

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK GEOKIMIA TIPE ENDAPAN LATERIT
BLOK X DAN BLOK Y *PT. PASIFIC ORE RESOURCES*
KECAMATAN KABAENA UTARA KABUPATEN BOMBANA
PROVINSI SULAWESI TENGGARA**

Disusun dan diajukan oleh

**MUH. DWIKI MULYAWAN
D061181039**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KARAKTERISTIK GEOKIMIA TIPE ENDAPAN LATERIT BLOK X DAN BLOK Y *PT. PASIFIC ORE RESOURCES* KECAMATAN KABAENA UTARA KABUPATEN BOMBANA PROVINSI SULAWESI TENGGARA

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. DWIKI MULYAWAN
D061 18 1039

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 18 Oktober 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



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

Pembimbing Pendamping



Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T.
NIP. 19700606 199412 2 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin




Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng
NIP. 19771214 200501 1002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muh. Dwiki Mulyawan
NIM : D061181039
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Karakteristik Geokimia Tipe Endapan Laterit Blok X Dan Blok Y PT. Pasific Ore Resources Kecamatan Kabaena Utara Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara

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

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

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

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

Gowa, 18 Oktober 2023

Yang Menyatakan



Muh. Dwiki Mulyawan

ABSTRAK

MUH. DWIKI MULYAWAN. Karakteristik Geokimia Tipe Endapan Laterit Blok X dan Blok Y PT. *Pasific Ore Resources*, Kecamatan Kabaena Utara, Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara (dibimbing oleh **Sultan** dan **Ulva Ria Irfan**)

Daerah penelitian termasuk dalam wilayah PT. *Pasific Ore Resources*., Kabupaten Bombana, Provinsi Sulawesi Tenggara, tersusun oleh batuan ultramafik yang merupakan sumber utama nikel. Tujuan penelitian untuk mengetahui profil laterit, karakteristik geokimia dan karakteristik tipe endapan laterit. Metode yang digunakan adalah melakukan pengamatan lapangan dan pengambilan data *drillhole* dan geokimia menggunakan XRF (*X-Ray fluorescence spectrometry*) dengan jumlah data blok X (30 *holes*) dan Y (39 *holes*). Data diolah dengan menggunakan *software Arcgis 10.8*, dan *Microsoft Excel*. Berdasarkan penelitian, profil laterit daerah penelitian terbagi atas 3 zonasi yaitu limonit, Saprolit dan *bedrock*. blok X memiliki karakteristik geokimia unsur MgO, SiO₂, dan CaO berkurang kearah zona limonit untuk Fe, Al₂O₃, dan Cr₂O₃ terkayakan secara residual di zona limonit, Ni dan Co terkayakan absolut di zona saprolit, sedangkan pada Blok Y memiliki karakteristik yang hampir sama dengan blok X, perbedaannya terletak pada Unsur Ni yang terkayakan di zona limonit dan sebagian atas zona saprolit. Distribusi Kadar unsur Ni dibuat menggunakan metode IDW menghasilkan Ni rendah (<1.4), sedang (1.40-1.70), Tinggi (>1.70). Kadar pada blok X rata – rata memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan blok Y dikarenakan kedalaman muka air tanah pada blok X lebih dalam di bandingkan blok Y. Berdasarkan dari karakteristik geokimia dapat di simpulkan bahwa tipe endapan laterit pada blok X masuk kedalam Tipe *Hydrous Silicate Deposit* dengan penciri kandungan Ni mencapai kadar 2.1%. Kadar unsur Ni sebanding dengan unsur MgO dan SiO₂ dengan pengayaan kadar unsur terjadi pada zona saprolit, Posisi amuka air tanah relative dalam mencapai 19 m. sedangkan pada blok Y masuk kedalam tipe *Oxide Deposit* dengan penciri yaitu kandungan Ni rendah dengan nilai unsur tertinggi 1.78% dan terkayakan Zona limonit dan saprolite bagian atas, mineral penyusun utama Geothit dengan muka air tanah rendah mencapai kedalaman 3m.

Kata Kunci : Kabaena Utara, Geokimia; Nikel Laterit; Tipe Endapan

ABSTRACT

MUH. DWIKI MULYAWAN. *Geochemical Characteristics of Laterite Deposits of Block X and Block Y PT. Pacific Ore Resources, North Kabaena District, Bombana Regency, South Sulawesi Province (supervised by Sultan and Ulva Ria Irfan).*

The study area is included in the area of PT Pasific ore resources, Bombana Regency, Southeast Sulawesi Province, composed of ultramafic rocks which are the main source of nickel. The purpose of the study was to determine the laterite profile, geochemical characteristics and characteristics of laterite deposit types. The method used was field observation and collection of drillhole and geochemical data using XRF (X-Ray fluorescence spectrometry) with the number of data blocks X (30 holes) and Y (39 holes). Data were processed using Arcgis10.8 software, and Microsoft Excel. Based on the research, the lateral profile of the study area is divided into 3 zones, namely limonite, Saprolite and bedrock. block X has geochemical characteristics of MgO, SiO₂, and CaO elements decreasing towards the limonite zone for Fe, Al₂O₃, and Cr₂O₃ residually enriched in the limonite zone, Ni and Co are absolutely enriched in the saprolite zone, while in Block Y has almost the same characteristics as block X, the difference lies in the Ni element which is enriched in the limonite zone and the upper part of the saprolite zone. The distribution of Ni elemental levels made using the IDW method produces low Ni (<1.4), medium (1.40-1.70), high (>1.70). The levels in block X on average have a higher value than block Y because the depth of the groundwater table in block X is deeper than block Y. Based on geochemical characteristics, it can be concluded that the type of laterite deposits in block X is included in the Hydrous Silicate Deposit Type with a Ni content characteristic reaching a level of 2.1%. Ni element levels are comparable to MgO and SiO₂ elements with enrichment of element levels occurring in the saprolite zone, the position of the groundwater table is relatively deep reaching 19 m. Meanwhile, block Y is included in the Oxide Deposit type with the characteristic of low Ni content with the highest element value of 1.78% and enriched in the upper limonite and saprolite zones, the main constituent mineral Geothite with a low groundwater table reaching a depth of 3m.

Keywords: *North Kabaena, Geochemistry; Nickel Laterite; Type of Deposits*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Bismillahirrahmanirahim, puji syukur kehadiran Allah SWT, atas izin, rahmat serta hidayah-nya, sehingga laporan yang berjudul **“KARAKTERISTIK GEOKIMIA TIPE ENDAPAN LATERIT BLOK X DAN BLOK Y PT. PASIFIC ORE RESOURCES KECAMATAN KABAENA UTARA KABUPATEN BOMBANA PROVINSI SULAWESI TENGGARA”** dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan laporan ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Strata I pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada pembuatan laporan ini penulis tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan do'a dan semangat kepada penulis. Sehingga terselesaikannya laporan ini dengan baik. Penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Sultan S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing Utama dan penasehat akademik yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Dr. Ulva Ria Irvan, ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Kaharuddin, M. T. dan Bapak Safruddin, S.T., M.Eng selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu pada penelitian ini.
4. Bapak Dr.Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. selaku kepala Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu Dosen pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan dan nasehatnya.
6. Bapak dan Ibu Staf Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.
7. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat dan bantuan kepada penulis, bantuan moril maupun materil,

serta doa restu yang senantiasa terucapkan tiada henti yang kemudian menjadi sumber semangat bagi penulis selama ini

8. Bapak Muhammad Ihsan S.T selaku Kepala Teknik Tambang PT. *Pasific Ore Resources* tempat penulis melakukan kerja praktek untuk pengambilan data dalam penelitian ini.
9. Bapak Muhammad Lutfi, S.T, Bapak Enos Paembonan, S.T, selaku pembimbing dalam pelaksanaan kerja praktek dan tugas akhir di PT. *Pasific Ore Resources*.
10. Saudara - Saudari seperjuangan Teknik Geologi Angkatan 2018 (Xenolith) yang menjadi ruang untuk berdiskusi serta telah memberikan banyak dukungan dan bantuan kepada penulis selama penulis dalam masa studi di Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
11. Seluruh anggota mahasiswa Teknik Geologi Universitas Hasanuddin (HMG FT-UH) yang telah banyak memberikan dukungan kepada penulis.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sampaikan yang juga telah banyak membantu dan mendoakan.

