

SKRIPSI

KARAKTERISTIK PROFIL LATERIT BERDASARKAN ANALISIS GEOKIMIA DATA BOR AREA IUP PT CERIA NUGRAHA INDOTAMA DAERAH WOLO, KABUPATEN KOLAKA, SULAWESI TENGGARA

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD IRSAN GAZALI
D061 18 1512**



**DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**



**MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

KARAKTERISTIK PROFIL LATERIT BERDASARKAN ANALISIS GEOKIMIA DATA BOR AREA IUP PT CERIA NUGRAHA INDOTAMA DAERAH WOLO, KABUPATEN KOLAKA, SULAWESI TENGGARA

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD IRSAN GAZALI

D061181512

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 6 November 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

A-r

Prof. Dr. Eng. Asri Java, S.T., M.T.
NIP. 19690924 199802 1 001

Pembimbing Pendamping

Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T.
NIP. 19700606199412 2 001

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 : MUHAMMAD IRSAN GAZALI

NIM : D061181512

Program Studi : TEKNIK GEOLOGI

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{KARAKTERISTIK PROFIL LATERIT BERDASARKAN ANALISIS
GEOKIMIA DATA BOR AREA IUP PT CERIA NUGRAHA INDOTAMA
DAERAH WOLO, KABUPATEN KOLAKA, SULAWESI TENGGARA}

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

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

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

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

Gowa, 06 November 2023



Optimized using
trial version
www.balesio.com

Menyatakan



MUHAMMAD IRSAN GAZALI

ABSTRAK

MUHAMMAD IRSAN GAZALI. *Karakteristik Profil Laterit Berdasarkan Analisis Geokimia Data Bor Area IUP PT Ceria Nugraha Indotama Daerah Wolo, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara (dibimbing oleh Prof. Dr. Eng. Asri Jaya, S.T, M.T. dan Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T.)*

Keberadaan endapan nikel laterit di Sulawesi Tenggara umumnya banyak tersebar, sehingga memiliki perbedaan karakteristik pada sifat fisik yang nampak pada permukaan meliputi jenis laterit, litologi dan kondisi morfologi maupun perbedaan. Selain itu perbedaan sifat kimia berupa persentase kandungan unsur-unsur kimianya juga dapat berbeda. Pada daerah Sulawesi Tenggara juga didominasi oleh tipe endapan *oxide deposit* dan *hydrous silicate deposit*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran unsur kimia terhadap pembentukan profil laterit pada area IUP Pt Ceria Nugraha Indotama Daerah Wolo, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Sampel diperoleh dari data coring yang akan dilakukan analisis mineralogi dan geokimia. Petrografi batuan dasar dilakukan untuk menganalisis komposisi mineral, dan tekstur batuan kemudian dikorelasikan dengan sebaran unsur geokimia menggunakan metode x-ray fluorescence di setiap zona laterit. Batuan dasar di daerah penelitian yaitu harzburgite. Sebaran unsur pada daerah penelitian menunjukkan bahwa unsur MgO dan SiO₂, mengalami penurunan yang signifikan menuju profil laterit bedrock sedangkan Fe diperkaya di zona limonit dan Ni diperkaya secara nyata di zona saprolit. Batuan dasar yang kaya olivin dan tingkat serpentinisasi yang rendah menghasilkan konsentrasi Ni yang tinggi pada profil laterit, terutama pada lapisan saprolit. Hal ini menandakan bahwa unsur kimia sangat menentukan dalam penentuan zona pada profil laterit beserta karakteristiknya pada masing-masing zona.

Kata kunci : Laterit, geokimia, mineralogi, petrografi



ABSTRACT

MUHAMMAD IRSAN GAZALI. *Characteristics of the Laterite Profile Based on Geochemical Analysis of the Bor Data Area IUP PT Ceria Nugraha Indotama Wolo Region, Kolaka District, Southern Sulawesi (guided by Prof. Dr. Eng. Asri Jaya, S.T, M.T. and Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T.)*

The existence of nickel laterite deposits in Southeast Sulawesi is generally widespread, thus having characteristic differences in the physical properties seen on the surface including the type of laterite, lithology and morphological conditions as well as differences. Besides, there are some kinds of food that can be consumed excessively. The Southeast Sulawesi region is also dominated by the type of oxide deposits and hydrous silicate deposits. This research aims to analyze the role of chemical elements in the formation of laterite profiles in the area of IUP Pt. Ceria Nugraha Indotama Wolo District, Kolaka District, South Sulawesi. The samples are obtained from the coring data that will be used for mineralogical and geochemical analysis. Basic rock petrography is performed to analyze the mineral composition, and the textures of the rocks are then correlated with the spread of the geochemical elements using the X-ray fluorescence method in each laterite zone. The cornerstone of the research area is Harzburgite. The distribution of the elements in the area of study suggests that the elements MgO and SiO₂ have experienced a significant decrease towards the laterite profile of the bedrock, while Fe is enriched in the limonite zone and Ni is significantly enhanced in the saprolite zone of the olivin-rich base stone. A low rate of serpentinization results in high concentrations of Ni on the laterite profile, especially on the saprolitic layer. This indicates that the chemical element is very decisive in determining the zone on the lateral profile, along with its characteristics in each zone.

Keywords: *Laterite, geochemistry, mineralogy and petrography.*



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Karakteristik Profil Laterit Berdasarkan Analisis Geokimia Data Bor Area IUP PT Ceria Nugraha Indotama Daerah Wolo, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara”

Pada kesempatan ini penulis tidak lupa ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis dalam menyusun skripsi ini, yaitu kepada PT. Ceria Nugraha Indotama yg telah memberikan kesempatan Magang, bapak Herriadi Wachyudin sebagai pembimbing Magang di PT. Ceria Nugraha Indotama yang telah membimbing selama masa magang, bapak Rivaldi Octavianus H. sebagai pembimbing Magang di PT. Ceria Nugraha Indotama yang telah membimbing selama masa magang, bapak Ariwansyah amal sebagai pembimbing Magang di PT. Ceria Nugraha Indotama yang telah membimbing selama masa magang dan bapak Muhammad Hasrul sebagai pembimbing Magang di PT. Ceria Nugraha Indotama yang telah membimbing selama masa magang.

Tidak lupa penulis juga ucapkan terimakasih kepada bapak Prof. Dr. Eng. Asri Jaya, S.T, M.T sebagai dosen pembimbing akademik sekaligus sebagai dosen pembimbing utama, atas bimbingan dan arahnya selama ini baik dalam proses akademik maupun dalam proses penyusunan tugas akhir ini, ibu Dr. Ulva Ria Irfan, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing Pendamping, atas bimbingan dan arahnya selama ini baik dalam proses akademik maupun dalam proses penyusunan tugas akhir ini,3.Bapak Dr. Ir. H. Hamid Umar, MS dan Ibu Dr. Ir. Haerany Sirajuddin, M.T. sebagai dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam penyusunan Pemetaan serta ilmu yang telah diberikan dalam perkuliahan selama ini, bapak Dr. Eng. Hendra .T., M. Eng sebagai Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik as Hasanuddin, bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Geologi as Hasanuddin atas segala bimbingan dan nasehatnya, serta staf-staf



Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.

