

SKRIPSI

**KARAKTERISTIK GEOKIMIA ENDAPAN NIKEL LATERIT
PADA BLOK X PT. ANG AND FANG BROTHER
DAERAH LALAMPU KECAMATAN BAHODOPI
KABUPATEN MOROWALI PROVINSI SULAWESI TENGAH**

Disusun dan diajukan oleh:

**CHRISTY AMBARWATI PRADOSO
D061 18 1015**



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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**KARAKTERISTIK GEOKIMIA ENDAPAN NIKEL LATERIT
PADA BLOK X PT. ANG AND FANG BROTHER,
DAERAH LALAMPU, KECAMATAN BAHODOPI,
KABUPATEN MOROWALI, PROVINSI SULAWESI TENGAH**

Disusun dan diajukan oleh:

**CHRISTY AMBARWATI PRADOSO
D061 18 1015**

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Studi Teknik Geologi Fakultas
Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 13 Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



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

Pembimbing Pendamping



A. Bahrul Hidayah, S.T., M.T
NIP. 19880630 202101 5 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;
Nama : Christy Ambarwati Pradoso
NIM : D061 18 1015
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

Karakteristik Geokimia Endapan Nikel Laterit pada Blok X, PT. Ang and Fang Brother, Daerah Lalampu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah

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

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

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

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

Gowa, 13 Oktober 2023

Menyatakan

Christy Ambarwati Pradoso

ABSTRAK

CHRISTY AMBARWATI PRADOSO. *Karakteristik Geokimia Endapan Nikel Laterit pada Blok X, PT. Ang and Fang Brother, Daerah Lalampu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah (dibimbing oleh Adi Maulana dan A. Bahrul Hidayah)*

Daerah penelitian termasuk dalam kawasan tambang PT. Ang and Fang Brother yang terletak di Daerah Lalampu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah, tersusun oleh batuan ultramafik yang merupakan sumber utama nikel. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik geokimia profil laterit pada daerah penelitian. Sumber data pada penelitian ini merupakan data hasil pengeboran 44 titik bor pada blok X. Metode yang digunakan adalah pengambilan data lapangan dan data pengeboran, analisis petrografi dan geokimia menggunakan XRF (*X-Ray fluorescence spectrometry*). Data diolah dengan menggunakan Arcgis10.8 dan Microsoft Excel. Berdasarkan kadar SiO₂ pada lapisan *bedrock* profil laterit Blok X dikelompokkan menjadi tiga grup, dari ketiga grup tersebut dapat diketahui bahwa unsur Co, Cr₂O₃, Fe, dan Al₂O₃ terkayakan di zona limonit. Unsur Ni terkayaan pada zona saprolit, dan unsur CaO, MgO dan SiO₂ terkayakan pada zona *bedrock*. Hubungan antara Ni dengan Co, Cr₂O₃, Fe, Al₂O₃ grup a, b dan c pada zona limonit dan saprolit cenderung berbanding terbalik, sedangkan pada zona *bedrock* hubungannya berbanding lurus. Hubungan antara Ni dengan CaO, MgO, SiO₂ grup a, b dan c pada zona limonit dan saprolit cenderung berbanding lurus, sedangkan pada zona *bedrock* hubungannya berbanding terbalik. Unsur Ni pada zona limonit daerah penelitian memiliki kadar 0.46 % – 1.27%, pada zona saprolit kadar unsur Ni 0.40 % – 2.47 % dan pada zona *bedrock* kadar unsur Ni 0.19 % – 0.70 %. Tipe endapan nikel laterit pada daerah penelitian masuk kedalam tipe *Hydrous Silicate Deposit*.

Kata Kunci : Limonit; Saprolit; Batuan Dasar; Nikel

ABSTRACT

CHRISTY AMBARWATI PRADOSO. *Geochemical Characteristics of Nickel Laterite Deposits in Block X, PT Ang and Fang Brother, Lalampu Area, Bahodopi District, Morowali Regency, Central Sulawesi Province (supervised by Adi Maulana and A. Bahrul Hidayah).*

The research area is included in the mining area of PT. Ang and Fang Brother which is located in the Lalampu area, Bahodopi Sub-district, Morowali District, Central Sulawesi Province, is composed of ultramafic rocks which are the main source of nickel. The purpose of the study was to determine the geochemical characteristics of laterite profiles in the study area. The sources of data in this study are data from the drilling of 44 drill points in block X. The methods used are field observation and drilling data, petrographic and geochemical analysis using XRF (X-Ray fluorescence spectrometry). Data processed using Arcgis10.8 and Microsoft Excel. Based on the SiO₂ concentration in the bedrock layer, the Block X laterite profile is divided into three groups, from these three groups it can be seen that the elements Co, Cr₂O₃, Fe, and Al₂O₃ are enriched in the limonite zone. Ni elements are enriched in the saprolite zone, and CaO, MgO and SiO₂ elements are enriched in the bedrock zone. The relation between Ni and Co, Cr₂O₃, Fe, Al₂O₃ groups a, b and c in the limonite and saprolite zones is inversely proportional, while in the bedrock zone the relation is directly proportional. The relation between Ni and CaO, MgO, SiO₂ groups a, b and c in the limonite and saprolite zones is directly proportional, while in the bedrock zone the relation is inversely proportional. Ni grade in the limonite zone of the study area is 0.46% - 1.27%, in the saprolite zone the Ni grade is 0.40% - 2.47% and in the bedrock zone the Ni grade is 0.19% - 0.70%. The type of nickel laterite deposits in the research area is included in the Hydrous Silicate Deposit type.

Keywords: *Limonite; Saprolite; Bedrock; Nickel*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, kasih dan karunia-Nyalah sehingga penyusunan laporan pemetaan dengan judul **“Karakteristik Geokimia Endapan Nikel Laterit pada Blok X, PT. Ang and Fang Brother, Daerah Lalampu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah”** dapat diselesaikan dengan sebaik - baiknya dan lancar tanpa ada halangan suatu apapun.

Laporan pemetaan ini dibuat sebagai suatu langkah untuk menyelesaikan strata satu pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pada proses penyusunan ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang telah memberikan semangat dan doa kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik, penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih sebesar - besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Adi Maulana, S.T., M. Phil sebagai dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu dan masukan selama memberikan bimbingan dalam penelitian ini.
2. Bapak A. Bahrul Hidayah, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing pendamping yang telah banyak memberikan waktu dan masukan dalam penelitian ini.
3. Bapak Dr. Ir. Safri Burhanuddin dan Bapak Dr. Ir. Musri Mawaleda, M.T. sebagai Dosen Penguji dalam penelitian ini.
4. Bapak Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya selama ini.
6. Bapak dan Ibu Staf Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama ini.
7. Ibu Inri Ayu Pata'dungan, S.T sebagai Geologist PT. AFB Sekaligus pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta dengan sabar dalam memberikan bimbingan selama masa kerja praktek.

8. Bapak Ir. Lukmanto Lawy sebagai Direktur Utama PT. AFB, Bapak Ir. Daniel Ganna, S.T., IPP sebagai pengawas KTT, Bapak Jefryadi, S.T. sebagai Kepala Teknik Tambang, Bapak Mathius M. sebagai *Project Manager*, Bapak Nicholas Hamdani, S.E. sebagai *Site Manager*, Bapak Friz selaku *Mine Plan Engineer* (MPE), Ibu Nurul Amelia, S.Psi. sebagai HRD, Ibu Anita Yunus, S.T. sebagai Kepala Divisi *Mine QAQC*, Bapak Satriya Salasar, SKM., M.KES. sebagai Kepala Divisi HSE yang telah membantu dan memberikan banyak pembelajaran serta masukan selama kegiatan kerja praktek berlangsung.
9. Kedua Orang Tua penulis atas segala pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis dengan segala ketulusan hati selalu memberikan bantuan moril dan materil.
10. Muh. Dwiki Mulyawan yang telah banyak memberi bantuan, dukungan dan perhatian selama masa perkuliahan.
11. Saudara Van Wihel Okrian Moncai selaku partner kerja praktek yang sudah membantu dan menemani dalam proses pengambilan data di lokasi penelitian.
12. Teman-teman Teknik Geologi angkatan 2018 Xenolith atas segala dukungannya.
13. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian laporan pemetaan ini.

Penulis menyadari banyaknya ketidaksempurnaan yang terdapat pada tulisan ini, oleh karena itu penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi perbaikan dan peningkatan diri dalam bidang ilmu pengetahuan.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi pihak-pihak yang berkepentingan.

