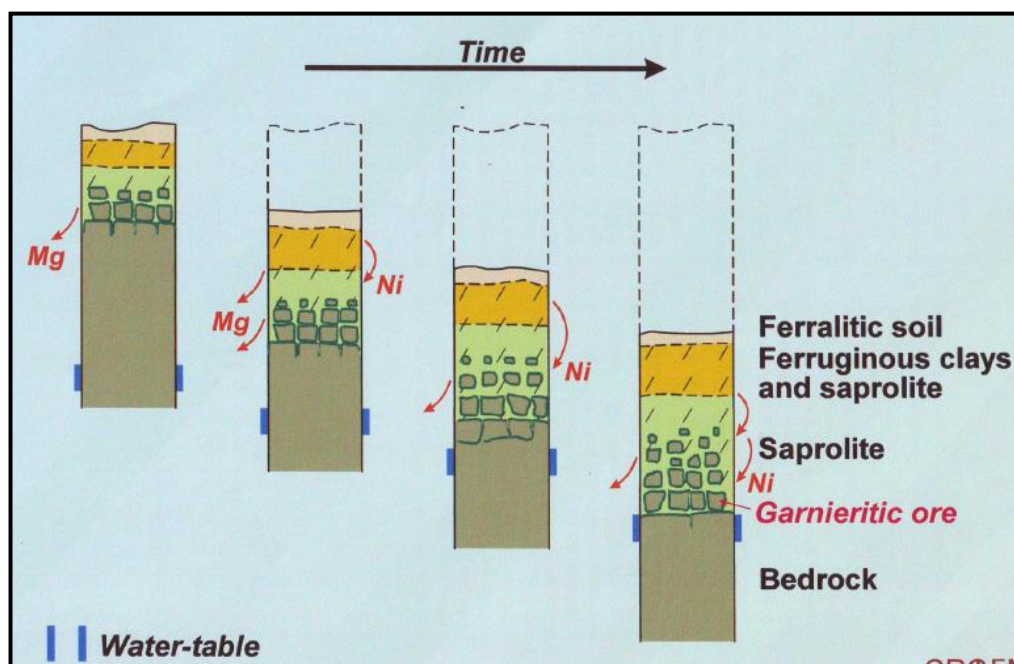
2.1 Pembentukan Nikel Laterit

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

Boldt (1967), menyatakan bahwa proses pelapukan dimulai pada batuan ultrabasa (peridotit, dunit, serpentin), di mana pada batuan ini banyak mengandung mineral olivin, magnesium silikat, dan besi silikat yang pada umumnya mengandung 0,30 % nikel. Batuan tersebut sangat mudah dipengaruhi oleh pelapukan lateritik. Air tanah yang kaya akan CO₂ berasal dari udara luar dan tumbuh-tumbuhan akan menghancurkan olivin. Terjadi penguraian olivin, magnesium, besi, nikel dan silika ke dalam larutan, cenderung untuk membentuk suspensi koloid dari partikel-partikel silika yang submikroskopis. Di dalam larutan besi akan bersenyawa dengan oksida dan mengendap sebagai ferri hidroksida. Akhirnya endapan ini akan menghilangkan air dengan membentuk mineral-mineral karat, yaitu hematit dan kobalt dalam jumlah kecil, jadi besi oksida mengendap dekat dengan permukaan tanah.

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

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



Gambar 2.1. Proses pembentukan endapan nikel laterit (Freysnet et al, 2005).

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

1. Batuan Asal

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

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

2. Iklim

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

3. Reagen-Reagen Kimia

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

4. Topografi

Keadaan topografi setempat akan sangat memengaruhi sirkulasi air beserta reagen-reagen lain. Untuk daerah yang landai, maka air akan bergerak perlahan-lahan sehingga akan mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih dalam melalui rekahan-rekahan atau pori-pori batuan. Akumulasi endapan umumnya terdapat pada daerah-daerah yang landai sampai kemiringan sedang, hal

ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi. Pada daerah yang curam, secara teoritis, jumlah air yang meluncur (*run off*) lebih banyak daripada air yang meresap sehingga dapat menyebabkan pelapukan kurang intensif.