Kepada rekan-rekan di PT. Ceria Nugraha Indotama yang telah banyak membantu selama pembuatan Skripsi ini, keluarga tercinta, khususnya kepada Ayahanda Muhammad Hasbi dan Ibunda Irianti yang selalu memberikan motivasi, dukungan, semangat dan bantuan kepada penulis, bantuan moril maupun materil, serta doa restu yang senantiasa terucapkan tiada henti yang kemudian menjadi sumber semangat bagi penulis selama ini, saudara dan saudari seperjuangan Xenolith 18 yang menjadi ruang untuk berdiskusi serta telah memberikan banyak dukungan kepada penulis selama penulis dalam masa studi di Departemen Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, serta seluruh pihak yang telah membantu, terima kasih atas dukungan dan bantuannya.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunannya, oleh karena itu penulis mengharapkan adanya masukan dari pembaca baik berupa saran maupun kritikan demi kesempurnaan tulisan selanjutnya. Akhir kata, semoga laporan hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca, khususnya bagi penulis.

Gowa, 6 November 2023

Penulis



Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Lokasi Penelitian dan Kesampaian Daerah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Geologi Regional.....	4
2.1.1 Geomorfologi.....	4
2.1.2 Stratigrafi.....	5
2.1.3 Struktur.....	6
2.2 Batuan Ultramafik.....	6
2.3 Serpentinisasi.....	8
2.4 Endapan Laterit.....	8
2.5 Profil Laterit.....	11
2.6 Faktor Pengontrol Laterit.....	12
2.7 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit.....	14
BAB III METODE DAN TAHAPAN PENELITIAN.....	19
3.1 Tahapan Pendahuluan.....	19
1.1 Studi Literatur.....	19
1.2 Observasi Lapangan.....	19
Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	20



3.3 Tahapan Pengambilan Data.....	20
3.4 Tahapan Analisis Data.....	20
3.4.1 Preparasi Sampel.....	23
3.4.2 Analisis Laboratorium.....	20
3.4.2.1 Analisis Geokimia X-ray Flourence (XRF).....	34
3.4.2.2 Analisis Petrografi.....	35
3.5 Penyusunan Laporan.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1 Karakteristik Endapan Laterit.....	40
4.1.1 Karakteristik Fisik Profil Endapan Laterit.....	40
4.1.1.1 Lapisan Limonit.....	41
4.1.1.2 Lapisan Saprolith.....	42
4.1.1.2 Lapisan Bedrock.....	43
4.2 Karakteristik Profil Laterit Berdasarkan Data Geokimia.....	45
4.2.1 Stasiun MIG01.....	46
4.2.2 Stasiun MIG02.....	48
4.2.3 Stasiun MIG03.....	50
4.2.4 Stasiun MIG04.....	52
4.3 Karakteristik Endapan Nikel Laterit.....	53
BAB V PENUTUP.....	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Peta Pengambilan Data

Assay XRF

Deskripsi Petrografi



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Lokasi Penelitian PT Ceria Nugraha Indotama.....	3
Gambar 2 Peta Geologi Daerah IUP PT Ceria Nugraha Indotama.....	3
Gambar 3 Lokasi Penelitian PT Ceria Nugraha Indotama.....	12
Gambar 4 Peta Geologi Daerah IUP PT Ceria Nugraha Indotama.....	13
Gambar 5 Distribusi global deposit nikel laterit, pembagian tipe deposit berdasarkan peta morphoclimatic.....	15
Gambar 6 <i>Clay silicate deposit</i> , Murrin Australia.....	16
Gambar 7 Profil laterit deposit oksida, Goro New Caledonia.....	17
Gambar 8 <i>Hydrous silicate deposit</i> , New Caledonia.....	17
Gambar 9 (A) oksida, (B) partly silicified oksida, (C) hydrous Mg silicate, (D) clay silicate (Butt dan Cluzel, 2013).....	18
Gambar 10 Break Layer Geologi.....	21
Gambar 11 Deskripsi dan Logging Core.....	22
Gambar 12 Packing Sampel.....	22
Gambar 13 Penulisan Patok Finish.....	23
Gambar 14 Penerimaan dan Penyusunan Conto.....	24
Gambar 15 Screening Fraksi.....	25
Gambar 16 Precio 30 P.....	25
Gambar 17 Penimbangan Berat Basah.....	26
Gambar 18 Pengeringan dengan Oven.....	26
Gambar 19 Penimbangan Conto Kering.....	27
Gambar 20 <i>Crushing</i> -10 mm.....	27
Gambar 21 Sampel -10 mm.....	28
22 <i>Splitter</i>	28
23 <i>Split</i> sampel -10 mm.....	29



Gambar 24 <i>Double Roll Crusher</i>	29
Gambar 25 <i>Crushing -3 mm</i>	30
Gambar 26 Sampel -3 mm.....	30
Gambar 27 Split sampel -3mm.....	31
Gambar 28 <i>Pulvizer Process</i>	31
Gambar 29 <i>Pulvizer</i>	32
Gambar 30 Sampel <i>Pulp 200 Mesh</i>	32
Gambar 31 Screening 200 Mesh.....	33
Gambar 32 Batch Sampel.....	34
Gambar 33 <i>Press Pellet Machine</i>	35
Gambar 34 Preparasi Sampel <i>Press Pellet</i>	35
Gambar 35 Sampel <i>Press Pellet</i>	36
Gambar 36 ED-XRF Rigaku.....	37
Gambar 37 Sampel Siap untuk di Analisis.....	37
Gambar 38 Penginputan Data Kedalam <i>Software</i>	38
Gambar 39 Diagram alir tahapan penelitian.....	39
Gambar 40 Profil Laterit Daerah Penelitian.....	40
Gambar 41 Lapisan Limonit pada area IUP PT Ceria Nugraha Indotama.....	41
Gambar 42 Lapisan <i>Saprolith</i> pada area IUP PT Ceria Nugraha Indotama.....	42
Gambar 43 Kenampakkan petrografis pada stasiun MIG99 dengan komposisi mineral Olivine (Ol), Orthopyroxene-Enstatit (En), Cr-Spinel (Cr-Spl), Clinopyroxen-Augit (Aug), Magnesit (Mgs).....	43
Gambar 44 Singkapan batuan ultramafic pada area IUP PT Ceria Nugraha Indotama.....	45
Gambar 45 Grafik Assay unsur pada stasiun MIG01.....	47
Gambar 46 Grafik Assay unsur pada stasiun MIG02.....	48
17 Grafik Assay unsur pada stasiun MIG03.....	50
18 Grafik Assay unsur pada stasiun MIG04.....	52



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Peran beberapa elemen selama pelapukan laterit (Ahmad, 2009).....	9
Tabel 2	<i>Chemical Index Weathering</i>	54



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nikel merupakan salah satu komoditas tambang paling penting di dunia. Nikel umumnya diproduksi menjadi beberapa jenis seperti logam halus, bubuk, spons, dan lain-lain. Dari beberapa jenis tersebut, lebih dari 60% digunakan sebagai bahan baku pembuatan baja tahan karat atau stainless steel. Nikel memiliki dua jenis endapan yaitu nikel laterit dan nikel sulfida dimana jumlah cadangan endapan nikel laterit dunia sebesar 70% dan endapan nikel sulfida 30%, namun sampai saat ini jumlah produksi nikel dunia 58% masih berasal dari endapan nikel sulfida sedangkan jumlah produksi dari endapan nikel laterit hanya 42% (Sukandarrumidi, 2007).