Gowa, Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Geologi Regional.....	3
2.1.1 Geomorfologi Regional.....	3
2.1.2 Stratigrafi Regional	4
2.1.3 Struktur Geologi Regional	8
2.1.4 Sumberdaya Mineral dan Energi.....	10
2.2 Batuan Ultramafik.....	11
2.3 Endapan Nikel Laterit	14
2.4 Genesa Endapan Nikel Laterit.....	15
2.5 Profil Endapan Nikel Laterit	17
2.6 Faktor Pengontrol Laterisasi	20
2.7 Tipe Endapan Nikel Laterit	21
2.8 Mineralogi Endapan Nikel Laterit.....	24
2.9 Metode <i>Inverse Distance Weighting</i> (IDW).....	24
2.10 Korelasi Regresi Linear.....	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Lokasi Penelitian	27
3.2 Metode Penelitian.....	28
3.3 Tahapan Penelitian	28
3.3.1 Tahap Pengeboran (<i>Drilling</i>)	28
3.3.2 Tahap Preparasi Sampel.....	30
3.3.2.1 Preparasi Sampel Basah (<i>Core Preparation</i>)	30
3.3.2.2 Preparasi Sampel Kering (<i>Pulp Preparation</i>)	33
3.3.3 Tahap Analisis Data	37
3.3.3.1 Analisis Petrografi.....	37
3.3.3.2 Analisis XRF	37
3.3.4 Tahap Pengolahan Data.....	37
3.3.4.1 Metode Korelasi Regresi Linear	37
3.3.4.2 Metode <i>Inverse Distance Weighted</i> (IDW).....	37

3.3.5	Tahap Penyusunan Laporan	38
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1	Karakteristik Profil Nikel Laterit	40
4.1.1	Lapisan Limonit	41
4.1.2	Lapisan Saprolit.....	42
4.1.3	Lapisan <i>Bedrock</i>	43
4.2	Karakteristik Geokimia Endapan Laterit.....	48
4.2.1	Karakteristik Geokimia Grup A	49
4.2.2	Karakteristik Geokimia Grup B	53
4.2.3	Karakteristik Geokimia Grup C	57
4.3	Hubungan Ni Terhadap Unsur-Unsur Lainnya	60
4.3.1	Hubungan Ni Terhadap Co, Cr ₂ O ₃ , Fe dan Al ₂ O ₃	60
4.3.2	Hubungan Ni Terhadap CaO, MgO dan SiO ₂	63
4.4	Tipe Endapan dan Distribusi Kadar Unsur Ni	65
4.4.1	Tipe Endapan Nikel Laterit Blok X	64
4.4.2	Distribusi Kadar Unsur Ni.....	65
BAB V	PENUTUP.....	69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Peta geologi regional lembar Bungku, Sulawesi (Simandjuntak dkk, 1993)	3
Gambar 2	Tektonik di Sulawesi Timur, yang terbentuk dari kolisi antara lengan timur Sulawesi dan Mikrokontinen Buton - Tukang Besi dan Mikrokontinen Banggai-Sula (Satyana, 2011).	10
Gambar 3	Klasifikasi penamaan batuan beku IUGS untuk batuan beku ultrabasa (Streckeisen, 1975 dalam Maulana, 2019).....	13
Gambar 4	Penampang laterit hasil pelapukan yang membagi zona saprolit (Ahmad, 2002)	19
Gambar 5	Profil nikel tipe hydrous silicate (Freyssnet, 2005).....	22
Gambar 6	Profil Nikel Tipe Clay Silicate (Freyssnet, 2005)	22
Gambar 7	Profil Nikel Tipe Oxide Deposits (Freyssnet, 2005).....	23
Gambar 8	Skema transformasi mineral akibat pelapukan batuan dasar (batuan ultramafik) (Nahon, et al., 1992)	24
Gambar 9	Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian	27
Gambar 10	Tahap Pemboran pada daerah eksplorasi PT. AFB.....	29
Gambar 11	<i>Logging sample core</i>	29
Gambar 12	Tahapan <i>photo core</i>	30
Gambar 13	Tahapan <i>Packing Sample Core</i>	31
Gambar 14	<i>Sample core</i> dihancurkan menggunakan palu.....	31
Gambar 15	<i>Sample core</i> dihancurkan menggunakan <i>Jaw Crusher</i>	32
Gambar 16	Tahapan <i>Quartering</i>	32
Gambar 17	Tahapan timbang basah sampel.....	33
Gambar 18	Tahapan pengeringan sampel	33
Gambar 19	Tahapan timbang basah sampel.....	34
Gambar 20	Sampel dihancurkan menggunakan <i>Boyd Crusher</i>	34
Gambar 21	Sampel dihaluskan menggunakan mesin <i>Top Grinding</i>	35
Gambar 22	Tahapan <i>mixing</i> sampel.....	35
Gambar 23	Sampel dimatriks 4x5	36
Gambar 24	Sampel laboratorium dan sampel <i>backup</i>	36
Gambar 25	Diagram alir tahapan penelitian	39
Gambar 26	Profil laterit pada daerah penelitian terdiri dari lapisan limonit, saprolit dan bedrock.....	40
Gambar 27	Lapisan Limonit pada blok X PT. AFB	41
Gambar 28	Kenampakan lapisan limonit yang terdiri atas <i>red limonite</i> dan <i>yellow limonite</i> pada hole LMP_00035.....	41
Gambar 29	Lapisan Saprolit pada blok X PT. AFB.....	42
Gambar 30	Kenampakan lapisan saprolit yang masih memiliki tekstur sisa dari batuan asal pada hole LMP_00035	42
Gambar 31	Batuan dasar penyusun daerah penelitian berupa batuan peridotit ..	43
Gambar 32	Kenampakan bedrock pada hole LMP_00035	44

Gambar 33	Kenampakan petrografi sayatan tipis litologi peridotit dengan nomor sayatan LMP_00008	45
Gambar 34	Batuan <i>Harzburgite</i> pada <i>hole</i> LMP_00008 dengan kandungan mineral olivin, ortopiroksin, dan <i>Lizardite</i> (Streckeisen, 1976).....	45
Gambar 35	Kenampakan petrografi sayatan tipis litologi peridotit dengan nomor sayatan LMP_00032	46
Gambar 36	Batuan <i>Harzburgite</i> pada <i>hole</i> LMP_00032 dengan kandungan mineral olivin, ortopiroksin, dan <i>Lizardite</i> (Streckeisen,1976).....	46
Gambar 37	Kenampakan petrografi sayatan tipis litologi peridotit dengan nomor sayatan LMP_00034	47
Gambar 38	Batuan <i>Harzburgite</i> pada <i>hole</i> LMP_00034 dengan kandungan mineral olivin, ortopiroksin, dan <i>Lizardite</i> (Streckeisen,1976).....	47
Gambar 39	Profil vertikal laterit unsur pada grup “a”	52
Gambar 40	Profil vertikal laterit unsur pada grup “b”	56
Gambar 41	Profil vertikal laterit unsur pada grup “c”	59
Gambar 42	Grafik linear hubungan Ni – Co grup a, b dan c setiap lapisan.....	61
Gambar 43	Grafik linear hubungan Ni – Cr ₂ O ₃ grup a, b dan c setiap lapisan....	61
Gambar 44	Grafik linear hubungan Ni – Fe grup a, b dan c setiap lapisan	62
Gambar 45	Grafik linear hubungan Ni – Al ₂ O ₃ grup a, b dan c setiap lapisan....	62
Gambar 46	Grafik linear hubungan Ni – CaO grup a, b dan c setiap lapisan.....	63
Gambar 47	Grafik linear hubungan Ni – MgO grup a, b dan c setiap lapisan.....	64
Gambar 48	Grafik linear hubungan Ni – SiO ₂ grup a, b dan c setiap lapisan.....	64
Gambar 49	Peta distribusi unsur Ni pada zona limonit.....	67
Gambar 50	Peta distribusi unsur Ni pada zona saprolit	68
Gambar 51	Peta distribusi unsur Ni pada zona <i>bedrock</i>	68

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Perbandingan batuan ultramafik dengan batuan ultrabasa	11
Tabel 2 Parameter Perbedaan Endapan Nikel Laterit (Freyssnet, 2005)	23
Tabel 3 Pengelompokan titik bor berdasarkan kadar SiO ₂ pada lapisan <i>Bedrock</i>	48
Tabel 4 Rata-rata nilai unsur setiap kedalaman profil laterit pada grup “a”	49
Tabel 5 Data statistik unsur pada lapisan limonit grup “a”	51
Tabel 6 Data statistik unsur pada lapisan saproxit grup “a”	51
Tabel 7 Data statistik unsur pada lapisan <i>bedrock</i> grup “a”	51
Tabel 8 Rata-rata nilai unsur setiap kedalaman profil laterit pada grup “b”	53
Tabel 9 Data statistik unsur pada lapisan limonit grup “b”	55
Tabel 10 Data statistik unsur pada lapisan saprolit grup “b”	55
Tabel 11 Data statistik unsur pada lapisan <i>bedrock</i> grup “b”	55
Tabel 12 Rata-rata nilai unsur setiap kedalaman profil laterit pada grup “c”	57
Tabel 13 Data statistik unsur pada lapisan limonit grup “c”	58
Tabel 14 Data statistik unsur pada lapisan saprolit grup “c”	58
Tabel 15 Data statistik unsur pada lapisan <i>bedrock</i> grup “c”	59
Tabel 16 Tipe endapan nikel laterit daerah penelitian (Freyssnet, 2005)	65
Tabel 17 Koordinat x, y, z dan total kadar unsur Ni pada setiap titik bor	66

DAFTAR LAMPIRAN

1. Deskripsi Petrografi
2. Tabel Koordinat Dan Total Kadar Unsur Ni Pada Setiap Lapisan
3. Tabel Kadar Unsur Grup A
4. Tabel Kadar Unsur Grup B
5. Tabel Kadar Unsur Grup C
6. Peta Distribusi Titik Bor
7. Peta Pengambilan Sampel
8. Peta Distribusi Ni pada Zona Limonit
9. Peta Distribusi Ni pada Zona Saprolit
10. Peta Distribusi Ni pada Zona *Bedrock*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel adalah mineral logam hasil dari proses pelapukan dari batuan beku ultrabasa yang berada dipermukaan bumi. Endapan nikel laterit dengan jumlah yang banyak ditemukan pada endapan hasil erosi batuan beku peridotite, dunite, dan serpentinite sedangkan untuk endapan nikel laterit yang sedikit ditemukan pada endapan hasil erosi dari batuan piroxenite dan konglomerat (Santos dan Esguerra, 1961). Untuk istilah laterit sendiri berasal dari bahasa latin yaitu “Later” yang berarti batubata merah yang dikemukakan oleh Hamilton (1807).

Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis yang memungkinkan tingkat pelapukan tinggi dapat terjadi. Keberadaan endapan nikel laterit umumnya banyak tersebar pada daerah-daerah seperti di Provinsi Sulawesi Selatan dijumpai pada daerah Soroako Kabupaten Luwu Timur dan Daerah Palakka Kabupaten Barru. Selain itu, endapan nikel laterit juga dijumpai di daerah Sulawesi Tengah yaitu Kabupaten Morowali, Kabupaten Luwuk Banggai dan Provinsi Sulawesi Tenggara (Tanggiroh, 2012).

Tentunya keberadaan endapan nikel laterit disetiap daerah tersebut memiliki perbedaan karakteristik. Perbedaan karakteristik tersebut dapat diketahui dari sifat fisik yang nampak di atas permukaan meliputi jenis laterit, litologi, vegetasi yang tumbuh, dan kondisi morfologi. Perbedaan sifat kimia berupa persentase kandungan unsur-unsur kimia, serta pengamatan mineralogi pada *bedrock* untuk menentukan batuan induk pembentuk endapan nikel laterit pada daerah penelitian. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui **”Karakteristik Geokimia Endapan Nikel Laterit pada Blok X, PT. Ang and Fang Brother, Daerah Lalampu, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah”**.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian yang dilakukan pada lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik profil laterit pada blok x PT. Ang and Fang Brother?
2. Bagaimana karakteristik geokimia endapan laterit pada blok x PT. Ang and Fang Brother?
3. Bagaimana hubungan Ni terhadap unsur-unsur lainnya pada blok x PT. Ang and Fang Brother?
4. Bagaimana tipe endapan dan distribusi kadar unsur Ni pada blok x PT. Ang and Fang Brother?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik profil laterit berdasarkan pada mineralogi dan geokimia pada daerah penelitian. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui karakteristik profil laterit pada blok x PT. Ang and Fang Brother.
2. Mengetahui karakteristik geokimia endapan laterit pada blok x PT. Ang and Fang Brother.
3. Mengetahui hubungan Ni terhadap unsur-unsur lainnya pada blok x PT. Ang and Fang Brother.
4. Mengetahui tipe endapan dan distribusi kadar unsur Ni pada blok x PT. Ang and Fang Brother.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan acuan atau referensi dalam perencanaan eksplorasi dan eksploitasi bahan tambang nikel laterit pada PT. Ang and Fang Brother.

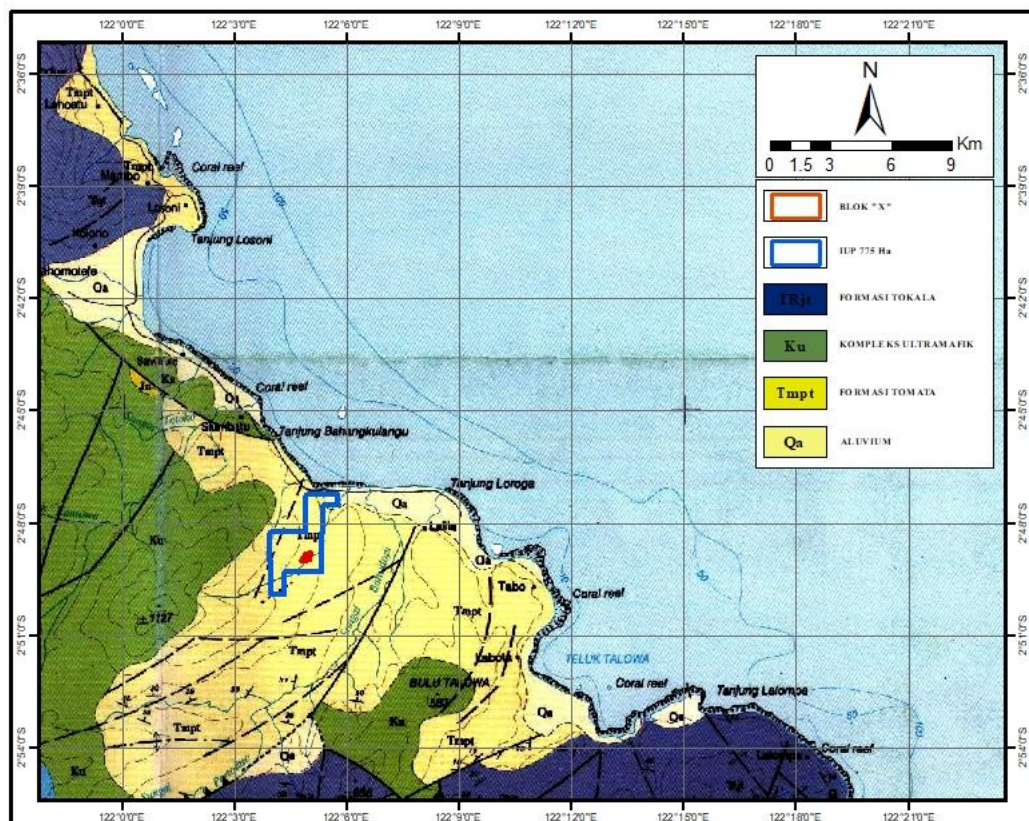
1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini berfokuskan untuk mengidentifikasi karakteristik geokimia pada profil laterit dengan menggunakan data hasil XRF (*X-Ray fluorescence*) yang kemudian diolah menggunakan *software Arcgis10.8*, dan *Microsoft Excel*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Secara Regional, daerah penelitian termasuk dalam Geologi Lembar Bungku, Sulawesi skala 1:250.000 yang dipetakan oleh Simandjuntak, E. Rusmana & J.B. Supandjono 1980.



Gambar 1 Peta geologi regional lembar Bungku, Sulawesi (Simandjuntak dkk, 1993)

2.1.1 Geomorfologi Regional

Morfologi di daerah Lembar Bungku dapat dibagi menjadi lima satuan, yakni dataran rendah, dataran menengah, pegunungan menggelombang, kras dan pegunungan. Morfologi dataran rendah umumnya mempunyai ketinggian antara 0 dan 50 m di atas muka laut. Dataran ini menempati daerah sepanjang pantai timur Lembar, kecuali pantai dekat desa Todua, Tabo dan Lalompe. Batuan penyusunnya terdiri atas endapan sungai, pantai dan rawa.

Morfologi dataran menengah menempati daerah sekitar Desa Tokolimbu dan Tosea yang terletak di pantai timur Danau Towuti, serta daerah yang terletak antara Danau Mahalona dan Bulu Biniu. Dataran ini tersusun oleh endapan danau, dan memiliki ketinggian sekitar 300 mdpl atas muka laut.

Morfologi pebukitan menggelombang, berketinggian antara 100 dan 400 m di atas muka laut. Pebukitan ini menempati daerah antara Sungai Ongkaya dan Sungai Bulu Mbelu, sebelah utara Pegunungan Verbeek, sekitar daerah Lamona, sekitar daerah Bahu Mahoni, sekitar Kampung Tabo serta di sekitar Bulu Talowa. Batuan penyusun pebukitan ini ialah batuan sedimen dan Formasi Tomata.

Morfologi kras, memiliki ketinggian antara 400 dan 800 m di atas muka laut, dicirikan oleh adanya pebukitan kasar, sungai bawah tanah dan dolina. Pebukitan kras meliputi daerah Sungai Ongkaya, Sungai Tetambahu, antara Sungai Bahu Mbelu dan Sungai Wata, antara Sungai Ambuno ke arah tenggara sampai sekitar Gunung Wahombaja, serta daerah pebukitan selatan membentang dan Pegunungan Wawoombu di barat sampai Pegunungan Lalompa di timur. Daerah pebukitan kras ditempati oleh batuan karbonat dan Formasi Tokala, Formasi Matano dan Formasi Salodik.

Morfologi Pegunungan, umumnya ditempati oleh batuan ultramafik, berketinggian lebih dan 700 m di atas muka laut. Daerah pegunungan ini menempati lebih dan separoh daerah Lembar, yakni pegunungan sekitar punggung pemisah air Bulu Karoni yang ke arah Baratlaut-Tenggara, serta punggung pemisah air Wawoombu yang arahnya Baratdaya Timurlaut. Puncak-puncaknya antara lain Bulu Lampesu (1068 mdpl) dan Bulu Karoni (1422mdpl). Pola aliran sungai umumnya meranting. Beberapa sungai memiliki pola hampir sejajar, yaitu Sungai Bahudopi, Sungai Bahumahoni dan Sungai Wosu.

2.1.2 Stratigrafi Regional

Stratigrafi regional daerah penyelidikan merujuk pada peta geologi Lembar Bungku, Sulawesi berskala 1:250.000 (Simanjuntak, dkk., 1980).

Satuan batuan di Lembar Bungku dapat dikelompokkan dan ditempatkan dalam dua mendala, yaitu Mendala Banggai-Sula dan Mendala Sulawesi Timur (Sukanto, 1975a). Mendala Banggai-Sula meliputi Formasi Tokala (TR Jt) terdiri

atas batugamping klastika dengan sisipan batupasir sela, diduga berumur Trias - Jura Awal. Formasi Tokala ditindih secara selaras oleh Formasi Nanaka (Jn) yang terdiri atas konglomerat, batupasir kuarsa mikaan, serpih dan lensa batubara yang diperkirakan berumur Jura Akhir. Formasi Masiku (KJn) terdiri dari batusabak, filit, batupasir, batugamping, berumur Jura Akhir - Kapur Awal. Formasi Salodik (Tems) diendapkan pada Eosen Akhir - Miosen Awal terdiri atas kalsilit, batugamping pasir dan batupasir.

