

SKRIPSI

**IDENTIFIKASI TIPE ENDAPAN NIKEL LATERIT SEBAGAI
TEKNOLOGI EKSTRAKSI BIJIH NIKEL LATERIT BERDASARKAN
ANALISA PROFIL NIKEL LATERIT DAN GEOKIMIA NIKEL LATERIT
PADA PT. INDRABAKTI MUSTIKA SITE LAMERURU, KECAMATAN
LANGGIKIMA, KONAWE UTARA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh

WADI WIJAYA

D061181508



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**IDENTIFIKASI TIPE ENDAPAN NIKEL LATERIT SEBAGAI
TEKNOLOGI EKSTRAKSI BIJIH NIKEL LATERIT BERDASARKAN
ANALISA PROFIL NIKEL LATERIT DAN GEOKIMIA NIKEL LATERIT
PADA PT. INDRABAKTI MUSTIKA SITE LAMERURU, KECAMATAN
LANGGIKIMA, KONAWE UTARA, PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh

**WADI WIJAYA
D061181508**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sarjana yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 19 Oktober 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Gowa, 19 Oktober 2023

Disetujui Oleh:
Pembimbing Utama,

Prof. Dr. Eng. Ir. Asri Jaya HS, S.T., M.T., IPM.
NIP. 196909241998021000

Pembimbing Pendamping,

Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng.
NIP. 19880130 201903 3 005

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 bertandatangan dibawah ini :

Nama : Wadi Wijaya
NIM : D061181508
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Identifikasi Tipe endapan nikel laterit sebagai teknologi ekstraksi bijih nikel laterit berdasarkan analisa profil nikel laterit dan geokimia nikel laterit pada PT. Indrabakti Mustika site Lameruru, Kecamatan Langgikima, Konawe uUtara, Provinsi Sulawesi Tenggara

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Gowa, 19 Oktober 2023

Yang menyatakan

 Wadi Wijaya

SARI

WADI WIJAYA. *Identifikasi Tipe endapan nikel laterit sebagai teknologi ekstraksi bijih nikel laterit berdasarkan analisa profil nikel laterit dan geokimia nikel laterit pada PT. Indrabakti mustika site lameruru, kecamatan langgikima, konawe utara, provinsi sulawesi tenggara* (Dibimbing oleh Prof. Dr. Eng. Ir. Asri Jaya HS, S.T., M.T.,IPM₂ dan Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng)

Pembentukan endapan nikel laterit sangat dipengaruhi oleh proses serpentinisasi yang umumnya terjadi pada jenis batuan peridotit. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil endapan nikel terbesar didunia, umumnya jenis nikel indonesia merupakan jenis nikel Laterit. Nikel laterit banyak digunakan dalam dunia perindustrian dunia yang umumnya dijadikan sebagai lapisan *steel* anti karat maupun dalam industri yang lainnya. Tujuan dilakukannya penelitian ini agar dapat mengetahui karakteristik fisik dan geokimia pada profil nikel laterit dan penentuan jenis endapan nikel laterit pada daerah penelitian. Penelitian ini terletak di wilayah IUP PT. IndraBakti Mustika Kec. Langgikima, Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. Penelitian ini dilakukan dengan metode pengamatan secara langsung dilapangan dengan pengambilan data *coring* melalui proses *drilling*, selain itu dilakukan analisis petrografi, dan analisis Geokimia (X-Ray). Profil nikel laterit umumnya terdapat 3 zona yaitu zona Limonit, Saprolit dan Bedrock. Disetiap lapisan tersebut memiliki karakteristik secara fisik dan kimia disetiap profil. Secara mineralisasi pada zona limonit umumnya keterdapat mineral oksida besi banyak dijumpai contohnya mineral *goethite*, *mangan* dan *hematite* hal tersebut terjadi karena proses oksidasi yang tinggi pada zona tersebut dan juga mineral tersebut termasuk dalam mineral non *mobile* pada lapisan saprolitt umumnya keterdapat mineral serpentin dll, dan pada lapisan bedrock yang sangat minim pelapukan dijumpai mineral asli batuan yaitu Piroksin, Olivin, dan silika.

Kata Kunci: *Serpentinisasi*, Ultramafik, Mineral, Geokimia, hidrometalurgi, pirometalurgi

ABSTRACT

WADI WIJAYA. *Identification of laterite nickel deposit type as laterite nickel ore extraction technology based on laterite nickel profile analysis and laterite nickel geochemistry at PT Indrabakti mustika lameruru site, langgikima sub-district, north konawe, southeast sulawesi province. (Guided by Prof. Dr. Eng. Ir. Asri Jaya HS, S.T., M.T.,IPM and Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng)*

The formation of laterite nickel deposits is strongly influenced by the serpentinization process that generally occurs in peridotite rock types. Indonesia is one of the largest nickel producing countries in the world, generally the type of Indonesian nickel is the laterite nickel type. Laterite nickel is widely used in the world's industrial world, which is generally used as an anti-rust steel coating and in other industries. The purpose of this research is to determine the physical and geochemical characteristics of nickel laterite profiles and determine the type of nickel laterite deposits in the study area. This research is located in the IUP area of PT IndraBakti Mustika, Langgikima subdistrict, North Konawe, Southeast Sulawesi Province. This research was conducted by direct observation method in the field by taking coring data through drilling process, besides petrographic analysis and geochemical analysis (X-ray). The profile of nickel laterite generally has 3 zones, namely limonite, saprolite and bedrock zones. Each layer has physical and chemical characteristics in each profile. In the mineralization in the limonite zone, generally iron oxide minerals are found, for example, goethite, manganese and hematite minerals, this occurs due to the high oxidation process in the zone, and also these minerals are contained in the non-mobile minerals in the saprolite layer; generally serpentine minerals, etc., and in the bedrock layer; which is very minimally weathered, native rock minerals are found, namely pyroxine, olivine and silica.

Keywords: *Serpentinization, ultramafic, minerals, geochemistry, Hydrometallurgy, Pyrometallurgy*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami ucapkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas berkah dan rahmat-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Identifikasi Tipe Endapan Nikel Laterit Sebagai Teknologi Ekstraksi Bijih Nikel Laterit Berdasarkan Analisa Profil Nikel Laterit Dan Geokimia Nikel Laterit Pada PT. Indrabakti Mustika Site Lameruru, Kecamatan Langgikima, Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara”**

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini di antaranya,

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Asri Jaya HS, S.T., M.T.,IPM. sebagai dosen pembimbing utama kami yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan baik dalam proses pengambilan dan pengolahan data, serta penulisan laporan. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
2. Bapak Sahabuddin Jumadil, S.T., M.Eng sebagai dosen pembimbing pendamping kami yang telah sabar dalam memberikan arahan dan masukan baik dalam proses pengambilan dan pengolahan data, serta penulisan laporan. Kami juga berterimakasih atas hal-hal di luar sangkut paut bimbingan pemetaan geologi ini. Banyak sekali hal – hal yang saya dapatkan dari Bapak. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
3. Bapak Dr. IR. Musri Mawaleda, M.T sebagai dosen penguji 1 semoga segala urusan bapak di lancarkan
4. Bapak Bahrul Hidayah, S.T.,M.T sebagai dosen penguji 2 semoga segala urusan bapak di lancarkan
5. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak yang akan datang.
6. Bapak Ir. Achmad Ramdhoni Dahlan, S.T.,IPM selaku kepala teknik tambang PT. Ibm yang telah memberikan waktu dan ruang kepada penulis

7. Bapak andi setiabudy S.T selaku Head Officer PT. Ibm yang telah memberikan waktu dan ruang kepada penulis
8. Bapak Eko Adi Sudaryo S.T dan seluruh Geologist PT. Ibm yang telah memberikan waktu dan ilmunya agar penulis dapat mengerti kegiatan dan tahapan di departemen eksplorasi mulai dari kegiatan lapangan dan pencatatan data lapangan, deskripsi sampel, sampai dengan penyusunan laporan
9. Bapak Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama saya menempuh pendidikan perkuliahan. Semoga Allah lancarkan dan mudahkan urusan – urusan Bapak dan Ibu yang akan datang.
10. Kepada istri saya tercinta yang telah sabar dan setia menemani disetiap urusan dan proses penyusunan skripsi ini.
11. Kepada Kedua Orangtua kami, yang senantiasa mengiringi do'a kepada penulis demi dapat menjadi orang yang membanggakan bagi keluarga.
12. Kepada staf pak Taju terima kasih telah banyak membantu dalam proses administrasi, semoga segala urusan bapak dilancarkan
13. Teman-teman *Xenolith* (Teknik Geologi Angkatan 2018) yang selalu menjadi penyemangat penulis dalam pengerjaan laporan.

Penulis menyadari bahwa skripsi 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 skripsi ini. Akhir kata, semoga laporan pemetaan geologi 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.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Gowa, Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Waktu Dan Lokasi Penelitian.....	3
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional	5
2.2 Geologi Regional Daerah penelitian.....	6
2.2.1 Fisiografi Regional Daerah Penelitian	7
2.2.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian	10
2.2.3 Struktur Geologi Regional Daerah Penelitian	13
2.3 Nikel Laterit.....	14
2.3.1 Endapan Nikel Laterit.....	14
2.3.2 Faktor Pengontrol Endapan Nikel Laterit.....	15
2.3.3 Ganesa Endapan Nikel Laterit	18
2.3.4 Profil Endapan Nikel Laterit.....	20
2.4 Serpentinisasi	22
2.5 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit.....	22
2.6 Mineralogi Endapan Nikel Laterit	26

2.7	Geokimia Endapan Nikel Laterit	27
2.8	Pengolahan dan Pemurnian Nikel.....	28
2.8.1	Pengolahan Jalur Pirometalurgi	29
2.8.2	Pengolahan Jalur Hidrometalurgi	30
2.8.3	Pengolahan Kombinasi Piro-Hidrometalurgi.....	30
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....		32
3.1	Metode Penelitian	32
3.2	Tahapan Penelitian	32
3.2.1	Tahapan Persiapan	32
3.2.2	Tahap Observasi Lapangan.....	32
3.2.2.1	Pemasangan Stakeout untuk Hole ID Titik Pengeboran.....	34
3.2.2.2	Pengambilan dan pencatatan data <i>logging</i> Berupa Kegiatan <i>Core Drilling</i>	34
3.2.3	Tahapan Preparasi Sampel di Laboratorium PT. IndraBakti Mustika	36
3.2.4	Analisa Data XRF	42
3.2.4.1	Pengolahan Data Unsur.....	42
3.2.4.2	Pengolahan data statistik.....	43
3.2.4.3	Pengolahan Profil Laterit (Grafik Unsur)	44
3.2.4	Analisis Petrografi	44
3.2.5	Pembuatan Peta.....	45
3.2.6	Penyusunan Laporan.....	45
BAB IV PEMBAHASAN.....		46
4.1	Kondisi Regional Daerah Penelitian.....	46
4.2	Ultramafik Sebagai Batuan Dasar (<i>Bedrock</i>).....	46
4.3	Analisis Profil Nikel Laterit.....	49
4.4	Karakteristik Secara Fisik dan Geokimia Endapan Nikel Laterit dari setiap Blok Daerah Penelitian.....	52
4.4.1	Karakteristik Secara fisik.....	52
4.4.2	Karakteristik Secara Geokimia	58
4.5	Jenis Tipe Endapan Nikel Laterit Berdasarkan peta Sebaran kadar Ni pada daerah Penelitian dan geokimia.....	69