Wilayah Indonesia Timur khususnya pada daerah Sulawesi Tenggara memiliki potensi sumberdaya mineral berupa endapan nikel laterit yang terbentuk dari hasil pelapukan batuan ultrabasa seperti peridotit, dunit, serpentinit. Keberadaan endapan nikel laterit di Sulawesi Tenggara umumnya banyak tersebar, sehingga memiliki perbedaan karakteristik pada sifat fisik yang nampak pada permukaan meliputi jenis laterit, litologi dan kondisi morfologi. Selain itu perbedaan sifat kimia berupa persentase kandungan unsur-unsur kimianya juga dapat berbeda. Endapan ini memiliki potensi yang menguntungkan untuk ditambang. Untuk menambangnya dibutuhkan informasi dan data yang akurat. Pada daerah Sulawesi Tenggara juga di dominasi oleh tipe endapan *oxide deposit* dan *hydrous silicate deposit*.

Karakteristik geologi merujuk pada sifat-sifat fisik, kimia, dan mineralogi yang dimiliki oleh suatu daerah. Karakteristik ini digunakan dalam geologi untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, memahami, dan memodelkan berbagai aspek geologi bumi. Atas dasar tersebut maka penulis mencoba untuk melakukan



di PT. Ceria Nugraha Indotama untuk mengetahui Karakteristik Profil Berdasarkan Analisis Geokimia Data Bor Area IUP PT Ceria Nugraha Daerah Wolo, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah penelitian ini:

- Bagaimana karakteristik profil laterit pada daerah penelitian?
- Bagaimana karakteristik geokimia profil laterit tiap pit pada daerah penelitian ?
- Bagaimana karakteristik endapan laterit tiap pit pada daerah penelitian berdasarkan tingkat pelapukan ?

1.3 Tujuan Penelitian`

Penelitian ini dilakukan dengan bertujuan:

- Menentukan profil laterit pada daerah penilitian.
- Menganalisis karakteristik geokimia profil nikel laterit tiap pit pada daerah penilitian.
- Menentukan tingkat pelapukan berdasarkan hasil analisis karakteristik tiap pit pada daerah penilitian.

1.4 Manfaat Penelitian

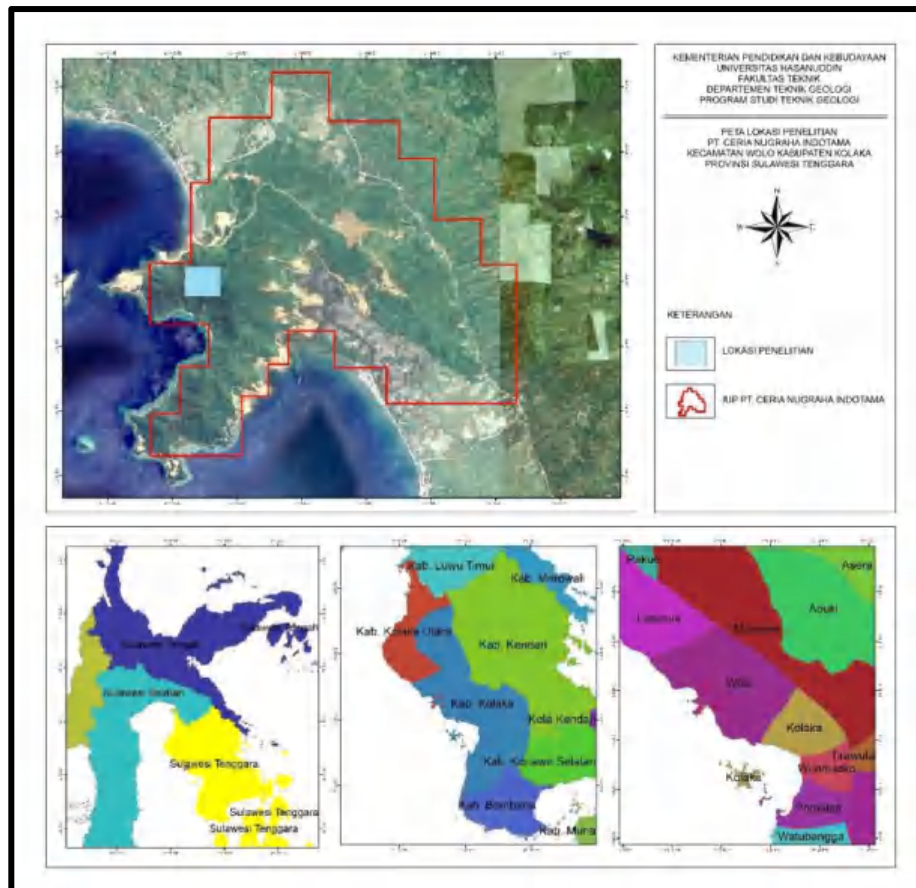
Adapun manfaat penelitian ini yaitu dapat menambah informasi untuk mengetahui kondisi geologi meliputi laterisasi pada daerah penelitian yang kedepannya dapat dijadikan sebagai referensi perencanaan eksploitasi pada blok X PT Ceria Nugraha Indotama

