

SKRIPSI

ANALISIS SERPENTINISASI PADA BATUAN ULTRAMAFIK DAN PENGARUHNYA TERHADAP KADAR NIKEL LATERIT BLOK X, KECAMATAN WOLO, KABUPATEN KOLAKA PROVINSI SULAWESI TENGGARA

Disusun dan Diajukan oleh

**UMAR AL AMIR
D061 19 1100**



**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



**SKRIPSI
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ANALISIS SERPENTINISASI PADA BATUAN ULTRAMAFIK DAN
PENGARUHNYA TERHADAP KADAR NIKEL LATERIT BLOK X,
KECAMATAN WOLO KABUPATEN KOLAKA, PROVINSI SULAWESI
TENGGERA**

Disusun dan diajukan oleh:

**UMAR AL AMIR
D061191100**

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

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

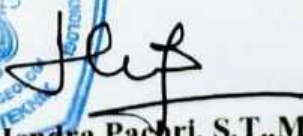
**Prof. Dr. Ir. Rohaya Langkoke, M.T
NIP. 19581210 198601 2 000**

Pembimbing Pendamping

**Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T.
NIP. 19650928 200003 1 002**

**Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin**




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



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Umar Al Amir
Nim : D061191100
Program Studi : Teknik Geologi

Dengan ini menyatakan yang sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul:

**ANALISIS SERPENTINISASI PADA BATUAN ULTRAMAFIK DAN
PENGARUHNYA TERHADAP KADAR NIKEL LATERIT BLOK X,
KECAMATAN WOLO, KABUPATEN KOLAKA PROVINSI SULAWESI
TENGGERA**

Adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Gowa, September 2024



Optimized using
trial version
www.balesio.com



Menyatakan


Umar Al Amir

ABSTRAK

UMAR AL AMIR, ANALISIS SERPENTINISASI PADA BATUAN ULTRAMAFIK DAN PENGARUHNYA TERHADAP KADAR NIKEL LATERIT BLOK X, KECAMATAN WOLO, KABUPATEN KOLAKA PROVINSI SULAWESI TENGGARA. (dibimbing oleh Prof.Dr.Ir.Hj. Rohaya Langkoke, M.T dan Prof.Dr. Adi Tonggiroh, S.T.,M.T)

Secara Administratif daerah penelitian termasuk kedalam kawasan tambang PT Ceria Indotama Nugraha Kecamatan wolo Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan serpentinisasi terhadap kadar nikel dalam profil endapan laterit pada daerah penelitian dengan menggunakan metode pengamatan lapangan, analisis petrografi, analisis geokimia (X-Ray Flourescence). Secara megaskopis daerah penelitian tersusun atas batuan peridotit, secara mikroskopis batuan daerah penelitian terbagi menjadi 3 tiga yaitu lherzolite, olivine websterite, dan serpentin. Tingkat serpentinisasi pada daerah penelitian terbagi menjadi 3 tiga yaitu tingkat serpentinisasi lemah $\leq 15\%$, tingkat serpentinisasi sedang 35%-50%, tingkat serpentinisasi kuat 55%-75%, dan dijumpai stasiun yang tidak dipengaruhi oleh serpentinisasi. Hubungan serpentinisasi terhadap kadar Ni pada batuan ultramafik berpengaruh, hasil analisis ini menunjukkan bahwa tingkat serpentinisasi lemah – sedang memiliki kadar Ni yang tinggi dibandingkan yang tidak terserpentinisasi, namun pada saat tingkat serpentinisasi kuat maka Ni akan rendah.

Kata Kunci : *Serpentinisasi, Batuan Ultramafik, Nikel Laterit*



ABSTRACT

UMAR AL AMIR, ANALYSIS OF SERPENTINIZATION IN ULTRAMAFIC ROCKS AND ITS EFFECT ON LATERITE NICKEL CONTENT IN BLOCK X, WOLO DISTRICT, KOLAKA REGENCY, SOUTHEAST SULAWESI PROVINCE.
(guided by Prof.Dr.Ir.Hj. Rohaya Langkoke, M.T and Prof.Dr. Adi Tonggiroh, S.T.,M.T)

Administratively, the research area is included in the mining area of PT Ceria Indotama Nugraha, Wolo sub-district, Kolaka Regency, Southeast Sulawesi Province. This study aims to determine the relationship of serpentinization to nickel content in the profile of laterite deposits in the study area by using field observation methods, petrographic analysis, geochemical analysis (X-Ray Fluorescence). Megascopically the research area is composed of peridotite rocks, microscopically the rocks of the research area are divided into 3 three namely lherzolite, olivine websterite, and serpentinite. The level of serpentinization in the study area is divided into three: weak serpentinization level $\leq 15\%$, moderate serpentinization level 35%-50%, strong serpentinization level 55%-75%, and found stations that are not affected by serpentinization. The relationship between serpentinization and Ni content in ultramafic rocks is influential, the results of this analysis show that weak - moderate serpentinization levels have high Ni levels compared to those that are not serpentinized, but when the level of serpentinization is strong, Ni will be low.

Keywords: Serpentinization, Ultramafic Rocks, Nickel Laterite



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas berkat dan rahmat-Nya sehingga Pembuatan Proposal tugas akhir dengan judul “Analisis Serpentinisasi Pada Batuan Ultramafik dan Pengaruhnya Terhadap Kadar Nikel Laterit Blok X Kecamatan Wolo Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara” dapat berjalan lancar tanpa kendala apapun. Tiada ucapan yang dapat penulis sampaikan melainkan ucapan terima kasih atas segala bimbingan, motivasi, serta semua hal yang bersifat membangun untuk perkembangan diri yang telah diberikan kepada penulis, khususnya kepada

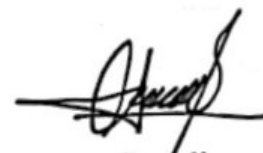
1. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Rohaya Langkoke, M.T sebagai pembimbing utama atas segala bimbingan serta arahan terbaik, waktu, tenaga dan motivasi untuk peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini
2. Bapak Prof. Dr. Adi Tonggiroh, S.T., M.T sebagai pembimbing pendamping atas segala bimbingan serta arahan terbaik, waktu, tenaga dan motivasi untuk peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini
3. Bapak Dr. Eng Hendra Pachri, S.T.,M.Eng selaku Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. PT Ceria Indotama Nugraha yang telah memberikan kesempatan untuk menimba ilmu serta kesempatan bagi penulis untuk melaksanakan pengambilan data tugas akhir pada PT Ceria Indotama Nugraha
5. Seluruh karyawan staf dan non staf PT Ceria Indotama Nugraha yang telah memberikan izin kepada penulis untuk melakukan praktik kerja dan pengumpulan data untuk tugas akhir.
6. Bapak dan Ibu Dosen pada Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin 2019 yang telah memberikan pengetahuannya selama ini.
7. Seluruh Staff Jurusan Teknik Geologi Universitas Hasanuddin, atas dukungannya dalam mengelola administrasi penelitian.
8. Kedua Orang Tua, yang tak henti-hentinya memberikan nasehat, motivasi, dan doa pendamping yang selalu dipanjatkan untuk kemaslahatan penulis. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Geologi Universitas Hasanuddin 2019 yang telah memberikan banyak dukungan selama proses penyusunan skripsi ini berlangsung.



10. Seluruh pihak-pihak lainnya yang ikut serta dalam membantu proses penyusunan skripsi ini.

Didalam penyusunan Tugas Akhir ini, Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga dengan hati yang terbuka penulis menerima segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan oleh penulis.