5. Waktu

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

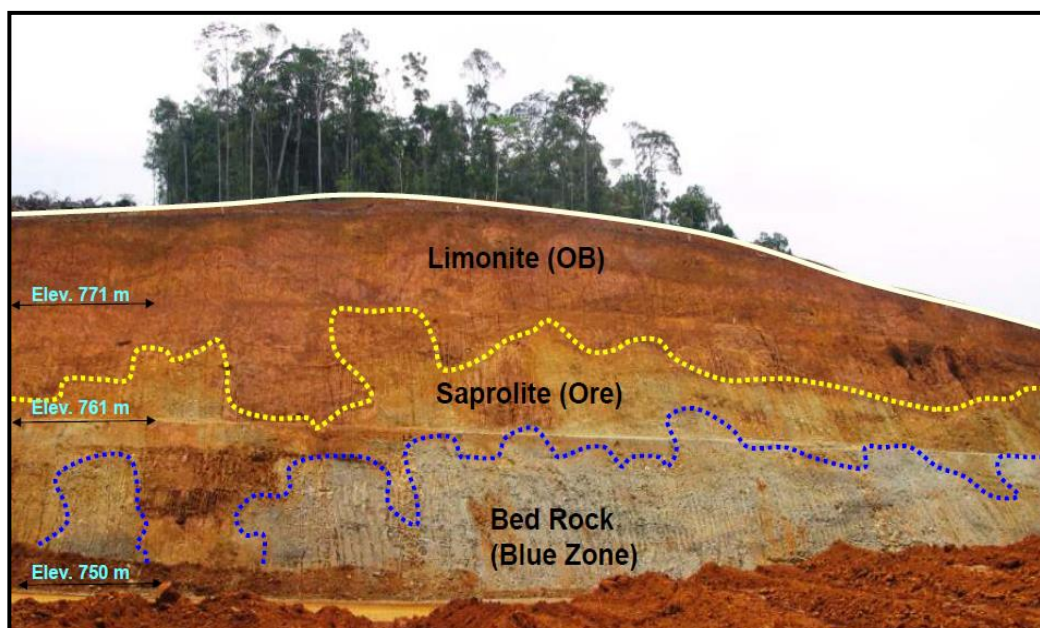
6. Struktur

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

2.2 Endapan Nikel Laterit

Endapan Nikel Laterit merupakan hasil pelapukan lanjut dari batuan ultrabasa pembawa Ni-Silikat. Umumnya terdapat pada daerah dengan iklim tropis sampai dengan subtropis. Pengaruh iklim tropis di Indonesia mengakibatkan proses pelapukan yang intensif, sehingga beberapa daerah di Indonesia bagian timur memiliki endapan nikel laterit. Menurut Vinogradov, batuan ultrabasa rata-rata mempunyai kandungan nikel sebesar 0,2 %. Unsur nikel tersebut terdapat dalam kisi-kisi kristal mineral olivin dan piroksin, sebagai hasil substitusi terhadap atom Fe dan Mg. Proses terjadinya substitusi antara Ni, Fe dan Mg dapat diterangkan karena radius ion dan muatan ion yang hampir bersamaan di antara unsur-unsur tersebut. Proses serpentinisasi yang terjadi pada batuan peridotit akibat pengaruh larutan *hydrothermal*, akan mengubah batuan peridotit menjadi batuan serpentin atau batuan serpentin peridotit. Sedangkan proses kimia dan fisika dari udara, air serta pergantian panas dingin yang bekerja kontinu, menyebabkan disintegrasi dan dekomposisi pada batuan induk.

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



Gambar 2.2 Profil endapan laterit (Ahmad, 2005).

A. Bedrock

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

B. Zona saprolit

Terletak di atas batuan dasar, zona saprolit terdiri dari batu-batu yang sebagian telah benar-benar terurai di bawah pengaruh pelapukan tropis. Proses pelapukan mulai sepanjang permukaan lipatan dan rekah mengakibatkan pembentukan bongkah atau *boluder* dalam zona saprolit. Dalam batuan dasar yang relatif sangat terserpentinisasi, batas zona saprolit tidak terbatas hanya untuk rekahan dan lipatan saja, tetapi secara aktif berlanjut ke seluruh massa batuan yang memungkinkan terjadinya akses air tanah.

Dalam zona saprolit, pelapukan batu-batu semakin meningkat ke arah atas. Magnesia larut, silika dan alkali terpindahkan dengan cepat meninggalkan konsentrasi sisa seskuioksida besi, alumina, krom dan mangan. Nikel di zona saprolit sebagian tersisa tapi kebanyakan dari pengayaan sekunder. Air tanah yang asam melarutkan nikel di bagian atas profil laterit dan menyimpannya di zona saprolit di mana peningkatan mendadak dalam alkalinitas air (karena kerusakan olivin dan pelepasan magnesium) membuat nikel terlarut. Zona saprolit juga

menjadi tempat untuk urat *garnierite* dan deposisi silika bebas sebagai urat atau *boxwork*. Bagian bawah dari zona saprolit secara bertahap menjadi kekurangan pengayaan nikel sekunder dan bukan bagian dari badan bijih.

C. Zona limonit

Terletak di atas profil laterit, zona limonit merupakan produk akhir dari pelapukan tropis batuan ultrabasa dan konsentrasi residu unsur *non-mobile*. Pencucian lengkap dari komponen larut telah meninggalkan materi yang lemah dan menyebabkan hilangnya mineral utamanya. Zona limonit terbagi beberapa tingkat, bagian paling atas dari zona terkena efek oksidasi dari udara dan membawa beberapa hematit, terutama di medan *flattish* dimana kondisi rawa juga menyebabkan solusi dan pengendapan kembali besi sebagai *iron cap*. *Iron cap* merupakan bahan konstruksi jalan yang sangat baik karena kadar air yang lebih rendah. Di bawah zona hematit, besi sebagian besar dalam bentuk goetit dan limonit, baik hidroksida besi dengan jumlah yang signifikan. Sementara seskuioksida besi, aluminium dan krom lebih atau kurang merata dalam zona limonit, mangan dan kobalt dilarutkan dan diendapkan ke bagian bawah zona limonit.

