# SKRIPSI

# KARAKTERISTIK MINERALOGI DAN GEOKIMIA ENDAPAN NIKEL LATERIT PADA FRONT WRANGLER DI PT ANTAM Tbk UBPN KOLAKA

**Disusun Dan Diajukan Oleh:**

**NESSA ZADIN**
**D061201045**

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

**GOWA**
**2024**

# LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

## KARAKTERISTIK MINERALOGI DAN GEOKIMIA ENDAPAN NIKEL LATERIT PADA FRONT WRANGLER DI PT ANTAM Tbk UBPN KOLAKA

**Disusun dan diajukan oleh**

**NESSA ZADIN**
**D061201045**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Menyetujui

Pembimbing Utama

**Dr. Ir. Haerany Sirajuddin, M.T**
NIP. 19671119 199802 2 001

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

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

Dipindai dengan CamScanner

# PERNYATAAN KEASLIAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nessa Zadin

NIM : D061201045

Program studi : Teknik Geologi

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul:

**"KARAKTERISTIK MINERALOGI DAN GEOKIMIA ENDAPAN NIKEL LATERIT PADA FRONT WRANGLER DI PT ANTAM Tbk UBPN KOLAKA"**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini 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 dana 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 dipublikasikan oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 06 September 2024

Yang Menyatakan,

Nessa Zadin

# KATA PENGANTAR

Puji syukur patut dipanjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang senantiasa memberikan limpaham kasih dan berkat, pembuatan laporan Magang Industri/Penelitian dengan judul "Karakteristik Mineralogi Endapan Nikel Laterit Pada Front Wrangler" bisa berjalan dengan lancar tanpa ada halangan suatu apapun. Laporan ini disusun untuk memberikan gambaran mengenai aktivitas yang dilakukan penulis selama melakukan pengamatan mengenai karakteristik Mineralogi dan Geokimia Endapan Nikel Laterit Front Wrangler Pada PT.ANTAM Tbk UBPN Kolaka.

Pada kesempatan ini, tak lupa kami ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak, karenanya lah laporan ini selesai dengan tepat waktu, di antaranya:

1. Ibu Dr. Ir. Haerany Sirajuddin, M.T Pesebagai pembimbing yang telah meluangkan waktunya serta memberikan bimbingannya selama ini
2. Ibu Dr. Eng. Meutia Farida, S.T., M.T. dan bapak Dr. Ir. Safri Burhanuddin, DEA. sebagai dosen penguji
3. Bapak Dr. Ir.M.Fauzi Arifin,M.Si Penasehat Akademik yang telah meluangkan waktunya dan memberikan masukan selama penyusunan skripsi 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 beserta staff departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
6. PT. ANTAM Tbk UBPN Kolaka yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakasanakan kerja praktik dan pengambilan data Tugas Akhir di perusahaan.
7. Bapak Angga Dewan Taryana, S.T. selaku *Quality Control* Manager yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan kerja praktik di biro *Quality Control*, Bapak Tamsil Indra Gunawan, S.T. selaku Ore *Quality Assurance Assistant Manager* yang merupakan pembimbing kerja praktik penulis, Bapak Mulhadramy, S.T. selaku *Ore Quality Assurance Officer* yang merupakan lapangan selama penulis melakukan kerja praktik

serta Seluruh *Staff Quality Control* yang telah membantu dan memberikan arahan, masukan, serta ilmu yang selama penulis melakukan kerja praktik.

8. Bapak Zainuddin dan Ibu Nurmiati selaku orang tua yang tidak henti-hentinya memberikan penulis segala bentuk dukungan, baik berupa dukungan moril ataupun material
9. Pihak-pihak yang lain yang membantu dalam penyusunan proposal usulan penelitian ini terutama teman-teman RADAR (Teknik Geologi 2020).

Berbagai saran dan kritik yang membangun tentu diharapkan penulis agar dapat meningkatkan kualitasnya hasil karya kedepannya. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Gowa, 08 Agustus 2024

Penulis

# ABSTRAK

**NESSA ZADIN**, *Karakteristik Mineralogi dan Geokimia Endapan Nikel Laterit Front Wrangler Pada PT.ANTAM Tbk UBPN Kolaka.* (dibimbing oleh Dr. Ir. Haerany Sirajuddin, M.T)

Daerah penelitian termasuk dalam wilayah PT.ANTAM Tbk UBPN Kolaka yang terletak di Kecamatan Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Daerah penelitian tersusun oleh batuan ultramafik yang merupakan sumber utama nikel. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik mineralogi dan geokimia pada zona profil endapan nikeel laterit serta mengetahui karakteristik tipe endapan nikel laterit pada daerah penelitian. Sumber data pada penelitian ini berupa sampel laterit dan batuan pada Front Wrangler. Metode yang digunakan adalah melakukan pengamatan di lapangan dan pengambilan data, analisis petrografi dan geokimia menggunakan XRF (X-Ray Fluorescence spectrometry). Data diolah dengan menggunakan Microsoft excel. Berdasarkan hasil penelitian, profil laterit daerah penelitian dibagi menjadi 4 zona yaitu zona top soil dengan mineral hematit, mangan, talk, dan unsur yang dominan yaitu Fe (35.36 – 42.62%). zona limonit dengan mineral geotit, hematit, mangan silica yang berbentuk vein, dan unsur yang dominan yaitu Fe (27.36 – 41.68%). zona saprolit dengan mineral geotit, garnierit, talk, mangan dan unsur yang dominan yaitu $SiO_2$ (37.70 – 46.44%) dan dan Ni (0.99 – 2.36%). zona bedrock dengan mineral olivin, piroksin, krisopras, talk, garnierite, vein silika dan unsur yang dominan yaitu MgO (35.29 – 16.34%) dan $SiO_2$ (35.85 – 45.89%). Hasil dari analisa petrografi diketahui bahwa batuan dasar pada daerah penelitian merupakan batuan Olivine Websterite dan Lherzolite. Berdasarkan karakteristik mineralogi dan geokimia diketahui bahwa tipe nikel laterit pada daerah penelitian termasuk kedalam type hydrous silicate deposite.