4.6	Korelasi Profil Lapisan Bijih Nikel Laterit Dengan Jalur Proses Pengolahannya	71
4.6.1	Hole ID KM-2012.....	71
4.6.2	Hole ID KL-1076.....	73
4.6.3	Hole ID KD-0115	75
4.6.4	Hole ID BT-2410	76
4.6.5	Hole ID SL-2150	77
4.7	Korelasi Profil Lapisan Bijih Nikel Laterit Dengan Jalur Proses Pengolahannya	79
BAB V PENUTUP		81
5.1	Kesimpulan	81
5.2	Saran	82
DAFTAR PUSTAKA.....		83
LAMPIRAN 1.....		86
LAMPIRAN 2.....		88
LAMPIRAN 3.....		90
LAMPIRAN 4.....		92
LAMPIRAN 5.....		94
LAMPIRAN 6.....		96
LAMPIRAN 7.....		98
LAMPIRAN 8.....		100
LAMPIRAN 9.....		102
LAMPIRAN 10.....		105
LAMPIRAN 11		108
LAMPIRAN 12.....		110
LAMPIRAN 13.....		113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian.....	4
Gambar 2 Peta Tektono-Stratigrafi Pulau Sulawesi (Kadariusman, 2004)	5
Gambar 3 Peta Geologi Regional Daerah Lameruru & Sekitarnya (Rusmana dkk,1993).....	7
Gambar 4 Pembagian Mandala Geologi Sulawesi (Surono, 2010).....	8
Gambar 5 Terminologi nikel laterit mineralogi umum. Diadaptasi dari Samama (1986) dan Freyssinet, dkk (2005)dalam Erin Marsh, dkk (2010).....	15
Gambar 6 Klasifikasi batuan ultramafik (kiri), dan klasifikasi batuan peridotit (kanan) Streckeisen (1976).	16
Gambar 7 Simplifikasi bentuk morfologi laterit (Ahmad, 2008).....	17
Gambar 8 Penampang ideal profil nikel laterit (Modifikasi Samama, 1986. Dalam ErinMarsh, (2010).....	19
Gambar 9 Profil laterit dikembangkan pada batuan ultrabasa serpentinisasi yang menunjukkan bijih nikel laterit utama. (A) oksida; (B) sebagian silikat oksida; (C) silikat Mghidro; (D) Silikat lempung (Butt & Cluzel, 2013)	20
Gambar 10 Profil endapan Nikel Laterit pada daerah penelitian.....	21
Gambar 11 Profil Nikel Tipe Hydrous Silicate (Freyssnet et al, 2005).....	23
Gambar 12 Profil Nikel Tipe clay silicate deposite (Freyssnet et al, 2005).....	24
Gambar 13 Profil Nikel Tipe exide deposite Freyssnet et al, 2005)	25
Gambar 14 Skema transformasi mineral akibat pelapukan batuan dasar (batuan ultramafik) (Nahon, <i>et al.</i> , 1992)	27
Gambar 15 Diagram alir tahapan penelitiaan	30
Gambar 16 Kegiatan Pemboran dengan mesin Jacro 200.....	31
Gambar 17 <i>Core box</i> yang berisi <i>core</i> hasil pemboran	32
Gambar 18 Tabel Pencatatan Data Pemboran (<i>Form Logging</i>).....	32
Gambar 19 Alas untuk Mixing Sampel	34
Gambar 20 Gambar Oven/ Pengering Sampel.....	34

Gambar 21 Jaw Crushers	35
Gambar 22 Alat <i>Double Roll</i>	35
Gambar 23 Alat <i>Dish Mill</i>	36
Gambar 24 Alat untuk tes kehalusan sampel	36
Gambar 25 Sampel yang telah halus	37
Gambar 26 Alat <i>press pellet</i> max 20 ton	37
Gambar 27 Hasil press sampel menjadi <i>Pellet</i>	38
Gambar 28 Alat x-ray Epsilon 4	38
Gambar 29 Contoh data spreadsheet yang merupakan hasil gabungan dari data XRF (data kimia), data geologi, data coring, data preparasi dan dengan pengamatan foto <i>core</i>	40
Gambar 30 Contoh foto <i>core</i> merupakan sebagai salah satu data yang digunakan untuk memvalidasi <i>spreadsheet</i>	40
Gambar 31 Klasifikasi batuan ultramafik menurut IUGS dalam Streckeisen (1976).....	41
Gambar 32 Contoh Peta yang dibuat (Peta ketebalan Zona Saprolit).....	42
Gambar 33 Peta Kontur Daerah Penelitian	43
Gambar 34 Kenampakan Litologi Dunit pada stasiun pengambilan sampel 1 pada blok 4	44
Gambar 35 Kenampakan petrografis Dunit pada sayatan ST 01, yang memperlihatkan kandungan mineral berupa Olivin, dan Mineral Opaq.....	44
Gambar 36 Kenampakan Litologi Peridotit pada stasiun pengambilan sampel 2 pada blok 3	45
Gambar 37 Kenampakan petrografis Dunit pada sayatan ST 01, yang memperlihatkan kandungan mineral berupa Olivin, piroksin, serpentine, klorit dan Mineral Opak	47
Gambar 38 Lapisan Limonit	47
Gambar 39 Lapisan Saprolit.....	47
Gambar 40 Lapisan <i>Bedrock</i>	48
Gambar 41 Profil Endapan nikel Laterit pengambilan di Blok 6 dengan arah foto	

N 23°E	49
Gambar 42 Hole Id-KM-2120 Lapisan Limonit	50
Gambar 43 Hole Id-KM-2120 Lapisan Saprolit	50
Gambar 44 Hole Id-KM-2120 Lapisan Boulder/ <i>Bedrock</i>	50
Gambar 45 Hole Id KL-1076 Lapisan Limonit.....	51
Gambar 46 Hole Id KL-1076 Lapisan Saprolit.....	51
Gambar 47 Hole Id KL-1076 Lapisan <i>Bedrock</i>	52
Gambar 48 Hole Id KD-0115 Lapisan Limonit	52
Gambar 49 Hole Id KD-0115 Lapisan Saprolit	52
Gambar 50 Hole Id KD-0115 Lapisan <i>Bedrock</i>	53
Gambar 51 Hole Id BT-2410 Lapisan Limonit	53
Gambar 52 Hole Id BT-2410 Lapisan Saprolit	53
Gambar 53 Hole Id BT-2410 Lapisan <i>Bedrock</i>	54
Gambar 54 Hole Id SL-2150 Lapisan Limonit	54
Gambar 55 Hole Id SL-2150 Lapisan Saprolit	54
Gambar 56 Hole Id SL-2150 Lapisan <i>Bedrock</i>	55
Gambar 57 Profil vertikal laterit pada titik KM-2012.....	57
Gambar 58 Profil vertikal laterit pada titik KL-1076.....	59
Gambar 59 Profil vertikal laterit pada titik KD-0115.....	61
Gambar 60 Profil vertikal laterit pada titik BT-2410	63
Gambar 61 Profil vertikal laterit pada titik SL-2150.....	65
Gambar 62 Peta sebaran Ni Lapisan Limonit	67
Gambar 63 Peta sebaran Ni Lapisan Saprolit	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Faktor-faktor yang menentukan skenario iklim yang digunakan untuk menggambarkan variasi endapan laterit nikel-kobalt (Golightly, 1981, 2010 dalam ErinMarsh, dkk. 2010)	18
Tabel 2 Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freysnet et al, 2005)	25
Tabel 3 Klasifikasi <i>mobile element</i> pada endapan Ni laterit (Trescases, 1975)....	28
Tabel 4 Hasil dari analisis lab berupa kandungan kadar	42
Tabel 5 Data Rata-Rata Persentase unsur pada Hole Id KM-2012	59
Tabel 6 Data Rata-Rata Persentase unsur pada Hole Id KL-1076	61
Tabel 7 Data Rata-Rata Persentase unsur pada Hole Id KD-0115	63
Tabel 8 Data Rata-Rata Persentase unsur pada Hole Id BT-2410	65
Tabel 9 Data Rata-Rata Persentase unsur pada Hole Id SL-2150.....	67
Tabel 10 Parameter Perbedaan Jenis Endapan Nikel Laterit (Freysnet et al, 2005).....	71
Tabel 11 Hole-id Km 2012 dan jalur ekstraksinya	71
Tabel 12 Hole-id Kl 1076 dan jalur ekstraksinya	73
Tabel 13 Hole-id Kd 0115 dan jalur ekstraksinya	75
Tabel 14 Hole-id BT 2410 dan jalur ekstraksinya	76
Tabel 15 Hole-id SL 2150 dan jalur ekstraksinya.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Peta Blok Daerah Penelitian	86
Lampiran 2 Peta Geologi Daerah Penelitian	88
Lampiran 3 Peta Ketebalan Limonit Daerah Penelitian.....	90
Lampiran 4 Peta Ketebalan Saprolit Daerah Penelitian.....	92
Lampiran 5 Peta Kadar Ni Limonit Daerah Penelitian	94
Lampiran 6 Peta Kadar Ni Saprolit Daerah Penelitian	96
Lampiran 7 Deskripsi Pterografi Sampel 1 (Dunit)	98
Lampiran 8 Deskripsi Pterografi Sampel 2 (Peridotit)	100
Lampiran 9 Data <i>Assay</i> Hole ID KM-2012.....	102
Lampiran 10 Data <i>Assay</i> Hole ID KL-1076.....	105
Lampiran 11 Data <i>Assay</i> Hole ID KD-0115	108
Lampiran 12 Data <i>Assay</i> Hole ID BT-2410	110
Lampiran 13 Data <i>Assay</i> Hole ID SL-2150	113

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel merupakan salah satu sumber daya mineral ekonomis di bumi ini berguna untuk memenuhi kebutuhan dibidang perindustrian. Nikel mempunyai sifat tahan karat. Perpaduan nikel, krom, dan besi menghasilkan baja tahan karat (*stainless steel*) yang banyak diaplikasikan pada peralatan dapur (sendok, dan peralatan memasak). Ornamen-ornamen rumah dan gedung, serta komponen industri. Terdapat dua sumber keterdapatan utama nikel yang berasal dari tambang, yaitu bijih nikel sulfida dan nikel laterit. Menurut Farrokhpay, 2018 sekitar 70% dari sumberdaya nikel ada di laterit 30% lainnya berada di sulfida nikel. Belakangan ini nikel laterit lebih menarik untuk produksi nikel, karena jumlah bijih nikel sulfida tingkat tinggi telah berkurang. Selain itu, biaya eksplorasi bijih laterit yang lebih rendah membuat bijih ini lebih menarik daripada nikel sulfida.

Menurut Ahmad, 2008 endapan Nikel Laterit merupakan hasil pelapukan lanjut dari batuan ultramafik pembawa Ni-Silikat. Jenis-jenis batuan tersebut adalah batuan Peridotit, Dunit, dan Hazburgit. Nikel laterit umumnya ditemukan pada daerah tropis, dikarenakan iklim yang mendukung terjadinya pelapukan mekanis, yang menimbulkan rekahan-rekahan pada batuan yang kemudian mempermudah proses atau reaksi kimia terutama dekomposisi batuan.