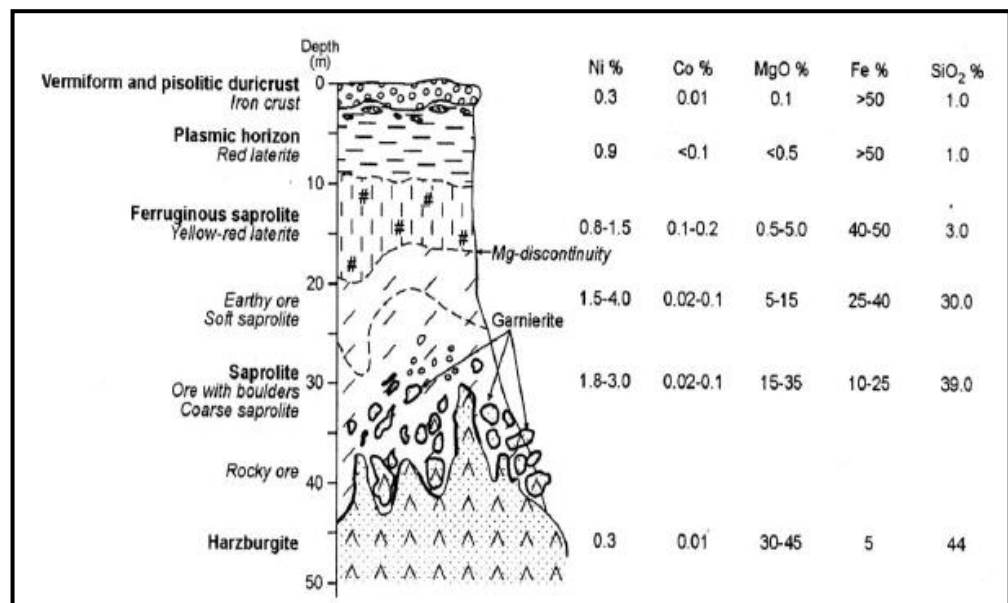
2.3 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

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

2.3.1 *Hydrous silicate deposits*

Pada endapan tipe *Hydrous Silicate* bagian bawah zona saprolit (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral *hydrous* Mg-Ni silikat (Gambar 2.3) setempat pada zona saprolit, urat-urat halus atau *box-work* dapat terbentuk. Rekahan dan batas-batas antar butir dapat terisi oleh mineral silikat dan mineral yang kaya dengan nikel.

Sebagai contoh garnierit dapat memiliki kandungan nikel sampai dengan 40%. Nikel akan mengalami pelindian dan limonit pada fase *Fe-oxyhidroxide* akan bergerak turun ke bawah sebelum terendapkan kembali sebagai *Hydrous Silicate* mineral atau menggantikan dalam ubahan serpentinit. Pengkayaan Ni melalui proses supergen ini sangat penting untuk pembentukan endapan *Hydrous Silicate* pada kadar yang ekonomis.



Gambar 2.3. Profil nikel tipe *hydrous silicate* (Freyssnet et al, 2005).

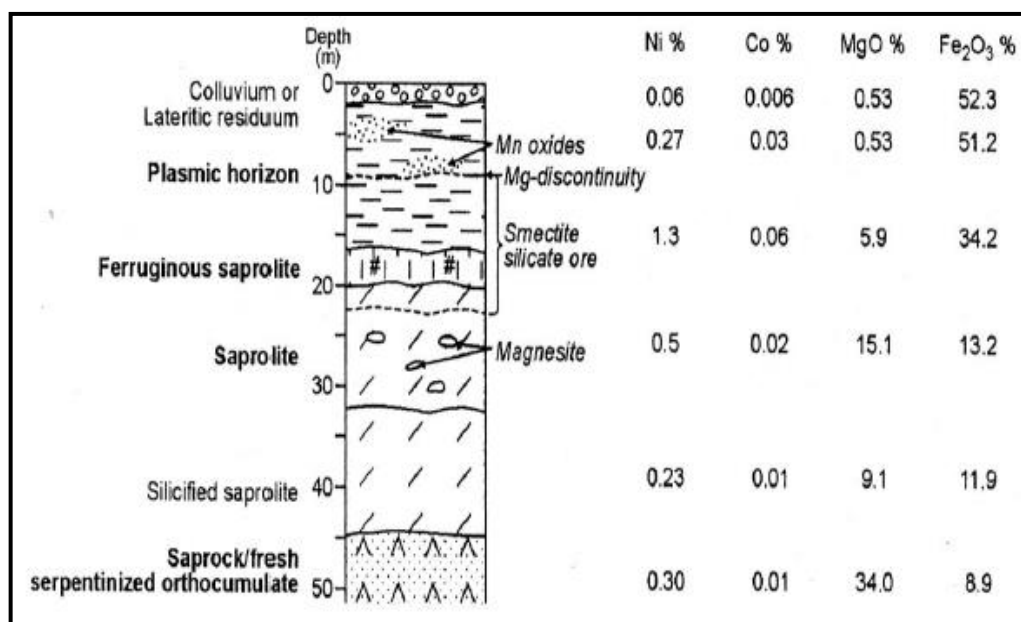
Pada endapan tipe *Hydrous Silicate*, posisi muka air tanah relatif dalam, kondisi ini menyebabkan infiltrasi air yang dalam sehingga nikel lebih banyak terakumulasi pada zona saprolit bagian bawah.

2.3.2 Clay silicate deposits

Silika (Si) dari profil laterit, hanya sebagian yang terlindungi oleh air tanah. Silika yang tersisa bersama-sama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk meral lempung seperti *Ni-rich nontronite* pada bagian tengah sampai dengan bagian atas zona saproli. Serpentin yang kaya dengan nikel juga bisa digantikan (teraltrasi) oleh smektit pada bagian yang kontak dengan air tanah sehingga larutan-larutan yang terbentuk

menjadi jenuh dengan mineral-mineral lempung ini (gambar 2.4). Secara umum, kadar nikel rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan dengan tipe *Hydrous Silicate*.

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.