Gowa, September 2024



Penulis



DAFTAR ISI

ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
KATA PENGANTAR	xvi
DAFTAR ISI	xviii
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Waktu dan Lokasi Daerah Penelitian	3
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Geologi Regional	5
2.2 Geomorfologi Regional	5
2.3 Stratigrafi Regional	6
2.4 Struktur Regional	8
2.5 Geologi Daerah Penelitian	9
2.6 Geomorfologi Daerah Penelitian	10
2.7 Stratigrafi Daerah Penelitian	10
2.8 Struktur Geologi Daerah Penelitian	13
2.9 Proses Serpentinisasi	13
2.9.1 Tingkat Serpentinisasi pada Batuan Ultramafik	15
2.9.2 Implikasi Serpentin Terhadap Nikel Laterit	15
2.10 Profil Laterit	16
BAB III METODE PENELITIAN	18
Metode Penelitian	18
Tahapan Penelitian	18
1 Tahap Pengambilan Data	18



3.2.2	Tahapan Analisis Laboratorium.....	19
3.2.3	Penyusunan Laporan.....	27
BAB IV PEMBAHASAN.....		29
4.1	Geomorfologi Daerah Penelitian.....	29
4.2	Litologi Daerah Penelitian.....	30
4.2.1	Batuan Lherzolite	30
4.2.2	Batuan Serpentininit.....	31
4.2.3	Batuan Olivine Websterite	31
4.2.4	Deskripsi Litologi Daerah Penelitian	32
4.2.5	Hasil Analisis Petrografi Batuan pada Daerah Penelitian.....	45
4.3	Karakteristik Serpentinisasi.....	46
4.3.1	Serpentinisasi	46
4.3.2	Tingkat Serpentinisasi.....	47
4.3.3	Tekstur Serpentinisasi	49
4.3.4	Hubungan Serpentinisasi dan Kadar Ni, Fe Laterit	51
4.3.5	Distribusi Kadar Ni	55
4.3.6	Hubungan Serpentinisasi terhadap Kadar Ni dan Fe Laterit.....	56
BAB V PENUTUP		58
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....		59
LAMPIRAN.....		62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Peta Tunjuk Daerah Penelitian.....	3
Gambar 2.1.	Peta Geomorfologi Bagian Selaan Lengan Tenggara Sulawesi (Surono,2013).....	6
Gambar 2.2.	Stratigrafi Regional Lengan Tenggara Sulawesi (Simandjuntak dkk, 1993)	7
Gambar 2.3.	Peta Geologi Daerah Penelitian Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi Tenggara (Simandjuntak dkk, 1993).....	10
Gambar 2.4.	Korelasi Satuan Lembar Lasusua Kendari (Simandjuntak, dkk.,1993)	12
Gambar 2.5.	Peta tektonik pada Pulau Sulawesi (Kadariusman dkk, 2004).....	13
Gambar 2.6.	Mekanisme serpentinisasi peridotit Li dan Lee (2006).....	14
Gambar 3.1.	Penyusunan Sampel ke dalam Batch.....	19
Gambar 3.2.	Proses pengeringan sampel basah ke dalam oven 105°C.....	20
Gambar 3.3.	Alat Jaw Crusher	20
Gambar 3.4.	Hasil material sampel ukuran -10 mm	21
Gambar 3.5.	Reduksi sampel menggunakan splitter (-10mm).....	21
Gambar 3.6.	Double roll crushing.....	22
Gambar 3.7.	Ringmill (kanan) Discmill (kiri)	23
Gambar 3.8.	Oven 105°C.....	23
Gambar 3.9.	Bubuk Flux.....	24
Gambar 3.10.	Penimbangan sampel setelah dicampur bubuk <i>flux</i>	24
Gambar 3.11.	Alat electric XR fuse 6	25
Gambar 3.12.	Sampel fuse bead.....	25
Gambar 3.13.	Sampel Siap untuk Dianalisis (WD-XRF S8 Bruker Tiger).....	26
Gambar 3.14.	Tampilan aplikasi Bruker untuk mengontrol analisis WD-XRF... ..	27
3.15.	Diagram alir tahapan penelitian	28
4.1.	Kenampakan Satuan Geomorfologi Perbukitan Denudasional (Arah foto N61°E)	29



Gambar 4.2.	Kenampakan peta 3d daerah penelitian.....	30
Gambar 4.3.	Peta geologi daerah penelitian	31
Gambar 4.4.	Kenampakan batuan peridotit di dalam corebox pada stasiun DPA0101.....	32
Gambar 4.5.	Kenampakan petrografis sayatan stasiun DPA0101 dengan memperlihatkan komposisi mineral serpentin (Srp), olivin (Ol), Opaq (Opq).....	33
Gambar 4.6.	Kenampakan batuan peridotit pada sampel core box stasiun DPA0102.....	33
Gambar 4.7.	Kenampakan petrografis sayatan stasiun DPA0102 dengan memperlihatkan mineral Olivin (Ol), Serpentine (Srp), Spinel (Spl)	34
Gambar 4.8.	Kenampakan batuan peridotit di dalam corebox pada stasiun DPA0103.....	35
Gambar 4.9.	Kenampakan petrografis sayatan stasiun DPA0103 dengan mineral olivin (Ol), ortopiroksen (Opx), clinopiroksen (Cpx), Spinel (Spl), Opaq (Opq).....	35
Gambar 4.10.	Kenampakan batuan peridotit pada sampel core box stasiun DPA0104.....	36
Gambar 4.11.	Kenampakan petrografis sayatan stasiun DPA0104 dengan memperlihatkan mineral Olivin (Ol) dan Serpentin (Srp)	37
Gambar 4.12.	Kenampakan batuan peridotit pada sampel core box stasiun DPA0105.....	37
Gambar 4.13.	Kenampakan petrografis sayatan stasiun DPA0105 dengan memperlihatkan mineral Olivin (Ol), Spinel (Spl), Serpentine (Srp)	38
Gambar 4.14.	Kenampakan sampel corebox batuan peridotit pada stasiun DPA0106.....	39
Gambar 4.15.	Kenampakan mikroskopis peridotit pada stasiun DPA0106 dengan komposisi mineral Olivin (Olv), Ortopiroksen (Opx), Clinopiroksen (Cpx), Spinel (Spl) dan Opaq (Opq)	39



Gambar 4.16. Kenampakan batuan peridotit pada sampel core box stasiun DPA0107	40
Gambar 4.17. Kenampakan mikroskopis peridotit pada stasiun DPA0101 dengan komposisi mineral Olivin (Olv), Ortopiroksen (Opx), Clinopiroksen (Cpx), <i>Talc</i> (Tlc), Serpentine (Srp) dan Opaq (Opq)	41
Gambar 4.18. Kenampakan batuan peridotit pada sampel core box stasiun DPA0108.....	41
Gambar 4.19. Kenampakan petrografis sayatan stasiun DPA0108 dengan memperlihatkan mineral Olivin (Ol), Ortopiroksen (Opx), Clinopiroksen (Cpx), Spinel (Spl), Serpentin (Srp).....	42
Gambar 4.20. Kenampakan batuan peridotit pada sampel core box stasiun DPA0109.....	43
Gambar 4.21. Kenampakan petrografis sayatan stasiun DPA0109 dengan memperlihatkan mineral Olivin (Ol), Ortopiroksen (Opx), Clinopiroksen (Cpx), Spinel (Spl), Opaq (Opq)	43
Gambar 4.22. Kenampakan batuan peridotit pada sampel core box stasiun DPA0110.....	44
Gambar 4.23. Kenampakan petrografis sayatan stasiun DPA0110 dengan memperlihatkan mineral Olivin (Ol), Ortopiroksen (Opx), Clinopiroksen (Cpx), Spinel (Spl).....	45
Gambar 4.24. Peta tingkat serpentinisasi dearah penelitian.....	49
Gambar 4.25. Batuan Lherzolite yang menunjukkan tekstur <i>bastite</i>	50
Gambar 4.26. Batuan Lherzoli yang menunjukkan tekstur <i>vein/veinlet</i>	51
Gambar 4.27. Unsur Ni pada profil nikel laterit 1	52
Gambar 4.28. Unsur Ni pada profil nikel laterit 2	53
Gambar 4.29. Perilaku Fe pada profil endapan laterit 1	54
Gambar 4.30. Perilaku Fe pada profil endapan laterit 2	54
Gambar 4.31. Tingkat serpentinisasi dan peta distribusi Ni pada zona limonite, saprolite dan bedrock	56