Menurut Butt dan Morris, 2005 keberadaan endapan nikel laterit umumnya banyak tersebar pada daerah selatan, timur, dan Sulawesi Tenggara. Pada kali ini akan dibahas keterdapatan nya didarah Sulawesi Tenggara yaitu pada daerah Langgikima, Desa Molore yaitu PT. IndraBakti Mustika

PT. Indrabakti Mustika merupakan perusahaan tembang dengan komoditas bahan galian berupa nikel laterit. Perusahaan ini terletak di Konawe Utara Kecamatan Langgikima, Desa Molore Sulawesi Tenggara. Perusahaan tersebut sampai saat ini masih dalam tahapan produksi dan juga tahapan eksplorasi terus berlanjut. Proses penambangan bijih nikel melalui beberapa tahan mulai dari proses *clearing* atau

pembersihan vegetasi, *stripping* atau pengupasan lapisan tanah penutup. Lalu proses mining atau pengangkutan lapisan ekonomis atau bijih nikel yang umumnya keterdapatan lapisan ekonomis berada pada zona Saprolit. Lapisan ekonomis yang telah digali kemudia diangkut ke atas dump truck dan selanjutnya dibawa ke *stockpile*.

Beberapa peneliti termasuk Ahmad (2012) mengatakan endapan Ni laterit secara mineralogi dibagi menjadi 3 tipe yaitu endapan silikat Ni, didominasi oleh silikat Mg,-Ni terhidrasi, endapan Silikat Ni, didominasi oleh lempuang smektit dan endapan Oksida, didominasi oleh Fe oxyhydrooxides. Masing-masing tipe memiliki karakter dan faktor pembentuk yang berbeda-beda seperti Unsur Ni, Mineralogi, Iklim, Relief, tektonik, struktur primer dan batuan dasarnya.

Hal ini menjadikan Daerah penelitian menarik untuk diteliti lebih jauh, terutama untuk mengetahui karakteristik dari profil endapan nikel laterit pada daerah penelitian yaitu pada PT. IndraBakti Mustika.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik fisik serta kimia profil endapan nikel laterit pada daerah penelitian
2. Bagaimana tipe endapan yang tersebar pada daerah penelitian
3. Bagaimana proses ekstraksi bijih nikel yang sesuai dengan kadar Bijih nikel pada daerah penelitian

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dilakukakannya penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana karakteristik bijih nikel pada daerah penelitian yaitu pada PT. IndraBakti Mustika Site Lameruru.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik secara fisik dan kimia profil endapan nikel laterit pada daerah penelitian

2. Mengetahui tipe endapan pada profil nikel laterit pada daerah penelitian
3. Mengetahui proses ekstraksi bijih nikel pada daerah penelitian

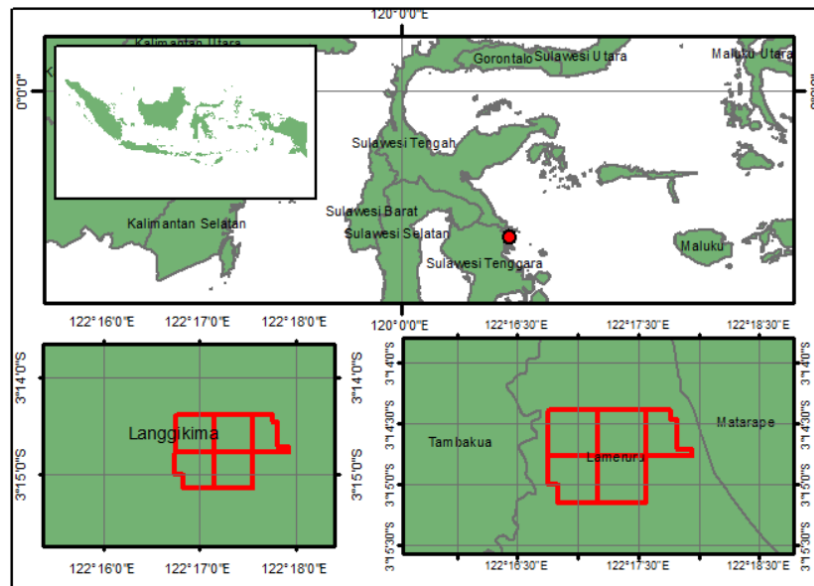
1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan terbatas pada karakteristik fisik permukaan dan bawah permukaan endapan nikel laterit, karakteristik geokimia endapan laterit dan pengidentifikasian tipe endapan untuk mengetahui proses ekstraksi bijih nikel pada daerah penelitian PT. IndraBakti Mustika

1.5 Waktu Dan Lokasi Penelitian

Secara administratif daerah penelitian termasuk dalam Daerah kawasan tambang PT. Indrabakti Mustika yang terletak di Lameruru, Kecamatan Langgikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Daerah penelitian termasuk dalam Lembar 2212 nomor 2212-51 Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 50.000 yang diterbitkan BAKOSURTANAL edisi I tahun 1992. Izin Usaha Pertambangan pada daerah penelitian mencakup luas wilayah 576 hektar dengan jenis komoditas berupa nikel.

Daerah penelitian terletak 961 kilometer di sebelah barat laut dari Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Daerah penelitian ditempuh dengan menggunakan transportasi udara berupa pesawat terbang dengan waktu ± 45 menit perjalanan dari Bandara Internasional Sultan Hasanuddin. Selanjutnya perjalanan dilanjutkan dengan transportasi darat dari mess PT. Indrabakti Mustika sejauh 190 kilometer ke arah timur laut dengan rentang waktu perjalanan selama ± 4 jam menuju *site* PT. Indrabakti Mustika di Kecamatan Laanggikima, Kabupaten Konawe Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara.



Gambar 1 Peta Tunjuk Lokasi Penelitian

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini secara umum sebagai referensi yang berkaitan dengan karakteristik fisik endapan nikel, karakteristik geokimia setiap zona pada endapan laterit, karakteristik petrografi serta sebaran endapan nikel laterit.

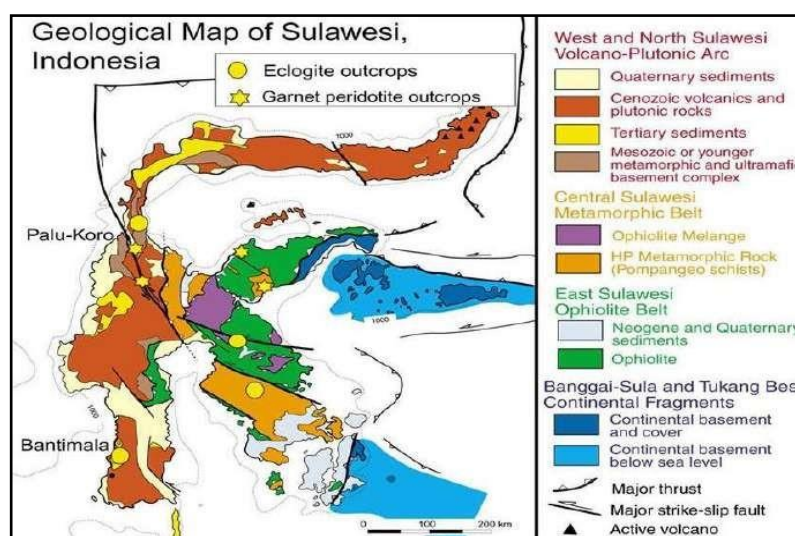
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Reginal

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

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



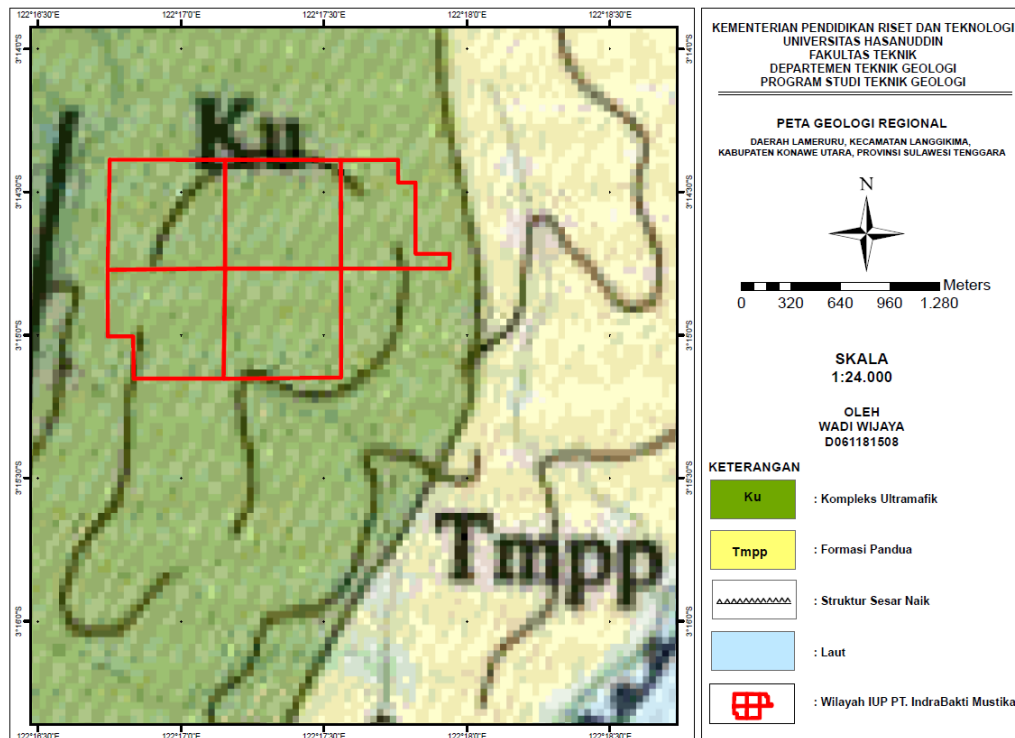
Gambar 2 Peta Tektono-Stratigrafi Pulau Sulawesi (Kadarusman, 2004)

2.2 Geologi Regional Daerah penelitian

Geologi regional daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari skala 1 : 250.000 oleh E. Rusmana dkk (1993). Pembahasan geologi regional terdiri dari penjelasan mengenai geomorfologi regional daerah penelitian, stratigrafi regional daerah penelitian, dan tektonik regional daerah penelitian.

Simandjuntak dan Surono (2010), menjelaskan bahwa berdasarkan sifat geologi regionalnya, Pulau Sulawesi dan sekitarnya dapat dibagi menjadi beberapa mandala geologi yakni salah satunya adalah mandala geologi Sulawesi Timur. Mandala ini meliputi Lengan Tenggara Sulawesi, Bagian Timur Sulawesi Tengah, dan Lengan Timur Sulawesi. Lengan Timur dan Lengan Tenggara Sulawesi tersusun atas batuan malihan, batuan sedimen penutupnya dan ofiolit yang terjadi dari hasil proses pengangkatan (*obduction*) selama Miosen.