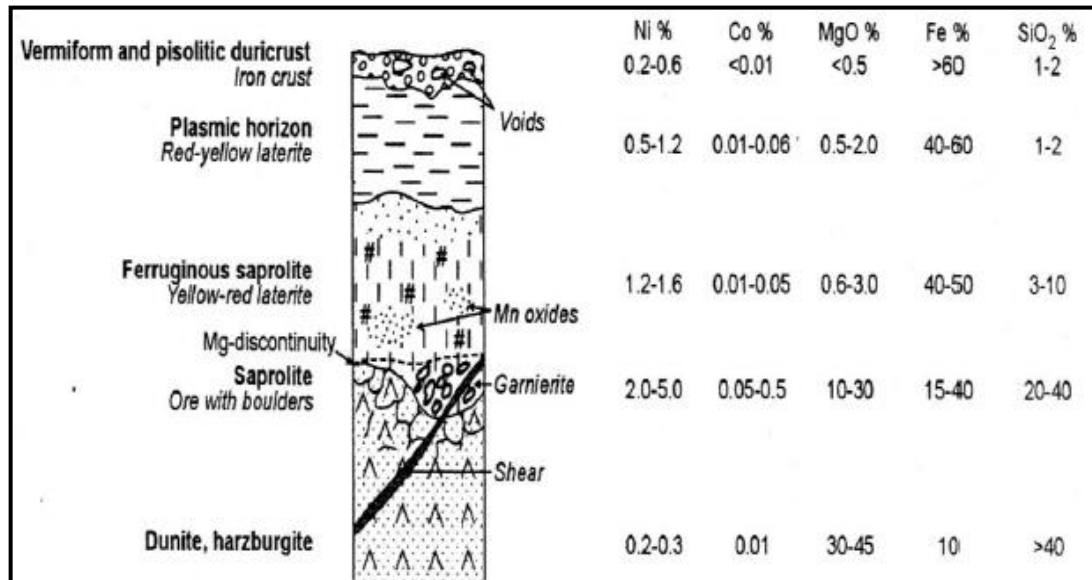


Gambar 2.4. Profil nikel tipe *clay silicate* (Freysnet et al, 2005).

2.3.3 Oxide deposits

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

terakumulasi pada zona limonit sampai saprolit bagian atas. Profil endapan tipe *oxide deposit* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Profil nikel tipe *oxide deposits* (Freyssnet et al, 2005).

Tabel 2.1 Parameter perbedaan endapan nikel laterit (Freyssnet et al, 2005).

Parameter	<i>Hydrous Silicate</i> Deposit	<i>Clay Silicate</i> Deposit	Oxide Deposit
Kadar Ni	Kandungan Ni 1.8- 2.5 %	Kandungan Ni 1.0- 1.5%	Kandungan Ni 1.0- 1.6%
Mineral	Terdapat Silika <i>box-</i> <i>work</i>	Si bersama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk mineral lempung	Mineral utamanya <i>Geothite</i>
Posisi	Posis muka air tanah	Posisi muka air tanah	Posisi muka air tanah
Muka air tanah	relatif dalam	awal relatif lebih rendah dan drainase	relatif dangkla Drainasenya tidak

		terhambat.	terhambat
	Nikel lebih banyak	Lapisan limonit lebih	Ni lebih banyak
Akumulasi	terakumulasi pada	sering terendam ai	terakumulasi pada
Ni	zona saprolit bagian	sehingga terbentuk	zona limonit sampai
	bawah	lapisan lempung	saprolit bagian atas.

Endapan Ni silika, didominasi oleh *hydrated Mg-Ni silicates* (seperti *garnierite*), biasanya terdapat di lapisan saprolit (Golightly, 1981; Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan *silicate Ni*, didominasi oleh lempung smektit (seperti nontronit), biasanya terdapat di bagian atas saprolit atau pedolit (Golightly, 1981; Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan Murrin (Australia Barat) memiliki sumberdaya Ni sebesar 334 Mt dan cadangan 145 Mt, kadar Ni rata-rata 1,07% pada zona lempung (Elias, 2006; Marsh & Anderson, 2011). Endapan Ni laterit tipe *clay* yang berada di Murrin Murrin terdiri atas lima zona yaitu: *unweathered country rock* pada bagian dasar, saprolit, smektit, limonit (lebih dikenal dengan istilah *ferruginous zone*), dan *colluvium* pada bagian atas (Wells & Butt, 2006; Marsh & Anderson, 2011).

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

silicates. Lapisan paling bawah adalah protolit yang merupakan peridotit terserpentinisasi dan harzburgit (Roqué-Rosell, *et al.*, 2010; Marsh & Anderson, 2011).

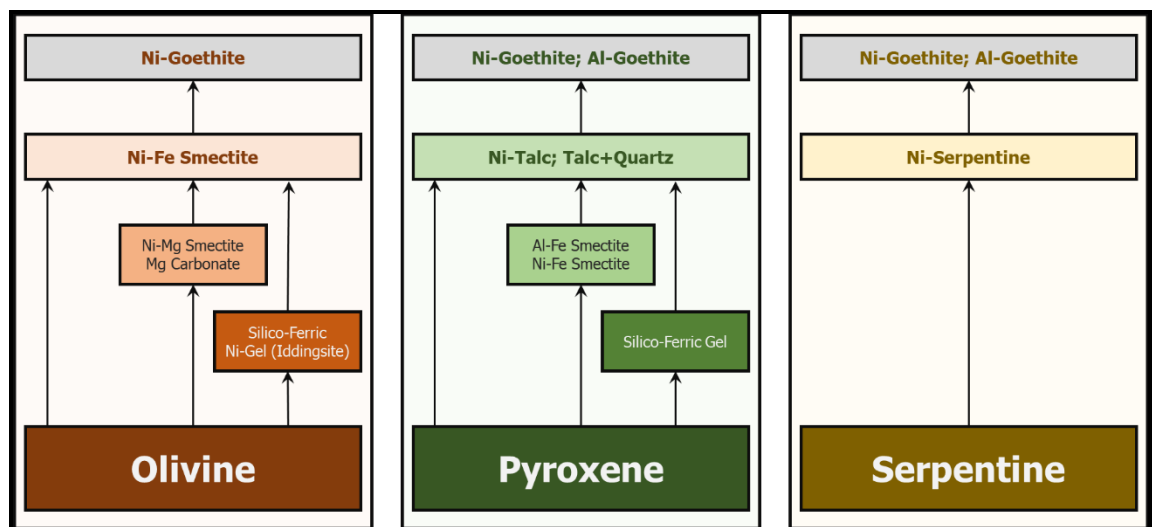
2.4 Mineralogi dan Geokimia Nikel Laterit