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Klasifikasi satuan bentang alam berdasarkan ketinggian relative (Bermana, 2006).....	30
Tabel 4.2. Hasil Analisis Petrografi Batuan Ultramafik Daerah Penelitian.....	45
Tabel 4.3. Tingkat serpentinisasi berdasarkan persentase mineral serpentine	47
Tabel 4.4. Tektur serpentin pada daerah penelitian	50
Tabel 4.5. Tingkat serpentinisasi dan unsur Ni.....	57
Tabel 4.6. Tingkat serpentinisasi dan unsur Fe.....	57



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Sulawesi terletak di kawasan pertemuan tiga lempeng tektonik utama yang membentuk wilayah Indonesia. Dari ketiga lempeng tersebut, dua di antaranya masih aktif bergerak. Wilayah ini diapit oleh beberapa lempeng tektonik. Di sebelah barat, terdapat Lempeng Eurasia (Dangkalan Sunda) yang relatif stabil. Lempeng Benua Australia di sebelah tenggara bergerak ke arah utara, sementara Lempeng Samudra Pasifik di sebelah timur bergerak ke arah barat. Tabrakan antara lempeng-lempeng tersebut mengakibatkan proses subduksi, yang mengangkat batuan kerak samudera serta sedimen laut dalam ke permukaan, yang dikenal dengan sebutan ophiolit (Surono, 2013).

Batuan ultramafik memiliki peran penting sebagai komponen utama dalam mantel atas yang terletak di bawah permukaan bumi, baik di wilayah daratan maupun di bawah laut (Kadariusman, 2004). Secara umum, batuan ultramafik merupakan lingkungan yang kaya akan berbagai jenis mineral seperti kromit, nikel sulfida, magnetit, dan nikel laterit (Sufriadin, 2017). Batuan ultramafik adalah jenis batuan beku yang memiliki kandungan lebih dari 45% mineral utama berkomposisi ferromagnesian, seperti olivin, piroksen, hornblende, mika, dan biotit.

Letak Batuan ultramafik dalam susunan vertikal pada lapisan bumi terdapat di lapisan kerak samudera (*oceanic crust*). Akibat proses geologi, menyebabkan batuan ultramafik tersingkap di permukaan bumi. Proses ini mengubah komposisi mineral ferromagnesian yang terdapat dalam batuan ultramafik menjadi batuan ultramafik terserpentinisasi (Tonggiroh, 2019).

Batuan ultramafik terserpentinisasi yang tersingkap di permukaan bumi kemudian mengalami proses laterisasi dan terbentuk endapan residu yang disebut endapan laterit (Tonggiroh, 2019). Nikel laterit adalah material dari *regolit* lapisan hasil dari pelapukan kimia batuan ultrabasa yang mengandung unsur Ni, Fe, Mn, (Syafrizal, 2011). Salah satu elemen yang berpengaruh terhadapnya endapan nikel laterit adalah bentuk fisik, jenis batuan yang menjadi serta intensitas pelapukan (Kurniadi, 2017). Tingkat pelapukan yang tinggi akan berperan penting dalam proses laterisasi (Tonggiroh, 2012)



PT. Ceria Nugraha Indotama terletak di lengan Tenggara Sulawesi yang bergerak pada bidang nikel laterit dan cobalt. Keterdapatn sumber daya alam mineral logam yang melimpah membuat daya tarik untuk memanfaatkan hasil kekayaan alam berupa nikel dan cobalt, salah satunya adalah perusahaan PT. Ceria Nugraha Indotama yang merupakan lokasi daerah penelitian.

Sumberdaya alam nikel laterit di Sulawesi Tenggara memiliki potensi yang sangat menguntungkan untuk dilakukan proses penambangan. Dalam proses penambangan dibutuhkan informasi dan data yang akurat untuk mengetahui kadar nikel. Atas dasar tersebut maka penulis mencoba untuk melakukan penelitian di PT. Ceria Nugraha Indotama dengan judul “Analisis Serpentinisasi Pada Batuan Ultramafik dan Pengaruhnya Terhadap kadar nikel laterit Blok X, Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan masalah dalam penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana jenis batuan ultramafik pada daerah penelitian?
2. Bagaimana tingkat serpentinisasi pada batuan ultramafik daerah penelitian?
3. Bagaimana hubungan serpentinisasi terhadap kadar nikel dalam profil endapan nikel laterit pada daerah penelitian?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk memenuhi syarat tugas akhir dalam kurikulum Departemen Teknik Geologi Universitas Hasanuddin,

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sabagai berikut:

1. Untuk mengetahui jenis batuan ultramafik pada daerah penelitian
2. Menentukan tingkat serpentinisasi pada batuan ultramafik
3. Mengetahui hubungan serpentinisasi terhadap kadar nikel dalam profil endapan laterit



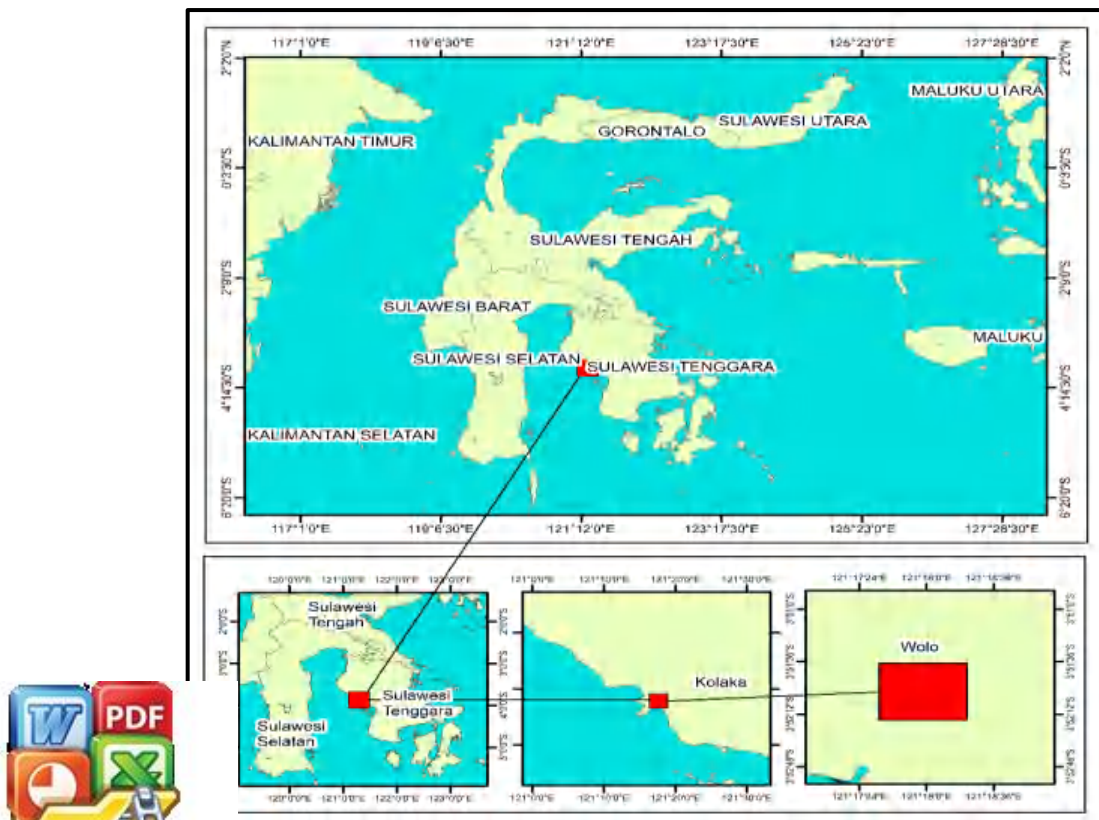
1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan berdasarkan data lapangan berupa sampel pengeboran dan data laboratorium berupa data assay hasil analisis *X-Ray Fluorescence* dan pertografi pada daerah penelitian di PT. Ceria Nugraha Indotama