Mendala Sulawesi Timur meliputi Kompleks Ultramafik (Ku) yang sampai saat ini umumnya masih dianggap yang paling tua. Batuannya terdiri dari harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterlit, serpentinit, dunit dan gabro. Secara tektonik Kompleks Ultramafik menindih satuan batuan 99 100 yang berumur Mesozoikum, baik dari Mendala Banggai-Sula ataupun Mendala Sulawesi Timur. Formasi Matano (Km) terdiri atas kalsilit hablur bersisipan napal, serpih dan rijang diduga berumur Kapur Akhir. Formasi Matano secara tak selaras tertindih oleh Formasi Tomata (Tmpt) yang terdiri dari atas batupasir, lempung, tuf, dan konglomerat dengan sisipan lignit, yang diperkirakan berumur Miosen Akhir - Pliosen. Di beberapa tempat terdapat aluvium (Qa) yang menindih secara tak selaras Formasi Tomata. Aluvium berupa endapan sungai, pantai rawa dan danau, terdiri dari atas kerikil, kerakal, pasir lempung dan sisa tumbuhan. Endapan muda tersebut diduga berumur Plistosen - Holosen.

Qa ALUVIUM: lumpur, lempung, pasir, kerikil, dan kerakal.

Lempung, berwarna coklat muda sampai coklat tua; kelabu tua sampai kehitaman berselingan dengan pasir, kerikil dan kerakal. Sebagian endapan danau agak padat. Tebal lapisannya beberapa cm sampai puluhan cm. Pasir, berwarna coklat, berbutir halus sampai kasar, perlapisan buruk dan tidak padat. Tebalnya dari beberapa cm sampai puluhan cm. Setempat membentuk struktur perlapisan bersusun, mengandung sisa tumbuhan. Kerikil dan kerakal, bersifat lepas dan kemas terbuka; komponennya berukuran sampai 5 cm, membulattanggung sampai membulat, terdiri atas kepingan batuan ultramafik, sedimen malih, kuarsit, batugamping terdaunkan dan rijang. Aluvium berupa endapan sungai, rawa, danau dan pantai; diperkirakan berumur Plistosen - Holosen. Sebarannya terdapat di sepanjang tepi danau dan pantai timur Lembar Bungku.

FORMASI TOMATA (Tmpt) perselingan batupasir konglomerat, batulempung dan tufa dengan sisipan lignit.

Batupasir, berwarna kelabu kuning kecoklatan, kelabu sampai coklat, berbutir halus sampai kasar kerikilan, berlapis baik, di beberapa tempat terdapat lapisan bersusun tebal lapisan mencapai 30 cm, kurang padat sampai padat, komponen kepingan batuan, kuarsa dan mineral hitam; setempat gampingan. Juga ditemukan batupasir hijau berbutir kasar, hampir seluruhnya terdiri dari batuan ultramafik.

Konglomerat, berkomponen sampai 10 cm, sesekali 30 cm; membulat tanggung sampai membulat; terekat padu oleh batupasir kasar berwarna kecoklatan; setempat gampingan; komponen berupa batuan ultramafik, batugamping terdaunkan, kuarsit, dan rijang. Pilahan dan kemas umumnya kurang baik. Tebal lapisan minimum 40 cm; ditemukan perlapisan bersusun.

Batulempung, bewarna kelabu, kecoklatan sampai coklat kemerahan; setempat bersifat gampingan; mengandung fosil moluska. Setempat ada jejak daun, sering ada kongkresi oksida besi, berukuran mencapai 10 cm, atau berupa sisipan setebal 3 cm. Perlapisan kurang baik sampai cukup baik, umumnya kurang padu, kecuali di beberapa tempat. Tebal tiap lapisan sampai 400 cm.

Tufa, berbutir halus sampai sedang, berwarna kelabu muda sampai kelabu tua, kurang padu sampai padu, perlapisan cukup baik, dengan tebal masing-masing lapisan sampai 15 cm. Lignit, berwarna kelabu kehitaman; kurang padat; berupa sisipan dalam batulempung dengan tebal sampai 200 cm.

Satuan ini di bagian atas lebih dikuasai oleh batuan klastika kasar, di bagian bawah dikuasai oleh klastika halus. Sebarannya meliputi daerah selatan Desa Tanoa, Bahu Mbelu dan dekat Desa Sawogi, Lamona, Bahu Mahoni, sepanjang S. Bahodopi, dan daerah sebelah barat Bulu Warungkelewat. Tebal satuan sekitar 1000 m. Ciri litologi satuan sama dengan Molasa Sulawesi Sarasin dan Sarasin (1901). Nama Formasi Tomata berasal dari Desa Tomata (Lembar Malili) tempat diketemukannya singkapan yang baik.

KOMPLEKS ULTRAMAFIK (Ku) terdiri dari harzburgit, lherzolit, wehrlit, websterit, serpentinit, dunit, diabas dan gabro.

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

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

Werhlit berwarna kehitaman, pejal dan padat, berbutir halus sampai kasar, alotriomorf. Batuan terutama terdiri atas olivin, dan kadang-kadang piroksen klino. Mineral olivin, dan piroksen hampir seluruhnya memperlihatkan retakan dalam jalur memanjang yang umumnya terisi serpentin dan talkum, strukturnya menyerupai jala. Gejala deformasi telah terjadi dalam batuan ini dengan diperlihatkannya penyimpangan dan pelengkungan kembaran yang dijumpai pada mineral piroksen klino. Setempat mineral olivin selain berubah jadi serpentin dan talkum, juga jadi igningsit coklat kemerahan.

Websterit, berwarna hijau kehitaman, padat dan pejal. Terutama tersusun oleh mineral olivin dan piroksen klino, berukuran halus sampai sedang, serta hampir seluruh kristalnya berbentuk anhedron. Serpentin hasil ubahan olivin dan piroksen terutama mengisi rekahan kristal tembah, dan membentuk struktur jala. Batuan mengalami penggerusan, hingga setempat terdapat pemilonitan dalam ukuran sangat halus dan memperlihatkan struktur kataklastik. Klorit, zoisit dan mineral gelap, terdapat terutama pada lajur milonit, kecuali itu mineral ini terdapat pula di seluruh bagian batuan.

Serpentinit, berwarna kelabu tua sampai hijau kehitaman, pejal dan padat. Mineral penyusunnya terdiri dari antigont, lempung dan magnetit, berbutir halus, dengan retakan tidak teratur, yang umumnya terisi magnetit hitam kedap. Mineral lempung berwarna kelabu, sangat halus, berkelompok pada beberapa tempat. Batuan ini umumnya memperlihatkan struktur kekar dan cermin sesar (slickenside) yang dapat dilihat dengan mata telanjang.

Diabas, berwarna kelabu, kelabu kehijauan sampai hitam kehijauan, padat dan pejal, berbutir halus sampai sedang, setempat hablur penuh. Mineral penyusunnya terdiri atas plagioklas, ortoklas, piroksen dan bijih, jenis plagioklasnya labradorit. Di beberapa tempat batuan berubah kuat.

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

Gabro, berbintik hitam, berbutir Sedang sampai kasar, padat dan pejal. Mineral penyusunnya terdiri atas plagioklas, dan olivin jenis plagioklas yakni labradorit-bitait. Sebagian olivin berubah jadi antigorit, dan bijih, plagioklas jadi serisit. Batuan ini ditemukan berupa retas menerobos batuan ultramafik.

2.1.3 Struktur Geologi Regional

Struktur geologi regional daerah penyelidikan merujuk pada peta geologi Lembar Bungku Sulawesi. (Simanjuntak, dkk., 1980).

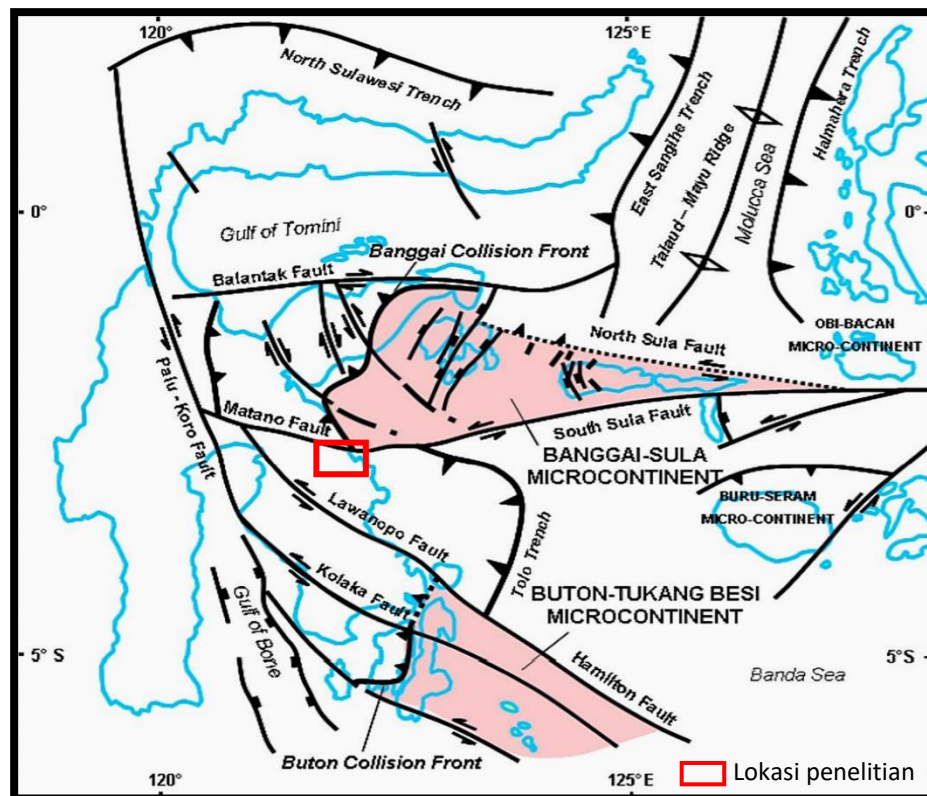
Struktur utama di daerah ini berupa sesar dan lipatan. Sesar meliputi sesar turun, sesar geser, sesar naik dan sesar sungkup. Penyesaran diduga berlangsung sejak Mesozoikum. Sesar Matano merupakan sesar utama dengan arah baratlaut-tenggara. Sesar ini menunjukkan gerakan mengiri, diduga bersambung dengan Sesar Sorong. Keduanya merupakan satu sistem sesar jurus yang mungkin telah terbentuk sejak Oligosen. Kelanjutannya diperkirakan pada Sesar Palu-Koro yang juga menunjukkan gerakan mengiri (di luar Lembar Bungku; diperkirakan masih aktif). Sesar yang lain di daerah ini lebih kecil dan merupakan sesar tingkat kedua atau mungkin tingkat ketiga. Lipatan yang terdapat di Lembar ini tergolong lipatan terbuka, tertutup, dan pergentengan.