1.5 Lokasi Penelitian dan Kesampaian Daerah

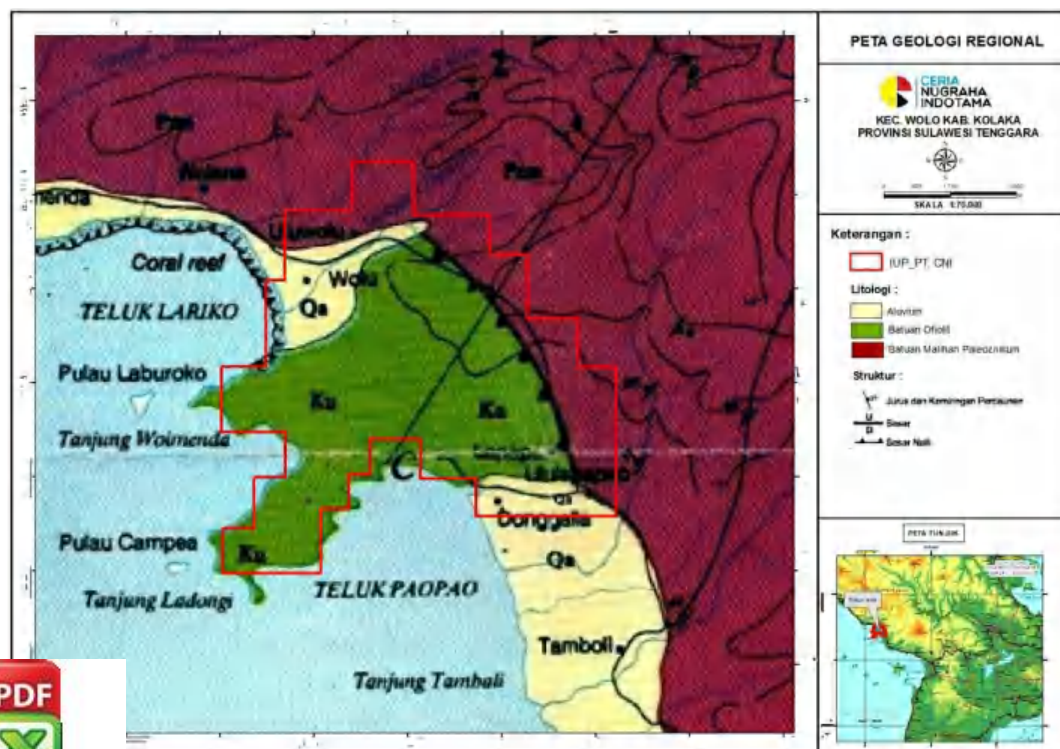
Lokasi penelitian secara administratif terletak di daerah Wolo, Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara, yang merupakan daerah konsesi pertambangan PT. Ceria Nugraha Indotama. Secara geografis daerah penilitian terletak pada 122°22'30"- 122°23'00" Bujur Timur (BT) dan 3°25'00"- 3°27'30" Lintang Selatan (LS). Lokasi ini bisa dicapai dengan transportasi udara dari Makassar ke Pomala di tempuh sekitar 45 menit, dilanjutkan dengan angkutan darat dari Pomalaa ke lokasi daerah penilitian dapat ditempuh sekitar dua jam. Sedangkan untuk jalur transportasi darat dari kota Makassar ke lokasi

enilitian melewati Luwu Timur dapat ditempuh sekitar 18 jam dan jalur Pelabuhan Siwa ke Pelabuhan Tobaku sekitar 6 jam dilanjutkan n darat ke lokasi daerah penilitian sekitar 40 menit.





Gambar 1 Lokasi Penelitian PT Ceria Nugraha Indotama



Gambar 2 Peta Geologi Daerah IUP PT Ceria Nugraha Indotama



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional Daerah Penelitian

Geologi regional daerah penelitian termasuk dalam Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi skala 1 : 250.000 oleh Simanjundak, dkk (1997). Pembahasan geologi regional terdiri dari penjelasan mengenai geomorfologi regional daerah penelitian, stratigrafi regional daerah penelitian, dan tektonik regional daerah penelitian.

2.1.1 Geomorfologi

Geomorfologi pada daerah penelitian dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu Dataran Aluvial, Perbukitan Bergelombang Rendah, dan Perbukitan Bergelombang Tinggi. Dataran Aluvial berkembang terutama di sekitar Sungai Wolo yang mengalir ke arah selatan dengan topografi yang relative datar menempati sekitar 10% daerah penelitian. Sedangkan morfologi Perbukitan Bergelombang Rendah menempati sebagian besar daerah penelitian dan sekitar 70% berupa perbukitan kecil dengan kelerengan landai 10° sampai dengan 25°. Morfologi ini memanjang timurlaut-baratdaya dan dipotong oleh dataran aluvial di sekitar Sungai Wolo pada bagian barat, serta mengelilingi Perbukitan Bergelombang Tinggi yang mengelompok di bagian tengah daerah penelitian. Perbukitan Bergelombang Tinggi tersebut menempati hampir 20% daerah penelitian memiliki kelerengan yang terjal hingga 70° di beberapa tempat.

Pada dataran aluvial laterit tidak berkembang, hanya dijumpai erosi laterit yang tertransportasi ke daerah tersebut. Pada bagian lereng bukit morfologi perbukitan bergelombang dengan kelerengan 20° umumnya keterdapatan zona lateritnya relatif tipis, akan tetapi pada bagian perbukitan bergelombang relative datar dengan kelerengan berkisar 10° sampai dengan 15° zona laterit berkembang lebih baik. Pada Zona Perbukitan Bergelombang Tinggi lateritisasi juga tidak berkembang dengan baik. Bahkan di beberapa tempat dapat dijumpai batuan dasar yang muncul ke permukaan. Namun demikian, di dataran



yang relatif landai pada Zona Perbukitan Bergelombang Tinggi tersebut masih dapat dijumpai lateritisasi berkembang secara terbatas.

2.1.2 Stratigrafi

Secara umum stratigrafi regional daerah penelitian termasuk pada lembar Lasusua-Kendari, pada daerah penelitian terdapat dua satuan batuan dari yang paling muda adalah sebagai berikut:

Aluvium (Qa) terdiri atas kerikil, kerakal, pasir lempung dan lumpur. Satuan ini merupakan hasil dari endapan sungai, rawa dan endapan pantai. Umur satuan ini adalah holosen.

Batuan Ofiolit (Ku) terdiri atas peridotit, dunit dan serpentinit. Serpentinit berwarna kelabu tua sampai kehitaman; padu dan pejal. Batuannya bertekstur afanitik dengan susunan mineral antigorit, lempung dan magnetit. Umumnya memperlihatkan struktur kekar dan cermin sesar yang berukuran megaskopis. Dunit, kehitaman; padu dan pejal, bertekstur afanitik. Mineral penyusunnya ialah olivin, piroksin, plagioklas, sedikit serpentinit dan magnetit; berbutir halus sampai sedang. Mineral utama olivin berjumlah sekitar 90%. Tampak adanya penyimpangan dan pelengkungan kembaran yang dijumpai pada piroksin, mencirikan adanya gejala deformasi yang dialami oleh batuan ini. Di beberapa tempat dunit terserpentinasi kuat yang ditunjukkan oleh struktur sisa seperti rijang dan barik-barik mineral olivin dan piroksin, serpentinit dan talkum sebagai mineral pengganti. Peridotit terdiri atas jenis harzburgit dan lherzolit. Harzburgit, hijau sampai kehitaman, holokristalin, padu dan pejal. Mineralnya halus sampai kasar, terdiri atas olivin (60%) dan piroksin (40%). Di beberapa tempat menunjukkan struktur perdaunan. Hasil penghabluran ulang pada mineral piroksin dan olivin mencirikan batas masing-masing kristal bergerigi. Lherzolite, hijau kehitaman; holokristalin, padu dan pejal. Mineral penyusunnya ialah olivin (45%), piroksin (25%), dan sisanya epidot, yakut, klorit, dan bijih dengan mineral peridotit halus sampai kasar. Satuan batuan ini diperkirakan berumur Kapur.



2.1.3 Struktur

Struktur geologi Lembar Lasusua-Kendari memperlihatkan ciri kompleks tumbukan dari pinggiran benua yang aktif. 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. Lembar Lasusua, sebagaimana halnya daerah Sulawesi bagian timur, memperlihatkan struktur yang sangat rumit. Hal ini disebabkan oleh pengaruh pergerakan tektonik yang telah berulang kali terjadi di daerah ini.