1.5 Waktu dan Lokasi Daerah Penelitian

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari kerja praktik yang ini dilakukan selama waktu kerja praktik berlangsung 6 bulan (Juni - Desember 2023) pada PT Ceria Nugraha Indotama. Dari segi administrasi, lokasi penelitian berada dalam wilayah area tambang milik PT Ceria Nugraha Indotama, yang berlokasi di Kecamatan Wolo, Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara.

Wilayah yang menjadi objek penelitian dapat dijangkau melalui jalur penerbangan dari Makassar ke Pomalaa. Perjalanan udara dari Makassar menuju Pomalaa diperkirakan memakan waktu sekitar 50 menit. Selanjutnya, perjalanan darat dari Pomalaa ke lokasi penelitian membutuhkan waktu tempuh kurang lebih 2 jam.



Gambar 1.1. Peta Tunjuk Daerah Penelitian

1.6 Manfaat Penelitian

Di bawah ini adalah sejumlah manfaat yang dapat didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Manfaat yang dapat diperoleh perusahaan dari penelitian ini adalah sebagai sumber informasi mengenai kondisi geologi dan sifat-sifat proses serpentinisasi di area yang diteliti, yang dapat mendukung kegiatan eksplorasi nikel laterit di PT. Ceria Nugraha Indotama.
2. Adapun manfaat bagi peneliti yaitu diharapkan dapat menambah wawasan dan menerapkan teori mengenai serpentinisasi dalam kegiatan eksplorasi pada nikel laterit.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Geologi Regional

Lokasi penelitian berada dalam lingkup Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi Tenggara (Simandjuntak et al., 1993). Lengan Timur dan Tenggara Sulawesi secara litologi didominasi oleh batuan metamorf, sekuen sedimen penutup, dan ofiolit hasil obduksi pada Miosen. Batuan metamorf dan sedimen di kawasan ini disebut sebagai kawasan benua, sementara batuan ofiolit mencakup jalur ofiolit Sulawesi dibagian timur. Wilayah ini memanjang dari ujung Lengan Timur hingga ke Lengan Tenggara Sulawesi (Surono, 2013).

Lengan Timur dan Lengan Tenggara Pulau Sulawesi terdiri dari batuan metamorf, stratifikasi batuan sedimen yang melapisi, serta ofiolit yang terlahir akibat proses pengangkatan (*obduction*) yang terjadi pada periode Miosen. Sulawesi beserta daerah di sekitarnya merupakan kawasan yang rumit akibat menjadi lokasi pertemuan tiga lempeng tektonik yang utama. Dinamika lempeng tektonik di wilayah ini melibatkan pergerakan Lempeng Indo-Australia ke arah utara, Lempeng Pasifik ke arah barat, dan Lempeng Eurasia ke arah selatan-tenggara. Selain itu, keberadaan Lempeng Filipina sebagai lempeng mikro turut mempengaruhi kompleksitas tektonik regional.

Berdasarkan pembagian wilayah Sulawesi Tenggara oleh Van Bemmelen (1949), Kota Kolaka secara geografis terletak pada zona tengah dan selatan.

2.2 Geomorfologi Regional

Area penelitian terletak di Lembar Lasusua-Kendari di Sulawesi Tenggara, Indonesia, dengan luas sekitar 172.000 km² (Van Bemmelen, 1949) dan dikelilingi oleh perairan laut yang cukup dalam.

Van Bemmelen (1949) mengklasifikasikan kawasan tenggara Sulawesi menjadi tiga zona: zona utara, zona tengah, dan zona selatan. Wilayah utara area mulai dari Palopo hingga Teluk Tolo dan terdiri dari formasi batuan sementara itu, bagian tengah adalah zona terluas dengan lebar mencapai , yang didominasi oleh batuan metamorf dan batuan sedimen dari zaman



Mesozoikum. Dataran di bagian selatan lengan tenggara cenderung memiliki kemiringan yang lebih rendah. Batuan yang menyusunnya sebagian besar terdiri dari batuan sedimen dari periode tersier. Penjelasan berikut ini menggambarkan morfologi serta morfogenesis bagian tengah Sulawesi.

Bagian utara dari lengan tenggara Sulawesi memiliki ciri khas yang unik, yang terlihat dari adanya kumpulan Danau Malili. Kumpulan danau ini mencakup Danau Matano, Danau Towuti, serta tiga danau kecil di sekitarnya, yaitu Danau Mahalona, Danau Lantoa, dan Danau Masapi. Pembentukan kelima danau tersebut diduga kuat berhubungan dengan aktivitas tektonik Sesar Matano, yang merupakan sesar geser. Perbedaan elevasi antara danau-danau tersebut memfasilitasi aliran air secara gravitasi dari danau yang lebih tinggi ke danau yang lebih rendah.



Gambar 2.1. Peta Geomorfologi Bagian Selaan Lengan Tenggara Sulawesi (Surono,2013)

2.3 Stratigrafi Regional

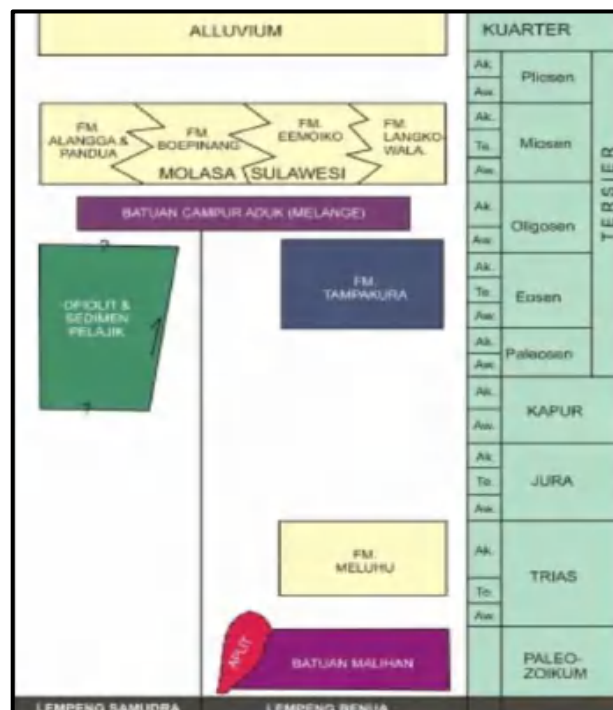
Area penelitian ini berada dalam cakupan peta geologi Lasusua-Kendari, Sulawesi Tenggara. Berdasarkan peta geologi regional Sulawesi oleh Hamilton (1979), Lengan Tenggara Sulawesi secara dominan tersusun atas batuan metamorf dan ofiolit. Klasifikasi lebih lanjut oleh Rusmana dan Sukarna (1985) membagi batuan di wilayah ini menjadi dua kelompok utama, yaitu:



ur Tinondo, yang terletak di wilayah barat daya, ditandai oleh adanya uan yang berasal dari paparan benua, yakni batuan melihan dari periode eozoikum dan diperkirakan berumur dari zaman Karbon.