Dalam penyajian laporan ini, penulis menyadari masih belum mendekati kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan koreksi dan saran yang sifatnya membangun sebagai bahan masukan yang bermanfaat demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan. Akhir kata semoga laporan ini bermanfaat dan dapat memberikan sumbangsih pemikiran untuk perkembangan ilmu pengetahuan bagi penulis maupun bagi pihak yang berkepentingan lainnya. *Wasalamu'alaikum Warahmatullah. Wabarakatuh.*

Gowa, 18 Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Geologi Regional Lembar Kolaka.....	3
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	3
2.1.2 Stratigrafi Regional	5
2.1.3 Struktur dan Tektonika.....	6
2.2 Batuan Ultramafik	9
2.3 Serpentinisasi	10
2.4 Endapan Laterit	11
2.4.1 Faktor Pengontrol Endapan Laterit	12
2.4.2 Genesa Endapan Nikel	14
2.5 Profil Laterit	15
2.6 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit	17
2.6.1 <i>Hydrous Silicate Deposits</i>	17

2.6.2	Clay Silicate Deposits	18
2.6.3	Oxide Deposits	19
BAB III METODE PENELITIAN		21
3.1	Lokasi Penelitian	21
3.2	Metode Penelitian.....	22
3.3	Tahap Observasi Lapangan	23
3.3.1	Tahap Pengeboran	23
3.3.2	Tahap Preparasi Sampel	25
3.4	Tahap Analisis Data	29
3.4.1	Analisis Petrografi.....	29
3.4.2	Analisis XRF	29
3.5	Tahap Pengolahan Data.....	30
3.5.2	Proses Validasi Data.....	30
3.5.2	Metode <i>Inverse Distance Weighted</i> (IDW).....	30
3.6	Tahap Penyusunan Laporan	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
4.1	Geologi Daerah Penelitian	33
4.1.1	Morfologi Daerah Penelitian.....	33
4.1.2	Batuan Ultramafik Daerah Penelitian	33
4.2	Profil Laterit Daerah Penelitian.....	35
4.2.1	Profil Laterit Blok X	35
4.2.2	Profil Laterit Blok Y	39
4.3	Karakteristik Geokimia Endapan Laterit.....	41
4.3.1	Karakteristik Blok X	42
4.2.2	Karakteristik Blok Y	47
4.4	Distribusi Kadar Unsur Ni.....	53
4.4.1	Distribusi Kadar Ni Blok “X”	53
4.2	Distribusi Kadar Ni Blok “Y”	56
4.4	Karakteristik Tipe Endapan Laterit	59
4.4.1	Karakteristik Tipe endapan Laterit blok X.....	59
4.4.2	Karakteristik Tipe Endapan Laterit Blok Y	60

BAB V PENUTUP	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.1 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Geologi Regional daerah penelitian pada Peta Geologi Lembar Kolaka	8
Gambar 2	Generalisasi Profil Laterit (Elias, 2002).....	17
Gambar 3	Profil nikel tipe <i>Hydrous Silicate</i> (Freyssnet et al., 2005).	18
Gambar 4	Profil Nikel Tipe Clay Silicate (Freyssnet et al., 2005)	19
Gambar 5	Profil Nikel Tipe Oxide Deposits (Freyssnet et al., 2005)	19
Gambar 6	Peta tunjuk lokasi penelitian	22
Gambar 7	Tahap Pemboran daerah eksplorasi PT. <i>Pasific Ore Resource</i>	s24
Gambar 8	Pengambilan data coring	24
Gambar 9	Reduksi ukuran menjadi -20 mm	25
Gambar 10	<i>Quartering Sample</i>	26
Gambar 11	Pengeringan Sampel dengan Big Drying Oven.....	26
Gambar 12	Reduksi Ukuran -3 mm menggunakan mesin <i>Double Roll</i>	27
Gambar 13	Pengurangan volume material	27
Gambar 14	Reduksi Ukuran 200 Mesh dengan Mesin Pulverizer	28
Gambar 15	Packing sample.....	29
Gambar 16	Data Hasil validasi	30
Gambar 17	Diagram alir penelitian.....	32
Gambar 18	Kenampakan Morfologi Daerah Penelitian.....	33
Gambar 19	Litologi peridotit daerah Penelitian.....	34
Gambar 20	Kenampakan Kekar non Sistematis.....	34
Gambar 21	Penggambaran profil laterit blok X berdasarkan data bor <i>Hole</i> Id MP0130.....	36
Gambar 22	. Penggambaran profil laterit berdasarkan data blur blok X pada <i>Hole</i> Id MP0139	37
Gambar 23	Penggambaran profil laterit Blok X berdasarkan data Bor pada <i>Hole</i> Id MP0141	38
Gambar 24	Penggambaran profil laterit berdasarkan data Bor blok Y pada MP0021	40
Gambar 25	Penggambaran profil laterit berdasarkan data Bor blok Y pada MP0009	41
Gambar 26	Penggambaran profil laterit berdasarkan data Bor blok Y pada MP0002	41

Gambar 27	Kenampakan petrografi sayatan tipis sampel DW/X/MP0141 dengan komposisi mineral terdiri dari olivin (OL), Serpentin (Srp), Orthopiroksin (Opx), Klinopiroksin (Cpx) dan Cr-Spinnel.....	45
Gambar 28	Profil vertikal laterit blok X.....	47
Gambar 29	Kenampakan petrografi sayatan tipis pasa sampel DW/Y/MP0021 dengan komposisi mineral terdiri dari olivin (Ol), Serpentin (Srp), Orthopiroksin (Opx), Klinopiroksin (Cpx), Cr-Spinel.....	51
Gambar 30	Profil vertikal laterit blok Y.....	53
Gambar 31	Distribusi kadar Ni pada zona limonit blok X.....	55
Gambar 32	Distribusi kadar Ni pada zona saprolit blok X.....	56
Gambar 33	Distribusi kadar Ni zona limonit blok Y.....	58
Gambar 34	Distribusi kadar Ni zona Saprolit blok Y.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Peran beberapa elemen selama pelapukan laterit (Ahmad, 2009).	11
Tabel 2	Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freysnet et al., 2005).....	20
Tabel 3	Data Hasil Validasi Geokimia Blok X	42
Tabel 4	Data statistik unsur pada zona limonit blok “X”	43
Tabel 5	Data Statistik unsur pada zona saprolit blok “X”	44
Tabel 6	Data statistik unsur pada zona <i>bedrock</i> blok “X”	45
Tabel 7	Data Hasil Validasi Geokimia Blok “Y”	48
Tabel 8	Data statistik unsur pada zona limonit Blok “Y”	49
Tabel 9	Data statistik unsur pada zona saprolite Blok “Y”	49
Tabel 10	Data statistik unsur pada zona <i>bedrock</i> Blok “Y”	50
Tabel 11	Koordinat x, y, z dan kadar unsur Ni pada Blok X	54
Tabel 12	Koordinat x, y, z dan kadar unsur Ni pada Blok Y	57
Tabel 13	Parameter endapan nikel laterit blok X (Freysnet et al., 2005) ...	60
Tabel 14	Parameter endapan nikel laterit blok Y (Freysnet et al., 2005) ...	60