Struktur geologi yang dijumpai di daerah kegiatan adalah sesar, 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., 1983).

2.2. Batuan Ultramafik

Batuan ultramafik merupakan batuan beku yang mengandung mineral primer berkomposisi *ferromagnesian* lebih besar 45% dan nikel lebih kecil 0,3%. Mineral *Ferromagnesian* adalah mineral piroksen, hornblende, mika, dan biotit sehingga memiliki indeks warna >70% gelap dan sebagian besar berasal dari plutonik. Jenis – jenis dari batuan ultramafic, antara lain peridotit, piroksenit, hornblendit, dunit, dan serpentinit (Tonggiroh, 2019).

Penamaan batuan “ultramafik” dan “ultrabasa” memiliki perbedaan arti. Batuan ultrabasa merupakan jenis batuan yang secara geokimia mengandung sangat sedikit silika dan jarang ditemukannya kehadiran mineral- mineral ferromagnesian. Mineral-mineral ferromagnesian berwarna gelap dengan unsur utama Fe dan Mg. Mineral yang sedikit mengandung unsur utama Fe dan Mg kan keterdapatannya didominasi oleh silika feldspar, feldspathoid, dan (Ahmad, 2006).



Beberapa mineral dominan yang hadir dalam batuan ultramafik, adalah sebagai berikut (McDonough dan Rudnick, 1998):

1. Olivin

Mineral olivin di dalam batuan ultramafik didominasi oleh forsterit (Mg_2SiO_4). Umumnya forsterit dalam olivin dapat mencapai kisaran 90%-92% hingga yang tertinggi 94%, sedangkan sisanya yaitu berupa fayalit (Fe_2SiO_4). Peridotit olivin umumnya memiliki kandungan Ca mulai dari beberapa ratus hingga seribu ppm. Pertukaran Ca antara klinopiroksen dan olivin digunakan sebagai geobarometer untuk peridotit spinel karena batuan ini relatif tidak sensitif terhadap tekanan.

2. Ortopiroksen

Kandungan alumina dari ortopiroksen pada fasies peridotit garnet umumnya rendah dan bervariasi, biasanya ortopiroksen pada fasies ini digunakan untuk mengetahui tekanan pembentukannya. Secara umum, kandungan CaO pada ortopiroksen sangat bervariasi dan umumnya digunakan untuk mengetahui suhu pembentukan, sedangkan kandungan Na_2O dan TiO_2 dapat mencerminkan komposisi dari peridotit tersebut.

3. Klinopiroksen

Kandungan alumina dari klinopiroksen pada fasies peridotit garnet umumnya rendah dan bervariasi, biasanya klinopiroksen pada fasies ini digunakan untuk mengetahui tekanan pembentukannya. Kandungan Cr_2O_3 pada klinopiroksen umumnya tinggi.

4. Spinel

Spinel dapat diartikan sebagai mineral atau nama grup mineral. Grup spinel sendiri terdiri atas spinel (MgAl_2O_4), hercynit (FeAl_2O_4), magnesio-kromit (MgCr_2O_4) dan kromit (FeCr_2O_4). Umumnya, lherzolit memiliki spinel dengan kandungan Al yang tinggi dan Cr yang rendah, di sisi lain harzburgit memiliki kandungan Al yang rendah dan Cr yang tinggi.



Plagioklas

Plagioklas dalam peridotit didominasi oleh anorthit ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Rasio thit dalam peridotit plagioklas memiliki kisaran antara 50%-80%,

sedangkan sisanya yaitu berupa albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$). Plagioklas dapat juga ditemukan sebagai mineral sekunder pada peridotit xenolith yang menunjukkan komposisi yang basa dan dapat terkait dengan kandungan Na yang relatif tinggi yang akan membentuk amfibol.

2.3 Serpentinisasi

Serpentinisasi menurut Palandri dan Reed (2004) adalah suatu reaksi eksotermis, hidrasi di mana air bereaksi dengan mineral mafik seperti olivin dan piroksen untuk menghasilkan lizardit, antigorit dan / atau krisotil.

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

Secara umum batuan dasar penghasil tanah laterit merupakan batuan-batuan ultramafik dimana batuan yang rendah akan unsur Si, namun tinggi akan unsur Fe, Mg dan terdapat unsur Ni yang berasal langsung dari mantle bumi. Kehadiran mineral serpentin pada batuan ultramafik menjadi suatu peranan penting dalam pembentukan karakteristik tanah laterit yang ada terutama pada pengkayaan unsur logam Ni pada tanah laterit. Proses serpentinisasi akan menyebabkan perubahan tekstur mineralogi dan senyawa pada mineral olivin maupun piroksen pengurangan atau perubahan komposisi unsur Mg, Ni dan Fe pada mineralnya.

2.4 Endapan Laterit

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



Laterit menurut Evans (1993) adalah produk sisa dari pelapukan kimia batuan 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.

Laterit merupakan sumber dari beberapa mineral ekonomis diantaranya bauxite dan nikel (Ni), mangan (Mn), tembaga (Cu), emas (Au) dan *platinum group element* (PGE). Bagian paling bawah dari profil laterit disebut dengan zona saprolite yang merupakan zona pelapukan tinggi dimana tekstur primer dan fabric dari batuan asalnya masih dapat dilihat. Akibat fluida yang bersifat *oxided* dan asam, maka bagian paling bawah dari zona ini dicirikan dengan tidak stabilnya sulfide dan karbonat dengan hasil pencucian atau leaching dari logam-logam chalcopyrite dan unsur-unsur alkalin. Bagian bawah dari zona saprolit ini dicirikan dengan terurainya mineral-mineral feldspar dan ferromagnesian, sementara Si dan Al akan tetap tinggal pada mineral lempung (kaolinite dan halloysite). (Maulana, 2017) Perilaku berbagai unsur selama proses lateralisasi pada dasarnya dikendalikan oleh dua faktor, yaitu: (Ahmad, 2009)

- Sifat kimia tertentu dari unsur itu sendiri (geokimia)
- Kondisi lingkungan yang berlaku (suhu, curah hujan, kondisi batuan, kondisi pH, dll.)