2.4.1 Mineralogi endapan ni laterit

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

1. olivin menjadi krisotil, magnetit, saponit, nontronit, silika, amorf dan goetit.
2. piroksin menjadi talk, smektit dan goetit.
3. serpentin menjadi smektit dan goetit.

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



Gambar 2.6 Skema transformasi mineral akibat pelapukan batuan dasar (batuan ultramafik) (Nahon, *et al.*, 1992)

Rangkaian pembentukan mineral sekunder selama proses pembentukan laterit berbeda dengan mineral primer. Pelapukan kimia yang terjadi pada olivin dan *pyroxene* lebih kompleks dari pada serpentin. Hal ini disebabkan tekstur serpentin yang

lebih halus dan komposisi kimia yang lebih homogen dari pada olivin dan *pyroxene* (Nahon, *et al.*, 1992).

2.4.2 Geokimia endapan ni laterit

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

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

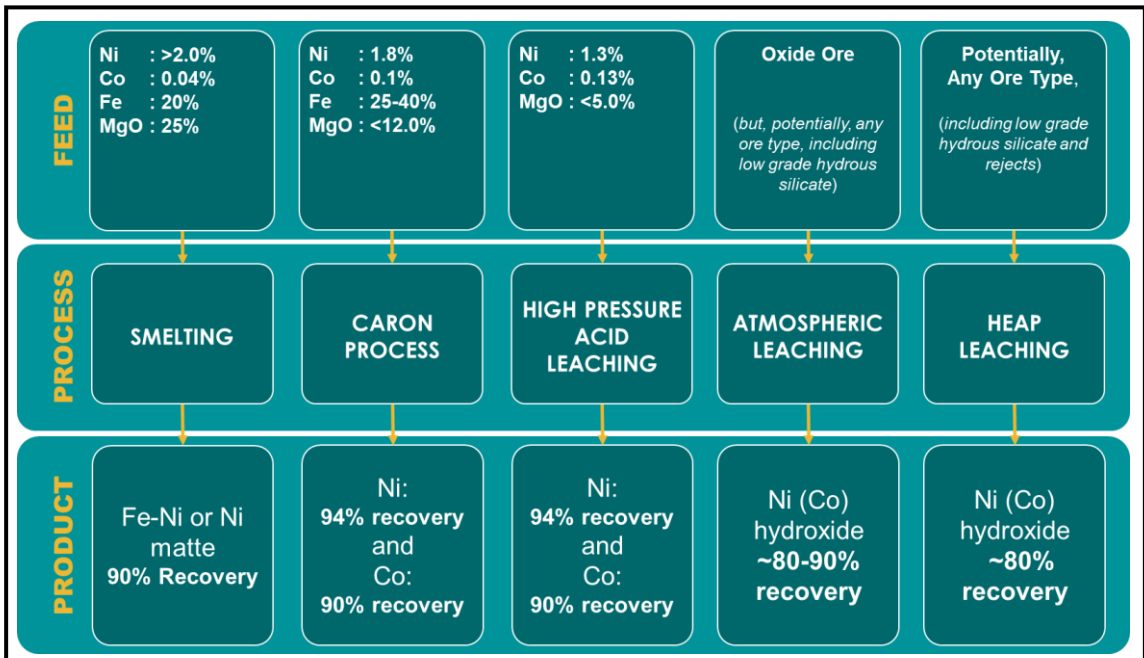
Elemen	Mobility	Kategori
Fe ⁺³	-18,1	<i>Residual Enrichment</i>
Cr ⁺³	-16,4	
Al ⁺²	-15,3	
Cu ⁺²	-5,7	
Ni ⁺²	-3,2	<i>Supergenic Enrichment</i>
Co ⁺²	-1,7	
Zn ⁺²	-1,5	
Mn ⁺²	1,3	<i>Leached</i>
Mg ⁺²	3,1	

2.5 Pengolahan Bijih Nikel

Secara historis, ekstraksi logam Ni dari bijih Ni laterit mulai dilakukan pada tahun 1897 di Pointe Caleix – Noumea, New Caledonia. Dua pabrik pengolahan lainnya menyusul masing-masing di Doniambo tahun 1910 dan Thio pada tahun 1913 (Dalvi, *et al.*, 2004).