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
°	Derajat
±	Kurang Lebih
>	Lebih Besar
<	Lebih Kecil
%	Persen
BRK	<i>Bedrock</i>
Cm	Centimeter
Co	<i>Cobalt</i>
COG	<i>Cut Of Grade</i>
Cpx	Clinopiroksin
Fe	Besi
IDW	<i>Inverse Distance Weighting</i>
IUP	Izin Usaha Pertambangan
Kg	Kilogram
LIM	Limonit
M	Meter
Mdpl	Meter diatas permukaan laut
Mn	Mangan
MT	Metrik Ton
Ni	Nikel
Ol	Olivin
Opx	Orthopiroksen
SAP	Saprolit
Srp	Serpentin
QA	<i>Quarter Aluvium</i>
QAQC	<i>Quality Assurance Quality Control</i>
XRF	<i>X-ray Fluorescence</i>

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN

KADAR UNSUR BLOK X	66
KADAR UNSUR BLOK Y	93
TABEL DATA HASIL VALIDASI GEOKIMIA BLOK X	110
TABEL DATA HASIL VALIDASI GEOKIMIA BLOK Y	113
PETROGRAFI	112

LAMPIRAN LEPAS

PETA STASIUN

PETA GEOLOGI

PETA GEOLOGI BLOK X

PETA GEOLOGI BLOK Y

PETA SEBARAN TITIK BOR BLOK X

PETA SEBARAN TITIK BOR BLOK Y

PETA DISTRIBUSI KADAR NI LIMONIT BLOK X

PETA DISTRIBUSI KADAR NI LIMONIT BLOK Y

PETA DISTRIBUSI KADAR NI SAPROLIT BLOK X

PETA DISTRIBUSI KADAR NI SAPROLIT BLOK Y

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel laterit adalah produk residual pelapukan kimia pada batuan ultrabasa. Proses ini berlangsung selama jutaan tahun dimulai ketika batuan ultrabasa tersingkap di permukaan bumi. Pelapukan pada peridotit menyebabkan unsur-unsur dengan mobilitas rendah sampai immobile seperti Ni (nikel), Fe (besi) dan Co (kobal) mengalami pengayaan secara residual dan sekunder (Burger, 1996).

Istilah laterit sendiri berasal dari bahasa latin yaitu “*Later*” yang berarti batubata merah yang dikemukakan oleh Hamilton (1807). Salah satu sumber daya alam yang melimpah di Indonesia yaitu sumber daya endapan nikel laterit. Nikel laterit merupakan salah satu mineral logam hasil dari proses pelapukan kimia batuan ultramafik yang mengakibatkan pengayaan unsur Ni, Fe, Mn, dan Co secara *residual* dan sekunder (Syafirizal 2011).

Pulau kabaena mempunyai sumber daya mineral berupa bahan galian nikel, bahan bangunan dan industri berupa batuan beku, batu gamping, pasir dan kerikil. Bijih nikel terdapat dalam laterit yang berasal dari pelapukan ultramafik dan saat ini telah ditambang oleh beberapa perusahaan tambang.

Geokimia adalah sains yang dimana menggunakan prinsip dan teknologi bidang kimia untuk menganalisis dan menjelaskan mekanisme dibalik sistem geologi seperti kerak bumi dan lautan yang berada di atasnya. Oleh karena itu, mengetahui unsur geokimia untuk pengolahan nikel laterite sangat dibutuhkan agar mengetahui kadar unsur Ni yang berpotensi ekonomis sehingga bisa dimanfaatkan.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka hal tersebutlah yang melatar belakangi penulis melakukan penelitian dalam penyelesaian tugas akhir dengan judul : **“Karakteristik Geokimia Tipe Endapan Laterit Blok X Dan Blok Y PT. Pasific Ore Resources Kecamatan Kabaena Utara Kabupaten Bombana Provinsi Sulawesi Tenggara”**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan studi literatur, rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana profil laterit daerah penelitian?
2. Bagaimana karakteristik geokimia daerah penelitian?
3. Bagaimana karakteristik tipe endapan laterit daerah penelitian?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini yaitu dapat mengetahui karakteristik endapan laterit berdasarkan data geokimia pada daerah penelitian. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui profil laterit daerah penelitian
2. Mengetahui karakteristik geokimia daerah penelitian
3. Mengetahui tipe endapan laterit daerah penelitian

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian yang dilakukan, penulis membatasi masalah yang akan diangkat yaitu karakteristik geokimia endapan laterit terkhusus pada blok X dan Y PT. *Pasific Ore Resources* melalui analisa sampel pengeboran (*core*) dan analisa laboratorium yang terdiri dari analisa petrografi dan XRF.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan acuan atau referensi dalam perencanaan eksplorasi dan eksploitasi bahan tambang nikel laterit pada PT. *Pasific Ore Resources*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Lembar Kolaka

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

2.1.1 Geomorfologi Regional

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

Ada lima satuan morfologi pada bagian tengah dan ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi, yaitu morfologi pegunungan, morfologi perbukitan tinggi, morfologi perbukitan rendah, morfologi pedataran dan morfologi karst.

Morfologi Pegunungan

Satuan morfologi pegunungan menempati bagian terluas di kawasan ini, terdiri atas Pegunungan Mekongga, Pegunungan Tangkeleboke, Pegunungan Mendoke dan Pegunungan Rumbia yang terpisah di ujung selatan Lengan Tenggara. Puncak tertinggi pada rangkaian pegunungan Mekongga adalah Gunung Mekongga yang mempunyai ketinggian 2790 mdpl. Pegunungan Tangkelamboke mempunyai puncak Gunung Tangkelamboke dengan ketinggian 1500 mdpl. Satuan morfologi ini mempunyai topografi yang kasar dengan kemiringan lereng tinggi. Rangkaian pegunungan dalam satuan ini mempunyai pola yang hampir sejajar berarah barat laut–tenggara. Arah ini sejajar dengan pola struktur sesar regional di kawasan ini. Pola ini mengindikasikan bahwa pembentukan morfologi pegunungan itu erat hubungannya dengan sesar regional.

Satuan pegunungan terutama dibentuk oleh batuan malihan dan setempat oleh batuan ofiolit. Ada perbedaan yang khas di antara kedua penyusun batuan itu. Pegunungan yang disusun oleh batuan ofiolit mempunyai punggung gunung yang panjang dan lurus dengan lereng relatif lebih rata, serta kemiringan yang tajam.

Sementara itu, pegunungan yang dibentuk oleh batuan malihan, punggung gunungnya terputus pendek-pendek dengan lereng yang tidak rata walaupun bersudut tajam.

Morfologi Perbukitan Tinggi

Morfologi perbukitan tinggi menempati bagian selatan Lengan Tenggara, terutama di selatan Kendari. Satuan ini terdiri atas bukit-bukit yang mencapai ketinggian 500 mdpl dengan morfologi kasar. Batuan penyusun morfologi ini berupa batuan sedimen klastika Mesozoikum dan Tersier.