Sulawesi dan sekitarnya merupakan daerah yang kompleks karena merupakan tempat pertemuantiga lempeng besar yaitu lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara, Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat dan Lempeng Eurasia yang bergerak ke arah selatan-tenggara serta lempeng yang lebih kecil yaitu Lempeng Filipina. Geologi Regional Kabupaten Konawe Utara berdasarkan himpunan batuan dan pencirinya, Geologi Lembar Lasusua-Kendari dapat dibedakan dalam dua lajur, yaitu Lajur Tinodo dan Lajur Hialu. Lajur Tinodo dicirikan oleh batuan endapan paparan benua dan Lajur Hialu oleh endapan kerak samudera/ofiolit. (Rusman dkk., 1985). Secara garis besar kedua mandala ini dibatasi oleh Sesar Lasolo.

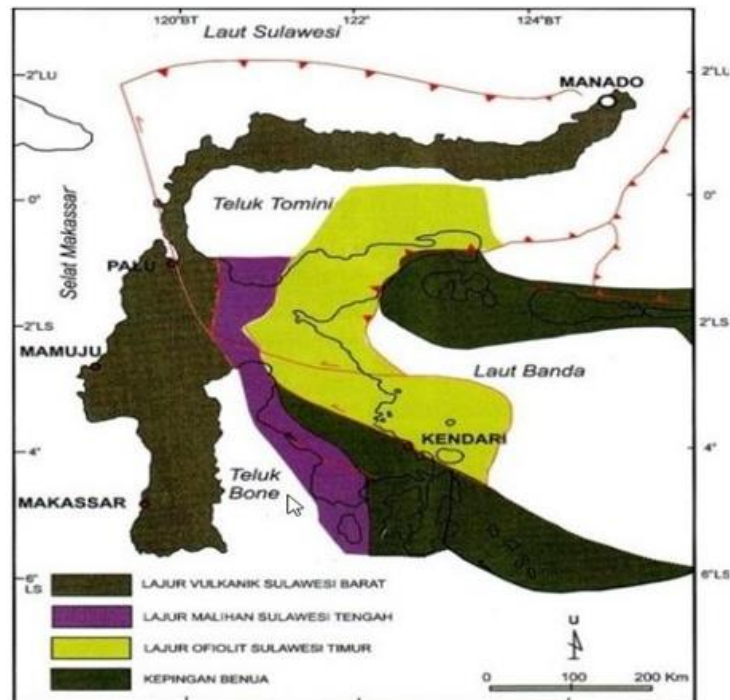


Gambar 3 Peta Geologi Regional Daerah Lameruru & Sekitarnya (Rusmanadkk, 1993)

2.2.1 Fisiografi Regional Daerah Penelitian

Van bemmelen (1945) membagi lengan tenggara Sulawesi menjadi tiga bagian: ujung utara, tengah, dan ujung selatan. Lembaran Kolaka menempati ujung tengah dan selatan lengan tenggara Sulawesi.

Ada lima unit morfologi di ujung tengah dan selatan Lengan Tenggara Sulawesi, yaitu morfologi gunung, morfologi bukit tinggi, morfologi bukit rendah, morfologi data dan morfologi karst.



Gambar 4 Pembagian Mandala Geologi Sulawesi
(Surono, 2010)

Morfologi Pegunungan

Unit morfologis pegunungan menempati bagian terluas dari wilayah ini, yang terdiri dari Pegunungan Mekongga, Pegunungan Tangkeleboke, Pegunungan Mendoke dan Pegunungan Rumbia yang terpisah di ujung selatan Lengan Tenggara. Puncak tertinggi di pegunungan Mekongga adalah Gunung Mekongga yang memiliki ketinggian 2790 mdpl. Pegunungan Tangkelamboke memiliki puncak Gunung Tangkelamboke dengan ketinggian 1500 mdpl. Unit morfologi ini memiliki topografi kasar dengan kemiringan lereng yang tinggi. Pegunungan di unit ini memiliki pola yang hampir sejajar dengan arah barat laut-tenggara. Arah ini sejalan dengan pola struktur sesar regional di daerah ini. Pola ini menunjukkan bahwa pembentukan morfologi pegunungan terkait erat dengan sesar regional. Pegunungan ini terutama dibentuk oleh bebatuan Mali dan terlokalisasi oleh batuan ofiolite. Ada perbedaan khas antara kedua kompuler rock tersebut. Pegunungan yang tersusun oleh batuan iolite memiliki punggung gunung yang panjang dan lurus dengan lereng yang relatif datar, serta lereng yang tajam. Sementara itu, gunung-gunung tersebut dibentuk oleh bebatuan Malihan, bagian

belakang gunung terpotong pendek dengan kemiringan yang tidak rata meskipun sudutnya tajam.

Morfologi Bukit Tinggi

Morfologi bukit tinggi menempati bagian selatan Lengan Tenggara, terutama di selatan Kendari. Unit ini terdiri dari perbukitan yang mencapai ketinggian 500 mdpl dengan morfologi kasar. Batuan komposer morfologis ini adalah sediman klastika Mesozoikum dan Tersier.

Morfologi Bukit Rendah

Morfologi perbukitan rendah terbuka luas di Utara Kendari dan ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Unit ini terdiri dari bukit-bukit kecil dan rendah dengan morfologi bergelombang. Batuan peracikan kesatuan ini sebagian besar adalah batuan sedimen berlapis mesozoikum dan Tersier.

Morfologi Dataran Rendah

Morfologi dataran rendah ditemukan di bagian tengah ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Tepi selatan Dataran Wawotobi dan Dataran Sampara berbatasan langsung dengan morfologi pegunungan. Penyebaran morfologis ini tampaknya sangat dipengaruhi oleh sesar geser yang mengiritasi (Sesar Kolaka dan Sistem Sesar Konawehe). Kedua sistem ini diduga masih aktif, ditunjukkan dengan penyadapan sedimen aluvial di kedua dataran (Surono dkk, 1997). Jadi sangat mungkin bahwa kedua dataran itu terus menurun. Konsekuensi dari penurunan ini tentu akan berdampak buruk pada dataran, di antaranya permukiman dan pertanian di kedua dataran tersebut akan mengalami banjir yang semakin parah setiap tahunnya.

Dataran Langkowala, yang terbuka luas di ujung selatan Lengan Tenggara, adalah dataran rendah. Batuan penyusunnya terdiri dari batuan kuarsa dan konglomerat kuarsa Formasi Langkowala. Di dataran tersebut mengalir sungai-sungai yang pada musim hujan meluap berada di musim kemarau. Ini mungkin karena batupasir dan konglomerat sebagai dasar sungai masih melepaskan,

sehingga air mudah dikeluarkan ke dalam tanah. Sungai ini di antaranya adalah Sungai Langkowala dan Sungai Tinanggea. Perbatasan selatan antara Dataran Langkowala dan Pegunungan Rumbia adalah tebing paling curam yang dibentuk oleh sesar terarah hampir barat-timur.

Morfologi karst

Morfologi karst ditampar di beberapa tempat secara terpisah. Unit ini ditandai dengan bukit-bukit kecil dengan sungai di bawah permukaan tanah. Sebagian besar batuan pengumpul fusi morfologis ini didominasi oleh batuan paleogen-agedgamping dan sisa batu Mesozoikumgamping adalah bagian dari Formasi Eemoiko, Formasi Laonti, Formasi Buara dan bagian atas Formasi Meluhu. Beberapa batu fusi morfologis ini telah diubah menjadi marmer. Perubahan ini terkait erat dengan perpindahan ofiolite di atas potongan benua.

2.2.2 Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

Pembentukan batuan penyusunan peta geologi regional lembaran Kolaka diuraikan dari yang termuda sebagai berikut:

Qa Aluvium : terdiri dari lumpur, lumpur, pasir kerikil dan penyakit. Unit ini adalah sedimen sungai, rawa dan sedimen pantai. Unit usia ini adalah Holosen.

Qpa Alangga: terdiri dari konglomerat dan rockpasir. Usia formasi ini adalah Plistosen dan lingkungan pengendapannya di daerah rawa-lahan. Formasi ini tumpang tindih dengan formasi yang lebih tua yang masuk ke dalam kelompok monofase sulawesi.

Formasi Ql Buara: terdiri dari terumbu karang, konglomerat dan batuan. Usia formasi ini adalah Plistosen-Holosen dan tenggelam dalam lingkungan laut dangkal.

Formasi Tmpb Boepinang : terdiri dari bukit pasir, napal pasir dan batupasir. Batuan ini dilapisi dengan lapisan layering yang relatif kecil, yang merupakan < 15 derajat yang ditemukan membentuk antilin dengan sumbu antilin di barat daya – timur laut. Usia formasi ini diperkirakan Pliosen dan terendam di lingkungan laut dangkal (neritik).

Formasi Tmpe Eemoiko : terdiri dari kalkarenit, karang penggambaran, batu pasir dan napal. Formasi ini berumur Pliosen dengan lingkungan pengendapan laut dangkal, hubungan yang menarik dengan formasi Boepinang.

Formasi Tml Langkowala: terdiri dari konglomerat, rockpasir, serpihan dan kalkarenit lokal. Konglomerat memiliki beragam fragmen yang umumnya berasal dari kuarsa dan kuarsit, dan sisanya adalah batupasir malih, sekis dan ultrabasa. Ukuran fragmen berkisar dari 2 cm hingga 15 cm, secara lokal terutama di divisi bawah hingga 25 cm. Bentuk fragmen pembulatan – pembulatan dengan baik, dengan penyortiran sekunder. Formasi ini sebagian besar dibatasi oleh kontak struktural dengan batuan lain dan bagian atas diwarnai dengan bagian bawah batuan sedimen Formasi Boepinang (Tmpe). Hasil penghapusan usia menunjukkan bahwa batuan-batu ini terbentuk di Miosen Tengah.

MTpm Pompangeo Kompleks: terdiri dari mika sekis, sekis glaucofan, sekis amphibolit, sekis chlorite, rijang, pualam dan batugamping meta. Sekis berwarna putih, kuning kecoklatan, abu-abu kehijauan; kurang padat hingga sangat padat dan menunjukkan daun. Lokal menunjukkan struktur chevron, kolom tikungan (pita ketegaran) dan augen dan di beberapa tempat dedaunan terlipat. Rijang berwarna abu-abu hingga coklat; agak padat hingga padat, struktur lokal yang terlihat dari layering halus (perarian). Pualam berwarna kehijauan, abu-abu hingga abu-abu gelap, coklat hingga merah-coklat, dan hitam bergaris putih; sangat padat dengan kontra, teksturnya umumnya nematoblast yang menunjukkan penyutradaraan. Pemahatan batuan didukung oleh arah kalsit hablur yaag yang dikombinasikan dengan mineral lanau dan mineral penyegel (opak). Batuan-batuan terutama disusun oleh kalsit, dolomit dan piroksen; mineral pelampung dan mineral bijih dalam bentuk garis. Wolastonit dan apatis ditemukan dalam jumlah yang sangat kecil. Plagioklas tipe albit mengalami rekristalisasi dengan piroksen. Unit ini memiliki kontak struktural geser dengan unit yang lebih tua di bagian utara Kompleks Mekongga (Pzm). Berdasarkan penarikan usia oleh Kompleks Pompangeo memiliki usia bagian bawah Kapur – Paleosen Akhir.