- Lajur Hialu, terletak di bagian timur laut, terdiri dari kumpulan batuan yang berasal dari kerak laut. Kedua jalur ini dipisahkan oleh Sesar Lasolo, yang merupakan sesar geser. Berdasarkan hasil penelitian terbaru, wilayah ini menunjukkan temuan penting (Surono, 2013).

Publikasi khusus mengenai geologi Lengan Tenggara Sulawesi tahun 2012 menyimpulkan bahwa wilayah tersebut merupakan suatu mosaik terrane, terdiri dari beberapa mikrobenua yang terpisah, yakni Mintakat Benua Sulawesi Tenggara dan Mintakat Matarombeo. Pada transisi dari Oligosen ke Miosen, dua lempeng dengan sifat yang berbeda saling bertabrakan dan kemudian tertutupi oleh endapan Molasa Sulawesi. Endapan ini terdiri dari jenis batuan sedimen klastik dan karbonat, yang terbentuk pada periode akhir dan setelah terjadinya benturan. Sebagai akibatnya, molasa itu secara tidak teratur menumpuk di wilayah tenggara pulau Sulawesi dan kompleks Ofiolit. Di akhir era Kenozoikum, bagian ini mengalami kerusakan akibat Sesar Lawanopo dan beberapa sesar lainnya, termasuk Sesar Kolaka. Stratigrafi regional di kawasan Tenggara Sulawesi dapat dilihat pada gambar berikut ini.



2.2. Stratigrafi Regional Lengan Tenggara Sulawesi (Simandjuntak dkk, 1993)



2.4 Struktur Regional

Tempat penelitian ini terletak di wilayah Lembar Lasusua-Kendari, yang berada di Sulawesi Tenggara, Pulau Sulawesi. Di sebelah tenggara Sulawesi, hasil dari aktivitas tumbukan membentuk struktur utama berupa sesar geser yang bergerak ke arah kiri. Wilayah ini dicirikan oleh kompleksitas struktur geologi yang ditandai oleh keberadaan sistem sesar Matarombeo, Lawanopo, Konawe, dan Kolaka, serta sejumlah lineamen. Sistem sesar ini menunjukkan dua orientasi utama, yaitu tenggara-barat laut (332°) dan timur laut-barat daya (42°). Orientasi tenggara-barat laut merupakan yang dominan dan umumnya dikaitkan dengan sesar geser kiri, terutama di bagian tenggara Sulawesi.

Sistem sesar Lawanopo merupakan suatu zona sesar dengan orientasi dominan barat laut-tenggara yang memiliki panjang sekitar 260 kilometer, membentang dari utara Malili hingga Tanjung Toronipa. Sistem sesar ini secara tektonik terhubung dengan sesar Matano di bagian barat laut dan sesar Hamilton yang berasosiasi dengan patahan naik Tolo di bagian tenggara. Hamilton (1979) pertama kali menamai sistem sesar ini berdasarkan dataran Lawanopo yang dilaluinya. Analisis stereografik terhadap orientasi struktur batuan di tiga lokasi telah dilakukan untuk mengkarakterisasi geometri dan kinematika sesar Lawanopo. Lengan Tenggara Sulawesi merupakan zona pertemuan antara lempeng benua Australia dan lempeng samudra Pasifik. Interaksi kedua lempeng ini mengakibatkan terbentuknya dua mikrobenua utama, yaitu Mintakat Benua Sulawesi Tenggara dan Mintakat Matarambeo. Seiring berjalannya waktu, wilayah pertemuan ini mengalami pengendapan sedimen yang intensif, membentuk suatu cekungan molasa yang dikenal sebagai Molasa Sulawesi.

Peristiwa tektonik berupa subduksi dan kolisi lempeng pada akhir Oligosen-Miosen telah menginduksi pengangkatan dan penyingkapan kompleks ofiolit di lingkungan tektonik benturan. Proses ini beriringan dengan pembentukan cekungan molasa belakang busur (forearc basin) yang mengakomodasi pengendapan sedimen klastik dan karbonat dalam jumlah besar, membentuk Formasi Molasa Sulawesi, melalui pengendapan yang terjadi pada akhir peristiwa tumbukan dan a. Sebagai akibatnya, molasa tersebut menutupi bagian kerak Benua Tenggara dan Kompleks Ofiolit tanpa adanya keselarasan. Di penghujung



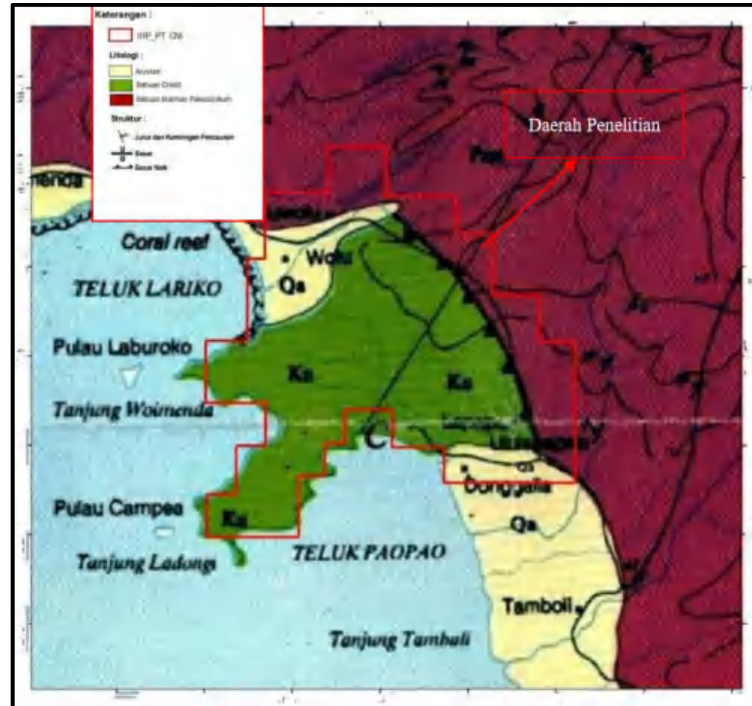
era Kenozoikum, lengan ini mengalami kerusakan disebabkan oleh sesar Lawanopo serta beberapa pasangan sesar lainnya, salah satunya adalah Sesar Kolaka.

2.5 Geologi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Lembar Lasusua-Kendari, yang merupakan bagian dari Sulawesi Tenggara, Pulau Sulawesi (Simandjuntak et al. Teks yang dinyatakan pada penelitian ini menunjukkan bahwa lokasi yang dimaksud terletak di Bagian Tenggara Sulawesi, sesuai dengan Peta Geologi. Area ini terdiri dari batuan metamorf, lapisan batuan sedimen yang ada di atasnya, serta ofiolit yang terbentuk melalui proses pengangkatan (obduction) yang terjadi selama era Miosen. Rangkaian batuan metamorf dan sedimen beserta lapisannya termasuk dalam zona benua, sementara batuan ofiolit di daerah tersebut merupakan bagian dari jalur ofiolit di Sulawesi Timur. Wilayah timur Pulau Sulawesi membentang dari ujung Lengan Timur, melalui sisi timur wilayah tengah, hingga Lengan Tenggara Sulawesi (Surono, 2013). Lengan Timur dan Tenggara Sulawesi tersusun atas batuan metamorf, sedimen yang menutupi, serta ofiolit yang terbentuk akibat proses pengangkatan (obduction) selama era Miosen.