**Kata Kunci** : Mineralogi, Geokimia, Nikel, Top Soil, Limonit, Saprolit, Bedrock.

# ABSTRCT

**NESSA ZADIN**, *Mineralogical and Geochemical Characteristics of Wrangler Front Laterite Nickel Deposits at* PT.ANTAM Tbk UBPN Kolaka. (*supervised by* Dr. Ir. Haerany Sirajuddin, M.T)

*The research area is included in the area of PT ANTAM Tbk UBPN Kolaka which is located in Pomalaa Sub-district, Kolaka Regency, Southeast Sulawesi Province. The study area is composed of ultramafic rocks which are the main source of nickel. The purpose of the study was to determine the mineralogical and geochemical characteristics of the laterite nickel deposit profile zone and to determine the characteristics of the laterite nickel deposit type in the study area. Data sources in this study are laterite and rock samples at the Wrangler Front. The method used was field observation and data collection, petrographic and geochemical analysis using XRF (X-Ray Fluorescence spectrometry). Data is processed using Microsoft excel. Based on the results of the study, the laterite profile of the research area is divided into 4 zones, namely the top soil zone with hematite, manganese, talc minerals, and the dominant element is Fe (35.36 - 42.62%). limonite zone with geotite, hematite, manganese silica minerals in the form of veins, and the dominant element is Fe (27. 36 - 41.68%). saprolite zone with minerals geotite, garnierite, talc, manganese and the dominant elements are SiO2 (37.70 - 46.44%) and Ni (0.99 - 2.36%). bedrock zone with minerals olivine, pyroxine, chrysopras, talc, garnierite, vein silica and the dominant elements are MgO (35.29 - 16.34%) and SiO2 (35.8 - 16.34%).*

***Keywords:*** *Mineralogy, Geochemistry, Nickel, Top Soil, Limonite, Saprolite, Bedrock.*

# DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL** ..... **i**
**HALAMAN PENGESAHAN** ..... **ii**
**PERNYTAAN KEASLIAAN** ..... **iii**
**KATA PENGANTAR** ..... **iv**
**ABSTRAK** ..... **vi**
**ABSTRACT** ..... **vii**
**DAFTAR ISI** ..... **viii**
**DAFTAR GAMBAR** ..... **x**
**DAFTAR TABEL** ..... **xii**
**DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL** ..... **xiii**
**BAB I PENDAHULUAN** ..... **1**
1.1 Latar Belakang ..... 2
1.2 Rumusan Masalah ..... 2
1.3 Tujuan Penelitian ..... 2
1.4 Batasan Masalah ..... 2
1.5 Manfaat Penelitian ..... 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 Tektonik Regional ..... 4
2.1.4 Struktur Geologi Regional ..... 5
2.2 Pengertian Nikel Laterit ..... 6
2.3 Genesa Endpan Nikel Laterit ..... 7
2.4 Profil Nikel Laterit ..... 10
2.5 Mineralogi Endapan Nikel Laterit ..... 11
2.6 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit ..... 12
2.7 Mineral-Mineral Yang Ada Pada Profil Nikel Laterit ..... 13
**BAB III METODOLOGI PENELITIAN20** ..... **16**
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian ..... 14

3.2 Metode Penelitian.....14
3.3 Tahap Penelitian .....14
3.3.1 Tahap Persiapan.....14
3.3.2 Pengambilan Data .....15
3.3.3 Tahap Analisis Data.....17
3.3.3.1 Preparasi Sampel.....17
3.3.3.2 Analisis Menggunakan Alat XRF .....21
3.3.4 Penyusunan Laporan Akhir .....22
3.4 Bagan Alir Penelitian .....23
**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....24**
4.1 Karakteristik Profil Endapan Nikel Laterit Daerah Penelitian.....24
4.1.1 Analisis Mineralogi Profil Endapan Nikel Laterit Bukit Wrangler PT. Antam Tbk UBPN Kolaka .....24
4.2 Analisis Geokimia Profil Endapan Nikel Laterit Bukit Wrangler PT. Antam Tbk UBPN Kolaka .....37
4.3 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit Bukit Wrangler PT. Antam Tbk UBPN Kolaka.....41
4.4 Korelasi Antara Keterdapatan Mineralogi Dengan Hasil Unsur Analisis XRF Pada Profil Endapan Nikel Laterit.....42
**BAB V PENUTUP.....44**
5.1 Kesimpulan .....44
5.2 Saran.....45
**DAFTAR PUSTAKA.....46**
**LAMPIRAN.....48**
Lampiran 1. Hasil analisis XRF ..... 49
Lampiran 2. Peta lokasi pengambilan sampel..... 50

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Peta Geologi Regional Lembar Kolaka, Sulawesi Tenggara (Simandjuntak dkk,1993 dengan modifikasi) ..... 3

Gambar 2 Proses pembentukan endapan nikel (Ahmad,2005) ..... 8

Gambar 3 Skema transformasi mineral akibat pelapukan batuan dasar (batuan ultramafik)(Nahon, et al., 1992) ..... 12