Km Formasi Matano : terdiri dari kristal batugamping, rijang dan batusabak. Batugamping berwarna putih kotor sampai abu-abu; dalam bentuk sedimen kalsiutit

yang telah mengkristal dan berbutir halus (lutit); perlapisan sangat baik dengan ketebalan lapisan mulai dari 10-15 cm; di beberapa tempat dolomitan; di tempat lain terdapat lensa rijang berdaun lokal. Rijang berwarna abu-abu hingga kebiruan dan coklat kemerahan; solid dan kompak. Memurnikan lensa atau sisipan dalam batugamping dan napal; ketebalan hingga 10 cm. Batusabak barcolor coklat kemerahan; gampingan padat dan terlokalisasi; dalam bentuk sisipan dalam serpihan dan napal, hingga 10 cm. Berdasarkan kandungan fosil batugamping, *Globotruncana* sp dan *Heterohelix* sp, serta *Radiolaria* in rijang (Budiman, 1980), Formasi Matano diperkirakan berasal dari Kapur Atas dengan lingkungan pengendapan di laut dalam.

Ku Ultramafik Kompleks : terdiri dari Peridotit, harzburgite, dunit, wherlit, serpentinit, gabbro, basal, dolerit, diorit, mafik meta, amphibolit, magnesit dan rodingit lokal. Unit ini diperkirakan berusia Kapur.

Formasi **TRJm Meluhu** : terdiri dari batupasir kuarsa, serpihan merah, batuan, dan batulumpur di divisi bawah; dan serpih hitam, batu pasir, dan batuan di bagian atas. Formasi ini menderita tektonik yang kuat yang ditandai dengan kemiringan lapisan batuan hingga 80 derajat dan adanya puncak antijamur yang memanjang utara-barat daya - tenggara. Usia formasi ini diperkirakan adalah Trias.

Formasi **TRJt Laonti** : terdiri dari Batugamping malih, pualam dan quartzite. Kuarsit, putih hingga coklat muda; padat dan keras; granular (granular), terdiri dari granoblas mineral, senoblas, dengan biji-bijian dan halus sampai sekarang. Batuan sebagian besar adalah yang paling awal dari kuarsa, jumlahnya sekitar 97%. Oksida besi berada di antara kuarsa, berjumlah sekitar 3%. Usia formasi ini adalah Trias.

Kompleks **Pzm Mekongga** : terdiri dari sekis, gneiss dan kuarsit. Gneiss berwarna abu-abu hingga abu-abu kehijauan; heteroblas bertekstur, butiran xenomorphous yang sama, terdiri dari mineral granoblas berbutir halus terhadap arus. Jenis batuan ini terdiri dari gneiss kuarsa biotit dan gneiss muskovite. Ini kurang padat untuk dipadatkan.

2.2.3 Struktur Geologi Regional Daerah Penelitian

Di lengan tenggara Sulawesi, struktur utama yang terbentuk setelah pukulan adalah sesar geser yang menyendiri, termasuk sesar matarombeo, sistem sesar Lawanopo, sistem sesar Konawehea, sesar Kolaka, dan banyak sesar dan garis sesar lainnya. Sesar dan garis menunjukkan sepasang arah utama tenggara-barat laut (332 derajat), dan timur laut-barat (42 derajat). Arah barat laut tenggara adalah arah umum dari sesar geser ke tenggara Sulawesi.

Sistem sesar Lawanopo mencakup sesar terarah barat laut-tenggara utama yang membentang sekitar 260 km dari Malili Utara ke tanjung Toronipa. Ujung barat laut sesar terhubung dengan sesar Matano, sementara ujung tenggaranya terhubung ke sesar Hamilton yang memotong laras hingga Tolo. Sistem sesar ini diberi nama sesar Lawanopo oleh Hamilton (1979) berdasarkan dataran Lawanopo yang disadapnya. Analisis stereografi orientasi bodin, yang diukur di tiga lokasi, menunjukkan keragaman/penurunan azimuth rata-rata: 30derajat/44therajat, 356,3derajat/49, dan 208,7threst/21.

Kehadiran mata air panas di desa Torea, tenggara Tinobu serta pergeseran dinding rumah dan jalan di sepanjang sesar menunjukkan bahwa sistem sesar Lawanopo masih aktif hingga saat ini.

Lengan Sulawesi tenggara juga merupakan area pertemuan tablet, lempeng benua yang berasal dari Australia dan lempeng laut dari Pasifik. Potongan benua di Lengan Tenggara Sulawesi diberi nama Benua Sulawesi Tenggara (Terrane Kontinental Sulawesi Tenggara) dan Matarambeo. Kedua lempeng dari jenis yang berbeda ini bertabrakan dan kemudian dilapis oleh sedimen Molasa Sulawesi. Sebagai hasil dari subduksi dan pukulan pancake pada Early End-Miosen Oligosen, kompleks theiolite tersesat di atas bypass benua. Molasa Sulawesi yang terdiri dari batuan sedimen berlapis dan karbonat terendam pada akhir dan setelah pukulan, sehingga molasa ini tumpang tindih dengan benua Sulawesi Tenggara dan Kompleks Ofiolit. Pada akhir kenozoicum lengan ini dirobek oleh Sesar Lawanopo dan beberapa pasangannya termasuk Sesar Kolaka.

2.3 Nikel Laterit

2.3.1 Endapan Nikel Laterit

Menurut Ahmad (2008), laterit nikel adalah tanah sisa yang telah berkembang di atas batuan ultrabasa melalui proses pelapukan kimia dan pengayaan supergen. Nikel (Ni) ada sebagai elemen logam berkilau putih keperakan yang dapat menahan suhu tinggi. Selain itu, Ni memiliki sifat tahan karat (USGS Mineral Commodity Summaries 2011), dan telah banyak digunakan dalam paduan dengan logam lain (Thompson 2000). Penggunaan utamanya adalah dalam baja tahan karat, yang menyumbang dua pertiga dari produksi Ni primer.

Regolit laterit dikembangkan pada batuan ultrabasa mungkin mengandung konsentrasi Ni yang signifikan dalam satu atau lebih horizon, dan unit-unit inilah yang mendefinisikannya secara komersial sebagai “Ni laterit”. Ada tiga jenis bijih umum, berdasarkan dominan mineral yang menampung Ni: oksida, silikat Mg hidro, dan *clay* silikat (Butt, 2013). Karakteristik mineralogi membagi bijih yang mengandung Ni menjadi jenis oksida, lempung, atau magnesiumhidrat (Mg)-silikat (Erin Marsh, dkk (2010) (Gambar 5)

Ore type	Zone	Section	Alternative nomenclature	Nickel-bearing minerals
Oxide	Limonite	Pisolitic	nodular ironstone; ferricrete layer; durricrust; iron pan; iron cap; canga; cuirasse	Goethite Hematite
		hematite dominant	fine-grained saprolite; Red Laterite	Asbolan Lithophorite Heterogenite
		goethite dominant	<i>in-situ</i> limonite zone; Yellow Laterite	
Silicate	Clay		intermediate zone; smectite-quartz- zone; quartz goethite zone, nontronite zone; mottle clay zone;	Nontronite Beidellite Montmorillonite Saponite
		Hydrous Mg-Silicate	Saprolite; serpentine ore; soft serpentine, soft saprolite; saprolitic serpentine; coarse grained saprolite	Serpentine Group Talc Group Chlorite Group Sepiolite Group Garnierite Group
	Oxidized parent rock	hard saprolite; saprolitic peridotite; saprock		

Gambar 5 Terminologi nikel laterit mineralogi umum. Diadaptasi dari Samama (1986) dan Freyssinet, dkk (2005) dalam Erin Marsh, dkk (2010)

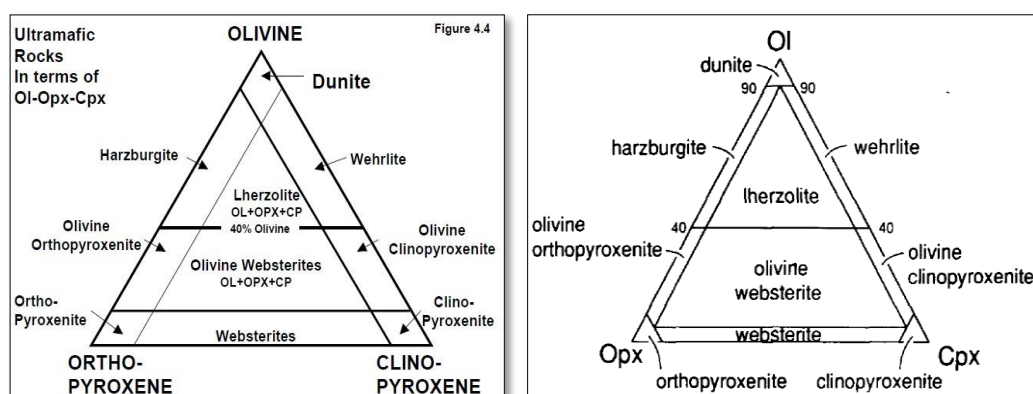
2.3.2 Faktor Pengontrol Endapan Nikel Laterit

Menurut Elias (2002), proses dan kondisi yang mengatur dan mengendalikan lateritisasi batuan ultrabasa sangat banyak dan bervariasi pada semua skala, dan akibatnya sifat profil bervariasi secara rinci dari satu tempat ke tempat lain dalam ketebalan, komposisi kimia dan mineralogi, dan perkembangan relatif zona profil laterit. Faktor utama yang memengaruhi efisiensi dan tingkat pelapukan kimia, dan akibatnya sifat profil, adalah:

a) Batuan Dasar

Litologi pada endapan nikel laterit berasal hampir tertuju pada batuan ultramafik yang kaya akan mineral olivine dan tingkat serpentinisasinya (Charless R.M. Butt, dkk. 2013). Proporsi nikel secara umum menurun sesuai dengan persentase mineral pembawa nya, seperti : olivin, ortopiroksen, klinopiroksen (Ahmad, 2008).

Pada zona tektonik kolisi, ofiolit harzburgit, dunit, dan lherzolit, biasanya mengalami serpentinisasi yang biasanya umum pada batuan dasar Ni laterit (Golightly, 2010). Penamaan batuan ultramafik berdasarkan klasifikasi Streckeisen (1976) (Gambar 3) didasarkan pada persentase mineral mafik sebesar >90% dan disusun atas proporsi mineral olivin, klinopiroksen, dan ortopiroksen.