Morfologi Perbukitan Rendah

Morfologi perbukitan rendah melampar luas di Utara Kendari dan ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Satuan ini terdiri atas bukit kecil dan rendah dengan morfologi yang bergelombang. Batuan penyusun satuan ini terutama batuan sedimen klastika Mesozoikum dan Tersier.

Morfologi Pedataran

Morfologi dataran rendah dijumpai di bagian tengah ujung selatan Lengan Tenggara Sulawesi. Tepi selatan Dataran Wawotobi dan Dataran Sampara berbatasan langsung dengan morfologi pegunungan. Penyebaran morfologi ini tampak sangat dipengaruhi oleh sesar geser mengiri (Sesar Kolaka dan Sistem Sesar Konawehea). Kedua sistem ini diduga masih aktif, yang ditunjukkan oleh adanya torehan pada endapan aluvial dalam kedua dataran tersebut (Surono dkk, 1997). Sehingga sangat mungkin kedua dataran itu terus mengalami penurunan. Akibat dari penurunan ini tentu berdampak buruk pada dataran tersebut, di antaranya pemukiman dan pertanian di kedua dataran itu akan mengalami banjir yang semakin parah setiap tahunnya.

Dataran Langkowala yang melampar luas di ujung selatan Lengan Tenggara, merupakan dataran rendah. Batuan penyusunnya terdiri atas batupasir kuarsa dan konglomerat kuarsa Formasi Langkowala. Dalam dataran ini mengalir sungai-sungai yang pada musim hujan berair melimpah sedang pada musim kemarau kering. Hal ini mungkin disebabkan batupasir dan konglomerat sebagai dasar sungai masih lepas, sehingga air dengan mudah merembes masuk ke dalam tanah. Sungai tersebut di antaranya Sungai Langkowala dan Sungai Tinanggea.

Batas selatan antara Dataran Langkowala dan Pegunungan Rumbia merupakan tebing terjal yang dibentuk oleh sesar berarah hampir barat-timur.

Morfologi Karst

Morfologi karst melampar di beberapa tempat secara terpisah. Satuan ini dicirikan perbukitan kecil dengan sungai di bawah permukaan tanah. Sebagian besar batuan penyusun satuan morfologi ini didominasi oleh batugamping berumur Paleogen dan selebihnya batugamping Mesozoikum ini merupakan bagian Formasi Eemoiko, Formasi Laonti, Formasi Buara dan bagian atas dari Formasi Meluhu. Sebagian dari batugamping penyusun satuan morfologi ini sudah berubah menjadi marmer. Perubahan ini erat hubungannya dengan pensesar-naikkan ofiolit ke atas kepingan benua.

2.1.2 Stratigrafi Regional

Formasi batuan penyusun peta geologi regional lembar Kolaka diuraikan dari termuda sebagai berikut:

Qa Aluvium : terdiri atas lumpur, lempung, pasir kerikil dan kerakal. Satuan ini merupakan endapan sungai, rawa dan endapan pantai. Umur satuan ini adalah Holosen.

Tml Formasi Langkowala : terdiri atas konglomerat, batupasir, serpih dan setempat kalkarenit. Konglomerat mempunyai fragmen beragam yang umumnya berasal dari kuarsa dan kuarsit, dan selebihnya berupa batu pasir malih, sekis dan ultrabasa. Ukuran fragmen berkisar 2 cm sampai 15 cm, setempat terutama dibagian bawah sampai 25 cm. Bentuk fragmen membulat – membulat baik, dengan sortasi menengah. Formasi ini banyak dibatasi oleh kontak struktur dengan batuan lainnya dan bagian atas menjemari dengan bagian bawah batuan sedimen Formasi Boepinang (*Tmpb*). Hasil penanggalan umur menunjukkan bahwa batuan ini terbentuk pada Miosen Tengah.

MTpm Kompleks Pompangeo : terdiri atas sekis mika, sekis glaukofan, sekis amphibolit, sekis klorit, rijang, pualam dan batugamping meta. Sekis berwarna putih, kuning kecoklatan, kehijauan kelabu; kurang padat sampai sangat padat serta memperlihatkan perdaunan. Setempat menunjukkan struktur chevron, lajur tekuk (*kink banding*) dan augen serta di beberapa tempat perdaunan terlipat.

Rijang berwarna kelabu sampai coklat; agak padat sampai padat, setempat tampak struktur perzona halus (perarian). Pualam berwarna kehijauan, kelabu sampai kelabu gelap, coklat sampai merah coklat, dan hitam bergaris putih; sangat padat dengan persekisan, tekstur umumnya nematoblas yang memperlihatkan pengarah. Persekisan dalam batuan ini didukung oleh adanya pengarah kalsit hablur yang bergabung dengan mineral lempung dan mineral kedap (opak). Batuan terutama tersusun oleh kalsit, dolomit dan piroksen; mineral lempung dan mineral bijih dalam bentuk garis. Wolastonit dan apatit terdapat dalam jumlah sangat kecil. Plagioklas jenis albit mengalami penghabluran ulang dengan piroksen. Satuan ini mempunyai kontak struktur geser dengan satuan yang lebih tua di bagian utara yaitu Kompleks Mekongga (Pzm). Berdasarkan penarikan umur oleh Kompleks Pompangeo mempunyai umur Kapur Akhir – Paleosen bagian bawah.

Km Formasi Matano: terdiri atas batugamping hablur, rijang dan batusabak. Batugamping berwarna putih kotor sampai kelabu; berupa endapan kalsilit yang telah menghablur ulang dan berbutir halus (lutit); perlapisan sangat baik dengan ketebalan zona antara 10-15 cm; di beberapa tempat dolomitan; di tempat lain mengandung lensa rijang setempat perdaunan. Rijang berwarna kelabu sampai kebiruan dan coklat kemerahan; pejal dan padat. Berupa lensa atau sisipan dalam batugamping dan napal; ketebalan sampai 10 cm. Batusabak berwarna coklat kemerahan; padat dan setempat gampingan; berupa sisipan dalam serpih dan napal, ketebalan sampai 10 cm. Berdasarkan kandungan fosil batugamping, yaitu *Globotruncana* sp dan *Heterohelix* sp, serta *Radiolaria* dalam rijang, Formasi Matano diduga berumur Kapur Atas dengan lingkungan pengendapan pada laut dalam.

Ku Kompleks Ultramafik : terdiri atas harzburgit, dunit, wherlit, serpentinit, gabro, basal, dolerit, diorit, mafik meta, amphibolit, magnesit dan setempat rodingit. Satuan ini diperkirakan berumur Kapur.