Gambar 4 Pengambilan gambar profil endapan nikel laterit ..... 15

Gambar 5 proses pengukuran ketebalan zona endapan nikel laterit ..... 16

Gambar 6 pengamatan geomorfologi daerah dan pengamatan sampel profil ... 16

Gambar 7 pengambilan sampel pada masing-masing zona ..... 17

Gambar 8 Proses pengayakan -20mm ..... 18

Gambar 9 Sampel di*jaw crusher* ..... 18

Gambar 10 Sampel di*mixing* dan di matriks 4 x 5 ..... 19

Gambar 11 sampel di masukkan di oven ..... 19

Gambar 12 Pengayakan 10mm dan proses *jaw crusher* ..... 19

Gambar 13 Proses mixing dan matriks -10mm ..... 20

Gambar 14 Proses pengayakan dan *roll crusher -3mm* ..... 20

Gambar 15 Sampel di masukkan di oven ..... 20

Gambar 16 Sampel dihaluskan menggunakan *pulverizer* dan di*mixing* ..... 21

Gambar 17 Sampel di simpan ke aluminium cup, dan di*press pellet* ..... 22

Gambar 18 Sampel dimasukkan ke dalam alat XRF ..... 22

Gambar 19 Bagan Alir Tahapan Penelitian ..... 23

Gambar 20 Profil laterit WRG Titik Selatan ..... 24

Gambar 21 Kenampakan petrografis sayatan Bedrock Selatan dengan komposisi mineral olivin (Ol), orthopiroksin (Opx), dan opaq (Opq) ..... 26

Gambar 22 Profil laterit WRG Titik Barat ..... 28

Gambar 23 Kenampakan petrografis sayatan Bedrock Selatan dengan komposisi mineral olivin (Ol), orthopiroksin (Opx), Clinopiroksin (Cpx), Talk (Tlc) dan opaq (Opq) ..... 29

Gambar 24 Profil laterit WRG Titik Utara ..... 31

Gambar 25 Kenampakan petrografis sayatan Bedrock Selatan dengan komposisi mineral olivin (Ol), Orthopiroksin (Opx), Clinopiroksin (Cpx), dan opaq (Opq) ..... 32

Gambar 26 Profil laterit WRG Titik Timur ..... 34

Gambar 27 Kenampakan petrografis sayatan Bedrock Selatan dengan komposisi mineral olivin (Ol), Orthopiroksin (Opx), Clinopiroksin (Cpx), Talk (Tlc) dan opaq (Opq) ..... 35

Gambar 28 Grafik analisis geokimia unsur Ni ..... 37

Gambar 29 Grafik analisis geokimia unsur Fe ..... 38

Gambar 30 Grafik analisis geokimia unsur $SiO_2$ ..... 39

Gambar 31 Grafik analisis geokimia unsur Co ..... 39

Gambar 32 Grafik analisis geokimia unsur MgO ..... 40

Gambar 33 Parameter endapan nikel laterit (Freyssinet, 2005) ..... 42

# DAFTAR TABEL

Tabel 1 keterdapatan mineral di titik Selatan .....27
Tabel 2 keterdapatan mineral di titik Barat .....30
Tabel 3  keterdapatan mineral di titik Utara .....33
Tabel 4  keterdapatan mineral di titik Timur .....36
Tabel 5 Analisis Unsur .....41

# DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

| Lambang/Singkatan | Arti dan Keterangan |
|---|---|
| N | North |
| E | East |
| ° | Derajat |
| ‘ | Menit |
| “ | Detik |
| LS | Lintang Selatan |
| BT | Bujur Timur |
| //-NIKOL | Nikol Sejajar |
| X-NIKOL | Nikol Silang |
| Opx | Orthopiroksin |
| Ol | Olivin |
| Cpx | Klinopiroksin |
| Opq | Opaq |
| Tlc | Talc |
| Srp | Serpentin |
| DEM | Digital Elevation Model |
| % | Persen |
| T.S | Titik Selatan |
| T.U | Titik Utara |
| T.T | Titik Timur |
| T.B | Titik Barat |

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Geologi daerah Pomalaa merupakan bagian dari batuan ultramafik Ofiolit Sulawesi Timur di lengan tenggara Sulawesi. Di daerah tersebut endapan laterit nikel Pomalaa terbentuk dari pelapukan batuan asal ultramafik yang didominasi oleh harzburgit terserpentinisasikan dan memiliki karakteristik tipe endapan laterit nikel hydrous Mg silicate (Kamaruddin, 2018).

Nikel laterit adalah mineral logam hasil dari proses pelapukan dan pengayaan mineral pada batuan ultramafik. Proses pembentukan bijih besi primer berhubungan dengan proses magmatisme berupa *gravity settling* dari unsur besi dalam batuan dunit, kemudian diikuti dengan proses metamorfosisma/metasomatsma yang diakhiri oleh proses hidrothermal akibat terobosan batuan beku dioritik. Nikel berasal dari laterisasi batuan ultramafik yang membentuk endapan laterit yang ekonomis. Menurut Ahmad (2002) laterisasi adalah proses pelapukan kimia yang akan menghasilkan pengayaan sekunder pada unsur – unsur tertentu dan membentuk endapan yang bernilai ekonomis seperti nikel, bauksit, dan kromit. Laterisasi biasanya berkembang pada daerah yang beriklim tropis hingga sub tropis basah dengan curah hujan yang relatif tinggi (1500-2500 mm/tahun). Laterisasi mengubah batuan yang semula kompak dan keras menjadi material yang relatif lunak (tanah). Proses ini menghasilkan zonasi vertikal yang berbeda sifat fisik maupun komposisi kimia dan mineral yang terkandung di dalamnya.