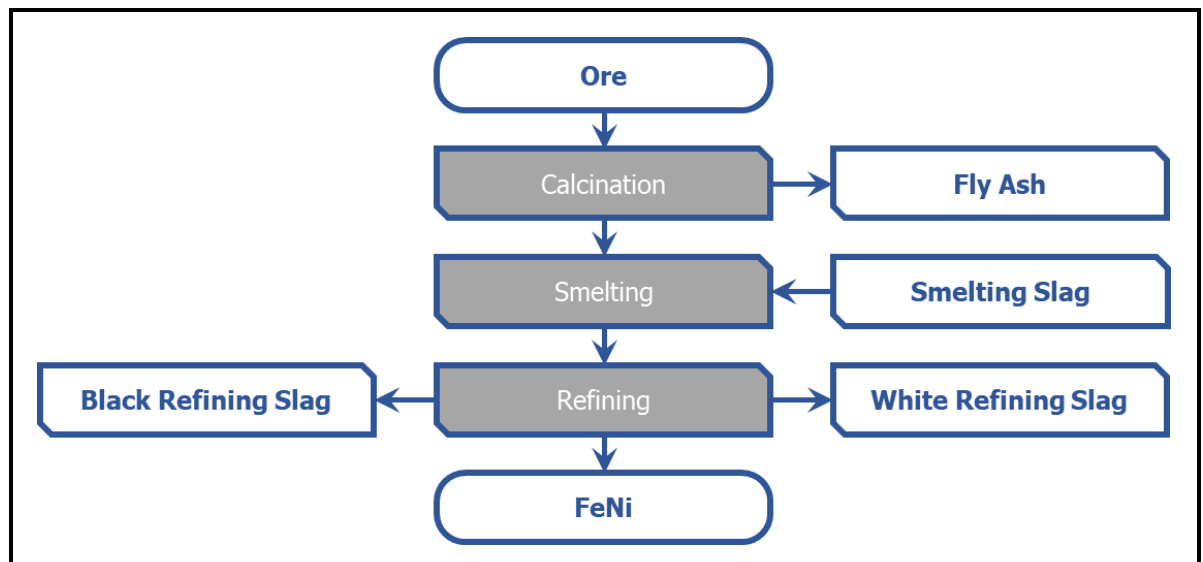
Berbagai metode pengolahan dapat diterapkan untuk mengekstrak Ni dari endapan laterit, seperti Pirometalurgi (*smelting*), menghasilkan *nickel matte* dan *ferronickel*; *caron process* dan *high-pressure acid leaching*, menghasilkan Ni dan Co; *atmospheric leaching* dan *heap leaching*, menghasilkan *Ni-hydroxide* (Butt, 2005). Metode-metode tersebut dipilih berdasarkan karakteristik mineralogi dan kimia dari bijih. Karakterisasi mineralogi dan kimia endapan Ni laterit adalah titik awal

fundamental yang harus diidentifikasi sebelum menentukan tipe pengolahan endapan Ni laterit yang tepat (Butt, 2005; Freyssinet, *et al.*, 2005; Ahmad, 2008). Dapat dilihat metode pengolahan bijih Nkel laterit pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Ringkasan variasi metode pengolahan bijih Ni laterit (Butt, 2005)

1. Smelting

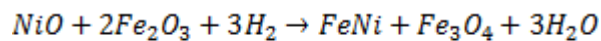


Gambar 2.8 Skema proses pengolahan *smelting* dan *refining* dalam mengekstrak Fe-Ni (Crundwell, *et al.*, 2011)

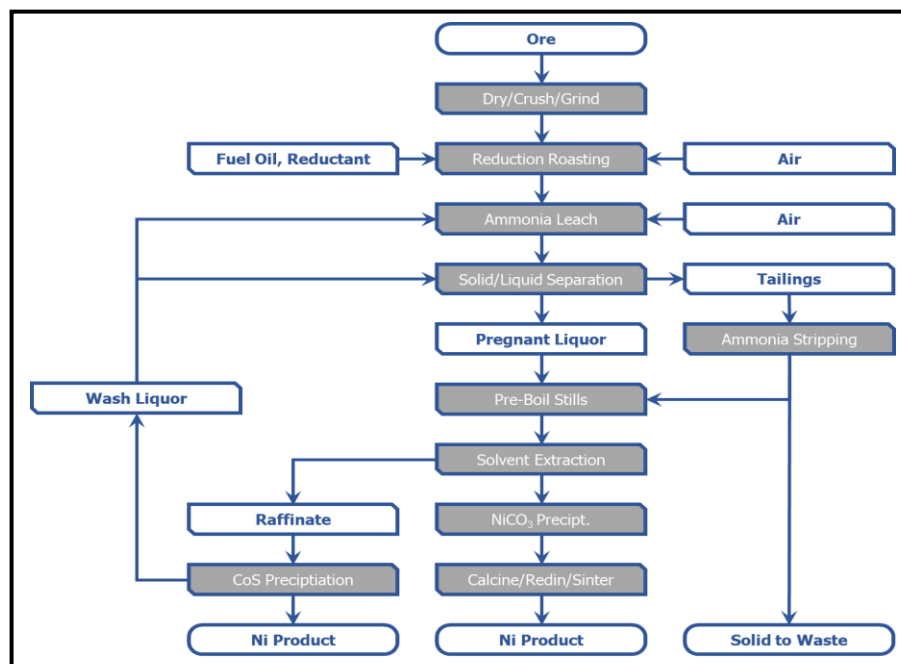
2. Caron

Proses ini pertama kali dikembangkan oleh Professor Caron di Belanda pada tahun 1920an dan dapat digunakan untuk bijih limonit dengan beberapa ketentuan juga dapat digunakan untuk bijih saprolit. Proses *caron* Beberapa tahapan proses ini yaitu pemanggangan yang dilakukan untuk mengurangi pengotor, diikuti dengan pelarutan dalam larutan amonia atau amonium karbonat (Kyle, 2010).