1. Lipatan terbuka berupa lipatan lemah yang mengakibatkan kemiringan lapisan tidak melebihi 35° . Lipatan ini terdapat dalam batuan yang berumur Miosen

hingga Plistosen. Biasanya sumbu lipatannya menggelombang dan berarah barat-timur sampai baratlaut-tenggara.

2. Lipatan tertutup berupa lipatan sedang sampai kuat yang mengakibatkan kemiringan lapisan dan 50° sampai tegak. Setempat, lapisan itu hingga terbalik. Lipatan ini terdapat dalam batuan sedimen Mesozoikum, dengan sumbu lipatan yang umumnya berarah baratlaut-tenggara. Diduga, lipatan ini terbentuk pada Oligosen atau lebih tua.
3. Lipatan pergentengan (*superimposed fold*) terdapat dalam satuan batuan Mesozoikum, pada Mendala Sulawesi Timur dan Mendala Banggai-Sula. Sumbu lipatannya berarah baratlaut-tenggara.

Kekar terdapat dalam hampir semua satuan batuan, tetapi terutama dalam batuan beku dan batuan sedimen Mesozoikum. Terjadinya mungkin dalam beberapa perioda, sejalan dengan perkembangan tektonik di daerah ini. Sejarah pengendapan batuan sedimen dan perkembangan tektonik di Lembar Bungku diduga sangat erat hubungannya dengan perkembangan Fragmen Kontinental Banggai-Sula pada akhir Paleozoikum. Pada zaman Trias, terjadi pengendapan Formasi Tokala yang berlangsung sampai Jura Awal. Kemudian pada Jura Akhir menyusul proses pengendapan Formasi Nanaka secara selaras di atasnya. Pada Eosen Akhir hingga Miosen Awal, Formasi Salodik diendapkan secara tidak selaras di atas lingkungan laut dangkal sampai darat. Ketiga satuan ini terbentuk di tepian benua yang saat ini berupa Sabuk Ofiolit Banggai-Sula.



Gambar 2 Tektonik di Sulawesi Timur, yang terbentuk dari kolisi antara lengan timur Sulawesi dan Mikrokontinen Buton - Tukang Besi dan Mikrokontinen Banggai-Sula (Satyana, 2011).

2.1.4 Sumberdaya Mineral dan Energi

Menurut Simandjuntak, dkk (1980) Bahan galian yang ditemukan di daerah Bungku di antaranya nikel, bijih besi, pasir besi, minyak bumi, batugamping, batuan beku, pasir dan kerikil. Pasir besi berupa endapan pantai setebal 1 - 2 m, ditemukan disepanjang pantai mulai dan Wata sampai Wosu, di bagian timurlaut Lembar.

Batuan beku terdiri atas batuan ultramafik, gabro dan diorit; terdapat di sekitar D. Towuti dan bagian tengah Lembar. Batuan ini bersifat pejal dan padat, sehingga dapat digunakan sebagai bahan peneras jalan dan balian bangunan. Pasir dan kerikil merupakan bahan baku untuk pembuatan jalan dan bahan bangunan. Di daerah ini ditemukan sebagai endapan pantai yang terletak antara Tanjung Lingkobu dan Tanjung Lalompa; dan dalam satuan batuan dan Formasi Tomata, di sekitar Bulu Talowa, hulu S. Ongkaya dan S. Bahu Mbelu, di bagian tenggara dan utara Lembar.

2.2 Batuan Ultramafik

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).

Batuan ini memiliki komposisi mineral olivin, piroksen, hornblend, dan mika yang sangat tinggi. Batuan ultramafik berbeda dengan batuan ultrabasa. Kebanyakan batuan ultramafik merupakan batuan ultrabasa, namun tidak semua batuan ultrabasa merupakan batuan ultramafik karena ada beberapa batuan ultrabasa yang sedikit memiliki mineral ferromagnesian (Tabel 1) (Ahmad, 2006).

Tabel 1 Perbandingan batuan ultramafik dengan batuan ultrabasa (Ahmad, 2006).

Jenis Batuan	Batuan Ultramafik (Mafik > 70%)	Batuan Ultrabasa (Silika <45%)
Dunit	Mafik 100%	Silika 43%
Serpentin	Mafik 100%	Silika 43%
Harzburgit (50% olivin, 50% enstatit)	Mafik 100%	Silika 51%
Ortopiroksenit	Mafik 100%	Silika 60%
Anortosit	Mafik 100%	Silika 43%

Kebanyakan batuan ultrabasa mengandung kurang dari 45% silika. Batuan ultramafik umumnya mengandung > 18% MgO, tinggi FeO, rendah kalium (K), dan biasanya terdiri dari lebih besar dari 90% mineral mafik (berwarna gelap, magnesium dan besi tinggi).

Pada batuan ultramafik ini terbagi atas beberapa jenis, antara lain sebagai berikut:

1. Dunit

Menurut Ahmad (2002), dunit merupakan batuan ultramafik yang memiliki komposisi hampir seluruhnya adalah monomineralik olivin (umumnya magnesia olivin). Kandungan olivin dalam batuan ini lebih dari 90%, dengan mineral penyerta meliputi kromit, magnetit, ilmenit, spinel. Sedangkan menurut Williams (1954), bahwa dunit merupakan batuan yang hampir murni olivin (90%-100%).

Pembentukan dunit berlangsung pada kondisi padat atau hampir padat (pada temperature yang tinggi) dalam larutan magma, dan sebelum mendingin pada temperature tersebut, batuan tersebut siap bersatu membentuk massa olivin anedral yang saling mengikat (Williams, 1954). Terbentuknya batuan yang terdiri dari olivin murni (dunit) misalnya, membuktikan bahwa larutan magma (*liquid*) berkomposisi olivin memisah dari larutan yang lain (Wilson, 1989)

2. Serpentin

Serpentin merupakan batuan hasil alterasi hidrotermal dari batuan ultrabasa, dimana mineral-mineral olivin dan piroksen jika teralterasi akan membentuk mineral serpentin. Serpentin sangat umum memiliki komposisi batuan berupa monomineralik serpentin, batuan tersebut dapat terbentuk dari serpentinisasi dunit, dan peridotit (Ahmad, 2002). Serpentin tersusun oleh mineral grup serpentin >50% (Williams, 1954).

Menurut Hess (1965) dalam Ringwood (1975), bahwa pada prinsipnya kerak serpentin dapat dihasilkan dari mantel oleh hidrasi dari mantel ultrabasa (mantel peridotit dan dunit) dibawah punggung tengah samudra (*Mid Ocean Ridge*) pada temperature < 500°C. Serpentin kemudian terbawa keluar melalui migrasi litosfer. Serpentinisasi pada mineral olivin menurut Ahmad (2002), bahwa serpentin merupakan suatu pola mineral dengan komposisi $H_4Mg_3Si_2O_9$, terbentuk melalui alterasi hidrotermal dari mineral ferromagnesian seperti olivin, piroksen dan amfibol.

Umumnya alterasi pada olivin dimulai pada pecahan / retakan pada kristalnya, secepatnya keseluruhan kristal teralterasi dan mengalami pergantian. Menurut Ahmad (2002), bahwa serpentinisasi pada olivin memerlukan penambahan air, pelepasan magnesia atau penambahan silika, pelepasan besi (Mg,Fe) pada olivin, konversi pelepasan besi dari bentuk ferrous (Fe^{2+}) ke ferri (Fe^{3+}) membentuk magnetit.

3. Peridotit

Menurut Ahmad (2002), peridotit merupakan batuan *ultramafik* yang mengandung lebih banyak olivin tetapi juga mengandung mineral – mineral *mafik* lainnya di dalam jumlah yang signifikan. Berdasarkan mineral – mineral mafik yang

menyusunnya, maka batuan peridotit dapat diklasifikasikan sebagai piroksen peridotit, hornblend peridotit, dan mika peridotit.