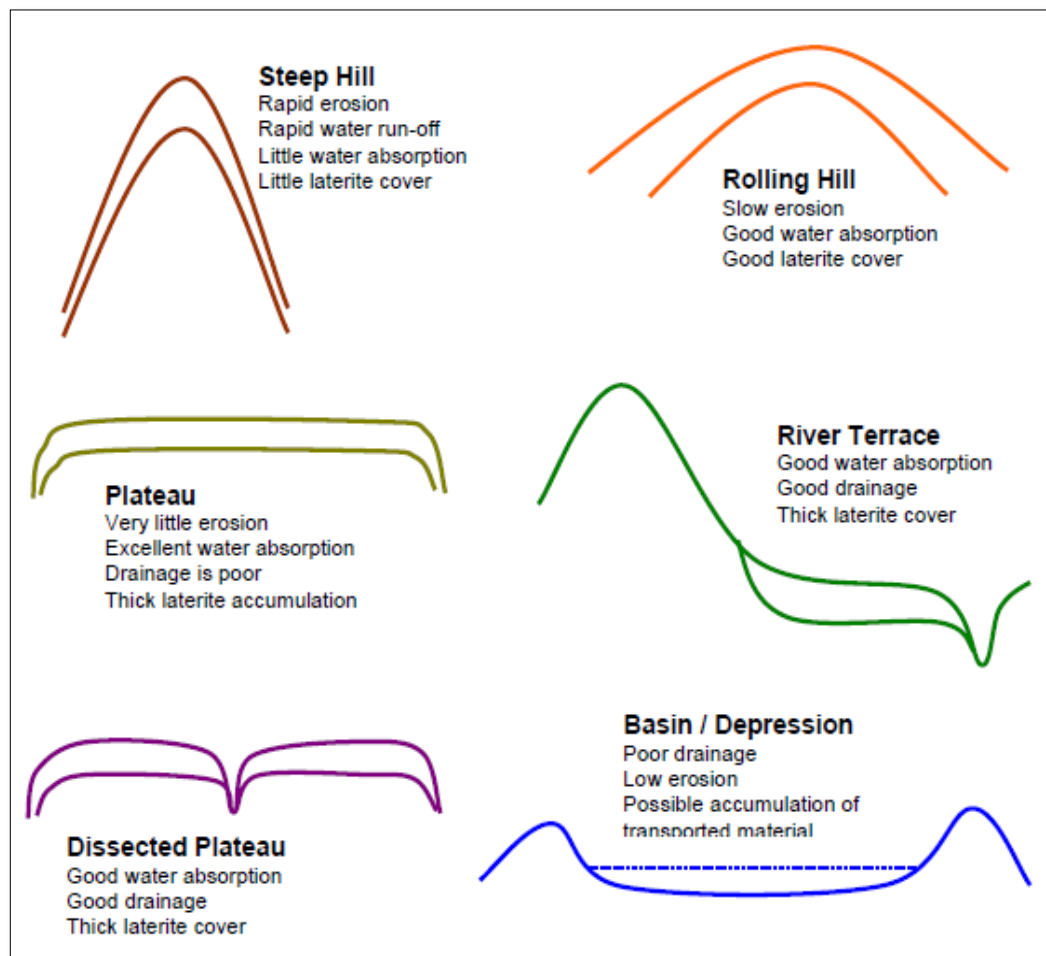


Gambar 6 Klasifikasi batuan ultramafik (kiri), dan klasifikasi batuan peridotit (kanan) Streckeisen (1976).

b) Topografi dan Drainase

Menurut Ahmad (2008), proses laterisasi biasanya mengarah pada

pengembangan beberapa bentuk lahan yang sangat khas (Gambar 7). Setting topografi endapan laterit Ni-Co dapat dikaitkan dengan drainase. Misalnya, endapan sub tipe Mg-silikat hidrat yang terbentuk di daerah yang aktif secara tektonik dan berdrainase baik terdapat di perbukitan, pegunungan, dan tepi dataran tinggi. Kurangnya drainase meningkatkan pengendapan silika dalam profil yang lapuk (Erin Marsh, dkk. 2010).



Gambar 7 Simplifikasi bentuk morfologi laterit (Ahmad, 2008).

c) Tektonik dan Struktur Geologi

Pengangkatan tektonik meningkatkan erosi bagian atas profil, meningkatkan relief topografi dan menurunkan permukaan air. Stabilitas tektonik memungkinkan pembentukan rekahan, memperlambat pergerakan air tanah. (Elias, 2002). Pada skala deposit, struktur geologi sangat mengontrol pelapukan ke dalam batuan dasar (Erin Marsh, dkk. 2010). Dalam konteks ini, kekar di batuan dasar serta rekahan

dan patahan memainkan peran penting dalam mengarahkan air hujan asam ke bagian yang lebih dalam dari profil pelapukan dan membawa produk-produk pelapukan kimia (Ahmad, 2008).

Rekahan-rekahan dan zona geser di beberapa batuan dasar dan regolith dapat sangat memengaruhi ketebalan, kadar. Dibeberapa tempat jenis endapan Nikel Laterit sangat dipengaruhi oleh struktur geologi sangat berpengaruh terhadap pembentukan profil endapan Nikel Laterit karena dengan intensnya struktur yang bekerja maka fluida-fluida di bawah permukaan akan semakin mobile dan proses *leaching* dan pengakumulasian unsur dapat terjadi secara baik dan intens.

d) Iklim

Pengayaan Ni dalam profil pelapukan dikendalikan oleh beberapa faktor yang saling memengaruhi, seperti perkembangan semua pedolit, yang meliputi batuan dasar, iklim, kimia/laju pelapukan kimia, drainase dan tektonik. Laterit Ni-Co telah diklasifikasikan berdasarkan profil pelapukan dan karakteristik mineraloginya. Skenario iklim basah, basah-ke-kering, dan kering-ke-basah digunakan untuk mengklasifikasikan laterit Ni-Co sehubungan dengan profil pelapukan dan interaksi faktor-faktor yang disebutkan di atas (Tabel 5) (Norton. 1973; Lelong ,dkk. 1976; de Vletter. 1978; Golightly. 1981, 2010; Ogura, 1986; Gleeson, dkk. 2003; Freyssinet, dkk. 2005. Dalam Erin Marsh, dkk. 2010).

Banyak deposit di Indonesia memiliki iklim hutan hujan yang ditandai dengan curah hujan >1800 mm per tahun dan musim kemarau kurang dari 2 bulan (Butt & Cluzel, 2013). Curah hujan menentukan jumlah air yang melewati tanah, yang memengaruhi intensitas pencucian dan penghilangan komponen terlarut. Selain jumlah, efektivitas curah hujan (sejauh mana air dibiarkan mengalir melalui profil daripada mengalir) adalah penting. Suhu tanah rata-rata yang lebih tinggi (yang mendekati suhu udara permukaan rata-rata) meningkatkan kinetika proses pelapukan (Butt dan Zeegers, 1992 dalam Elias M. 2002).

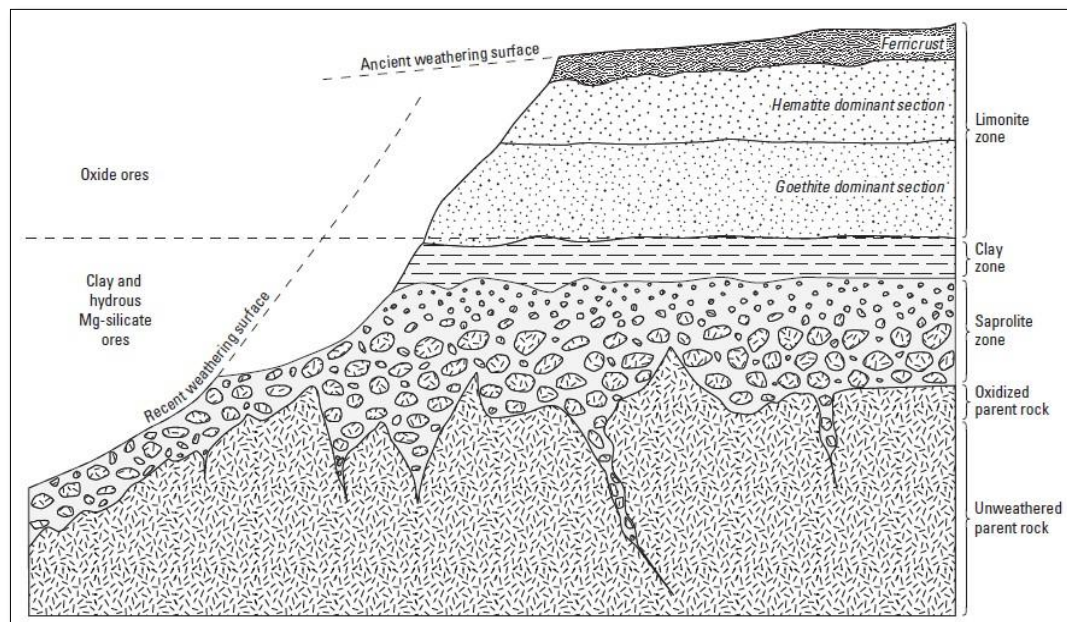
Tabel 1 Faktor-faktor yang menentukan skenario iklim yang digunakan untuk menggambarkan variasi endapan laterit nikel-kobalt (Golightly, 1981, 2010 dalam ErinMarsh, dkk. 2010).

[Ni, Nickel; Co, Cobalt; Mg, Magnesium]				
Climate scenario	Tectonic stability	Terrane	Climate	Profile development
Wet	Active uplift	Elevated	Rainforest	Ni in hydrous Mg-silicates
Wet-to-dry	Stable peneplain	Flat	Increasing aridity/time	Ni and Co in the oxide, clay transition zone
Dry-to-wet	Dissected peneplain	Elevated	Increasing moisture/time	Ni and Co in clay and saprolite zones

2.3.3 Ganesa Endapan Nikel Laterit

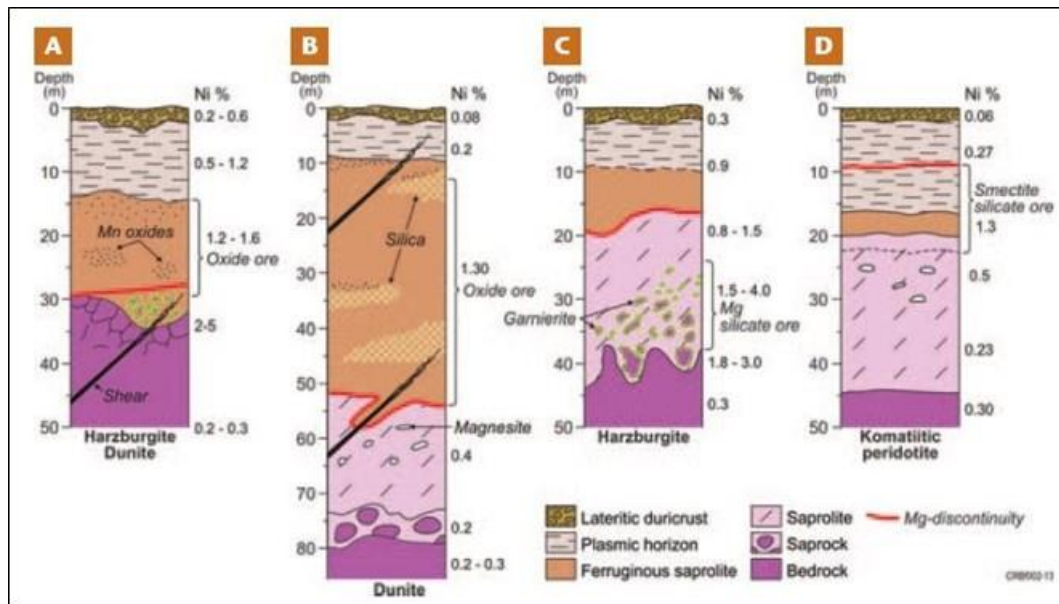
Laterit Ni-Co merupakan endapan supergen Ni ± Co yang terbentuk dari pelapukan kimiadan mekanis yang meresap pada batuan ultramafik. Pembentukan konsentrasi sekunder Ni ± Co yang cukup signifikan untuk sumber daya ekonomi membutuhkan litologi protolit yang terutama diperkaya Ni (Gambar 8).