PT ANTAM Tbk UBPN Kolaka yang berlokasi di Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang pertambangan dan pengolah nikel menjadi ferronikel (paduan besi dengan nikel). Dalam proses penambangan, PT ANTAM Tbk UBPN Kolaka memiliki beberapa *front* penambangan pada beberapa bukit pada tiga blok tambang, yakni tambang utara, tengah, dan selatan. Memahami karakteristik mineralogi dan geokimia endapan nikel laterit akan membantu PT. ANTAM UBPN Kolaka dalam merencanakan dan mengoptimalkan strategi

penambangan. Dengan mengetahui distribusi mineral dan komposisi kimia endapan, perusahaan dapat mengatur penambangan dengan lebih efisien, Serta meningkatkan efisiensi operasional. Dengan memahami karakteristik endapan secara lebih detail, dapat menghindari pemborosan sumber daya dan mengoptimalkan penggunaan peralatan tambang. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan judul "Karakteristik Mineralogi dan Geokimia Endapan Nikel Laterit Pada Front Wrangler PT ANTAM Tbk, UBPN Kolaka".

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik mineralogi pada zona profil endapan nikel laterit
2. Bagaimana karakteristik geokimia pada zona profil endapan nikel laterit
3. Bagaimana karakteristik tipe endapan nikel laterit

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang di paparkan di atas, maka tujuan kegiatan kerja praktik ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik mineralogi pada zona profil endapan nikel laterit
2. Mengetehaui karakteristik geokimia pada zona profil endapan nikel laterit
3. Mengetahui karakteristik tipe endapan nikel laterit

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitan ini difokuskan untuk mengidentifikasi karakteristik Mineralogi dan Geokimia endapan nikel laterit Pada Front Wrangler di PT ANTAM Tbk UBPN Kolaka.

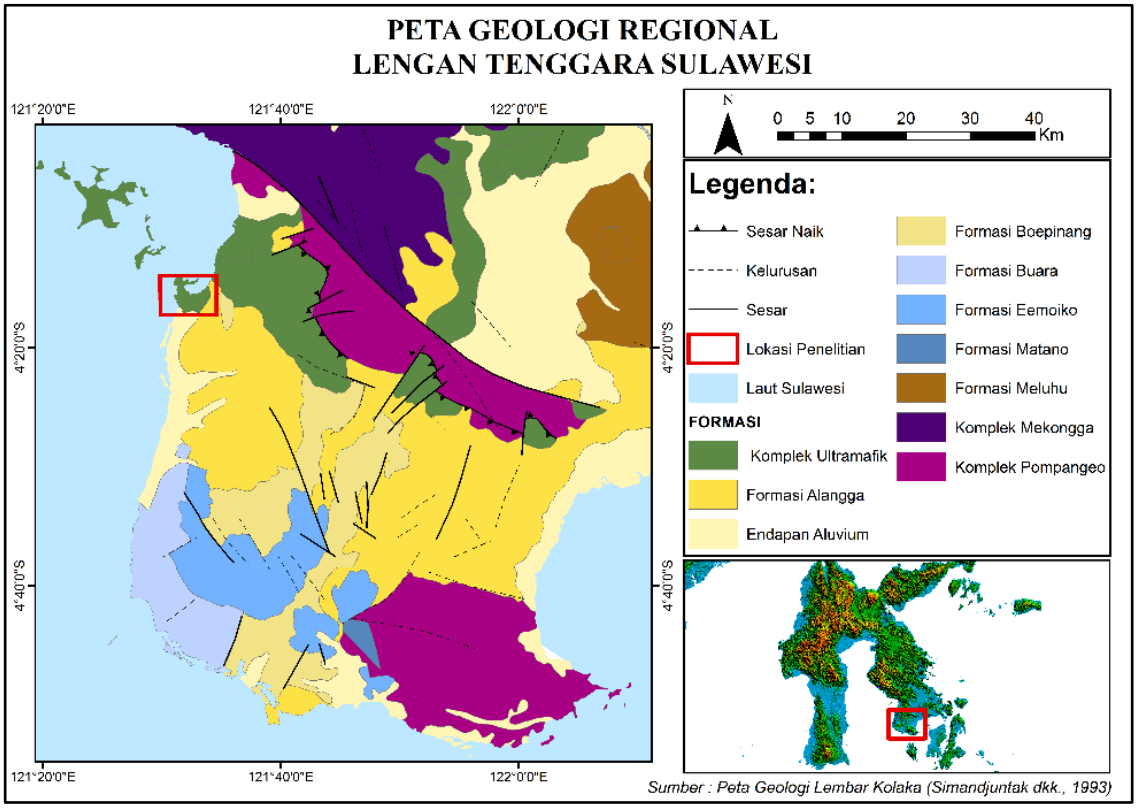
## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai referensi dan rujukan pustaka mengenai karakteristik dan sebaran mineral, tipe endapan pada PT ANTAM Tbk UBPN Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Geologi Regional

Secara Regional, daerah penelitian termasuk dalam Geologi Lembar Kolaka, Sulawesi skala 1:250.000 yang dipetakan oleh Simanjuntak dkk, 1993 dapat dilihat pada gambar 1.