Salah satu batuan peridotit yang dikelompokkan berdasarkan mineral mafik, yaitu piroksen peridotit. Berdasarkan dari tipe piroksen, maka piroksen peridotit dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu :

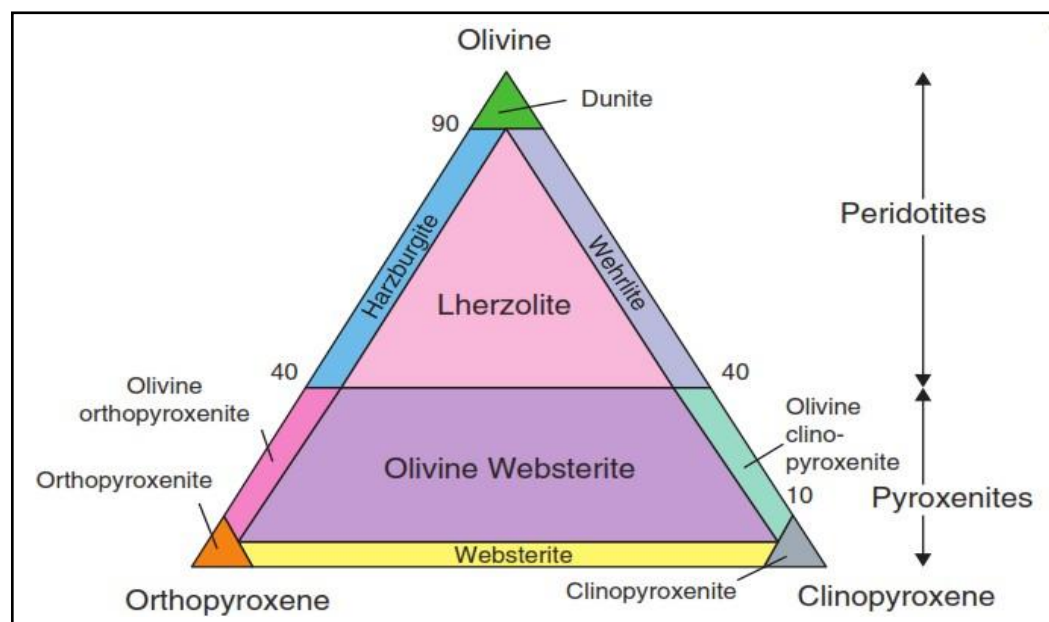
- a. Harzburgit : Tersusun oleh olivin dan orthopiroksen
- b. Wherlit : Tersusun oleh olivin dan klinopiroksen
- c. Lherzolit : Tersusun oleh olivin, orthopiroksen dan klinopiroksen

4. Piroksenit

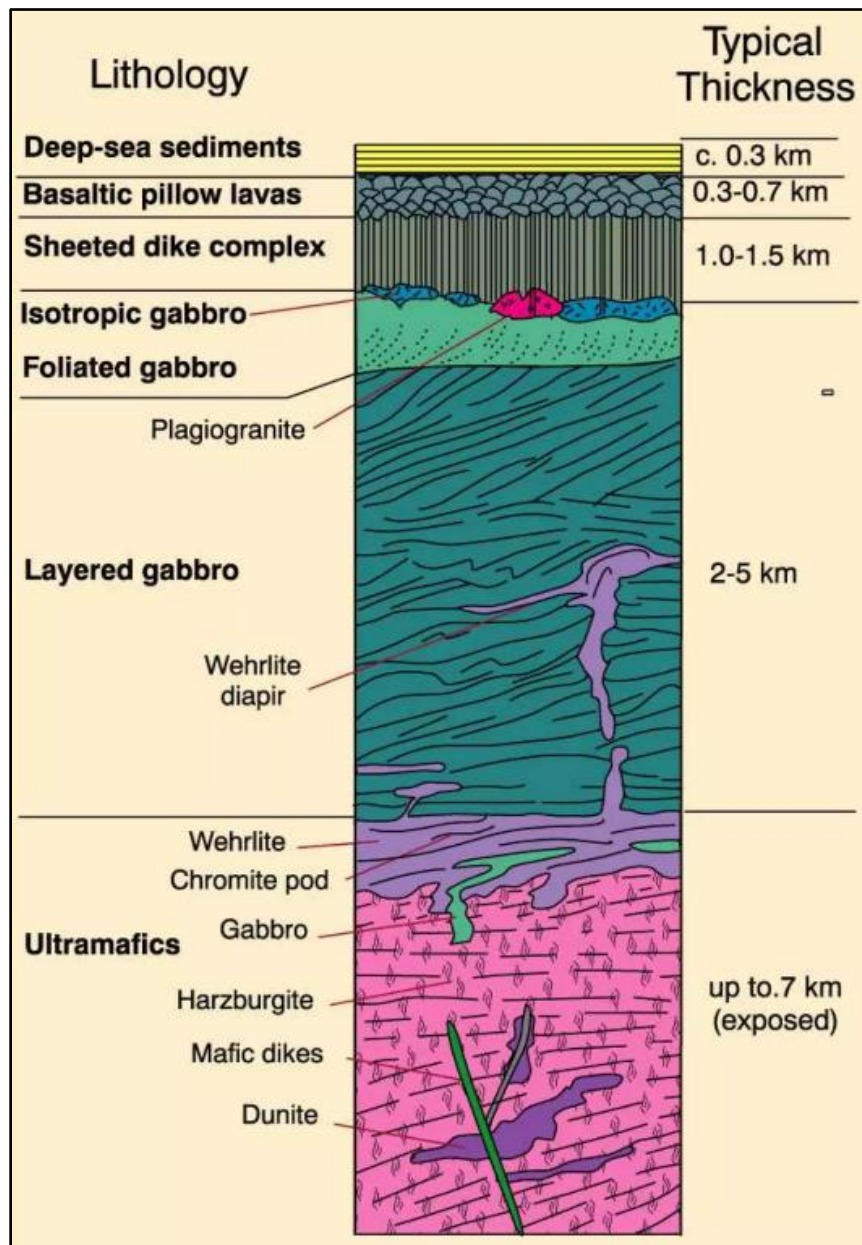
Menurut Ahmad (2002), piroksenit merupakan batuan ultramafik monomineral yang seluruhnya mengandung mineral piroksen. Batuan-batuan piroksenit selanjutnya diklasifikasikan ke dalam orthorombik piroksen atau monoklin piroksen :

- a. Orthopiroksenit (orthorombik) : bronzitit
- b. Klinopiroksenit (monoklin) : diopsidit, diallagit

Berdasarkan klasifikasi dari Streckeisen (1976) memperlihatkan klasifikasi untuk batuan ultramafik. Di mana dalam klasifikasi ini batuan intrusi dan ekstrusi dipisahkan. Klasifikasi ini pembagiannya berdasarkan kandungan mineraloginya, yang terbagi dalam empat jenis mineral.



Gambar 3 Klasifikasi penamaan batuan beku IUGS untuk batuan beku ultrabasa (Streckeisen, 1975 dalam Maulana, 2019)



Gambar 4 *Oceanic crust and upper mantle structure* (Boudier dan Nicolas, 1985)

2.3 Endapan Nikel Laterit

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

Endapan nikel laterit terbentuk dari hasil proses pelapukan yang sangat intensif di daerah tropis pada batuan yang mengandung nikel seperti, dunit (olivin), peridotit (olivin+piroksin), dan serpentinite (Maulana, 2017). Nikel laterit merupakan salah satu mineral logam hasil dari proses pelapukan kimia batuan ultramafik yang mengakibatkan pengkayaan unsur Ni, Fe, Mn, dan Co secara residual dan sekunder (Syafrizal dkk., 2011; Burger, 1996 dalam Lintjewas dkk., 2019).

Bagian paling bawah dari profil laterit disebut dengan zona saprolit yang merupakan zona pelapukan tinggi dimana tekstur primer dan fabric 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 *chalcophile* 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*).

2.4 Genesa Endapan Nikel Laterit

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).

Menurut Tangiroh (2012), mobilitas unsur adalah kemampuan suatu unsur untuk terdispersi ke dalam matrik material lain di sekitarnya. Mobilitas mempengaruhi respon unsur terhadap proses dispersi. Faktor utama yang mempengaruhi mobilitas geokimia adalah stabilitas kimiawi unsur. Mobilitas dari suatu elemen atau unsur yang terdapat sebagai penyusun batuan mafik dan ultrabasa memiliki kelompok mobilitas, sebagai berikut:

1. Unsur larut dan sangat mobile, mudah hilang dalam profil pelapukan dan sangat larut dalam aliran air tanah (sedikit asam), misalnya: Mg, Si, Ca, Na.
2. Unsur non larut dan non mobile, kelompok unsur ini dicirikan oleh lingkungan

geokimia larutan asam sampai netral yang tidak mempengaruhi mobilitas. Mudah dijumpai sebagai unsur residu (residual soil), misalnya: Fe^{3+} (*ferric*), Co, Al, Cr.

3. Elemen dengan daya larut yang terbatas dan mobilitas terbalas. Terbatas dalam arti unsur tersebut terdistribusi dalam bentuk larutan atau unsur tersebut larut dalam larutan asam. Kelarutan partikel-partikel sangat dipengaruhi oleh pH, contohnya Ni pada kondisi oksidasi dengan pH 5- 8 memiliki mobilitas kecil, Ni pada kondisi ini memiliki nilai Eh yang kecil, sehingga mobilitasnya berkurang sebagai akibat adanya reaksi antara larutan pembawa Ni yang masih bersifat asam (yang berasal dari atau dekat permukaan). Sedangkan pada kondisi dengan $\text{pH} < 4$ (pH asam), Ni akan memiliki mobilitas menengah, Ni pada kondisi ini memiliki Eh yang besar sehingga larut pada kondisi asam. Ion ferrous (Fe) berada dan terkonsentrasi dibawah kondisi reduksi dan pada pH 8 - 8,5, ion tersebut akan larut, sedangkan ion ferric (Fe) berada di bawah kondisi oksidasi. Ion ferric tidak dapat larut sampai pH tereduksi menjadi 2,5 (Waheed, 2002).