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

<i>Element</i>	<i>Exists in the ultramafics as</i>	<i>Role during lateritic weathering</i>
Ca	Cpx > Opx > Oliv	<i>Highly mobile. Leached away</i>
Na	Very little	<i>Highly mobile. Leached away</i>
Mg	Oliv > Opx > Cpx	<i>Highly mobile. Mostly leached away. Some stays behind as clay minerals</i>
K	Very little	<i>Highly mobile. Mostly leached away. Some stays behind as clay minerals</i>
	Opx > Cpx > Oliv	<i>Highly mobile. Mostly leached away. Some stays behind as clay minerals and silica boxwork.</i>
	Oliv > Opx > Cpx	<i>Semi-mobile. Forms oxide (pyrolusite) and hydroxides (manganite, pyrochroite & psilomelane)</i>



Co	Oliv > Opx > Cpx	<i>Semi-mobile. Follows manganese</i>
Ni	Oliv > Opx > Cpx	<i>Semi-mobile. Forms nickel serpentine, nickel talc, nickel chlorite and nickel clays</i>
Al	Cpx > Opx > Oliv	<i>Non-mobile. Stays behind as boehmite, bauxite & gibbsite</i>
Cr	Cpx > Opx > Oliv	<i>Non-mobile. Stays behind as chromite</i>
Fe	Oliv > Opx > Cpx	<i>Non-mobile. Stays behind as oxides (hematite & maghemite) and hydroxides (turgite, goethite, hydrogoethite, limonite, ferrihydrite, xanthosiderite & esmeraldaite)</i>

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



2.5 Profil Laterit

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

Menurut Golightly (1979) profil laterit dibagi menjadi 4 zonasi, yaitu:

1. Zona Limonit (LIM)

Zona ini berada paling atas pada profil dan masih dipengaruhi aktivitas permukaan dengan kuat. Zona ini tersusun oleh humus dan limonit. Mineral-mineral penyusunnya adalah goethit, hematit, tremolit dan mineral-mineral lain yang terbentuk pada kondisi asam dekat permukaan dengan relief relatif datar. Secara umum material-material penyusun zona ini berukuran halus (lempung-lanau), sering dijumpai mineral stabil seperti spinel, magnetit dan kromit.

2. Zona *Medium Grade Limonite* (MGL)

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

3. Zona Saprolit

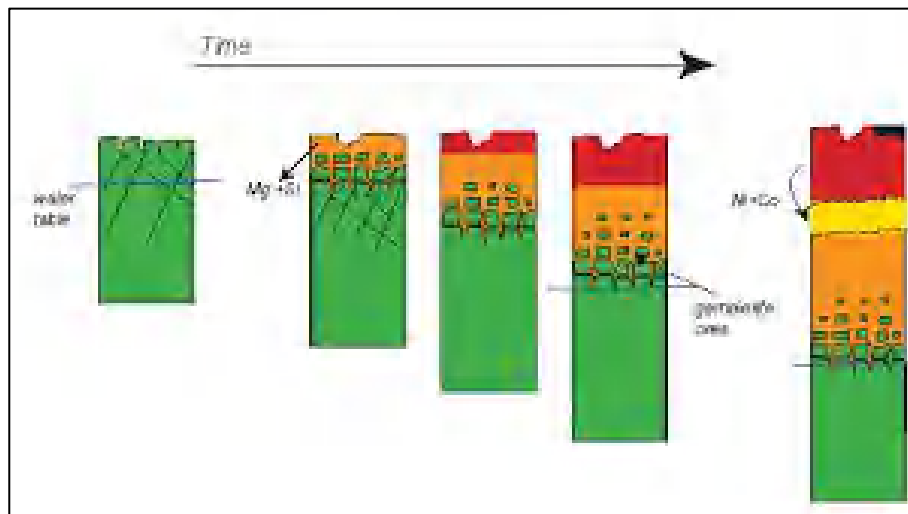
Zona saprolit merupakan zona bijih, tersusun atas fragmen-fragmen batuan yang teralterasi, sehingga mineral penyusun, tekstur dan struktur dapat dikenali. Derajat serpentinisasi batuan asal laterit akan mempengaruhi pembentukan zona saprolit, dimana peridotit yang sedikit serpentinisasi akan memberikan zona saprolit dengan inti batuan sisa yang



keras, pengisian celah oleh mineral – mineral garnierit, kalsedon-nikel dan kuarsa, sedangkan serpentinit akan menghasilkan zona saprolit yang relatif homogen dengan sedikit kuarsa atau garnierit.

4. Zona batuan induk (*Bedrock zone*)

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



Gambar 3 Pembentukan Endapan Laterit

2.6 Faktor Pengontrol Laterit

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

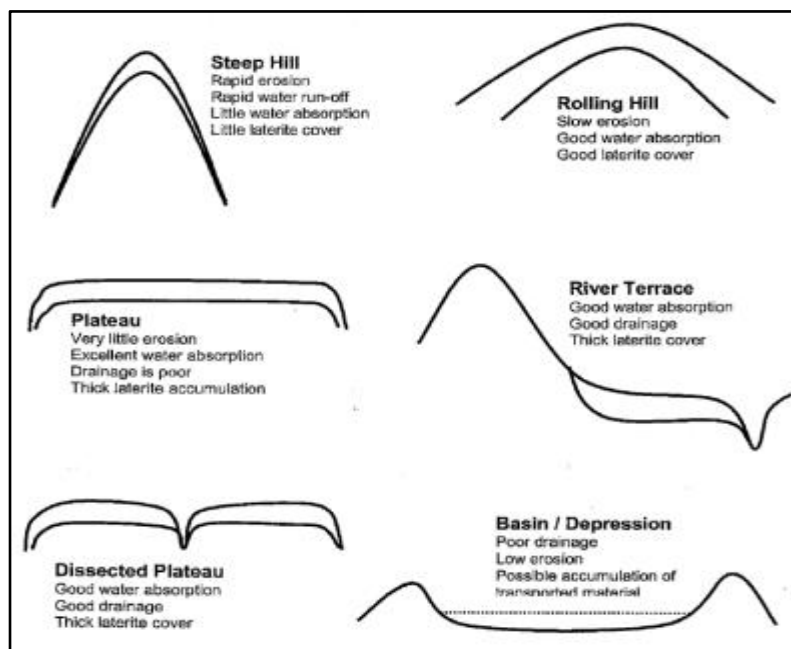
a. Iklim

Iklim memiliki peran penting dalam terbentuknya endapan laterit. Temperatur yang hangat dan curah hujan yang tinggi dan ditambah dengan aktivitas biogenik yang tinggi akan mempercepat proses pelapukan kimia. Daerah beriklim tropis dengan temperatur lebih dari 20°C yang cenderung tetap sepanjang tahun merupakan daerah yang sangat ideal untuk pembentukan endapan laterit (Ahmed 2006). Menurut Ellias (2005) curah hujan menentukan jumlah air yang tanah, sehingga mempengaruhi intensitas pencucian. Sebenarnya tingkat hujan dapat bervariasi yang nantinya akan membentuk tanah laterit yang berbeda pula.



b. Topografi

Topografi akan mempengaruhi pola aliran air. Kelerengan dan relief mempengaruhi intensitas air yang masuk ke dalam tanah atau batuan dan muka air tanah (Elias, 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, 2013). Menurut (Ahmad, 2008) tanah laterit 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.