**Gambar 1** Peta Geologi Regional Lembar Kolaka, Sulawesi Tenggara (Simandjuntak dkk,1993)

### 2.1.1 Geomorfologi Regional

Van Bemmelen (1949) dalam Surono membagi Lengan Tenggara Sulawesi menjadi tiga bagian, yaitu ujung utara, bagian tengah, dan ujung selatan. Lembar Kolaka menempati bagian tengah dan ujung selatan dari lengan tenggara Sulawesi. Daerah Pomalaa memiliki fisiografi dataran rendah. Simandjuntak dkk, 1993 dalam Kamaruddin et al. 2018, selanjutnya membagi morfologi lengan tenggara Sulawesi ke dalam lima satuan morfologi, yaitu morfologi pegunungan, morfologi

perbukitan tinggi, morfologi perbukitan rendah, morfologi pedataran dan morfologi karst.

### 2.1.2 Stratigrafi Regional

Seperti telah diuraikan sebelumnya Lengan Tenggara Sulawesi termasuk kawasan pertemuan dua lempeng, yakni lempeng benua yang berasal dari Australia dan lempeng samudra dari Pasifik. Kepingan benua di Lengan Tenggara Sulawesi dinamai Mintakat Benua Sulawesi Tenggara (*Southeast Sulawesi Continental Terrane*) dan Mintakat Matarombeo oleh Surono (1994). Kedua lempeng dari jenis yang berbeda ini bertabrakan dan kemudian ditindih oleh endapan Molasa Sulawesi yang terdiri atas batuan sedimen. Sebagai akibat subduksi dan tumbukan pada *oligosen* akhir hingga *miosen* awal, kompleks *ofiolit* tersesar naikkan ke atas mintakat benua.

Formasi batuan penyusun daerah penelitian yang termasuk dalam lembar Kolaka yaitu Kompleks Ultramafik (Ku) Terdiri atas *harzburgit, dunit, wherlit, serpentinit, gabbro, basal, dolerit, diorit, mafik meta, amphibolit, magnesit* dan setempat *rodingit* dan batuan ini diperkirakan berumur kapur.

### 2.1.3 Tektonik Regional

Pertemuan antara tiga lempeng Indo-Australia, Pasifik dan Asia menghasilkan kumpulan kompleks kepulauan, cekungan marjinal, fragmen benua dan ofiolit yang tercampur oleh pengaturan batas lempeng yang berulang di Indonesia bagian timur. Konvergensi Lempeng Indo-Australia dari barat daya sebagian besar telah diserap sepanjang sistem parit Busur Sunda, sedangkan konvergensi Lempeng Pasifik dari timur telah berkembang oleh pergerakan sekuensial di sepanjang deretan zona subduksi dan pusat penyebaran yang berumur pendek membentuk kompleks pertemuan antar lempeng di wilayah ini. Sulawesi memiliki bentuk yang khas menyerupai huruf “K” terdiri atas empat semenanjung yang disebut “lengan-lengan” yang terpisahkan oleh teluk yang dalam dan bergabung di bagian tengah Sulawesi. Bentuk menyerupai huruf-K tersebut diyakini merupakan bentukan hasil tumbukan dan akresi mikroblok yang berasal dari timur dengan tepi Eurasian yang mengikutinya.

Secara umum Pulau Sulawesi dapat dibagi menjadi empat provinsi geologi dan metalogeni, yaitu (i) Sulawesi Bagian Utara, (ii) Sulawesi Bagian Barat dan (iii) Sulawesi Bagian Timur serta (iv) Banggai Sula.

Busur Vulkano-Plutonik Sulawesi Barat merupakan material akresi pra-Kapur di bagian barat Sulawesi yang kemudian berkembang menjadi busur vulkanik Neogen; Busur vulkanik terdiri atas kompleks batuan-dasar mid-Mesozoik, busur vulkanik Kapur Akhir- Eosen Tengah, sekuen non-vulkanik batuan karbonat Eosen Atas - Miosen Bawah dan busur vulkanik Miosen - Kuarter. Fase Neogen vulkanik tersebar di bagian barat Sulawesi. (ii) Sabuk Metamorfik Sulawesi Tengah merupakan sabuk batuan metamorfik yang berkembang di Sulawesi bagian tengah dan bagian lengan tenggara. Sabuk metamorfik tersebut terdiri atas kumpulan facies metamorfik sekis hijau dan sekis biru, dengan sekis biru meningkat kelimpahannya ke arah barat. Tepi bagian barat sabuk ini merupakan tempat kumpulan batuan tekanan tinggi terpisahkan dari batuan-batuan sekis temperatur-tinggi, gneis dan granitik. (iii) Kompleks batuan ofiolit yang dikenal sebagai Ofiolit Sulawesi bagian Timur (OST) berkembang di lengan bagian timur dan menerus hingga lengan bagian tenggara Sulawesi. Kompleks tersebut didominasi oleh ofiolit bertubuh besar yang telah terganggu dan mengalami peristiwa tektonik. OST terpisahkan secara geografi ke segmen bagian utara dan selatan. Segmen bagian utara muncul di lengan bagian timur Sulawesi dan mengandung ofiolit yang cukup lengkap meskipun telah mengalami peristiwa tektonik. Batuan ultramafik di kompleks ofiolit tersebut didominasi oleh harzburgit, dunit, werlit, lherzolit, websterit, serpentinit dan piroksenit. Batuan ultramafik pada ofiolit tersebut merupakan sumber yang baik untuk pembentukan laterit sebagaimana yang dijumpai di Pomalaa. Batuan ultramafik di daerah Pomalaa didominasi oleh peridotit yang umumnya berupa harzburgit dan dunit yang sebagian telah mengalami serpentinisasi (Kamaruddin, 2018).