Secara umum, profil penampang nikel laterit dapat dibagi menjadi tiga zona utama, yaitu batuan dasar yang berada di bagian bawah dan tersusun dari batuan basa-ultrabasa segar. Zona saprolit berkembang di atas batuan dasar dan tersusun dari fragmen-fragmen batuan dasar serta mineral Mg silikat yang kaya akan nikel. Selanjutnya, terbentuk lapisan limonit yang didominasi oleh mineral oksida besi dan manga, seperti goetit dan asbolan.



Gambar 8 Penampang ideal profil nikel laterit (Modifikasi Samama, 1986. Dalam Erin Marsh, (2010))

Brand (1998), membagi cebakan nikel laterit menjadi tiga tipe, yaitu (1) cebakan oksida yang dicirikan oleh kehadiran mineral goetit yang dominan dan memiliki kadar nikel bervariasi antara 1,0 – 1,6% Ni; (2) cebakan Mg silikat hidrat, dicirikan oleh dominasi mineral Mg-Ni hidrat seperti garnierite dan sepiolit serta mengandung kadar nikel rata-rata sebesar 1,6% Ni (3) cebakan lempung silikat yang dicirikan oleh ketersediaan banyak mineral lempung. Nikel biasanya terkandung dalam mineral smektit dan saponit serta memiliki kandungan nikel sebesar 1,0-1,5% Ni (Gambar 10).

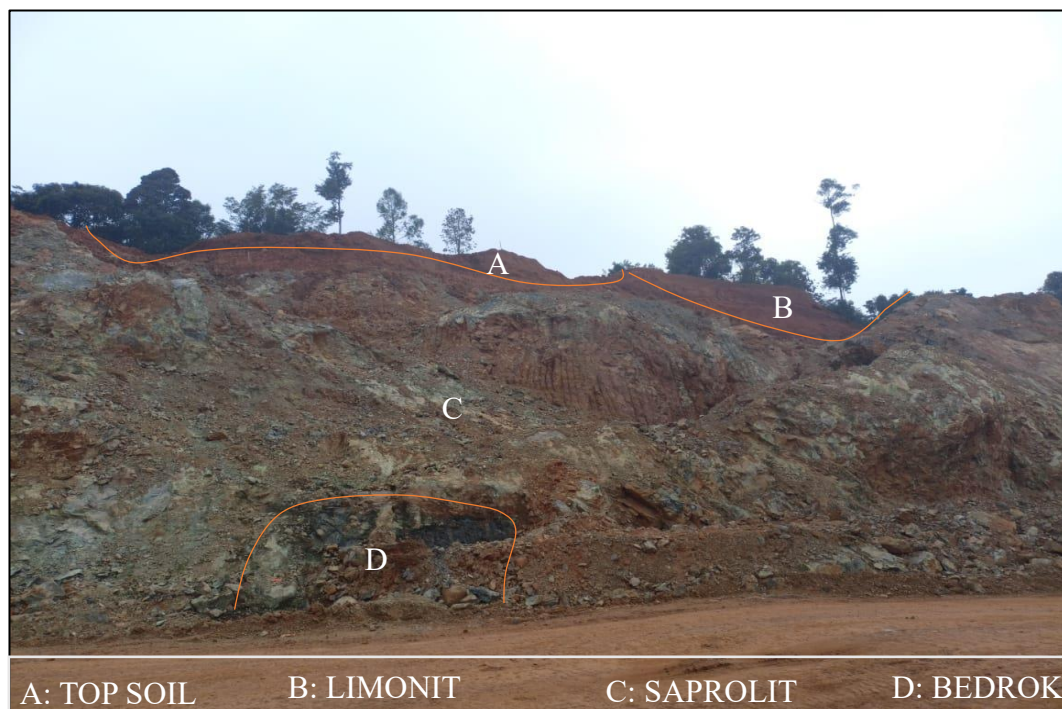


Gambar 9 Profil laterit dikembangkan pada batuan ultrabasa serpentinisasi yang menunjukkan bijih nikel laterit utama. (A) oksida; (B) sebagian silikat oksida; (C) silikat Mghidro; (D) Silikat lempung (Butt & Cluzel, 2013).

Menurut Waheed (2008), pelapukan kimawi terjadi melalui 4 proses yaitu (1) Hydrolysis, Pada proses ini oksigen, karbon dioksida, air tanah, asam terurai merusak mineral dalam batuan dan menghancurkan struktur kristalnya. (2) Oxidation, Unsur yang dilepaskan oleh pelapukan kimia mengalami oksidasi. (3) Hydration, Reaksi dengan air menambah ion hidroksil pada mineral-mineral yang baru terbentuk. (4) Solution, Unsur mudah larut hasil dari penghancuran mineral semakin banyak yang terlarut dan kemudian dibawa oleh air tanah.

2.3.4 Profil Endapan Nikel Laterit

Profil Nikel laterit pada umumnya adalah terdiri dari 4 zona gradasi sebagai berikut : (Ahmad, 2006)



Gambar 10 Profil endapan Nikel Laterit pada daerah penelitian

1. Tanah Penutup atau Top soil (biasanya disebut “Iron Capping”) Tanah residu berwarna merah tua yang merupakan hasil oksidasi yang terdiri dari masa hematit, goethit serta limonit. Kadar besi yang terkandung sangat tinggi dengan kelimpahan unsur Ni yang sangat rendah.
2. Zona Limonit Berwarna merah coklat atau kuning, berukuran butir halus hingga lempungan, lapisan kaya besi dari limonit soil yang menyelimuti seluruh area.
3. Zona Saprolit Merupakan campuran dari sisa – sisa batuan, bersifat pasiran, saprolitic rims, vein dari garnierite, nikeliferous quartz, mangan dan pada beberapa kasus terdapat silika bozwork, bentukan dari suatu zona transisi dari limonit ke bedrock. Terkadang terdapat mineral quartz yang mengisi rekahan, mineral primer yang terlapukan, chlorit. Garnierite dilapangan biasanya diidentifikasi sebagai “colloidal talk” dengan lebih atau kurang nikeliferous serpentine. Struktur dan tekstur batuan asal masih terlihat.
4. Batuan dasar (Bedrock) Tersusun atas bongkahan atau blok dari batuan induk yang secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis (kadarnya

sudah mendekati atau sama dengan batuan dasar). Bagian ini merupakan bagian terbawah dari profil laterit.

2.4 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 *crysotile*. 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 karakterisasi tanah laterit yang ada. Secara umum batuan dasar penghasil tanah laterit merupakan batuan-batuan ultramafik dimana batuan yang rendah akan unsur Si, namun tinggi akan unsur Fe, Mg dan terdapat unsur Ni yang berasal langsung dari mantle 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.

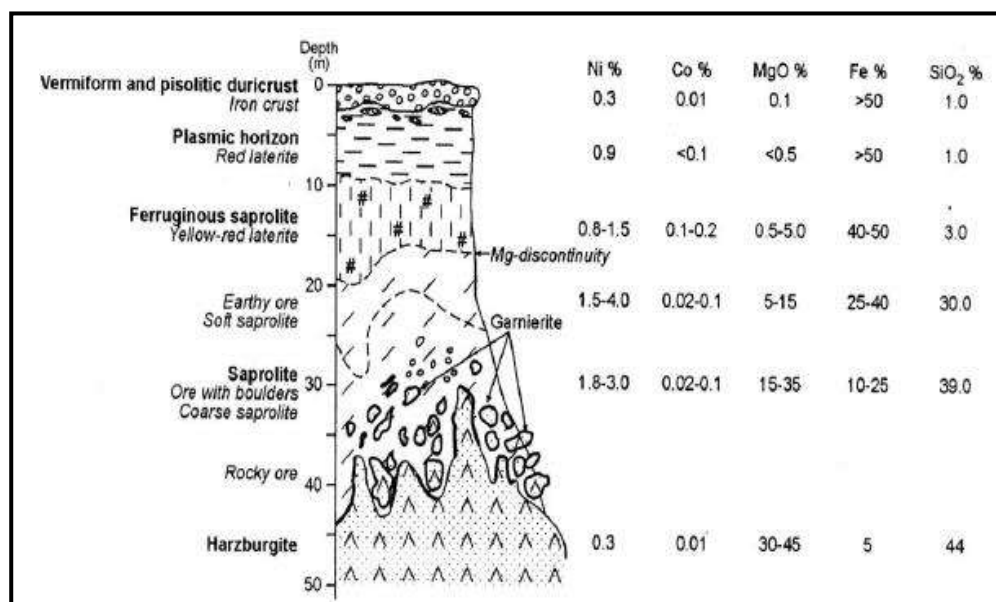
2.5 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

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

1. *Hydrous silicate deposits*

Pada endapan tipe *Hydrous Silicate* bagian bawah zona saprolit (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral *hydrous* Mg-Ni silikat 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-oxhydroxide* akan bergerak turun ke bawah sebelum terendapkan kembali sebagai *Hydrous Silicate* mineral atau menggantikan dalam ubahan serpentin. Pengkayaan Ni melalui proses supergen ini sangat penting untuk pembentukan endapan *Hydrous Silicate* pada kadar yang ekonomis.



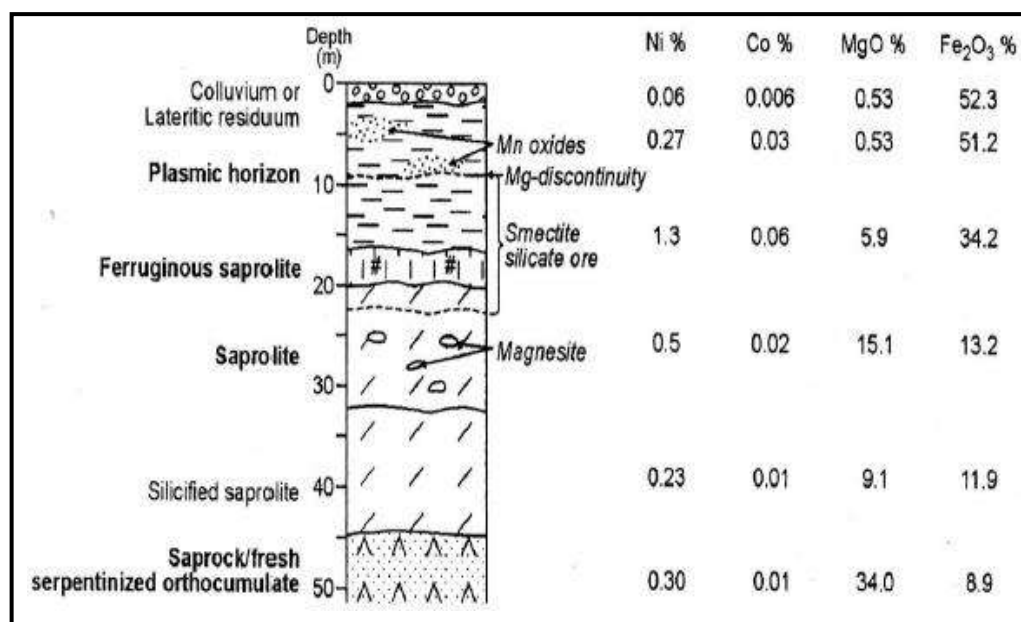
Gambar 11 Profil Nikel Tipe *Hydrous Silicate* (Freyssnet et al, 2005)

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. Clay silicate deposits

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

smektit pada bagian yang kontak dengan air tanah sehingga larutan-larutan yang terbentuk menjadi jenuh dengan mineral-mineral lempung ini (gambar 2.4). Secara umum, kadar nikel rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan dengan tipe *Hydrous Silicate*.