Di area penelitian ditemukan tiga jenis batuan utama. Jenis litologi ini didasarkan pada peta geologi lembar Lasusua dan hasil eksplorasi di lokasi penelitian. Batuan yang ditemukan di wilayah tersebut meliputi: batuan ultramafik seperti peridotit, dunit, dan serpentinit, serta batuan metamorf.





Gambar 2.3. Peta Geologi Daerah Penelitian Lembar Lasusua-Kendari, Sulawesi Tenggara (Simandjuntak dkk, 1993)

2.6 Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi wilayah penelitian secara umum dapat dikategorikan menjadi tiga satuan bentuk lahan, yaitu lahan aluvial, bukit bergelombang rendah, dan bukit bergelombang tinggi. Lahan aluvial yang terbentuk akibat proses pengendapan material sungai Wolo yang mengalir ke arah selatan mendominasi sekitar 10% dari total luas wilayah penelitian. Bukit Bergelombang Rendah mendominasi area penelitian, meliputi sekitar 70%, dengan bukit-bukit kecil yang memiliki kemiringan antara 10° hingga 25° . Morfologi wilayah penelitian menunjukkan pola memanjang dengan arah timur laut-barat daya. Pola ini terinterupsi oleh satuan geomorfologi berupa dataran aluvial Sungai Wolo pada bagian barat. Bukit bergelombang tinggi mendominasi bagian tengah area penelitian. Dataran tinggi yang berbukit dan tinggi ini mencakup sekitar 20% dari kawasan penelitian, dengan sudut kemiringan yang curam mencapai 70° di beberapa tempat.



Stratigrafi Daerah Penelitian

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, Lengan Tenggara Sulawesi Tenggara adalah wilayah di mana dua lempeng bertemu, yaitu lempeng benua yang

berasal dari Australia dan lempeng samudera dari Pasifik. Wilayah daratan di bagian Timur Daya Sulawesi dikenal dengan nama Mintakat Benua Sulawesi Tenggara (Southeast Sulawesi Continental Terrane) serta Mintakat Matarombeo, seperti yang diungkapkan oleh Surono pada tahun 1994. Dua jenis lempeng yang berbeda ini bertemu dan selanjutnya tertutup oleh endapan Molasa Sulawesi yang berasal dari material sedimen. Dampak dari proses subduksi dan tabrakan yang berlangsung pada akhir Oligosen sampai awal Miosen, kompleks ofiolit mengalami pergeseran dan terangkat ke permukaan daratan. Satuan stratigrafi yang ada di kawasan penelitian ini merujuk pada Peta Geologi Lembar Lasusua-Kendari dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kompleks Batuan Metamorf

Batuan metamorf merupakan jenis batuan yang terbentuk dari batuan induk (batuan beku, sedimen, atau batuan metamorf lainnya) yang mengalami transformasi akibat perubahan suhu (T), tekanan (P), atau kombinasi keduanya secara bersamaan. Proses ini menghasilkan pembentukan mineral-mineral baru serta tekstur batuan yang berbeda (Jauhari Noor, 2011). Sebaran batuan metamorf di Lengan Tenggara Pulau Sulawesi sangat signifikan, terutama di bagian utara Teluk Bone. Dimulai dari Pegunungan Mekongga, jalur penyebaran batuan metamorf ini mencakup wilayah Kolaka, Pegunungan Mendoke, Pegunungan Rumbia, hingga mencapai Pulau Kabaena (Surono, 2013).

2. Kompleks Ofiolit

Kompleks Ofiolit terdiri dari batuan mafik dan ultramafik, serta sedimen pelagik. Batuan ultramafik dan mafik di bagian tenggara Pulau Sulawesi umumnya telah mengalami deformasi yang signifikan dan pergeseran. Di sejumlah lokasi, batuan ini telah bertransformasi menjadi batuan campuran (melange) yang mengandung pecahan-pecahan dari benua. Batuan terdiri dari komposisi serpentinit, piroksenit, dunit, peridotit, serta basalt dan mikrogabro. Peridotit biasanya terdiri dari harzburgit dan lherzolit serta tata geologi daerah Laronanga.

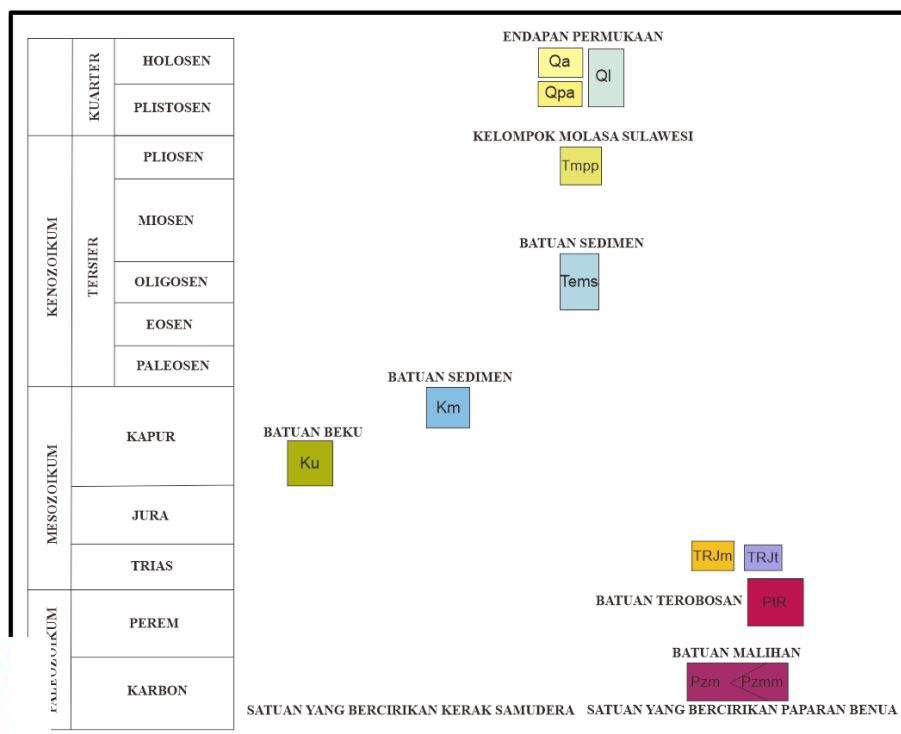
3. Endapan Alluvial (Qa)



Endapan aluvium adalah jenis sedimen sekunder yang terbentuk dari batuan yang ada di permukaan sebelumnya. Endapan terdiri dari bahan-bahan yang berupa batuan kecil, kerikil, pasir, dan tanah liat (Surono, dkk 2013).

Dengan demikian, di lokasi IUP milik PT. Ceria Nugraha Indotama memiliki struktur geologis yang lebih utama, yakni Batuan Ofiolit (Ku), yang terdiri dari peridotit, dunit, dan serpentinit. Serpentinit memiliki warna abu-abu gelap hingga hitam; teksturnya padat dan solid. Batu tersebut memiliki tekstur afanitik dan terdiri dari mineral-mineral seperti antigorit, lempung, dan magnetit. Peridotit terdiri dari dua jenis, yaitu harzburgit dan lherzolite. Harzburgit berwarna hijau hingga hampir hitam, terdiri dari kristal sepenuhnya, kompak, dan padat.