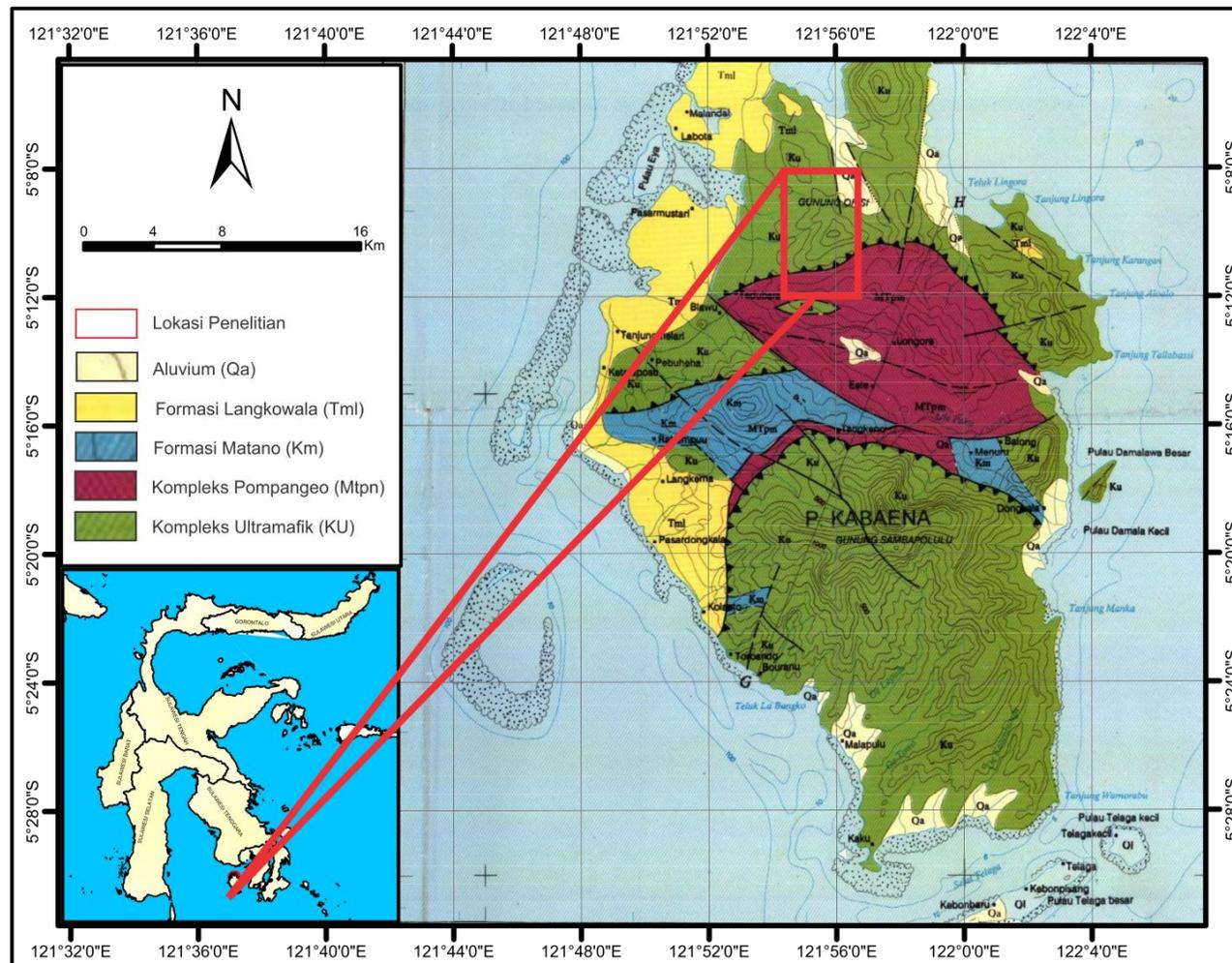
2.1.3 Struktur dan Tektonika

Pada lengan tenggara Sulawesi, struktur utama yang terbentuk setelah tumbukan adalah sesar geser mengiri, termasuk sesar matarombeo, sistem sesar Lawanopo, sistem sesar Konaweha, sesar Kolaka, dan banyak sesar lainnya serta

liniasi. Sesar dan liniasi menunjukkan sepasang arah utama Tenggara - barat laut (332 derajat), dan timur laut-barat daya (42 derajat). Arah tenggara barat laut merupakan arah umum dari sesar geser mengiri dilengan tenggara sulawesi.

Sistem sesar Lawanopo termasuk sesar-sesar berarah utama barat laut-tenggara yang memanjang sekitar 260 Km dari Utara Malili sampai tanjung Toronipa. Ujung barat laut sesar ini menyambung dengan sesar Matano, sementara ujung tenggaranya bersambung dengan sesar Hamilton yang memotong sesar naik Tolo. Sistem sesar ini diberi nama sesar Lawanopo oleh Hamilton (1979) berdasarkan dataran Lawanopo yang ditorehnya. Analisis stereografi orientasi bodin, yang diukur pada tiga lokasi, menunjukkan keberagaman azimuth rata-rata *plunge*: 30 derajat / 44 derajat, 356.3 derajat / 49 derajat, dan 208.7 derajat / 21derajat. Adanya mata air panas di Desa Toreo, sebelah tenggara Tinobu serta pergeseran pada bangunan dinding rumah dan jalan sepanjang sesar ini menunjukkan bahwa sistem sesar Lawanopo masih aktif sampai sekarang.

Lengan Sulawesi tenggara juga merupakan kawasan pertemuan lempeng, yakni lempeng benua yang berasal dari Australia dan lempeng samudra dari Pasifik. Kepingan benua di Lengan Tenggara Sulawesi dinamai Mintakat Benua Sulawesi Tenggara (*South East Sulawesi Continental Terrane*) dan Mintakat Matarambeo. Kedua lempeng dari jenis yang berbeda ini bertabrakan dan kemudian ditindih oleh endapan Molasa Sulawesi. Sebagai akibat subduksi dan tumbukan lempeng pada Oligosen Akhir-Miosen Awal, kompleks ofiolit tersesar-naikkan ke atas mintakat benua. Molasa sulawesi yang terdiri atas batuan sedimen klastik dan karbonat terendapkan selama akhir dan sesudah tumbukan, sehingga molasa ini menindih tak selaras Mintakat Benua Sulawesi Tenggara dan Kompleks Ofiolit tersebut. Pada akhir kenozoikum lengan ini di koyak oleh Sesar Lawanopo dan beberapa pasangannya termasuk Sesar Kolaka.



Gambar 1 Geologi Regional daerah penelitian pada Peta Geologi Lembar Kolaka

2.2 Batuan Ultramafik

Batuan ultrabasa merupakan batuan yang kaya mineral basa (mineral ferromagnesia) dengan komposisi utama batumannya adalah mineral olivin, piroksin, hornblende, mika dan biotit, sehingga batuan ultrabasa memiliki indeks warna >70% gelap dan sebagian besar berasal dari plutonik (Ahmad, 2002).

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

Berikut ini jenis-jenis batuan ultrabasa, antara lain:

1. Peridotit

Peridotit biasanya membentuk suatu kelompok batuan ultrabasa yang disebut ofiolit, umumnya membentuk tekstur kumulus yang terdiri atas harzburgit, lherzolit, wehrlit, dan dunit. Peridotit tersusun atas mineral – mineral holokristalin dengan ukuran medium – kasar dan berbentuk anhedral. Komposisinya terdiri dari olivin dan piroksin. Mineral asesorisnya berupa plagioklas, hornblende, biotit, dan garnet.

2. Dunit

Dunit merupakan batuan yang hampir murni olivin (90% - 100%). Menurut Ahmad (2002) menyatakan bahwa dunit memiliki komposisi mineral hampir seluruhnya adalah monomineralik olivin (umumnya magnesit olivin), mineral asesorisnya meliputi kromit, magnetit, ilmenit, dan spinel. Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperatur yang tinggi) dalam larutan magma, dan sebelum mendingin pada temperatur tersebut, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivin anhedral yang saling mengikat. Terbentuknya batuan yang terdiri dari olivin murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (*liquid*) berkomposisi olivin memisah dari larutan yang lain.

3. Serpentin

Serpentin memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit, peridotit (Ahmad, 2002). Serpentin tersusun oleh mineral grup serpentin > 50 % Menurut Hess (1965), bahwa pada prinsipnya kerak serpentin dapat dihasilkan dari mantel oleh hidrasi dari mantel ultrabasa (mantel peridotit dan dunit) di bawah punggung tengah samudera (*Mid Ocean Ridge*). Serpentin kemudian terbawa keluar melalui migrasi litosfer.