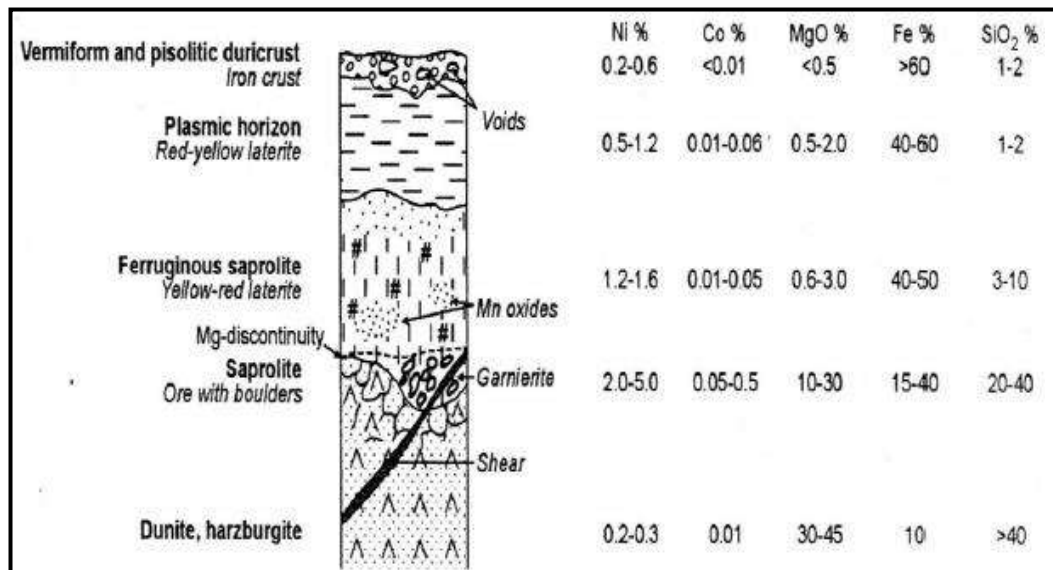


Gambar 12 Profil Nikel Tipe clay silicate deposite (Freysnet et al, 2005)

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

3. Oxide deposits

Oxide deposit dikenal juga dengan nama endapan limonit, dimana nikel berasosiasi dengan *Fe-oxyhydroxide*, 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.



Gambar 13 Profil Nikel Tipe oxide deposit Freyssnet et al, 2005)

Tabel 2 Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet et al, 2005).

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

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

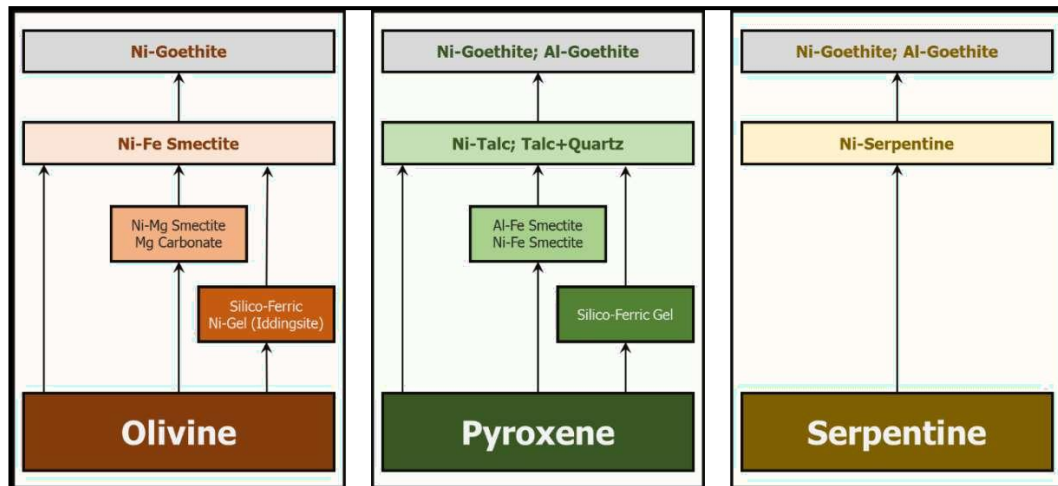
Endapan oksida, didominasi oleh *Fe oxyhydroxides* (seperti goetit), membentuk lapisan di antara pedolit dan saprolit (Golightly, 1981; Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan Ni laterit di Moa Bay, Cuba adalah contoh dari tipe endapan oksida (Gleeson, *et al.*, 2003). Endapan ini memiliki kadar Ni sebesar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

2.6 Mineralogi Endapan Nikel Laterit

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

1. Olivin menjadi *crysotile*, magnetit, Saponit, Nontronit, Silika, Amorf, Dan Goethite
2. Piroksin menjadi Talk, Smektit, dan Goethite
3. Serpentine menjadi Smektit dan Goethite

Mineral primer pada batuan ultramafik yang menghasilkan mineral sekunder dapat dilihat pada.



Gambar 14 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).

2.7 Geokimia Endapan Nikel Laterit

Selama proses pelapukan berlangsung, beberapa elemen akan *Leaching*/pencucian 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 3 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	

2.8 Pengolahan dan Pemurnian Nikel

Berdasarkan Undang-Undang No.3 Tahun 2020, pengolahan adalah upaya meningkatkan mutu komoditas tambang mineral untuk menghasilkan produk dengan sifat fisik dan kimia yang tidak berubah dari sifat komoditas tambang asal untuk dilakukan pemurnian adalah upaya untuk meningkatkan mutu komoditas tambang mineral melalui proses fisika maupun kimia serta proses peningkatan kemurnian lebih lanjut untuk menghasilkan produk dengan sifat fisik dan kimia yang berbeda dari komoditas tambang asal sampai dengan produk logam sebagai bahan baku industri.



Gambar 15 Area Fasilitas stasiun penyarangan (*Screening Section*) Pabrik pengolahan biji laterit menjadi nikel matte di Sorowako (Irwandy Arif, 2015)

Seperti dijelaskan sebelumnya, endapan nikel laterit terdiri dari setidaknya 2 lapisan, yaitu lapisan saprolit dan lapisan limonit. Secara umum, zona limonit mengandung 40-50% Fe, 0,8-1,5% Ni, dan 0,1-0,2% Co, sedangkan Zona Saprolit Mengandung 25% Fe, 15-35% Serpentin ($Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$) (LAPI ITB, 2013). Gambar 16 menunjukkan profil lapisan bijih nikel laterit, komposisi kimianya, dan korelasinya dengan jalur proses pengolahannya yang akan dijelaskan lebih lanjut nantinya.

Idealised Laterite	Approximate Analysis - %					Extraction Procedure
	Ni	Co	Fe	Cr ₂ O ₃	MgO	
Ferri-nickel Saprock	<0.8	<0.1	>50	>1	<0.5	Overburden to stockpile
Limonite	0.8 to 1.5	0.1 to 0.2	40 to 50	2 to 5	0.5 to 5	Hydrometallurgy
Nantronite	1.5 to 1.8	0.02 to 0.1	25 to 40	1 to 2	5 to 15	
Saprolite	1.8 to 3		10 to 25		15 to 35	Pyrometallurgy
Unaltered Bedrock	0.25	0.01 to 0.02	5	0.2 to 1	35 to 45	Not recovered

Gambar 16 Profil bijih nikel laterit, komposisi kimia, dan korelasinya dengan jalur proses pengolahannya (LAPI, ITB, 2013)

2.8.1 Pengolahan Jalur Pirometalurgi

Pirometalurgi merupakan suatu proses ekstraksi logam yang menggunakan panas secara intens. Energi dibutuhkan untuk mengolah bijih nikel, terutama untuk pengeringan bijih, kalsinasi, hingga proses peleburan (Smelting). Penggunaan energi dan temperatur yang tinggi (1,600° C) menghasilkan perolehan nikel yang cukup tinggi pula (90-95%), sedangkan tingkat perolehan kobalnya rendah (50%). Penyediaan energi yang intensif pada metode ekstraksi ini mengakibatkan biaya operasi yang tinggi pula.

Proses peleburan ini umumnya memanfaatkan jenis bijih saprolit sebagai umpan karena kadar nikel, besi dan rasio magnesium terhadap silikanya memadai. Produk dari proses ini berupa feronikel (FeNi), *Nickel Matte*, dan Pig Iron (NPI). Adapun proses pengolahan menjadi NPI dapat memanfaatkan bijih jenis limonit sebagai umpan, tergantung dari tingkat keekonomisan pabrik tersebut.

Proses pirometalurgi yang telah dikembangkan di Indonesia antara lain teknologi peleburan pembuatan feronikel oleh PT. Aneka Tambang Tbk dan *Nickel matte* Oleh PT Vale Indonesia Tbk. Saat ini juga telah berkembang proses pengolahan nikel menjadi NPI yang salah satunya diterapkan oleh PT Indoferro di Cilegon.

2.8.2 Pengolahan Jalur Hidrometalurgi

Hidrometalurgi merupakan proses ekstraksi logam berharga dari bijih nikel menggunakan media cair atau larutan pada kondisi atmosferik atau bertekanan. Proses ini umumnya menggunakan asam sulfat pekat sebagai media *leaching* karena ketersediaan asam sulfat dalam volume besar. Metode ini menggunakan bijih nikel kadar rendah (Limonit) sebagai umpan dan mendapatkan kelebihan dari adanya kandungan kobalt yang relatif tinggi pada bijih limonit. Kadar besi yang tinggi pada limonit tidak menjadi kendala, tetapi kadar magnesium tetap dijaga pada level rendah untuk efisiensi penggunaan asam. Proses hidrometalurgi dapat menjawab tantangan dalam pemanfaatan bijih nikel berkadar rendah seperti limonit. Umumnya, bijih nikel dengan kandungan besi yang tinggi didominasi oleh mineral goetit (FeO(OH)). Unsur kobalt berasosiasi dengan oksida mangan. Dengan demikian, perolehan logam nikel dan kobalt melalui proses ini sangat bergantung pada tahapan pemisahan unsur nikel dengan besi dan unsur kobalt dengan mangan.

2.8.3 Pengolahan Kombinasi Piro-Hidrometalurgi

Pengolahan dan pemurnian bijih nikel yang termasuk dalam jalur ini adalah proses Caron. Proses caron telah dilakukan sejak tahun 1944 dan diimplementasikan di sejumlah tempat, antara lain Nicarp, Punta-Gorda, dan Yabulu/BHP-Bilition. Proses caron adalah proses ekstraksi nikel dari bijih laterit