Kandungan besi yang terkandung akan membentuk paduan Ni dan Co dan sisanya membentuk *magnetite*. Reaksi pemanggangan pada suhu $\pm 850^{\circ}\text{C}$ yaitu (Kyle, 2010):



Bijih kemudian didinginkan sampai $150\text{--}200^{\circ}\text{C}$ dan dilarutkan dalam larutan amonia atau karbonat amonia. Ni dan Co dilarutkan sebagai kompleks amonia dan menghasilkan besi dioksidasi dan diendapkan sebagai besi hidroksida yang meninggalkan larutan pelarut bebas besi (Kyle, 2010).

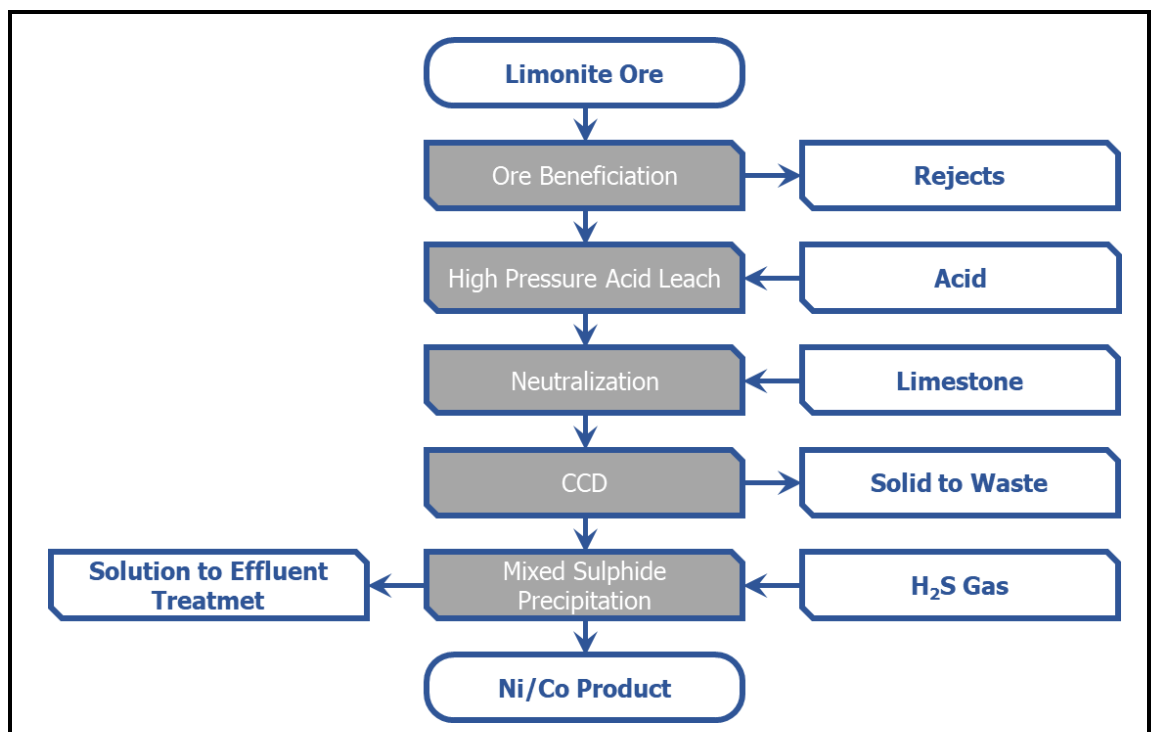


Gambar 2.9 Skema ekstraksi Ni dengan metode *Caron* (Kyle, 2010)

Keuntungan dari proses ini adalah proses pelarutan lebih sederhana menggunakan amonia pada suhu rendah, tekanan atmosfer, dan sudah terbukti dapat mengolah bijih dengan kadar rendah (Kyle, 2010).

3. *High pressure acid leaching*

Pabrik pengolahan Ni Freeport USA di Moa Bay Cuba merupakan pabrik pertama yang menggunakan proses HPAL pada tahun 1959. Proses HPAL dapat dikatakan lebih tepat sebagai proses pelarutan dan hidrolisa dari pada sebagai proses pelindian. Proses ini dilakukan dalam kondisi pelindian dengan menggunakan konsentrasi larutan asam yang tinggi serta temperatur dan tekanan yang juga tinggi. Hasil dari proses pelindian selain Ni dan Co terdapat juga besi, aluminum, silika, dan kromium yang terbentuk dalam bentuk padatan, walaupun dalam jumlah kecil dalam larutan namun menambah kompleksitas pengolahan. Reaksi pelindian menggunakan asam sulfat:



Gambar 2.10 Skema ekstraksi Ni dengan metode HPAL (Kyle, 2010)