2.3 Serpentinisasi

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

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

Secara umum batuan dasar penghasil tanah laterit merupakan batuanbatuan 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 ada mineral olivin maupun piroksen pengurangan atau perubahan komposisi unsur Mg, Ni dan Fe pada mineralnya.

2.4 Endapan Laterit

Laterit deposit atau endapan laterit diartikan sebagai hasil dari proses pelapukan yang intensif di daerah humid, warm maupun tropic dan kaya akan mineral lempung yang bersifat kaolinitic serta Fe- dan Al- oxide/hydroxide. Endapan laterit pada umumnya menampakkan bidang perzona yang baik sebagai hasil reaksi antara air hujan yang masuk ke dalam formasi dan kelembaban tanah yang naik ke atas permukaan (Maulana, 2017)

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

Tabel 1 Peran beberapa elemen selama pelapukan laterit (Ahmad, 2009)

Unsur	Ada di ultramafik sebagai	Peran selama pelapukan laterit
Ca	Cpx > Opx > Oliv	Sangat <i>Mobile</i> . Lepas.
Na	Very little	Sangat <i>Mobile</i> . Lepas.
Mg	Oliv > Opx > Cpx	Sangat <i>Mobile</i> . Sebagian besar larut. Beberapa tertinggal sebagai mineral lempung
K	Very little	Sangat <i>Mobile</i> . Sebagian besar larut. Sebagian tertinggal sebagai mineral lempung
Si	Opx > Cpx > Oliv	Sangat <i>Mobile</i> . Sebagian besar larut. Sebagian tertinggal sebagai mineral lempung dan silica boxwork.
Mn	Oliv > Opx > Cpx	Semi - <i>Mobile</i> . Membentuk oksida (pyrolusite) dan hidroksida (<i>manganite, pyrochroite & psilomelane</i>)
Co	Oliv > Opx > Cpx	Semi - <i>Mobile</i> . Mengikuti mangan
Ni	Oliv > Opx > Cpx	Semi - <i>Mobile</i> . Membentuk nikel serpentine, nikel talc, nickel chlorite and nickel clays
Al	Cpx > Opx > Oliv	Tidak <i>Mobile</i> . Tetap tinggal sebagai boehmite, bauxite & gibbsite
Cr	Cpx > Opx > Oliv	Tidak <i>Mobile</i> . Tetap tertinggal sebagai kromit
Fe	Oliv > Opx > Cpx	Tidak <i>Mobile</i> . Tetap tertinggal sebagai oksida (hematit & maghemit) dan hidroksida (turgite, goethite, hydrogoethite, limonite, ferrihydrite, xanthosiderite & esmeraldaite)

- a. Ca. Kalsium memiliki sifat yang sangat larut dalam air tanah di daerah tropis.
- b. Mg. Magnesium sangat larut dalam air tanah. Dalam kondisi tropis basah, magnesia dapat dengan cepat keluar dari profil laterit. Namun, di bawah kondisi iklim basah-kering, beberapa magnesia dalam bentuk lempung dalam profil laterit mungkin terhambat.
- c. Si. Silika memiliki kelarutannya lebih rendah dari magnesium, silika seringkali dapat diendapkan dalam zona saprolitik dari profil laterit di mana magnesia secara aktif masuk ke dalam larutan.
- d. Fe. Kelarutan zat besi sangat bervariasi tergantung pada keadaan valensinya, dimana zat besi (Fe^{2+}) cukup larut dalam air tanah sedangkan zat besi (Fe^{3+}) sangat tidak larut.
- e. Al. Alumina adalah salah satu unsur yang tidak bergerak yang ada dalam profil laterit selama air tanah berada pada kisaran pH 4,5 hingga 9,5 (sebagian besar air tanah memang termasuk dalam kisaran ini)
- f. Cr. Kromium dalam kromit tidak larut dalam air tanah dan sangat stabil, bertahan sebagai kromit di zona limonit laterit.
- g. Mn dan Co memiliki mobilitas agak rendah di perairan asam dan cenderung bergerak ke bawah profil laterit. Namun, mereka mencapai tingkat ketidaksuburan mereka lebih cepat (dan lebih awal dari nikel) dan diendapkan baik di bagian bawah zona limonit atau di bagian atas zona saprolit. Konsentrasi kobalt umumnya mengikuti mangan dalam profil laterit.

2.4.1 Faktor Pengontrol Endapan Laterit

Terdapat beberapa faktor yang dapat mengontrol pembentukan endapan nikel laterit, yaitu:

- a) Iklim

Iklim memiliki peran penting dalam terbentuknya endapan laterit. Temperatur yang hangat dan curah hujan yang tinggi dan ditambah dengan aktivitas biogenik yang tinggi akan mempercepat proses pelapukan kimia. Daerah beriklim tropis dengan temperatur lebih dari 20°C yang cenderung tetap sepanjang tahun merupakan daerah yang sangat ideal untuk pembentukan endapan laterit (Ahmad, 2006). Menurut Ellias (2002) curah hujan menentukan jumlah air yang

melewati tanah, sehingga mempengaruhi intensitas pencucian. Sebenarnya tingkat curah hujan dapat bervariasi yang nantinya akan membentuk tanah laterit yang berbeda-beda pula

b) Topografi

Topografi akan mempengaruhi pola aliran air. Kelerengan dan relief mempengaruhi intensitas air yang masuk ke dalam tanah atau batuan dan muka air tanah (Elias, 2002). Topografi yang tidak curam tingkat kelerengannya, maka endapan laterit masih mampu untuk ditopang oleh permukaan topografi sehingga tidak terangkut semua oleh proses erosi ataupun ketidakstabilan lereng. Permukaan tanah yang curam akan mempercepat erosi pada tanah laterit. Topografi yang terlalu datar dengan drainase yang buruk juga tidak begitu bagus, hal ini menyebabkan pencucian berjalan kurang maksimal sehingga tanah laterit sulit terbentuk.

c) pH

Kelarutan mineral akan meningkat di perairan yang memiliki kadar pH yang rendah. Dengan demikian, air yang sedikit asam akan mempercepat proses pelapukan kimia. Air asam banyak terbentuk pada iklim tropis basah melalui hujan asam alami (Elias, 2002)

d) Tektonik

Tektonisme dapat menghasilkan pengangkatan yang menyebabkan tanah atau batuan tersingkap dan mempercepat proses erosi, menurunkan muka air tanah, dan merubah relief. Untuk menghasilkan pembentukan endapan laterit yang stabil diperlukan kondisi tektonik yang stabil karena dapat mengurangi proses erosi dan memperlambat gerak air tanah (Elias, 2002)

e) Struktur

Struktur geologi memiliki peran penting dalam pembentukan endapan laterit. Adanya struktur geologi seperti sesar dan kekar akan membuat batuan menjadi permeabel sehingga memudahkan air untuk dapat masuk ke dalam batuan. Masuknya air ke dalam batuan akan memudahkan proses pelapukan kimia sehingga laterisasi dapat berjalan dengan baik (Elias, 2002).