Gambar 4 Klasifikasi sederhana antara bentuk lahan dan proses lateritisasi (Ahmad, 2001)

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 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

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

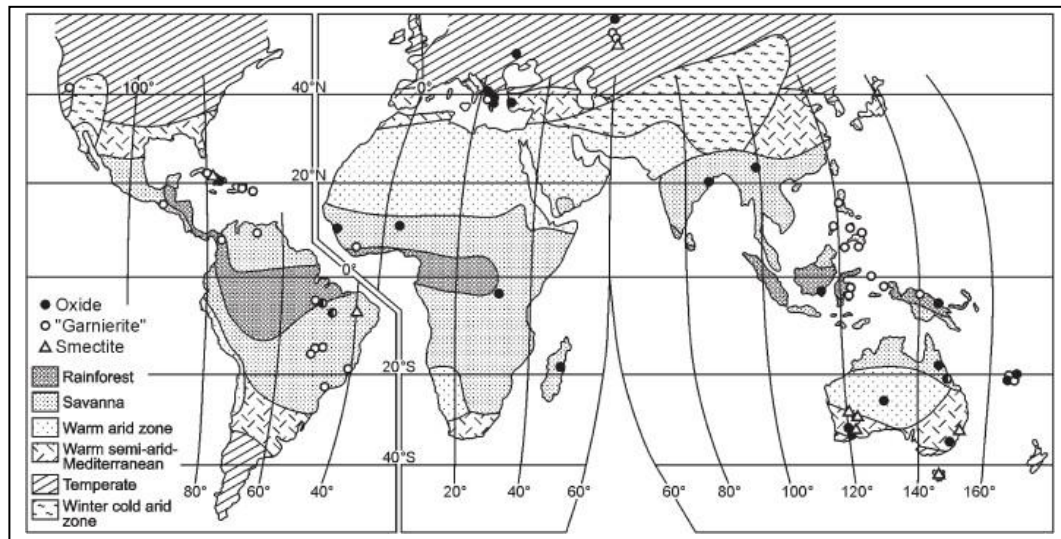
Laterit Ni – Fe menurut (Ahmad, 2006) dapat berkembang pada batuan yang mengandung mineral ferromagnesian yang cukup. Oleh karena itu batuan ultramafik merupakan batuan yang paling cocok untuk menghasilkan laterit Ni – Fe karena memiliki proporsi mineral ferromagnesian yang tinggi.

2.7 Klasifikasi Endapan Nikel Laterit

Brand, dkk (1998) membedakan tiga jenis deposit pokok, berdasarkan mineralisasi bijih yaitu *Hydrous Silicate Deposit*, *Clay Silicate Deposit* dan *Oxides Deposit*.

Terdapat hubungan antara tipe deposit dimana *Hydrous silicates* melimpah pada iklim tropis yang sekarang mirip dengan iklim lokal. *Oxide and clay silicate deposits* terbentuk dari semua pergantian iklim.





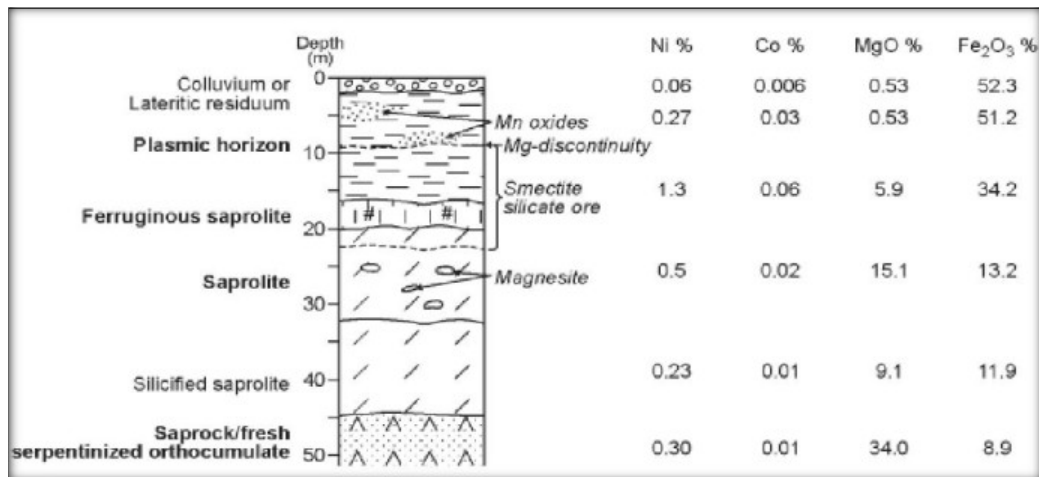
Gambar 5 Distribusi global deposit nikel laterit, pembagian tipe deposit berdasarkan peta morphoclimatic (modifikasi Budel dalam Butt dan Morris 2005)

A. *Clay Silicate Deposit*

Kondisi pelapukan yang tidak berjalan dengan baik seperti pada iklim dingin dan iklim panas, silika tidak tercuci sebagaimana di lingkungan tropis lembab. Silika tersebut kemudian bergabung bersama Fe dan Al membentuk zona dimana lempung smektit (nontronit) mendominasi. Silika sisa dari pembentukan nontronit kemudian terendapkan sebagai nodul opal atau kalsedon dalam lempung. Profil laterit seperti ini biasanya ditindih oleh lapisan tipis yang kaya Fe oksida di bagian atasnya dan didasari oleh lapukan saprolit yang mengandung serpentinit dan nontronit (Elias, 2005).

Clay silicate deposit didominasi oleh nontronit dan montmorilonit tampak lebih mudah terbentuk dari batuan ultramafik yang mengandung mikroskopis, seperti ortokumosis komatiitik dari pada orthopyroxene, karena konsentrasi Ca, Na, dan Al awal yang lebih tinggi.



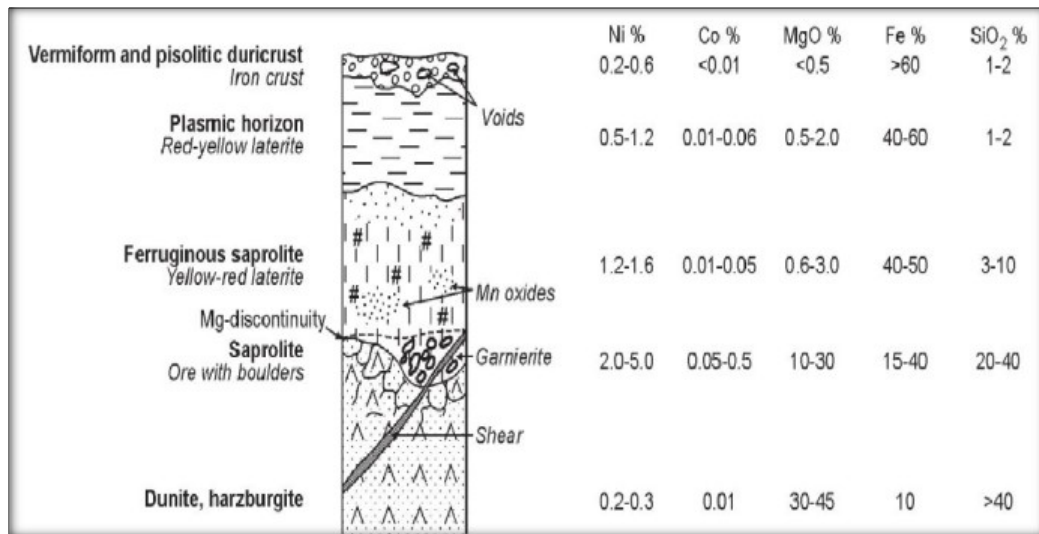


Gambar 6 Clay silicate deposit, Murrin Australia (Butt dan Morris, 2005)