2.6 Geologi Daerah Konawe Utara

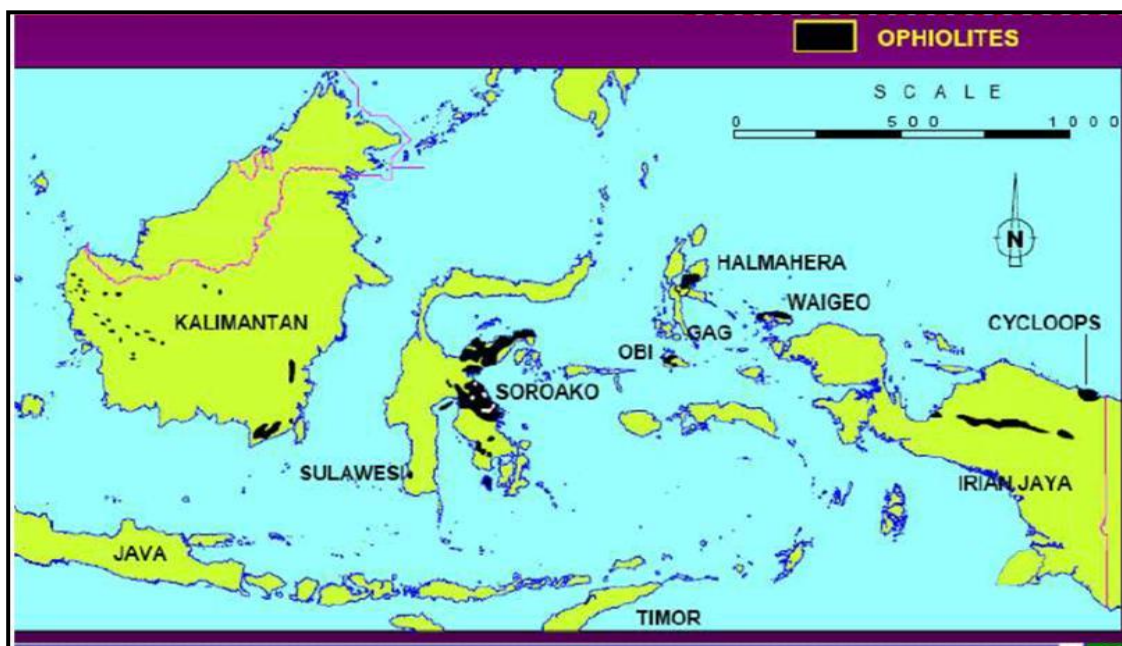
Endapan bijih nikel yang ditemukan di daerah Kecamatan Lasolo termasuk bijih nikel laterit yang terbentuk oleh hasil pelapukan batuan ultra basa. Jalur batuan ultra basa tersebut dijumpai dari Lasusua sampai Lasolo. Singkapan batuan ultrabasa umumnya telah mengalami pelapukan, berwarna kuning coklat berbintik hitam atau abu-abu putih dengan warna kehijauan pada bagian tepi luar atau pinggirnya. Pada pengamatan di lapangan terlihat adanya rekahan-rekahan kecil yang umumnya terisi oleh mineral-mineral sekunder (silika dan magnesit). Hal ini menunjukkan bahwa daerah ini dipengaruhi oleh gaya-gaya tektonik, sehingga proses pelapukan batuan terjadi dengan mudah. Terdapat dua kelompok rekahan yaitu kelompok yang berarah timurlaut sampai baratdaya dan kelompok yang berarah tenggara. Kelompok pertama umumnya diisi oleh mineral-mineral krisopras, *garnierite*, dan asbes, sedangkan kelompok yang kedua umumnya diisi oleh mineral kalsedon. Sebagian besar daerah penambangan nikel lasolo terdiri dari tanah laterit dengan warna merah.

2.7 Proses Pembentukan Endapan Bijih Nikel Daerah Konawe

Endapan bijih yang terdapat di daerah Konawe termasuk dalam jenis nikel laterit yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan asalnya yaitu batuan ultrabasa seperti batuan peridotit. Batuan induk peridotit terdiri dari mineral utama olivin dan piroksin, serta beberapa jenis mineral tambahan seperti kromit, magnetit, dan kobal. Proses serpentinasi yang terjadi pada batuan peridotit akibat pengaruh larutan *hydrothermal*, akan merubah batuan peridotit menjadi serpentininit atau batuan serpentininit peridotit. Proses ini dianggap sebagai awal terbentuknya suatu endapan residu bijih nikel. Akibat dari proses pelapukan yang terjadi pada kondisi curah hujan yang cukup tinggi sehingga membentuk air tanah dan perubahan suhu yang cepat,

maka batuan tersebut mengalami dekomposisi dan menghasilkan tanah laterit yang kaya dengan unsur-unsur Fe serta silika yang mengandung unsur-unsur Ni, Co, Mn dan Ca. Proses ini disebut sebagai proses laterisasi dimana proses mekanis memegang peranan penting, bersama sirkulasi air yang berasal dari hujan atau air yang mengandung unsur-unsur Mg, Fe, Ca akan terbawa dan larut. (Sukandarrumidi, 1999).

Proses pembentukan endapan nikel laterit ini diawali dari proses pelapukan batuan ultramafik yaitu seperti peridotit, serpentinit dan dunit dengan kandungan mineral olivin, piroksin, magnesium silikat dan besi sehingga sangat mudah mengalami proses pelapukan karena mineral-mineral tersebut tidak stabil. Sebelum terbentuk profil nikel laterit yang terdiri dari bedrock, saprolit, dan limonit, pada awalnya semua merupakan satu kesatuan bedrock yang tersingkap dipermukaan. Bedrock tersebut merupakan bagian dari kelompok batuan ofiolit yang ada di Sulawesi dan merupakan cikal bakal terbentuknya endapan nikel laterit pada area konsesi dan sekitarnya, berikut merupakan gambar peta sebaran nikel di Indonesia yang dapat dilihat pada (Gambar 2.11).



Gambar 2.11 Peta sebaran nikel di Indonesia (warna hitam pada peta) (Golightly, 1981).