2.5 Profil Endapan Nikel Laterit

Profil (penampang) laterit dapat dibagi menjadi beberapa zona. Profil Nikel laterit pada umumnya adalah terdiri dari 4 zona gradasi sebagai berikut :

1. Tanah Penutup atau *Top soil*

Lapisan ini terletak di bagian atas permukaan, lunak dan berwarna cokelat kemerahan hingga gelap dengan kadar air antara 25 % sampai 35 %, kadar nikel sangat rendah dan di permukaan atas dijumpai lapisan iron capping yang mempunyai ketebalan berkisar antara 1-12 meter, merupakan kumpulan massa *goethite* dan *limonite*. Lapisan ini biasanya disebut *iron capping*. *Iron capping* mempunyai kadar besi yang tinggi namun mempunyai kadar nikel yang rendah. Terkadang terdapat mineral-mineral *hematite*, *chromiferous* (Ahmad, 2002).

2. Zona Limonit

Berwarna merah coklat atau kuning, berukuran butir halus lapisan kaya besi dari limonit soil yang menyelimuti seluruh area. berkadar air antara 30%-40%, mengandung kadar Ni 1.5 %, Fe 44 %, MgO 3%, SiO_2 %, lapisan kaya besi dari

tanah limonit menyelimuti seluruh area dengan ketebalan rata-rata 3 meter. Lapisan ini tipis pada lereng yang terjal, dan setempat hilang karena erosi. Sebagian dari nikel pada zona ini hadir di dalam mineral *manganese oxide*, *lithiophorite*. Terkadang terdapat mineral *talca*, *tremolite*, *chromiferous*, *quartz*, *gibbsite*, *maghemite* (Maulana, 2017).

3. Zona Saprolit

Lapisan ini merupakan hasil pelapukan batuan dasar (*bedrock*), berwarna kuning kecokelatan agak kemerahan, terletak di bagian bawah dari lapisan limonit berkadar menengah, dengan ketebalan rata-rata 7 meter. Lapisan ini biasa terdiri dari campuran dari sisa-sisa batuan, butiran halus limonite, *saprolitic rims*, *vein* dari endapan garnierit, *nickeliferous quartz*, mangan dan pada beberapa kasus terdapat *silica boxwork* yang akan membentuk suatu zona transisi dari limonit ke *bed rock*. Terkadang terdapat mineral kuarsa yang mengisi rekahan, mineral-mineral primer yang terlapukkan seperti klorit.

Pada lapisan ini juga dijumpai mineral garnierit sebagai hasil proses *leaching* yang biasanya diidentifikasi sebagai *colloidal talca*. Struktur dan tekstur batuan asal masih terlihat. Lapisan ini terdapat bersama batuan yang keras atau rapuh dan sebagian saprolit. Mempunyai komposisi umum yaitu Ni 1.85 %, Fe 16 %, MgO 25%, SiO₂ 35%. Lapisan ini merupakan lapisan yang bernilai ekonomis untuk ditambang sebagai biji (Maulana, 2017).

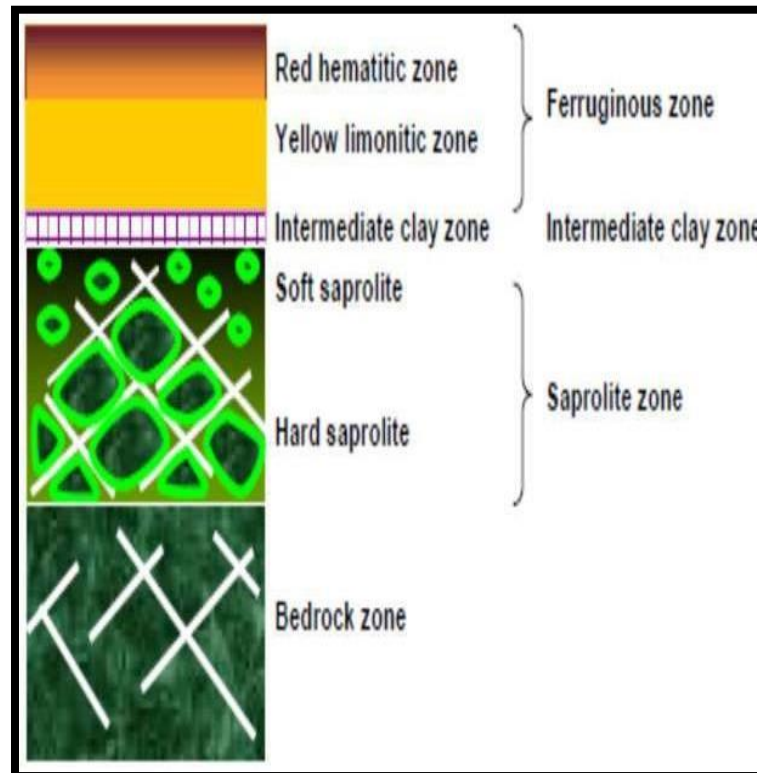
Berdasarkan kandungan fragmen batuan, zona saprolit dibagi menjadi dua yaitu :

- a. *Soft Saprolite*. Mengandung fragmen-fragmen berukuran *boulder* kurang dari 25%.
- b. *Rocky Saprolite*. Mengandung fragmen-fragmen berukuran *boulder* lebih dari 50%.

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 berwarna kuning pucat sampai abu-abu kehijauan. Zona ini biasanya memperlihatkan rekahan-rekahan (frakturisasi) yang kuat, kadang membuka dan

terisi oleh mineral garnierit dan silika akibat proses pelindihan. Frakturisasi ini diperkirakan menjadi penyebab adanya suatu gejala yang sering disebut dengan *root zone* yaitu zona *high grade* Ni, akan tetapi posisinya tersembunyi (Maulana, 2017).



Gambar 5 Penampang laterit hasil pelapukan yang membagi zona saprolit (Ahmad, 2002)

Menurut Ahmad (2008), beberapa faktor penting yang mempengaruhi pelapukan kimia dalam membentuk laterit nikel, antara lain:

- a. Atmosfer (iklim), berkaitan dengan temperatur, curah hujan, dan musim.
- b. Biologi, berupa material organik.
- c. Air, berkaitan dengan ketersediaan air, muka air tanah, dan *water absorption - run off*.
- d. Litologi, berkaitan dengan komposisi batuan dasar, kestabilan mineral, ukuran kristal, *grain size*, porositas, *fractures* dan *joints*.
- e. Kombinasi, yaitu *acidity/basicity* (pH), potensial redoks (Eh), dan *rate of removal of solids*.

2.6 Faktor Pengontrol Laterisasi

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

- a) 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 Elias (2005) 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 akan mempengaruhi pola aliran air. Kelerengan dan relief mempengaruhi intensitas air yang masuk ke dalam tanah atau batuan dan muka air tanah (Elias, 2005). Topografi / morfologi yang tidak curam tingkat kelerengannya, maka endapan laterit masih mampu untuk ditopang oleh permukaan topografi sehingga tidak terangkut semua oleh proses erosi ataupun ketidakstabilan lereng. (Maulana, 2017). Menurut (Ahmad, 2008) membutuhkan topografi yang tidak begitu curam. Permukaan tanah yang curam akan mempercepat erosi pada tanah laterit. Topografi yang terlalu datar dengan drainase yang buruk juga tidak begitu bagus, hal ini menyebabkan pencucian berjalan kurang maksimal sehingga tanah laterit sulit terbentuk.
- c) PH, Menurut (Ahmad, 2008) 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.
- 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, 2005)

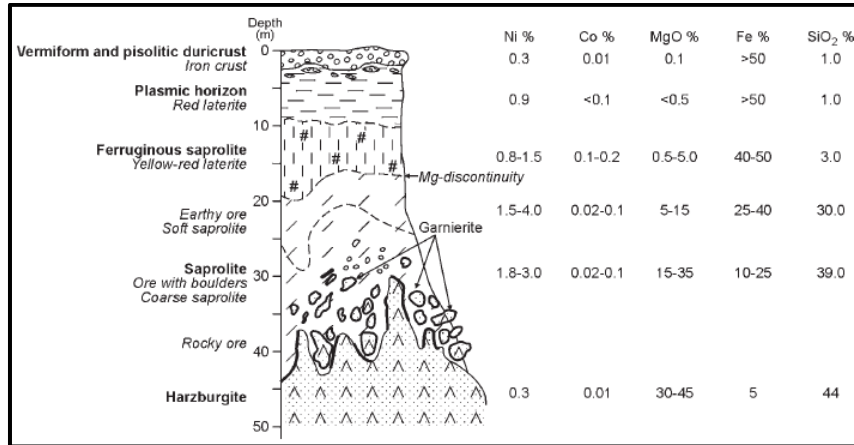
- e) Struktur geologi memiliki peran penting dalam pembentukan endapan laterit. Adanya struktur geologi seperti sesar dan kekar akan membuat batuan menjadi permeabel sehingga memudahkan air untuk dapat masuk ke dalam batuan. Masuknya air ke dalam batuan akan memudahkan proses pelapukan kimia sehingga laterisasi dapat berjalan dengan baik (Elias, 2005).
- 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.