Secara umum, batuan yang sering penulis temui selama proses pengeboran di PT. Ceria Nugraha Indotama adalah Lherzolite, Harzburgite, Dunit, dan Serpentinit. Mineral-mineral ini memiliki tekstur yang bervariasi, mulai dari halus hingga kasar, yang terdiri dari olivin sekitar 60% dan piroksin sekitar 40%. Hasil proses penghabluran kembali pada mineral piroksin dan olivin menunjukkan ciri khas batas-batas kristalnya yang bergelombang. Lherzolite berwarna hijau gelap; memiliki struktur holokristalin, solid, dan padat. Mineral yang menyusun bahan tersebut terdiri dari olivin (45%), piroksin (25%), serta beberapa mineral lainnya seperti epidot, rubi, klorit, dan bijih dengan berbagai ukuran mulai dari halus hingga kasar. Batuan ini diperkirakan berasal dari periode Kapur.

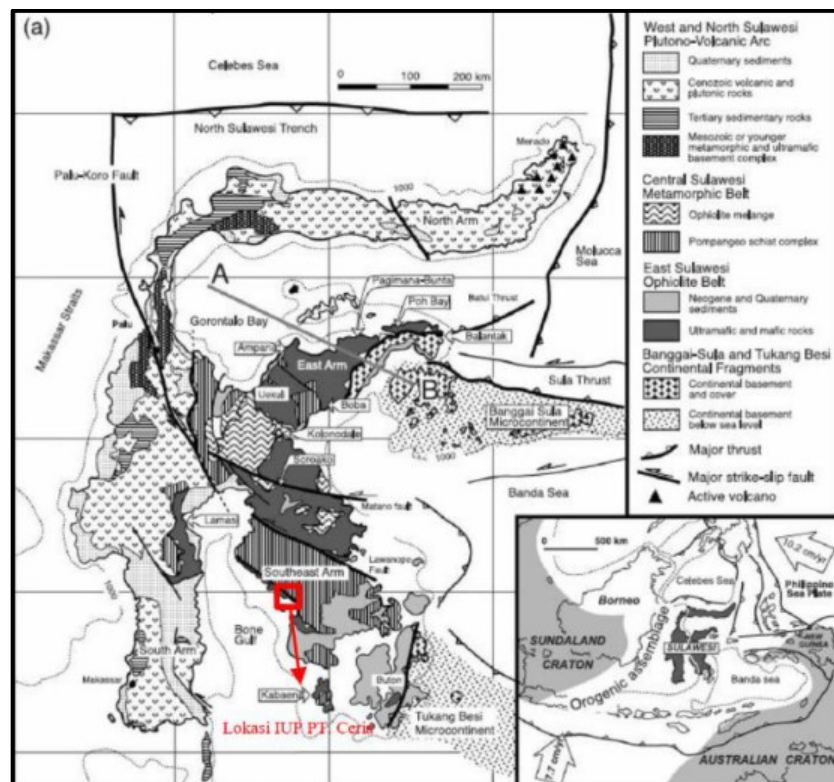


ar 2.4. Korelasi Satuan Lembar Lasusua Kendari (Simandjuntak, dkk.,1993)



2.8 Struktur Geologi Daerah Penelitian

Lokasi penelitian berada di wilayah Lembar Lasusuan-Kendari, yang terletak di Sulawesi Tenggara, Pulau Sulawesi (Simandjuntak dan rekan-rekan, 1993). Dalam (**Gambar 6**), tampak bahwa wilayah studi (IUP PT. Ceria Nugraha Indotama) mengalami suatu proses dalam strukturnya. Berdasarkan peta geologi, pola geologi di area penelitian menunjukkan adanya sesar naik. Kenaikan sesar yang berdampak pada litologi lainnya saling berinteraksi, sehingga membentuk berbagai susunan batuan yang dikenal dengan istilah ofiolit. Selanjutnya, ofiolit ini akan mengalami proses subduksi yang memosisikannya di lapisan kerak bumi.



Gambar 2.5. Peta tektonik pada Pulau Sulawesi (Kadarusman dkk, 2004)

Selain di Peta Geologi, karakteristik struktur geologi yang dapat ditemukan di area penelitian ini terdapat pada batuan dasar, di mana beberapa di antaranya menunjukkan tekstur breksiasi yang diduga terbentuk akibat proses sesar naik.

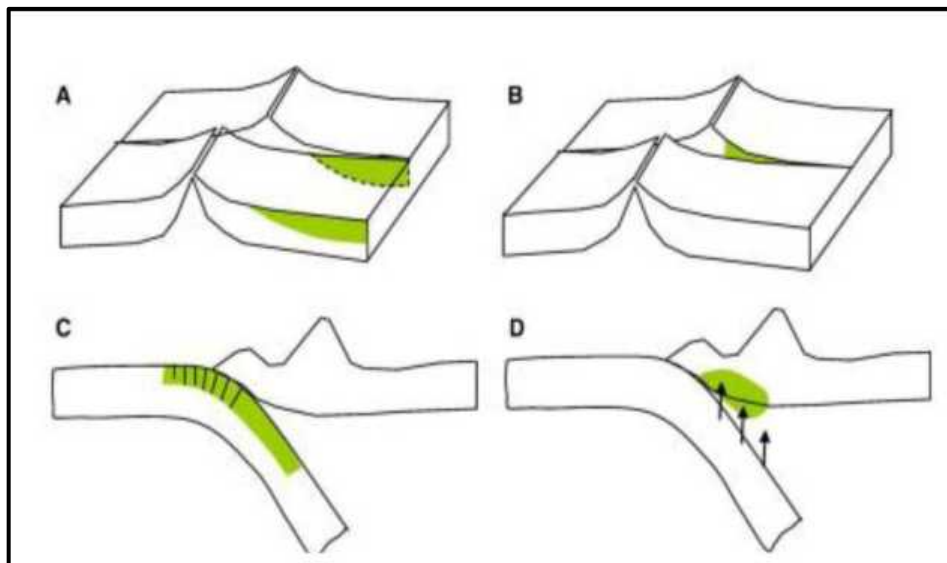


roses Serpentinisasi

erpentinisasi, seperti yang dijelaskan oleh Palandri dan Reed (2004), yaitu proses reaksi yang menghasilkan panas yang melibatkan hidrasi.

Serpentinisasi merupakan proses alterasi hidrotermal yang melibatkan reaksi antara air dengan mineral mafik seperti olivin dan piroksen, menghasilkan mineral serpentin (lizardit, antigorit, atau krisotil). Menurut Ahmad (2006), proses ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya fluida hidrotermal yang kaya akan air, perubahan komposisi kimia batuan akibat pelarutan magnesium atau penambahan silika, oksidasi besi dari Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} , dan pembentukan magnetit. Akibatnya, batuan yang mengalami serpentinisasi cenderung memiliki sifat magnetik yang lebih tinggi. Keberadaan mineral serpentin dalam batuan induk yang membentuk laterit dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik tanah laterit tersebut.

Menurut Adi Tonggiroh dalam penelitian Li dan Lee (2006), proses serpentinisasi pada batuan peridotit yang berasal dari lapisan litosfer samudera terdiri dari empat tahap, yaitu: (A) penyerapan air laut ke dalam litosfer samudera melalui retakan (in situ), (B) pelapukan peridotit di lingkungan laut (proses eksitu), (C) penyerapan air laut yang memicu subduksi pada peridotit (in situ), dan (D) dehidrasi akibat subduksi (in situ).



Gambar 2.6. Mekanisme serpentinisasi peridotit Li dan Lee (2006)

Proses serpentinisasi menghasilkan transformasi pada tekstur mineral serta modifikasi dalam komposisi senyawa mineral seperti olivin dan piroksen, termasuk n atau modifikasi pada kandungan unsur Mg, Ni, dan Fe di dalam mineral. Menurut Ahmad (2006), kelompok mineral olivin terdiri dari forsterit, an fayalit, sangat rentan terhadap pengaruh cairan hidrotermal serta proses



pelapukan. Respon umum yang melibatkan proses hidrasi, pengendapan silika, oksidasi, serta pembentukan karbonat. Produksi alterasi biasanya terdiri dari mineral seperti serpentin, klorit, amfibol, karbonat, oksida besi, dan talk. Secara umum, terdapat berbagai faktor dalam proses alterasi hidrotermal yang berkontribusi pada transformasi olivin menjadi serpentin.