### 2.1.4 Struktur Geologi Regional

Berdasarkan struktur, himpunan batuan,biostratigrafi dan umur, daerah ini dapat dibagi menjadi 2 domain yang sangat berbeda, yakni: 1) *allochton* : ofiolit dan malihan, dan 2) *autochton*: batuan gunungapi dan pluton Tersier dan

pinggiran benua Sundaland, serta kelompok molasa Sulawesi. Struktur geologi yang dijumpai di daerah kegiatan adalah sesar, 10 lipatan dan kekar. Sesar dan kelurusan umumnya berarah baratlaut–tenggara searah dengan Sesar geser jurus mengiri Lasolo. Sesar Lasolo aktif hingga kini, yang dibuktikan dengan adanya mata air panas di Desa Sonai, Kecamatan Pondidaha pada batugamping terumbu yang berumur Holosen dan jalur sesar tersebut di tenggara Tinobu. Sesar tersebut diduga ada kaitannya dengan Sesar Sorong yang aktif kembali pada Kala Oligosen (Simandjuntak, dkk., 1993).

Sesar naik ditemukan di daerah Wawo, sebelah barat Tampakura dan di Tanjung Labuandala di selatan Lasolo; yaitu beranjaknya batuan ofiolit ke atas Batuan Malihan Mekonga, Formasi Meluhu dan Formasi Matano. Sesar Anggowala juga merupakan sesar utama, sesar mendatar menganan (*dextral*), mempunyai arah barat laut-tenggara. Kekar terdapat pada semua jenis batuan. Pada batugamping kekar ini tampak teratur yang membentuk kelurusan. Kekar pada batuan beku umumnya menunjukkan arah tak beraturan (Simandjuntak, dkk., 1993).

## 2.2 Pengertian Nikel Laterit

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 serpentinit. Proses pelapukan pada batuan asal tersebut (laterisasi) menyebabkan nikel berubah menjadi larutan dan diserap oleh mineral-mineral oksida besi yang membentuk garnierite pada lapisan saprolit. Selain nikel, kobalt juga akan terkonsentrasi pada lapisan ini pada jumlah terbatas. Adapun grade dari nikel yang dihasilkan berkisar 1,5–3% Ni (Golightly, 1981).

Laterit menurut Evans (1993) adalah produk sisa dari pelapukan kimia batuan beku ultrabasa berupa dunit, peridotit, harzburgit dan batuan ultrabasa lainnya di permukaan bumi, dimana berbagai mineral asli atau primer mengalami ketidakstabilan karena adanya air kemudian larut atau pecah dan membentuk mineral baru yang lebih stabil. Laterit penting sebagai induk untuk endapan bijih

ekonomis. Contoh terkenal dari endapan bijih laterit yaitu bauksit dan endapan bijih besi.

Laterite deposit atau endapan laterit diartikan sebagai hasil dari proses pelapukan yang intensif di daerah *humid, warm* maupun, tropik dan kaya akan mineral lempung yang bersifat kaolinitic serta Fe- dan Al- *oxide/ hydroxide* (Schellman, 1983; 1994). Endapan laterit pada umumnya menampakkan bidang perlapisan yang baik sebagai hasil reaksi antara air hujan yang masuk ke dalam formasi dan kelembapan tanah yang naik ke atas permukaan

## 2.3 Genesa Endapan Nikel Laterit

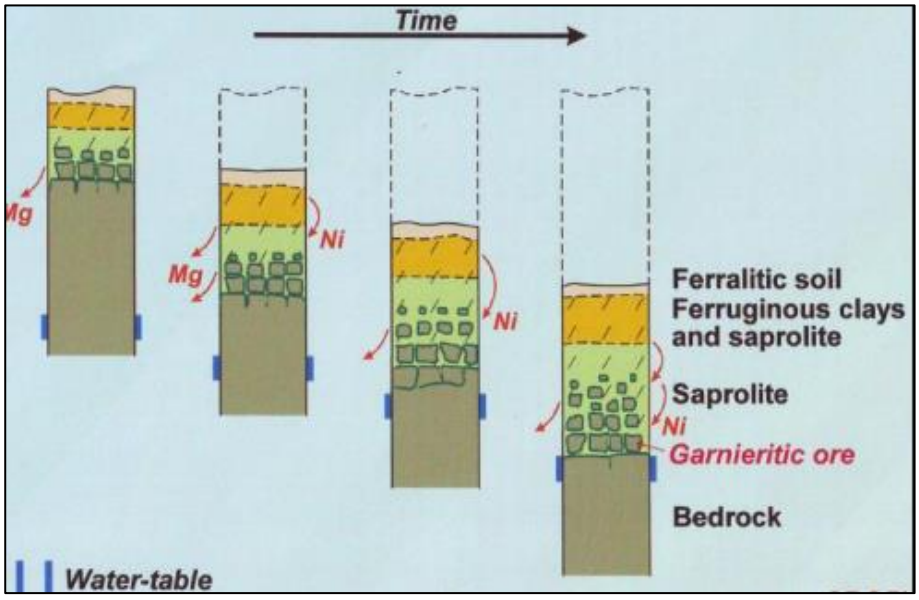
Proses pelapukan dimulai pada batuan ultramafik (peridotit, dunit, serpentinit) yang banyak mengandung mineral olivin, piroksin, magnesium silikat, dan besi silikat dengan kandungan nikel kira-kira sebesar 0.30%. Proses laterisasi pada endapan nikel laterit diartikan sebagai proses pencucian pada mineral 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 $CO_2$ 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 $CO_2$ 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 [$(Ni,Mg)_6$ $Si_4$ $O10(OH)_8$] 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 (*bedrock*) bisa dilihat pada gambar 2. (Oleh Ahmad (2002) dalam buku Maulana, 2017).