Golightly (1979), menyatakan bahwa kadar nikel tertinggi berada di sepanjang zona-zona kekar yang intensif. Kekar menjadi salah satu media yang

cukup penting dalam mempercepat pelapukan melalui infiltrasi air ke dalam rekahan sehingga air akan lebih mudah masuk ke dalam tanah dan membantu mempercepat pelapukan batuan dasar. Selain itu air yang membawa unsur Ni akan terendapkan pada zona-zona rekahan dalam bentuk vein.

f) Batuan Asal

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

2.4.2 Genesa Endapan Nikel

Proses pelapukan dimulai pada batuan ultramafik (peridotit, dunit, serpentinit) yang banyak mengandung mineral olivin, piroksin, magnesium silikat, dan besi silikat dengan kandungan nikel kira-kira sebesar 0.30%. Proses laterisasi pada endapan nikel laterit diartikan sebagai proses pencucian pada mineral yang mudah larut dan mineral silika dari profil laterit pada lingkungan yang bersifat asam, hangat, dan lembap, serta membentuk konsentrasi endapan hasil pengayaan proses laterisasi pada unsur Fe, Cr, Al, Ni, dan Co.

Air permukaan yang mengandung CO₂ dari atmosfer dan terkayakan kembali oleh material-material organik di permukaan meresap ke bawah permukaan tanah sampai pada zona pelindian (*leaching zone*), tempat terjadinya fluktuasi air tanah berlangsung. Akibat fluktuasi ini, air tanah yang kaya CO₂ akan mengalami kontak dengan zona saprolit yang masih mengandung batuan asal dan melarutkan mineral-mineral yang tidak stabil seperti olivin/serpentin dan piroksin. Unsur Mg, Si, dan Ni akan larut dan terbawa sesuai dengan aliran air tanah dan akan membentuk mineral-mineral baru pada proses pengendapan kembali.

Endapan besi yang bersenyawa dengan oksida akan terakumulasi dekat dengan permukaan tanah, sedangkan magnesium, nikel, dan silika akan tetap tertinggal di dalam larutan dan bergerak turun selama suplai air yang masuk ke dalam tanah terus berlangsung. Rangkaian proses ini merupakan proses pelapukan dan pelindihan/*leaching*. Pada proses pelapukan lebih lanjut magnesium (Mg), Silika (Si), dan Nikel (Ni) akan tertinggal di dalam larutan selama air masih

bersifat asam. Tetapi jika dinetralisasi karena adanya reaksi dengan batuan dan tanah, maka zat-zat tersebut akan cenderung mengendap sebagai mineral hidrosilikat (Ni-magnesium hidrosilicate) yang disebut mineral garnierit $[(\text{Ni},\text{Mg})_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$ atau mineral pembawa Ni.

Adanya suplai air dan saluran untuk turunnya air, dalam hal ini berupa kekar atau rekahan pada batuan, maka Ni yang terbawa oleh air akan turun ke bawah, lambat laun akan terkumpul di zona ketika air sudah tidak dapat turun lagi dan tidak dapat menembus batuan dasar (*bedrock*). Ikatan dari Ni yang berasosiasi dengan Mg, SiO, dan H akan membentuk mineral garnierit. Apabila proses ini berlangsung terus-menerus maka yang akan terjadi adalah proses pengayaan supergen/*supergen enrichment*.

Zona pengayaan supergen ini terbentuk di zona saprolit (*saprolite zone*). Dalam satu penampang vertikal profil laterit dapat juga terbentuk zona pengayaan yang lebih dari satu, hal tersebut dapat terjadi karena muka air tanah yang selalu berubah-ubah, terutama bergantung dari perubahan musim. Di bawah zona pengayaan supergen terdapat zona mineralisasi primer yang tidak terpengaruh oleh proses oksidasi maupun pelindihan, yang sering disebut sebagai zona batuan dasar (bed rock) (Maulana, 2017).

2.5 Profil Laterit

Pelapukan kimia pada batuan ultrabasa biasanya disertai dengan fraksinasi dari elemen-elemen menjadi tipe yang larut dan tidak larut dalam air. Elemen-elemen yang larut dalam air nantinya akan tercuci keluar dari sistem pelapukan sementara elemen-elemen yang tidak larut dalam air akan tertinggal sebagai pengayaan residu. Proses pelapukan kimia pada akhirnya akan menghasilkan pembentukan profil laterit dengan urutan laterit termuda pada bagian bawah dan laterit tertua pada bagian atas. Menurut Golightly (1979) profil laterit dibagi menjadi 4 zonasi, yaitu:

1. Zona Limonit (LIM)

Zona ini berada paling atas pada profil dan masih dipengaruhi aktivitas permukaan dengan kuat. Zona ini tersusun oleh humus dan limonit. Mineral-mineral penyusunnya adalah goethit, hematit, tremolit dan mineral-mineral lain

yang terbentuk pada kondisi asam dekat permukaan dengan relief relatif datar. Secara umum material-material penyusun zona ini berukuran halus (lempung-lanau), sering dijumpai mineral stabil seperti spinel, magnetit dan kromit.

2. Zona *Medium Grade Limonite* (MGL)

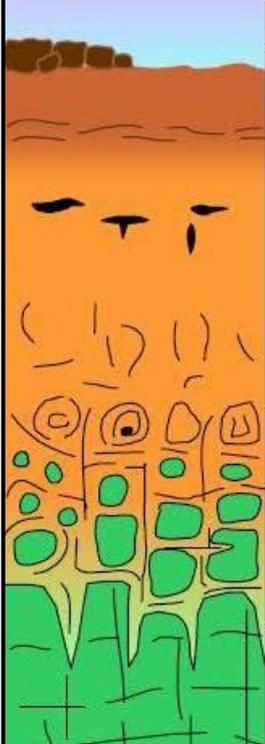
Sifat fisik zona *Medium Grade Limonite* (MGL) tidak jauh berbeda dengan zona overburden. Tekstur sisa batuan induk mulai dapat dikenali dengan hadirnya fragmen batuan induk, yaitu peridotit atau serpentin. Rata-rata berukuran antara 1-2 cm dalam jumlah sedikit. Ukuran material penyusun berkisar antara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

3. Zona Saprolit

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

4. Zona batuan induk (*Bedrock zone*)

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

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

Gambar 2 Generalisasi Profil Laterit (Elias, 2002)

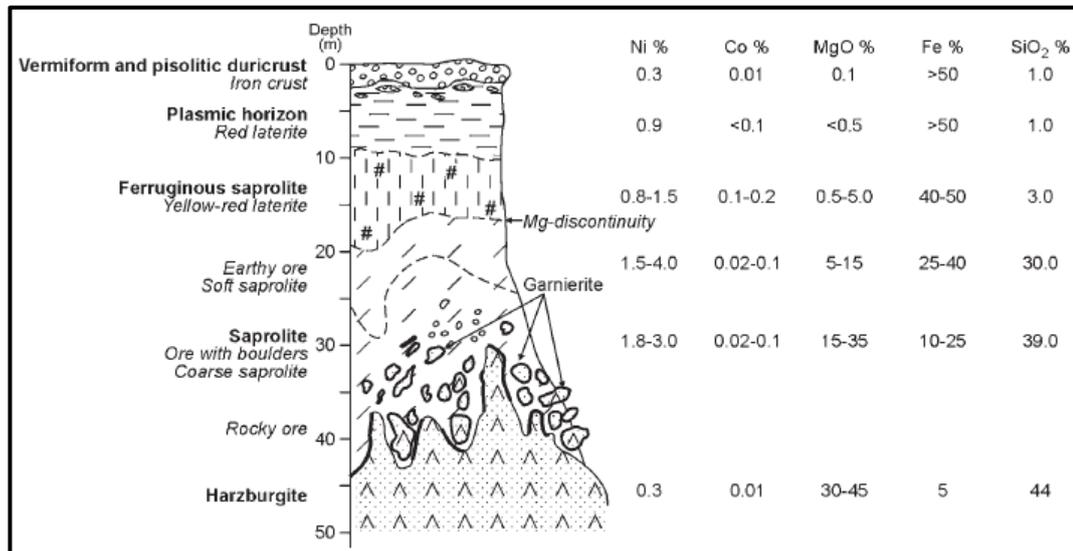
2.6 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