B. Oxides Deposit

Oxides deposit adalah produk akhir yang paling umum dari lateritisasi batuan ultramafik. Dengan adanya air, mineral pembentuk batuan primer (terutama olivin dan / atau serpentin, *orthopyroxene* dan yang kurang umum adalah *clinopyroxene*) dipecah oleh hidrolisis yang melepaskan unsur penyusunnya sebagai ion dalam larutan berair. Olivine adalah mineral yang paling tidak stabil dan merupakan yang pertama mengalami pelapukan; Di lingkungan tropis yang lembab, Mg^{2+} -nya benar- benar tercuci dan hilang karena air tanah, dan Si sebagian besar tercuci dan dibuang. Fe^{2+} juga dilepaskan namun dioksidasi dan diendapkan sebagai hidroksida besi, awalnya bersifat amorf atau kurang kristalin tapi secara progresif mengkristal ulang dengan tanaman *goethite* yang membentuk pseudomorph setelah olivin. *Orthopyroxene* dan *serpentine* hidrolisis setelah olivin, juga melepaskan Mg, Si dan digantikan oleh pseudomorph goethitik. Awalnya, sementara mineral ferro- magnesium yang ada tetap tidak bermanning dan mendukung lapisan batu, transformasi tekstur isovolumetrik dan batuan primer, namun seiring dengan hancurnya mineral primer, bergantung pada tekstur primer yang hilang karena pemadatan yang menghasilkan *goethite* dengan tekstur masif. Transformasi mineralogi yang an hilangnya Mg dan konsentrasi residu Fe menghasilkan tren kimia yang familiar pada laterit Mg yang menurun ke atas dan Fe meningkat ke atas profil laterit. (Butt dan Morris, 2005).

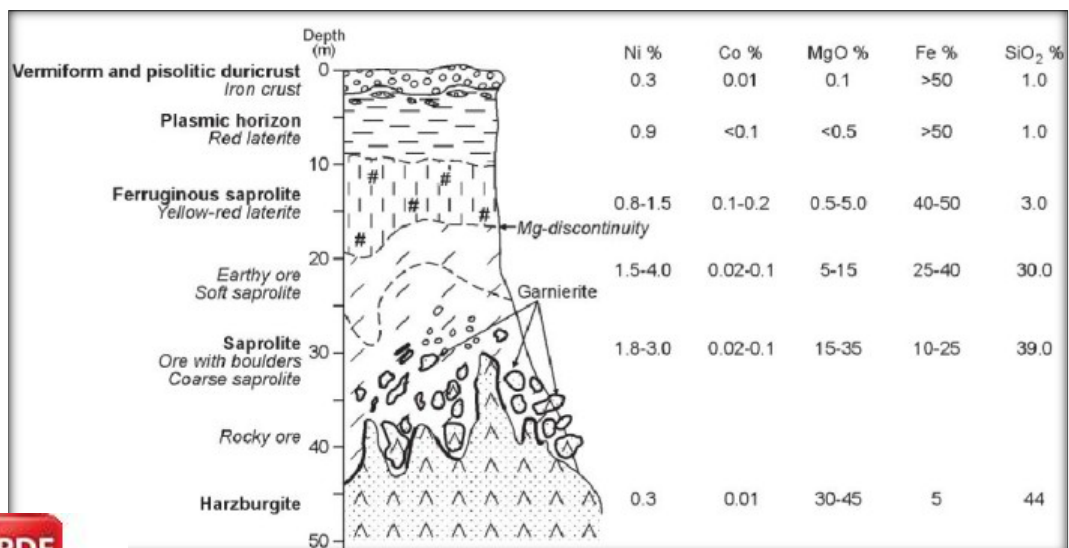




Gambar 7 Profil laterit deposit oxida, Goro New Caledonia (Butt dan Morris,2005)

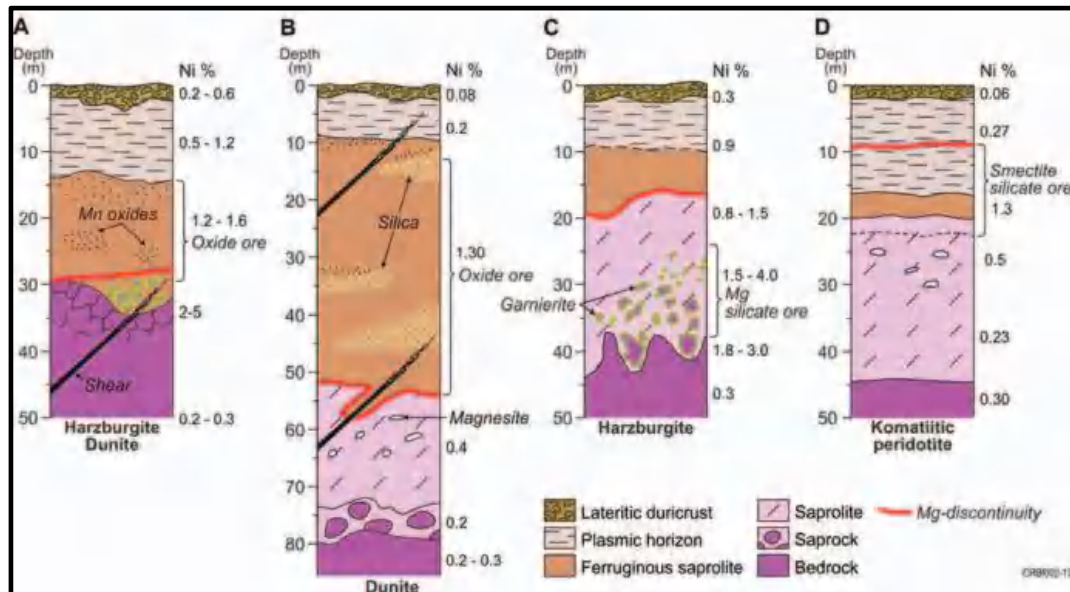
C. Hydrous Silicate Deposit

Laterit silika terbentuk pada kondisi dimana terjadinya pengangkatan secara perlahan namun konsisten dan muka air tanah rendah yang stabil pada profil laterit. Pelapukan yang terjadi dalam waktu lama menghasilkan zona saprolit yang tebal yang mungkin ditutupi oleh lapisan limonit yang tipis tergantung dari intensitas erosi pada bagian atas profil laterit. Laterit silikat memiliki karakteristik dengan pengayaan Ni pada zona saprolit yang di dalamnya juga terdapat mineral-mineral alterasi seperti serpentin, smektit, dan garnierit (Elias, 2005).



Gambar 8 Hydrous silicate deposit, New Caledonia (Troly, dkk,1979)





Gambar 9 (A) oxide, (B) partly silicified oxide, (C) hydrous Mg silicate, (D) clay silicate (Butt dan Cluzel, 2013)