**Gambar 2** Proses pembentukan endapan nikel (Ahmad,2005)

Faktor – faktor yang mempengaruhi pembentukan nikel laterit (Ahmad, 2005) adalah :

1. Batuan Asal, adanya batuan asal merupakan syarat utama terbentuknya endapan nikel laterit. Batuan asal dari nikel laterit adalah batuan ultrabasa. Dalam hal ini pada batuan ultrabasa terdapat nikel (Ni) yang paling banyak di antara batuan lainnya. Batuan ultrabasa mempunyai komponen – komponen yang mudah larut dan memberikan lingkungan pengendapan yang baik untuk nikel serta mempunyai mineral-mineral yang paling mudah lapuk atau tidak stabil, seperti olivin dan piroksin.
2. Iklim, pergantian musim kemarau dan musim penghujan akan menyebabkan terjadinya kenaikan dan penurunaan permukaan air tanah sehingga terjadi proses pemisahan dan akumulasi unsur – unsur. Perbedaan temperatur yang cukup besar akan membantu terjadinya pelapukan mekanis, di mana akan terjadi rekahan – rekahan dalam batuan yang akan mempermudah proses atau reaksi kimia pada batuan.
3. Reagen – Reagen Kimia, reagen – reagen kimia adalah unsur – unsur dan senyawa – senyawa yang membantu dan mempercepat proses pelapukan. Air tanah yang mengandung $CO_2$ memegang peranan penting di dalam proses pelapukan kimia. Asam – asam pada humus berkaitan erat dengan vegetasi yang ada di daerah tersebut. Vegetasi akan mengakibatkan penetrasi air dapat lebih dalam dan lebih mudah mengalir.
4. Topografi, keadaan topografi setempat akan sangat memengaruhi sirkulasi air beserta reagen – reagen lain. Untuk daerah yang landai, maka air akan bergerak perlahan – lahan sehingga akan mempunyai kesempatan untuk mengadakan penetrasi lebih dalam melalui rekahan – rekahan atau pori – pori batuan. Akumulasi endapan laterit umumnya terdapat pada daerah – daerah yang landai sampai kemiringan lereng sedang, hal ini menerangkan bahwa ketebalan pelapukan mengikuti bentuk topografi.
5. Waktu, waktu merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pelapukan, transportasi, dan konsentrasi endapan pada suatu tempat. Waktu yang cukup lama akan mengakibatkan pelapukan yang cukup intensif karena akumulasi unsur nikel cukup tinggi.

6. Struktur, struktur geologi yang penting dalam pembentukan endapan laterit adalah rekahan (*joint*) dan patahan (*fault*). Adanya rekahan dan patahan ini akan mempermudah rembesan air ke dalam tanah dan mempercepat proses pelapukan terhadap batuan induk. Seperti yang diketahui bahwa jenis batuan beku mempunyai porositas dan permeabilitas yang kecil sekali sehingga penetrasi air sangat sulit, maka dengan adanya rekahan – rekahan tersebut akan memudahkan masuknya air dan proses pelapukan yang terjadi akan lebih intensif.

## 2.4 Profil Nikel Laterit

Profil laterit dapat dibagi menjadi beberapa zona, lapisan-lapisan pada profil laterit dari endapan nikel laterit dibedakan menjadi beberapa zona menurut Ahmad (2002).

1. Lapisan Tanah Penutup (*Overburden*) 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*. *Iron capping* mempunyai kadar besi yang tinggi namun mempunyai kadar nikel yang rendah. Terkadang terdapat mineral-mineral *hematite, chromiferous*.
2. Lapisan limonit berkadar menengah (*Medium Grade Limonit*) lapisan ini terletak di bawah lapisan tanah penutup, berbutir halus, berwarna merah-cokelat atau kuning, agak lunak, berkadar air antara 30%–40%, mengandung kadar Ni 1.5 %, Fe 44 %, MgO 3 %, $SiO_2$ %, 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 *talc, tremolite, chromiferous, quartz, gibsite, maghemite*. Lapisan limonit yang dijumpai di daerah *west block (unserpentinized)*. Limonit dibedakan menjadi 2, yaitu: 1) *red limonite* yang biasa disebut hematit dan 2) *yellow limonite* yang disebut

*goethite*. Biasanya pada mineral *goethite* nikel berasosiasi dengan Fe dan mengganti unsur Fe sehingga pada zona limonit terjadi pengayaan unsur Ni.