Secara mineralogi Nikel Laterit dapat dibagi dalam tiga kategori yaitu (Freyssnet et al., 2005):

2.6.1 *Hydrous Silicate Deposits*

Pada endapan tipe *Hydrous Silicate* bagian bawah zona saprolit (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral *hydrous* Mg-Ni silikat (Gambar 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 garnerit dapat memiliki kandungan nikel sampai dengan 40%. Nikel akan mengalami pelindian dan limonit pada fase Fe-oxihydroxide akan bergerak turun ke bawah sebelum terendapkan kembali sebagai *Hydrous Silicate* mineral atau menggantikan dalam ubahan serpentinit. Pengkayaan Ni melalui proses supergen ini sangat penting untuk pembentukan endapan *Hydrous Silicate* pada kadar yang ekonomis. Endapan Ni silika,

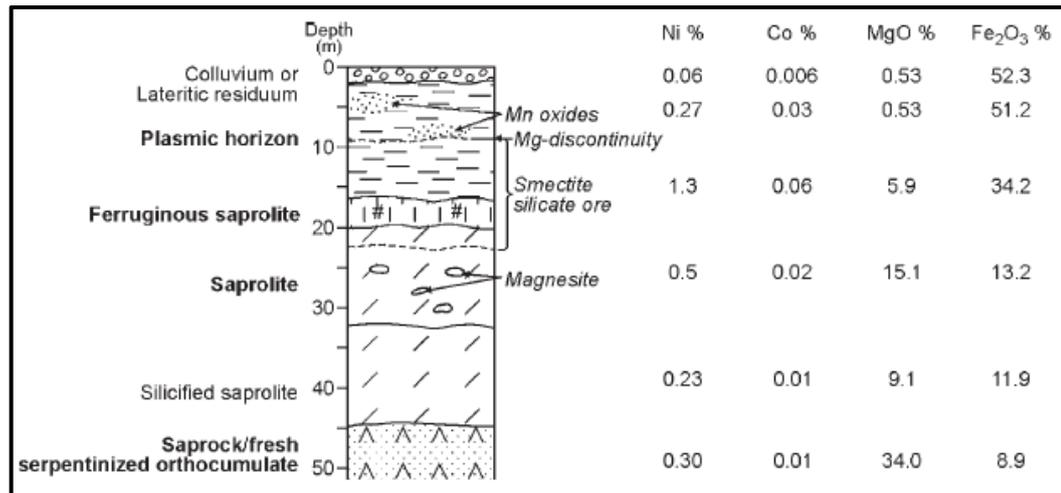
didominasi oleh hydrated Mg-Ni silicates (seperti garnierite), biasanya terdapat di zona saprolit. Pada endapan tipe *Hydrous Silicate*, posisi muka air tanah relatif dalam, kondisi ini menyebabkan infiltrasi air yang dalam sehingga nikel lebih banyak terakumulasi pada zona saprolit (Freyssnet et al., 2005).



Gambar 3 Profil nikel tipe *Hydrous Silicate* (Freyssnet et al., 2005).

2.6.2 Clay Silicate Deposits

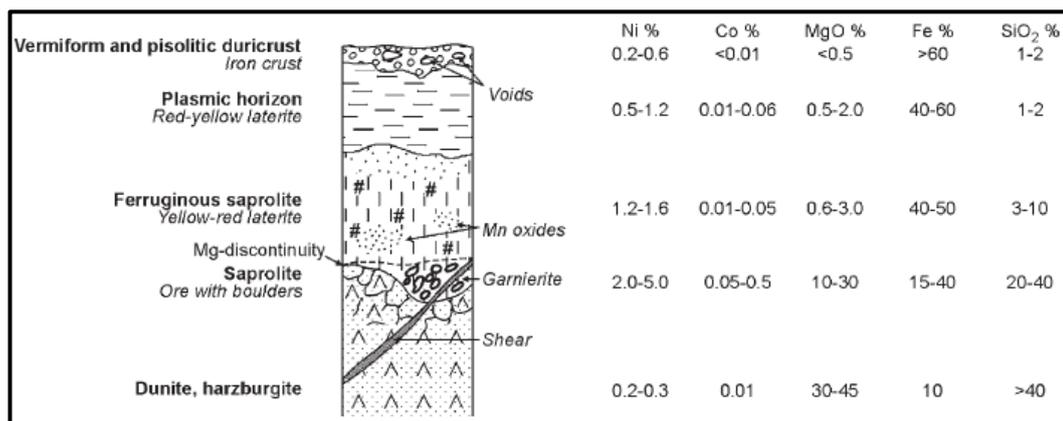
Silika (Si) dari profil laterit, hanya sebagian yang terlindungi oleh air tanah. Silika yang tersisa bersama-sama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk mineral lempung seperti *Ni-rich nontronite* pada bagian tengah sampai dengan bagian atas zona saprolit. Serpentin yang kaya dengan nikel juga bisa digantikan (teraltrasi) oleh smektit pada bagian yang kontak dengan air tanah sehingga larutan-larutan yang terbentuk menjadi jenuh dengan mineral-mineral lempung ini (Gambar 2.6). Secara umum, kadar nikel rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan dengan tipe *Hydrous Silicate*. Endapan silicate Ni, didominasi oleh lempung smektit (seperti nontronit), biasanya terdapat di bagian atas saprolit atau pedolit. Pada endapan tipe clay deposit, posisi muka air tanah awal relatif lebih dangkal dan drainase terhambat, kondisi ini menyebabkan zona limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk zona lempung dan akumulasi Ni pada zona lempung tersebut (Freyssnet et al., 2005).



Gambar 4 Profil Nikel Tipe Clay Silicate (Freysnet et al., 2005)

2.6.3 Oxide Deposits

Oxide deposits dikenal juga dengan nama endapan limonit, dimana nikel berasosiasi dengan Fe-oxyhidroksida, dengan mineral utama goetit. Kadang-kadang juga kaya dengan oksida Mn yang kaya dengan Co. Kadar Ni rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah 1.0-1.6%, sehingga memiliki nilai ekonomis yang kurang baik. Pada endapan tipe oxide deposit posisi muka air tanah awal relatif dangkal dan drainasenya tidak terhambat (infiltrasi air lancar) sehingga Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit sampai saprolit bagian atas. Endapan oksida, didominasi oleh Fe oxyhydroxides (seperti goetit), membentuk zona di antara pedolit dan saprolit (Freysnet et al., 2005).



Gambar 5 Profil Nikel Tipe Oxide Deposits (Freysnet et al., 2005)

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

Parameter	<i>Hydrous Silicate Deposit</i>	<i>Clay Sillicate Deposit</i>	<i>Oxide Deposit</i>
Kadar Ni	Kandungan Ni 1.8 - 2.5%	Kandungan Ni 1.0 - 1.5%	Kandungan Ni 1.0 - 1.6%
Mineral	Dominan Mineral Hydrous Mg-Ni Silikat	Si Bersama Dengan Fe, Ni, dan Al Membentuk Mineral Lempung	Mineral Utamanya Geothite
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 dan Drainase Tidak Terhambat
Akumulasi Ni	Nikel Lebih Banyak Terakumulasi Pada Zona Saprolite	Zona Limonit Lebih sering Terendam Air Sehingga Terbentuk Zona Lempung	Ni Lebih Banyak Terakumulasi Pada Zona Limonit