Proses geologi yang terjadi saat batuan ultramafik berpindah dari kerak laut menuju permukaan bumi akan disertai oleh perubahan suhu dan tekanan. Perubahan tersebut mengakibatkan transformasi pada batuan ultramafik yang ditandai dengan modifikasi pada mineral olivin dan piroksen, yang dikenal sebagai proses alterasi (Tonggiroh, 2019 dalam Melcher, 2002).

2.9.1 Tingkat Serpentinisasi pada Batuan Ultramafik

Tingkat serpentinisasi pada batuan ultramafik dapat dikenali melalui pengamatan baik secara makroskopis maupun mikroskopis. Menurut Jacques (2002), batuan ultramafik tipe peridotit dapat dibedakan menurut jumlah serpentin yang ada di dalamnya. Pada batuan yang tidak mengandung serpentin, warna yang terlihat cenderung lebih terang, dan hanya mineral-mineral olivin serta piroksin yang dapat diamati. Jumlah mineral serpentin yang lebih banyak dalam suatu batuan akan membuat warna batuan itu cenderung menjadi lebih pekat. Menurut Adi Tonggiroh (2019), tingkat serpentinisasi yang diukur secara mikroskopis ditentukan oleh proporsi mineral serpentin. Berdasarkan hal ini, terdapat tiga kategori serpentinisasi, yaitu serpentinisasi kuat (dengan mineral serpentin antara 55%-75%), serpentinisasi sedang (dengan mineral serpentin antara 35%-50%), dan serpentinisasi lemah (dengan mineral serpentin kurang dari 15%).

2.9.2 Implikasi Serpentin Terhadap Nikel Laterit

Batuan dasar pembentuk laterit umumnya adalah batuan ultramafik yang kaya akan unsur Fe, Mg, dan Ni, namun rendah Si. Mineral serpentin yang terkandung dalam batuan ultramafik berperan signifikan dalam proses laterisasi, dalam meningkatkan konsentrasi nikel pada profil tanah laterit. Proses isasi ini akan menyebabkan perubahan pada struktur mineral dan si bahan yang terdapat dalam mineral olivin dan piroksin, termasuk



penurunan atau perubahan pada kandungan unsur Mg, Ni, dan Fe di dalam mineral tersebut (Kurniadi dkk., 2017). Sufriadin dkk. (2009) mengaitkan tingkat serpentinisasi dengan warna batuan. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat serpentinisasi suatu batuan, semakin gelap pula warna batuan tersebut. Fenomena ini terjadi sebagai hasil dari proses pembentukan mineral serpentin yang diiringi oleh terbentuknya mineral opak, terutama magnetit.

Seiring dengan meningkatnya derajat serpentinisasi, tekstur batuan menjadi semakin halus. Proses penambahan nikel di wilayah saprolit terjadi ketika unsur Ni mengambil alih atom Mg dalam struktur oktahedral mineral serpentin dan smektit. Selain itu, nikel juga bisa terakumulasi di dalam retakan bersamaan dengan larutan yang memiliki kandungan Mg dan Si, yang kemudian membentuk Ni-serpentin (garnierit). Nikel laterit, berdasarkan karakteristik mineralnya, mengandung nikel dalam bentuk nikel oksida, nikel hidrosilikat, dan nikel lempung silikat. Ahmad (2001) menyatakan bahwa dalam mineral hidrosilikat nikel, atom nikel seringkali berada pada posisi iso-substitusi dengan atom magnesium. Mineral seperti serpentin, talk, dan klorit merupakan contoh mineral yang umum mengalami substitusi isomorfik Ni-Mg. Nikel murni jarang ditemukan dalam bentuk mineral, umumnya nikel ditemukan dalam bentuk senyawa dengan unsur lain, seperti (Ni, Mg) dalam mineral hidrosilikat. Garnierit merujuk pada istilah umum di lapangan untuk berbagai jenis silikat hidro nikel-magnesia, dengan salah satu contohnya yang terkenal adalah krisopras (silika berwarna hijau).

2.10 Profil Laterit

Pelapukan kimia pada batuan ultrabasik umumnya mencakup proses pemisahan elemen-elemen menjadi dua kategori, yaitu yang dapat larut dalam air dan yang tidak dapat larut. Bagian-bagian yang dapat larut dalam air akan terpisah dari proses pelapukan, sementara bagian-bagian yang tidak larut dalam air akan tetap tersisa sebagai tambahan pada sisa-sisa yang ada. Proses pelapukan kimiawi akhirnya menghasilkan pembentukan lapisan laterit, di mana lapisan termuda

bawah dan lapisan tertua terletak di atas. Menurut Golightly (1979), profil telompokkan menjadi empat zona, yaitu:



1. Zona Limonit (LIM) merupakan bagian yang terletak di lapisan atas pada profil tanah dan secara signifikan masih terpengaruh oleh aktivitas permukaan. Area ini terdiri dari bahan humus dan limonit. Komponen mineral yang menyusunnya terdiri dari goethit, hematit, tremolit, dan berbagai mineral lainnya yang terbentuk dalam kondisi asam di dekat permukaan tanah dengan bentuk lahan yang cukup datar. Secara keseluruhan, bahan-bahan yang membentuk zona ini memiliki ukuran kecil (lempung dan lanau) dan sering kali ditemukan mineral yang stabil seperti spinel, magnetit, serta kromit.
2. Zona Medium Grade Limonite (MGL) memiliki karakteristik fisik yang cukup mirip dengan area overburden. Ciri-ciri sisa batuan asal mulai terlihat dengan adanya potongan-potongan batuan asal, seperti peridotit atau serpentinit. Rata-rata ukurannya berada di kisaran 1 sampai 2 cm dengan jumlah yang terbatas. Ukuran komponen penyusun bervariasi antara tanah liat dan pasir halus. Kedalaman wilayah ini berada dalam rentang 0 hingga 6 meter. Secara umum, area ini dapat ditemukan di lereng bukit yang relatif datar. Mineralisasi sejalan dengan area limonit dan saprolit, namun yang membedakan adalah adanya kuarsa, lihopirit, dan opal.
3. Zona Saprolit adalah area bijih yang terdiri dari pecahan-pecahan batuan induk yang telah mengalami perubahan, sehingga mineral-mineral yang ada, serta tekstur dan struktur batuan dapat diidentifikasi. Tingkat serpentinisasi pada batuan laterit akan memengaruhi proses terbentuknya zona saprolit. Peridotit yang mengalami sejumlah kecil proses serpentinisasi akan menghasilkan area saprolit yang memiliki ciri khas sisa-sisa batuan yang padat, serta ruang yang terisi dengan mineral-mineral seperti garnierit, kalsedon-nikel, dan kuarsa. Sementara itu, jika batuan tersebut adalah serpentinit, maka zona saprolit yang terbentuk akan cenderung homogen dengan kandungan kuarsa atau garnierit yang lebih sedikit.
4. Zona batuan induk (Bedrock zone) adalah lapisan yang terletak di bagian terendah dari profil laterit. Batuan induk ini adalah batuan yang masih dalam



aan segar dengan sedikit pengaruh dari proses pelapukan. Batuan dasarnya terdiri dari peridotit, serpentinit, atau peridotit yang telah mengalami proses serpentinisasi.