2.7 Tipe Endapan Nikel Laterit

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

1.) *Hydrous Silicate Deposits*

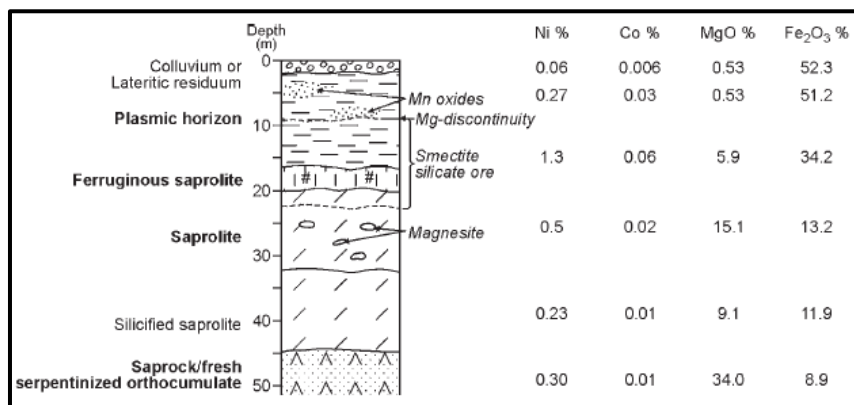
Pada endapan tipe *Hydrous Silicate* bagian bawah zona saprolit (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral hydrous Mg-Ni silikat (Gambar 6) setempat pada zona saprolit, urat-urat halus atau *box-work* dapat terbentuk. Rekahan dan batas-batas antar butir dapat terisi oleh mineral silikat dan mineral yang kaya dengan nikel. Sebagai contoh garnierit dapat memiliki kandungan nikel sampai dengan 40%. Nikel akan mengalami pelindian dan limonit pada fase Fe-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 lapisan 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, 2005).



Gambar 6 Profil nikel tipe hydrous silicate (Freyssnet, 2005).

2.) Clay Silicate Deposits

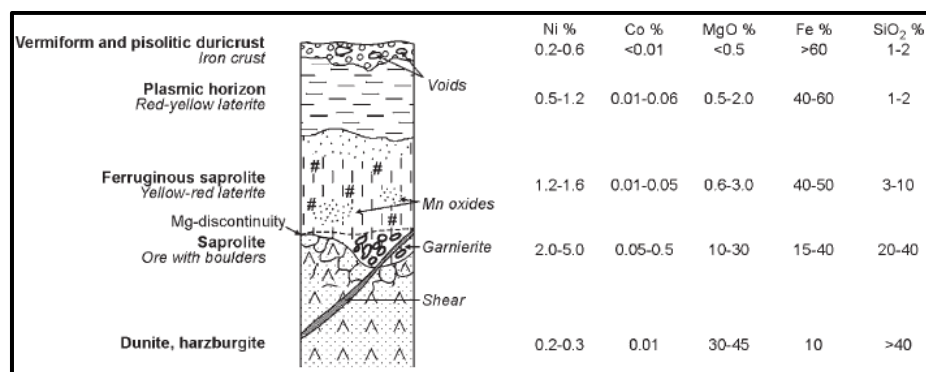
Silika (Si) dari profil laterit, hanya sebagian yang terlindungi oleh air tanah. Silika yang tersisa bersama-sama dengan Fe, Ni, dan Al membentuk merial lempung seperti Ni-rich nontronite pada bagian tengah sampai dengan bagian atas zona saprolit. Serpentin yang kaya dengan nikel juga bisa digantikan (teraltrasi) oleh smektit pada bagian yang kontak dengan air tanah sehingga larutan-larutan yang terbentuk menjadi jenuh dengan mineral-mineral lempung ini (Gambar 7). 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 lapisan limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk lapisan lempung dan akumulasi Ni pada lapisan lempung tersebut (Freyssnet, 2005).



Gambar 7 Profil Nikel Tipe Clay Silicate (Freyssnet, 2005)

3.) Oxide Deposits

Oxide deposits dikenal juga dengan nama endapan limonit, dimana nikel berasosiasi dengan Fe-oxyhydroxide, 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 lapisan di antara pedolit dan saprolit (Freyssnet, 2005).



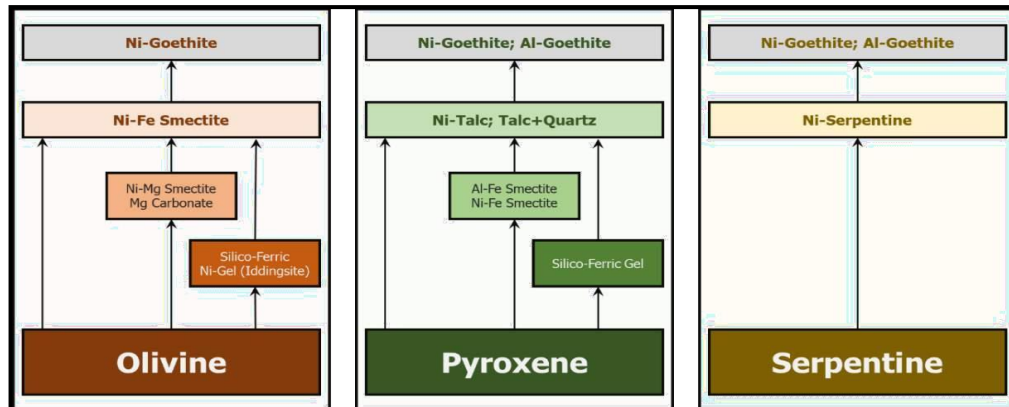
Gambar 8 Profil Nikel Tipe Oxide Deposits (Freyssnet, 2005)

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

Parameter	Hydrous Silicate Deposit	Clay Sillicate Deposit	Oxide Deposite
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 saprolit	Lapisan limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk lapisan lempung	Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit

2.8 Mineralogi Endapan Nikel Laterit

Mineral-mineral primer pada batuan ultramafik (*bedrock*) dapat menghasilkan mineral sekunder, sebagai berikut (Gambar 8):



Gambar 9 Skema transformasi mineral akibat pelapukan batuan dasar (batuan ultramafik) (Nahon, et al., 1992)

- 1 Olivin menjadi Krisotil, Magnetit, Saponit, Nontronit, Silika, Amorf dan Goetit.
- 2 Piroksin menjadi Talk, Smektit dan Goetit.
- 3 Serpentin menjadi Smektit dan Goetit.

Rangkaian pembentukan mineral sekunder selama proses pembentukan laterit berbeda dengan mineral primer. Pelapukan kimia yang terjadi pada olivin dan piroksen lebih kompleks dari pada serpentin. Hal ini disebabkan tekstur serpentin yang lebih halus dan komposisi kimia yang lebih homogen dari pada olivin dan piroksen (Nahon, et al., 1992).

2.9 Metode *Inverse Distance Weighting* (IDW)

Salah satu metode dalam penentuan distribusi dan estimasi sumber daya nikel laterit adalah metode *Inverse Distance Weighted* (IDW). Metode ini merupakan suatu cara penaksiran yang telah memperhitungkan adanya hubungan letak ruang (jarak), merupakan kombinasi linier atau harga rata-rata tertimbang (*weighting average*) dari titik-titik data yang ada di sekitarnya. Metode ini menggunakan cara penaksiran dimana harga rata-rata suatu blok merupakan kombinasi linier atau harga rata-rata berbobot (*weighted average*) dari data lubang bor di sekitar blok tersebut. Data di dekat blok memperoleh bobot lebih besar, sedangkan data yang jauh dari blok bobotnya lebih kecil. Bobot ini berbanding

terbalik dengan jarak data dari blok yang ditaksir. Untuk mendapatkan efek penghalusan (pemerataan) data dilakukan faktor pangkat. Pilihan dari pangkat yang digunakan (ID1, ID2, ID3, ...) berpengaruh terhadap hasil taksiran. Semakin tinggi pangkat yang digunakan, hasilnya akan semakin mendekati metode poligon contoh terdekat. Dengan metode ini, sifat atau perilaku anisotropik dari cebakan mineral dapat diperhitungkan (*space warping*) (Haris, 2005).

Kerugian dari metode IDW adalah nilai hasil interpolasi terbatas pada nilai yang ada pada data sampel. Pengaruh dari data sampel terhadap hasil interpolasi disebut sebagai isotropik. Dengan kata lain, karena metode ini menggunakan rata-rata dari data sampel sehingga nilainya tidak bisa lebih kecil dari minimum atau lebih besar dari data sampel. Jadi, puncak bukit atau lembah terdalam tidak dapat ditampilkan dari hasil interpolasi model ini. Untuk mendapatkan hasil yang baik, sampel data yang digunakan harus rapat yang berhubungan dengan variasi lokal. Jika sampelnya agak jarang dan tidak merata, hasilnya kemungkinan besar tidak sesuai dengan yang diinginkan (Pramono, 2008).

Di dalam model IDW data di sekitar lokasi target diberi bobot berdasarkan jaraknya dimana semakin dekat jaraknya dari lokasi target semakin besar bobotnya, demikian juga sebaliknya (Shepard, 1968). Secara matematis model IDW dituliskan sebagai:

$$\hat{q} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_1^a}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{r_1^a}}$$

Keterangan

\hat{q} = Nilai target interpolasi

q_i = Nilai variabel pada lokasi 1

r_1 = Jarak antara target dengan lokasi

a = Bobot pengaruh jarak

i = Jumlah data/titik lokasi yang diperhitungkan dalam interpolasi.

2.10 Korelasi Regresi Linear

Regresi linear adalah hubungan secara linear antara satu variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y). Analisis ini untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah positif atau negatif dan untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio. Persamaan regresi linier secara matematik dapat di tuliskan dengan rumus:

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y = garis regresi/ variable *response*

a = konstanta (intersep), perpotongan dengan sumbu vertikal

b = konstanta regresi (*slope*)

X = variabel bebas/*predictor*

Besarnya konstanta a dan b dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$a = \frac{(\sum Yi)(\sum Xi^2) - (\sum Xi)(\sum XiYi)}{n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}$$

$$b = \frac{n(\sum XiYi) - (\sum Xi)(\sum Yi)}{n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}$$

Yang mana n = jumlah data