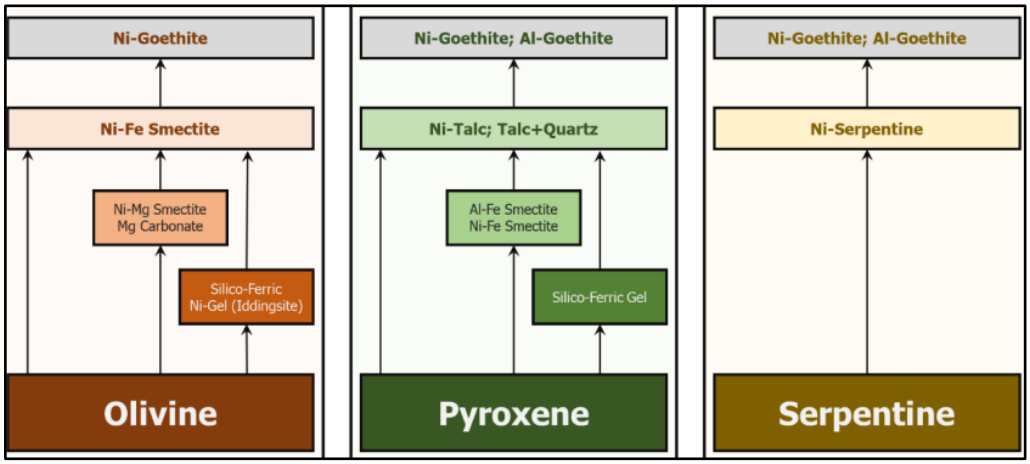
3. Lapisan Bijih (*Saprolite*), lapisan ini merupakan hasil pelapukan batuan dasar (*bedrock*), berwarna kuning kecokelatan agak kemerahan, terletak di bagian bawah dari lapisan limonit berkadar menengah, dengan ketebalan rata-rata 7 meter. Lapisan ini biasa terdiri dari campuran dari sisa-sisa batuan, butiran halus *limonite*, *saprolitic rims*, *vein* dari endapan garnierit, *nickeliferous quartz*, mangan dan pada beberapa kasus terdapat *silica boxwork* yang akan membentuk suatu zona transisi dari *limonite* ke *bedrock*. 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 talc*. 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%, $SiO_2$ 35%. Lapisan ini merupakan lapisan yang bernilai ekonomis untuk ditambang sebagai bijih.
4. Lapisan Batuan Dasar (*Bed Rock*), lapisan batuan dasar merupakan bagian terbawah dari suatu profil nikel laterit. Lapisan ini merupakan batuan ultrabasa yang tidak atau belum mengalami pelapukan. Blok batuan *bed rock* (batuan dasar) secara umum sudah tidak mengandung mineral ekonomis lagi (kadar logam sudah mendekati atau sama dengan batuan dasar). Berwarna kuning pucat sampai abu-abu kehijauan. Zona ini biasanya memperlihatkan rekahan-rekahan (frakturisasi) yang kuat, kadang membuka dan terisi oleh mineral garnierit dan silika akibat proses pelindihan. Frakturisasi ini diperkirakan menjadi penyebab adanya suatu gejala yang sering disebut dengan root zone yaitu zona high grade Ni, akan tetapi posisinya tersembunyi.

## 2.5 Mineralogi Endapan Nikel Laterit

Mineral-mineral primer pada batuan ultramafik dapat menghasilkan mineral sekunder dapat dilihat pada (gambar 3), sebagai berikut (Nahon. Et al., 1992) :

1. Olivin menjadi krisotil, magnetit, saponit, nontronit, silika, amorf dan goetit.
2. Piroksin menjadi talk, smektit dan goetit
3. Serpentin menjadi smektit dan goetit.

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




**Gambar 3** Skema transformasi mineral akibat pelapukan batuan dasar (batuan ultramafik)(Nahon, et al., 1992)

## 2.6 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

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

1. *Hydrous silicate deposits*

Pada endapan tipe *Hydrous Silicate* bagian bawah zona saprolit (horizon bijih) didominasi oleh mineral-mineral hydrous Mg-Ni silikat setempat pada zona saprolit, urat-urat halus atau *box-work* dapat terbentuk. Rekahan dan batas 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-oxyhidroxide* akan bergerak turun ke bawah sebelum terendapkan kembali sebagai *Hydrous Silicate* mineral atau menggantikan dalam ubahan serpentinit. Pengkayaan Ni

melalui proses supergen ini sangat penting untuk pembentukan endapan *Hydrous Silicate* pada kadar yang ekonomis. Pada endapan tipe *Hydrous Silicate*, posisi muka air tanah relatif dalam, kondisi ini menyebabkan infiltrasi air yang dalam sehingga nikel lebih banyak terakumulasi pada zona saprolit bagian bawah.

2. *Clay Silicate Deposits*

Silika 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. Serpentine 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. Secara umum, kadar Ni rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah dibandingkan dengan tipe *hydrous silicate*. Pada endapan tipe ini, posisi muka air tanah awal relatif lebih dangkal dan drainase terhambat, kondisi ini meyebabkan lapisan limonit lebih sering terendam air sehingga terbentuk lapisan lempung dan akumulasi Ni pada lapisan lempung tersebut.

3. *Oxide Deposits*

Kadar Ni rata-rata pada tipe endapan ini lebih rendah 1,0 – 1,6 %, sehingga memiliki nilai ekonomis yang kurang baik. Pada endapan tipe ini, posisi muka air tanah awal relatif dangkal dan drainasenya tidak terhambat sehingga Ni lebih banyak terakumulasi pada zona limonit sampai saprolit bagian atas.

## 2. 7 Mineral-Mineral Yang Ada Pada Profil Nikel Laterit

a. Zona Top Soil, beberapa mineral yang ditemukan umumnya: *chromiferous*: $FeCr_2O_4$, *hematite*: $Fe_2O_3$.

*b.* Zona *Limonite*, beberapa mineral yang ditemukan umumnya: talk: $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$, *tremolite* : $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$, *chromiferous* : $FeCr_2O_4$, *quartz* : $SiO_2$, *gibbsite*:$Al(OH)_3$, maghemite :$Fe_2O_3$, goethite: FeO(OH), hematite: $Fe_2O_3$

*c.* Zona *Saprolite*, beberapa mineral yang ditemukan umumnya: garnierit : $(Ni,Mg)_3Si_2O_5(OH)_4$, *Quartz* (Kuarsa): $SiO_2$, Mangan :Mn, Talk: $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$.

d. Zona *Bedrock*, beberapa mineral yang ditemukan umumnya: Talk: $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$, Pyroxene: Kelompok mineral yang terdiri dari berbagai jenis, seperti augite $[(Ca,Na)(Mg,Fe,Al)(Al,Si)_2O_6]$ dan diopside: $(CaMgSi_2O_6)$.